

中国铁路总公司企业标准

Q/CR

P

Q/CR 9207—2017

铁路混凝土工程施工技术规程

Technical Specification for Construction of Railway

2017-02-28 发布

2017-06-01 实施

中国铁路总公司 发布

中国铁路总公司企业标准

铁路混凝土工程施工技术规程

Technical Specification for Construction of Railway
Concrete Works

Q/CR 9207—2017

主编单位：中铁三局集团有限公司

中铁城建集团有限公司

批准部门：中国铁路总公司

施行日期：2017年6月1日

中 国 铁 道 出 版 社

2017年·北京

中国铁路总公司企业标准
铁路混凝土工程施工技术规程
Q/CR 9207—2017

*

中国铁道出版社出版发行
(100054,北京市西城区右安门西街8号)
出版社网址:<http://www.tdpress.com>

中国铁道出版社印刷厂印

开本:850 mm×1 168 mm 1/32 印张:7.75 字数:195 千

2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷

书号:15113·5087 定价:45.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社发行部联系调换。

发行部电话:路(021)73174,市(010)51873174

中国铁路总公司关于发布 《客货共线铁路路基工程施工技术规程》 等 7 项建设标准的通知

铁总建设〔2017〕37 号

现发布《客货共线铁路路基工程施工技术规程》(Q/CR 9651—2017)、《客货共线铁路桥涵工程施工技术规程》(Q/CR 9652—2017)、《客货共线铁路隧道工程施工技术规程》(Q/CR 9653—2017)、《铁路混凝土工程施工技术规程》(Q/CR 9207—2017)、《铁路架桥机架梁技术规程》(Q/CR 9213—2017)、《客货共线铁路信号工程施工技术规程》(Q/CR 9656—2017)、《客货共线铁路电力牵引供电工程施工技术规程》(Q/CR 9658—2017)等 7 项建设标准,自 2017 年 6 月 1 日起施行。

原《铁路架桥机架梁暂行规程》(铁建设〔2006〕181 号)、《铁路混凝土工程钢筋机械连接技术暂行规定》(铁建设〔2010〕41 号)、《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设〔2010〕241 号)、《铁路钢桥高强度螺栓连接施工规定》(TBJ 214—92)、《铁路隧道防水板铺设工艺技术规范》(建技〔2010〕13 号)、《客货共线铁路路基工程施工技术指南》(TZ 202—2008)、《客货共线铁路桥涵工程施工技术指南》(TZ 203—2008)、《铁路隧道工程施工技术指南》(TZ 204—2008)、《关于印发铁路隧道结构防排水施工作业指南的通知》(建技〔2006〕21 号)、《铁路隧道全断面岩石掘进机法技术指南》(铁建设〔2007〕106 号)、《铁路大断面隧道三台阶七步开挖法施工作业指南(试行)》(经规标准〔2007〕119 号)、《铁路隧道防排水施工技术指南》(经规标准〔2009〕73 号)、《客货共线铁路信

号工程施工技术指南》(TZ 206—2007)、《客货共线铁路电力牵引供电工程施工技术指南》(TZ 10208—2008)、《铁路电力牵引供电工程接触网支柱施工作业指南》(经规标准〔2009〕266号)、《铁路信号 ZPW-2000 轨道电路工程施工技术指南》(经规标准〔2011〕86号)等 16 项标准同时废止。

7 项标准由中国铁路总公司建设管理部负责解释,由中国铁路经济规划研究院、中国铁道出版社出版发行。

中国铁路总公司
2017 年 2 月 28 日

前 言

本规程是根据构建中国铁路总公司铁路工程建设标准体系要求,在《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设〔2010〕241号)的基础上修编而成。本规范在修订过程中,认真总结了我国铁路混凝土工程建设实践经验,广泛吸纳了有关科研成果,充分征求了建设运营各方面意见。

本规程共分为14章,主要包括总则、术语、基本规定、模板工程、钢筋工程、混凝土工程、预应力工程、特殊混凝土、防腐蚀强化措施、砌体工程、冬期施工、夏期施工、大风干旱地区施工、环境保护和水土保持。

本规程主要修订内容:

1. 增加了HPB300、HRB400和HRB500的相关内容;增加了二氧化碳气体保护电弧焊和电阻点焊工艺要求;细化了钢筋加工、机械连接等施工规定。
2. 明确了机制砂的使用要求,增加了采用质量法进行配合比设计内容。
3. 完善了管道压浆材料性能要求;细化了封锚(端)施工内容。
4. 增加了自密实混凝土和支承层混凝土的内容。
5. 增加了混凝土表面硅烷浸渍防腐蚀强化措施施工要求。
6. 修订了冬期施工气温条件、混凝土受冻临界强度和水、骨料的最高加热温度。
7. 增加了雨期、大风干旱地区混凝土施工的相关内容。

本规程由中国铁路总公司建设管理部负责解释。

在本规程执行过程中,希望各单位结合工程实践,认真总结经验,积累资料。如发现需要修改和补充之处,请及时将意见和有关资料寄交中铁三局集团有限公司(太原市迎泽大街 269 号,邮政编码:030001),并抄送中国铁路经济规划研究院(北京市海淀区北蜂窝路乙 29 号,邮政编码:100038),供今后修订时参考。

主编单位:中铁三局集团有限公司、中铁城建集团有限公司。

参编单位:中国铁道科学研究院、中铁四局集团有限公司、中铁十二局集团有限公司、中铁二十一局集团有限公司、北京交通大学。

主要起草人:王金、常乃超、高策、谢永江、黄直久、赵彦旭、安明喆、胡明文、章国辉、秦建卫、张峰、周勇政、胡国伟、仲新华、李化建、李享涛、王保江、程冠之、赵年全、王秀芬、赵永刚、张明龙、张发祥、魏存兰、朱冠生、孙钊、韩松、张东青、周元、胡磊、另本春、王忠良、武军、冯雷、吴九祥。

主要审查人:李小和、薛吉岗、钱树青、高金喜、卫来贵、郭强、代鸿明、邱柏初、孙柏辉、李庆生、叶庆旱、张宇宁、胡建、高存成、申永利、孙洁、刘宏刚。

目次

1	总 则	1
2	术 语	3
3	基本规定	8
4	模板工程	10
4.1	一般规定	10
4.2	模板设计	11
4.3	模板制作和安装	12
4.4	模板拆除	14
5	钢筋工程	16
5.1	一般规定	16
5.2	钢筋加工	17
5.3	钢筋连接	21
5.4	钢筋安装	28
6	混凝土工程	31
6.1	一般规定	31
6.2	混凝土拌和站	31
6.3	混凝土原材料	33
6.4	混凝土配合比	43
6.5	混凝土搅拌	51
6.6	混凝土运输	51
6.7	混凝土浇筑	54
6.8	混凝土振捣	57
6.9	混凝土养护	59
6.10	混凝土拆模	61

7	预应力工程	63
7.1	一般规定	63
7.2	预应力筋、锚具、夹具和连接器	63
7.3	预应力管道	67
7.4	预应力材料保护	69
7.5	预应力筋制作和安装	70
7.6	施加预应力	72
7.7	管道压浆	76
7.8	封锚(端)	80
8	特殊混凝土	82
8.1	一般规定	82
8.2	大体积混凝土	82
8.3	自密实混凝土	87
8.4	纤维混凝土	89
8.5	喷射混凝土	91
8.6	特细砂混凝土	95
8.7	补偿收缩混凝土	96
8.8	无砂透水混凝土	97
8.9	气密性混凝土	98
8.10	活性粉末混凝土	99
8.11	桥梁支座砂浆	101
8.12	支承层混凝土	103
9	防腐蚀强化措施	106
9.1	一般规定	106
9.2	混凝土表面涂层	106
9.3	混凝土表面硅烷浸渍	107
9.4	环氧涂层钢筋	109
9.5	钢筋阻锈剂	111
9.6	阴极保护	112

9.7 外包钢板保护	114
10 砌体工程	117
10.1 一般规定	117
10.2 石料和混凝土预制块	117
10.3 砂 浆	119
10.4 浆砌施工	120
10.5 干砌施工	122
10.6 变形缝和泄水孔	124
11 冬期施工	125
11.1 一般规定	125
11.2 钢筋施工	126
11.3 混凝土施工	126
11.4 砌体施工	130
12 夏期施工	131
12.1 一般规定	131
12.2 高温施工	131
12.3 雨期施工	133
13 大风干旱地区施工	135
13.1 一般规定	135
13.2 混凝土施工	135
13.3 砌体施工	136
14 环境保护和水土保持	137
附录 A 钢筋下料计算方法	139
附录 B 千斤顶校准方法	142
附录 C 后张法预应力筋实测伸长值修正和理论伸长值 精确计算	144
附录 D 大体积混凝土浇筑体施工阶段温度应力与收缩 应力的计算方法	147
附录 E 大体积混凝土浇筑体表面保温层的计算方法	156

附录 F	混凝土表面硅烷浸渍处理的检验方法	159
附录 G	砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求	161
附录 H	砂浆配合比设计、试件制作、养护及抗压强度 取值	162
附录 J	混凝土的热工计算	166
本规程用词说明		171
《铁路混凝土工程施工技术规程》条文说明		172

1 总 则

- 1.0.1 为指导铁路混凝土工程施工,统一主要技术要求,加强施工管理,保证工程质量,制定本规程。
- 1.0.2 本规程适用于铁路混凝土(含砌体)工程施工。
- 1.0.3 铁路混凝土工程施工应认真执行国家法律法规及相关技术标准,严格按照设计文件施工,满足工程结构安全性、耐久性及功能要求。
- 1.0.4 建设各方应加强管理制度、人员配备、现场管理和过程控制等标准化管理,实现质量、安全、工期、投资、环境保护等建设管理目标。
- 1.0.5 铁路混凝土工程施工应积极推行机械化、工厂化、专业化、信息化施工。
- 1.0.6 铁路混凝土工程应严格控制原材料品质,合理设计配合比,加强施工工艺控制,加强试验检测,保证工程质量。
- 1.0.7 铁路混凝土工程施工应加强现场管理,规范现场布置,提高文明施工水平。混凝土拌和站、钢筋加工场等临时工程的规划、设计和建设,应符合节约用地、节省投资、环保节能、永临结合、合理使用的原则。
- 1.0.8 铁路混凝土工程施工应及时掌握气象、水文和地质灾害等相关信息,重视对自然灾害的识别评估、规划预防、监测应急、工程治理工作,有效减少自然灾害及其影响。
- 1.0.9 铁路混凝土工程施工应认真执行有关节约资源、减少排放的法规和技术标准,结合工程特点和环境条件,制定技术措施。
- 1.0.10 铁路混凝土工程施工的各类人员应经过专门培训,合格后方可上岗。

1.0.11 铁路混凝土工程施工应严格按照国家有关法律法规要求,制定有效措施,做好职业健康和劳动保护。

1.0.12 铁路混凝土工程施工资料的收集和整理工作应与工程进度同步进行,做到系统、完整、真实、准确,保证其具有有效的利用价值和完备的质量责任追溯功能,并按有关规定及时做好资料的归档管理工作。

1.0.13 铁路混凝土工程中采用的新技术、新工艺、新设备、新材料,应符合相关标准和程序的规定。

1.0.14 铁路混凝土工程施工除应符合本规程外,尚应符合国家、行业及铁路总公司现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 混凝土结构 concrete structure

以混凝土为主制成的结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。

2.0.2 混凝土结构的耐久性 durability of concrete structure

在预定作用和预期的维护与使用条件下,混凝土结构及构件在设计使用年限内保持其适用性和安全性的能力。

2.0.3 设计使用年限 design working life

设计人员用以作为结构耐久性设计依据并具有足够安全度或保证率的目标使用年限。

2.0.4 模板 formwork

使混凝土浇筑成型,并能承受混凝土浇筑、成型和凝结硬化过程中各种荷载的临时性结构。

2.0.5 模板支架 formwork support

直接承受模板传来的荷载并保证模板空间位置正确、将荷载传递给地基或承力结构的支承体系,简称为支架。支架受力后的内力、变形符合拱的特征或支架形式为拱形的称为拱架。

2.0.6 脚手架 scaffold

施工期间提供支承作业人员、施工工具和堆放材料等荷载的以及加强整体性的临时性高处作业平台。

2.0.7 钢筋闪光对焊 flash butt welding of steel bar

将两钢筋以对接形式水平安放在对焊机上,利用电阻热使接触点金属熔化,产生强烈闪光和飞溅,迅速施加顶锻力完成的一种压焊方法。

2.0.8 钢筋焊条电弧焊 shielded metal arc welding of steel bar

以焊条作为一极,钢筋为另一极,利用焊接电流通过产生的电弧热进行焊接的一种熔焊方法。

2.0.9 钢筋二氧化碳气体保护电弧焊 carbon-dioxide arc welding of steel bar

以焊丝作为一极,钢筋为另一极,并以二氧化碳气体作为电弧介质,保护金属熔滴、焊接熔池和焊接区高温金属的一种熔焊方法。

2.0.10 钢筋电阻点焊 resistance spot welding of steel bar

将两钢筋(丝)安放成交叉叠接形式,压紧于两电极之间,利用电阻热熔化母材金属,加压形成焊点的一种压焊方法。

2.0.11 钢筋机械连接 mechanical splicing of steel bar

通过钢筋与连接件的机械咬合作用或钢筋端面的承压作用,将一根钢筋中的力传递至另一根钢筋的连接方法。

2.0.12 滚轧直螺纹钢筋连接接头 rolled parallel thread joints of steel bar

将钢筋端部用滚轧工艺加工成直螺纹,并用相应的连接套筒将两根钢筋相互连接的钢筋接头。

2.0.13 镦粗直螺纹钢筋连接接头 parallel thread steel bar joints with upsetting end

将钢筋的连接端先行镦粗,再加工出圆柱螺纹并用连接套筒连接的钢筋接头。

2.0.14 带肋钢筋套筒挤压连接接头 ribbed steel bar pressed sleeve joints

将两根带肋钢筋插入钢套筒,用压钳向钢套筒径向挤压,使之产生塑性变形,依靠变形后的钢套筒与被连接钢筋紧密挤压成整体的钢筋接头。

2.0.15 钢筋的混凝土保护层最小厚度 minimum concrete cover to steel bar

为防止钢筋锈蚀从混凝土表面到最外层钢筋最外缘所必需的

混凝土最小厚度。

2.0.16 矿物掺合料 mineral admixtures

在混凝土搅拌过程中加入的具有一定细度和活性的用于改善新拌和硬化混凝土性能(特别是耐久性能)的矿物类产品,如粉煤灰、磨细矿渣粉、硅粉等,可以单一使用,也可复合使用。

2.0.17 胶凝材料 cementitious material

用于配制混凝土的硅酸盐类材料(如水泥和矿物掺合料等)的总称。

2.0.18 水胶比 water to binder ratio

混凝土拌和物中的总用水量与胶凝材料总量的质量比。

2.0.19 碱活性骨料 alkali reactive aggregate

在一定条件下会与混凝土中的碱发生化学反应,导致混凝土结构产生膨胀、开裂,甚至破坏的骨料。

2.0.20 电通量 electric flux

在一定条件下通过混凝土规定截面积的电荷总量,用于评价混凝土抵抗水和离子等介质向内渗透的能力。

2.0.21 氯离子扩散系数 chloride diffusion coefficient

描述混凝土孔隙水中氯离子从高浓度区向低浓度区扩散过程的参数,用于评价混凝土抵抗氯离子侵蚀的能力。

2.0.22 抗冻等级 resistance class to freezing-thawing

用快冻法测得的最大冻融循环次数划分的混凝土抗冻性能的级别,用于评价混凝土抵抗冻融循环破坏的能力。

2.0.23 气泡间距 air bubble spacing

硬化混凝土中相邻气泡边缘之间距离的平均值。

2.0.24 抗硫酸盐结晶破坏等级 resistance class to sulphate physical attack

用抗硫酸盐侵蚀试验方法测得的最大干湿循环次数划分的混凝土抗腐蚀性能的级别,用于评价混凝土抵抗硫酸盐结晶破坏的能力。

2.0.25 防腐蚀强化措施 corrosion-resistant measures

在采取提高混凝土密实性和增加钢筋的混凝土保护层厚度等常规措施仍不足以保证混凝土结构耐久性的前提下需要进一步采取的其他防腐蚀措施。

2.0.26 干硬性混凝土 dry concrete

混凝土拌和物的坍落度小于 10 mm 且须用维勃稠度(S)表示其稠度的混凝土。

2.0.27 补偿收缩混凝土 shrinkage-compensating concrete

由膨胀剂或膨胀水泥配制的自应力为 0.2 MPa~1.0 MPa 的混凝土。

2.0.28 自密实混凝土 self-compacting concrete

具有高流动性、均匀性和稳定性,浇筑时无需外力振捣,能够在自重作用下流动密实的混凝土。

2.0.29 蓄热法 thermos method

混凝土浇筑后,利用原材料加热及水泥水化热的热量,通过适当保温延缓混凝土冷却,使混凝土冷却到 0℃ 以前达到预期要求强度的施工方法。

2.0.30 暖棚法 warm shed method

将被养护的混凝土构件或结构置于搭设的棚中,通过加热棚内空气使混凝土处于正温环境下养护的方法。

2.0.31 电加热法 electric heating method

冬期浇筑的混凝土利用电能加热养护,包括电极加热、电热毯、工频涡流、线圈感应和红外线加热法。

2.0.32 先张法 pre-tensioning method

在台座或模板上先张拉预应力筋并用夹具临时锚固,在浇筑混凝土并达到规定强度后,放张预应力筋而建立预应力的施工方法。

2.0.33 后张法 post-tensioning method

结构构件混凝土达到规定强度后,张拉预应力筋并用锚具永

久锚固而建立预应力的施工方法。

2.0.34 锚垫板 bearing plate

后张预应力混凝土结构中,预埋在混凝土构件中或置于混凝土构件端部,用以承受锚具传来的预加力并传递给混凝土的部件。

2.0.35 锚具 anchorage

在后张法结构或构件中,用于保持预应力筋的拉力并将其传递到混凝土上所用的永久性锚固装置。

2.0.36 夹具 grip

在先张法构件施工时,用于保持预应力筋的拉力并将其固定在生产台座(或设备)上的临时性锚固装置;在后张法结构或构件施工时,在张拉千斤顶或设备上夹持预应力筋的临时性可重复使用的锚固装置(又称工具锚)。

2.0.37 连接器 coupler

用于连接预应力筋的装置。

3 基本规定

3.0.1 建设各方应严格执行国家、行业和铁路总公司现行有关建设管理办法和本规程的管理规定。

3.0.2 建设各方应建立健全质量保证体系,对工程施工质量进行全过程控制,落实质量责任终身制。加强原材料质量、混凝土配合比设计、模板及支架安装、钢筋加工安装、预应力施工等的控制,注重混凝土的浇筑、振捣和养护等细节的管理。

3.0.3 建设各方应建立健全安全生产管理体系,严格执行相关铁路工程施工安全技术规程的规定,设置专门安全管理机构,配备专职安全管理人员,落实安全生产责任制,保证工程施工安全。

3.0.4 建设各方应建立并持续改进环境管理体系,制定并实施环境管理计划,减少施工对环境的影响。

3.0.5 建设单位应制定混凝土拌和站和工程试验室的验收制度并组织进行验收,加强对混凝土原材料质量、冬期施工等的专项检查。当使用商品混凝土时,建设单位应组织对供应商的拌和站进行评估验收,并要求施工单位按自建站进行监督管理。

3.0.6 勘察设计单位应在设计文件中明确结构设计使用年限、环境类别及作用等级、混凝土耐久性指标等,明确钢筋连接方式和接头位置等有关施工技术要求。混凝土工程施工前、施工中应对结构所处环境进行复核确认。

3.0.7 监理单位应重点做好原材料进场验收、配合比审批、关键工序旁站监理等工作。

3.0.8 施工单位应做好逐级技术交底,对混凝土拌和、浇筑、振捣、养护、钢筋连接、预施应力、管道压浆等编制作业指导书,明确作业标准和工艺要求。

- 3.0.9** 混凝土工程施工应结合项目规模和特点,按照《铁路建设项目工程试验室管理标准》Q/CR 9204 的规定设置工程试验室,满足工程质量控制要求。
- 3.0.10** 混凝土工程施工前应提前开展原材料的调研、混凝土配合比的选定和试验等工作。
- 3.0.11** 混凝土工程施工应根据工程类型、施工条件、工期要求、气象水文条件等因素,按照技术先进、安全适用、节能环保的原则合理配置机械设备,积极推进机械化施工。
- 3.0.12** 混凝土拌制、钢筋加工、小型构件预制等应采用工厂化生产。
- 3.0.13** 钢筋工程、混凝土工程、预应力工程等关键工序应组建专业化的作业队伍进行施工,管理和作业人员应相对固定。
- 3.0.14** 混凝土工程施工应建立相应的信息管理系统,保证工程施工质量管理信息传递及时、可靠有效。
- 3.0.15** 混凝土工程施工应按现行《铁路工程施工组织设计规范》Q/CR 9004 的规定纳入施工组织设计,加强控制工程、重难点及高风险工程的管理。
- 3.0.16** 混凝土工程施工现场管理应符合《铁路建设项目现场管理规范》Q/CR 9202 的相关规定,合理布置生产区、辅助生产区、办公生活区等,并考虑防洪、防火、防爆、防地质灾害等要求。
- 3.0.17** 混凝土工程施工现场应按照《铁路建设项目现场安全文明标志》(建技〔2009〕44 号)的规定设置安全文明标志。
- 3.0.18** 混凝土工程施工应结合工程特点和施工环境进行危险源辨识,对重大危险源应编制应急预案,并按规定组织培训和演练。

4 模板工程

4.1 一般规定

4.1.1 模板及支(拱)架应根据设计文件、施工技术方案的施工工艺等要求进行施工设计。

4.1.2 模板及支(拱)架应优先采用钢材制作,也可因地制宜,选用其他材料制作。模板及支(拱)架应符合下列规定:

1 应保证混凝土结构和构件各部分设计形状、尺寸和相互间位置正确。

2 应具有足够的强度、刚度和稳定性,连接牢固,能承受新浇筑混凝土的重力、侧压力及施工中可能产生的各项荷载。

3 应满足接缝不漏浆、制作简单、安装方便、便于拆卸和多次使用的要求。

4 应与混凝土结构和构件的特征、施工条件和浇筑方法相适应。

4.1.3 模板及支(拱)架的钢材应按现行《钢结构设计规范》GB 50017 的规定选用。

4.1.4 焊接用电焊条应与钢材强度相适应,焊条质量应符合国家现行标准的相关规定。

4.1.5 除采用一体化设计的模板和脚手架结构外,模板与脚手架之间不应互相连接。

4.1.6 模板与混凝土相接触的表面应涂刷隔离剂。模板使用后应按规定修整保存。

4.1.7 在浇筑混凝土前,应对模板及支(拱)架进行验收。

4.1.8 施工过程中应对模板及支(拱)架进行检查和维护,发生

异常情况时应及时处理。

4.1.9 模板及支(拱)架安装与拆除的顺序及安全措施应符合施工技术方案的要求。

4.2 模板设计

4.2.1 模板及支(拱)架设计应考虑表 4.2.1 规定的设计荷载。

表 4.2.1 模板及支(拱)架设计荷载

荷载分类	荷载名称	荷载分类	荷载名称
竖向荷载	模板及支(拱)架自身的重力。 新浇筑混凝土的重力。 钢筋(包括预埋件)的重力。 施工人员和机具设备的重力。 振捣混凝土时产生的荷载。 其他荷载	水平荷载	新浇筑混凝土对模板的侧压力。 倾倒混凝土时因振动产生的荷载。 风荷载。 流水压力和静水压力。 其他荷载

4.2.2 模板及支(拱)架设计采用的荷载设计值应符合现行国家、行业及铁路总公司相关标准的规定。

4.2.3 模板及支(拱)架设计应根据实际工况确定模板及支(拱)架最不利荷载组合。

4.2.4 模板及支(拱)架设计时,承重钢结构及木结构的强度设计值、弹性模量值及设计计算方法应符合现行《钢结构设计规范》GB 50017 及《木结构设计规范》GB 50005 的规定。

4.2.5 模板及支(拱)架的构件抗倾覆稳定系数不得小于 1.5。

4.2.6 模板及支(拱)架的刚度应符合下列规定:

1 结构外露表面和直接支承混凝土重力的模板(纵梁、横梁等)计算挠度不得大于构件跨度的 $1/400$,并满足混凝土构件表面平整度、结构线形的要求。

2 结构隐蔽表面的模板计算挠度不得大于构件跨度的

1/250。

3 模板及支(拱)架的弹性压缩或下沉量不得大于构件跨度的 1/1 000。

4.2.7 模板的构造应能保证拆模前预埋件、预留孔的位置精度要求。

4.2.8 梁式结构的底模应根据结构类型和设计要求设置起拱或反拱量。

4.2.9 预应力混凝土结构用模板应考虑施加预应力后构件与模板、支(拱)架间位置的相互影响,如构件的弹性压缩、徐变、上拱及支座螺栓或预埋件的位移等。

4.2.10 模板及支(拱)架组装设计时,除应计算本规程表 4.2.1 的荷载外,尚应计算组拼后的吊装、拆模荷载,并应注明支点及吊点位置。吊环应经计算确定。

4.2.11 模板及支(拱)架的地基应有足够的承载能力,必要时通过试验确定。地基处理和基础应按现行国家、行业及铁路总公司相关标准设计,并应有防、排水或防冻胀措施。

4.3 模板制作和安装

4.3.1 模板和支(拱)架构件进场后应进行验收,符合相关标准后方可使用。

4.3.2 模板及其预埋件、预留孔应符合设计和工艺要求。

4.3.3 当设计有要求或施工需要时,可在模板的隅角部位加设三角棱条。

4.3.4 支(拱)架结构的立面或平面均应安装牢固,能抵抗振动或偶然撞击作用,并应在两个互相垂直的方向对支(拱)架的立柱加以固定。

4.3.5 使用木材制作支(拱)架时应符合下列规定:

1 承受弯曲力矩或横向受压的杆件,不应采用木材制作,并应减少杆件间的连接数目。

2 长杆件应减少连接接头。

3 压力杆件纵向连接应采用对接法,并扣以硬木或钢制的夹板。搭接法仅可用于次要杆件的连接。

4 两相邻立柱的连接接头应分设在不同的水平面上。

4.3.6 木构件节点的连接可采用接榫形式,并符合下列规定:

1 支(拱)架节点处宜使用钢夹板,并用螺栓夹紧。

2 当杆件截面已按节点处的承压面积确定时,宜使用钢或硬木制作的承托垫板夹紧。

3 在木材承受剪力处,不宜设置齿状连接。当需采用齿状连接时,其接合长度不得小于 30 cm,并应考虑木材干燥时发生开裂的可能性。

4 扒锯钉仅可作为临时连接或不计算受力的加固连接件。

4.3.7 支(拱)架的支承部分应安设于可靠的地基和基础上,并应符合下列规定:

1 在地基(特别是湿陷性黄土)上直接安设支(拱)架时,应有防、排水措施。

2 在冻胀性土的地基上,应保证在施工期间土经受冻融循环作用时结构仍能保持设计位置。

4.3.8 支(拱)架预留施工拱度时,应考虑下列因素:

1 支(拱)架承受全部荷载时的弹性变形。

2 由于静活载和冲击荷载产生的弹性变形。

3 加载后由于构件接头挤压所产生的非弹性变形。

4 由于基础沉降而产生的非弹性变形。

4.3.9 支(拱)架宜设置千斤顶、木楔、砂筒或其他便于松动支撑构件的支垫,并应符合下列规定:

1 木楔宜使用刨光的硬木,其倾斜度不宜大于 1:2;两楔接触面的压力不宜大于 2 MPa。

2 砂筒结构应经设计确定。加置在砂上的压力不应大于 10 MPa;砂筒内应采用质地坚硬、清洁并经筛选的干砂,其粒径宜

为 0.315 mm~0.630 mm;砂筒在使用前应加置设计荷载(必要时可增加 20%~50%的安全储备)进行预压;砂筒上的空隙应采用不易开裂且富有伸缩性的油灰填塞。

3 用于支垫的千斤顶应具有自锁装置。

4 跨度 10 m 及以上的拱或跨度 24 m 及以上的梁不得使用木楔支垫。

4.3.10 后张法预应力混凝土简支梁底模和侧模应根据设计要求和实际张拉力、混凝土弹性模量及上拱度数据,预设反拱及预留压缩量。

4.3.11 为消除支(拱)架非弹性变形,确定模板立模高程,现浇混凝土结构的支(拱)架在正式使用前应预压。

4.4 模板拆除

4.4.1 模板及支(拱)架的拆除时间应根据结构物特点、模板部位、混凝土强度、混凝土的温度及温差、混凝土带模养护时间、天气状况以及其他养护要求等条件综合确定,并符合各专业标准的有关要求。

4.4.2 模板的拆除应按设计的顺序进行。设计无规定时,宜按立模顺序逆向进行。

4.4.3 当拆除拱架、跨度大于 8 m 梁式结构的模板或特殊设计的模板时,应按设计要求的程序及措施进行,并应符合下列规定:

1 支(拱)架的拆除一般应分几个循环拆完,拆除量开始宜小,以后逐渐增大;纵向应对称均衡拆除,横向应同时一起拆除。

2 拆除前应在拆除部位画好每次拆除量的标记。

3 拆除满布式拱架时,可从拱顶向拱脚依次循环拆除;拱式拱架可在两支座处同时均匀拆除。

4 简支梁、连续梁宜从跨中向支座依次循环拆除。

5 拆除拱架时,应设专人用仪器观测拱圈挠度和墩台变化情况,并详细记录,另设专人观察是否有裂缝现象。

4.4.4 当模板与混凝土脱离后,方可拆卸、吊运模板,严禁采用猛烈敲打然后强扭等方法拆除模板、支(拱)架,严禁抛扔模板。

4.4.5 模板、支(拱)架拆除后,应及时进行维修整理,并分类妥善存放。

4.4.6 拆除模板和临时埋设于混凝土中的木塞及其他预埋部件时不得损伤混凝土。

5 钢 筋 工 程

5.1 一 般 规 定

5.1.1 混凝土结构用钢筋的牌号、规格、接头连接方式及部位应符合设计要求和国家、行业及铁路总公司相关标准的规定。

5.1.2 铁路工程采用的 HRB400、HRB500 钢筋不得经过高压穿水处理,其碳当量 C_{eq} (熔炼分析)应分别不大于 0.5%、0.52%。

5.1.3 钢筋在运输和储存过程中应上盖下垫,防止锈蚀、污染和变形。装卸钢筋时不得从高处抛掷。

5.1.4 钢筋加工应设置专用加工场地。场内钢筋应按牌号、批号、规格、检验状态等分别标志存放,堆码整齐。其他焊接材料应分类存放、妥善保管,并应采取防止锈蚀、受潮变质的措施。

5.1.5 焊工应有相应的特种作业操作证,并应在规定的范围内进行焊接操作。焊机应经常维护保养和定期检修,确保正常使用。

5.1.6 钢筋焊接施工应严格执行安全操作规程,按有关规定做好劳动保护、安全防护、安全用电、防火防爆等工作。

5.1.7 在正式钢筋焊接之前,参与施焊的焊工应进行现场条件下的焊接工艺试验,并经质量检验合格后,方可正式作业。当改变钢筋厂家、牌号、规格、焊条型号或调换焊接设备、焊工时,应重新进行现场条件下的焊接工艺试验。

5.1.8 采用钢筋机械连接时,连接件的制造方应提交国家或省部级行政主管部门认可的检测机构出具的型式检验报告。具备下列情况之一时应进行型式检验:

- 1 确定接头性能时。
- 2 材料、工艺、规格有变动时。

3 型式检验报告超过 4 年时。

4 建设单位有要求时。

5.1.9 钢筋机械连接施工前,施工单位应对不同钢筋生产厂的进场钢筋进行现场条件下的接头工艺检验。施工过程中如更换钢筋生产厂,应补充进行工艺检验。

5.1.10 环氧涂层钢筋的储存、加工、连接、安装应符合本规程第 9.4 节的规定。

5.1.11 预制混凝土构件的吊环应符合设计要求。吊环材料不得采用冷拉处理钢筋。

5.1.12 预埋件和钢配件(含钢筋机械连接套筒)应符合下列规定:

1 所用钢板、型钢及圆钢的材质和规格应符合设计要求及国家现行标准的规定。

2 防腐处理应满足设计要求。

3 运输和储存过程中应分类包装、标志,码放整齐,不得混淆和锈蚀。

5.2 钢 筋 加 工

5.2.1 钢筋加工前应清除表面的油渍、漆污、水泥浆和用锤敲击能剥落的浮皮、铁锈等,表面有颗粒状、片状老锈或有损伤的钢筋不得使用。加工前的钢筋应平直,无局部折曲,加工后的钢筋表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。

5.2.2 成盘或有弯曲的钢筋在使用前应采用调直机械进行调直。调直过程中不应损伤带肋钢筋的横肋。调直后的钢筋应平直,不应有局部弯曲、死弯、小波浪形等现象。

5.2.3 钢筋宜在常温状态下加工,不宜加热。弯制钢筋宜从中部开始,逐步弯向两端,应一次弯成。

5.2.4 钢筋加工过程中出现脆断等异常现象时,应分析原因后方可继续施工。

5.2.5 钢筋下料前应核对钢筋的牌号、规格、尺寸和数量,计算下料长度,并分别编制钢筋配料单。钢筋下料长度应按钢筋弯曲后的中心线长度计算,并应考虑钢筋弯钩增加长度以及弯曲调整值。钢筋下料计算方法见本规程附录 A。

5.2.6 钢筋下料应采用机械切断。直径小于 40 mm 的钢筋可用钢筋切断机剪切,直径大于 40 mm 的钢筋应用锯床锯断或用氧—乙炔焰、电弧切割。

5.2.7 钢筋的弯制和末端的弯钩应符合设计要求。对于受力钢筋,当设计无要求时,应符合下列规定:

1 光圆钢筋(HPB300)的末端应采用 180° 的半圆形弯钩,弯钩的内直径不得小于 $2.5d$ (d 为钢筋直径),钩端应留有不小于 $3d$ 的直线段(图 5.2.7—1)。

2 钢筋直径不大于 25 mm 时,HRB400 钢筋直钩的内径不应小于 $4d$,HRB500 不应小于 $6d$,并在钩的端部留一直段;HRB400 直段长度不应小于 $10d$,HRB500 不应小于 $12d$ 。钢筋直径大于 25 mm 时,HRB400 钢筋直钩的内径不应小于 $5d$,HRB500 不应小于 $7d$,并在钩的端部留一直段;HRB400 直段长度不应小于 $10d$,HRB500 不应小于 $12d$ (图 5.2.7—1)。

3 钢筋直径不大于 25 mm 时,HRB400 钢筋 135° 弯钩的内径不应小于 $4d$,HRB500 不应小于 $6d$,并在钩的端部留一直段;HRB400 直段长度不应小于 $5d$,HRB500 不应小于 $6d$ 。钢筋直径大于 25 mm 时,HRB400 钢筋 135° 弯钩的内径不应小于 $5d$,HRB500 不应小于 $7d$,并在钩的端部留一直段;HRB400 直段长度不应小于 $5d$,HRB500 不应小于 $6d$ (图 5.2.7—1)。

4 弯起钢筋应弯成平滑的曲线,其最小弯曲半径应为 $10d$ (HPB300)、 $14d$ (HRB400)或 $18d$ (HRB500)(图 5.2.7—2)。

5 用光圆钢筋制成的箍筋,其末端应做不小于 90° 的弯钩,弯钩的弯曲内直径应大于受力钢筋直径,且不得小于箍筋直径的 2.5 倍(图 5.2.7—3)。弯钩端直线段的长度,一般结构不宜小于

箍筋直径的 5 倍。有抗震设防特殊要求的结构应符合相关标准的规定。

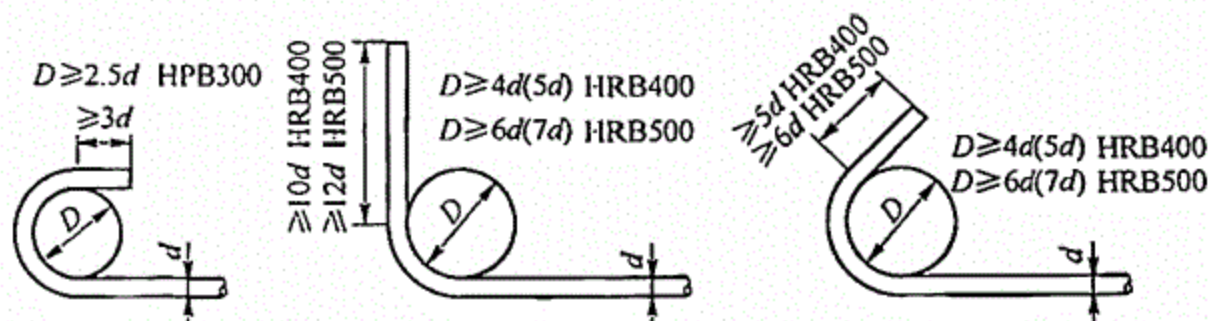


图 5.2.7—1 180°、90°、135°标准弯钩图



图 5.2.7—2 弯起钢筋示意图

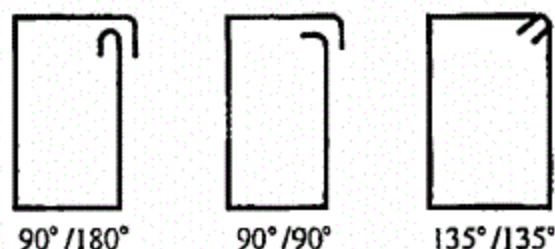


图 5.2.7—3 箍筋末端弯钩示意图

5.2.8 钢筋直螺纹机械连接接头的螺距,当钢筋直径为 16 mm ~ 20 mm 时,应取 2.0 mm;钢筋直径为 22 mm ~ 25 mm 时,应取 2.5 mm;钢筋直径为 28 mm ~ 32 mm 时,应取 3.0 mm。

5.2.9 套筒及锁母应选用性能不低于 45 号的优质碳素结构钢、低合金高强度结构钢,以及其他经型式检验确认符合现行标准的钢材。制造方应提供钢材质量证明书。套筒与锁母的制造应符合下列规定:

1 套筒与锁母应按照产品设计图纸制造。

2 套筒与锁母的重要尺寸(外径、长度)和螺纹牙型及精度应经检验合格。套筒内螺纹尺寸应按《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 确定;螺纹中径公差应满足《普通螺纹 公差》GB/T 197 中 6H 级精度要求。

3 套筒装箱时应有保护端盖,套筒与锁母内不得混入杂物。

4 套筒上应有生产厂家标志。套筒的保护盖上应有被连接钢筋规格的标志。

5.2.10 钢筋丝头加工应符合下列规定:

1 丝头表面不得有损坏及锈蚀。钢筋端面应平整并与钢筋轴线垂直,不得有马蹄形或扭曲。

2 丝头中径、牙型角及丝头有效螺纹长度应符合技术文件的规定。丝头螺纹尺寸宜满足《普通螺纹 基本尺寸》GB/T 196 规定的要求;有效螺纹中径尺寸公差宜满足《普通螺纹 公差》GB/T 197 中 6f 级精度要求。

3 丝头有效螺纹中径的圆柱度(每个螺纹的中径)误差不得超过 0.20 mm。

4 丝头有效螺纹数量不得少于设计要求;牙顶宽度大于 0.3P 的不完整螺纹累计长度不得超过两个螺纹周长;标准型接头的丝头有效螺纹长度应不小于 1/2 连接套筒长度,且允许误差为 +2P。

5 丝头尺寸用专用的螺纹环规检验,应能顺利地旋入并达到要求的拧入长度,环止规旋入长度不得超过 3P。

6 用专用的钢筋丝头保护帽或连接套筒将加工后的丝头进行保护,防止螺纹被磕碰或被污染。

5.2.11 钢筋半成品存放及标志应符合下列规定:

1 成型钢筋应按施工先后顺序存放,并按编号设置标志牌。

2 钢筋机械连接加工后的连接套筒和丝头应进行保护,丝头应加保护帽,不得损坏或污染螺纹,并按规格分类码放整齐。

3 成型钢筋存放时应轻拿轻放,避免变形、损伤。

4 成型钢筋存放场地应坚固平整。地面上应加垫不污染钢筋材质的垫块,垫起高度应大于 10 cm,并避免在其上行走和堆放其他材料。

5 成型钢筋应按形状叠起、水平或竖直放置,叠起高度不宜大于 2 m。

6 成型钢筋运输吊装时,应按编号捆扎成捆。成捆钢筋应捆扎均匀、整齐、牢固,捆扎不应少于 3 道,必要时加刚性支撑或支架。

5.3 钢筋连接

5.3.1 钢筋连接可采用焊接连接、机械连接和绑扎连接。钢筋连接方式、接头位置应符合设计要求。当设计无要求时,应符合下列规定:

1 钢筋纵向接头应优先采用闪光对焊连接。当缺乏闪光对焊条件时,可采用电弧焊。钢筋接头采用搭接或帮条电弧焊时,宜采用双面焊缝;双面焊缝困难时,可采用单面焊缝。

2 轴心受拉及小偏心受拉杆件中的钢筋接头均采用焊接连接。

3 以承受静力为主的混凝土结构钢筋可采用机械连接,但当机械连接不能满足连接件之间的横向净距小于 25mm 时,不得采用机械连接。

5.3.2 钢筋接头应设置在承受应力较小处,并应分散布置。同一连接区段内有接头的受力钢筋截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率,应符合设计要求。当设计无要求时,应符合下列规定:

1 焊接接头在受弯构件的受拉区不得大于 50%,轴心受拉构件不得大于 25%。

2 机械连接接头的受弯构件不应大于 50%,轴心受拉构件不得大于 25%。

3 绑扎接头在构件的受拉区不得大于 25%，在受压区不得大于 50%。

4 钢筋接头应避开钢筋弯曲处，距弯曲点的距离不得小于钢筋直径的 10 倍。

5 在同一根钢筋上应少设接头，同一连接区段内，同一根钢筋上不得超过一个接头。

6 当施工中分不清受拉区或受压区时，接头设置应符合受拉区规定。

7 同一连接区段的确定应符合下列规定：

1) 焊接接头或机械连接接头的同一连接区段长度为 $35d$ (d 为纵向受力钢筋的较大直径) 且不小于 500 mm。

2) 绑扎接头的同一连接区段长度为 1.3 倍搭接长度且不小于 500 mm。

3) 凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均属于同一连接区段。

5.3.3 钢筋焊接环境条件应符合下列规定：

1 雨天、雪天不宜在现场进行施焊。必须施焊时，应采取有效遮蔽措施。

2 当现场风速超过 8 m/s 时进行闪光对焊或焊条电弧焊，风速超过 2 m/s 时进行二氧化碳气体保护电弧焊，均应采取挡风措施。

3 冬期钢筋焊接应符合本规程第 11.2 节的规定。

5.3.4 钢筋闪光对焊应符合下列规定：

1 除正式焊接之前进行焊接工艺试验外，每个焊工均应在每班工作开始时，先按实际条件试焊 2 个对焊接头试件，并做冷弯试验，待其结果合格后方可正式施焊。

2 钢筋牌号、直径在表 5.3.4 范围内时，可采用连续闪光焊。超出表 5.3.4 范围，钢筋端面较平整时，宜采用预热闪光焊；钢筋端面不平整时，宜采用“闪光—预热闪光焊”。HRB500 钢筋焊接

应采用预热闪光焊或“闪光—预热闪光焊”。

表 5.3.4 连续闪光焊钢筋上限直径

焊机容量(kV·A)	钢筋牌号	钢筋直径(mm)
160(150)	HPB300	22
	HRB400	20
100	HPB300	20
	HRB400	18
80(75)	HPB300	16
	HRB400	12

3 连续闪光焊所能焊接的钢筋上限直径,还应根据焊机容量、钢筋牌号等具体情况而定,并应符合表 5.3.4 规定。

4 闪光对焊时,应选择合适的调伸长度、烧化留量、顶锻留量以及变压器级数等焊接参数。连续闪光焊时的留量应包括烧化留量、有电顶锻留量和无电顶锻留量;“闪光—预热闪光焊”时的留量包括一次烧化留量、预热留量、二次烧化留量、有电顶锻留量和无电顶锻留量。

5 变压器级数应根据钢筋牌号、直径、焊机容量以及焊接工艺方法等具体情况选择。

6 采用电动机凸轮传动对焊机或气、液压传动对焊机进行大直径钢筋焊接时,宜首先采取锯割或气割方式对钢筋端面进行平整处理,然后采取预热闪光焊工艺。

7 闪光对焊接头的外观质量应符合下列规定:

- 1) 接头周缘应有适当的镦粗部分,并呈均匀的毛刺外形。
- 2) 钢筋表面不得有明显的烧伤或裂纹。
- 3) 接头弯折的角度不得大于 3° 。
- 4) 接头轴线的偏移不得大于 $0.1d$,且不得大于 2 mm。

5.3.5 钢筋电弧焊可采用焊条电弧焊或二氧化碳气体保护电弧焊。采用电弧焊接头时除应满足强度要求外,尚应符合下列规定:

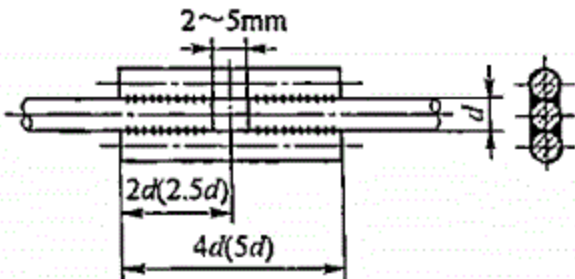
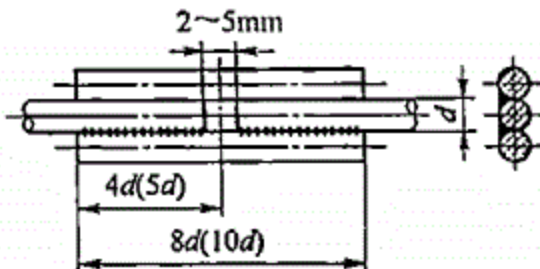
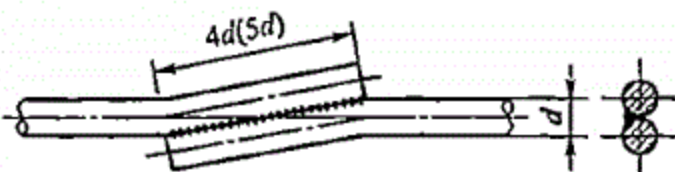
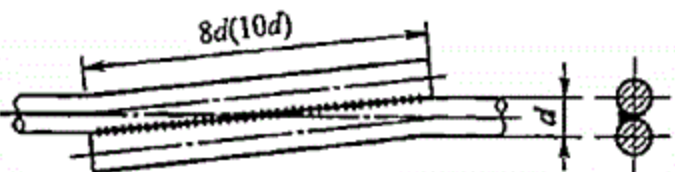
1 钢筋焊条电弧焊所采用的焊条、二氧化碳气体保护电弧焊

所采用的焊丝应符合国家现行有关标准的规定。二氧化碳气体应符合现行《焊接用二氧化碳》HG/T 2537 中优等品的规定。

2 在加工场进行电弧焊接时,均应采用双面焊缝。仅在现场施焊条件困难时,方可采用单面焊接。

3 不同牌号、直径钢筋帮条的长度、搭接的长度应符合表 5.3.5 的规定。

表 5.3.5 搭接焊或帮条焊接头构造

序号	接头类型	接头构造图	钢筋牌号	帮条长度
1	双面焊缝 帮条焊		HPB300	$\geq 4d$
			HRB400	$\geq 5d$
			HRB500	
2	单面焊缝 帮条焊		HPB300	$\geq 8d$
			HRB400	$\geq 10d$
			HRB500	
3	双面焊缝 搭接焊		HPB300	$\geq 4d$
			HRB400	$\geq 5d$
			HRB500	
4	单面焊缝 搭接焊		HPB300	$\geq 8d$
			HRB400	$\geq 10d$
			HRB500	

注:在无条件的进行序号 1、3 的双面焊缝电弧焊时,可采用序号 2、4 的单面焊缝电弧焊。

4 焊缝长度不应小于帮条或搭接长度。

5 钢筋搭接、帮条焊接的焊缝有效厚度 h 应不小于 $0.3d$, 焊缝宽度 b 应不小于 $0.8d$ (图 5.3.5)。

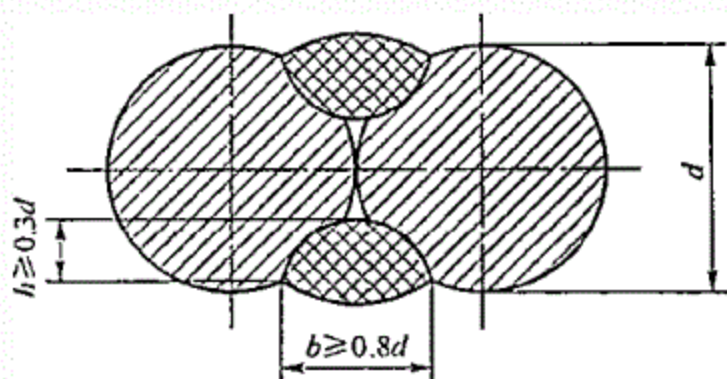


图 5.3.5 钢筋搭接、帮条焊接的焊缝

6 搭接接头钢筋的端部应预先折向一侧, 搭接钢筋的轴线应位于同一直线上。

7 帮条和被焊钢筋的轴线应在同一平面上。

8 焊接地线应与钢筋接触良好, 不得因接触不良而烧伤主筋。

9 帮条与被焊钢筋间应采用 4 点固定; 搭接焊时, 应采用 2 点固定。定位焊缝应离帮条端部或搭接端部 20 mm 以上。

10 焊接时应在帮条或搭接钢筋的一端引弧, 并应在帮条或搭接钢筋端头上收弧, 弧坑应填满。第一层焊缝应有足够的熔深, 主焊缝与定位焊缝应熔合良好。

11 采用电弧搭接焊、帮条焊的接头, 应逐个进行外观检查, 并应符合下列规定:

- 1) 用小锤敲击接头时, 钢筋发出与基本钢材同样的清脆声。
- 2) 电弧焊接接头的焊缝表面应平顺, 无缺口、裂纹和较大的金属焊瘤等缺陷。

5.3.6 钢筋焊接网片采用电阻点焊时应符合下列规定:

- 1 焊接网片较小钢筋直径不得小于较大钢筋直径的 0.6 倍。
- 2 电阻点焊应根据钢筋牌号、直径及焊机性能等,选择焊接电流、焊接通电时间和电极压力等工艺参数。
- 3 焊点的压入深度应为较小钢筋直径的 0.18 倍~0.25 倍。
- 4 施工中应保持电极与钢筋之间接触面的清洁平整。当电极使用变形时应及时修整。

5.3.7 钢筋绑扎连接应符合下列规定:

- 1 绑扎接头的最小搭接长度应符合设计要求。
- 2 光圆钢筋采用绑扎连接时,钢筋末端应做成彼此相对的 180°弯钩(图 5.3.7)。在钢筋搭接部分的中心及两端应采用铁丝绑扎结实。

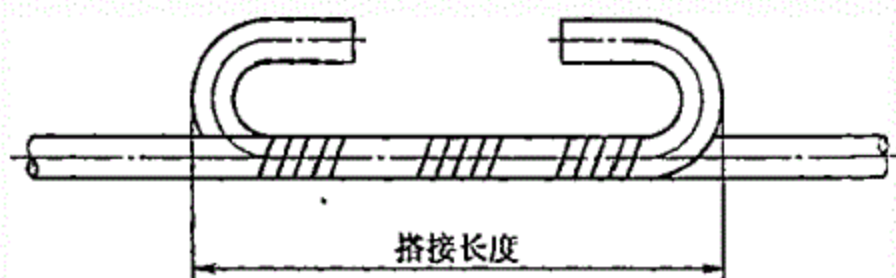


图 5.3.7 钢筋的绑扎连接

5.3.8 钢筋机械连接可采用滚轧直螺纹接头、镦粗直螺纹接头或套筒挤压接头。接头试件实测抗拉强度应不小于被连接钢筋抗拉强度标准值,且具有高延性及反复拉压性能。接头应能经受规定的高应力和大变形反复拉压循环,且在经历拉压循环后,其抗拉强度仍应符合上述规定。接头的变形性能应符合表 5.3.8 的规定。

表 5.3.8 接头的变形性能

检 验 项 目		性 能 要 求
单向拉伸	残余变形(mm)	$u_0 \leq 0.14 (d \leq 32)$ $u_0 \leq 0.16 (d > 32)$
	最大力总伸长率(%)	$A_{sg} \geq 6.0$

续表 5.3.8

检 验 项 目		性 能 要 求
高应力反复拉压	残余变形(mm)	$u_{20} \leq 0.3$
大变形反复拉压	残余变形(mm)	$u_4 \leq 0.3$ 且 $u_8 \leq 0.6$

注: u_0 ——接头试件加载至 $0.6f_{yk}$ 并卸载后在规定标距内的残余变形;

u_{20} ——接头经高应力反复拉压 20 次后的残余变形;

u_4 ——接头经大变形反复拉压 4 次后的残余变形;

u_8 ——接头经大变形反复拉压 8 次后的残余变形;

A_{sp} ——接头试件的最大力总伸长率;

d ——钢筋公称直径。

5.3.9 滚轧直螺纹接头和镦粗直螺纹接头连接应符合下列规定:

1 在进行钢筋连接前,应检查钢筋规格与连接套筒规格是否一致,并保证丝头和连接套筒内螺纹干净、完好无损。

2 连接钢筋时应对正轴线连接。

3 连接钢筋两端外露有效螺纹数量应满足规定要求。

4 钢筋连接施工过程中,连接套筒与钢筋丝头旋合困难时不得强行加力,应查明原因妥善处理。

5 钢筋连接时应用工作扳手将丝头在套筒中央位置顶紧。当采用加锁母型套筒时应用锁母锁紧。

6 钢筋接头拧紧后应用扭矩扳手按不小于规定的拧紧力矩值检查,并加以标记。

7 扭矩扳手应严格按使用说明书要求使用;扭矩扳手只能作检查工具,不得作为拧紧工具使用;扭矩扳手应定期标定,并在检验标定的有效期限内使用。

5.3.10 套筒挤压接头连接应符合下列规定:

1 应按标记检查钢筋插入套筒内的深度,钢筋端头离套筒长度中点不应超过 10 mm。

2 压模、套筒与钢筋应相互配套使用,压模上应有相对应的连接钢筋规格标记。

- 3 挤压时挤压机与钢筋轴线应保持垂直。
- 4 挤压宜从套筒中央开始,并依次向两端挤压。
- 5 宜先挤压一端套筒,插入待接钢筋后再挤压另一端套筒(图 5.3.10)。应采用必要措施确保钢筋与套筒的同轴、顺直。

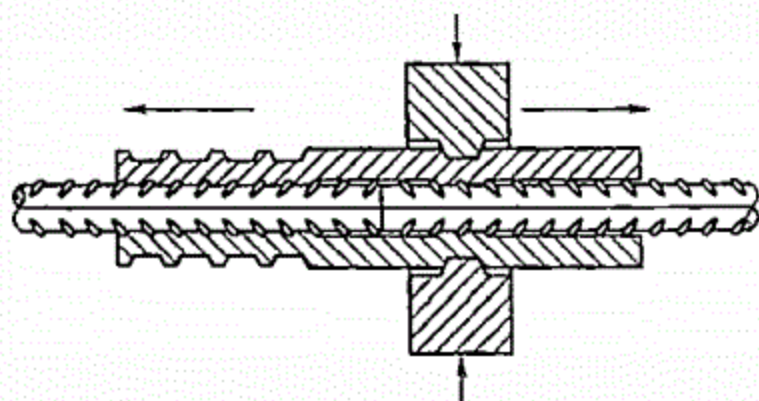


图 5.3.10 挤压连接顺序示意图

6 油泵与挤压机的使用应严格按操作规程进行,其工作压力不得超过额定压力。高压油管应防止负重拖拉、弯折和尖利物体的刻划。

5.4 钢筋安装

5.4.1 钢筋的牌号、规格、数量、位置和混凝土保护层的厚度均应符合设计要求。

5.4.2 为保证混凝土保护层厚度,应在钢筋与模板之间采用垫块支垫。垫块应符合下列规定:

- 1 垫块应互相错开,分散布置,不得横贯保护层的全部截面;垫块数量不得少于 $4 \text{ 个}/\text{m}^2$,绑扎垫块和钢筋的铁丝头不得伸入保护层内。

- 2 保护层垫块的尺寸应保证钢筋混凝土保护层厚度的准确性,其形状应有利于钢筋的定位。

- 3 垫块的耐久性和抗压强度应不低于构件本体混凝土。采用细石混凝土时水胶比不应大于 0.4。

4 不得采用砂浆垫块。

5.4.3 钢筋骨(网)架宜先行预制,并应有足够的刚度,必要时可补入辅助钢筋或在钢筋的某些交叉点处焊牢,但不得在主筋上起弧。

5.4.4 焊接网和焊接骨架的焊点应符合设计要求;当设计无要求时,应按下列规定进行焊接:

1 焊接骨架的所有钢筋相交点必须焊接。

2 当焊接网片只有一个方向受力时,受力主筋与两端边缘的两根锚固横向钢筋的全部相交点必须焊接;当焊接网两个方向受力时,则四周边缘的两根钢筋的全部相交点均应焊接。其余的相交点可间隔焊接。

5.4.5 绑扎和焊接的钢筋骨(网)架,在运输、安装和浇筑混凝土过程中不得有变形、开焊或松脱现象,并应符合下列规定:

1 在钢筋的交叉点处,应用直径 $0.7\text{ mm}\sim 2.0\text{ mm}$ 的铁丝,按逐点改变绕丝方向(8字形)的方式交错扎结,或按双对角线(十字形)方式扎结。

2 除设计有要求外,梁、柱等结构中钢筋骨架的箍筋应与主筋垂直围紧(图 5.4.5);箍筋与主筋交叉点处应以铁丝绑扎;梁柱等构件拐角处的交叉点应全部绑扎;中间平直部分的交叉点可交错扎结。

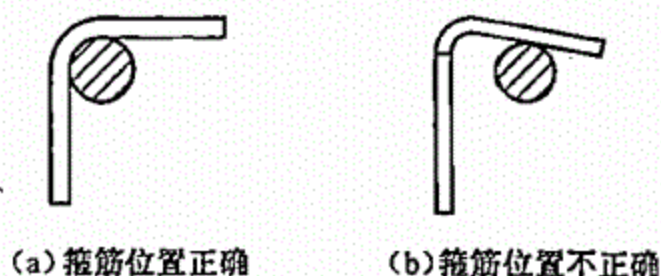


图 5.4.5 箍筋的位置

3 根据安装需要可配以必要数量的架立钢筋。

4 当柱中竖向钢筋采用搭接接头时,角部钢筋的弯钩面应与

模板成 45° 角,其余部位钢筋的弯钩面应与模板成 90° 角。使用内部振捣器浇筑小截面混凝土柱时,弯钩与模板的夹角不得小于 15° 。

5 柱中箍筋接头的两端应向柱内弯曲。柱中箍筋的接头应设在与柱的角部主筋相交处,并应沿竖直方向交错布置。

5.4.6 安装钢筋骨(网)架时,应保证其在模型中的正确位置,不得倾斜、扭曲,也不得改变保护层的规定厚度。在混凝土浇筑过程中安装钢筋骨(网)架时,不应妨碍浇筑工作正常进行,也不应造成施工缝。

5.4.7 钢筋骨(网)架经预制、安装就位后,应进行检查,作出记录并妥善保管,不得在其上行走和递送材料。

6 混凝土工程

6.1 一般规定

6.1.1 混凝土工程所用原材料应按现行的相关施工质量验收标准进行进场验收,合格后方可使用。

6.1.2 混凝土工程正式施工前应尽早开展混凝土配合比的选定工作。当混凝土施工经历不同季节时,应根据气候条件选定不同的配合比,并制定相应的施工技术措施。

6.1.3 重要的混凝土结构施工前宜进行混凝土试浇筑,对混凝土配合比、施工工艺、施工机具的适应性进行检验,并对有代表性的混凝土结构内部混凝土温升过程进行测定,发现问题及时调整。

6.1.4 当粗、细骨料的含泥量或泥块含量超标时应采用专用设备进行处理。

6.1.5 冬期、夏期和大风干旱地区混凝土施工应制定专门的施工技术措施。

6.2 混凝土拌和站

6.2.1 拌和站应根据工程规模、分布特点、环境条件、工艺要求、经济运距和施工组织要求等进行设置。场区规划应综合考虑施工生产情况,合理划分生产区、骨料存放区、试验检测区、办公区和生活区等。

6.2.2 拌和站的生产能力应满足最大批次混凝土的数量需要。拌和设备应能满足工程结构混凝土连续浇筑作业的施工要求,且宜采用双套设备。

6.2.3 拌和站的设备配置应能满足铁路混凝土质量控制要求,并

应具有产品质量证明文件且状态良好,计量仪器应检定合格且在有效期内。

6.2.4 拌和站设备应严格按照设备安装技术标准进行安装,主要设备应稳固可靠,并应采取必要的防风、防雨、防雷电措施。

6.2.5 拌和站应积极运用信息化管理手段,对混凝土的生产组织、物资管理、试验检验、质量控制等过程进行管理。

6.2.6 拌和站应按规定设置专职试验人员,配备必要的设施和设备,满足试验检测工作需要。

6.2.7 拌和站应建立完善的安全、质量、人员、设备、试验检测、环境保护等管理制度。

6.2.8 拌和站场内布置应符合下列规定:

1 原材料场地应进行表面硬化,行车道路应能满足重载车辆通行要求。场地排水应设施完善、排水畅通,无明显积水和坑洼现象。

2 粗、细骨料应按待检区和合格区分别存放,不同品种和规格的粗、细骨料用隔离墙分离,并根据需要设置水洗或筛分设施。

3 合格区的粗、细骨料应采用棚架遮挡,棚架的强度和刚度应满足使用要求,并根据需要设置夏期降温和冬期保温的辅助设施。

4 原材料应妥善保管,水泥、粉体外加剂、矿物掺合料应防止受潮,液体外加剂应防止受冻和暴晒,散装水泥应按不同厂家、品种、强度等级分罐储存。

5 应在醒目位置对各种原材料信息进行标志,标志内容包括材料名称、产地、规格、数量、进料时间、检验状态、试验报告号、检验批次等。

6 安全、消防、环保设施应齐全有效,标志规范、醒目。

6.2.9 拌和站正式启用之前应进行拌和工艺试验和混凝土匀质性测试。

6.2.10 拌和站验收合格后方可投产。

6.3 混凝土原材料

6.3.1 水泥的选用应符合下列规定：

1 水泥宜选用通用硅酸盐水泥，混合材宜选用矿渣粉或粉煤灰。不宜使用早强水泥。C30 及以上混凝土应采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，C30 以下混凝土可采用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥和复合硅酸盐水泥。

2 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的性能应符合表 6.3.1 的规定。其他品种水泥的性能应符合《通用硅酸盐水泥》GB 175 的规定。

表 6.3.1 水泥的性能

序号	检 验 项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	比表面积	$300 \text{ m}^2/\text{kg} \sim 350 \text{ m}^2/\text{kg}$	按 GB/T 8074 检验
2	凝结时间	初凝 $\geq 45 \text{ min}$ ，终凝 $\leq 600 \text{ min}$ (硅酸盐水泥终凝 $\leq 390 \text{ min}$)	按 GB/T 1346 检验
3	安定性	沸煮法合格	
4	强度	符合 GB 175—2007 表 3 的规定	按 GB/T 17671 检验
5	烧失量	$\leq 5.0\%$ (P · O)； $\leq 3.5\%$ (P · II)； $\leq 3.0\%$ (P · I)	按 GB/T 176 检验
6	游离 CaO 含量	$\leq 1.0\%$	
7	MgO 含量	$\leq 5.0\%$	
8	SO ₃ 含量	$\leq 3.5\%$	
9	Cl ⁻ 含量	$\leq 0.06\%$	
10	碱含量	$\leq 0.80\%$	
11	助磨剂种类及掺量	符合 GB 175—2007 第 5.2 条规定	检查产品质量证明文件
12	石膏种类及掺量		
13	混合材种类及掺量		

续表 6.3.1

序号	检 验 项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
14	熟料中的 C_3A 含量	$\leq 8\%$	按 GB/T 21372 相关规定检验

注: 1 当骨料具有碱—硅酸反应活性时,水泥的碱含量不应超过 0.60%。C40 及以上混凝土用水泥的碱含量不宜超过 0.60%。

2 在氯盐环境条件下,混凝土宜采用低 Cl^- 含量的水泥,不宜使用抗硫酸盐硅酸盐水泥。

3 在硫酸盐化学侵蚀环境条件下,混凝土应采用低 C_3A 含量的水泥。

6.3.2 矿物掺合料应选用品质稳定的产品,宜为粉煤灰、矿渣粉、硅灰或其中几种复配而成的复合矿物掺合料。矿物掺合料的性能应符合表 6.3.2—1~表 6.3.2—3 的规定。使用其他新型掺合料时,必须对混凝土的性能进行试验研究,经铁路总公司评审后方可使用。

表 6.3.2—1 粉煤灰的性能

序号	检验项目	技 术 要 求		检 验 方 法
		C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土	
1	细度	≤25.0%	≤12.0%	按 GB 1596 检验
2	需水量比	≤105%	≤95%	
3	烧失量	≤8.0%	≤5.0%	按 GB/T 176 检验
4	Cl ⁻ 含量	≤0.02%		
5	含水量	≤1.0% (对干排灰)		按 GB/T 1596 检验
6	SO ₃ 含量	≤3.0%		按 GB/T 176 检验
7	CaO 含量	≤10%		
8	游离 CaO 含量	≤1.0%		

注:当混凝土所处环境为严重冻融破坏环境(D4)时,所采用粉煤灰的烧失量不宜大于 3.0%。

表 6.3.2—2 矿渣粉的性能

序号	检 验 项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	密度	$\geq 2.8 \text{ g/cm}^3$	按 GB/T 208 检验
2	比表面积	$350 \text{ m}^2/\text{kg} \sim 500 \text{ m}^2/\text{kg}$	按 GB/T 8074 检验
3	流动度比	$\geq 95\%$	按 GB/T 18046 检验
4	烧失量	$\leq 3.0\%$	
5	MgO 含量	$\leq 14.0\%$	按 GB/T 176 检验
6	SO ₃ 含量	$\leq 4.0\%$	
7	Cl ⁻ 含量	$\leq 0.06\%$	
8	含水量	$\leq 1.0\%$	按 GB/T 18046 检验
9	7 d 活性指数	$\geq 75\%$	
	28 d 活性指数	$\geq 95\%$	

表 6.3.2—3 硅灰的性能

序号	检 验 项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	烧失量	$\leq 6\%$	按 GB/T 176 检验
2	比表面积	$\geq 18\,000 \text{ m}^2/\text{kg}$	按 GB/T 18736 检验
3	需水量比	$\leq 125\%$	
4	28 d 活性指数	$\geq 85\%$	
5	Cl ⁻ 含量	$\leq 0.02\%$	按 GB/T 176 检验
6	SiO ₂ 含量	$\geq 85\%$	
7	含水量	$\leq 3.0\%$	按 GB 1596 检验

6.3.3 细骨料的选用应符合下列规定：

1 细骨料应选用级配合理、质地坚固、吸水率低、空隙率小的洁净天然河砂，也可选用专门机组生产的机制砂，不得使用海砂。

2 配制混凝土时宜优先选用中砂（细度模数 3.0~2.3）。当采用粗砂（细度模数 3.7~3.1）时，宜适当提高砂率；当采用细砂

(细度模数 2.2~1.6)时,宜适当降低砂率。

3 细骨料中含有颗粒状的硫酸盐或硫化物杂质时,应进行专门检验,确认其能满足混凝土的耐久性要求时方能采用。

4 细骨料的颗粒级配应符合表 6.3.3-1 的规定。

表 6.3.3-1 细骨料的颗粒级配范围

累计筛余(%) 公称粒径(mm)	级配区	I 区	II 区	III 区
10.0		0	0	0
5.00		10~0	10~0	10~0
2.50		35~5	25~0	15~0
1.25		65~35	50~10	25~0
0.63		85~71	70~41	40~16
0.315		95~80	92~70	85~55
0.160		100~90 97~85(机制砂)	100~90 94~80(机制砂)	100~90 94~75(机制砂)

注:除 5.00 mm 和 0.63 mm 筛档外,细骨料的实际颗粒级配与上表所列的累计筛余百分率相比允许稍有超出分界线,但超出总量不应大于 5%。

5 细骨料的快速砂浆棒膨胀率应小于 0.30%,梁体、轨道板、轨枕、接触网支柱等预制构件中使用的细骨料的快速砂浆棒膨胀率应小于 0.20%。

6 细骨料的其他性能应满足表 6.3.3-2 的规定。

表 6.3.3-2 细骨料的性能

序号	检 验 项 目	技 术 要 求			检 验 方 法
		<C30	C30~C45	≥C50	
1	含泥量(天然砂)	≤3.0%	≤2.5%	≤2.0%	按 GB/T 14684 检验
2	泥块含量	≤0.5%			
3	云母含量	≤0.5%			
4	轻物质含量	≤0.5%			

续表 6.3.3—2

序号	检 验 项 目		技 术 要 求			检验方法
			<C30	C30 - C45	≥ C50	
5	有机物含量		浅于标准色			按 GB/T 14684 检验
6	压碎指标(机制砂)		<25%			
7	石粉含量 (机制砂)	MB<1.40	≤10.0%	≤7.0%	≤5.0%	
		MB≥1.40	≤5.0%	≤3.0%	≤2.0%	
8	吸水率		≤2.0%			
9	坚固性		≤8%			
10	硫化物及硫酸盐含量		≤0.5%			
11	Cl ⁻ 含量		≤0.02%			

7 处于冻融破坏环境下,细骨料中的含泥量不应大于 2.0%,吸水率不应大于 1%。

8 细骨料中粒径大于 5 mm 的颗粒含量不宜大于 5%,否则应在混凝土试配时将超出限量部分计入粗骨料。

6.3.4 粗骨料的选用应符合下列规定:

1 粗骨料应选用级配合理、粒形良好、质地均匀坚固、线胀系数小的洁净碎石,无抗拉和抗疲劳要求的 C40 以下混凝土也可采用卵石。

2 粗骨料应由二级或多级级配混配而成。

3 粗骨料的最大公称粒径不宜超过钢筋的混凝土保护层厚度的 2/3(在严重腐蚀环境条件下不宜超过钢筋的混凝土保护层厚度的 1/2),且不得超过钢筋最小间距的 3/4。配制 C50 及以上预应力混凝土时,粗骨料最大公称粒径不应大于 25 mm,轨道板混凝土用粗骨料的最大公称粒径不应大于 20 mm。

4 粗骨料的颗粒级配应符合表 6.3.4—1 的规定。

5 粗骨料的压碎指标值应符合表 6.3.4—2 的规定。

表 6.3.4—1 粗骨料的颗粒级配

公称 粒径 (mm)	累计筛余,按质量(%)								
	筛孔边长尺寸(mm)								
	2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53
5-10	95~100	80~100	0~15	0	—	—	—	—	—
5-16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	—	—	—	—
5-20	95~100	90~100	40~80	—	0~10	0	—	—	—
5-25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5	0	—	—
5-31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~45	—	0~5	0	—
5-40	—	95~100	70~90	—	30~65	—	—	0~5	0

表 6.3.4—2 粗骨料的压碎指标值(%)

混凝土 强度等级	<C30			≥C30		
岩石 种类	沉积岩	变质岩或 深成的 火成岩	喷出的火 成岩	沉积岩	变质岩或深 成的火成岩	喷出的火 成岩
碎石	≤16	≤20	≤30	≤10	≤12	≤13
卵石	≤16			≤12		

注:沉积岩(水成岩)包括石灰岩、砂岩等,变质岩包括片麻岩、石英岩等,深成的火成岩包括花岗岩、正长岩、闪长岩和橄榄岩等,火成岩包括玄武岩和辉绿岩等。

6 粗骨料的快速砂浆棒膨胀率应小于 0.30%,岩石柱膨胀率小于 0.10%。梁体、轨道板、轨枕、接触网支柱等构件中使用的粗骨料的快速砂浆棒膨胀率应小于 0.20% 的规定。

7 粗骨料的其它性能应符合表 6.3.4—3 的规定。

8 冻融破坏环境和干湿交替环境下,粗骨料的吸水率不应大于 1%。

9 磨蚀环境下,混凝土宜选择硬质耐磨粗骨料。

6.3.5 外加剂的选用应符合下列规定:

表 6.3.4—3 粗骨料的性能

序号	检 验 项 目	技 术 要 求			检 验 方 法
		<C30	C30~C45	≥C50	
1	颗粒级配	应符合表 6.3.4—1 的规定			按 GB/T 14685 检验
2	针片状颗粒总含量	≤10%	≤8%	≤5%	
3	含泥量	≤1.0%	≤1.0%	≤0.5%	
4	泥块含量	≤0.2%			
5	岩石抗压强度	母岩强度与混凝土强度等级之比不应小于 1.5			
6	吸水率	<2%			
7	紧密空隙率	≤40%			
8	坚固性	≤8% (混凝土结构) ≤5% (预应力混凝土结构)			
9	硫化物及硫酸盐含量	≤0.5%			
10	Cl ⁻ 含量	≤0.02%			按 TB 10424—2010 附录 C 检验
11	有机物含量(卵石)	浅于标准色			按 GB/T 14685 检验

1 外加剂应选用质量稳定的产品,外加剂与水泥及矿物掺合料之间应具有良好的相容性。当不同功能的多种外加剂复合使用时,不同外加剂之间以及外加剂与水泥和矿物掺合料之间应有良好的适应性。

2 高效减水剂的性能应符合表 6.3.5—1 的规定,聚羧酸系高性能减水剂的性能应符合表 6.3.5—2 的规定,减水剂的匀质性应符合现行《混凝土外加剂》GB 8076 的规定。

3 当使用其他新型外加剂时,应经过试验论证并通过铁路总公司评审。

6.3.6 引气剂应选用质量稳定且引入气泡细小、分布均匀、能明显提高混凝土抗冻性能的产品。引气剂与减水剂、水泥之间均应有良好的相容性。引气剂的性能应符合表 6.3.6 的规定。

表 6.3.5—1 高效减水剂的性能

序号	检 验 项 目		技 术 要 求		检 验 方 法
			标准型	缓凝型	
1	减水率		≥20%		按 GB 8076 检验
2	含气量		≤3.0%		
3	泌水率比		≤20%		
4	压力泌水率比 (用于配制泵送混凝土时)		≤90%		按 JC 473 检验
5	抗压强度比	1 d	≥140%	—	按 GB 8076 检验
		3 d	≥130%	—	
		7 d	≥125%	≥125%	
		28 d	≥120%	≥120%	
6	坍落度 1 h 经时变化量 (用于配制泵送混凝土时)		—	≤60 mm	
7	凝结时间差	初凝	-90 min~	>+90 min	
		终凝	+120 min	—	
8	硫酸钠含量(按折固含量计)		≤10.0%		按 GB/T 8077 检验
9	Cl ⁻ 含量(按折固含量计)		≤0.6%		
10	碱含量(按折固含量计)		≤10%		
11	收缩率比		≤125%		按 GB 8076 检验

注:1. 检验减水率、含气量、泌水率比、抗压强度比、凝结时间差、收缩率比时,混凝土坍落度宜为 $80\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ 。

2. 抽检试验用水泥宜为工程用水泥。

表 6.3.5—2 聚羧酸系高性能减水剂的性能

序号	检 验 项 目	技 术 要 求			检 验 方 法
		早强型	标准型	缓凝型	
1	减水率	≥25%			按 GB 8076 检验
2	含气量	≤3.0%			

续表 6.3.5—2

序号	检 验 项 目		技 术 要 求			检 验 方 法
			早强型	标准型	缓凝型	
3	泌水率比		≤20%			按 GB 8076 检验
4	压力泌水率比(用于配制 泵送混凝土时)		≤90%			按 JC 473 检验
5	抗压强度比	1 d	≥180%	≥170%	—	按 GB 8076 检验
		3 d	≥170%	≥160%	—	
		7 d	≥145%	≥150%	≥140%	
		28 d	≥130%	≥140%	≥130%	
6	坍落度 1 h 经时变化量 (用于配制泵送混凝土时)		—	≤80 mm	≤60 mm	
7	凝结时间差	初凝	-90 min ~	-90 min ~	>+90 min	
		终凝	+90 min	+120 min	—	
8	甲醛含量(按折固含量计)		≤0.05%			按 JG/T 223 检验
9	硫酸钠含量(按折固含量计)		≤5.0%			按 GB/T 8077 检验
10	Cl ⁻ 含量(按折固含量计)		≤0.6%			
11	碱含量(按折固含量计)		≤10%			
12	收缩率比		≤110%			按 GB 8076 检验

注:1 检验减水率、含气量、泌水率比、抗压强度比、凝结时间差、收缩率比时,混凝土坍落度宜为 $80 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ 。

2 抽检试验用水泥宜为工程用水泥。

表 6.3.6 引气剂的性能

序号	检 验 项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
1	减水率	$\geq 6\%$	按 GB 8076 检验
2	含气量	$\geq 3.0\%$	
3	常压泌水率比	$\leq 70\%$	
4	1 h 含气量经时变化	$-1.5\% \sim +1.5\%$	

续表 6.3.6

序号	检 验 项 目	技 术 要 求	检 验 方 法
5	抗压强度比	3 d	$\geq 95\%$
		7 d	$\geq 95\%$
		28 d	$\geq 90\%$
6	凝结时间差	终凝	按 GB 8076 检验
		初凝	
7	收缩率比	$\leq 125\%$	
8	相对耐久性指数(200 次)	$\geq 80\%$	
9	28 d 硬化混凝土气泡间距系数	$\leq 300 \mu\text{m}$	

6.3.7 拌和用水和养护用水的选用应符合下列规定:

1 混凝土拌和用水可采用饮用水,不得采用海水,当使用其他来源的水时,其性能应满足表 6.3.7 的规定。

2 除不溶物、可溶物可不作要求外,养护用水其他性能应符合表 6.3.7 的规定。养护用水不得采用海水。

3 回收重复利用水的 pH 值、氯化物含量、硫酸盐含量和碱含量应符合表 6.3.7 的规定。

表 6.3.7 拌和水的性能

序号	检 验 项 目	技 术 要 求			检 验 方 法
		预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土	
1	pH 值	>6.5	>6.5	>6.5	按 JGJ 63 检验
2	不溶物含量	<2 000 mg/L	<2 000 mg/L	<5 000 mg/L	
3	可溶物含量	<2 000 mg/L	<5 000 mg/L	<10 000 mg/L	
4	氯化物含量	<500 mg/L <350 mg/L (用钢丝或热处理的钢筋)	<1 000 mg/L	<3 500 mg/L	
		<200 mg/L(混凝土处于氯盐环境下)			

续表 6.3.7

序号	检 验 项 目	技 术 要 求			检 验 方 法
		预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土	
5	硫酸盐含量	<600 mg/L	<2 000 mg/L	<2 700 mg/L	按 JGJ 63 检验
6	碱含量	<1 500 mg/L			按 GB/T 176 检验
7	抗压强度比(28 d)	≥90%			按 JGJ 63 检验
8	凝结时间差	≤30 min			

6.4 混凝土配合比

6.4.1 混凝土的配合比应根据设计使用年限、环境条件和施工工艺等,通过试配、调整、试件检测和试浇筑等步骤选定,并应充分考虑原材料、施工工艺、环境条件可能出现的变化,选定备用配合比。混凝土配合比选定试验的检验和计算项目应符合表 6.4.1 的规定。混凝土的耐久性指标和长期性能要求应按现行《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424—2010 附录 D 确定。当设计有更高要求时,其配合比应按设计要求执行。

表 6.4.1 混凝土配合比选定试验的检验和计算项目

序号	检 验 项 目	试 验 方 法	备 注
1	坍落度、维勃稠度或增大固数	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080	基本检验项目
2	泌水率		
3	凝结时间		
4	抗压强度	《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081	
5	电通量	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082	
6	含气量	《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080	

续表 6.4.1

序号	检 验 项 目	试 验 方 法	备 注
7	弹性模量	《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081	仅对预应力混凝土或当设计有要求时
8	抗冻等级	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082	仅对处于冻融破坏环境的混凝土或对耐久性有特殊要求的混凝土
9	气泡间距系数	《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424—2010 附录 E	仅对处于冻融破坏、盐类结晶破坏环境的混凝土
10	氯离子扩散系数	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082	仅对处于氯盐环境的混凝土
11	56 d 抗硫酸盐结晶破坏等级	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082	仅对处于盐类结晶破坏环境的混凝土
12	胶凝材料抗蚀系数	《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424—2010 附录 F	仅对处于硫酸盐化学侵蚀环境的混凝土
13	抗渗等级	《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082	仅对隧道衬砌混凝土
14	收缩		仅对无砟轨道底座板混凝土、双块式轨枕道床板混凝土、自密实混凝土和采用新材料、工艺施工的预应力混凝土
15	碱含量	水泥、矿物掺合料、外加剂及水的碱含量之和	基本计算项目
16	三氧化硫含量	水泥、矿物掺合料、外加剂及水的三氧化硫含量之和	
17	氯离子含量	水泥、矿物掺合料、粗骨料、细骨料、外加剂及水的氯离子含量之和	

6.4.2 选定混凝土配合比应符合下列规定:

1 为提高混凝土的耐久性,改善混凝土的施工性能和抗裂性能,混凝土中应适量掺加粉煤灰、矿渣粉或硅灰等矿物掺合料。不同矿物掺合料的掺量应根据混凝土的性能要求参照表 6.4.2—1 通过试验确定。

表 6.4.2—1 不同环境下混凝土中矿物掺合料掺量范围(%)

环境类别	矿物掺合料种类	水 胶 比	
		≤ 0.40	> 0.40
碳化环境	粉煤灰	≤ 40	≤ 30
	矿渣粉	≤ 50	≤ 40
氯盐环境	粉煤灰	30~50	20~40
	矿渣粉	40~60	30~50
化学侵蚀环境	粉煤灰	30~50	20~40
	矿渣粉	40~60	30~50
盐类结晶破坏环境	粉煤灰	≤ 40	≤ 30
	矿渣粉	≤ 50	≤ 40
冻融破坏环境	粉煤灰	≤ 30	≤ 20
	矿渣粉	≤ 40	≤ 30
磨蚀环境	粉煤灰	≤ 30	≤ 20
	矿渣粉	≤ 40	≤ 30

注:1 本表规定的掺量是指单掺一种矿物掺合料时的适宜掺量范围。当采用多种矿物掺合料复掺时,不同矿物掺合料的掺量可参考本表,并经过试验确定。

2 本表规定的矿物掺合料的掺量范围仅限于使用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥的混凝土。

3 对于预应力混凝土结构,粉煤灰的掺量不宜超过 30%。

4 严重氯盐环境与化学侵蚀环境下,粉煤灰的掺量应大于 30%,或矿渣粉的掺量大于 50%。

5 硅灰掺量不宜超过胶凝材料总量的 8%,且宜与其他矿物掺合料复合使用。

2 混凝土的胶凝材料最大用量宜满足表 6.4.2—2 的要求。

表 6.4.2—2 混凝土的胶凝材料最大用量(kg/m^3)

混凝土强度等级	成 型 方 式	
	振动成型	自密实成型
<C30	360	—
C30~C35	400	550
C40~C45	450	600
C50	480	—
>C50	500	—

3 不同环境条件下,混凝土的最大水胶比和最小胶凝材料用量应符合设计要求,当设计无要求时,应符合表 6.4.2—3 的规定。当为硫酸盐化学侵蚀环境时,胶凝材料的抗蚀系数不得小于 0.80。

表 6.4.2—3 混凝土最大水胶比和最小胶凝材料用量(kg/m^3)

环境类别	环境作用等级	设 计 使 用 年 限		
		100 年	60 年	30 年
碳化环境	T1	0.55,280	0.60,260	0.60,260
	T2	0.50,300	0.55,280	0.55,280
	T3	0.45,320	0.50,300	0.50,300
氯盐环境	L1	0.45,320	0.50,300	0.50,300
	L2	0.40,340	0.45,320	0.45,320
	L3	0.36,360	0.40,340	0.40,340
化学侵蚀环境	H1	0.50,300	0.55,280	0.55,280
	H2	0.45,320	0.50,300	0.50,300
	H3	0.40,340	0.45,320	0.45,320
	H4	0.36,360	0.40,340	0.40,340
盐类结晶破坏环境	Y1	0.50,300	0.55,280	0.55,280
	Y2	0.45,320	0.50,300	0.50,300
	Y3	0.40,340	0.45,320	0.45,320
	Y4	0.36,360	0.40,340	0.40,340
冻融破坏环境	D1	0.50,300	0.55,280	0.55,280
	D2	0.45,320	0.50,300	0.50,300
	D3	0.40,340	0.45,320	0.45,320
	D4	0.36,360	0.40,340	0.40,340

续表 6.4.2—3

环境类别	环境作用等级	设计使用年限		
		100 年	60 年	30 年
磨蚀环境	M1	0.50,300	0.55,280	0.55,280
	M2	0.45,320	0.50,300	0.50,300
	M3	0.40,340	0.45,320	0.45,320

注:碳化环境下,素混凝土最大水胶比不应超过 0.60,最小胶凝材料用量不应低于 260 kg/m^3 ;氯盐环境下,素混凝土最大水胶比不应超过 0.55,最小胶凝材料用量不应低于 280 kg/m^3 。

4 混凝土中的碱含量应符合设计要求。当设计无要求时,混凝土的碱含量应符合表 6.4.2—4 的规定。

表 6.4.2—4 混凝土最大碱含量(kg/m^3)

设计使用年限级别		—(100 年)	二(60 年)	三(30 年)
环境条件	干燥环境	3.5	3.5	3.5
	潮湿环境	3.0	3.0	3.5
	含碱环境	2.1	3.0	3.0

注:1 混凝土的碱含量是指混凝土各种原材料的碱含量之和。其中,矿物掺合料的碱含量以其所含可溶性碱量计算。粉煤灰的可溶性碱量取粉煤灰总碱量的 1/6,矿渣粉的可溶性碱量取矿渣粉总碱量的 1/2,硅灰的可溶性碱量取硅灰总碱量的 1/2。

2 干燥环境是指不直接与水接触、年平均空气相对湿度长期不大于 75% 的环境;潮湿环境是指长期处于水下或潮湿土中、干湿交替区、水位变化区以及年平均相对湿度大于 75% 的环境;含碱环境是指直接与高含盐碱土体、海水、含碱工业废水或钠(钾)盐等接触的环境;干燥环境或潮湿环境与含碱环境交替变化时,均按含碱环境对待。

3 对于含碱环境中的混凝土结构,当其设计使用年限为 100 年时,除了混凝土的碱含量应满足本表要求外,还应使用非碱活性骨料;当其设计使用年限为 30 年、60 年时,在限制混凝土碱含量的同时,还应对混凝土表面作防水、防碱涂层处理,否则应换用非碱活性骨料。

4 当骨料的砂浆棒膨胀率大于等于 0.10% 且小于 0.20% 时,混凝土碱含量应满足表 6.4.2—4 的规定;当骨料的砂浆棒膨胀率大于等于 0.20% 且小于 0.30% 时,除混凝土碱含量应满足表 6.4.2—4 的规定外,还应采取抑制碱—骨料反应的技术措施,并经试验证明抑制有效。当抑制无效时,可采取更换碱含量较低的水泥、增加矿物掺合料掺量或掺加具有抑制碱—骨料反应功效的外加剂等技术措施。抑制碱—骨料反应有效性应按现行《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 附录 G 进行检验。

5 钢筋混凝土的混凝土氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.10%，预应力混凝土的混凝土氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.06%。

6 混凝土中三氧化硫含量不应超过胶凝材料总量的 4.0%。

7 混凝土含气量的最低限值应满足表 6.4.2—5 的要求。

表 6.4.2—5 混凝土含气量的最低限值

环境条件	冻融破坏环境			盐类结晶破坏环境	其他环境
	D1	D2、D3	D4	Y1、Y2、Y3、Y4	
含气量 (入模时)	4.0%	5.0%	6.0%	4.0%	2.0%

注：梁、轨道板混凝土含气量宜为 2.0%—4.0%。

8 混凝土的浆体体积应满足表 6.4.2—6 的要求。

表 6.4.2—6 不同强度等级混凝土的浆体体积限值

强度等级	浆体体积
C30—C50(不含 C50)	≤0.32
C50—C60(含 C60)	≤0.35
C60 以上(不含 C60)	≤0.38

注：浆体体积即单位体积混凝土中胶凝材料和水所占的体积。

9 在满足施工工艺条件的情况下，宜尽量选用低流动性的混凝土。

6.4.3 混凝土的配合比可按下列规定计算、试配和调整：

1 根据混凝土工作性、设计强度和耐久性指标要求，结合工程上所选水泥的性能、外加剂的性能以及本规程第 6.4.2 条的规定，初步确定胶凝材料总用量、矿物掺合料的种类及掺量、外加剂的掺量、水胶比和砂率，并计算出单位体积混凝土的水泥用量、矿物掺合料用量、用水量以及外加剂的用量。

2 采用体积法时按公式(6.4.3—1)计算粗、细骨料用量。

$$\frac{m_w}{\rho_w} + \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{m_{p1}}{\rho_{p1}} + \frac{m_{p2}}{\rho_{p2}} + \frac{m_s}{\rho_s} + \frac{m_g}{\rho_g} + \frac{m_a}{\rho_a} + \alpha = 1$$

(6.4.3—1)

- 式中 m_w ——每立方米混凝土用水量(kg);
 m_c ——每立方米混凝土水泥用量(kg);
 m_{p1} ——每立方米混凝土掺合料 1 用量(kg);
 m_{p2} ——每立方米混凝土掺合料 2 用量(kg);
 m_a ——每立方米混凝土外加剂用量(kg);
 m_s ——每立方米混凝土细骨料用量(kg);
 m_g ——每立方米混凝土粗骨料用量(kg);
 α ——混凝土含气量(m^3);
 ρ_w ——水的密度(kg/m^3);
 ρ_c ——水泥的密度(kg/m^3);
 ρ_{p1} ——掺合料 1 的密度(kg/m^3);
 ρ_{p2} ——掺合料 2 的密度(kg/m^3);
 ρ_a ——外加剂的密度(kg/m^3);
 ρ_s ——细骨料饱和面干的密度(kg/m^3);
 ρ_g ——粗骨料饱和面干的密度(kg/m^3)。

3 采用质量法时按公式(6.4.3—2)计算粗、细骨料用量。

$$m_s + m_g + m_w + m_c + m_{p1} + m_{p2} + m_a = m_h \quad (6.4.3—2)$$

- 式中 m_w ——每立方米混凝土用水量(kg);
 m_c ——每立方米混凝土水泥用量(kg);
 m_{p1} ——每立方米混凝土掺合料 1 用量(kg);
 m_{p2} ——每立方米混凝土掺合料 2 用量(kg);
 m_a ——每立方米混凝土外加剂用量(kg);
 m_s ——每立方米混凝土细骨料用量(kg);
 m_g ——每立方米混凝土粗骨料用量(kg);
 m_h ——每立方米混凝土拌和物的假定质量(kg)。

4 核算单方混凝土的碱含量、氯离子含量和三氧化硫含量是否满足本规程第 6.4.2 条的要求,核算浆体体积是否满足本规程表 6.4.2—6 的要求。否则应重新选择原材料或单方混凝土原材料用量,直至满足要求为止。

5 按上述确定的单方混凝土原材料用量拌和混凝土,测试混凝土的坍落度(维勃稠度或增实因数)、泌水率、凝结时间和含气量等性能。若试验值与要求值存在差别,可适当调整胶凝材料用量、砂率 and 外加剂用量,直至调配出拌和物性能、碱含量、氯离子含量和三氧化硫含量满足设计或本规程要求的混凝土配合比,即基准配合比。试拌时,每盘混凝土的最小搅拌量应在 20 L 以上,且不少于搅拌机额定容量的 1/3。

6 将混凝土基准配合比的胶凝材料用量、矿物掺合料掺量、砂率和水胶比略作调整,重新按上述步骤计算并调整出 3 个满足设计要求或本规程要求的混凝土配合比。按本规程表 6.4.1 规定的项目对这些混凝土的力学性能、耐久性能和长期性能进行检验。

7 按照工作性能优良、强度和耐久性满足要求、经济合理的原则,从上述试验结果满足要求的配合比中选择合适的配合比作为试验室理论配合比。

8 采用工程实际使用的原材料和搅拌方式搅拌混凝土,并测定混凝土的表观密度。根据实测混凝土拌和物的表观密度,求出校正系数,对试验室理论配合比进行校正(即以理论配合比中每项材料用量乘以校正系数),即得到混凝土的实际理论配合比。校正系数按下式计算:

校正系数 = 实测拌和物表观密度 / 试验室理论配合比拌和物表观密度

6.4.4 施工前应对砂、石含水率进行测定,根据测定结果对实际理论配合比进行调整,确定施工配合比。

6.4.5 当混凝土的原材料品质、施工工艺发生较大变化时,应重新进行配合比选定试验。

6.4.6 当施工工艺及环境条件未发生明显变化,原材料的品质在合格的基础上发生波动时,可对混凝土外加剂用量、粗骨料分级比例、砂率进行适当调整,调整后混凝土的拌和物性能应与理论配合比一致。

6.5 混凝土搅拌

6.5.1 搅拌混凝土前,应测定粗、细骨料的含水率,及时调整施工配合比。每工班至少抽测一次,雨天应增加抽测次数。

6.5.2 搅拌混凝土应采用强制式搅拌机,计量器具应定期检定。搅拌机经大修、中修或迁移至新的地点后,应对计量器具重新进行检定。每一工班正式称量前,应对计量设备进行检查。

6.5.3 按照批准的施工配合比准确称量混凝土原材料,其最大允许偏差应符合表 6.5.3 规定(按质量计)。

表 6.5.3 混凝土原材料称量允许偏差

序号	原 材 料 名 称	允许偏差
1	胶凝材料(水泥、矿物掺合料等)	$\pm 1\%$
2	外加剂	$\pm 1\%$
3	粗、细骨料	$\pm 2\%$
4	拌和用水	$\pm 1\%$

6.5.4 混凝土原材料计量后,宜先向搅拌机投入骨料、水泥和矿物掺合料,搅拌均匀后,加水和液体外加剂,直至搅拌均匀为止。粉体外加剂应与矿物掺合料同时加入。

6.5.5 混凝土的搅拌时间为全部材料装入搅拌机开始至搅拌结束所用时间,混凝土延续搅拌时间应根据配合比和搅拌设备情况通过试验确定,但最短搅拌时间不宜少于 2 min。

6.6 混凝土运输

6.6.1 混凝土宜采用内壁平整光滑、不吸水、不渗漏的运输设备

进行运输。当运输距离较长时,宜采用搅拌运输车运输;当运输距离较近时,宜采用混凝土泵、混凝土料斗或皮带机运输。在装运混凝土前,应认真清除运输设备内的积水以及内壁粘附的混凝土。

6.6.2 采用混凝土搅拌运输车运送混凝土时,运输过程中宜以 $2\text{ r/min}\sim 4\text{ r/min}$ 的转速转动;当搅拌运输车到达浇筑现场时,应高速旋转 $20\text{ s}\sim 30\text{ s}$ 后再将混凝土拌和物喂入泵车受料斗或混凝土料斗中;运输车每天使用后应清洗干净。

6.6.3 采用混凝土泵输送混凝土应符合下列规定:

1 混凝土泵送施工应根据施工进度要求,加强组织和调度,确保连续均匀供料。

2 混凝土泵的输运能力应与混凝土的供应能力相适应。

3 混凝土泵的型号可根据混凝土数量、最大泵送距离、最大输出量等参数计算确定。

4 配置输送管时,应缩短管线长度,少用弯头。输送管应平顺,内壁光滑,接口不得漏浆。

5 泵送混凝土时,输送管路起始水平管段长度不应小于 15 m 。除出口处外,输送管路的其它部位均不得采用软管。输送管路应用支架、吊具等加以固定,不应与模板和钢筋接触。

6 泵送混凝土前,应先用同水胶比的水泥砂浆或与泵送混凝土配合比相同,但粗骨料减少 50% 的混凝土通过管道。当用活塞泵泵送混凝土时,泵的受料斗内应具有足够的混凝土,防止吸入空气。

7 向下泵送混凝土时,管路与垂线的夹角不宜小于 12° 。

8 混凝土泵的位置宜靠近浇筑地点。泵送下料口宜能移动。当泵送下料口固定时,固定的间距不宜大于 3 m 。不得用插入式振捣器平拖混凝土,也不得用插入式振捣器将下料口处堆积的混凝土推向远处。

9 搅拌好的混凝土应尽快入泵,并在初凝前浇筑完毕。在交通拥堵和气候炎热等情况下,应采取措施防止混凝土坍落度损失

过大。

10 应保持混凝土泵送连续进行,必要时可降低泵送速度以维持泵送的连续性。停泵时间超过 15 min 时,应每隔 4 min ~ 5 min 开泵一次,正转和反转两个冲程,同时开动料斗搅拌器,防止料斗中混凝土离析。停泵超过 45 min 或混凝土出现离析现象时,宜将管中混凝土清除,并清洗泵机。

6.6.4 采用皮带机运送混凝土应符合下列规定:

- 1 传送带的倾斜角度不应超过表 6.6.4 的规定。
- 2 混凝土卸于传送带上和由传送带卸下时,应通过漏斗等设施,保持垂直下料。
- 3 皮带机上应设置刮刀等设备。
- 4 传送带运转速度不应超过 1.2 m/s。
- 5 开始搅拌混凝土时,应考虑有 2% ~ 3% 的砂浆损失。

表 6.6.4 传送带最大倾斜角度

混凝土坍落度 (mm)	最大倾斜角度	
	向上运送	向下运送
<40	18°	12°
40~80	15°	10°
>80	通过工艺试验确定	

6.6.5 混凝土在转运、分配或倾注时,应采用滑槽、串筒或漏斗等金属类器具辅助进行。

6.6.6 运输混凝土过程中,应尽量减少混凝土的转运次数和运输时间。混凝土从加水拌和到入模的最长时间,应由试验室根据混凝土初凝时间及施工气温确定。

6.6.7 混凝土运输设备的运输能力应适应混凝土凝结时间和浇筑速度的需要,保证浇筑过程连续进行。运输过程中,应采取有效措施保证运至浇筑地点的混凝土仍保持规定的拌和物性能。

6.6.8 为了避免日晒、雨淋和寒冷气候对混凝土质量的影响,防

止局部混凝土温度升高(夏期)或受冻(冬期),应对运输容器采取遮盖或保温隔热措施。

6.7 混凝土浇筑

6.7.1 浇筑混凝土前,应做好下列准备工作:

1 制定浇筑工艺,明确结构分段分块的间隔浇筑顺序,尽量减少后浇带或施工缝。

2 根据结构截面尺寸大小研究确定降温防裂措施。

3 清除基础上松动的岩块、杂物及泥块,并采取防、排水措施。对干燥的非黏性土基面,应用水湿润;对未风化的岩石,应用水清洗,但其表面不得积水。在旧混凝土面上接续浇筑新混凝土时,基面准备工作应符合本规程第 6.7.4、6.7.5 条的规定。

4 仔细检查模板、支架、钢筋、预埋件的紧固程度和保护层垫块的位置、数量等,以确保钢筋的混凝土保护层厚度满足要求。

6.7.2 浇筑混凝土应符合下列基本规定:

1 炎热气候条件下,混凝土的入模温度不宜超过 30°C 。应避免模板和新浇混凝土受阳光直射,控制混凝土入模前模板和钢筋的温度以及附近的局部气温不超过 40°C 。宜安排在傍晚开始浇筑,不宜在早上浇筑以免气温升到最高时加剧混凝土内部温升。

2 当室外日平均气温连续 3 d 低于 5°C 或最低气温低于 0°C 时,应按冬期施工办理,混凝土的入模温度不应低于 5°C 。

3 新浇混凝土入模温度与邻接的已硬化混凝土或岩土、钢筋、模板介质间的温差不得大于 15°C 。与新浇筑混凝土接触的已硬化混凝土、岩土介质、钢筋和模板的温度不得低于 2°C 。

4 在相对湿度较小、风速较大的环境条件下,可采取场地洒水、喷雾、挡风等措施,或在此时避免浇筑有较大暴露面积的构件。

5 混凝土应分层浇筑,分层厚度(指捣实后厚度)应根据搅拌与运输能力、浇筑速度、振捣能力和结构特点等条件确定。泵送混凝土的最大摊铺厚度不宜大于 60 cm ,其他混凝土最大摊铺厚度

不宜大于 40 cm。在新浇筑完成的下层混凝土上再浇筑新混凝土时,应在下层混凝土初凝前浇筑完成上层混凝土。上下层同时浇筑时,上层与下层前后浇筑距离应保持 1.5 m 以上。在倾斜面上浇筑混凝土时,应从低处开始逐层扩展升高,保持水平分层。

6 混凝土浇筑应连续进行。当因故间歇时,其间歇时间应小于前层混凝土的初凝时间。不同混凝土的允许间歇时间应根据环境温度、水泥品种、水胶比和外加剂类型等条件通过试验确定。当超过允许间歇时间时,应按浇筑中断处理,同时应留置施工缝,并作出记录。施工缝的平面应与结构的轴线相垂直。

7 在浇筑混凝土过程中或浇筑完成时,如混凝土表面泌水较多,须在不扰动已浇筑混凝土的条件下,采取措施将水排除。继续浇筑混凝土时,应查明原因,采取措施,减少泌水。

8 浇筑混凝土期间,应设专人检查支架、模板、钢筋和预埋件等的稳固情况,发现有松动、变形、移位时应及时处理。

6.7.3 自高处向模板内倾卸混凝土时,应防止混凝土离析,并应符合下列规定:

1 从高处直接倾卸时,混凝土自由倾落高度不宜超过 2 m。

2 当倾落高度超过 2 m 时,应采用串筒、溜管或振动溜管等辅助设施进行混凝土浇筑。

3 串筒出料口距混凝土浇筑面的高度不宜超过 1 m。

6.7.4 施工缝连接方式应符合设计要求。设计无具体要求时,对于素混凝土结构,应在施工缝处埋设直径不小于 16 mm 的连接钢筋。连接钢筋埋入深度和露出长度均不应小于钢筋直径的 $15d$,间距不大于 20 cm,使用光圆钢筋时两端应设半圆形标准弯钩,使用带肋钢筋时可不设弯钩。

6.7.5 在混凝土施工缝处接续浇筑新混凝土时,应符合下列规定:

1 应凿除已浇筑混凝土表面的水泥砂浆和松弱层,凿毛后露出的新鲜混凝土面积不低于总面积的 75%。凿毛时,混凝土强度

应符合下列规定:

1) 用人工凿毛时,不低于 2.5 MPa。

2) 用风动机等机械凿毛时,不低于 10 MPa。

2 经凿毛处理的混凝土面应用水冲洗干净,但不得存有积水。在浇筑新混凝土前,对垂直施工缝宜在旧混凝土面上刷一层水泥净浆,对水平施工缝宜在旧混凝土面上铺一层厚 10 mm ~ 20 mm、水胶比略低于混凝土、胶砂比为 1 : 2 的水泥砂浆或铺一层厚约 30 cm 的新鲜混凝土,其粗骨料宜比新浇筑混凝土减少 10%。

3 施工缝为斜面时,旧混凝土应浇筑成或凿成台阶状。

6.7.6 浇筑大体积混凝土时,尚应符合本规程第 8 章的规定。

6.7.7 浇筑墩台、涵洞混凝土时,应符合下列规定:

1 基底为非黏性土或干土时,应按设计要求进行基底处理。

2 基面为岩石时,应加以润湿,并铺一层厚 20 mm ~ 30 mm 的水泥砂浆,然后于水泥砂浆凝结前浇筑第一层混凝土。

3 对一般墩台及基础混凝土,应在整个平截面范围内水平分层进行浇筑。

4 浇筑大体积墩台基础混凝土时,应满足本规程第 8.2 节的相关规定。

6.7.8 浇筑梁式结构混凝土时,应符合下列规定:

1 梁体混凝土应采用快速、稳定、连续、可靠的浇筑方式在全梁范围内水平分层连续浇筑成型。当梁的平面面积较大时,也可采用斜向分段、水平分层的方法连续浇筑。

2 浇筑先张构件时,应避免振捣器碰撞预应力筋;浇筑后张结构时,应避免振捣器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。应经常检查模板、管道、锚固端垫板及支座预埋件等,以保证其位置及尺寸符合设计要求。

6.7.9 在隧道、明洞、路堑、大跨度拱肋浇筑混凝土时,应符合下列基本规定:

- 1 浇筑前应进行断面检查,不应有局部坍塌。
 - 2 浇筑隧道拱圈等长筒形拱混凝土时,应视具体情况按其长度方向分节浇筑,且分节界面应与拱的纵向轴线垂直。
 - 3 当连续浇筑拱肋或拱圈时,应自两拱脚向拱顶对称浇筑。当拱肋或拱圈的跨度在 16 m 及以下时,应一次连续浇完。
 - 4 当拱肋或拱圈跨度大于 16 m 时,应沿拱的跨度方向分段浇筑。各分段的界面应与拱肋中心线垂直。两邻接浇筑段之间应预留间隔槽,其位置应设在拱架节点外,并应避开拱肋间的横撑、隔板以及梁上的杆件。拱肋的分段段数、分段位置、浇筑顺序以及间隔槽的宽度,均应符合设计要求。
 - 5 各分段内的混凝土应一次浇完。当因故中断再接续浇筑混凝土时,新旧混凝土的接合面应垂直于拱的中心线,并应符合本规程第 6.7.5 条的规定。当接续浇筑混凝土时,已浇筑的混凝土面应加以修凿或凿成阶梯形(当拱的截面厚度过大时),并与拱中心线垂直。
 - 6 预留间隔槽中的混凝土,应待各段混凝土浇完,且两邻段混凝土至少硬化 7 d 后,方可由拱脚向拱顶依次对称浇筑。浇筑时,应尽量采用坍落度较小的混凝土,并符合本规程第 6.7.5 条的规定。
 - 7 封顶时,应待两侧其他间隔槽浇完,且已浇筑混凝土温度接近拱的设计浇筑温度时,方可浇筑拱顶间隔槽中的混凝土。应对封顶时的气温和混凝土的温度作好记录。
 - 8 当浇筑大跨度拱肋或拱圈混凝土时,可在征得设计部门同意后,采用分层浇筑法浇筑。
- 6.7.10** 当浇筑与墙或柱(墩)整体连接(不设施工缝)的梁或板时,应按设计规定的方案进行。

6.8 混凝土振捣

- 6.8.1** 混凝土浇筑过程中,应随时对混凝土进行振捣并使其均匀

密实。振捣宜采用插入式振捣器垂直点振,或采用插入式振捣器和附着式振捣器联合振捣。混凝土坍落度较小时(如采用斗送法浇筑的混凝土),应加密振点分布。预应力混凝土箱梁宜采用侧振并辅以插入式振捣器振捣成型。

6.8.2 混凝土振捣过程中,应避免重复振捣,防止过振。应加强检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况,防止在振捣混凝土过程中产生漏浆。

6.8.3 采用机械振捣混凝土时,应符合下列规定:

1 采用插入式振捣器振捣混凝土时,插入式振捣器的移动间距不宜大于振捣器作用半径的 1.5 倍,且插入下层混凝土内的深度宜为 5 cm~10 cm,与侧模应保持 5 cm~10 cm 的距离。当振动完毕需变换振捣器在混凝土中的水平位置时,应边振动边竖向缓慢提出振捣器,不得将振捣器放在混凝土内平拖,不得用振捣器驱赶混凝土。

2 表面振捣器的移动距离应能覆盖已振动部分的边缘。

3 附着式振捣器的设置间距和振动能量应通过试验确定,并应与模板紧密连接。

4 对有抗冻要求的引气混凝土,不应采用高频振捣器振捣。

5 应避免碰撞模板、钢筋及其他预埋部件。

6 每一振点的振捣延续时间以混凝土不再沉落、表面泛浆为度,防止过振、漏振。

7 对于箱梁腹板与底板及顶板连接处的承托、预应力筋锚固区以及施工缝处等其他钢筋密集部位,宜特别注意振捣。

8 当采用振动台振动时,应预先进行工艺设计。

6.8.4 混凝土振捣完成后,应及时修整、抹平混凝土裸露面,待定浆后再抹第二遍并压光或拉毛。抹面时严禁洒水,并应防止过度操作影响表层混凝土的质量。寒冷地区和干旱地区的混凝土,应特别加强施工抹面工序的质量控制。

6.9 混凝土养护

6.9.1 自然养护时,应在混凝土浇筑完毕后 1 h 内对混凝土进行保温保湿养护。暴露面混凝土初凝前,应卷起覆盖物,用抹子搓压表面至少两遍,使之平整后再次覆盖,此时应注意覆盖物不要直接接触混凝土表面,直至混凝土终凝为止。

6.9.2 蒸汽养护时,混凝土静停环境温度不应低于 5°C ,浇筑结束 4 h~6 h 且混凝土终凝后方可升温;混凝土周围蒸汽的升、降温速度不宜大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。恒温养护时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件等通过试验确定。蒸汽养护的预制梁脱模后的保温保湿养护时间不少于 14 d。蒸汽养护的预制轨道板脱模后的保温保湿养护时间不少于 10 d。

6.9.3 混凝土养护期间,混凝土芯部温度不宜超过 60°C ,不得超过 65°C ;混凝土芯部温度与表面温度、表面温度与环境温度之差均不应大于 20°C (梁体、轨道板和轨枕混凝土不应大于 15°C);养护水温与混凝土表面温度之差不得大于 15°C 。

6.9.4 混凝土养护应包括一定的带模养护时间。混凝土带模养护期间,应采取带模包裹、浇水、喷淋洒水或通蒸汽等措施进行保湿、保温养护。

6.9.5 混凝土去除表面覆盖物或拆模后,应对混凝土采用蓄水、浇水或覆盖洒水等措施进行潮湿养护,也可在混凝土表面处于潮湿状态时,迅速采用麻布、草帘、土工布等材料将暴露面混凝土覆盖或包裹,再用塑料布或帆布等将麻布、草帘等保湿材料包覆(裹)。包覆(裹)期间,包覆(裹)物应完好无损,彼此搭接完整,内表面应具有凝结水珠。有条件地段应尽量延长混凝土的包覆(裹)保湿养护时间。对于墩身等混凝土结构可采用潮湿保水材料外加塑料薄膜包裹、墩顶蓄水装置加湿的方式进行养护。

6.9.6 混凝土采用喷涂养护液养护时,应确保养护液对混凝土结构表面不产生侵蚀、不造成混凝土表面色差,并确保不漏喷。

6.9.7 混凝土拆模后,应及时对新暴露的混凝土表面进行保湿养护。混凝土浇筑完毕后的保温保湿养护最短时间应满足表 6.9.7 的规定。

表 6.9.7 不同混凝土保温保湿养护的最低期限

水胶比	大气潮湿($RH \geq 50\%$), 无风,无阳光直射		大气干燥($20\% \leq RH < 50\%$),有风或阳光直射		大气极端干燥($RH < 20\%$), 大风,大温差	
	日平均气温 $T(^{\circ}C)$	养护 时间(d)	日平均气温 $T(^{\circ}C)$	养护 时间(d)	日平均气温 $T(^{\circ}C)$	养护 时间(d)
>0.45	$5 \leq T < 10$	21	$5 \leq T < 10$	28	$5 \leq T < 10$	56
	$10 \leq T < 20$	14	$10 \leq T < 20$	21	$10 \leq T < 20$	45
	$T \geq 20$	10	$T \geq 20$	14	$T \geq 20$	35
≤ 0.45	$5 \leq T < 10$	14	$5 \leq T < 10$	21	$5 \leq T < 10$	45
	$10 \leq T < 20$	10	$10 \leq T < 20$	14	$10 \leq T < 20$	35
	$T \geq 20$	7	$T \geq 20$	10	$T \geq 20$	28

6.9.8 在暴晒、气温骤降等情况下,应采取保温措施防止混凝土表面温度受环境因素影响而发生剧烈变化。大体积混凝土施工前应制定严格的养护方案,控制混凝土内外温差满足设计要求。

6.9.9 混凝土在冬期或夏期拆模后,若天气产生骤然变化时,应采取适当的保温(冬期)或隔热(夏期)措施,防止混凝土产生过大的温差应力。

6.9.10 混凝土拆模后可能与流动水接触时,养护时间应满足本规程表 6.9.7 的规定,并不得少于 14 d,且混凝土的强度应达到设计强度的 75% 以上。

6.9.11 直接与海水或盐渍土接触的混凝土,其强度应达到设计强度,且养护时间不少于 6 周。

6.9.12 当环境温度低于 $5^{\circ}C$ 时,禁止对混凝土表面进行洒水养护,但应采取保温、保湿养护措施。

6.9.13 混凝土养护期间,应对有代表性的结构进行温度监控,定时测定混凝土芯部温度、表面温度以及环境的气温、相对湿度、风速等参数,并根据混凝土温度和环境参数的变化情况及时调整养护制度,严格控制混凝土的内外温差满足要求。

6.10 混凝土拆模

6.10.1 混凝土拆模时的强度应符合设计要求。当设计未提出要求时,应符合下列规定:

1 非承重模板应在混凝土强度达到 2.5 MPa 以上,且其表面及棱角不因拆模而受损时,方可拆除。

2 承重模板应在混凝土强度达到表 6.10.1 的规定后,方可拆除。

表 6.10.1 拆除底模时所需混凝土强度

结构类型	结构跨度	达到混凝土设计强度的百分率(%)
板、拱	≤2	50
	2~8	75
	>8	100
梁	≤8	75
	>8	100
悬臂梁(板)	≤2	75
	>2	100

3 芯模或预留孔洞的内模应在混凝土强度能保证构件和孔洞表面不发生塌陷和裂缝时,方可拆除。

6.10.2 拆模时混凝土的温度不能过高,以免混凝土接触空气时降温过快而开裂。混凝土内部开始降温以前不得拆模。

6.10.3 结构或构件芯部混凝土与表面混凝土之间的温差、表面混凝土与环境之间的温差大于 20℃(预应力箱梁和截面较为复杂的结构温差大于 15℃)时不得拆模。大风或气温急剧变化时不应

拆模。在炎热和大风干燥季节,应采取逐段拆模、边拆边盖的拆模工艺。

6.10.4 拆除模板时,不得影响或中断混凝土的养护工作。

6.10.5 拆模后的混凝土结构应在混凝土强度达到 100% 的设计规定值后,方可承受全部设计荷载。

7 预应力工程

7.1 一般规定

7.1.1 预应力筋用锚具、夹具和连接器应根据预应力筋品种、锚固要求和张拉工艺等配套选用,其性能应符合设计要求和《铁路工程预应力筋用夹片式锚具、夹具和连接器》TB/T 3193 等相关标准的规定。

7.1.2 后张法制梁台座和先张法张拉台座应针对施工工艺进行设计。其强度、刚度、稳定性和构造应能满足预应力筋张拉及放张、混凝土浇筑及养护、模板安装及拆除等施工各阶段施工荷载和施工操作要求。

7.1.3 预应力工程应依照设计要求的施工顺序施工,并应考虑各施工阶段偏差对结构安全度的影响。对大跨度预应力工程应进行施工监测,并采取相应调整措施。

7.1.4 预应力张拉和管道压浆应严格按规定填写施工记录,保证施工质量。

7.2 预应力筋、锚具、夹具和连接器

7.2.1 预应力筋、锚具、夹具和连接器的品种、规格、质量应符合设计要求和国家、行业及铁路总公司相关标准的规定。

7.2.2 预应力筋应平顺,不得有弯折;表面不应有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油污等。成束及移运时应保持顺直,不受损伤,不应污染。

7.2.3 夹片式锚具的锚具夹片回缩量不应大于 6 mm,锚具的锚口摩阻和喇叭口摩阻损失合计不宜大于 6%。低回缩夹片式锚具

的回缩量应不大于 1.0 mm。

7.2.4 锚具应满足分级张拉、补张拉以及放松预应力筋的要求。用于后张法预应力结构时,锚具或其附件上宜设置压浆孔或排气孔,压浆孔的孔位及孔径应符合压浆工艺要求,且应有与压浆管连接的构造。采用封闭罩时锚具或其附件上应设连接构造。

7.2.5 夹具应具有良好的自锚、松锚和重复使用性能。需敲击才能松开的夹具,必须保证其对预应力筋的锚固没有影响,且能保证操作人员的安全。

7.2.6 锚具、夹具和连接器所使用的材料性能指标应不低于 45 号钢的要求,并应符合设计要求。生产厂家应提供机械性能和化学成分合格证明书、质量保证书等质量证明文件。

7.2.7 用于锚固直径为 15.20 mm 钢绞线的锚具,锚板的最小直径和最小厚度应符合表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 1~27 孔锚板最小直径和最小厚度

锚具 孔数	锚板尺寸(mm)		锚具 孔数	锚板尺寸(mm)		锚具 孔数	锚板尺寸(mm)	
	直径	厚度		直径	厚度		直径	厚度
1	48.0	48.0	10	156.0	58.0	19	206.0	75.0
2	86.0	50.0	11	166.0	58.0	20	226.0	80.0
3	91.0	50.0	12	166.0	60.0	21	226.0	80.0
4	102.0	50.0	13	170.0	63.0	22	230.0	85.0
5	112.0	50.0	14	176.0	65.0	23	246.0	90.0
6	126.0	52.0	15	186.0	68.0	24	246.0	90.0
7	126.0	53.0	16	196.0	70.0	25	252.0	100.0
8	136.0	55.0	17	196.0	73.0	26	252.0	100.0
9	146.0	55.0	18	206.0	75.0	27	252.0	100.0

7.2.8 用于锚固直径为 15.20 mm 钢绞线的锚具,其锚板最外侧锥孔大口外边缘到锚板边缘的最小尺寸应符合表 7.2.8 的要求。

表 7.2.8 1~27 孔锚板最外侧锥孔大口外边缘到锚板边缘最小尺寸

锚板孔数(孔)	最小尺寸(mm)
1~5	11.0
6~12	13.0
13~17	15.0
18~21	17.0
22~27	20.0

7.2.9 夹片式锚具的限位板槽深应与钢绞线的直径相匹配,限位板和工具锚应采用同生产厂的配套产品,不得分别使用不同生产厂的产品,限位板和工具锚外径应和所使用千斤顶的凹槽内径相配套。

7.2.10 锚具、夹具和连接器使用前应按批次和数量抽样检验外观和外形尺寸、硬度和静载锚固性能。工作锚和工具锚不得互相代替使用。

7.2.11 锚垫板应有足够的刚度和强度,长度应保证钢绞线在锚具底口处的最大折角不大于 4° ,端面的平面度不应大于 0.5 mm,端面应设有锚具对中凹口。

7.2.12 对自锚型夹片式锚具,锚具生产厂应给出钢绞线直径为 15.00 mm~15.60 mm 限位板的限位高度,并按表 7.2.12 提供钢绞线直径每增加 0.1 mm 时限位高度的具体参数 H1~H6。

表 7.2.12 钢绞线直径与限位板的限位高度对应表

序号	钢绞线直径(mm)	限位板的限位高度(mm)
1	15.00~15.10	H1 $\pm$ 0.1
2	15.11~15.20	H2 $\pm$ 0.1
3	15.21~15.30	H3 $\pm$ 0.1
4	15.31~15.40	H4 $\pm$ 0.1
5	15.41~15.50	H5 $\pm$ 0.1
6	15.51~15.60	H6 $\pm$ 0.1

7.2.13 3~27 孔锚具配套用锚垫板最小结构尺寸、最小质量应符合表 7.2.13 要求。

表 7.2.13 锚垫板主要结构尺寸及最小质量

锚板 孔数	端面尺寸 (mm)	端板根 部厚度 (mm)	高度 (mm)	上口直径 (mm)	下口直径 (mm)	壁厚 (mm)	管道 直径 (mm)	质量 (kg)
3	140×140	18	80	65	60	9	55	3.3
4	160×160	20	95	76	65	9	60	4.3
5	180×180	20	120	81	70	9	65	5.5
6	195×195	20	130	91	75	10	70	7.1
7	210×210	22	130	91	75	10	70	8.5
8	225×225	25	140	103	85	10	80	9.5
9	240×240	25	155	110	90	10	85	10.9
10	250×250	30	195	122	95	10	90	13.1
11	265×265	30	255	130	95	11	90	16.6
12	275×275	30	255	130	95	11	90	17.5
13	285×285	32	255	130	100	11	95	18.8
14	300×300	32	260	151	105	11	100	20.8
15	310×310	32	280	151	105	11	100	22.2
16	320×320	35	295	155	115	11	110	25.5
17	330×330	35	295	155	115	11	110	26.9
18	340×340	38	300	162	125	11	120	30.8
19	345×345	38	300	162	125	11	120	31.3
20	355×355	40	330	175	125	12	120	36.1
21	365×365	40	380	175	125	12	120	38.6
22	365×365	40	382	176	125	12	120	39.2
23	370×370	42	440	188	130	12	125	44.6
24	375×375	42	465	192	130	12	125	46.8
25	375×375	42	465	192	130	12	125	46.8
26	380×380	45	475	197	135	12	130	51.1
27	380×380	45	475	197	135	12	130	51.1

注：下口直径为最大尺寸，其他为最小尺寸。

7.2.14 3~27 孔锚具配套用螺旋筋结构尺寸应符合表 7.2.14 要求,螺旋筋直径(中径)偏差不应大于 4%,螺距偏差不应大于 10%。

表 7.2.14 螺旋筋结构尺寸

锚板 孔数	螺旋筋直径 (mm)	螺距 (mm)	钢筋直径 (mm)	圈 数	锚板 孔数	螺旋筋直径 (mm)	螺距 (mm)	钢筋直径 (mm)	圈 数
3	180	40	10	3	16	360	60	20	6
4	195	40	10	4	17	360	60	20	6
5	215	50	12	4	18	380	60	20	6
6	230	50	12	4	19	380	60	20	6
7	250	50	12	4	20	400	60	20	7
8	265	55	16	5	21	400	60	20	7
9	275	55	16	5	22	400	60	20	7
10	275	55	16	5	23	400	60	20	7
11	300	55	16	5	24	405	65	22	7
12	300	55	16	6	25	405	65	22	7
13	310	55	16	6	26	410	65	22	7
14	335	55	16	6	27	410	65	22	7
15	335	60	20	6					

7.2.15 预应力结构在钢筋绑扎安装过程中,螺旋筋应与锚垫板同心,并应保证钢筋网之间的架立筋数量、预应力束锚固和局部加强腹板箍筋及纵向钢筋的位置符合设计要求。

7.3 预应力管道

7.3.1 后张法预应力混凝土结构的管道成孔方式应符合设计要求。

7.3.2 管道材料及其性能应符合下列规定:

1 管道应具有足够的强度和刚度,以使其在搬运、安装和新

浇混凝土的重力、浮力荷载以及振捣器激振力作用下能保持原有的形状,且能按要求传递黏结应力。

2 管道的材质不应与混凝土、预应力筋或水泥浆有不良的化学反应。

3 管道和接头应有足够的密封性,防止浆体渗漏及抽真空时漏气。

4 管道成型用圆形管道的内径应至少比预应力筋或连接器的轮廓直径大 6 mm,其内截面积应不小于预应力筋截面积的 2.5 倍。

5 钢管的壁厚不应小于其内径的 1/50,且不宜小于 2 mm。

7.3.3 管道安装应符合下列规定:

1 管道的尺寸与位置应准确,管道应平顺,端部的预埋锚垫板应垂直于管道中心线,绑扎应牢固,并确保浇筑混凝土时管道不上浮、旁移。

2 管道安装前,应按设计规定的管道坐标进行放样,并应采用定位钢筋固定法将管道牢固地置于钢筋骨架内的设计位置。定位钢筋的结构形式、位置、数量应符合设计要求;设计无要求时,应符合下列规定:

1) 定位钢筋在专用胎卡具上焊成井字形。

2) 每侧钢筋和管道间隙 2 mm。

3) 定位钢筋的间距,对于钢管不宜大于 1 m,对于金属波纹管、橡胶棒不宜大于 0.5 m,对于曲线管道宜适当加密。

3 金属管道接头处的连接管宜采用大一个直径级别的同材质管道,其长度宜为被连接管道内径的 5 倍~7 倍,且不小于 300 mm,两端旋入长度应大致相等;橡胶棒接头可用同直径铁皮管连接,铁皮管长度不小于 300 mm。连接时应不使接头处产生角度变化,在混凝土浇筑期间不应使管道发生转动或移位,并应缠裹紧密,防止漏浆。

4 管道与锚垫板之间应采用与管道接头同一材料同一规格

的连接头连接,连接后用密封胶封口,并加强固定,连接段不应下垂。

5 所有管道均应设压浆孔,在管道最高点设排气孔,需要时还应在管道最低点设排水孔。压浆管、排气管和排水管应满足下列规定:

- 1) 材质应符合设计要求;设计未要求时,宜采用最小内径为 20 mm 的金属管或增强塑料管,长度应足以从管道引出结构物以外。
- 2) 压浆管、排气管和排水管与管道之间的连接采用金属或塑料密封连接器。
- 3) 所有管道的压浆孔、抽气孔应设在锚座上,排气孔应设在锚具的附件上。
- 4) 当采用真空辅助压浆工艺时,其密封性能应满足真空度要求。
- 5) 当曲线管道的波峰和波谷的高差大于 300 mm 时,应在管道波峰设置排气孔。

6 管道在模板内安装完毕后,应将其端部封堵,防止水或其他杂物进入。

7 凡施工时需要预先起拱的构件,预应力筋或成孔管道应随构件同时起拱。

7.4 预应力材料保护

7.4.1 预应力材料必须保持清洁,在存放和搬运过程中应避免机械损伤和锈蚀。如进场后需长时间存放时,必须定期进行外观检查。预应力筋采用螺纹钢筋时,应避免碰伤螺纹,防止产生弯曲变形。

7.4.2 预应力筋在仓库内保管时,仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质;在室外存放时,时间不宜超过 6 个月,必须垫起并设防雨棚。

7.4.3 锚具、夹具和连接器应按不同规格挂牌整齐堆放在通风良好的仓库中。在成品堆放、运输、装卸和施工期间严禁碰撞、踩压、摔掷和拖拉,并要避免锈蚀、沾污、散失。临时性的防护措施应不影响安装操作的效果和永久性防锈措施的实施。

7.4.4 波纹管应分类、分规格存放。金属波纹管的存放应符合本规程第 7.4.2 条的规定。金属波纹管吊装时,不得在其中部单点起吊;搬运时,不得抛摔或拖拉。

7.4.5 预应力筋及配件安装后的保护应符合本规程第 7.5.10 条的规定。

7.4.6 无黏结预应力筋在现场搬运和铺设过程中,不应损伤其塑料护套。当出现轻微破损时,应及时采取防水胶带封闭。严重破损的不得使用。

7.5 预应力筋制作和安装

7.5.1 预应力筋下料长度应经计算确定。计算时应考虑结构的管道长度或台座长度、锚夹具厚度、千斤顶长度、镦头预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。首次使用应经试验,符合要求后方可成批下料。预应力筋下料切断后,端头应齐整,其同束内长度相对差值不应大于计算下料长度的 $1/5\ 000$,且其极差不得大于 5 mm。

7.5.2 预应力筋应采用砂轮锯切断,不得采用电弧或气焊切断,也不得使预应力筋经受高温、焊接火花或接地电流的影响。钢绞线下料后不得散头。下料场地应平整、洁净。

7.5.3 预应力钢绞线编束时,梁体同一张拉截面上的钢绞线束应由同一厂家、同一品种、同一规格、同一批号的钢绞线组成。编束时应先梳理顺直,每隔 1 m~1.5 m 捆扎成束。制束及移运时防止变形、碰伤和污染。

7.5.4 预应力钢丝束采用镦头锚具时,应首先确认该批预应力钢丝的可镦性。钢丝镦头的头型尺寸:直径应为 $1.4d\sim 1.5d$,高度应

为 $0.95d \sim 1.05d$ (d 为钢丝公称直径)。冷镦头的强度应不低于钢丝母材强度的 97%。高强钢丝镦头宜采用液压冷镦。

7.5.5 预应力螺纹钢筋端部螺母必须旋入足够的长度,螺纹钢筋应露出端部螺母;当采用连接器接长预应力螺纹钢筋时,应确保两端均旋至连接器中央。

7.5.6 配有折线预应力筋的先张法预应力混凝土梁的预应力筋安装宜自下而上进行,先穿直线预应力筋,再穿折线预应力筋;折线预应力筋应通过转折器引入相应的槽口。

7.5.7 后张法预应力混凝土构件的预应力筋可在浇筑混凝土之前或之后穿入管道,但采用蒸汽养护时,在养护完成之前不应安装预应力筋。穿束前,应检查锚垫板和管道,锚垫板应位置准确,管道内应畅通、无水和其他杂物。钢绞线应编束后整体装入管道中。

7.5.8 对在混凝土浇筑之前穿束的管道,预应力筋安装完成后,应进行全面检查,修复管道损坏的部位,并封闭锚垫板喇叭口、排气管口。

7.5.9 锚具定位及连接器安装应符合下列规定:

1 锚具和连接器应按设计规定的位置、方向和形状安装、固定,并配置锚固区加强钢筋。

2 锚具的承压面应与预应力筋垂直。

3 预应力筋需接长时,应保证连接器在张拉方向上有足够的移动空间。应全面检查连接器的所有零件,并按产品技术手册要求操作。

4 内埋式锚固端锚垫板不应重叠,锚具与锚垫板应贴紧。

5 锚具安装时与锚垫板应对中,夹片应击紧且缝隙均匀。

7.5.10 预应力筋安装后的保护应符合下列规定:

1 对在混凝土浇筑或养生之前安装在管道中但未在规定时间内压浆的预应力筋,应采取防锈、防污染、防杂物进入管道等措施,直至压浆。

2 不同暴露条件下,未采取防锈措施的预应力筋在安装后至

压浆时的容许间隔时间应符合表 7.5.10 规定,否则应采用镀锌钢绞线。

表 7.5.10 预应力筋容许暴露时间

暴露条件	时 间
空气平均相对湿度大于 70% 或盐份过大时(近海环境)	7 d
空气平均相对湿度 40%~70% 时	15 d
空气平均相对湿度小于 40% 时	20 d

3 预应力筋安装在管道中后,应采取适当的方式保护外露预应力筋,后续工程施工中应避免预应力筋、管道、锚垫板及锚具损伤和移位。

4 在任何情况下,在安装有预应力筋的构件附近进行电焊时,应对全部预应力筋和金属件进行保护,防止溅上焊渣或造成其他损坏。

7.6 施加预应力

7.6.1 预应力张拉设备及油压表的选用应符合下列规定:

1 对同一束预应力筋,应采用相应吨位的千斤顶整束张拉;对扁平管道中不多于 4 根的钢绞线,也可采用小型千斤顶逐根张拉。

2 先张法预应力混凝土构件宜采用单束初调、整拉整放和补张拉工艺;单束初调工序宜采用穿心式千斤顶,整体张拉和整体放张宜采用自锁式千斤顶。

3 千斤顶额定张拉力宜为预应力筋张拉力的 1.2 倍~1.5 倍,最大行程宜按预应力筋的伸长量和初始张拉时预留行程量计算及张拉次数来确定。张拉机油泵额定油压宜为使用油压的 1.4 倍,油泵容量宜为张拉千斤顶总输出油量的 1.5 倍以上。张拉用的千斤顶校正系数不得大于 1.05 倍(用标准表校正)。

4 与千斤顶配套使用的压力表宜采用防振型,其精度等级不

应低于 1.0 级,最小分度值不应大于 0.5 MPa,表盘直径不小于 15 cm,量程应在工作最大油压的 1.25 倍~2.0 倍之间。

7.6.2 预应力张拉设备应定期校准和维护,并应符合下列规定:

1 张拉设备校准时,千斤顶活塞的运行方向应与实际张拉工作状态一致。

2 千斤顶校准周期应符合下列规定:

- 1) 千斤顶首次使用前必须经过校准。
- 2) 千斤顶使用三个月(预制梁用千斤顶一个月)。
- 3) 千斤顶张拉作业达 300 次(预制梁用千斤顶 200 次)。
- 4) 当使用过程中设备异常、漏油或在千斤顶检修后,应对张拉设备进行重新校准。千斤顶校准方法见本规程附录 B。

7.6.3 预应力张拉设备用压力表和测力传感器的计量检定、校准和维护应符合下列规定:

1 压力表的计量检定应符合国家有关标准的规定。

2 压力表校准周期应符合下列规定:

- 1) 1.0 级压力表校准周期为一周,0.4 级压力表校准周期可为一个月。
- 2) 压力表用于张拉作业达 300 次。
- 3) 更换用油规格、使用超过允许偏差、发现异常故障时。

3 当采用测力传感器计量张拉力时,测力传感器应按国家相关检定规程规定的检定周期(1 年)送检,千斤顶和压力表不再作配套校准。校准张拉设备用的测力计示值不确定度不应大于 0.5%。

7.6.4 后张法预应力混凝土结构、折线配筋先张法预应力混凝土结构在施加预应力前应进行预应力损失试验,并由设计单位根据试验结果调整张拉控制应力,同时还应根据实测摩阻损失、预应力筋弹性模量精确计算预应力筋理论伸长值。预应力损失试验的方法、频次应符合设计要求。

7.6.5 预应力筋张拉前,应计算所需初拉力、张拉控制力,相应的压力表读数、张拉伸长值,并明确张拉顺序和程序。预应力筋的初拉力、张拉控制力应符合设计要求。

7.6.6 预应力筋的张拉应从零拉力加载至初拉力,测量伸长值初读数,再分级以均匀速度加载并测量伸长值至张拉控制力,达到张拉控制力后,宜持荷 2 min。

7.6.7 预施应力值以压力表读数为主,以预应力筋伸长值作校核,并应符合下列规定:

1 实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求,否则应暂停张拉,待查明原因并采取措施予以调整后,方可继续张拉。

2 理论伸长值的计算应采用实测预应力筋弹性模量、孔道摩擦系数。

3 实测伸长值的修正与理论伸长值的精确计算方法见本规程附录 C。

7.6.8 后张法预制梁终张拉和先张法预制梁放张完成后应对梁体弹性上拱值进行实测。

7.6.9 预应力筋张拉或放张时的环境温度不宜低于 0℃。

7.6.10 先张法预应力混凝土构件的张拉应符合下列规定:

1 张拉前应对台座、横梁及张拉设备进行详细检查,符合安全和工艺要求后方可进行操作。

2 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求。

3 预应力筋张拉工艺应符合设计要求,设计无要求时宜采用单束初调、整体张拉工艺。

4 配有折线预应力筋时宜先单束初调直线预应力筋,再单束初调、整体张拉折线预应力筋,最后整体张拉直线预应力筋。

5 用整体张拉工艺张拉过程中,应使活动端横梁与固定端横梁始终保持平行。

6 在浇筑混凝土前发生断丝或滑脱的预应力筋必须予以更换。

7 预应力筋张拉完毕后的位置与设计值偏差不得大于 5 mm,同时不得大于构件最短边长的 4%。

8 预应力筋张拉完毕后,宜在 4 h 内浇筑混凝土,浇筑混凝土与张拉预应力筋时的环境温差不宜超过 20 ℃。

7.6.11 先张法预应力混凝土构件的放张应符合下列规定:

1 预应力筋放张时混凝土强度、弹性模量和龄期应符合设计要求。放张之前应将限制构件位移的模板拆除。

2 预应力筋的放张顺序应符合设计要求。设计无要求时,应分阶段、对称、相互交错地放张。

3 放张应采用楔块或千斤顶整体放张,并符合设计要求。

4 预应力筋的放张速度不宜过快。

5 放张后预应力筋的切断顺序,应由放张端开始,逐次切向另一端。

7.6.12 后张法预应力混凝土构件的张拉应符合下列规定:

1 预施应力之前,应对构件的外观和尺寸以及锚垫板后的混凝土密实性进行检查,并将孔道中的灰浆清理干净。

2 预应力筋的张拉程序应符合设计要求。预制混凝土箱梁宜按预张拉、初张拉和终张拉三个阶段进行,预制 T 梁宜按初张拉和终张拉两个阶段进行。

3 各阶段预施应力时的混凝土强度、弹性模量和龄期应符合设计要求。

4 预应力筋的张拉顺序应符合设计要求。

5 预应力筋张拉端的设置应符合设计要求。

6 预施应力时,锚垫板、锚具和千斤顶应位于同一轴线上。采用两端张拉时,预施应力过程中应保持两端同步,并且两端的伸长量基本一致。

7 预应力筋在张拉控制应力达到稳定后方可锚固。锚固完结并经检验合格后即可切割端头多余的预应力筋,切割端头多余的预应力筋应符合本规程第 7.5.2 条规定,切割后的外露长度不

宜小于其直径的 1.5 倍,且不宜小于 30 mm。

8 后张法预应力构件的预应力筋断丝或滑脱数量不得超过预应力筋总数的 5%,并不得位于结构的同一侧,且每束内断丝不得超过一丝。

7.6.13 采用 22 孔及以上的锚具进行预应力张拉施工时还应符合下列规定:

1 正式张拉前应进行试张拉,确认张拉工艺合理,张拉伸长值正常。

2 应选用 0.4 级的防振油表。

3 两端张拉时应保持操作同步,千斤顶达到初应力时(20%的锚外控制应力 σ_k),测量千斤顶油缸伸长值,作为测钢绞线伸长量的起点。张拉过程中两端应及时联系,保持油压上升速度基本相等,同时达到张拉控制吨位,然后持荷 2 min~5 min。持荷过程中应随时观察油压表油压读数,及时补压。持荷结束后同时卸载。

7.6.14 预应力混凝土梁张拉安全施工应符合下列规定:

1 下料时应将钢绞线盘卷装在防护架内,从盘卷中央逐步抽出。

2 张拉作业时操作应平稳均匀,作业人员不得正对钢绞线;在测量伸长量时,操作人员应站在侧面进行操作。

3 千斤顶不得超载和超出规定的行程,转移油泵时应将油压表拆下另行携带转移。

4 张拉区域禁止非工作人员进入,周围应设置明显警示牌。张拉作业时,在千斤顶后端的张拉架宜兼做防护架。

5 钢绞线顶锚后发现断、滑丝及伸长值超标问题,需要卸荷重张时,应有专人巡视监护,在张拉作业区域内,防止其他人员靠近。

6 钢绞线放张应采用专用千斤顶单根放张。

7.7 管道压浆

7.7.1 压浆原材料应符合下列规定:

1 水泥应采用性能稳定、强度等级不低于 42.5 级的低碱硅酸盐或低碱普通硅酸盐水泥(掺合料仅为粉煤灰或矿渣),水泥熟料中 C_3A 含量不应大于 8%,其余性能应符合本规程第 6 章的有关规定。

2 矿物掺合料的品种宜为 I 级粉煤灰、矿渣粉或硅灰。矿物掺合料的性能应符合本规程第 6 章的有关规定。

3 梁体管道压浆应采用高性能减水剂,其性能与所用水泥之间应具有良好的适应性。高性能减水剂和其他外加剂的性能指标应符合本规程第 6 章的有关规定。

4 压浆材料不应使用总碱含量超过 0.75% 的膨胀剂,严禁掺入含氯盐类、亚硝酸盐类或其他对预应力筋有腐蚀作用的外加剂。

5 采用压浆剂或压浆料时,材料的性能指标应符合《铁路后张法预应力混凝土梁管道压浆技术条件》TB/T 3192 的规定。

7.7.2 管道压浆浆体的强度、流动度、凝结时间、泌水率、膨胀率、含气量、氯离子含量等性能应符合设计要求。当设计无要求时,对预应力混凝土梁应符合表 7.7.2 的规定。

表 7.7.2 浆体性能指标

序号	检 验 项 目		性能指标
1	凝结时间 (h)	初凝	≥ 4
2		终凝	≤ 24
3	流动度 (s)	出机流动度	18 ± 4
4		30 min 流动度	≤ 28
5	泌水率 (%)	24 h 自由泌水率	0
6		3 h 毛细泌水率	≤ 0.1
7	压力泌水率 (%)	0.22 MPa (当孔道垂直高度 ≤ 1.8 m 时)	≤ 3.5
8		0.36 MPa (当孔道垂直高度 > 1.8 m 时)	

续表 7.7.2

序号	检 验 项 目		性能指标
9	充盈度		合格
10	7 d 强度 (MPa)	抗折	≥ 6.5
11		抗压	≥ 35
12	28 d 强度 (MPa)	抗折	≥ 10
13		抗压	≥ 50
14	24 h 自由膨胀率 (%)		0~3
15	对钢筋的锈蚀作用		无锈蚀
16	含气量 (%)		1~3
17	氯离子含量 (%)		0.06

7.7.3 管道压浆前,应事先对采用的压浆材料进行试配验证。各种材料的称量应准确到 $\pm 1\%$ (均以质量计)。水胶比不应超过 0.33。

7.7.4 施工设备及称量精度应符合下列规定:

1 搅拌机的转速应不低于 1 000 r/min,浆叶的最低线速度为 10 m/s,最高线速度为 20 m/s。浆叶的形状应与转速相匹配,并能满足在规定的时间内搅拌均匀的要求;压浆机采用连续式压浆泵,其压力表的最小分度值不应大于 0.1 MPa,最大量程应使实际工作压力在其 25%~75% 量程范围内;储料罐应带有搅拌功能;过滤网空格不应大于 3 mm×3 mm;如选用真空辅助压浆工艺,真空泵应能达到 0.1 MPa 的负压力。

2 在配制浆体拌和物时,各组分的称量应准确到 $\pm 1\%$ (均以质量计)。计量器具均应经法定计量检定合格,且在有效期内使用。

7.7.5 搅拌工艺应符合下列规定:

1 搅拌前,应先清洗设备。清洗后的设备内不应有残渣、积水。在压浆材料由搅拌机进入储料罐时,应经过滤网。

2 浆体搅拌操作顺序为:首先在搅拌机中先加入实际拌和水

用量的 80%~90%，开动搅拌机，均匀加入除水泥外的全部压浆材料，边加入边搅拌，然后均匀加入全部水泥。全部粉料加入后再搅拌 2 min，然后加入剩余的 10%~20% 的拌和水，继续搅拌 2 min。

3 搅拌均匀后，现场每 10 盘进行一次出机流动度检验，流动度符合标准后，即可通过过滤网进入储料罐。浆体在储料罐中应继续搅拌，以保证浆体的流动性。

4 对于因延迟使用导致流动度降低的浆体，不得通过加水来增加其流动度。

7.7.6 压浆工艺应符合下列规定：

1 压浆前应清除梁体管道内的杂物和积水。

2 压浆前，应采用密封罩或水泥浆等对锚具夹片空隙和其他可能漏浆处封堵，待封堵料达到一定强度后方可压浆。

3 压浆顺序先下后上，曲线管道和竖向管道宜从最低点的压浆孔压入，由最高点的排气孔排气或泌水。

4 应优先选用真空辅助压浆工艺。压浆前应首先进行抽真空，使管道内的真空度稳定在 $-0.06\text{ MPa} \sim -0.08\text{ MPa}$ 之间。真空度稳定后，应立即开启管道压浆端阀门，同时开启压浆泵进行连续压浆。

5 浆体压入梁体管道之前，应首先开启压浆泵，使浆体从压浆嘴排出少许，以排除压浆管路中的空气、水和稀浆。当排出的浆体流动度和搅拌罐中的流动度一致时，开始压入梁体管道。

6 梁体纵向或横向管道压浆的最大压力不宜超过 0.6 MPa ，当管道较长或采用一次压浆时，最大压力宜为 1.0 MPa ；梁体竖向管道压浆的压力宜为 $0.3\text{ MPa} \sim 0.4\text{ MPa}$ 。压浆充盈度应达到管道另一端饱满并于排气孔排出与规定流动度相同的浆体为止。关闭出浆口后，应保持 $0.50\text{ MPa} \sim 0.60\text{ MPa}$ 且不少于 3 min 的稳压期。

7 同一管道压浆应连续进行，一次完成。从浆体搅拌到压入梁体的时间不应超过 40 min。

8 压浆后应从压浆孔和出浆孔检查压浆的密实情况，如有不实，应及时补灌，以保证管道完全密实。

9 对于连续梁或者进行压力补浆时,应让管道内水—浆悬液自由地从出口端流出。再次泵浆,直到出口端有均质浆体流出,0.5 MPa 压力下保持 5 min。此过程应重复 1~2 次。

7.7.7 终张拉完毕,应在 48 h 内进行管道压浆。移动预制混凝土构件时压浆强度必须符合设计要求,设计无要求时压浆强度应不小于设计强度的 80%。

7.7.8 压浆时梁体、浆体及环境温度应符合下列规定:

1 压浆时的浆体温度应在 5°C ~ 30°C 之间,压浆时及压浆后 3 d 内,梁体及环境温度不得低于 5°C ,否则应采取保温措施使之满足规定温度。

2 在环境温度高于 35°C 时,应选择温度较低的时间(如夜间)压浆。

7.8 封 锚(端)

7.8.1 孔道压浆完毕,经检查无不饱满情况,浆体已凝固后,应及时进行封锚(端)作业。

7.8.2 封锚(端)所用材料和质量应符合设计要求。设计无要求时,宜采用水胶比较梁本体混凝土小的干硬性混凝土或补偿收缩混凝土,减少粗骨料大颗粒的比例,其强度、耐久性应不低于梁本体混凝土。无砟轨道板封锚混凝土必须符合设计和相关标准的规定。

7.8.3 预应力混凝土梁封锚(端)施工应保证预应力筋保护层厚度符合设计要求。

7.8.4 折线配筋先张梁梁底转辙器切割后外露面涂刷防锈剂,凹穴部分应采用与梁体混凝土色泽一致的环氧树脂混凝土封堵,其抗压强度不应低于设计要求,且不低于 40 MPa 。

7.8.5 后张梁绑扎封锚(端)钢筋之前,应将锚垫板表面和锚环上的粘浆铲除干净,封锚(端)处的混凝土应进行凿毛处理,浮浆、灰渣等杂物应清理干净。

7.8.6 预制梁封锚混凝土宜分层敲砸密实,并用干砂浆及时抹面压光;封端混凝土应捣固密实,无蜂窝麻面。封锚(端)后混凝土面与梁端面的错台不超过 2 mm。

7.8.7 无砟轨道板封锚应采用封锚砂浆。选用快速封锚砂浆时,应采用气动锚枪在充分排除锚穴空气的基础上填充饱满;选用干硬性封锚砂浆时,应采用空气锤分层填压密实。

7.8.8 封锚(端)混凝土应进行保湿保温养护,养护结束后,应按设计要求进行防水处理。

8 特殊混凝土

8.1 一般规定

8.1.1 特殊混凝土(含支座砂浆)所用原材料和施工要求除应符合本章规定外,尚应符合本规程第6章的有关规定。

8.1.2 特殊混凝土的施工应根据设计文件、施工条件及水文、地质、气象等不同情况,制定相应的施工技术措施,必要时在施工前进行工艺试验或模拟试验以保证工程质量。

8.1.3 特殊混凝土原材料的选择,应贯彻因地制宜、就近取材的原则。

8.2 大体积混凝土

8.2.1 预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩导致有害裂缝产生,或混凝土结构实体最小尺寸不小于3m的大体积混凝土施工应符合本节的规定。

8.2.2 配制大体积混凝土用材料应符合下列规定:

1 水泥应优先选用质量稳定有利于改善混凝土抗裂性能,比表面积和 C_3A 含量较低、 C_2S 含量相对较高的水泥,且在搅拌站的入机温度不宜大于55℃。

2 细骨料宜使用级配良好的中砂,其细度模数宜大于2.3。

3 采用非泵送施工时粗骨料的粒径可适当增大。

4 应选用缓凝型的高效减水剂。

8.2.3 大体积混凝土配合比应符合下列规定:

1 大体积混凝土配合比的设计除应符合设计强度等级、耐久性、体积稳定性等要求外,尚应符合大体积混凝土施工工艺特性的

要求,并应符合合理使用材料、降低混凝土绝热温升值的原则。

2 混凝土拌和物在浇筑工作面的坍落度不宜大于 160 mm。

3 拌和水用量不宜大于 170 kg/m^3 。

4 粉煤灰掺量应适当增加,但不宜超过胶凝材料用量的 40%;矿渣粉的掺量不宜超过胶凝材料用量的 50%,两种掺合料的总量不宜大于混凝土中胶凝材料用量的 50%。

8.2.4 当设计有要求时,可在混凝土中填放片石(包括经破碎的大漂石)。填放片石应符合下列规定:

1 可埋放厚度不小于 15 cm 的石块,埋放石块的数量不宜超过混凝土结构体积的 20%。

2 应选用无裂纹、无水锈、无铁锈、无夹层且未被烧过的、抗冻性能符合设计要求的石块,并应清洗干净。

3 石块的抗压强度不低于混凝土的强度等级的 1.5 倍。

4 石块应分布均匀,净距不小于 150 mm,距结构侧面和顶面的净距不小于 250 mm,石块不得接触钢筋和预埋件。

5 受拉区混凝土当气温低于 0°C 时,不得埋放石块。

8.2.5 大体积混凝土施工技术方案应包括下列主要内容:

1 大体积混凝土的模板和支架系统除应按国家现行标准进行强度、刚度和稳定性验算外,还应结合大体积混凝土的养护方法进行保温构造设计。

2 模板和支架系统在安装或拆除过程中,必须设置防倾覆的临时固定措施。

3 大体积混凝土结构温度应力和收缩应力的计算,参照本规程附录 D 进行。

4 施工阶段温控指标。

5 设置冷却水管时的通水检测、接头处理、通水时间选择和进出水温度差要求等。

6 原材料优选、配合比设计、制备与运输计划。

7 混凝土主要施工设备和现场总平面布置。

8 温控监测设备和测试布置图。

9 混凝土浇筑顺序和施工进度计划。

10 混凝土保温和保湿养护方法,其中保温覆盖层的厚度可根据温控指标的要求,参照本规程附录 E 的方法计算。

11 主要应急保障措施。

12 岗位责任制和交接班制度,测温作业管理制度。

13 特殊部位和特殊气候条件下的施工措施。

8.2.6 大体积混凝土结构的温度、温度应力及收缩应进行试算,预测施工阶段大体积混凝土浇筑体的温升峰值,芯部与表层温差及降温速率的控制指标,制定相应的温控技术措施。对首个浇筑体应进行工艺试验,对初期施工的结构体进行重点温度监测。温度监测系统宜具备自动采集、自动记录功能。

8.2.7 大体积混凝土的浇筑应符合下列规定:

1 混凝土的入模温度(振捣后 50 mm~100 mm 深处的温度)不宜高于 28℃。混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不大于 50℃,且最高温度不得大于 65℃。混凝土芯部温度与表层温度之差不应大于 20℃。

2 大体积混凝土工程的施工宜采用整体分层连续浇筑施工[图 8.2.7(a)]或推移式连续浇筑施工[图 8.2.7(b)]。应依据设计尺寸进行均匀分段、分层浇筑。当横截面面积在 200 m²以内时,分段不宜大于 2 段;当横截面面积在 300 m²以内时,分段不宜大于 3 段,且每段面积不得小于 50 m²。每段混凝土厚度应为 1.5 m~

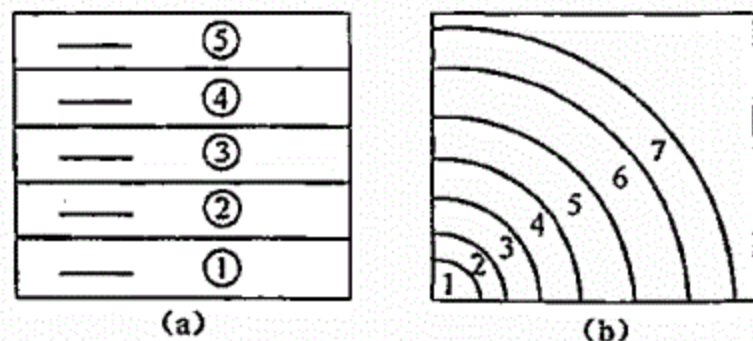


图 8.2.7 大体积混凝土施工

2.0 m。段与段间的竖向施工缝应平行于结构较小截面尺寸方向。当采用分段浇筑时,竖向施工缝应设置模板。上、下两邻层中的竖向施工缝应互相错开。

3 当采用泵送混凝土时,混凝土浇筑层厚度不宜大于 50 cm;当采用非泵送混凝土时,混凝土浇筑层厚度不宜大于 30 cm。

4 大体积混凝土施工采取分层间歇浇筑混凝土时,水平施工缝设置除应符合设计要求外,尚应根据混凝土浇筑过程中温度裂缝控制的要求、混凝土的供应能力、钢筋工程的施工、预埋管件安装等因素确定。

5 大体积混凝土在浇筑过程中,应采取措施防止受力钢筋、定位筋、预埋件等移位和变形。

6 大体积混凝土浇筑面应及时进行二次抹压处理。

8.2.8 大体积混凝土在每次混凝土浇筑完毕后,除按普通混凝土进行常规养护外,还应及时按温控技术措施的要求进行保温养护,并应符合下列规定:

1 保湿养护的持续时间,不得少于 28 d。保温覆盖层的拆除应分层逐步进行,当混凝土的表层温度与环境最大温差小于 20 ℃ 时,可全部拆除。

2 保湿养护过程中,应经常检查塑料薄膜或养护剂涂层的完整情况,保持混凝土表面湿润。

3 在大体积混凝土保温养护中,应对混凝土浇筑体的芯部与表层温差和降温速率进行检测,当实测结果不满足温控指标的要求时,应及时调整保温养护措施。

4 大体积混凝土拆模后应采取预防寒流袭击、突然降温和剧烈干燥等养护措施。

8.2.9 大体积混凝土宜适当延迟拆模时间,当模板作为保温养护措施的一部分时,其拆模时间应根据温控要求确定。

8.2.10 大体积混凝土施工遇炎热、冬期、大风或者雨雪天气等特殊气候条件下时,必须采用有效的技术措施,保证混凝土浇筑和养

护质量,并应符合下列规定:

1 在炎热季节浇筑大体积混凝土时,宜将混凝土原材料进行遮盖,避免日光暴晒,并用冷却水搅拌混凝土,或采用冷却骨料、搅拌时加冰屑等方法降低入仓温度,必要时也可采取在混凝土内埋设冷却管通水冷却。混凝土浇筑后应及时保湿保温养护,避免模板和混凝土受阳光直射。条件许可时应避开高温时段浇筑混凝土。

2 冬期浇筑混凝土,宜采用热水拌和、加热骨料等措施提高混凝土原材料温度,混凝土入模温度不宜低于 5°C 。混凝土浇筑后应及时进行保温保湿养护。

3 大风天气浇筑混凝土时,在作业面应采取挡风措施,降低混凝土表面风速,并增加混凝土表面的抹压次数,及时覆盖塑料薄膜和保温材料,保持混凝土表面湿润,防止风干。

4 雨雪天不宜露天浇筑混凝土,确需施工时应采取有效措施,确保混凝土质量。浇筑过程中突遇大雨或大雪天气时,应及时在结构合理部位留置施工缝,尽快中止混凝土浇筑。对已浇筑还未硬化的混凝土立即进行覆盖,严禁雨水直接冲刷新浇筑的混凝土。

8.2.11 大体积混凝土施工现场温控监测应符合下列规定:

1 大体积混凝土浇筑体内监测点的布置,应以能真实反映出混凝土浇筑体内最高温升、芯部与表层温差、降温速率及环境温度为原则。

2 监测点的布置范围以所选混凝土浇筑体平面图对称轴线的半条轴线为测试区,在测试区内监测点的布置应考虑其代表性按平面分层布置;在基础平面对称轴线上,监测点不宜少于4处,布置应充分考虑结构的几何尺寸。

3 沿混凝土浇筑体厚度方向,应布置外表、底面和中心温度测点,其余测点布设间距不宜大于 60 cm 。

4 大体积混凝土浇筑体芯部与表层温差、降温速率、环境温

度及应变的测量,在混凝土浇筑后,每昼夜应不少于4次;入模温度的测量,每台班不少于2次。

5 混凝土浇筑体的表层温度,宜以混凝土表面以内5 cm处的温度为准。

6 测量混凝土温度时,测温计不应受外界气温的影响,并应在测温孔内至少留置3 min。根据工地条件,可采用热电偶、热敏电阻等预埋式温度计检测混凝土的温度。

7 测温过程中宜及时描绘出各点的温度变化曲线和断面的温度分布曲线。

8.3 自密实混凝土

8.3.1 本节适用于无砟轨道充填层用自密实混凝土,其所用原材料和主要性能指标应符合设计和相关技术标准的规定。

8.3.2 自密实混凝土配制应符合下列规定:

1 应根据工程的结构特点、施工条件以及环境条件等进行自密实混凝土配合比设计。配合比应在综合其工作性能、力学性能、收缩性能、耐久性能等要求的基础上进行选定。

2 选定配合比时,应根据实际工况和环境条件要求,通过试验确定合理的拌和物性能控制指标。

3 配合比选定后,应开展现场工艺性试验,根据试验结果调整并最终确定施工配合比。

4 当原材料、施工环境温度等发生较大变化时,应及时重新设计和调整配合比。

5 配合比可采用体积法或质量法进行设计计算,其配合比参数应符合下列要求:

1) 胶凝材料用量不宜大于 580 kg/m^3 。

2) 用水量不宜大于 180 kg/m^3 。

3) 单位体积浆体总量不宜大于 0.40 m^3 。

6 混凝土中宜适量掺加粉煤灰、磨细矿渣粉等矿物掺合料。

不同矿物掺合料的掺量应通过试验确定。

7 混凝土中宜掺加减水剂、引气剂、膨胀剂、黏度改性材料等外加剂。所掺外加剂对硬化混凝土的性能应无负作用,具体掺量应通过试验确定。

8.3.3 自密实混凝土拌和应符合下列规定:

1 搅拌前,应严格测定粗细骨料的含水率,准确测定因存储、天气变化等因素造成的粗细骨料含水量变化,并根据含水率变化及时调整施工配合比。

2 搅拌时,宜先向搅拌机中投入粗骨料、细骨料、水泥、矿物掺合料等,搅拌均匀后,再加入拌和水和外加剂,并继续搅拌至均匀为止。上述每一阶段的搅拌时间不宜少于 30 s,总搅拌时间不宜少于 3 min。

8.3.4 自密实混凝土运输应符合下列规定:

1 自密实混凝土应选用混凝土专用运输车进行运输。

2 自密实混凝土运输过程中,应确保自密实混凝土拌和物匀质性,运到灌注地点时不发生分层、离析和泌浆等现象。运输车到达灌注现场时,应使运输车高速旋转 20 s~30 s 方可卸料。

3 自密实混凝土运输过程中,应对运输车采取保温隔热措施,防止局部自密实混凝土升温过高(夏期)或受冻(冬期)。应采取适当措施防止水分进入运输车或从运输车中蒸发。

4 自密实混凝土的运输过程应快捷、方便,尽量减少自密实混凝土的转载次数和运输时间。

8.3.5 自密实混凝土灌注应符合下列规定:

1 灌注前,应检查板腔内是否积水。当土工布和凹槽中存在积水时,严禁灌注自密实混凝土。雨天不应进行自密实混凝土灌注施工。

2 入模前,应检测自密实混凝土拌和物的温度、坍落扩展度、扩展时间 T_{300} 、含气量和泌水率等拌和物性能。只有当拌和物性能满足要求时方可灌注。自密实混凝土的人模温度宜控制在

5℃~30℃。

3 自密实混凝土从搅拌开始到灌注结束的持续时间不宜超过 120 min。

4 每块轨道板的自密实混凝土应一次灌注完成,不得进行二次灌注。当所有排浆孔排出的混凝土与自密实混凝土本体一致时方可停止灌注。灌注结束后,3 h 内不得移除轨道板上灌注孔处的硬质下料管和观察孔处的硬质防溢管。

8.3.6 自密实混凝土拆模与养护应符合下列规定:

1 灌注完成后,自密实混凝土带模养护时间不得少于 3 d。

2 自密实混凝土终凝以后方可拆除压紧装置和防侧移固定装置。

3 当自密实混凝土强度达到 10.0 MPa 以上,且表面及棱角不因拆模而受损时,方可拆除轨道板四周模板。

4 拆模后,应对自密实混凝土采取土工布包裹、养护膜覆盖或喷养护剂等保湿养护措施,保湿养护时间不少于 14 d。在冬期和夏期拆模时,若天气产生骤然变化,应采取适当的保温(冬期)隔热(夏期)措施。

5 冬期灌注的自密实混凝土的临界抗冻强度不宜小于设计强度等级值的 70%。

6 当自密实混凝土的强度达到 100% 的设计强度后,轨道板方可承受全部设计荷载。

8.4 纤维混凝土

8.4.1 钢纤维混凝土的原材料应符合下列规定:

1 钢纤维的种类、规格、质量应符合设计要求。

2 配制钢纤维高强混凝土宜选用质地坚硬、级配良好的河砂,其细度模数不宜小于 2.4。

3 粗骨料应选用质地坚硬、级配良好的石灰岩、花岗岩、辉绿岩等碎石或碎卵石,粒径不宜大于 20 mm 和钢纤维长度的 2/3。

4 当粗骨料粒径大于 20 mm 时,应选用适宜的纤维,并经试验检测达到设计要求后方可使用。

8.4.2 钢纤维混凝土配制应符合下列规定:

1 钢纤维混凝土应满足结构设计对强度等级(包括抗压强度、抗拉强度、弯曲韧度比等)的要求。

2 钢纤维混凝土的钢纤维体积率应根据设计要求确定;当设计无要求时,不应小于 0.35%;对高强度(抗拉强度不低于 1 000 MPa)的异形钢纤维不应小于 0.25%;钢纤维预应力混凝土中钢纤维用量宜为 80 kg/m³。

3 钢纤维混凝土的水胶比不宜大于 0.50,对于耐久性为主要要求的钢纤维混凝土不得大于 0.45,每立方米混凝土的水泥用量(或胶凝材料总用量)不宜小于 360 kg。

4 钢纤维混凝土的稠度可参照同类工程对普通混凝土所要求的稠度确定,其坍落度值可比相应普通混凝土要求值小 20 mm,其维勃稠度值与相应的普通混凝土要求值相同。

8.4.3 钢纤维混凝土搅拌应符合下列规定:

1 钢纤维混凝土宜采用带有布料装置的纤维混凝土专用搅拌机搅拌。

2 搅拌工艺应确保钢纤维在拌和物中分散均匀,不产生结团,宜优先采用将钢纤维、水泥、粗细骨料先干拌而后加水湿拌的方法。

3 钢纤维混凝土投料顺序、搅拌方法和搅拌时间应通过现场匀质性试验确定。其搅拌时间应较普通混凝土适当延长 1 min ~ 2 min。

8.4.4 钢纤维混凝土浇筑方法应保证钢纤维的分布均匀性和结构的连续性。

8.4.5 合成纤维混凝土用纤维的种类、规格、质量应符合设计要求。

8.4.6 合成纤维混凝土配制应符合下列规定:

1 合成纤维的体积率应符合设计要求;设计无要求时,宜在0.05%~0.3%的范围内选取。

2 合成纤维混凝土的坍落度可比普通混凝土相应要求降低。当坍落度不满足要求时,可调整外加剂或在保持水胶比不变的条件下适当增加用水量。

8.4.7 合成纤维混凝土施工应符合下列规定:

1 合成纤维混凝土搅拌时间应通过现场搅拌试验确定,并应较普通混凝土规定的搅拌时间适当延长40s~60s,以确保纤维在混凝土拌和物中分散均匀。

2 采用平板振捣器捣实,振捣时间为20s左右并无可见空洞为止。

3 混凝土接近初凝时方可进行抹面,抹面应光滑,抹面时不得加水,抹面次数不宜过多。

8.5 喷射混凝土

8.5.1 喷射混凝土宜优先选用湿喷工艺。

8.5.2 喷射混凝土原材料应符合下列规定:

1 喷射混凝土应采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,必要时可采用特种水泥。

2 喷射混凝土所用细骨料细度模数应大于2.5,含泥量应不大于3%,泥块含量应不大于0.5%。

3 喷射混凝土所用粗骨料最大粒径不宜大于16mm,当使用短纤维时,最大粒径不宜大于10mm,并宜采用连续粒级。

4 速凝剂应采用质量稳定的产品,其与水泥应有良好的相容性,性能指标应符合相关标准的规定。

5 喷射混凝土可根据需要掺入其他外加剂,其掺量通过试验确定。

8.5.3 喷射混凝土的配合比设计应根据原材料性能、喷射工艺和设计要求通过试验选定,并应符合下列规定:

- 1 水胶比不大于 0.50。
- 2 胶凝材料用量不小于 400 kg/m^3 。
- 3 纤维掺量符合设计要求。

8.5.4 喷射混凝土宜采用强制式搅拌机搅拌,其搅拌时间应不小于 1.5 min。当掺用纤维时,其搅拌时间应通过现场匀质性试验确定。喷射混凝土拌和物宜随拌随用,停放时间不得大于 30 min。在运输、存放过程中不得淋雨、浸水及混入杂物。

8.5.5 喷射混凝土前,应对受喷岩面进行处理,检查机具设备和风、水、电等管线路,并试运转。

8.5.6 喷射混凝土作业应符合下列规定:

- 1 应分段、分层由下而上顺序喷射,每段长度不宜大于 6 m。当岩面有较大凹洼时应先将凹洼处喷平。喷在岩面上的混凝土表面应无滑移下坠现象。一次喷射厚度可根据喷射部位经现场试验确定。

- 2 喷嘴宜与喷射面垂直,其间距宜为 0.6 m~1.8 m。喷嘴应连续、缓慢作横向环形移动,喷层厚度应均匀。

- 3 分层喷射时,后层混凝土应在前层混凝土终凝 1 h 后,先用风、水清洗喷层表面后再喷射。

- 4 喷射过程中应检查混凝土的回弹率。喷射混凝土的回弹率侧壁应不大于 15%,拱部应不大于 25%。

- 5 喷射作业的环境温度不得低于 5°C ;喷射混凝土作业区内应具有良好的通风和照明条件。喷射作业时粉尘含量不得大于 2 mg/m^3 。

- 6 喷射作业完成后应及时进行厚度检测,不符合要求要及时补喷。

8.5.7 钢纤维喷射混凝土施工应符合下列规定:

- 1 采用钢纤维喷射混凝土做初期支护时,应根据围岩地质条件确定喷层厚度;应满足围岩的地质条件、变形量级和工程类型要求的韧度指标。喷层厚度不宜大于 150 mm。

2 用于喷射混凝土的钢纤维,应根据喷射工艺特点确定其施工参数,并满足下列规定:

- 1) 钢纤维不得有明显的锈蚀和油渍及其他妨碍钢纤维与水泥黏结的杂质;钢纤维内含有的因加工不良造成的粘连片、表面严重锈蚀的纤维、铁锈粉等杂质的总质量不应超过钢纤维质量的 1%。
- 2) 钢纤维断面直径(或等效直径)应为 0.3 mm~0.8 mm,长度应为 20 mm~35 mm,并不得大于输料软管以及喷嘴内径的 0.7 倍,长径比为 30~80,长度偏差不应超过长度公称值的 $\pm 5\%$ 。
- 3) 钢纤维抗拉强度应符合设计要求。
- 4) 钢纤维掺量的设计应考虑到喷射时钢纤维混凝土各组分回弹率不同的影响,以喷射到岩面上的钢纤维混凝土中钢纤维的实际含量作为依据。钢纤维喷射混凝土的钢纤维实际含量不宜大于 78.5 kg/m^3 (体积率为 1.0%)。最小含量可依据钢纤维的长径比参照表 8.5.7 选用。

表 8.5.7 钢纤维混凝土中钢纤维的最小实际含量要求

钢纤维的长径比	40	45	50	55	60	65	70	75	80
最小实际含量(kg/m^3)	65	50	40	35	30	25	20	20	20
最小实际体积率	0.83	0.64	0.51	0.45	0.38	0.32	0.25	0.25	0.25

- 5) 钢纤维喷射混凝土的强度等级应满足设计要求。
- 6) 钢纤维喷射混凝土用骨料应采用连续级配,粗骨料最大粒径不宜大于 10 mm,砂率不应小于 50%。
- 7) 钢纤维喷射混凝土的原材料中宜加入矿渣粉或粉煤灰等活性掺合料。设计无要求时,矿渣粉的掺量可为水泥质量的 5%~15%,粉煤灰的掺量可为水泥质量的 15%~30%。掺合料掺量的选择应通过试验确定。

3 钢纤维喷射混凝土的配合比设计应遵循下列原则:

- 1) 根据钢纤维喷射混凝土抗压强度要求确定水胶比。
- 2) 根据弯曲韧度比和弯拉强度要求确定钢纤维掺量。
- 3) 根据和易性和输料性能确定水、水泥及外加剂用量。
- 4) 根据骨料粒径和级配、砂的细度及和易性确定砂率。

4 钢纤维喷射混凝土的搅拌应符合下列规定:

- 1) 钢纤维称量允许偏差按质量计为 $\pm 1\%$ 。
- 2) 钢纤维喷射混凝土的搅拌工艺应确保钢纤维在拌和物中分散均匀,不产生结团,宜优先采用将钢纤维、水泥、粗细骨料先干拌后加水湿拌的方法,且干拌时间不得少于 1.5 min;也可采用先投放水泥、粗细骨料和水,在拌和过程中分散加入钢纤维的方法,必要时采用钢纤维播料机均匀地分散到混合料中,不得成团。
- 3) 钢纤维混凝土的搅拌时间应通过现场匀质性试验确定,并应较普通混凝土规定的搅拌时间延长 1 min~2 min。采用先干拌后加水的搅拌方式时,干拌时间不宜少于 1.5 min,搅拌时间不宜小于 3 min。

5 在钢纤维喷射混凝土的表面宜再喷射一层厚度为 10 mm 的水泥砂浆,其强度等级不应低于钢纤维喷射混凝土。

8.5.8 合成纤维喷射混凝土施工应符合下列规定:

- 1 喷射混凝土中的合成纤维宜采用聚丙烯纤维。
- 2 合成纤维应具有良好的耐酸、碱性和化学稳定性,并经改性处理,具有良好的分散性,不结团。
- 3 合成纤维抗拉强度应符合设计要求;当设计无要求时,长度宜为 12 mm~19 mm。
- 4 合成纤维掺量应通过试验确定。在无特殊要求情况下,常用掺量为 $0.8 \text{ kg/m}^3 \sim 1.2 \text{ kg/m}^3$ 。

5 搅拌时间宜为 4 min~5 min。搅拌完成后随机取样,如纤维已均匀分散成单丝,则混凝土可投入使用;若仍有成束纤维,则

至少延长搅拌时间 30 s 才可使用。

6 喷射合成纤维混凝土的水胶比宜为 0.35~0.45。

8.5.9 喷射混凝土养护应符合下列规定：

1 喷射混凝土终凝 2 h 后，应喷水养护，时间不得少于 14 d。

2 气温低于 5℃ 时不得喷水养护。

8.5.10 喷射混凝土的作业场所应有防冻保温措施；喷射混凝土作业环境温度和拌和物进入喷射机的温度均不应低于 5℃。

8.6 特细砂混凝土

8.6.1 特细砂混凝土不得用于梁、拱、轨道板和有抗冲刷、抗磨（水位变化范围）、抗冻和抗腐蚀要求的工程。配制 C30 及以上强度等级的混凝土，宜采用特细砂与中粗砂（机制砂）组成的混合砂。

8.6.2 特细砂混凝土所用砂细度模数应为 0.7~1.5，不允许含有泥块；其他材料指标应符合本规程第 6.3 节的相关规定。

8.6.3 特细砂混凝土的配制应符合下列规定：

1 应采用低砂率，其用砂量可较中、细砂混凝土减少 15%~30%。

2 宜配制低流动性混凝土。配制坍落度大于 50 mm 的特细砂混凝土时，应采取措施严格控制单位用水量，并对混凝土各项性能进行试验确认。

3 宜采用级配良好、空隙率小的粗骨料。

4 宜掺加机制砂，以改善混凝土性能。

8.6.4 特细砂混凝土搅拌时间应比中、细砂混凝土延长 1 min~2 min。

8.6.5 特细砂混凝土应在终凝前适时进行第二次压实抹面。

8.6.6 特细砂混凝土在终凝后应立即进行保湿养护，养护开始时间不宜迟于浇筑完成后 12 h，养护时间不少于 14 d。

8.7 补偿收缩混凝土

8.7.1 补偿收缩混凝土宜用于混凝土结构自防水、工程接缝填充、采取连续施工的超长混凝土结构、大体积混凝土等工程。以钙钒石作为膨胀源的补偿收缩混凝土,不得用于长期处于环境温度高于 80℃ 的钢筋混凝土工程。

8.7.2 补偿收缩混凝土所用原材料除应符合本规程第 6.3 节规定外,还应符合下列规定:

1 细骨料宜选用细度模数大于 2.5 的中砂。

2 膨胀剂技术要求应符合现行《混凝土膨胀剂》GB 23439 的规定,并与水泥进行相容性试验。不得使用高碱膨胀剂(总碱量超过膨胀剂质量 0.75%)或以铝粉为膨胀源的膨胀剂。

8.7.3 补偿收缩混凝土配制除应符合本规程第 6.4 节的相关规定外,尚应符合下列规定:

1 补偿收缩混凝土的配合比设计应满足设计所需的强度、膨胀性能、耐久性能等技术指标和施工工艺性能要求。

2 补偿收缩混凝土应根据混凝土使用的环境条件选择适宜的膨胀剂,其掺量应根据设计要求的限制膨胀率经试验后确定,配合比试验的限制膨胀率应比设计值高 0.005%。

3 补偿收缩混凝土宜采用较大的砂率,较小的坍落度,混凝土水胶比不宜大于 0.50。

4 补偿收缩混凝土限制膨胀率指标和最小胶凝材料用量应符合表 8.7.3 的规定。

表 8.7.3 补偿收缩混凝土的限制膨胀率指标和最小胶凝材料用量

用 途	限制膨胀率(%)		最小胶凝材料 用量(kg/m ³)
	水中 14 d	水中 14 d 转 空气中 28 d	
用于补偿混凝土收缩	≥0.015	≥-0.030	300
用于后浇带、膨胀加强 带和工程接缝填充	≥0.025	≥-0.020	350

8.7.4 补偿收缩混凝土在搅拌时应注意投料顺序,宜先投入细骨料、胶凝材料、膨胀剂,搅拌均匀后投入粗骨料,搅拌一定时间再投入其他外加剂和水直至搅拌均匀。其搅拌时间应通过现场工艺试验确定。

8.7.5 施工补偿收缩混凝土的模板及支(拱)架应有足够的强度和刚度,能够承受混凝土补偿收缩产生的应力。

8.7.6 补偿收缩混凝土的浇筑应符合下列规定:

1 浇筑前应制定浇筑计划,检查膨胀加强带和后浇带,其设置应符合设计要求,浇筑部位应清理干净。

2 当施工中因遇到雨、雪、冰雹需留施工缝时,对新浇混凝土部分应立即用塑料薄膜覆盖;当出现混凝土已硬化的情况时,应先在其上铺设 30 mm~50 mm 厚的同配合比无粗骨料的膨胀水泥砂浆,再浇筑混凝土。

3 当超长的板式结构采用膨胀加强带取代后浇带时,应根据所选膨胀加强带的构造形式,按规定顺序浇筑。间歇式膨胀加强带和后浇式膨胀加强带浇筑前,应将先期浇筑的混凝土表面清理干净,并充分湿润。

4 板式结构混凝土应在终凝前采用机械或人工的方式,对混凝土表面进行多次抹压。

8.7.7 补偿收缩混凝土在浇筑完成后应及时进行潮湿保水养护,有条件时应采用蓄水养护。在硬化过程中必须加以保护,其暴露面保湿养护时间不得低于 14 d。冬期施工养护时,混凝土表面不得直接洒水,可用塑料薄膜进行保温保湿养护。

8.7.8 补偿收缩混凝土应适当延迟拆模时间,其拆模时间不宜早于 3 d;冬期施工时,构件拆模时间应延长至 7 d 以上。

8.8 无砂透水混凝土

8.8.1 无砂透水混凝土用粗骨料针、片状颗粒含量不应大于 5%。

8.8.2 无砂透水混凝土配制水泥用量宜为 $250 \text{ kg/m}^3 \sim 350 \text{ kg/m}^3$, 粗骨料用量宜为 $1400 \text{ kg/m}^3 \sim 1600 \text{ kg/m}^3$, 水胶比不宜大于 0.50。

8.8.3 无砂透水混凝土应采用强制式搅拌, 适当延长搅拌时间。

8.8.4 无砂透水混凝土在浇筑时不得采用强烈振捣或夯实。

8.8.5 无砂透水混凝土应加强早期养护, 混凝土浇筑完成后及时用塑料薄膜覆盖表面并开始洒水养护。养护时间不宜少于 7 d。

8.9 气密性混凝土

8.9.1 气密性混凝土的透气系数应符合设计或相关标准要求; 当设计无要求时, 透气系数应不大于 $1.0 \times 10^{-11} \text{ cm/s}$ 。

8.9.2 气密性混凝土原材料应符合下列规定:

1 选用级配合理、质地均匀坚固、吸水率低、空隙率小的洁净天然河砂, 砂的细度模数不宜小于 2.7。

2 选用坚固性优良、含泥量小、连续级配、坚硬的石子, 石子的最大粒径应不大于 31.5 mm, 针片状颗粒含量应不大于 8%。

8.9.3 气密性混凝土的配合比设计应符合下列规定:

1 应掺加硅灰、粉煤灰或复合掺合料。

2 混凝土的水胶比不宜大于 0.45, 胶凝材料用量不宜小于 330 kg/m^3 。

3 配制气密性混凝土砂率不宜小于 36%, 在满足混凝土其他性能指标的条件下尽可能选择较大的砂率。

4 隧道衬砌泵送混凝土坍落度宜为 180 mm~220 mm, 罐车运输、吊斗提升混凝土坍落度宜为 80 mm~120 mm。

8.9.4 气密性混凝土施工应符合下列规定:

1 投料顺序宜先将水泥、掺合料、细骨料干拌 1.5 min, 至拌和均匀后加入粗骨料、水、外加剂, 再搅拌 1.5 min~2 min 至混凝土均匀一致为止。

2 应采用机械振捣。采用插入式振捣器振捣时, 应采用斜向

振捣,不宜采用垂直振捣。

3 浇筑完毕后应及时进行保温保湿养护,避免或尽量减少混凝土裂纹。连续养护时间不得少于 28 d,并应避免在 5℃ 以下施工。

8.9.5 气密性混凝土施工缝必须严格按设计要求进行处理。施工缝应严密平整,不得有蜂窝、空洞、疏松裂缝等现象。

8.10 活性粉末混凝土

8.10.1 活性粉末混凝土所用原材料和主要性能指标应符合设计要求和相关技术标准要求。

8.10.2 活性粉末混凝土配制应符合下列规定:

1 配合比设计时应根据设计使用年限、环境类别及作用等级、设计强度等级等条件,依据有关规定选定材料力学性能指标与耐久性指标。

2 配合比设计时应遵循下列原则:

- 1) 选用低水化热和较低含碱量的水泥,避免使用早期强度高水泥和高 C_3A 含量的水泥。
- 2) 选用优质高效减水剂,减少胶凝材料用量和拌和用水量。
- 3) 在材料组成中宜掺入适量优质矿物掺合料。
- 4) 水胶比应控制在 0.2 以下。
- 5) 用于铁路桥梁人行道挡板、盖板制造的活性粉末混凝土入模坍落度宜控制在 120 mm~160 mm,其他用途的活性粉末混凝土坍落度控制范围应由工艺试验确定。

8.10.3 活性粉末混凝土的拌和及运输应符合下列规定:

1 活性粉末混凝土宜选用立轴行星式搅拌机拌和,搅拌速度应不低于 45 r/min。

2 在配制活性粉末混凝土拌和物时,超细活性粉末或复合掺合料、水泥均以干燥状态的质量计,称量应准确到 $\pm 1\%$;骨料采用

干燥骨料,用量按质量计,称量应准确到 $\pm 1.5\%$;水、外加剂用量按质量计,称量应准确到 $\pm 0.5\%$ 。

3 投料顺序应为砂、钢纤维、水泥、超细活性粉末或复合掺合料、水、外加剂,干料先预搅拌 4 min,加水、外加剂再搅拌 3 min 以上,总搅拌时间不得短于 7 min。

4 运输设备采用斗车、吊斗等,运输距离一般不宜超过 500 m,运输时间与静停时间累加不超过 20 min,运输过程拌和物表面需覆盖,防止水分散失。

8.10.4 活性粉末混凝土的浇筑应符合下列规定:

1 拌和物浇筑宜从构件的一侧浇筑,逐步向另一侧移动。对于活性粉末混凝土用量小于 0.1 m^3 的单个构件,应一次浇筑成型。

2 应根据构件的结构形式与形状确定活性粉末混凝土振捣方式。小型薄壁构件以台式振捣为主,辅助插入式振捣;复杂形状或大截面密配筋构件一般以插入式振捣为主、附着式振捣器为辅助配合使用,钢筋密集部位宜加强侧振或采用小直径插入式振捣棒加强振捣。

3 活性粉末混凝土自加水搅拌时起,至浇筑前时间不宜超过 30 min。

4 活性粉末混凝土应一次装满模具,连续浇筑,应具有良好的密实度。

5 构件在浇筑过程中,应随机抽样制作试件。试件应随构件或同条件下振动成型,并随构件同条件养护。

8.10.5 活性粉末混凝土搅拌、运输、浇筑及构件静停应在 10°C 以上的环境下进行。当环境平均气温低于 10°C 或最低气温低于 5°C 时,应按冬期施工办理,混凝土入模温度宜控制在 $10^\circ\text{C} \sim 30^\circ\text{C}$ 。

8.10.6 活性粉末混凝土构件养护分静停、初养、终养及自然养护等四个阶段,蒸汽养护时温度宜采用自动控制系统。养护应符合下列规定:

1 静停:在静停区域成型面表面用塑料薄膜覆盖。静停环境温度应不低于 18°C 、相对湿度不低于 60%,静停时间不少于 6 h。

2 初养:静停完毕的构件搬运至养护窑或养护坑,成型面表面需用塑料薄膜覆盖;通过蒸汽或散热器加热养护间内环境温度,升温速度应控制在 12°C/h 以内,升温至 45°C 保持恒温 24 h(或同条件养护试件抗压强度达到 30 MPa 时间为准),再以 15°C/h 以内的速度降温至构件表面温度与环境温度相差不超过 20°C 时,方可出窑(或坑)拆模;初养过程环境相对湿度应保持在 70% 以上。

3 终养:拆模后的构件搬运至养护窑或养护坑,码垛进行蒸汽养护;终养过程分为升温、恒温、降温三个阶段,升温速度不应大于 12°C/h ,降温速度不应大于 15°C/h ;恒温温度应控制在 $(75\pm 5)^{\circ}\text{C}$,恒温养护时间不应少于 48 h(或同条件养护试件抗压强度达到设计强度为准);撤除保温设施时,构件表面温度与环境温度之差不应超过 20°C 。

4 自然养护:构件终养结束后需自然养护,环境平均气温高于 10°C 时,应对构件进行洒水养护,时间不应少于 7 d;当环境平均气温低于 10°C 或最低气温低于 5°C 时,应按冬期施工办理,采取保温措施。

8.10.7 活性粉末混凝土构件拆模不得损坏构件外观和造成构件主体损伤。拆模时构件温度与环境温差不得大于 20°C 。采用蒸汽养护工艺时,拆模时同条件试件抗压强度不宜低于 30 MPa ,且成型结束至蒸汽养护开始时间不宜超过 48 h。

8.11 桥梁支座砂浆

8.11.1 桥梁支座砂浆可分为自流平砂浆和干硬性砂浆两类。

8.11.2 桥梁支座砂浆的原材料应符合下列规定:

- 1 自流平砂浆原材料质量应符合设计及相关标准的要求。
- 2 干硬性砂浆原材料质量应符合本规程第 6.3.1、6.3.3、

6.3.5、6.3.7 和 8.6.2 条的规定。

8.11.3 桥梁支座砂浆施工准备应符合下列规定：

- 1 施工前应制定施工技术方案,并经审查批准。
- 2 应准备搅拌机具、灌浆设备、模板及养护物品等。
- 3 灌注前应将与灌注材料接触的支座底部和混凝土基础表面清理干净,不得有碎石、浮浆、浮灰、油污和隔离剂等杂物。灌注前 24 h,混凝土基础表面应充分湿润。灌注前 1 h,应清除积水。
- 4 模板顶部标高应高出支座底座上表面 50 mm。

8.11.4 桥梁支座砂浆材料的配制应符合下列规定：

- 1 所需材料的配料称量偏差,按质量计不得超过 $\pm 1\%$ 。
- 2 宜采用立轴式砂浆搅拌机拌和,搅拌时间不少于 3 min。
- 3 拌和地点应靠近灌注地点。
- 4 现场使用时,严禁在水泥基灌浆材料中掺入任何外加剂、外掺料。

8.11.5 自流平砂浆进行灌注时应符合下列规定：

- 1 灌注施工不易直接灌入时,宜采用高位流槽辅助施工。
- 2 经检测合格的砂浆宜静止 3 min 后,从一侧灌浆,直至另一侧溢出为止。不得从相对两侧同时进行灌浆。
- 3 灌注开始后,必须连续进行,不能间断,并尽可能缩短灌浆时间。
- 4 灌注层厚度不宜超过 100 mm。
- 5 砂浆灌注宜高出支座 5 mm,停止灌注后应观察砂浆是否有下沉分层现象。
- 6 灌注结束后,采用麻袋或草垫进行覆盖,砂浆凝结后,及时洒水养护,养护时间不得低于 3 d。
- 7 气温高于 35℃ 时,应采取降温措施,降低砂浆干料和拌和水温度,砂浆灌注时入模温度不得大于 30℃;如锚固螺栓孔较大,可先灌注锚栓孔,然后灌注平面支座垫石。

- 8 冬期低温条件或负温条件下施工时,宜用电热毯对支座进

行预加热和覆盖;支座砂浆干料不能长时间直接置于寒冷环境下,必须做好保温措施,拌和可用温水,但水温不得超过 50℃,入模温度不得小于 20℃。

9 制作同条件下的检查试件,强度满足设计要求后,才能拆除千斤顶支点。

8.11.6 干硬性砂浆施工时应符合下列规定:

1 应清除支承垫石表面粉尘、油污和其他污垢等不利于黏结的物质,并用清水湿润基面至饱和,但铺砂浆时不得有积水。

2 T 梁落梁前,先在支承垫石顶面铺一层 20 mm~30 mm 厚的干硬性无收缩砂浆,砂浆顶面铺成中间略高于四周的形状。

3 相应锚栓孔内也捣满干硬性砂浆;具体铺设厚度根据支座标高确定。

4 砂浆施工完后应及时洒水养护。冬期施工时应采取保温措施,确保砂浆不受冻。

8.11.7 自流平砂浆达到拆模时间后,砂浆表面温度和环境温度差不得大于 20℃。

8.12 支承层混凝土

8.12.1 无砟轨道支承层混凝土宜优先采用水硬性混合料。

8.12.2 支承层混凝土所用原材料和主要性能指标应符合设计要求或相关标准的规定。

8.12.3 支承层混凝土配制应符合下列规定:

1 支承层施工配合比设计应根据设计要求、施工工艺等,结合施工现场的水泥、集料等实际情况,经过计算、试配、试件检测和工艺性试验后确定。当主要原材料发生改变时,应重新进行配合比设计。

2 支承层混凝土胶凝材料用量不宜高于 210 kg/m³,水泥用量不应高于 130 kg/m³,用水量不宜高于 130 kg/m³,宜少用或不用减水剂。

3 水硬性混合料配合比试验时,应通过重型击实试验确定最大干密度(ρ_{dmax})和最优含水率(w_{opt})。水硬性混合料应根据最优含水率(w_{opt})进行拌制;试件成型时,应通过套模加压振动方法使试件达到预定干密度。

4 低塑性混凝土配合比选定时,应根据实际工况要求,通过试验确定合理的拌和物性能实际控制指标(增实因素或坍落度)。

8.12.4 支承层施工宜采用滑模摊铺机进行,对于长度较短、外形不规则或有大量预埋件的地段,也可采用模筑法施工。摊铺机施工时,支承层材料采用水硬性混合料;立模浇筑施工时,支承层材料采用低塑性混凝土。

8.12.5 支承层混凝土应由拌和站集中生产,其配制应符合下列规定:

1 拌制前,应测定骨料的含水率,并根据测定结果及时调整施工配合比。一般情况下,每班检测两次含水率,雨天应增加含水率检测次数。骨料的含水率宜小于6%。

2 拌制过程中,不得使用表面沾染尘土和局部暴晒过热的骨料。

3 搅拌时间按工艺试验确定的时间执行。拌和物应均匀,色泽一致。有生料、成团现象的非匀质拌和物严禁用于支承层施工。

8.12.6 水硬性混合料运输应符合下列规定:

1 水硬性混合料应采用自卸式卡车运输,每次运输前后应将自卸卡车车箱清扫干净。混合料运输过程中应进行覆盖,防止水分蒸发。

2 自卸卡车在拌和站装载混合料时,自由倾落高度不大于1 m,避免造成堆积离析。

3 混合料运输到施工现场时,应慢速均匀卸料,避免集中卸料造成堆积离析,卸料长度不宜超过10 m。

8.12.7 滑模摊铺法施工应符合下列规定:

1 滑模摊铺机摊铺前,混合料应采用机械或人工均匀布料。布料长度宜超前摊铺机约 3 m ~ 5 m。运输至现场的混合料应一次布料到位,及时摊铺成型密实,否则应及时覆盖。

2 摊铺中,当摊铺机停机待料时间超过混凝土初凝时间的 4/5 时,应将摊铺机开出摊铺工作面,并做施工缝处理。

8.12.8 模筑法施工应符合下列规定:

1 低塑性混凝土运到现场时,每车混凝土均应进行增实因素或坍落度检查,增实因素或坍落度应满足配合比设计要求。

2 混凝土浇筑时的自由倾落高度不宜大于 2 m,当大于 2 m 时,应采用滑槽、溜管等设施辅助下落,出料口距混凝土浇筑面的高度不宜超过 1 m,保证混凝土不出现离析现象。

3 采用人工或机械设备布料后,尽快振捣密实。振捣时间应根据设备功率试验确定,以混凝土表层出现液化状态为宜,不得过振,避免漏振。

4 当浇筑停顿时间超过混凝土初凝时间时,应中断浇筑。再次浇筑时,应将施工缝处的松散骨料剔除,并用水将接触面润湿。

8.12.9 支承层混凝土养护和拆模应符合下列规定:

1 浇筑完成的支承层应及时进行保温保湿养护,浇筑一段、养护一段。

2 支承层摊铺或浇筑完成后应喷雾或洒水并覆盖进行保湿养护,养护时间不应少于 7 d。

3 摊铺或浇筑完成的支承层在 7 d 内不得受冻,当气温低于 0 °C 时,应采取保温措施。

4 采用立模浇筑施工时,带模覆盖养护时间应至混凝土终凝以后,其表面及棱角不因拆模而受损时,方可拆模,拆模后应及时对暴露面进行保温保湿养护。

9 防腐蚀强化措施

9.1 一般规定

9.1.1 防腐蚀强化措施施工应符合设计要求。当设计无要求时,应满足本章的相关规定。

9.1.2 当采用本规程未涉及的防腐蚀强化措施施工时,应经过试验并履行相关评审程序后方可用于正式施工。

9.2 混凝土表面涂层

9.2.1 混凝土进行表面涂层涂装作业前应确保其养护龄期不少于 28 d,并应对表面进行处理。用水泥砂浆或与涂层涂料相容的填充料修补蜂窝、露石等明显的缺陷,用钢铲刀清除表面碎屑及不牢固的附着物。用汽油等适当溶剂抹除油污,最后应用清洁水冲洗,使处理后的混凝土表面无露石、蜂窝、碎屑、油污、灰尘及不牢固附着物等。

9.2.2 涂装工艺应符合下列规定:

1 涂料及辅料必须有产品出厂检验合格证书,且应在有效期内使用。

2 对各种进场涂料应取样检验及保存样品,并按国家现行标准《色漆和清漆 密度的测定 比重瓶法》GB/T 6750 和《色漆、清漆和塑料 不挥发物含量的测定》GB/T 1725 的有关规定测定涂料的比重、固体含量和湿膜与干膜厚度的关系。

3 各种涂料的使用应按产品说明书规定的方法进行。

4 涂装方法应根据涂料的物理性能、施工条件、涂装要求和被涂结构的情况进行选择。宜采用高压无气喷涂,当条件不允许

时,可采用刷涂或滚涂。

5 涂装前应在表干区、表湿区各找 10 m^2 面积的试验区,按本规程第 9.2.1 条的要求处理表面,按涂层系统设计的配套涂料要求进行涂装试验。涂装试验时,应测定各层涂料耗用量(L/m^2)和相应的湿膜厚度,涂层经 7 d 自然养护后用显微镜式测厚仪测定其平均干膜厚度。随机找三个点,用拉脱式涂层黏结力测试仪测定其涂层的黏结强度。各种测定值应作记录。

6 当涂层黏结强度不能达到 1.5 MPa 时,应按上述第 5 款的要求,另找 20 m^2 试验区重做涂装试验。如果仍不合格,应重新做涂层配套设计并经试验验证。

7 涂装应在无雨的天气进行。涂装过程中应做好施工记录。

9.2.3 涂层的质量控制应符合下列规定:

1 施工时,应对每一道工序进行质量检查。

2 应按设计要求和经试验验证的涂装道数和涂膜厚度进行施工,用湿膜厚度仪检查湿膜厚度,以控制涂层的最终厚度及其均匀性。

3 涂装施工时应检查涂层湿膜的表面状况,当发现漏涂、流挂等情况时,应及时进行处理。每道涂装施工前应对上道涂层进行检查。

4 涂装完成后应进行涂层外观检查。涂层表面应均匀,无气泡、裂缝等缺陷。

5 涂装完成 7 d 后,应进行涂层干膜厚度测定。每 50 m^2 面积随机检测一个点,测点总数应不少于 30 个。平均干膜厚度应不小于设计干膜厚度,最小干膜厚度应不小于设计干膜厚度的 75%。当不符合上述要求时,应根据情况进行局部或全面补涂,直至达到要求的厚度。

9.3 混凝土表面硅烷浸渍

9.3.1 混凝土进行表面硅烷浸渍涂装作业前应确保其养护龄期

不少于 28 d,混凝土应为面干状态,且表面无露石、蜂窝、碎屑、油污、灰尘及不牢附着物等,否则应对表面进行处理。

9.3.2 涂装工艺应符合下列规定:

- 1 硅烷浸渍材料应有产品出厂检验合格证书。
- 2 应对硅烷浸渍材料进行进场检验,检验指标与方法可按现行《铁路混凝土结构耐久性修补及防护》TB/T 3228 执行。
- 3 硅烷浸渍材料的使用应按产品说明书规定的方法进行。
- 4 硅烷浸渍材料在使用前方可启封,并应于启封后 72 h 内使用。
- 5 涂装方法应根据材料的物理性能、施工条件、涂装要求和被涂结构的情况进行选择,宜采用无气喷涂。当条件不允许时,可采用刷涂或滚涂,并应保证涂装均匀。
- 6 浸渍硅烷前应进行面积为 $1\text{ m}^2 \sim 5\text{ m}^2$ 的浸渍试验。浸渍工作完成后,在试验区随机钻取芯样,按本规程附录 F 规定的方法进行吸水率和硅烷浸渍深度测试。当测试结果符合设计要求时,方可在结构上浸渍硅烷。
- 7 单位施工面积用量应根据浸渍试验结果确定。液体硅烷用量宜为 $300\text{ mL/m}^2 \sim 600\text{ mL/m}^2$,膏体硅烷用量宜为 $0.20\text{ kg/m}^2 \sim 0.33\text{ kg/m}^2$ 。

8 涂装应在无雨雪、无强风的天气进行,涂装时混凝土表面温度宜在 $5\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间。

9 施工过程应注意防火和安全保护。

9.3.3 施工质量控制应符合下列规定:

- 1 涂覆前应对基底处理质量等进行检查。
- 2 应按试验确定的涂覆用量进行施工。
- 3 及时检查表面状况,当发现漏涂、涂覆不均等情况时,应及时进行处理。
- 4 浸渍工作完成后,应按本规程附录 F 规定的方法进行吸水率和硅烷浸渍深度测试,当测试结果中任意一项不满足设计要求

时,应重新浸渍硅烷后再进行测试。

9.4 环氧涂层钢筋

9.4.1 采用环氧涂层钢筋的混凝土,不得采用外加电流阴极保护。

9.4.2 环氧涂层钢筋的原材料、加工工艺、质量检验方法及验收标准应符合国家现行标准《环氧树脂涂层钢筋》JG/T 502 的有关规定。

9.4.3 环氧涂层钢筋的包装、标志、搬运和存放除应符合国家现行标准《环氧树脂涂层钢筋》JG/T 502 的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 涂层钢筋搬运应采用水平方式,严禁拖拽抛掷。每捆涂层钢筋之间应用木隔板分离,暴露于车厢外的涂层钢筋应用帆布包裹保护。

2 吊装涂层钢筋的吊索宜采用高强度的尼龙带,不得使用钢丝绳吊装;涂层钢筋的长度在6 m以下的应设2个支点吊装,长度超过6 m时每隔4 m应设一个支点吊装;涂层钢筋质量超过2 t时,支点数量应适当增加。防止钢筋与吊索之间及钢筋与钢筋之间因碰撞、摩擦等造成涂层损坏。

3 涂层钢筋存放期不宜超过6个月,在室外存放期不宜超过2个月。室外存放超过2个月时,应采用不透明材料或其他保护罩覆盖保护,避免日照、盐雾、雨水的影响。保护罩应固定牢固,并保持涂层钢筋周围的空气流通,避免覆盖层下凝结水珠。

4 环氧涂层钢筋堆放时,其与地面之间应架空并设置保护性支承,各捆环氧涂层钢筋之间应用垫木隔开,支承的间距和垫木的间距应小到足以防止成捆钢筋的下垂,成捆堆放层数不得超过5层,无涂层钢筋与环氧涂层钢筋应分别堆放。

9.4.4 环氧涂层钢筋施工应根据具体工艺采取有效措施,使钢筋涂层不受损坏,对在施工中造成的少量涂层损坏,应及时予以

修补。

9.4.5 涂层钢筋的加工应符合下列规定：

1 在对涂层钢筋进行弯曲、切割等加工时，环境温度不宜低于 5°C 。

2 当涂层钢筋进行弯曲加工时，对直径 d 不大于 20 mm 的钢筋，其弯曲直径不应小于 $4d$ ；对直径 d 大于 20 mm 的钢筋，其弯曲直径不应小于 $6d$ 。

3 钢筋弯曲机的芯轴应套以专用套筒，平板表面应铺以毛毡、橡胶等柔软垫层。

4 涂层钢筋应采用砂轮锯或钢筋切断机进行切断加工。切断时，在直接接触涂层钢筋的部位，应加以非金属缓冲垫保护。严禁使用气割或其他高温热力方法切断涂层钢筋。

9.4.6 涂层钢筋的连接与定位应符合下列规定：

1 涂层钢筋的连接方式应符合设计要求，可采用绑扎、焊接或机械连接。

2 采用绑扎连接时，对于直径为 $12\text{ mm} \sim 25\text{ mm}$ 的涂层钢筋，宜采用直径为 1 mm 的包环氧树脂铅丝；对于直径大于 25 mm 的涂层钢筋，宜采用直径为 2.4 mm 的包环氧树脂铅丝。对十字交叉钢筋，宜采用“X”绑扣。

3 采用焊接连接时，焊接前应先将用于焊接部位的涂层剔除干净。焊接后，应将焊接部位周围受影响的涂层剔除干净，然后用修补材料进行修补。

4 采用机械连接时，用于连接的部件也应进行涂层保护。

5 涂层钢筋允许与非涂层钢筋联合使用，但应注意防止两者之间形成电连接造成电腐蚀，且架立筋应采用涂层钢筋进行固定。

6 涂层钢筋铺装就位后，施工人员不应在其上行走，避免施工工具跌落砸坏涂层。

9.4.7 涂层钢筋的修补应符合下列规定：

1 当涂层有孔洞、空隙、裂纹及肉眼可见的其他缺陷时，在生

产和搬运过程中造成的涂层钢筋破损时,在加工过程中受到剪切、锯割或工具切断时或在连接过程中造成的涂层破损或烧伤时,应在切断或破损 2 h 内及时修补。

2 当涂层和钢筋之间存在不黏着现象时,在剔除不黏着的涂层后,影响区域应进行修补。

3 涂层钢筋经过弯曲加工后,在弯曲区段仅有发丝裂缝,涂层与钢筋之间没有可察觉的黏着损失,可不必修补。

4 涂层修补受损涂层面积应不超过每 1 m 长环氧树脂涂层钢筋总表面积 的 0.5% (不包括切割部位)。

5 修补前应除净不黏的涂层和修补处的锈迹。对目视可见的涂层损伤,应采用规定的修补材料进行修补,受损部位的涂层厚度应不少于 220 μm ,与原涂层的搭接宽度应不少于 10 mm。

6 当修补时的环境湿度大于 85% RH 时,可用电热吹风机进行加热除湿处理。

7 修补应采用环氧涂层钢筋生产厂家提供的修补材料。

9.4.8 浇筑混凝土前,应检查环氧涂层钢筋的涂层,尤其是剪切端头处,如有损伤应及时修补,待修补材料固化后,方可浇筑混凝土。

9.4.9 浇筑混凝土时,宜采用附着式振捣器振捣密实。当采用插入式振捣器时,应用塑料或橡胶包裹振捣器,防止振捣混凝土过程中损伤环氧涂层。现场多次浇筑成整体或预制混凝土构件的外露环氧涂层钢筋应采取措施,避免阳光暴晒。

9.5 钢筋阻锈剂

9.5.1 下列情况下宜在混凝土中掺加钢筋阻锈剂:

- 1 因条件所限,混凝土构件的保护层偏薄。
- 2 因条件所限,混凝土氯离子含量超过规定。
- 3 恶劣环境中的重要工程,要求进一步提高混凝土的护筋性。

9.5.2 施工前应按下列规定对钢筋阻锈剂的品质进行确认:

1 钢筋阻锈剂应对混凝土的主要物理、力学性能无不利影响。

2 钢筋阻锈剂应能有效抑制钢筋脱钝,防止钢筋锈蚀。

3 钢筋阻锈剂在混凝土中应能长期保持稳定。

9.5.3 使用钢筋阻锈剂应事先经过试配和适应性试验;钢筋阻锈剂与其他外加剂联合使用时,在搅拌时需首先加入钢筋阻锈剂后再加入其他外加剂,搅拌时间可延长 1 min~3 min,以便钢筋阻锈剂能在混凝土中均匀分布。

9.5.4 在氯盐环境中,掺入型(粉剂)钢筋阻锈剂的用量应为结构使用年限内侵入混凝土中钢筋表面氯盐量(以 NaCl 计)的 1.2 倍。

9.5.5 掺钢筋阻锈剂的混凝土可与环氧涂层钢筋、混凝土表面涂层等联合使用。

9.6 阴极保护

9.6.1 钢筋混凝土结构的阴极保护方案应由设计单位专项设计,被保护混凝土结构的施工以及保护设施的安装、测试、通电、试运行均应在专业技术人员监督下进行,施工人员应经过严格的岗前培训。

9.6.2 采用阴极保护作为防腐蚀强化措施的混凝土结构,不得采用砂浆棒膨胀率大于等于 0.10% 的碱—硅酸盐反应活性骨料。

9.6.3 采用阴极保护作为防腐蚀强化措施的混凝土结构,阴极保护区钢筋应绑扎牢固、连接紧密。在浇筑混凝土前应按设计要求对阴极保护区钢筋电连接性能进行检测,当设计无要求时可采用直流可变极性电阻测量技术,测量值应稳定且电阻小于 $1\ \Omega$ 或电位差小于 1 mV。

9.6.4 监测传感器和所有电缆及其接头应固定和采取保护措施,防止在混凝土浇筑和振捣时遭到破坏和干扰。电缆与钢筋的连接

方法应保证电缆与钢筋之间长期的电阻小于 $0.01\ \Omega$ 。

9.6.5 当阳极安装在混凝土结构中时,绝缘垫片和固定件要具有足够的刚度,确保阳极就位准确、牢固;在浇筑混凝土过程中应对阳极和阴极之间的电阻进行监测,防止在浇筑混凝土和振捣时发生阳极和钢筋(阴极)短路。

9.6.6 混凝土浇筑完毕拆除模板后应对混凝土结构阴极保护区钢筋之间的电连续性、预埋电缆的联结性以及保护区与非保护区的绝缘性进行检测。

9.6.7 电源设备的验收及安装应符合下列规定:

1 阴极保护工程选用的电源设备及器材均应符合现行有关标准及规范的规定,电器设备应有铭牌、质量证明文件等相关资料。

2 阴极保护电源设备到达现场后,应按装箱单检查主体设备和零配件,主体设备和零配件应完整,电源设备的技术文件、图纸、说明书应齐全。

3 应按照技术标准对阴极保护电源设备的交流输入特性、漂移特性、负荷特性、防干扰能力、流经参比电极的电流、防雷击余波性能、过流短路保护和复位、自动报警等指标逐项检查,不合格者不得使用。

4 阴极保护电源设备的安装应按设计和产品说明书进行,应保证电源设备的通风和散热;接线时电源电压应与设备额定电压相符;接线时应根据设计图纸核对交直流电压的关系,输出电源的极性应正确。

5 安装完毕后应将设备积尘清理干净。

9.6.8 阴极保护阳极所敷设的材料种类、数量、分布、连接方式应符合设计要求。阳极安装时应当注意避免阳极系统与任何钢筋、预埋金属构件等发生短路。

9.6.9 在阳极系统表面实施任何覆盖层、表面封闭剂前,应测量阳极与阴极之间的电阻和电位差以确定是否存在短路。

9.6.10 强制电流和牺牲阳极保护装置安装完毕后应及时做好调试工作,强制电流阴极保护调试时,其电源设备给定电压应由小到大,连续可调。

9.6.11 采用强制电流阴极保护时,阴极保护电位应符合设计的相关规定。调试保护电位以极化稳定后的保护电位为准,其极化时间不得少于 3 d。

9.6.12 竣工的阴极保护装置,在交接验收时应提交下列技术文件:

- 1 施工图纸。
- 2 设备制造厂商提供的说明书、试验报告、产品合格证、安装图纸等技术文件。
- 3 安装技术记录。
- 4 调试试验记录、保护电位参数。
- 5 隐蔽工程记录(电缆铺设、阳极装置等)。

9.7 外包钢板保护

9.7.1 外包钢板应满足现行《碳素结构钢和低合金结构钢热轧厚钢板和钢带》GB/T 3274 的质量要求。对于环境作用等级为 D4 级严重腐蚀环境的混凝土结构外包钢板应采用耐候钢板,其质量应满足《焊接结构用耐候钢》GB/T 4172 的要求。

9.7.2 外包钢板施工方法分为预埋外包和黏结外包,在建混凝土结构外包钢板施工可采用预埋外包,已建混凝土结构外包钢板施工可采用黏结外包。

9.7.3 环境作用等级为 D3、D4 级严重腐蚀环境的外包钢板厚度不得小于 6 mm。环境作用等级为 M3 级严重腐蚀环境的外包钢板厚度不得小于 8 mm。

9.7.4 外包钢板焊接所用焊条应符合国家现行标准的规定,焊条的型号应与被焊钢材相适应。

9.7.5 预埋外包施工应符合下列规定:

1 为增加钢板与混凝土的黏结力应适当设置锚固筋,锚固筋的数量及锚固长度应以保证钢板与混凝土黏结牢固为原则。

2 预埋外包钢板的安装精度应符合设计要求。当设计无要求时可按表 9.7.5 的要求进行检验。检验结果不满足要求时,应及时调整或返工。

表 9.7.5 预埋外包钢板安装允许偏差和检验方法

序号	项 目		允许偏差(mm)	检 验 方 法
1	轴线位置	基础	15	尺量每边不少于 2 处
		其他结构	5	
2	表面平整度		5	2 m 靠尺和塞尺不少于 3 处
3	边缘与模板密贴度		2	塞尺检查不少于 5 处

3 浇筑混凝土前应清理钢板与混凝土接触面,保证接触面不得有油污、锈蚀、水渍。

4 拆除模板后应及时对外包钢板表面进行防锈处理,钢板边缘与混凝土交接处应用聚氨酯防水涂料给予封闭。

9.7.6 黏结外包一般采用混凝土浇筑黏结和化学灌浆黏结两种方式,也可采用经设计单位确认的其他黏结方式。

9.7.7 混凝土浇筑黏结外包应符合下列规定:

1 混凝土浇筑黏结外包应采用补偿收缩混凝土浇筑,其强度等级和耐久性不低于本体混凝土。

2 新浇筑混凝土各截面最小尺寸应不小于 10 cm,并内设防裂钢筋网片。为增加外包钢板、新浇筑混凝土、本体混凝土结构间的黏结力,宜采用植筋焊接的方式适当设置锚固筋,锚固筋的数量及锚固长度应以保证各界面黏结牢固为原则。

3 浇筑混凝土前应对本体混凝土表面进行凿毛,并冲洗、吹干后涂刷界面剂。

4 新浇筑混凝土外露面应设置排水坡,并采用聚氨酯防水涂

料封闭。

5 外包钢板外表面应及时进行防锈处理。

9.7.8 化学灌浆黏结外包应符合下列规定：

1 当采用化学灌浆黏结外包时，其浆液组成在工程应用前应进行试配，选择可灌性好、收缩小、黏结强度高、固化时间可调整、耐久性好且无毒的浆液。浆液固化后其与混凝土的黏结强度应高于被黏结混凝土的抗拉强度和抗剪强度。

2 结构面应清理干净，按设计在混凝土黏钢位置测放打磨控制线，待打磨工作完成后补加外包钢位置线。

3 打磨掉黏结位置混凝土表面的浮层直至露出坚实新结构面，剥落、空鼓、蜂窝、腐蚀等劣化现象的部位应予以剔除，裂缝部位应进行封闭处理。黏结位置应保证黏结面平整，四周打磨出小圆角。黏结前黏结面应用钢丝刷刷毛并用压缩空气吹净。

4 钢板黏结面须进行除锈和粗糙处理，用砂轮磨光机打磨出金属光泽，打磨纹路应与钢材受力方向垂直，然后用棉丝沾丙酮擦拭干净。

5 黏结前在混凝土表面涂刷一薄层浆液，然后将外包钢板与黏结面密贴、固定。

6 用环氧胶泥将钢板四周封闭，留出排气孔，并在有利灌浆处贴置灌浆嘴（一般选择位置较低处，间距 2 m ~ 3 m）。

7 待浆嘴粘牢后可进行试压，以 0.2 MPa ~ 0.4 MPa 的压力将浆体压入，当排气孔出浆后将排气孔封闭，压力控制在 0.2 MPa ~ 0.4 MPa，并保压 10 min 以上方可停止灌浆。

8 在浆体固化并强度满足要求前，外包钢板应保持固定状态，不得对其进行锤击、焊接。

9 外包钢板外表面应及时进行防锈处理。

10 砌体工程

10.1 一般规定

- 10.1.1 基础砌体施工前,应按有关规定处理和检查基坑。
- 10.1.2 砌体变形缝、泄水孔和防水层的设置应符合设计规定。
- 10.1.3 基础砌体的砌筑,当基底为岩层或混凝土时,应先将基底表面清洗、湿润,再坐浆砌筑;当基底为土质时,可直接坐浆砌筑。
- 10.1.4 砌体工程的石料应质地坚硬,不易风化,无裂纹。石料表面的污渍应清除。当使用有层理的石料时,层理应与受力方向垂直。
- 10.1.5 冬期或夏期砌体施工除应满足本章规定外,还应满足本规程第 11 章和第 12 章的相关规定。

10.2 石料和混凝土预制块

10.2.1 石料应按照加工程度分为下列几种:

- 1 片石:形状不受限制,但其中部厚度不得小于 15 cm。用作镶面的片石宜表面平整、尺寸较大,边缘厚度不得小于 15 cm。
- 2 块石:形状大致方正,无锋棱凸角,顶面及底面大致平整,厚度不得小于 20 cm,长度及宽度不得小于其厚度。用作镶面的块石外露面应稍加修凿,凹入深度不得大于 2 cm;由外露面向内修凿的进深不得小于 7 cm;但尾部的宽度和厚度不得大于修凿部分。镶面丁石的长度不得小于顺石宽度的 1.5 倍,如图 10.2.1-1 所示。
- 3 料石:厚度不得小于 20 cm,且不小于长度的 $1/3$;宽度不得小于厚度;长度不得小于宽度的 1.5 倍。丁石长度应比相邻顺

石宽度大 15 cm。由外露面向内修凿的进深不得小于 10 cm,且修凿面应与外露面垂直,每 10 cm 应凿切 4 条~5 条纹。当料石镶面的外露面对有细凿边缘时,中部可不修凿,但突出部分不得大于 2 cm,周围细凿边缘的宽度应为 3 cm~5 cm。当外露面对为无细凿边缘的镶面石时,石料正面应为粗凿面,凹入深度不得大于 1.5 cm,如图 10.2.1—2 所示。

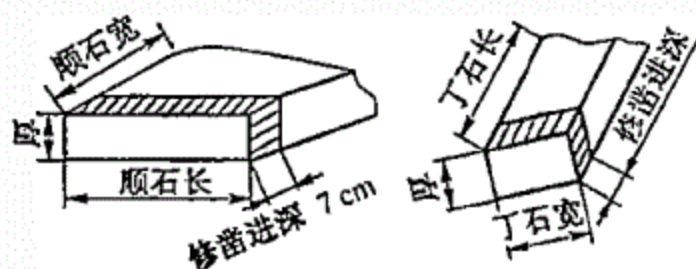


图 10.2.1—1 镶面块石中的丁石及顺石

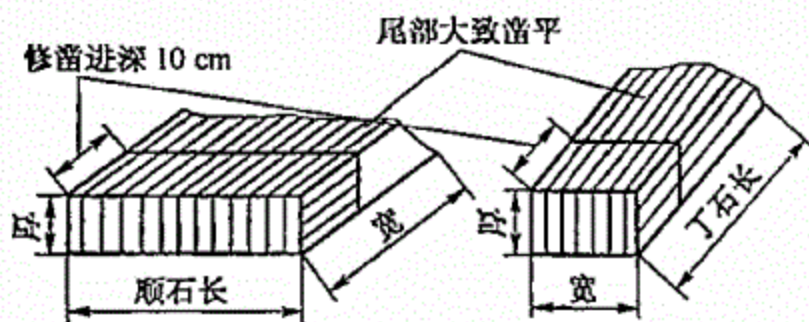


图 10.2.1—2 石料

4 漂石:中部厚度不得小于 15 cm,其中圆蛋形及薄片状者不得使用。

5 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求应符合本规程附录 G 的规定。

10.2.2 石料强度等级应以边长为 70 mm 的立方体试件在浸水饱和状态下的抗压极限强度表示。当采用边长为 100 mm 或 50 mm 的立方体试件时,其抗压极限强度应分别乘以 1.14 或 0.86 的换算系数。石料的强度等级分为 MU120、MU100、MU90、MU80、MU70、MU60、MU50、MU40 和 MU30。

10.2.3 石料的强度等级应符合设计要求。当设计无要求时,应符合下列规定:

1 片石、块石不应小于 MU50,用于护砌、排水沟等相关工程的片石不应小于 MU30。

2 料石(包括拱石)不应小于 MU60。

10.2.4 浸水和潮湿地区主体工程的石料软化系数,不应小于 0.8。

10.2.5 在最冷月平均气温低于 -15°C 或在 $-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 的地区使用的石料,采用直接冻融法进行抗冻性试验时,其抗冻性指标应分别符合冻融循环 25 次或 15 次的要求。当采用硫酸钠浸泡法时,其浸泡试验指标应符合干湿循环不小于 5 次的要求。

10.2.6 当相关工程采用漂石代替片石时,其石质及规格应符合片石规定。

10.2.7 混凝土预制块的强度等级应符合设计要求。

10.3 砂 浆

10.3.1 砌体工程所用砂浆的强度等级应符合设计要求。砂浆强度等级应按边长为 70.7 mm 的立方体试件,在标准条件下养护 28 d 的抗压极限强度表示。砂浆强度等级分为 M20、M15、M10。

10.3.2 砂浆的配合比应通过试验确定。砂浆配合比设计、试件制作、养护及抗压强度取值应符合本规程附录 H 的规定。

10.3.3 砂浆中所用水泥应符合现行《通用硅酸盐水泥》GB 175 的质量要求,细骨料、外加剂、掺合料、水等原材料应符合现行《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 中 C30 以下混凝土的有关质量要求。

10.3.4 砂浆应具有适当的流动性和良好的和易性。砂浆的稠度应以砂浆稠度仪测定的下沉度表示,宜为 10 mm~20 mm。

10.3.5 砂浆应机械拌和,并应随拌随用。当在运输或储存过程中发生离析、泌水现象时,砌筑前应重新拌和。

10.4 浆砌施工

10.4.1 砂浆石砌体的砌筑应符合下列规定:

- 1 砌筑施工宜采用立样架挂线法控制尺寸、位置和平整度。
- 2 砌体应采用挤浆法分层、分段砌筑。分段位置宜设在变形缝或伸缩缝处,两相邻段的砌筑高差不得大于 120 cm,分层水平砌缝应大致水平。各砌块的砌缝应互相错开,砌缝应饱满。
- 3 各砌层应先砌外圈定位砌块,并与里层砌块交错连成一体。定位砌块宜选用表面较平整且尺寸较大的石料,定位砌缝应满铺砂浆,不得镶嵌小石块。
- 4 定位砌块砌完后,应先在圈内底部铺一层砂浆,其厚度应使石料在挤压安砌时能紧密连接,且砌缝砂浆密实、饱满。砌筑腹石时,石料间的砌缝应互相交错、咬搭,砂浆密实。石料不得无砂浆直接接触,也不得干填石料后铺灌砂浆;石料应大小搭配,较大的石料应以大面为底。挤浆时可用小锤敲打石料,将砌缝挤紧,不得留有孔隙。

10.4.2 砂浆片石的砌缝应符合下列规定:

- 1 定位砌块表面砌缝的宽度不得大于 4 cm,砌体表面三块相邻石料相切的内切圆直径不得大于 7 cm,两层间的错缝不得小于 8 cm,每砌筑 120 cm 高度以内应找平一次,如图 10.4.2 所示。

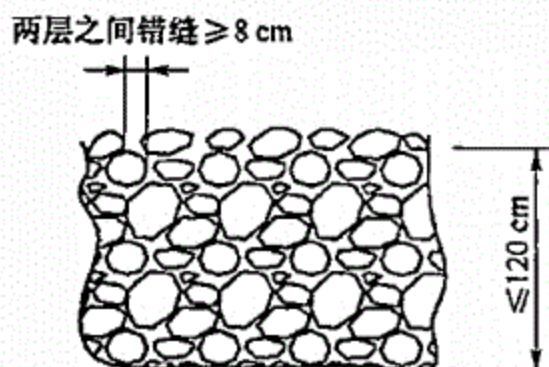


图 10.4.2 镶面片石

- 2 填腹砌筑的砌缝宜小,在较宽的砌缝中可用小石块填塞。

10.4.3 块石砌筑可不按同一厚度分层,但每砌筑 70 cm~120 cm 高度后应找平一次。两层之间的错缝,不得小于 8 cm。如图 10.4.3 所示。

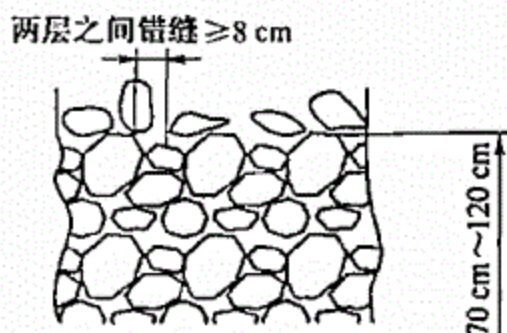


图 10.4.3 砌筑块石

10.4.4 用块石填腹时,水平砌缝宽度不得大于 3 cm,竖向砌缝不得大于 4 cm。填腹石的砌缝应彼此错开。镶面块石宜用一顺一丁或两顺一丁方式砌筑,砌缝宽度不得大于 3 cm。

10.4.5 镶面料石的砌筑应符合下列规定:

- 1 镶面石应水平分层砌筑,每层中相邻石块间的砌缝应竖直。
- 2 镶面石层每层高度宜固定不变,也可向上逐层递减。
- 3 每一层镶面石宜采用一顺一丁的方式砌筑。
- 4 相邻层垂直砌缝相错不得小于 10 cm。在丁石的上层或下层,均不得有垂直砌缝。当错缝确有困难时,丁石顶面或底面一侧的错缝可稍小,但不得小于 4 cm。

- 5 镶面石砌缝的宽度应为 1.5 cm~2.0 cm。

10.4.6 料石砌体应符合下列规定:

- 1 在砌筑镶面石处,先铺一层比砌缝稍厚的砂浆,顺序安砌料石,随即填塞垂直砌缝并捣实。
- 2 每层镶面石均应从砌体的转角部分开始安砌,并应首先安砌角石。
- 3 每层镶面石砌成后再填砌腹石,腹石应与镶面石大致同

高。当用混凝土填腹时,可先砌筑数层镶面石后,再浇筑混凝土。镶面石层数应视填腹混凝土的侧压力而定,以不超过3层为宜。

10.4.7 对于重力式挡土墙等仰斜建筑物宜随砌筑随夯填土方。当有反滤层时,反滤层应与回填土同步施工。

10.4.8 混凝土预制块的砌筑除应符合设计要求外,尚应符合浆砌料石砌筑的规定。

10.4.9 当石料缺乏而又有漂石可利用时,小桥涵的河床铺砌及路基挡护工程的基础和护坡等浆砌工程,可采用漂石代替片石。漂石可不劈开使用,使用前应用水冲净。当用漂石铺砌护坡工程时,宜采用砂浆栽砌法;其他工程可采用砂浆平砌法。漂石宜用挤浆法分行咬口砌筑,不得采用各层单个漂石一砌到顶的砌筑方法。砌筑时应将漂石的大面朝下、漂石间应靠近,但不得直接接触。

10.4.10 砌体表面的勾缝应符合设计要求,并应在砌体砌筑时留出2cm深的空缝。勾缝可采用凹缝或平缝。勾缝所用的砂浆强度,不得小于砌体所用的砂浆强度。当设计不要求勾缝时,应随砌随用灰刀刮平砌缝。

10.4.11 砌体砌筑完毕应及时覆盖,保湿保温。常温下应经常洒水保持湿润,养护期不得少于7d。冬期施工砂浆砌体养护期应以保证砂浆抗压强度达到不低于设计强度值70%所需时间为准。位于水中的砂浆砌体砂浆终凝前不得浸水。

10.4.12 砌体的砂浆未达到设计强度前,不得承受全部设计荷载。

10.4.13 混凝土预制块的预制施工应符合本规程第6章的有关规定。

10.5 干砌施工

10.5.1 砌筑干砌体(干砌片石、干砌混凝土块、干栽砌漂石和笼装石块等)前,应将基底土夯实。干砌时底层、顶面、边缘宜使用较大石块砌筑,石块应相互交错咬接。石块外露面应稍加修整。反

滤层宜采用碎石、卵石、角砾或粗砂等渗水材料,不得采用非渗水性土代替。

10.5.2 河床、渠道或护坡采用栽砌漂石时,除应断面整齐,栽砌紧密,互相错缝和同层(排)漂石大小一致外,尚应符合下列规定:

1 栽砌漂石护坡应选用扁形和易于衔接的漂石,其长轴线应垂直斜坡。

2 漂石应长卧扁立。分层立砌时,接缝应错开。当漂石不易互相衔接时上下邻层应向相反方向略为倾斜,如图 10.5.2—1 所示。



图 10.5.2—1 栽砌漂石纵断面

注: ○-----○ 表示漂石长轴线。

3 漂石铺底可采用横砌(即漂石长径垂直于水流方向)或纵砌(即漂石长径平行于水流方向),如图 10.5.2—2 所示。

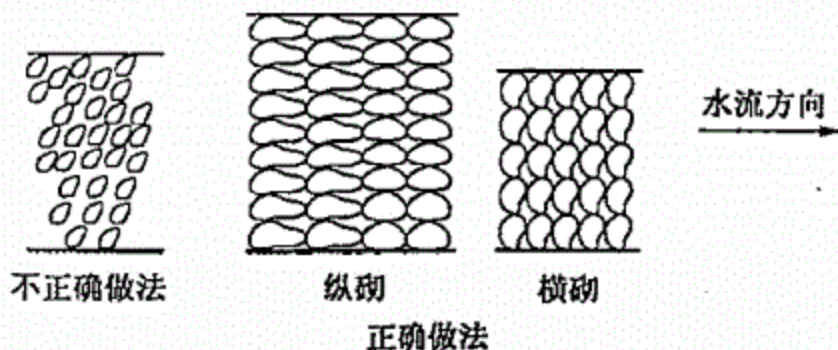


图 10.5.2—2 栽砌漂石平面

4 栽砌时,应由下游砌向上游,同排漂石应互相夹紧,略向下游倾斜,不得砌成逆水砌缝,如图 10.5.2—3 所示。

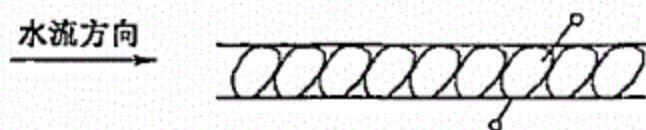


图 10.5.2—3 栽砌漂石纵断面

5 栽砌漂石的底部宜铺设 15 cm 厚的反滤层。护坡背后的反滤层应随砌随夯填。

10.5.3 护岸工程可采用铁丝笼盛装石块。石块、铁丝笼的规格、尺寸、投放顺序和地点应符合设计要求。

10.6 变形缝和泄水孔

10.6.1 变形缝、泄水孔设置位置和尺寸应符合设计要求。

10.6.2 变形缝内塞封应符合设计要求,沿墙的内、外、顶三边应填塞沥青麻筋或浸制沥青木板,塞入深度不应小于 0.2 m。

10.6.3 变形缝应整齐垂直,上下贯通,塞封严密。

10.6.4 当设计无要求时,泄水孔的设置应符合下列规定:

1 泄水孔孔径 100 mm 左右,按上下左右每隔 2 m~3 m 交错设置,墙背易积水处应设置泄水孔,最低一排泄水孔应设于反滤层底部。

2 泄水孔与土体间应铺设长宽各为 300 mm、厚 200 mm 的卵石或碎石作反滤层。

3 泄水孔应在砌筑时预留,泄水孔可用 PVC 管材预埋,其向外排水坡度不应小于 4%,进水口应用透水土工布包裹,防止堵塞。

4 泄水孔施工完毕应及时清理孔内杂物,保持泄水通畅。

11 冬 期 施 工

11.1 一 般 规 定

11.1.1 铁路混凝土工程应在充分优化施工组织的基础上,科学确定冬期施工内容,严格控制冬期施工范围。凡通过优化施工组织可以满足工期要求的,不应安排冬期施工。

11.1.2 当室外日平均气温连续 3 d 低于 5°C 或最低气温低于 0°C 时,混凝土(含砌体)施工应按冬期施工办理。

11.1.3 冬期施工前,施工单位应收集当地气象台(站)历年气象资料,建立观测制度,及时掌握气象变化情况,必要时设置工地气象观测点,落实有关工程材料、防寒物资、能源和机具设备,并对有关人员进行技术交底和培训。

11.1.4 冬期施工前,施工单位应编制详细的冬期施工方案及技术措施,必要时进行施工工艺试验验证。监理单位应在施工前审查施工单位冬期施工方案和施工工艺,严格进行冬期施工检查和验收检验。冬期施工方案应报建设单位批准。

11.1.5 冬期施工期间,混凝土强度达到设计强度的 60% 之前不得受冻;浸水冻融条件下的混凝土强度达到设计强度的 75% 之前不得受冻;砌体砂浆强度达到设计强度的 70% 之前不得受冻。

11.1.6 冬期施工应根据工程类别、气象资料、材料来源和工期等要求,通过热工计算及经济分析,选择下列施工方法:

1 在养护期间不需对混凝土加热的蓄热法、掺外加剂法和综合法。

2 在养护期间需利用外部热源对混凝土加热的暖棚法、蒸汽加热法、电热法和热综合法。

11.1.7 混凝土工程冬期施工期间,应采取有效的防火、防滑等安全保证措施。

11.1.8 混凝土工程冬期施工除应符合本章规定外,尚应满足本规程的其他相关规定。

11.2 钢筋施工

11.2.1 钢筋冷弯温度不宜低于 -20°C ,当温度低于 -20°C 时,不得对 HRB400、HRB500 钢筋进行冷弯操作。

11.2.2 钢筋的闪光对焊宜在室内进行,焊接时的环境气温不宜低于 0°C 。钢筋应提前运入车间,焊毕后的钢筋应待完全冷却后,方能运往室外。

11.2.3 冬期钢筋的闪光对焊宜采用“预热—闪光焊”或“闪光—预热—闪光焊”工艺。

11.2.4 钢筋的电弧焊接应有防雪、防风及保温措施,并应选用韧性较好的焊条。焊接后的接头严禁立即接触冰雪。

11.2.5 钢筋的电弧焊接宜采取分层控温施焊。热轧钢筋焊接的层间温度宜控制在 $150^{\circ}\text{C}\sim 350^{\circ}\text{C}$ 。应根据钢筋牌号、直径、接头形式和焊接位置选择焊条和焊接电流。焊接时应采取防止过热、烧伤、咬肉和裂缝等的有效措施。

11.3 混凝土施工

11.3.1 冬期混凝土配合比应考虑施工期间环境气温、原材料、养护方法及混凝土性能要求等因素,必要时对配合比进行试验调整。混凝土宜选用较低的水胶比和较小的坍落度,并严格控制泌水和坍落度损失,保证低温下的早期强度满足要求。

11.3.2 冬期混凝土施工应定期检测水、外加剂及骨料加入搅拌机时的温度和搅拌机棚的环境温度,以及混凝土拌和、浇筑、养护时的环境温度,每一工作班至少检测 4 次。

11.3.3 搅拌混凝土前,应先经过热工计算,计算方法见本规程附

录 J, 并经试拌确定水和骨料需要预热的最高温度, 保证混凝土的出机温度不低于 10°C , 入模温度不低于 5°C 。

11.3.4 混凝土原材料预热应符合下列规定:

1 水泥、矿物掺合料、外加剂等宜运入暖棚进行自然预热, 且不得直接加热。

2 当需要对水和骨料进行加热处理时, 骨料的加热温度不宜高于 40°C , 水的加热温度不宜高于 60°C 。当骨料不加热时, 水可加热至 80°C , 但搅拌时应先投入骨料和已加热的水, 拌匀后再投入水泥。

3 当拌制的混凝土出现坍落度偏小或发生速凝现象时, 应重新调整拌和料的加热温度。

11.3.5 骨料中不得混有冰雪、冻块及易被冻裂的矿物质。

11.3.6 搅拌设备宜安装在气温不低于 10°C 的厂房或暖棚内, 并在离地面 500 mm 高度处设置检测温度点, 每昼夜测温不应少于 4 次。搅拌混凝土前及停止搅拌后, 应用热水冲洗搅拌机鼓筒。

11.3.7 混凝土搅拌时间宜较常温施工延长 50% 左右。

11.3.8 混凝土的运输容器应有保温设施或加热装置。运输时间应缩短, 并尽量减少中间倒运环节。

11.3.9 混凝土浇筑应符合下列规定:

1 混凝土浇筑前, 应清除模板及钢筋上的冰雪和污垢。

2 混凝土浇筑应采用分层连续的方法浇筑, 分层厚度不得小于 20 cm 。

3 采用加热养护的整体结构, 当混凝土的养护温度高于 40°C 时, 应预先确定混凝土的浇筑顺序和施工缝的位置。

11.3.10 混凝土施工缝的处理除应符合本规程第 6.7.4、6.7.5 条的规定外, 尚应符合下列要求:

1 当旧混凝土面和外露钢筋(预埋件)暴露在冷空气中时, 应对距离新、旧混凝土施工缝 1.5 m 范围内的旧混凝土和长度在 1.0 m 范围内的外露钢筋(预埋件)进行防寒保温。

2 当混凝土不需加热养护,且在规定的养护期内不致冻结时,对于非冻胀性地基或旧混凝土面,可直接浇筑混凝土。

3 当混凝土需加热养护时,新浇筑混凝土与邻接的已硬化混凝土或岩土介质间的温差不得大于 15°C ;与混凝土接触的地基面的温度不得低于 2°C 。

11.3.11 混凝土开始养护时的温度应按施工方案通过热工计算确定,方法见本规程附录 J,但不得低于 5°C ,细薄截面结构不宜低于 10°C 。

11.3.12 当室外最低气温高于 -15°C 时,地下工程或表面系数(冷却面积和体积的比值)不大于 15 m^{-1} 的工程应优先采用蓄热法养护,并应符合下列规定:

1 所采用的保温措施应使混凝土的温度下降到 0°C 以前达到本规程第 11.1.5 条规定的强度。

2 混凝土浇筑成型后,应立即防寒保温。保温材料应按施工方案设置,并保持干燥。应对结构的边棱隅角加强覆盖保温,保温层厚度应增大 2 倍~3 倍,迎风面应采取防风措施。

11.3.13 当用蓄热法养护不能达到要求时,可采用外部热源加热法养护,养护温度应通过试验确定,并应符合下列规定:

1 整体浇筑的结构,表面系数等于或大于 6 m^{-1} ,升温速度不得大于 $15^{\circ}\text{C}/\text{h}$;浇筑表面系数小于 6 m^{-1} 的结构,升温速度不得大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

2 整体浇筑的结构,恒温养护结束后,表面系数大于等于 6 m^{-1} 的结构,降温速度不得大于 $10^{\circ}\text{C}/\text{h}$;表面系数小于 6 m^{-1} 的结构,降温速度不得大于 $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。

3 用蒸汽加热法养护的混凝土,当采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥时,养护温度不得高于 55°C 。

4 采用电热法养护的混凝土,当结构的表面系数小于 15 m^{-1} 时,养护温度不宜高于 40°C ;当结构的表面系数大于 15 m^{-1} 时,养护温度不宜高于 35°C 。

11.3.14 当采用电热法养护混凝土时,应符合下列规定:

- 1 所有混凝土外露面覆盖后,方可通电加热。
- 2 必须采用交流电源,电极的布置应保证混凝土的温度均匀。当达到设计强度的 50% 时,应停止通电加热。
- 3 工作电压宜采用 50 V~110 V。当每立方米混凝土内钢筋用量不大于 50 kg 时,工作电压也可采用 120 V~220 V,严禁采用工作电压大于 380 V 的电源。
- 4 养护过程中应观察混凝土表面的湿度。当表面开始干燥时,应暂停通电,并以温水湿润混凝土表面。
- 5 掺用减水剂的混凝土,应经试验确认电热法养护对其强度无影响后,方可采用。

11.3.15 当采用暖棚法养护混凝土时,棚内底部温度不得低于 5℃,且混凝土表面应保持湿润;采用燃煤加热时,应将烟气排出棚外。

11.3.16 拆除模板和保温层应符合下列规定:

- 1 当混凝土达到本规程第 6.10.1 条的强度要求,并符合本规程第 11.1.5 条的抗冻强度规定后,方可拆除模板。
- 2 混凝土与环境的温差不得大于 15℃。当温差在 10℃ 以上但低于 15℃ 时,拆除模板后的混凝土表面宜采取临时覆盖措施。
- 3 采用外部热源加热养护的混凝土,当养护完毕后的环境温度仍在 0℃ 以下时,应待混凝土冷却至 5℃ 以下且混凝土与环境之间的温差不大于 15℃ 后,方可拆除模板。

11.3.17 混凝土养护温度的检测频次,应符合下列规定:

- 1 当采用蓄热法养护时,在养护期间至少每 4 h 检测一次。
- 2 当采用蒸汽、电热法或暖棚进行养护时,在升、降温期间每 1 h 检测一次,在恒温期间每 2 h 检测一次。
- 3 室外气温及施工环境温度应每昼夜定时、定点观测不少于 4 次。

11.3.18 混凝土养护温度的检测方法应符合下列规定:

- 1 在结构隅角、突出、迎风和细薄部位应均匀留置测温孔,孔

深可根据养护方法及结构尺寸确定。测温孔应编号并绘图。

2 当采用蓄热法养护时,测温孔应设在易于散热的部位;当采用外部热源加热养护时,测温孔应在离热源不同的位置分别设置;大体积结构的测温孔应在表面及内部分别设置。

3 检测混凝土温度时,测温计不应受外界气温的影响,并应在测温孔内至少留置 3 min。根据工地条件,可采用热电偶、热敏电阻等预埋式温度计检测混凝土的温度。

11.3.19 冬期施工的混凝土除应按规定制作标准混凝土试件外,尚应根据养护、拆模和承受荷载的需要,增加与结构同条件养护的施工试件不少于 2 组。此种试件应在解冻后方可试压。

11.4 砌体施工

11.4.1 砌体冬期施工常用的施工方法,可按养护期间是否加热分为以下两类:

1 在养护期间不加热的蓄热法和负温砂浆法。

2 在养护期间需要利用外部热源加热的暖棚法。

11.4.2 冬期施工砂浆的配制及砌筑应符合下列规定:

1 砂浆宜在暖棚内机械拌制,搅拌时间不宜小于 2 min。砂浆稠度宜较常温适当增大,不得二次加水调整砂浆和易性。

2 根据施工方法、环境气温,应通过热工计算确定砂浆砌筑温度,并不得低于 5℃。

3 根据热工计算需将砂和水加热时,加热温度应符合本规程第 11.3.4 条的规定。

4 砌筑所用混凝土预制块不得遭水浸和受冻后表面结冰、污染,砌体所用的石料和砂应清除冰雪冻块,并宜根据工程进展将其提前运入棚内。冬期砌筑时不宜对混凝土预制块浇水。石料和混凝土预制块表面与砂浆的温差不宜大于 20℃。

5 砂浆应采用保温容器运送,中途不宜倒运。砂浆应随拌随用,每次拌量宜在 0.5 h 内用完。不得使用已冻结的砂浆。

12 夏期施工

12.1 一般规定

12.1.1 当室外日平均气温高于 30℃ 时,混凝土工程的施工应按夏期高温施工办理。

12.1.2 夏期施工应考虑原材料温度、环境温度、混凝土运输方式与时间对混凝土初凝时间、坍落度损失等性能指标的影响。必要时应根据现场环境条件进行配合比调整,并进行施工验证。

12.1.3 小雨、中雨天气不宜进行混凝土露天浇筑,且不应开始大面积作业面的混凝土露天浇筑;大雨、暴雨天气不应进行混凝土露天浇筑。有抗冲耐磨和有抹面要求的混凝土不得在雨天施工。

12.1.4 当需雨天施工时,应采取确保混凝土质量的措施。电气装置及机械设备应有防雨设施。对混凝土搅拌、运输设备和浇筑作业面应采取防雨措施,并应加强施工机械检查维修及接地接零检测工作。

12.1.5 砂石料仓应排水畅通,运输工具应有防雨及防滑措施。

12.1.6 高温与雨期混凝土工程施工除符合本章规定外,尚应满足本规程的其他相关规定。

12.2 高温施工

12.2.1 混凝土夏期高温施工中,原材料应符合下列规定:

1 应对水泥、砂、石的储存仓、料堆等进行遮阳防晒处理,或在砂石料堆上喷水降温,以便降低原材料进入搅拌机的温度。

2 可采用冷却装置冷却拌和水,并对水管及水箱加遮阳和隔热设施,也可在拌和水中加碎冰冷却,碎冰应作为拌和水进行质量

控制和计量。

12.2.2 混凝土施工过程应符合下列规定:

1 混凝土配合比设计中应考虑坍落度损失,宜选用缓凝型减水剂,并根据气温适当增加坍落度。

2 拌和站应尽可能采取遮阳、降温措施,水泥进入搅拌机的温度不宜大于 40°C 。在混凝土搅拌均匀的前提下,尽量缩短搅拌时间。

3 宜采用混凝土搅拌运输车运输混凝土,混凝土运输容器应设防晒设施,尽量缩短运输时间。运输混凝土过程中宜慢速搅拌混凝土,不得在运输过程加水搅拌。

4 采用泵送混凝土时,应将输送管遮盖、洒水、垫高或涂成白色。

5 混凝土从搅拌到入模的时间及浇筑时间应尽量缩短,并尽快开始养护。

6 宜在夜间或气温较低的时段搅拌和浇筑混凝土,保证混凝土的入模温度满足设计要求。当设计无要求时,混凝土的入模温度不宜超过 30°C 。混凝土入模前模板和钢筋的温度以及附近的局部气温不宜超过 40°C 。

7 浇筑场地宜遮阳,以降低模板、钢筋的温度;也可在模板、钢筋和地基上喷水以降温和,但在浇筑时不能有附着水。

8 混凝土浇筑完毕后的表面平整或抹面应尽快完成,立即覆盖并喷水保湿。

12.2.3 混凝土养护应符合下列规定:

1 混凝土浇筑完后,表面应立即覆盖清洁的塑料膜,初凝后撤去塑料膜,用浸水后的保湿材料覆盖,再加盖一层塑料膜,保持潮湿状态最少 14 d。也可采取在混凝土表面喷雾降温、湿润空气等养护措施。当条件许可时,在模板底部采取预先冷却等技术措施。保湿养护期间,应采取遮阳和挡风措施,以控制温度和干热风的影响。

2 混凝土拆模后的洒水养护宜用自动喷水系统和喷雾器。保湿养护应不间断,不得形成干湿循环,养护时间应符合本规程表 6.9.7 的规定。

12.2.4 砌体工程夏期高温施工应符合下列规定:

1 砂浆宜选用水化热较低的水泥。当掺用缓凝型减水剂时,可根据气温适当增加稠度。

2 砂浆运输容器应设防晒设施,运输时间应缩短。砂浆应随拌随用。

3 砌体砌筑前基底应喷水润湿。

4 砌体砌筑宜避开气温较高的时段。气温较高时,砌块应采取洒水降温措施。

5 砌体砌筑完毕后,应及时覆盖保湿养护,养护时间不少于 7 d。保湿养护期间,应适当增加洒水次数。

12.3 雨期施工

12.3.1 雨期混凝土工程施工中,混凝土浇筑应符合下列规定:

1 雨期施工期间,对水泥和掺合料应采取防水和防潮措施,并增加粗、细骨料含水率测定次数,及时调整施工配合比。

2 应采取防止模板或基坑内积水的措施,出现积水时,应排水后再浇筑混凝土。浇筑前应重新检查模板隔离剂,若有损失应重新涂刷。

3 在雨天进行钢筋焊接时,应采取挡雨等安全措施。

4 在雨天进行混凝土浇筑时应加强仓内排水和防止周围雨水流入仓内;做好新浇筑混凝土面尤其是接头部位的保护工作。

5 在浇筑过程中,遇大雨、暴雨,应立即停止进料,已入仓混凝土应振捣密实后遮盖。雨后必须先排除仓内积水,对受雨水冲刷的部位应立即处理,如混凝土还能重塑,应加铺接缝混凝土后继续浇筑,否则应在结构合理部位留置施工缝。

12.3.2 雨期混凝土浇筑结束后,应检查地基面的沉降,并应对模

板及支架进行检查,及时采取覆盖塑料薄膜等防雨措施。

12.3.3 雨期台风来临前,应对尚未浇筑混凝土的模板及支架采取临时加固措施;台风结束后,应检查模板及支架,已验收合格的模板及支架应重新办理验收手续。

12.3.4 雨期砌体工程施工应符合下列规定:

1 应加强原材料的存放和保护,水泥和干混料不得久存受潮。

2 当砌体材料表面存在明水时,不得用于砌筑。

3 砌筑砂浆的拌和量不宜过多,砂浆的稠度应适当增加,拌好的砂浆应防止雨淋。

4 对于露天作业的砌体工程,遇中雨不宜施工,遇大雨时应立即停工;对于施工过程中突然降雨的情况,应对已砌筑砌体及时进行覆盖;雨后继续施工时,应检查已完工砌体的垂直度和标高。

5 应加强雨期施工期间的砌体稳定性检查。

6 应防止基坑灌水,防止雨水冲刷砂浆和砌体,暂停施工时应覆盖砌体上表面,每天砌筑高度不宜超过 1.2 m。

13 大风干旱地区施工

13.1 一般规定

13.1.1 混凝土工程施工期间应依据气象台发布的气象资料,确定月平均风速、瞬时风速和干旱指数(年蒸发量/年降雨量)。当地月最大平均风速为6级以上或瞬时风速8级以上、干旱指数大于7时,应按大风干旱地区施工办理。

13.1.2 在混凝土施工前,应针对不同混凝土结构制定专项施工方案,尽量缩短混凝土运输、浇筑和振捣等工序的时间,并采取必要的技术措施降低水分散失速率。

13.1.3 原材料存储筒仓、库房和拌和站等设施应进行防风加固处理。模板工程应充分考虑大风对变形和安全的不利影响,必要时应进行特殊加固。防风棚、保湿养护覆盖物等应采取防风固定措施。

13.1.4 大风干旱地区混凝土工程应提前开展工艺性试验,以验证施工组织方案、混凝土配合比、防风加固措施和降低水分散失速率措施的适用性和有效性。

13.1.5 大风干旱地区混凝土工程施工除应符合本章规定外,尚应满足本规程的其他相关规定。

13.2 混凝土施工

13.2.1 在进行大风干旱地区混凝土工程用配合比设计时,应充分考虑环境因素对混凝土凝结时间、坍落度损失等性能指标的影响,矿物掺合料宜选择优质粉煤灰,在各项指标满足设计和标准要求的前提下可适当提高混凝土的含气量。

13.2.2 在进行暴露面较大的混凝土结构施工时,混凝土的振捣、抹面应在防风棚内进行,防风棚的空间应满足施工操作要求。

13.2.3 在混凝土浇筑 1 h 前应洒水充分润湿基面,在混凝土入模前应进行二次喷雾湿润,但不得有积水。

13.2.4 现场浇筑的混凝土可根据需要采用搭设作业棚、涂刷养护剂、掺用内养护材料等混凝土防裂措施。

13.2.5 为避免现浇混凝土塑性开裂,应边抹面边覆盖,并在混凝土初凝前进行二次抹面。

13.2.6 根据工程实际,可采取带模养护的方式以减少混凝土早期收缩裂纹,带模养护时间不得少于 3 d。

13.2.7 混凝土拆模后,应立即进行保湿养护,尽量减少混凝土暴露时间,宜采取喷涂养护剂等节水养护方式。

13.2.8 当采取养护剂养护时,养护剂的有效保水率应不小于 85%,其他性能应满足《水泥混凝土养护剂》JC 901 的要求。养护剂成膜前不得淋雨、水,成膜后应及时覆盖土工布等,防止破坏表面膜的完整性。

13.3 砌体施工

13.3.1 砂浆配合比应进行相应调整。宜稍增加拌和水用量,砂浆运输容器应进行简单覆盖,并尽量做到随拌随用,避免砂浆在大风干旱环境下快速失水。

13.3.2 砌体施工应设置防风设施,砌体结构单次施工高度不宜超过 1.2 m。施工结束后,应对新施工的部位进行适当支护。施工过程中,若突遇强风,应对施工部位进行紧急支护。

13.3.3 砌体施工完成后,应对新施工完毕的部位进行覆盖或遮挡,避免砂浆在大风干燥环境下失水过快。砂浆初凝之后,应采取洒水并覆盖养护 7 d。

14 环境保护和水土保持

14.0.1 混凝土工程施工的环境保护应严格控制污染源,保护生态环境,并符合国家、行业和铁路总公司相关标准的规定。

14.0.2 混凝土工程施工组织设计应按设计要求,结合工程实际,对在施工中可能造成的环境破坏和水土流失等不利影响进行预测,制定综合防治措施。施工完成后,应及时清理施工垃圾,做到文明施工。

14.0.3 混凝土工程施工应积极推广使用绿色施工技术,加强施工管理,最大限度地节约资源,减少对环境负面影响,实现节能、节材、节水、节地和环境保护的目的。

14.0.4 混凝土工程施工中,污染物排放应符合国家和地方现行的排放标准要求。清洗机械设备的废水、废油以及生活污水不得直接排放于溪流、湖泊或其他水域中,也不得排放于饮用水源附近的土地上,以防止污染水质和土地。

14.0.5 混凝土拌和站应设置集水池、沉淀池和污水过滤池,排放水应经过无害化处理。车辆在拌和站内应定点停放,运输做到不洒、不漏,临近市区作业,出入车辆应清洗车轮。

14.0.6 施工机械运输组装场地、材料加工场、混凝土拌和站等临时生产设施宜远离居民区并处于下风区。如无法满足时,应采取适当的防尘、防噪声等保护措施。

14.0.7 在城镇居民区施工时,施工场地和运输线路应尽量避免开医院、学校等噪声和振动敏感区,由机械设备和工艺操作所产生的噪声不应超过国家规定的建筑施工临界噪声排放标准,否则应采取消声或隔音措施。

14.0.8 施工过程中,应采取防尘、降尘措施。施工现场的主要道

路,宜进行硬化处理或采取其他扬尘控制措施。可能造成扬尘的露天堆储材料,宜采取扬尘控制措施。

14.0.9 施工过程中产生的建筑垃圾,应充分回收利用;对不可利用的建筑垃圾,应集中收集,并应及时清运至指定地点。

14.0.10 大型临时工程应科学规划,节约用地,减少对林地、基本农田的占用。

14.0.11 施工生产和生活用地使用结束后应按要求做好复垦工作。

附录 A 钢筋下料计算方法

A. 0.1 钢筋下料前应核对钢筋的牌号、规格、尺寸和数量,计算下料长度,并分别编制钢筋配料单。钢筋配料单的内容见表 A. 0.1。

表 A. 0.1 钢筋配料单

工程名称:

序号	钢筋 编号	钢筋 牌号	规格 (mm)	钢筋简图(mm)	下料长度 (mm)	单根重 (kg)	根数	总重 (kg)
1								
2								
3								
4								

A. 0.2 钢筋下料长度计算应考虑钢筋弯钩增加长度以及弯曲调整值。箍筋及带弯钩钢筋的图纸标注尺寸为外皮(外包)尺寸,弯起钢筋的图纸标注尺寸为相邻直线段交点间的直线距离。如图 A. 0.2 所示。

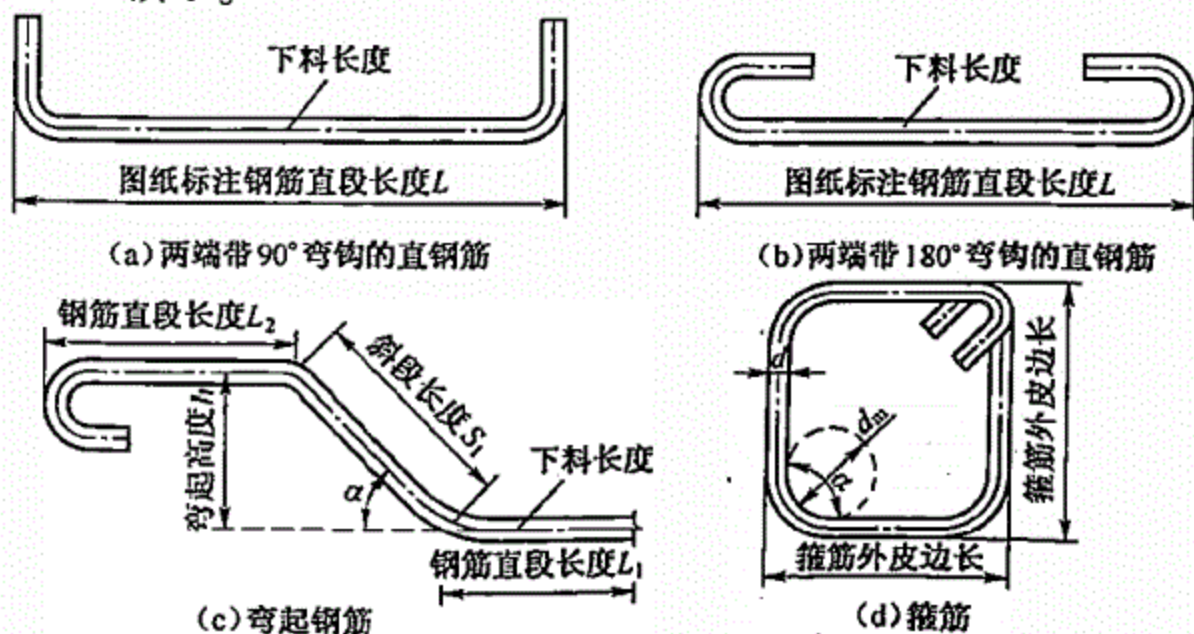


图 A. 0.2 钢筋图纸标准尺寸示意图

A.0.3 钢筋下料长度应按钢筋弯曲后的中心线长度计算。下料长度计算公式如下：

1 带弯钩的直钢筋下料长度=钢筋直段长度(L)+弯钩增加长度。

2 弯起钢筋下料长度=直段长度(L)+斜段长度(S)-弯曲调整值+弯钩增加长度。

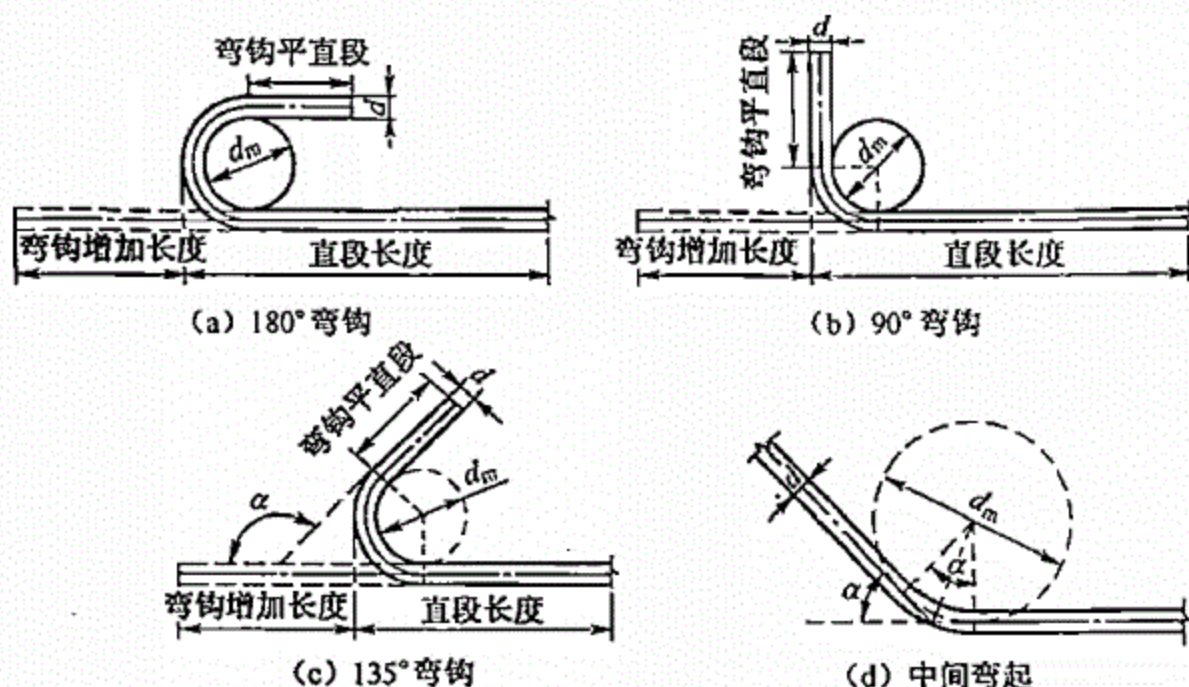


图 A.0.3 弯钩增加长度及弯曲调整值计算示意图

3 箍筋下料长度=箍筋外周长-弯曲调整值+弯钩增加长度- $3d$ 。

4 弯钩增加长度及弯曲调整值如图 A.0.3 所示,并应按下列公式计算确定:

$$\text{一个弯钩增加长度} = \text{弯钩平直段长度} + (d_m + d) \times \pi \times \alpha / 360 - (d_m / 2 + d) \quad (\text{A.0.3—1})$$

$$\text{一个弯曲调整值} = (d_m + d) \times \tan(\alpha / 2) - (d_m + d) \times \pi \times \alpha / 360 \quad (\text{A.0.3—2})$$

$$\text{斜段长度 } S = h / \sin \alpha \quad (\text{A.0.3—3})$$

式中 d ——钢筋直径;

d_m ——钢筋弯曲直径；

α ——钢筋弯起角度,单位为度。钢筋两端一般采用 180° 、 90° 或 135° 弯钩。中间弯起一般不大于 90° ,常采用 30° 、 45° 或 60° 。

5 钢筋需要搭接时,还应增加钢筋搭接长度。

附录 B 千斤顶校准方法

B.0.1 校准试验的设备应符合下列规定:

1 校准时千斤顶、压力表、张拉油泵必须配套,压力表应在校准有效期内。

2 校准试验用反力架应有足够的强度和刚度,在试验荷载下的变形不得超过 1.5 mm。

B.0.2 千斤顶空载启动,活塞伸出额定行程的 60% 后,按照图 B.0.2 所示安装好千斤顶、测力传感器(或测力环),并安装好压力表及张拉油泵后,试压 3 次。每次加压至最大使用压力的 110%,并持荷 5 min,其压力下降不超过 3% 时,即可进行正式校准。

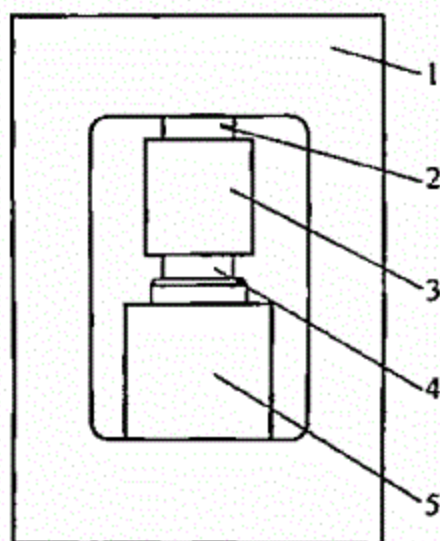


图 B.0.2 千斤顶校准试验布置图

1—反力架;2、4—钢垫板;3—测力传感器;5—千斤顶

B.0.3 千斤顶的校准方法:

1 计算分级加载的级差。将最大使用压力的 110% 分成 10 级,并取整。

2 启动油泵,缓慢地分级加载,记录相应的测力传感器读数。

3 加载至最大试验压力后,缓慢卸载至 0 压力,千斤顶活塞回缩至测力传感器上的钢垫板与反力架脱离,转动千斤顶 120° ,重复步骤 2。

4 按照步骤 2、3 加载三次,取其平均值,采用最小二乘法回归计算千斤顶校准方程和相关系数。

B.0.4 试验结果合格的判定:

1 与校准方程对应的相关系数不小于 0.999。

2 千斤顶的校正系数为 $1 \sim 1.05$ 。

附录 C 后张法预应力筋实测伸长值修正和理论伸长值精确计算

C.0.1 后张法预应力筋伸长值应从张拉至初拉力时开始测量,预应力筋实际伸长值 ΔL_A 可按式(C.0.1)计算:

$$\Delta L_A = \Delta L_1 + \Delta L_2 - \Delta L_3 - \Delta L_4 \quad (\text{C.0.1})$$

式中 ΔL_1 ——从初拉力至最大张拉力间千斤顶活塞的实测伸长值;

ΔL_2 ——初拉力以下的推算伸长值,可采用相邻级的伸长值;

ΔL_3 ——两端工具锚夹片的实测回缩值;

ΔL_4 ——其他需要扣除的压缩值。

C.0.2 预应力筋理论伸长值应根据预应力筋受力状态分段计算。预应力筋理论伸长值 ΔL_B 可按式(C.0.2)精确计算:

$$\Delta L_B = \Delta L_5 + \Delta L_6 \quad (\text{C.0.2})$$

式中 ΔL_5 ——工作锚之间的预应力筋理论伸长值;

ΔL_6 ——工作锚至工具锚的预应力筋理论伸长值。

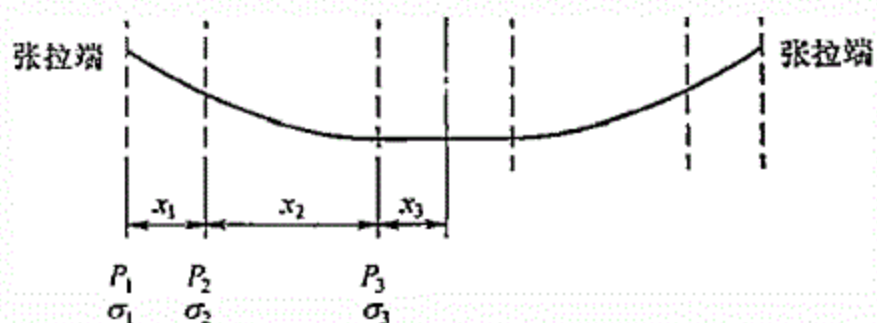
C.0.3 工作锚之间的预应力筋理论伸长值的计算应采用实测预应力筋弹性模量、管道摩阻系数。对于由多个直线段和曲线段组成的预应力筋,应分段计算后累加,分段方法如图 C.0.3 所示。

任意直线段或曲线段的预应力筋理论伸长值 ΔL_5^i 可按式(C.0.3—1)计算:

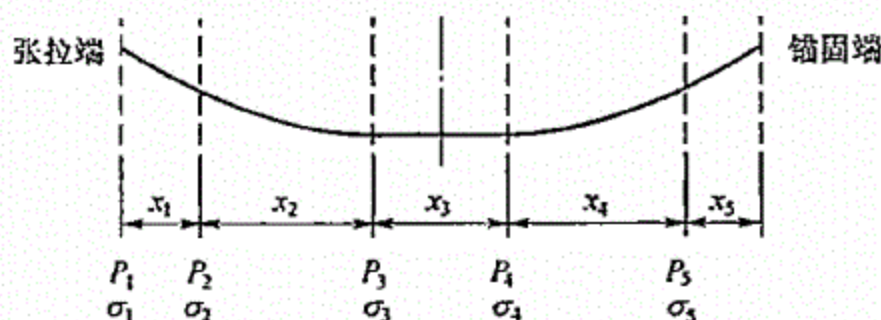
$$\Delta L_5^i = \frac{\bar{P}_i x_i}{A_y E_y} \quad (\text{C.0.3—1})$$

式中 $\bar{P}_i$ ——预应力筋的平均张拉力;

x_i ——预应力筋的计算长度(m);



(a) 两端对称张拉



(b) 单端张拉

图 C. 0. 3 预应力筋分段计算示意图

注: 1 预应力筋的计算长度宜取实际长度, 不宜取投影长度。

2 P_1 、 σ_1 分别为锚下控制力和锚下控制应力。

A_y ——预应力筋的截面面积;

E_y ——预应力筋实测弹性模量。

预应力筋的平均张拉力 $\bar{P}_i$ 可按式 (C. 0. 3—2) 计算:

$$\bar{P}_i = \frac{P_i}{kx_i + \mu\theta_i} [1 - e^{-(kx_i + \mu\theta_i)}] \quad (\text{C. 0. 3—2})$$

式中 P_i ——预应力筋的张拉力;

x_i ——预应力筋的计算长度 (m);

θ_i ——预应力筋的曲线管道切线夹角 (rad), 对于直线段 $\theta_i = 0$;

k ——实测的管道每米局部偏差对摩擦的影响系数;

μ ——实测的预应力筋与管道壁间的摩擦系数。

预应力筋理论伸长值 ΔL_s^i 还可按式(C. 0. 3—3)计算:

$$\Delta L_s^i = \frac{\sigma_i x_i}{E_y (kx_i + \mu \theta_i)} [1 - e^{-(kx_i + \mu \theta_i)}] \quad (\text{C. 0. 3—3})$$

式中 σ_i ——预应力筋的应力;

其余符号同前。

C. 0. 4 计算工作锚至工具锚的预应力筋理论伸长值 ΔL_6 时应采用实测预应力筋弹性模量,并分别计算预应力筋的两端。计算公式为:

$$\Delta L_6 = \frac{FL_0}{E_y A_y} \quad (\text{C. 0. 4})$$

式中 F ——预应力筋的锚外张拉力;

L_0 ——张拉前工作锚至工具锚的预应力筋实测长度;

其余符号同前。

附录 D 大体积混凝土浇筑体施工阶段温度 应力与收缩应力的计算方法

D.1 混凝土的绝热温升

D.1.1 水泥的水化热可按下式计算:

$$Q_t = \frac{1}{n+t} Q_0 t \quad (\text{D.1.1—1})$$

式中 Q_t ——在龄期 t 天时的累积水化热(kJ/kg);

Q_0 ——水泥水化热总量(kJ/kg);

t ——龄期(d);

n ——常数,随水泥品种、比表面积等因素不同而异。为便于计算可将上式改写为:

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{n}{Q_0} + \frac{t}{Q_0} \quad (\text{D.1.1—2})$$

根据水泥水化热“直接法”试验测试结果,以龄期 t 为横坐标, t/Q_t 为纵坐标画图,可得到一条直线,此直线的斜率为 $1/Q_0$,即可求出水泥水化热总量 Q_0 。

其值亦可根据下式进行计算:

$$Q_0 = \frac{4}{7/Q_7 - 3/Q_3} \quad (\text{D.1.1—3})$$

式中 Q_7, Q_3 ——龄期分别为 7 d、3 d 的累积水泥水化热(kJ/kg)。

D.1.2 胶凝材料水化热总量

通常 Q 值是在水泥、掺合料、外加剂用量确定后根据实际配合比通过试验得出。当无试验数据时,可考虑根据下式进行计算:

$$Q = k Q_0 \quad (\text{D.1.2—1})$$

式中 Q ——胶凝材料水化热总量(kJ/kg);

k ——不同掺量掺合料水化热调整系数,其值取法参见表 D.1.2。

表 D.1.2 不同掺量掺合料水化热调整系数

掺 量 *	0	10%	20%	30%	40%
粉煤灰(k_1)	1	0.96	0.95	0.93	0.82
矿渣粉(k_2)	1	1	0.93	0.92	0.84

* 表中掺量为掺合料占总胶凝材料用量的百分比。

当现场采用粉煤灰与矿粉双掺时, k 值按照下式计算:

$$k = k_1 + k_2 - 1 \quad (\text{D.1.2—2})$$

式中 k_1 ——粉煤灰掺量对应系数;

k_2 ——矿粉掺量对应系数。

D.1.3 混凝土的绝热温升

因水泥水化热引起混凝土的绝热温升值可按下列式计算:

$$T(t) = \frac{WQ}{C\rho}(1 - e^{-mt}) \quad (\text{D.1.3})$$

式中 $T(t)$ ——混凝土龄期为 t 时的绝热温升($^{\circ}\text{C}$);

W ——每立方米混凝土的胶凝材料用量(kg/m^3);

C ——混凝土的比热 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$],一般为 $0.92 \sim 1.0$;

ρ ——混凝土的质量密度(kg/m^3),取 $2400 \sim 2500$;

m ——与水泥品种、浇筑温度等有关的系数(d^{-1}),取 $0.3 \sim 0.5$;

t ——混凝土龄期(d)。

D.2 混凝土收缩值的当量温度

D.2.1 混凝土收缩的相对变形值可按下列式计算:

$$\varepsilon_y(t) = \varepsilon_y^0(1 - e^{-0.01t}) \cdot M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 \cdots M_{11} \quad (\text{D.2.1})$$

式中 $\varepsilon_y(t)$ ——龄期为 t 时混凝土收缩引起的相对变形值;

ε_y^0 ——在标准试验状态下混凝土最终收缩的相对变形值,取 4.0×10^{-4} ;

$M_1, M_2, \dots, M_{11}$ ——考虑各种非标准条件的修正系数,可按表 D.2.1 取用。

表 D. 2. 1 收缩值不同条件影响修正系数

水泥品种	M_1	水泥细度 (m^2/kg)	M_2	水胶比	M_3	胶浆量(%)	M_4	养护时间(d)
低热水泥	1.10	400	1.13	0.4	1.0	25	1.2	2
普通水泥	1.0	500	1.35	0.5	1.21	30	1.45	3
						35	1.75	4
						40	2.10	5
—	—	—	—	—	—	45	2.55	7
—	—	—	—	—	—	50	3.03	10
—	—	—	—	—	—	—	—	14~180

$\bar{r}$	M_7	$\frac{E_s F_s}{E_c F_c}$	M_8	减水剂	M_9	粉煤灰掺量 (%)	M_{10}
0	0.54	0.00	1.00	无	1	0	—
0.1	0.76	0.05	0.85	有	1.3	20	0.9
0.2	1	0.10	0.76	—	—	30	0.8
0.3	1.03	0.15	0.68	—	—	40	0.7
0.4	1.2	0.20	0.61	—	—	—	—
0.5	1.31	0.25	0.55	—	—	—	—
0.6	1.4	—	—	—	—	—	—
0.7	1.43	—	—	—	—	—	—

注: $\bar{r}$ —水力半径的倒数, 为构件截面周长(L)与截面积(F)之比, $\bar{r} = 100L/F(\text{m}^{-1})$; $E_s F_s / (E_c F_c)$ —混凝土的弹性模量(N/mm^2); F_s, F_c —钢筋、混凝土的截面积(mm^2); 粉煤灰(矿渣粉)掺量—胶凝材料总重的百分数。

D.2.2 混凝土收缩相对变形值的当量温度可按下式计算

$$T_y(t) = \varepsilon_y(t) / \alpha \quad (\text{D.2.2})$$

式中 $T_y(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土收缩值当量温度;

α ——混凝土的线膨胀系数,取 1.0×10^{-5} 。

D.3 混凝土的弹性模量

D.3.1 混凝土的弹性模量可按下式计算:

$$E(t) = \beta E_0 (1 - e^{-\varphi t}) \quad (\text{D.3.1-1})$$

式中 $E(t)$ ——混凝土龄期为 t 时,混凝土的弹性模量 (N/mm^2);

E_0 ——混凝土的弹性模量,一般近似取标准条件下养护 28 d 的弹性模量,可按表 D.3.1-1 取用;

β ——掺合料修正系数,该系数取值应以现场试验数据为准,在施工准备阶段和现场无试验数据时,可参考下述方法进行计算:

$$\beta = \beta_1 \cdot \beta_2 \quad (\text{D.3.1-2})$$

其中 β_1 ——粉煤灰掺量对应系数,取值参见表 D.3.1-2,

β_2 ——矿粉掺量对应系数,取值参见表 D.3.1-2;

φ ——系数,应根据所用混凝土试验确定,当无试验数据时,可近似地取 $\varphi = 0.09$ 。

表 D.3.1-1 混凝土在标准养护条件下龄期为 28 d 时的弹性模量

混凝土强度等级	混凝土弹性模量 (N/mm^2)
C25	2.80×10^4
C30	3.0×10^4
C35	3.15×10^4
C40	3.25×10^4

表 D.3.1-2 不同掺量掺合料弹性模量调整系数

掺 量	0	20%	30%	40%
粉煤灰(β_1)	1	0.99	0.98	0.96
矿渣粉(β_2)	1	1.02	1.03	1.04

D.4 温升估算

D.4.1 浇筑体内部温度场计算可采用有限单元法或一维差分法。

D.4.2 有限单元法

有限单元法可使用成熟的商用有限元计算程序或自编的经过验证的有限元程序。

D.4.3 一维差分法

采用一维差分法,可将混凝土沿厚度分许多有限段 Δx (m), 时间分许多有限段 Δt (h)。相邻三点的编号为 $n-1$ 、 n 、 $n+1$, 在第 k 时间里, 三点的温度 $T_{n-1,k}$ 、 $T_{n,k}$ 及 $T_{n+1,k}$, 经过 Δt (h) 时间后, 中间点的温度 $T_{n,k+1}$, 可按差分式求得:

$$T_{n,k+1} = \frac{T_{n-1,k} + T_{n+1,k}}{2} \cdot 2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} - T_{n,k} \left(2a \frac{\Delta t}{\Delta x^2} - 1 \right) + \Delta T_{n,k} \quad (\text{D.4.3—1})$$

式中 a ——混凝土导温系数, 取 $0.0035 \text{ m}^2/\text{h}$ 。

浇筑第一层时取相应位置温度为初始温度, 混凝土入模温度为混凝土初始温度, 当达到混凝土上表面温度时, 可假定上表面边界温度为大气温度。

混凝土内部热源在 t_1 和 t_2 时刻之间散热所产生的温差:

$$\Delta T = T_{\max} (e^{-m_1 t_1} - e^{-m_1 t_2}) \quad (\text{D.4.3—2})$$

在混凝土与相应位置接触面上的散热温升可取 $\Delta T/2$ 。

D.5 温差计算

D.5.1 混凝土浇筑体的芯部与表层温差可按式计算:

$$\Delta T_1(t) = T_m(t) - T_b(t) \quad (\text{D.5.1})$$

式中 $\Delta T_1(t)$ ——龄期为 t 时, 混凝土浇筑体的芯部与表层温差($^{\circ}\text{C}$);

$T_m(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土浇筑体内的最高温度,可通过温度场计算或实测求得($^{\circ}\text{C}$);

$T_b(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土浇筑体内的表层温度,可通过温度场计算或实测求得($^{\circ}\text{C}$)。

D. 5. 2 混凝土浇筑体的综合降温差可按式计算:

$$\Delta T_2(t) = \frac{1}{6} [4T_m(t) + T_{bm}(t) + T_{dm}(t)] + T_y(t) - T_w(t) \quad (\text{D. 5. 2})$$

式中 $\Delta T_2(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土浇筑体在降温过程中的综合降温($^{\circ}\text{C}$);

$T_m(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土浇筑体内的最高温度,可通过温度场计算或实测求得($^{\circ}\text{C}$);

$T_{bm}(t), T_{dm}(t)$ ——龄期为 t 时,其块体上、下表层的温度($^{\circ}\text{C}$);

$T_y(t)$ ——龄期为 t 时,混凝土收缩当量温度($^{\circ}\text{C}$);

$T_w(t)$ ——混凝土浇筑体预计的稳定温度或最终稳定温度(可取计算龄期 t 时的日平均温度或当地年平均温度)($^{\circ}\text{C}$)。

D. 6 温度应力计算

D. 6. 1 自约束拉应力的计算可按式计算:

$$\sigma_z(t) = \frac{\alpha}{2} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta T_{ii}(t) \cdot E_i(t) \cdot H_i(t, \tau) \quad (\text{D. 6. 1—1})$$

式中 $\sigma_z(t)$ ——龄期为 t 时,因混凝土浇筑体芯部与表层温差产生自约束拉应力的累计值(MPa);

$\Delta T_{ii}(t)$ ——龄期为 t 时,在第 i 计算区段混凝土浇筑体芯部与表层温差的增量($^{\circ}\text{C}$),可按式计算:

$$\Delta T_{ii}(t) = \Delta T_i(t) - \Delta T_i(t-j) \quad (\text{D. 6. 1—2})$$

j ——为第 i 计算区段步长(d);

$E_i(t)$ ——第 i 计算区段,龄期为 t 时,混凝土的弹性模量 (N/mm^2);

α ——混凝土的线膨胀系数;

$H_i(t, \tau)$ ——在龄期为 τ 时产生的约束应力,延续至 t (d) 时的松弛系数,可按表 D. 6. 1 取值。

表 D. 6. 1 混凝土的松弛系数表

$\tau = 2 \text{ d}$		$\tau = 5 \text{ d}$		$\tau = 10 \text{ d}$		$\tau = 20 \text{ d}$	
t	$H_i(t, \tau)$	t	$H_i(t, \tau)$	t	$H_i(t, \tau)$	t	$H_i(t, \tau)$
2.00	1.000	5.00	1.000	10.00	1.000	20.00	1.000
2.25	0.426	5.25	0.510	10.25	0.551	20.25	0.592
2.50	0.342	5.50	0.443	10.50	0.499	20.50	0.549
2.75	0.304	5.75	0.410	10.75	0.476	20.75	0.534
3.00	0.278	6.00	0.383	11.00	0.457	21.00	0.521
4.00	0.225	7.00	0.296	12.00	0.392	22.00	0.473
5.00	0.199	8.00	0.262	14.00	0.306	25.00	0.367
10.00	0.187	10.00	0.228	18.00	0.251	30.00	0.301
20.00	0.186	20.00	0.215	20.00	0.238	40.00	0.253
30.00	0.186	30.00	0.208	30.00	0.214	50.00	0.252
∞	0.186	∞	0.200	∞	0.210	∞	0.251

在施工准备阶段,最大自约束应力也可按下式计算:

$$\tau_{\text{zmax}} = \frac{\alpha}{2} \cdot E(t) \cdot \Delta T_{\text{lmax}} \cdot H_i(t, \tau) \quad (\text{D. 6. 1—3})$$

式中 τ_{zmax} ——最大自约束应力(MPa);

ΔT_{lmax} ——混凝土浇筑后可能出现的最大芯部与表层温差($^{\circ}\text{C}$);

$E(t)$ ——与最大芯部和表层温差 ΔT_{lmax} 相对应龄期 t 时,混凝土的弹性模量(N/mm^2);

$H_i(t, \tau)$ ——在龄期为 τ 时产生的约束应力, 延续至 t (d) 时的松弛系数, 可按表 D. 6. 1 取值。

D. 6. 2 外约束拉应力可按式计算:

$$\sigma_x(t) = \frac{\alpha}{1 - \mu} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta T_{2i}(t) \cdot E_i(t) \cdot H_i(t_1) \cdot R_i(t) \quad (\text{D. 6. 2—1})$$

式中 $\sigma_x(t)$ ——龄期为 t 时, 因综合降温差, 在外约束条件下产生的拉应力 (MPa);

$\Delta T_{2i}(t)$ ——龄期为 t 时, 在第 i 计算区段内, 混凝土浇筑体综合降温差的增量 ($^{\circ}\text{C}$), 可按式计算:

$$\Delta T_{2i}(t) = \Delta T_2(t - j) - \Delta T_2(t) \quad (\text{D. 6. 2—2})$$

μ ——混凝土的泊松比, 取 0. 15;

$R_i(t)$ ——龄期为 t 时, 在第 i 计算区段, 外约束的约束系数, 可按式计算:

$$R_i(t) = 1 - \frac{1}{\cosh \cdot \left(\frac{C_x}{HE(t)} \cdot \frac{L}{2} \right)} \quad (\text{D. 6. 2—3})$$

式中 L ——混凝土浇筑体的长度 (mm);

H ——混凝土浇筑体的厚度, 该厚度为块体实际厚度与保温层换算混凝土虚拟厚度之和 (mm);

C_x ——外约束介质的水平变形刚度 (N/mm^3), 一般可按表 D. 6. 2 取值。

h ——混凝土结构的实际厚度 (mm)。

表 D. 6. 2 不同外约束介质下 C_x 取值 (10^{-2} N/mm^3)

外约束介质	软黏土	砂质黏土	硬黏土	风化岩、低标号素混凝土	C10 级以上配钢筋混凝土
C_x	1~3	3~6	6~10	60~100	100~150

D.7 控制温度裂缝的条件

D.7.1 混凝土抗拉强度可按式计算:

$$f_{tk}(t) = f_{tk}(1 - e^{-\gamma t}) \quad (\text{D.7.1—1})$$

式中 $f_{tk}(t)$ ——混凝土龄期为 t 时的抗拉强度标准值 (N/mm^2);

f_{tk} ——混凝土抗拉强度标准值 (N/mm^2), 取值参见表 D.7.1—1;

γ ——系数, 应根据所用混凝土试验确定, 当无试验数据时, 可近似地取 $\gamma = 0.3$;

$$\sigma_z \leq \lambda f_{tk}(t) / K \quad (\text{D.7.1—2})$$

$$\sigma_x \leq \lambda f_{tk}(t) / K \quad (\text{D.7.1—3})$$

式中 K ——防裂安全系数, 取 $K = 1.15$ 。

λ ——掺合料对混凝土抗拉强度影响系数, $\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2$, 取值参见表 D.7.1—2。

表 D.7.1—1 混凝土抗拉强度标准值 (N/mm^2)

符号	混 凝 土 等 级			
	C25	C30	C35	C40
f_{tk}	1.78	2.01	2.20	2.39

表 D.7.1—2 不同掺量掺合料抗拉强度调整系数

掺 量	0	20%	30%	40%
粉煤灰(λ_1)	1	1.03	0.97	0.92
矿渣粉(λ_2)	1	1.13	1.09	1.10

附录 E 大体积混凝土浇筑体表面保温层的计算方法

E.1 混凝土浇筑体表面保温层厚度的计算

E.1.1 混凝土表面的保温层厚度可按下式计算:

$$\delta = \frac{0.5h\lambda_i(T_b - T_q)}{\lambda_0(T_{\max} - T_b)} \cdot K_b \quad (\text{E.1.1})$$

式中 δ ——混凝土表面的保温层厚度(m);

h ——混凝土结构的实际厚度(m);

λ_0 ——混凝土的导热系数[W/(m·k)];

λ_i ——第*i*层保温材料的导热系数[W/(m·k)];

T_b ——混凝土浇筑体表面温度(℃);

T_q ——混凝土达到最高温度(浇筑后3d~5d)的大气平均温度(℃);

$T_{\max}$ ——混凝土浇筑体内的最高温度(℃);

计算时可取 $T_b - T_q = 15\text{℃} \sim 20\text{℃}$

$T_{\max} - T_b = 20\text{℃} \sim 25\text{℃}$

K_b ——传热系数修正值,取1.3~2.3,见表E.1.1。

表 E.1.1 传热系数修正值 K_b

保温层种类	K_1	K_2
由易透风材料组成,但在混凝土面层上再铺一层不透风材料	2.0	2.3
在易透风保温材料上铺一层不易透风材料	1.6	1.9
在易透风保温材料上下各铺一层不易透风材料	1.3	1.5
由不易透风的材料组成(如油布、帆布、棉麻毡、胶合板)	1.3	1.5

注:1 K_1 值为风速 $\leq 4\text{ m/s}$ 情况。

2 K_2 值为风速 $> 4\text{ m/s}$ 情况。

E.2 保温层相当于混凝土虚拟厚度的计算

E.2.1 多种保温材料组成的保温层总热阻(考虑最外层与空气间的热阻)可按下式计算:

$$R_s = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\beta_\mu} \quad (\text{E.2.1})$$

式中 R_s ——保温层总热阻($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$);

δ_i ——第 i 层保温材料厚度(m);

λ_i ——第 i 层保温材料的导热系数[$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$];

β_μ ——固体在空气中的传热系数[$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$],可按表 E.2.1 取值。

表 E.2.1 固体在空气中的传热系数

风速(m/s)	β_μ		风速(m/s)	β_μ	
	光滑表面	粗糙表面		光滑表面	粗糙表面
0	18.442 2	21.035 0	5.0	90.036 0	96.601 9
0.5	28.646 0	31.322 4	6.0	103.125 7	110.862 2
1.0	35.713 4	38.598 9	7.0	115.922 3	124.746 1
2.0	49.346 4	52.952 9	8.0	128.426 1	138.295 4
3.0	63.021 2	67.495 9	9.0	140.595 5	151.552 1
4.0	76.612 4	82.132 5	10.0	152.513 9	164.934 1

E.2.2 混凝土表面向保温介质传热的总传热系数(不考虑保温层的热容量),可按下式计算:

$$\beta_s = \frac{1}{R_s} \quad (\text{E.2.2})$$

式中 β_s ——总传热系数[$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];

R_s ——意义同前。

E.2.3 保温层相当于混凝土的虚拟厚度,可按下式计算:

$$h' = \frac{\lambda_0}{\beta_s} \quad (\text{E. 2. 3})$$

式中 h' ——混凝土的虚拟厚度(m);

β_s ——总传热系数[$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];

λ_0 ——混凝土的导热系数[$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]。

按保温层相当于混凝土的虚拟厚度,进行大体积混凝土浇筑体温度场及温度应力计算,验证保温层厚度是否满足温控指标的要求。

附录 F 混凝土表面硅烷浸渍处理的检验方法

F.0.1 吸水率测试应符合下列规定:

1 在进行硅烷浸渍前后各随机钻取直径为 50 mm、深度为 (40 ± 5) mm 的 3 个芯样供测试。其中,硅烷浸渍后的芯样应在完成最后一次浸渍工作至少 7 d 后钻取。

2 将全部待测芯样放于 (105 ± 5) °C 的干燥箱中静置 48 h。

3 除原表面外,其余各面包括原表面上小于 5 mm 的周边,均涂以无溶剂环氧涂料,若该涂层有针孔,应加涂予以密封。

4 将全部待测芯样在 (45 ± 5) °C 的干燥箱中静置 7 d。

5 将其中 3 个试件放于 (105 ± 5) °C 的干燥箱中静置 7 d。

6 在静置 7 d 之后,分别测试芯样的质量(i_1),然后将芯样浸入去离子水中,并保持试样顶部至水面的高度至少为 5 cm。芯样分别在浸泡 (1.00 ± 0.02) h 和 (24.0 ± 0.1) h 后取出,用润湿布擦干表面,并测试质量(i_2)。经硅烷浸渍处理芯样的质量增加率应按下列式计算:

$$I_t = \frac{i_2 - i_1}{\sqrt{24} \times 0.06} \quad (\text{F.0.1—1})$$

式中 I_t ——浸渍处理芯样的吸水率;

i_1 ——浸渍处理前芯样质量(g);

i_2 ——浸渍处理后芯样质量(g)。

未经硅烷浸渍处理的芯样应按下列式计算:

$$I_u = \frac{i_2 - i_1}{\sqrt{24} \times 0.06} \quad (\text{F.0.1—2})$$

式中 I_u ——未浸渍处理芯样的吸水率;

i_1 ——浸渍处理前芯样质量(g)；

i_2 ——浸渍处理后芯样质量(g)。

吸水率比应按下式计算：

$$AR = \frac{I_{lm}}{I_{um}} \times 100\% \quad (\text{F.0.1—3})$$

式中 AR——吸水率比；

I_{lm} ——浸渍处理芯样的吸水率平均值(g)；

I_{um} ——未浸渍处理芯样的吸水率平均值(g)。

F.0.2 浸渍深度测试应符合下列规定：

1 在最后一次硅烷浸渍工作完成至少 7 d 后，钻取直径为 50 mm、深度为 (40 ± 5) mm 的 3 个芯样供测试。

2 将待测芯样浸入水或者墨水中，观测试件憎水区域，并测试渗透深度(采用 3 点测试，取平均值)。

附录 G 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求

G.0.1 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求应符合表 G.0.1 的规定。

表 G.0.1 砌体工程所用石料的类别、规格和质量要求

序号	类别	形 状	规 格 和 质 量 要 求
1	片石	形状不规则	石块中部厚度不小于 15 cm, 长度及宽度不小于厚度
2	块石	形状规则 大致方正	稍加修整, 厚度不得小于 20 cm, 长度及宽度不小于厚度。镶面丁石的长度不得小于顺石宽度的 1.5 倍
3	料石	形状规则的 六面体	厚度不得小于 20 cm, 且不小于长度的 1/3; 宽度不得小于厚度; 长度不得小于宽度的 1.5 倍。丁石长度应比相邻顺石宽度大 15 cm。由外露面向内修凿的进深不得小于 10 cm, 且修凿面应与外露垂直, 每 10 cm 应凿切 4~5 条纹。当料石镶面的外露有细凿边缘时, 中部突出部分不得大于 2 cm。当外露为无细凿边缘时, 凹入深度不得大于 1.5 cm
4	漂石	形状不规则	中部厚度不得小于 15 cm, 其中圆蛋形及薄片状者不得使用

附录 H 砂浆配合比设计、试件制作、养护 及抗压强度取值

H. 0.1 砂浆配合比设计应符合下列规定：

1 砂浆的配合比强度，可按下式确定：

$$f_{m,0} = f_2 + 0.645\sigma \quad (\text{H. 0.1—1})$$

式中 $f_{m,0}$ ——砂浆的试配强度 (MPa)，精确至 0.1 MPa；

f_2 ——砂浆设计强度等级值 (MPa)；

σ ——砂浆现场强度标准差 (MPa)，精确至 0.01 MPa。

2 砂浆现场强度标准差应按下式确定：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{m,i}^2 - N\mu_{f_m}^2}{N-1}} \quad (\text{H. 0.1—2})$$

式中 $f_{m,i}$ ——统计周期内同一品种砂浆第 i 组试件的强度 (MPa)，精确至 0.1 MPa；

μ_{f_m} ——统计周期内同一品种砂浆 N 组试件强度的平均值 (MPa)，精确至 0.1 MPa；

N ——统计周期内同一品种砂浆试件的总组数， $N \geq 25$ 。

当不具有近期统计资料时，其砂浆现场强度标准差 σ 可按表 H. 0.1—1 取用。

表 H. 0.1—1 砂浆强度标准差 σ 选用值

σ 值 (MPa) 施工水平	砂浆强度等级	M10.0	M15.0	M20.0
	优良	2.00	3.00	4.00

续表 H. 0. 1—1

σ 值 (MPa) 施工水平	砂浆强度等级	M10.0	M15.0	M20.0
一般		2.50	3.75	5.00
较差		3.00	4.50	6.00

3 砂浆的水胶比应按下式计算:

$$\frac{W}{C} = \frac{0.71f_{ce}}{f_{m,a} + 0.71 \times 0.91f_{ce}} \quad (\text{H. 0. 1—3})$$

式中 $\frac{W}{C}$ ——砂浆的水胶比;

0.71, 0.91——回归系数;

f_{ce} ——水泥 28 d 抗压强度实测值(MPa), 精确至 0.1 MPa。

当无水泥实测强度数据时, f_{ce} 值可按下式确定:

$$f_{ce} = \gamma_c f_{ce,k} \quad (\text{H. 0. 1—4})$$

式中 γ_c ——水泥强度等级 28 d 抗压强度标准值的富余系数, 该值应按实际统计资料确定; 无统计资料时 γ_c 取 1.0;

$f_{ce,k}$ ——水泥 28 d 抗压强度标准值(MPa)。

4 砂浆的用水量可按表 H. 0. 1—2 选用。

表 H. 0. 1—2 砂浆用水量

砂浆用 水量(kg/m³) 下沉度(mm)	砂规格	粗砂	中砂	细砂
10~20		200~210	210~230	220~240

5 砂浆的水泥用量可按下式计算:

$$m_c = \frac{m_w}{W/C} \quad (\text{H. 0. 1—5})$$

式中 m_c ——砂浆的水泥用量(kg/m^3);

m_w ——砂浆的用水量(kg/m^3)。

6 砂浆的最大水胶比应符合表 H. 0. 1—3 中的规定。

表 H. 0. 1—3 砂浆的最大水胶比

砂浆所处的环境条件	所在地区最冷月平均气温		
	低于 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$	$-15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -5\text{ }^{\circ}\text{C}$	高于 $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$
受水流冲刷、冰冻作用的砂浆	0.55	0.60	0.65
最低冲刷线以下的地下部分,不受水流作用的地上部分及不致遭受冰冻作用的砂浆	0.60	0.65	0.70

7 砂浆的砂用量,采用质量法确定时,应按下式计算:

$$m_s = m_{mp} - m_w - m_c \quad (\text{H. 0. 1—6})$$

式中 m_s ——砂浆的砂用量(kg/m^3);

m_{mp} ——砂浆拌和物假定质量,其值可取 $1\,950\text{ kg}/\text{m}^3 \sim 2\,100\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

8 砂浆配合比的试配、调整与确定:

- 1) 砂浆试配时,应采用工程中使用的材料,按计算配合比进行试拌,测定其拌和物的稠度;当不能满足要求时,应在保证水胶比不变的条件下相应调整用水量或砂用量,直至符合要求为止。然后提出砂浆基准配合比。
- 2) 砂浆试配时至少采用 3 个不同的配合比。其中 1 个为按前述方法得出的基准配合比,另外 2 个的水胶比,宜较基准配合比分别增加或减少 0.05,其用水量与基准配合比基本相同。
- 3) 当不同水胶比的砂浆拌和物稠度与要求值相差超过允许偏差时,可以增、减用水量进行调整。
- 4) 3 个不同配合比经调整后,每种配合比至少制作 1 组(6 块)试件,经标准养护至 28 d 试压,并选定符合强度要求且水泥用量较少的砂浆配合比为确定的砂浆配合比。

H. 0.2 砂浆试件的制作应符合下列规定:

1 每组试件应为 6 块,将拌好的砂浆分 2 层(每层厚度约为 40 mm)装入涂过矿物油的有底试模内,试模尺寸应为:70.7 mm×70.7 mm×70.7 mm。

2 用捣棒(直径 20 mm,长为 200 mm 的钢棒,其底部加工成平面,质量为 493 g±5 g,对每层砂浆沿螺旋方向均匀插捣 25 次。第二层插捣完毕后,可用抹刀沿模壁插数次,使砂浆高出试模顶面 6 mm~8 mm。

3 砂浆试件成型后 0.5 h~1 h,再用抹刀刮掉多余砂浆,并抹平表面。

H. 0.3 砂浆试件的养护应符合下列规定:

1 试件表面抹平后应予覆盖,并在 20℃±5℃条件下静养 24 h±1 h 脱模。

2 脱模后,试件应即送入养护室养护。养护室内的温度为 20℃±3℃,相对湿度 90%以上。养护到规定龄期后,取出进行抗压强度试验。

H. 0.4 试件的试压及抗压强度取值应符合下列规定:

1 试件取出后,应及时进行试压。加压方向应垂直于捣实方向。试件与压力机接触面应洁净无砂粒,加荷速度应为 0.3 MPa/s。

2 砂浆的抗压强度应按下式计算:

$$f_m = \frac{F}{A} \quad (\text{H. 0.4})$$

式中 f_m ——砂浆抗压强度(MPa),精确至 0.1 MPa;

F ——破坏总荷载(N);

A ——试件承压面积(mm²)。

取每组 6 块试件的试验结果的算术平均值作为测定值。当 6 块试件中的最大值或最小值与平均值的差大于 20% 时,以中间的 4 块试件的试验结果的平均值作为该组试件的抗压强度值。当一组试件经剔除后不足 4 个测试值时,则该组试验结果无效。

附录 J 混凝土的热工计算

J.1 混凝土搅拌、运输、浇筑温度计算

J.1.1 混凝土拌和物温度按下式计算:

$$T_0 = [0.92(m_{ce}T_{ce} + m_sT_s + m_{sa}T_{sa} + m_gT_g) + 4.2T_w(m_w - \omega_{sa}m_{sa} - \omega_gm_g) + c_w(\omega_{sa}m_{sa}T_{sa} + \omega_gm_gT_g) - c_i(\omega_{sa}m_{sa} + \omega_gm_g)] / [4.2m_w + 0.92(m_{ce} + m_s + m_{sa} + m_g)] \quad (J.1.1)$$

式中 T_0 ——混凝土拌和物温度(℃);

T_s ——掺合料的温度(℃);

T_{ce} ——水泥的温度(℃);

T_{sa} ——砂子的温度(℃);

T_g ——石子的温度(℃);

T_w ——水的温度(℃);

m_w ——拌和水用量(kg);

m_{ce} ——水泥用量(kg);

m_s ——掺合料用量(kg);

m_{sa} ——砂子用量(kg);

m_g ——石子用量(kg);

ω_{sa} ——砂子的含水率(%);

ω_g ——石子的含水率(%);

c_w ——水的比热容[kJ/(kg·K)];

c_i ——冰的溶解热(kJ/kg)。

当骨料温度大于 0℃ 时, $c_w = 4.2$, $c_i = 0$; 当骨料温度小于等于 0℃ 时, $c_w = 2.1$, $c_i = 335$ 。

J.1.2 混凝土拌和物出机温度按下式计算:

$$T_1 = T_0 - 0.16(T_0 - T_p) \quad (\text{J. 1.2})$$

式中 T_1 ——混凝土拌和物出机温度(℃);

T_p ——搅拌机棚内温度(℃)。

J. 1.3 混凝土拌和物运输与输送至浇筑地点时的温度按下列公式计算:

1 混凝土拌和物直接采用装卸式运输工具运送时:

$$T_2 = T_1 - \Delta T_y \quad (\text{J. 1.3—1})$$

2 混凝土拌和物直接采用泵送施工时:

$$T_2 = T_1 - \Delta T_b \quad (\text{J. 1.3—2})$$

3 混凝土拌和物采用先运输后泵送施工时:

$$T_2 = T_1 - \Delta T_y - \Delta T_b \quad (\text{J. 1.3—3})$$

其中, ΔT_y 、 ΔT_b 分别为采用装卸式运输工具运输混凝土时的温度降低和采用泵管输送混凝土时的温度降低,可按下列公式计算:

$$\Delta T_y = (\alpha t_1 + 0.032n) \times (T_1 - T_a) \quad (\text{J. 1.3—4})$$

$$\Delta T_b = 4\omega \times \frac{3.6}{0.04 + \frac{d_b}{\lambda_b}} \times \Delta T_1 \times t_2 \times \frac{D_w}{c_c \cdot \rho_c D_1^2} \quad (\text{J. 1.3—5})$$

式中 T_2 ——混凝土拌和物运输与输送至浇筑地点时的温度(℃);

ΔT_y ——采用装卸式运输工具运输混凝土时的温度降低(℃);

ΔT_b ——采用泵管输送混凝土时的温度降低(℃);

ΔT_1 ——泵管内混凝土的温度与环境温度差(℃),当现场拌制混凝土采用泵送工艺输送时, $\Delta T_1 = T_1 - T_a$;当商品混凝土采用泵送工艺输送时, $\Delta T_1 = T_1 - \Delta T_y - T_a$;

T_a ——室外环境气温(℃);

- t_1 ——混凝土拌和物运输的时间(h);
 t_2 ——混凝土在泵管内输送时间(h);
 n ——混凝土拌和物运转次数;
 c_c ——混凝土的比热容[kJ/(kg·K)];
 ρ_c ——混凝土的质量密度(kg/m³);
 λ_b ——泵管外保温材料导热系数[W/(m·K)];
 d_b ——泵管外保温层厚度(m);
 D_1 ——混凝土泵管内径(m);
 D_w ——混凝土泵管外围直径(包括外围保温材料)(m);
 ω ——透风系数,可按本规程表 J.2.2—2 取值;
 α ——温度损失系数(h⁻¹);采用混凝土搅拌车时, $\alpha=0.25$;采用开敞式大型自卸汽车时, $\alpha=0.30$;采用封闭式自卸汽车时, $\alpha=0.1$;采用手推车或吊斗时, $\alpha=0.50$ 。

J.1.4 考虑模板和钢筋的吸热影响,混凝土浇筑完成时的温度按下式计算:

$$T_3 = \frac{c_c m_c T_2 + c_f m_f T_f + c_g m_g T_g}{c_c m_c + c_f m_f + c_g m_g} \quad (\text{J.1.4})$$

- 式中 T_3 ——混凝土浇筑完成时的温度(℃);
 c_f ——模板的比热容[kJ/(kg·K)];
 c_g ——钢筋的比热容[kJ/(kg·K)];
 m_c ——每立方米混凝土的质量(kg);
 m_f ——每立方米混凝土相接触的模板质量(kg);
 m_g ——每立方米混凝土相接触的钢筋质量(kg);
 T_f ——模板的温度(℃),未预热时可采用当时的环境温度;
 T_g ——钢筋的温度(℃),未预热时可采用当时的环境温度。

J.2 混凝土蓄热养护过程中的温度计算

J.2.1 混凝土蓄热养护开始到某一时刻的温度、平均温度按下列

公式计算:

$$T_3 = \eta e^{-\theta V_{ce} \cdot t_3} - \varphi e^{V_{ce} \cdot t_3} + T_{m,n} \quad (J. 2. 1-1)$$

$$T_m = \frac{1}{V_{ce} \cdot t_3} \left(\varphi e^{-V_{ce} \cdot t_3} - \frac{\eta}{\theta} e^{-V_{ce} \cdot t_3} + \frac{\eta}{\theta} - \varphi \right) + T_{m,n} \quad (J. 2. 1-2)$$

其中 θ 、 φ 、 η 综合参数,可按下列公式计算:

$$\theta = \frac{\omega \cdot K \cdot K_s}{V_{ce} \cdot c_c \cdot \rho_c} \quad (J. 2. 1-3)$$

$$\varphi = \frac{V_{ce} \cdot Q_{ce} \cdot m_{ce,1}}{V_{ce} \cdot c_c \cdot \rho_c - \omega \cdot K \cdot M_s} \quad (J. 2. 1-4)$$

$$\eta = T_3 - T_{m,n} + \varphi \quad (J. 2. 1-5)$$

$$K = \frac{3.6}{0.04 + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}} \quad (J. 2. 1-6)$$

- 式中 T_3 ——混凝土蓄热养护开始到某一时刻的温度($^{\circ}\text{C}$);
 T_m ——混凝土蓄热养护开始到某一时刻的平均温度($^{\circ}\text{C}$);
 t_3 ——混凝土蓄热养护开始到某一时刻的时间(h);
 $T_{m,n}$ ——混凝土蓄热养护开始到某一时刻的平均气温($^{\circ}\text{C}$),
 可采取蓄热养护开始至 t_3 时气象预报的平均气温、
 亦可按每时或每日平均气温计算;
 M_s ——结构表面系数(m^{-1});
 K ——结构围护层的总传热系数 [$\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K})$];
 Q_{ce} ——水泥水化累计最终放热量(kJ/kg);
 V_{ce} ——水泥水化进度系数(h^{-1});
 $m_{ce,1}$ ——每立方米混凝土水泥用量(kg/m^3);
 d_i ——第 i 层围护层厚度(m);
 λ_i ——第 i 层围护层的导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$].

J. 2. 2 水泥水化累积最终放热量 Q_{ce} 、水泥水化速度系数 V_{ce} 及透

风系数 ω 取值按表 J. 2. 2—1、表 J. 2. 2—2 选用。

表 J. 2. 2—1 水泥水化累积最终放热量 Q_{ce} 和水泥水化速度系数 V_{ce}

水泥品种及强度等级	Q_{ce} (kJ/kg)	V_{ce} (h ⁻¹)
硅酸盐、普通硅酸盐水泥 52.5	400	0.018
硅酸盐、普通硅酸盐水泥 42.5	350	0.015
矿渣、火山灰质、粉煤灰、复合硅酸盐水泥 42.5	310	0.013

表 J. 2. 2—2 透风系数 ω

围护层种类	透风系数 ω		
	$V_w < 3$ m/s	$3 \text{ m/s} \leq V_w \leq 5 \text{ m/s}$	$V_w > 5 \text{ m/s}$
围护层有易透风材料组成	2.00	2.50	3.00
易透风保温材料外包不易透风材料	1.50	1.80	2.00
围护层由不易透风材料组成	1.30	1.45	1.60

注: V_w —风速。

J. 2. 3 当需要计算混凝土蓄热冷却至 0℃ 的时间时, 根据本规程公式(J. 2. 1—1)采用逐次逼近的方法进行计算。当蓄热养护条件满足 $\frac{\varphi}{T_{m,n}} \geq 1.5$, 且 $KM_n \geq 50$ 时, 按下式直接计算:

$$t_0 = \frac{1}{V_{ce}} \ln \frac{\varphi}{T_{m,n}} \quad (\text{J. 2. 3})$$

式中 t_0 ——混凝土蓄热养护冷却至 0℃ 的时间(h)。混凝土冷却至 0℃ 的时间内, 其平均温度根据本规程公式(J. 2. 1—2)取 $t_3 = t_0$ 进行计算。

本规程用词说明

执行本技术规程条文时,对于要求严格程度的用词说明如下,以便在执行中区别对待。

(1)表示很严格,非这样做不可的用词:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的用词:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的用词:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

(4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

《铁路混凝土工程施工技术规程》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编写依据、存在的问题以及执行过程中应注意的事项等予以说明,不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。为了减少篇幅,只列条文号,未抄录原条文。

1.0.1 为使混凝土结构能够适应我国现代化建设的需要,有利于可持续发展的战略需求,真正做到安全、适用、经济、合理,特编写本规程供施工人员参考。混凝土工程在铁路工程中占有很大比重,对保证整体工程质量至关重要,因此必须要统一主要施工要求,加强施工管理。

1.0.2 本规程适用的铁路混凝土包括素混凝土、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土,以及铁路常用的特殊混凝土、桥梁支座砂浆、支承层混凝土,砌体工程包括石砌体和混凝土预制块砌体。砌体工程主要用在铁路附属工程中,为方便使用,一并纳入了本规程编制范围。

1.0.3 工程施工是实现设计意图和形成工程实体的过程,也是最终决定工程质量和保证使用功能的重要阶段。设计要求的混凝土结构的强度、耐久性能、使用功能等应通过施工阶段的质量控制得到满足。

1.0.5 机械化、工厂化、专业化、信息化等现代化施工手段是实现标准化管理的重要支撑,在混凝土工程施工中应积极采用。

1.0.6 原材料品质、配合比设计、施工工艺控制(包括拌和、运输、

浇筑、养护、预应力等)和试验检测管理是控制混凝土施工质量的重点工作,必须在施工管理中严格控制。

1.0.9 铁路工程施工点多线长、施工期较长,原材料开采与存放、污水(物)排放、施工噪声等对生态环境的影响很大。施工单位应在施工前制订有效的环保方案,施工期内最大限度地减少对环境的影响,施工结束后给予必要的恢复,切实做好环境保护和水土保持工作,保证国民经济的可持续发展。设计有要求的应全面按设计文件办理。

1.0.10 由于铁路的建设标准高、技术要求高、质量目标高,应该对参与建设的各方人员进行培训,使建设各方尽快地、更准确地掌握标准,应用好标准,避免因对标准存在理解上的片面性导致操作上的随意性而影响工程质量。

1.0.12 工程施工中的各类质量检测报告、检查验收记录和其他工程技术资料,是体现工程质量状况和各方负责人的基础文件,应按照国家现行标准《建设工程文件归档规范》GB/T 50328 和现行《铁路建设项目资料管理规程》TB 10443 等标准或文件的规定认真填写,完整归档,便于追溯。

1.0.14 铁路工程施工过程中的环节多、影响工程质量的因素多,所以采用的标准规范就会很多。既有技术标准又有管理标准,既有国家标准又有行业标准,甚至还有国际标准和国外标准,本规程难以一一详列。一般情况下可根据工程实际情况,确定各种标准规范的采用与否。但是对于施工过程涉及的、现行国家标准和铁路行业标准中有强制性执行要求的标准或标准条文则必须贯彻执行。

2.0.1~2.0.37 术语的解释不一定是其理论涵义,可能与其他标准中的解释也不尽一致。列出术语及其解释的主要目的是为了在工程施工中统一其内容、界定其范围,避免产生理解上的不同甚至歧义。

2.0.18 水胶比对于一组配合比来说是固定的,不论是理论配合

比还是施工配合比都是同一数值。计算水胶比总用水量时应包括拌和水、粗细骨料所含水和液体外加剂含水量,胶凝材料的含水量一般忽略不计。

3.0.10 混凝土施工前的一项重要准备工作就是选定混凝土配合比。由于在进行混凝土配合比调配试验时,混凝土的耐久性试验周期一般在2个~3个月以上,因此,施工单位在进场并筹建完现场试验室后,应尽早开始混凝土配合比的调配试验工作。

3.0.18 混凝土工程施工现场应采取必要的安全防护措施,确保施工安全。对可能发生的各种危害和灾害,应制订应急预案。对施工过程中可能的突发事件,如停水、断电、道路运输中断、主要设备损坏、模板质量安全事故等,还应制订相应的专项应急预案。各项设备、设施和安全防护措施应符合相关强制性标准的规定。

4.1.2 本条规定模板和支(拱)架应优先采用钢材制作,主要是由于钢模板坚固、耐用,可多次重复使用,钢模表面平整光滑,易于浇筑外表美观的混凝土结构物,同时也是环境保护和国民经济可持续发展的需要。

4.1.6 模板隔离剂可采用机油、脱模剂等材料。

4.2.1 模板侧面所受风荷载和水压力可采用现行《铁路桥涵设计基本规范》TB 10002.1的规定,其受风面积可按实际情况计算,风速可按施工期内当地预计的最大风速计算。

4.2.11 岩土工程勘察一般应遵循国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的规定。对于湿陷性黄土地区,还应遵循《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025的规定;对于软土地区,还应遵循《软土地区岩土工程勘察规程》JGJ 83的规定;对于冻土地区,还应遵循《冻土工程地质勘察规范》GB 50324的规定。

一般地基(和软弱地基)和基础宜按国家现行标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79设计;湿陷性黄土的地基和基础宜按《湿陷性黄土地区建筑规范》GB

50025 设计;冻胀性土的地基和基础宜按《冻土地区建筑地基基础设计规范》JGJ 118 设计;膨胀性土地地区的地基和基础宜按《膨胀土地地区建筑技术规范》GBJ 112 设计;桩基础宜按《建筑桩基技术规范》JGJ 94 设计。

4.3.8 静活载指人及运输机具作用在支架上的荷载,冲击荷载指振捣混凝土产生的荷载。构件接头挤压所产生的非弹性变形是永久变形,每个连接处的挤压值可为:木材与木材间为 1 mm~3 mm;木材与钢材间为 1 mm~2 mm。

预留施工拱度(f)=支(拱)架承受全部荷载时的弹性变形(f_1)-
由于静活载和冲击荷载产生的弹性变形(f_2)+
加载后由于构件接头挤压所产生的非弹性变
形(f_3)+由于基础下沉而产生的非弹性变形(f_4)

当采用预压的方法消除 f_3 、 f_4 后,预留施工拱度 f 的计算不应计入此两项。

5.1.2 本条是根据《铁路工程混凝土结构高强钢筋设计规定》(铁总建设[2015]343号)进行规定的。《铁路工程混凝土结构高强钢筋设计规定》条文说明中指出:规定高强钢筋的材料基本要求,并强调不得采用高压穿水工艺处理钢筋,确保钢筋质量。《钢筋混凝土用钢 第2部分:热轧带肋钢筋》GB 1499.2 中有关高强钢筋碳当量(熔炼分析 Cast analysis)的要求没有区分强度级别,总体要求偏低,不利于保证钢筋的焊接性能。目前,国内绝大部分钢筋生产厂均能达到本条规定的碳当量。

5.1.4 应采取可靠措施,保证钢筋进场及施工过程中能够区分不同的强度等级和牌号,避免混用。加工后的成品钢筋应尽快使用,不宜长期存放。加工后可能存在牌号标志缺失的情况,应制订合理的成品钢筋堆放、使用措施,以确保不会混用。

5.1.8 本章中关于钢筋机械连接的内容主要是根据原铁路行业标准《铁路混凝土工程钢筋机械连接技术暂行规定》(铁建设[2010]41号)进行规定的。

5.2.1 钢筋除锈的方法可采用除锈机、风砂枪等机械方法,也可采用人工除锈。除锈后的钢筋不应长期存放,应尽快使用。除锈后如发现有严重的钢筋表面缺陷,如麻坑、斑点等,可能会影响到钢筋力学性能及其他应用性能,应对该批钢筋按相关标准规定重新检验性能指标,并根据检验结果处理该批钢筋。

钢筋无局部折曲,一般指钢筋中心线同直线的偏差不应超过全长的1%。

5.2.3 热加工会改变钢筋力学性能。一般情况下钢筋应在常温状态下加工,不宜加热。钢筋的弯折应一次到位,对于弯折过度的钢筋,不得回弯。如果一次弯钩不到位,再调整弯曲部分或内径时,会使钢筋受到损伤或隐伤,严重的甚至断裂。对于多根钢筋(特别是箍筋)共同弯折的情况,弯折后应及时分开各根钢筋,以便于绑扎、安装施工。

5.2.7 本条主要是根据《铁路工程混凝土结构高强钢筋设计规定》(铁总建设〔2015〕343号)进行规定的。关于有抗震设防特殊要求的箍筋设置,国家现行标准《铁路工程抗震设计规范》GB 50111—2006第7.3.2条第7款规定:“圆形箍筋的接头必须采用焊接,焊接长度不应小于10倍箍筋直径;矩形箍筋端部应有135°弯钩,弯钩的直段长度不应小于20cm。”第7.5.14条规定:“……矩形箍筋端部应有135°弯钩,弯钩伸入核心混凝土的直段长度不应小于20cm。”

5.2.8 本条主要是根据《铁路工程混凝土结构高强钢筋设计规定》(铁总建设〔2015〕343号)进行规定的。《铁路工程混凝土结构高强钢筋设计规定》条文说明中指出:根据《铁路混凝土工程钢筋机械连接疲劳性能试验研究报告》(南广工合201107号),从受力的均匀性、钢筋几何尺寸特点、加工难易程度及可行性而言, $\phi 16$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 32$ 钢筋机械连接建议采用的螺距分别为2.0mm、2.5mm、3.0mm。《铁路工程应用高强钢筋试验》中的直螺纹连接的螺距采用上述成果,并进行了疲劳试验。

5.3.1 本规程中铁路工程钢筋机械连接接头包括滚轧直螺纹接头、墩粗直螺纹接头、套筒挤压接头;焊接连接接头包括闪光对焊接头、电弧焊接头(包括焊条电弧焊和二氧化碳气体保护电弧焊)、电阻点焊接头。电弧焊接头按接头钢筋的构造分为搭接电弧焊接头和帮条电弧焊接头,按焊缝分布分为单面焊缝和双面焊缝。

由于钢筋连接的形式对钢筋的应力传递和结构的受力性能有一定影响,故在具体的结构中采用哪种连接形式应由设计指定。

本条文第2款系根据现行《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010(2015年版)第8.4.2条规定:“轴心受拉及小偏心受拉杆件的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接”。

5.3.5 二氧化碳气体保护电弧焊具有焊接生产率高、焊接质量高、焊接变形小、应用范围广、操作简单、成本低等优点,缺点是飞溅大、对作业环境防风要求高。近年来开始推广应用,铁路工程主要在钢筋加工场中进行钢筋焊接时采用。

5.3.6 电阻点焊主要在加工隧道钢筋网片中应用。

6.2.1 拌和站选址宜位于征地拆迁量少、地质状况好、临时工程量小的区域,并兼顾土地复垦要求;拌和站场地应地势平坦、供水便利、排水畅通,同时应考虑防洪、排涝要求;拌和站位置应与公路或施工便道相连,以利于机械设备、原材料和混凝土等的运输;拌和站应设置在混凝土需求量集中的地段;拌和站应尽量避免设置在文物古迹及风景名胜附近;拌和站应根据技术经济比较确定合理的混凝土供应范围,混凝土出机至浇筑时间不宜超过120 min,对于混凝土集中供应的线下工程,沿线以每5 km~30 km设置一处拌和站为宜。

拌和站平面布置形式根据骨料存放区、计量料斗等的相对位置不同一般可分为“一”形、“二”形和“L”形等形式,如图6.2.1—1~图6.2.1—3所示。

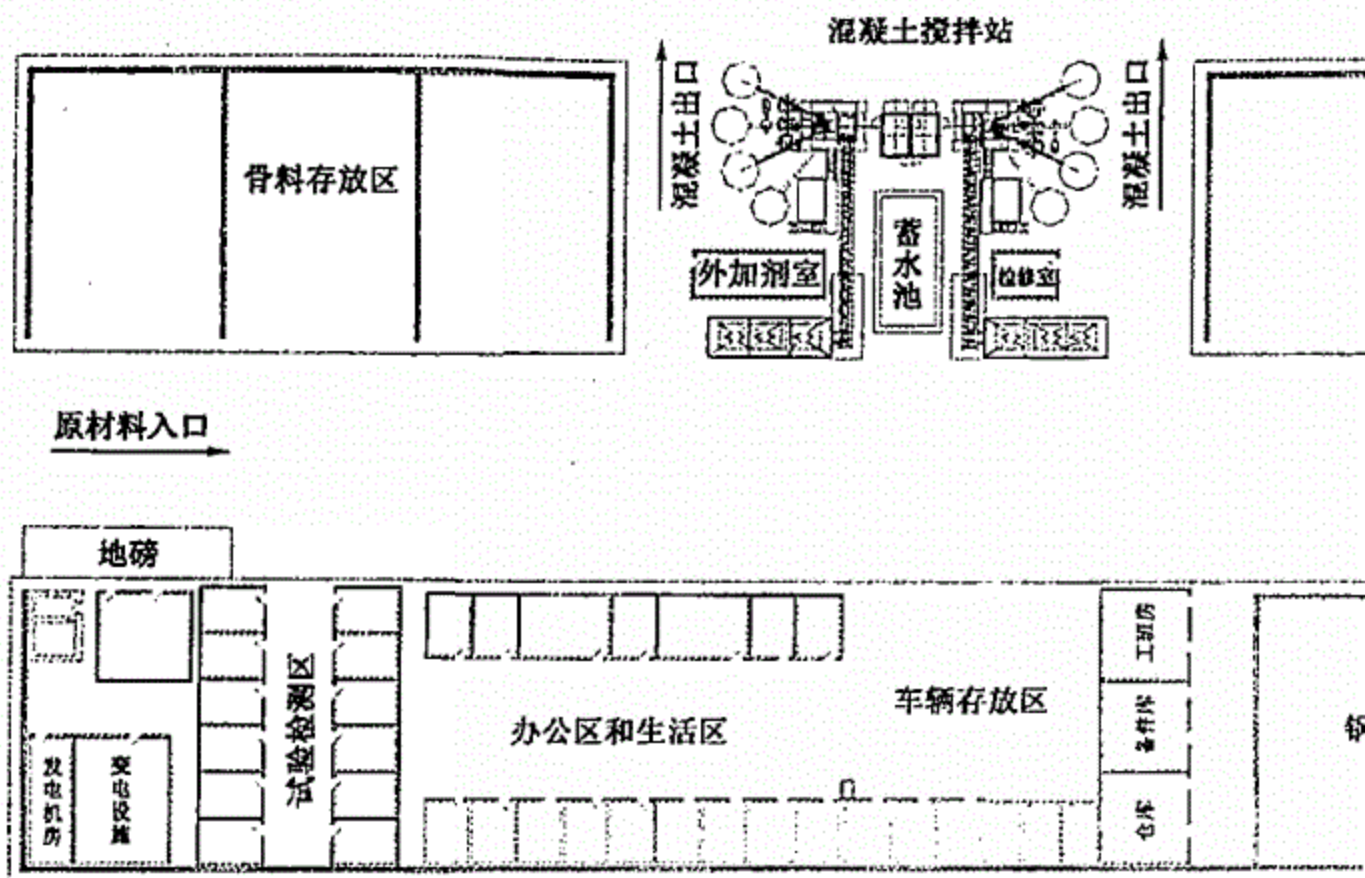


图 6.2.1—1 “一”形拌和站平面布置示意图

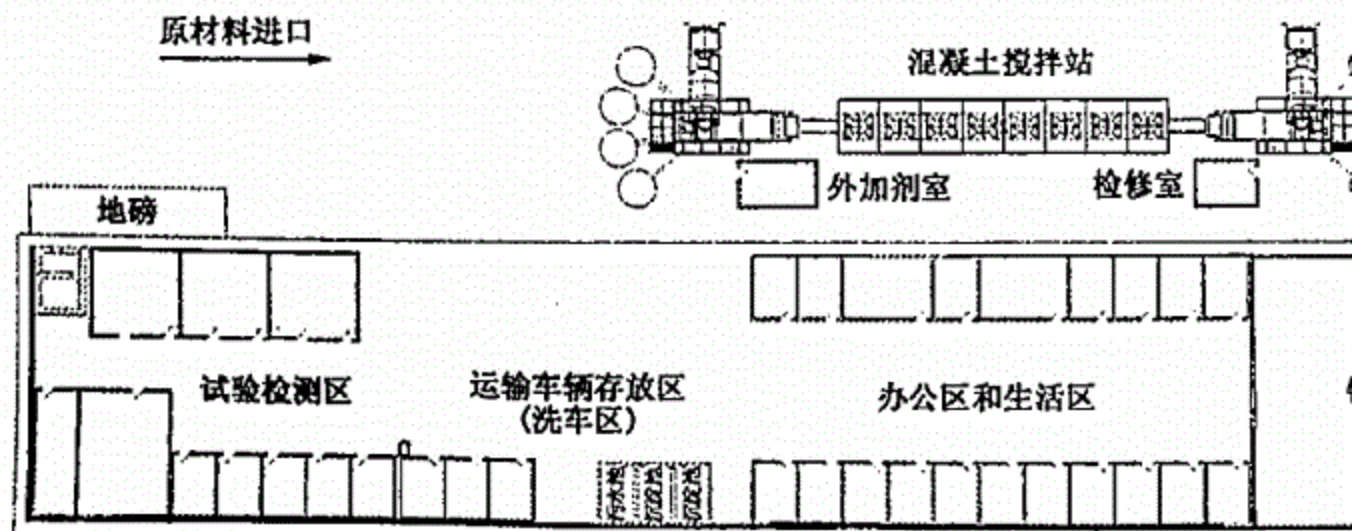
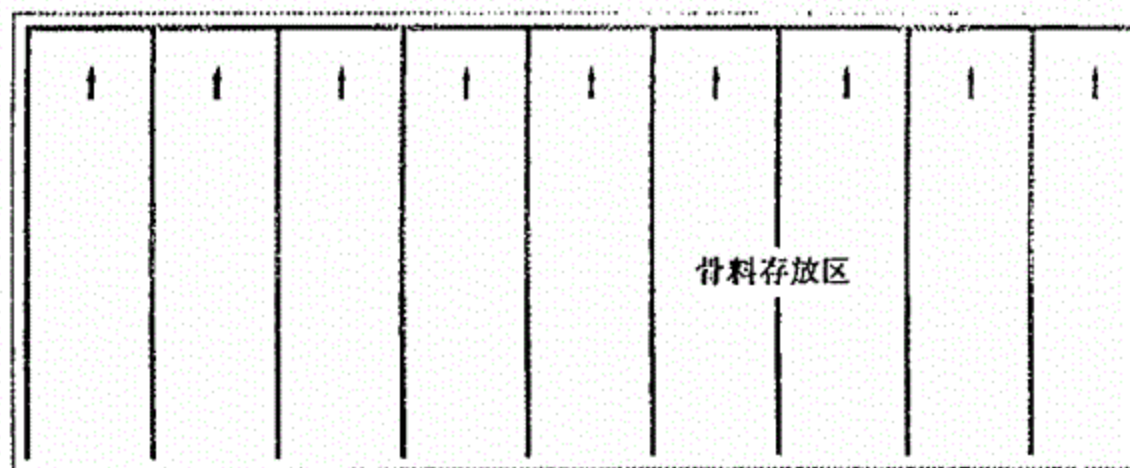


图 6.2.1—2 “二”形拌和站平面布置示意图

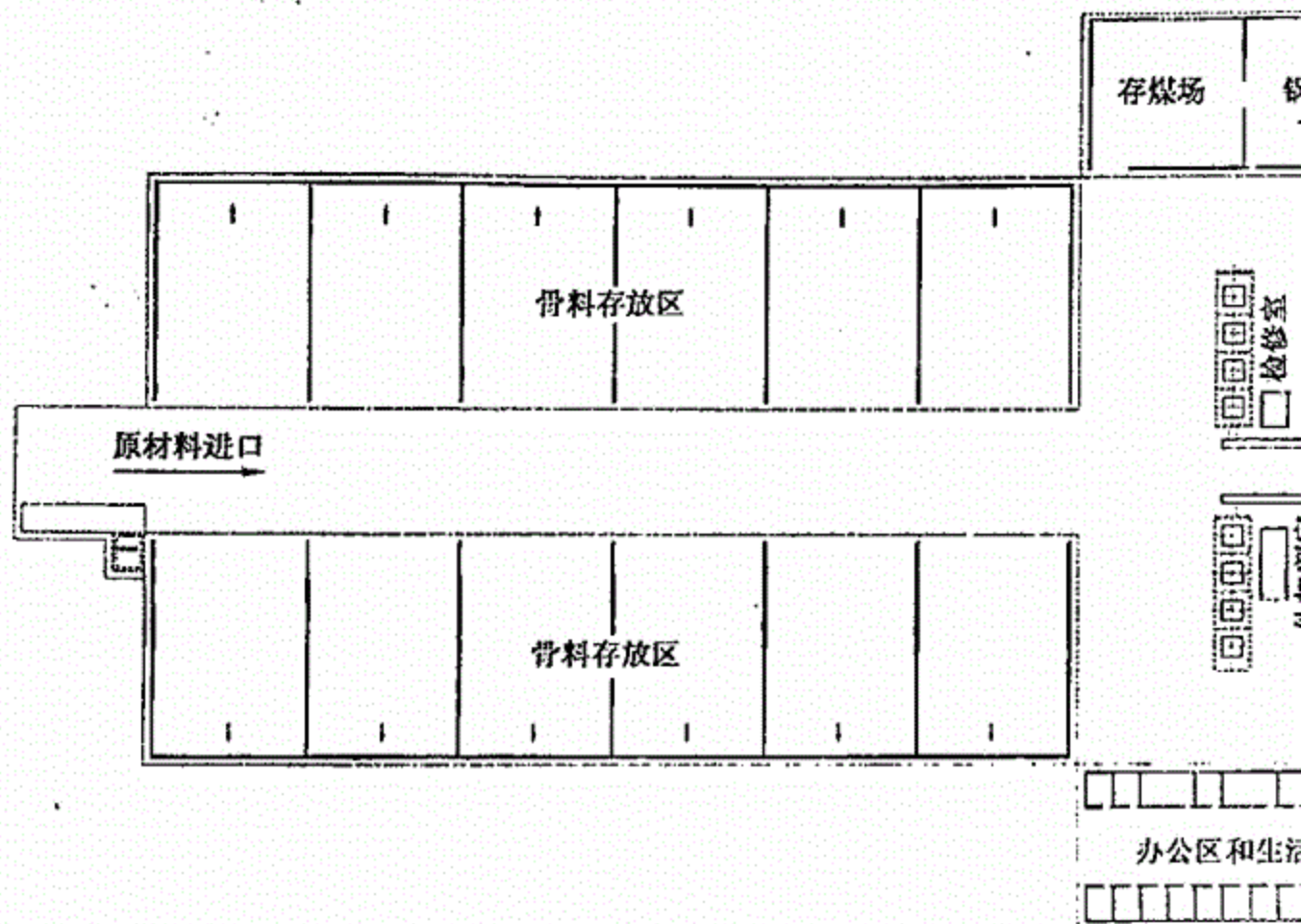


图 6.2.1—3 “L”形拌和站平面布置示意图

6.2.2 拌和站的生产能力应根据搅拌机的生产率和数量、工作班数、生产不平衡度等确定。

1 线下工程拌和站的理论生产率可按下式计算:

$$Q_h = n \cdot Q_z \quad (6.2.2-1)$$

式中 Q_h ——拌和站理论生产率(m^3/h);

n ——搅拌机的数量;

Q_z ——根据搅拌周期确定的单台搅拌机生产率(m^3/h)。

2 线下工程拌和站的日生产能力可按下式计算:

$$Q_d = a \cdot C \cdot t \cdot Q_h \quad (6.2.2-2)$$

式中 Q_d ——拌和站日生产能力(m^3/d);

a ——日生产能力不均衡系数,可取 0.5~0.8;

C ——每日有效工作班数;

t ——每班有效工作小时数;

Q_h ——拌和站理论生产率(m^3/h)。

3 线下工程拌和站的年生产能力可按下式计算:

$$Q_y = K \cdot y \cdot Q_d \quad (6.2.2-3)$$

式中 Q_y ——拌和站年生产能力($m^3/年$);

K ——年生产能力不均衡系数,可取 0.65~0.75;

y ——年有效工作天数;

Q_d ——拌和站日生产能力(m^3/d)。

6.2.9 《建筑施工机械与设备混凝土搅拌站(楼)》GB/T 10171—2016 第 6 章规定了搅拌站的试验包括空运转试验、性能试验、可靠性试验,第 6.4 节性能试验中,规定了加载试验、理论生产率测试、坍落度测试、搅拌时间测试、混凝土残留率的测试、组分动态精度测试、混凝土匀质性测试、瞬时超载能力测试、供水装置性能测试、噪声测试、粉尘浓度测试、混凝土试块强度试验共计 12 项。其中混凝土匀质性测试在拌和站每次安装调试后都要进行。

6.3.1 铁路混凝土中掺合料多为粉煤灰和矿渣粉;为了使混凝土

中矿渣粉与粉煤灰添加总量可控,所用水泥中的混合材宜为矿渣粉或粉煤灰。水泥颗粒过细,水泥熟料中 C_3A 含量过高,水泥的水化速度过快,水化热集中释放,导致混凝土收缩增大、抗裂性降低,对混凝土耐久性不利。因此,应该对水泥的比表面积及 C_3A 含量加以限制。《通用硅酸盐水泥》GB 175 中用比表面积来评价普通硅酸盐水泥的细度,规定了最小比表面积,本规程对硅酸盐水泥与普通硅酸盐水泥比表面积的上限进行限制,规定为不大于 $350 \text{ m}^2/\text{kg}$ 。水泥中的碱含量过高不仅容易引发混凝土的碱—骨料反应,而且增加混凝土的开裂倾向,因此不宜采用碱含量过高的水泥。考虑到对混凝土入模温度的要求,本规程中虽然未对水泥入仓温度进行控制,但实际施工过程中应对水泥的入仓温度进行限制。

硫酸盐对混凝土的化学腐蚀是一个长期的过程,研究表明胶凝材料 28 d 抗蚀系数往往大于 1,因此,将胶凝材料抗蚀系数的龄期修改为 56 d。

6.3.2 基于技术可行性和经济性,铁路混凝土工程中所用的掺合料以矿渣粉、粉煤灰为主,也可使用硅灰。在一些特殊场合,必须使用新型矿物掺合料,如煅烧高岭土、沸石粉、碳酸盐类掺合料或硅质掺合料,应由试验证明掺这些掺合料混凝土的耐久性满足要求,并要通过部级评审方可使用。

采用烧失量大的粉煤灰配制的混凝土工作性差(坍落度损失大、不易捣实)、强度效应差(波特兰效应降低)以及耐久性差(封孔固化和致密效应降低)。因此,对粉煤灰的烧失量应予重点控制。粉煤灰中未燃烧颗粒对外加剂具有很大的吸附作用,尤其对引气剂,冻融环境下应严格控制粉煤灰中的烧失量,严重冻融破坏环境下混凝土所用粉煤灰烧失量不宜大于 3.0%。硫酸根离子、 CaO 与 C_3A 会生成钙矾石,钙矾石体积膨胀会导致混凝土的破坏,应选择低钙粉煤灰。

矿渣粉越细,活性越高,其收缩也随之增加。从减少混凝土收缩开裂方面考虑,磨细矿渣粉的比表面积以不超过 $500 \text{ m}^2/\text{kg}$ 为

宜,最好不超过 $450 \text{ m}^2/\text{kg}$ 。生产和销售磨细矿渣粉时,如果掺有石灰石粉,应当说明其掺量。

在水灰比不变的情况下,掺入硅灰可明显提高混凝土的强度、抗化学腐蚀性和耐磨性,但由于硅灰活性高,不利于减少温度变形,并且增大混凝土自收缩,因此,当有特殊需要需使用硅灰时,宜与其他矿物掺合料同时掺用,且其掺量不宜过大,一般不超过胶凝材料的 8%。

在低于 5°C 、有硫酸盐存在并与水接触的环境中,碳酸钙可生成没有强度的膏状水化碳硫硅酸钙(硅灰石膏, thamasite)。在硫酸盐侵蚀环境下,不得使用石灰石粉作为掺合料。

6.3.3、6.3.4 采用专门机组生产的机制砂,具有很好的粒形,且因在磨制前已被清洗,故其含泥量较低,可以用来配制高性能混凝土。山砂是由开挖山体浅层风化岩经筛选而得,含泥量高、风化严重,故不提倡使用。海砂中的有害物氯离子虽然可用淡水冲洗除去,但目前冲洗成本高,质量控制困难,因此,本规程中规定不得使用。

机制砂中的石粉不同于黏土、泥块,少量石粉在混凝土中有调整和易性、提高混凝土韧性的有利作用。本规程对机制砂的级配、石粉含量的规定主要参考国家现行标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 和《建设用砂》GB/T 14684 制定。

水、混凝土中的碱、活性骨料是发生碱—骨料反应的三个必要条件。为预防混凝土发生碱—骨料反应,处于潮湿环境中的混凝土结构应尽量采用砂浆棒或岩石柱膨胀率小于 0.10% 的非碱活性骨料。

粗骨料在运输和装卸过程中,其级配可能发生变化。为了确保骨料具有良好的级配,一个有效又可行的技术措施是采用多级配石,如采用二级配石或三级配石。使用过程中可通过对粗骨料实行分级采购、分级存贮、分级计量,配合比试配时再确定各级配石的具体用量,以使骨料具有尽可能小的空隙率,从而降低混凝土

的胶凝材料用量。降低粗骨料空隙率的另一个有效措施是采用反击式、锤式破碎机生产骨料,可以获取更多球形粒形的骨料产品。用这种骨料配制的混凝土,其工作性可以得到进一步的改善,因而也是骨料生产工艺改进的一个方向。

根据铁路混凝土用粗骨料应采用二级或三级级配,并应满足分级采购、分级运输、分级堆放、分级计量的要求。为加强粗骨料质量的过程控制,完善控制流程,特提出混凝土用粗骨料的含泥量、泥块含量应分级检验,不合格的分级骨料不得用于混凝土施工。当由粗骨料的含泥量、泥块含量引发工程质量争议时,可按使用分级比例混合后骨料的泥块含量、含泥量是否满足技术要求,对工程质量进行判定。

混凝土的耐磨性决定于它的强度与硬度,特别是面层混凝土的强度与硬度。磨蚀环境下宜采用高 C_3S 的水泥,除此之外,骨料的强度和硬度是影响磨蚀环境下混凝土的关键,磨蚀环境下,宜选择硬质骨料,如花岗岩、闪长岩等。

6.3.5 掺外加剂是制备高性能混凝土的关键技术之一。外加剂的性能品质、匀质性和与水泥的相容性是成功配制高性能混凝土的基本条件。由于目前外加剂品种繁多,产品质量参差不齐,市场管理又比较混乱,选用时,一定要注意不同外加剂的使用功能、特点。外加剂不但要与基准水泥还应与工程所用水泥具有良好的相容性。

本规程规定减水剂的含气量不大于 3.0%,其目的是确保生产减水剂时采取先消泡再引气的工艺。目前部分减水剂生产厂家在生产减水剂过程中未采用先消泡后引气的工艺,导致混凝土中引入了大量直径大且不稳定的劣质气泡,造成混凝土含气量经时损失大,不能保证混凝土抗冻性的要求,且混凝土表面气孔较多。含气量要求大于等于 4.0% 的混凝土应采取减水剂和引气剂双掺的技术措施。为了减少由于收缩而引起的混凝土开裂,结合目前高效减水剂的生产技术水平,本规程中将高效减水剂的收缩率比

规定为不大于 125%。

6.3.6 提高混凝土的耐久性,尤其是抗冻性,引气剂起到十分重要的作用。混凝土中掺入少量引气剂后,就能使每方混凝土中引入数万亿个微小气泡,使混凝土的抗冻融性能大大提高。国内外大量研究表明,混凝土中掺加引气剂后,对混凝土的工作性和匀质性有所提高。引气剂不仅能减少混凝土的用水量,降低泌水率,更重要的是混凝土引气后,水在拌和物中的悬浮状态更加稳定,因而可以改善骨料底部浆体泌水、沉陷等不良现象。因此适量引气是配制抗冻高性能混凝土的重要手段之一。引气剂所引气泡的直径及稳定性对混凝土的性能影响很大,因此,选择引气剂时,要检测引气混凝土的气泡间隔系数,研究表明,当混凝土中气泡间距系数小于 $300\ \mu\text{m}$ 时,混凝土抗冻性较高。引气剂的掺量一般为减水剂掺量的 1% 左右,掺量小,现场直接掺入时较难计量,针对这一情况,可对引气剂进行稀释,如按 1:99(引气剂:水)比例进行稀释后再掺入。

6.3.7 国家现行标准《混凝土用水标准》JGJ 63 对拌和水中有害物含量和拌和水对混凝土凝结时间和强度的影响要求作出了具体规定。拌和水的碱含量是新增要求,主要是为了控制混凝土的可溶性总碱含量,具体指标参考《混凝土用水标准》JGJ 63 制定。

混凝土的水化产物只有在碱性条件下才能稳定存在,所用拌和水如果酸性较强不利于水化产物的稳定,将拌和水的 pH 值由“ ≥ 4.5 ”调整为“ ≥ 6.5 ”。

6.4.1、6.4.2 混凝土配合比选定的好坏,直接关系到结构物的寿命和整个工程的经济效益。

混凝土的配制强度系按现行《铁路混凝土强度检验评定标准》TB 10425 的规定。混凝土强度标准差应由强度等级相同,且混凝土配合比和施工工艺条件基本相同的混凝土标准试件经统计求得。考虑到目前混凝土生产单位的质量管理水平,强度标准差取中等水平。

混凝土的早期强度越高,混凝土早期开裂的可能性越大。为了克服混凝土的这一不足,充分发挥矿物掺合料的后期火山灰效应,宜按 56 d 龄期作为混凝土标准强度的验收龄期。

混凝土的抗裂性对于抵抗环境作用侵蚀甚为重要,我国现行标准中还没有对水泥(胶凝材料)或混凝土抗裂性检验的规定。通过传统的混凝土干燥收缩试验所获得的收缩数据,并不能全面评价混凝土的抗裂性能,因为后者还取决于混凝土的抗拉强度、弹性模量特别是徐变或约束状态下的应力松弛能力。采用收缩时受约束的环形试件和平板试件来评定混凝土的抗裂性可在一定程度上克服这些缺点,而且方法简便,但不能用作定量分析,只能用于不同原材料和配比混凝土之间的相对比较。

本规程明确了不同环境条件下、不同水胶比混凝土矿物掺合料的掺量范围,特别指出的是表 6.4.2—1 中所列矿物掺合料掺量是单掺一种矿物掺合料的掺量。当水胶比大(>0.4),矿物掺合料掺量应减少;当水胶比小(≤ 0.4),矿物掺合料掺量应增大。以矿渣和粉煤灰为代表的掺合料赋予混凝土高工作性能、高耐久性、高体积稳定性,已经达成共识,因此矿物掺合料已经成为铁路混凝土的必要组分。考虑到矿物掺合料对混凝土力学性能的影响,在碳化环境、氯盐环境、冻融破坏环境、盐类结晶破坏环境以及磨蚀环境对矿物掺合料掺量规定了最大值,根据不同水胶比对掺合料掺量进行不同限值的规定。在化学侵蚀与氯盐环境下,矿物掺合料能够大幅度地提高混凝土的抗蚀性,在混凝土制备时必须添加矿物掺合料,本规程规定了矿物掺合料的掺量范围,给出了矿物掺合料的最低掺量,要求在氯盐环境和化学侵蚀环境性的混凝土必须添加矿物掺合料。矿物掺合料的掺量主要参考美国《混凝土结构设计规范》ACI 318 与《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476。

配合比设计是确保混凝土耐久性最关键的环节,水胶比与最小胶凝材料用量限值是保证混凝土耐久性所需要的抗渗性与力学性能的重要技术参数。由于混凝土拌和时的用水量在其浇筑成型

后被水化结合的很少,大量游离水随后成为混凝土的薄弱环节,给混凝土的开裂和耐久性带来不利影响。近年来,从机理到工程应用都可以证实,控制混凝土拌和物最大用水量可以有效地改善其各项性能。

碳化环境:混凝土碳化,一方面与 CO_2 在混凝土中的扩散速度密切相关,其取决于混凝土的孔隙率和孔隙结构,即取决于混凝土的水胶比;另一方面还与混凝土吸收 CO_2 的能力有关,这主要取决于混凝土内 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的储备,而混凝土中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的数量由胶凝材料中 CaO 含量决定。碳化环境下,当采用能够减水的掺合料配制混凝土时,这种混凝土也具有较强的抗碳化能力,但对于水胶比较大的混凝土,矿物掺合料掺量不宜过大。

氯盐环境:海工工程实践表明,低水胶比的掺加掺合料混凝土比同水胶比的硅酸盐水泥混凝土具有更高的抗氯盐侵蚀性能,因此,氯盐环境下,不宜单独使用硅酸盐水泥作为胶凝材料。严重腐蚀的氯盐环境下宜采用大掺量掺合料混凝土(胶凝材料中含有较大比例的粉煤灰、磨细矿渣和硅灰等矿物掺合料,需要采取较低的水胶比和特殊施工措施的混凝土),大掺量掺合料的混凝土应配合良好的养护和保护措施。除与冻融破坏环境耦合外,掺合料的掺量宜在 40% 以上。

化学侵蚀环境:提高混凝土耐硫酸盐化学侵蚀的主要技术措施有三条,即,第一是选择耐硫酸盐性能良好的水泥,主要是水泥熟料矿物中 C_3A 的含量尽量少,如高抗硫水泥 C_3A 含量小于等于 3%,中抗硫水泥 C_3A 含量小于等于 5%;第二是掺加矿物掺合料,一般掺量不得少于 40%,随着掺合料掺量的增加,混凝土耐蚀性能提高;第三是通过掺加高效减水剂,降低混凝土的单方用水量,提高混凝土抗渗性和强度。也有研究表明,引气能有效抑制或减缓混凝土在硫酸盐化学侵蚀和硫酸盐结晶引起的膨胀,即显著降低硫酸盐结晶造成的混凝土抗折强度降低及表面剥蚀。在硫酸盐较为富集的情况下,石灰石与硫酸盐在较低的温度下易产生碳硫

硅钙石破坏,因此,化学侵蚀环境下,不得使用石灰石作为掺合料。

盐类结晶破坏环境:干湿交替情况下,如水中的 SO_4^{2-} 浓度大于 200 mg/L,或土中 SO_4^{2-} 浓度大于 1 000 mg/kg,就有可能损害混凝土。地下水、土中的硫酸盐渗入到混凝土的内部,并在一定条件下使得毛细孔水溶液中硫酸盐浓度不断积累,当超过饱和浓度时就会析出盐结晶而产生很大的压力,导致混凝土破坏。采用适当引气可以适当释放硫酸盐结晶破坏压力。因此,盐类结晶破坏环境下,宜使用引气混凝土。

冻融破坏环境:多年来的工程实践表明,提高混凝土抗冻性的技术途径有两方面,其一是提高混凝土的密实度或强度;其二是适当引气。引气混凝土具有较高抗冻性的事实已被证实。但也有实践表明高强混凝土用于严重冻融环境即使不引气也没有发生破坏。考虑到引气不仅能够提高混凝土的抗冻性,而且能够改善混凝土的工作性能;另外,高强混凝土黏度大、施工困难。本规程规定了冻融环境下,混凝土的含气量要求。气泡大小与气泡稳定性是评价引气剂的主要指标,本规程提出了采用气泡间距系数来控制引入到混凝土内部的气泡质量,从而确保混凝土中所引入的气泡微细、均匀、稳定。

磨蚀环境:混凝土的抗磨蚀性能主要取决于混凝土的强度与骨料的强度、硬度和韧性,这就对磨蚀环境下混凝土的原材料提出了特殊的要求,尤其是骨料和胶凝材料方面。参照 ACI201.2R-08、欧洲标准和水工混凝土相关标准,对磨蚀环境下原材料、掺合料最大掺量限值以及水胶比、最低强度等级和胶凝材料用量应予以规定。ACI 201.2R-08 建议混凝土采用较低的水胶比(小于 0.45),以便改善表面砂浆的强度和耐磨性。《水工建筑物抗冲磨防空蚀混凝土技术规范》DL/T 5207 中提出抗磨蚀混凝土水胶比应小于 0.4,宜掺加硅灰,且应同时掺加补偿早期收缩的膨胀剂或减缩剂。

本规程对混凝土最大水胶比和最低胶凝材料用量的要求基本上与国内外混凝土规范的规定基本相同。

混凝土中氯离子含量是指混凝土中各种原材料带进混凝土的氯离子总含量。当氯离子含量在钢筋周围达到某一临界值时,钢筋的钝化膜开始破坏,丧失对钢筋的保护作用,钢筋开始锈蚀。在氯盐环境下,环境中的氯离子还会不断地渗入到混凝土内部,聚集到钢筋表面,混凝土原材料中的氯离子含量应尽可能地小;对于预应力混凝土结构,由于预应力筋对氯盐腐蚀非常敏感,更容易发生腐蚀,应该更严格控制混凝土中氯离子含量。为保证混凝土的耐久性,本规程对钢筋混凝土和预应力混凝土的氯离子含量限值分别提出要求。关于引起钢筋锈蚀的氯离子临界值尚未有明确的量值,较为统一的认识是占胶凝材料质量的 0.35%~1%。也有规范是用每立方米混凝土中氯离子含量来限制,如日本土木学会编写的《混凝土标准规范》规定,一般钢筋混凝土和后张预应力混凝土,混凝土中氯离子总量小于 0.6 kg/m^3 ;对于耐久性要求特别高的钢筋混凝土和后张预应力混凝土,在可能发生盐害和电腐蚀的场合以及采用先张预应力混凝土的场合,混凝土中氯离子总量应小于 0.3 kg/m^3 。日本《预拌混凝土》JIS 5308 中规定,混凝土的氯化物含量,在卸货地点,氯离子含量必须小于 0.3 kg/m^3 ;但在得到购货者同意时,可在 0.6 kg/m^3 以下。美国《固定式离岸混凝土结构设计与施工指南》ACI 357 规定:混凝土拌和物中可溶性氯离子总含量不得超过胶凝材料质量的 0.1% (钢筋混凝土) 和 0.06% (预应力混凝土)。本规程对氯离子控制指标与 ACI 357 一致。

混凝土中过量的硫酸根离子,在铝酸三钙(C_3A) 剩余以及有水存在的情况下,会发生反应,延迟生成钙矾石。由于钙矾石在形成过程中,体积膨胀,导致硬化混凝土开裂,这一反应也被称为内部硫酸盐腐蚀。防止钙矾石延迟生成的主要途径是降低养护温度,限制水泥中硫酸盐和 C_3A 含量,避免混凝土在使用阶段与水接触。本规程将混凝土中 SO_3 含量限制在胶凝材料的 4% 以下。

掺外加剂是制备高性能混凝土的关键技术之一。外加剂的性

能品质、匀质性和与水泥的相容性是成功配制高性能混凝土的基本条件。由于目前外加剂品种繁多,产品质量参差不齐,市场管理又比较混乱,选用时,一定要注意不同外加剂的使用功能和特点。外加剂不但要与基准水泥还应与工程所用水泥具有良好的相容性。

适量引气能够提高混凝土的抗冻性能,同时能够改善混凝土的其他性能。混凝土引气的方式有两种,一种是掺加引气型减水剂,一种是减水剂和引气剂双掺。客运专线高性能混凝土前期施工采用掺加引气型减水剂的方式引气,但在过程中发现掺加引气型减水剂引入的气泡质量较差,混凝土结构物表面气孔较多。本次修订在参考国内外相关标准的基础上,明确引气混凝土采用减水剂和引气剂双掺的方式引气,控制减水剂的含气量不大于3.0%。为了减少由于收缩而引起的混凝土开裂,结合目前高效减水剂的生产技术水平,本规程中将高效减水剂的收缩率比规定为不大于125%。

对于非主体结构混凝土用外加剂,也可采用满足现行《混凝土外加剂》GB 8076 和有关行业标准的相关规定的产品。

非引气混凝土的抗冻性能主要与水胶比(强度)有关,另外与浆体含量也有一定关系,但即使是C60级的高强混凝土,在严重的冻融条件下也难免冻蚀,只有水胶比非常低、强度高达C80级的超高强混凝土才是例外。所以,只有引气才是提高混凝土抗冻能力的最有效手段。其次,矿物掺合料对混凝土抗冻性有一定影响,宜通过试验确定。通常情况下,掺加硅粉有利于抗冻;在低水胶比前提下,适量掺加粉煤灰和矿渣对抗冻能力的影响也不大,但应严格控制粉煤灰的品质,特别要尽量降低粉煤灰的烧失量,后者对含气量有很大影响。

6.4.5 根据京沪高速铁路及各客运专线混凝土实施情况,混凝土用粗骨料的级配以及细骨料的细度模数在一定范围内会产生波动,引气剂、减水剂的使用效果受混凝土材料品质波动、环境温度

的变化等因素影响较大。因此,混凝土配合比可根据实际检测情况对分级骨料的比例、砂率、引气剂和减水剂掺量进行适当调整。具体要求如下:

分级骨料的比例调整:骨料品质应满足本规程的要求,调整配合比混凝土坍落度应在原理论配合比设计坍落度 ± 10 mm 范围内,调整配合比混凝土含气量应满足本规程入模含气量的要求,且调整配合比混凝土出机含气量与原配合比混凝土设计出机含气量之差在 $\pm 0.5\%$ 范围内。

砂率的调整:骨料品质应满足本规程的要求,砂率调整范围不得超过 1%,调整配合比混凝土坍落度应在原理论配合比设计坍落度 ± 10 mm 范围内,调整配合比混凝土含气量应满足本规程入模含气量的要求,调整配合比混凝土出机含气量与原配合比混凝土设计出机含气量之差在 $\pm 0.5\%$ 范围内。

引气剂掺量的调整:调整配合比混凝土坍落度应在原理论配合比设计坍落度 ± 10 mm 范围内,调整配合比混凝土含气量应满足本规程入模含气量的要求,调整配合比混凝土出机含气量与原配合比混凝土设计出机含气量之差在 $\pm 0.5\%$ 范围内。调整配合比混凝土凝结时间与原理论配合比混凝土凝结时间之差应在 ± 60 min 范围之内。

减水剂掺量的调整:减水剂掺量调整范围为胶材用量的 $\pm 0.1\%$,调整配合比混凝土坍落度应在原理论配合比设计坍落度 ± 10 mm 范围内,调整配合比混凝土含气量应满足本规程入模含气量的要求,调整配合比混凝土出机含气量与原配合比混凝土设计出机含气量之差在 $\pm 0.5\%$ 范围内。调整配合比混凝土凝结时间与原理论配合比混凝土凝结时间之差应在 ± 60 min 范围之内。

6.5.2 采用强制式搅拌机拌制的混凝土质量比较均匀,搅拌机的功率大、效率高,混凝土拌和物的质量也相对稳定。采用电子计量系统也是为了保障拌和物的质量稳定。

6.6.7 混凝土的运输时间也可参考说明表 6.6.7 的规定。

说明表 6.6.7 混凝土拌和物运输时间限值(min)

施工时段最高气温(℃)	无搅拌运输	有搅拌运输
>30	30	60
≤30, >20	45	75
≤20, >10	60	90
≤10, ≥5	60	105
<5	30	60

6.7.2 混凝土温度控制的原则是:(1)升温不要太早和太高;(2)降温不要太快;(3)混凝土中心和表面之间、新老混凝土之间以及混凝土表面和气温之间的温差不要太大。温度控制的方法和制度要根据气温(季节)、混凝土内部温度、构件尺寸、约束情况、混凝土配合比等具体条件来确定,不能不管条件采取千篇一律的方式和方法。在气温很高的夏季,如果对混凝土的温升不加控制,即使掺用了矿物掺合料,温升也会很高,而且到达温峰的时间很快,这时就不宜在浇筑后的升温阶段采取保温措施来减小温差,而应该遏制温度的上升,比如对模板进行预冷,并在浇筑过程中不间断冷却模板。

混凝土的人模温度宜根据气温调整。降低入模温度对控制混凝土的裂缝非常重要。同样的混凝土,入模温度高的其温升值要比入模温度低的大许多。在气温很高时,更应采取措施设法降低混凝土的人模温度。但是如果入模温度降得太多,则接触气温的表面比内部硬化得快,等到内部升温而膨胀时,表面产生拉应力容易开裂。因此冬天用热混凝土比夏季用冷混凝土有利。夏季在降低入模温度的同时,还要冷却模板并注意使混凝土表面避免日晒。

混凝土的分层厚度可参考说明表 6.7.2 中的数值。

说明表 6.7.2 混凝土的浇筑层厚度

振捣方法		浇筑层厚度(cm)
插入式振动		振捣器作用部分长度的 1.25 倍
表面振动	无筋或配筋稀疏的结构	25
	配筋较密的结构	15
附着式振动		30

注:表列规定可根据结构物和振捣器型号等情况适当调整。

6.9.3、6.9.7 控制混凝土的各种温差主要是为了防止温差过大引起混凝土产生裂缝。混凝土养护要注意湿度和温度两个方面。养护不仅是浇水保湿,还要注意控制混凝土的温度变化。在保湿养护的同时,应该保证混凝土表面温度与内部温度和所接触的大气温度之间不出现过大的差异。采取保温和散热的综合措施,可以防止温降和温差过大。

6.9.4、6.9.5 混凝土掺加矿物掺合料后,早期的强度发展速度有所放慢,对温度和湿度的敏感程度显著,应特别注意带模养护时间。混凝土带模养护周期与环境温度、混凝土 3 d 和 28 d 强度比有关,有条件时应尽量延长带模养护时间。对于较大厚度的构件,由于水化热会使温度持续升高,如果气温不是过低,则在浇筑后的初始几小时内宜散热(但仍要保湿,如用薄膜覆盖),在炎热气候下有塑料薄膜覆盖时可在薄膜外面适当喷洒凉水。当混凝土表面已结硬或处于降温阶段则要保温覆盖以降低降温速率,使混凝土表面与内部和大气的温差不要过大。水胶比低的混凝土,浇筑一结束就要保持混凝土中水分不受损失,对水平构件应立即用塑料薄膜紧密覆盖表面,对垂直构件要立即封住顶面并在混凝土达到一定强度时及早松开模板,从顶面注水养护。

6.10.2、6.10.3 拆模时,混凝土应具有一定的强度,表面及棱角不能因为拆模而受损,其不同结构对拆模时混凝土应具备的强度要求不一致,因此,拆模强度应满足相关专业规范的要求。大风或

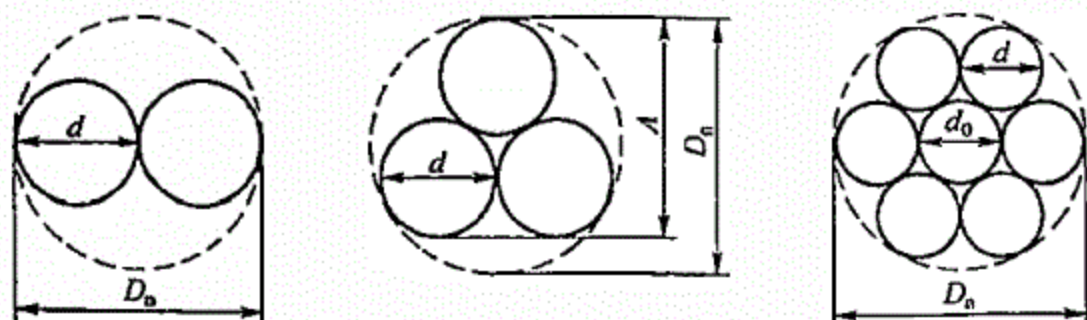
气温急剧变化时不宜拆模。混凝土内部开始降温以前以及混凝土内部温度最高时不得拆模。拆除模板或撤除保温防护后,如表面温度骤降,混凝土就可能会产生龟裂。只有当混凝土任何部位的温度都处于逐渐下降状态时才能撤除保温防护。大体积混凝土不能降温过快,因为当混凝土内外存在温差时,表面骤冷的混凝土产生裂缝的可能性很大。混凝土采用干热保温时,必须补充足够的水分。

7.1.3 预应力工程中,结构的施工顺序与施加预应力的关系影响构件内建立的预应力,且影响结构中非预应力构件,所以,必须按施工组织设计规定施工,准确实现设计意图。大跨度预应力结构,对施工偏差较敏感,过大的偏差进而可能影响结构的安全度,如果设计单位或建设单位认为有必要,可进行必要的施工阶段结构的监测。

7.1.4 灌浆质量的检测比较困难,详细填写有关灌浆记录,有利于灌浆质量的把握和今后的检查,灌浆记录内容一般包括灌浆日期、水泥品种、强度等级、配合比、灌浆压力、灌浆量、灌浆起始和结束时间,以及灌浆出现的异常情况及时处理情况等。

7.2.7 铁路大跨度桥梁使用锚具的孔数超过了 21 孔,故本规程对于锚具规格的规定扩大到 27 孔,已基本满足铁路桥梁的需要。

7.2.9 为防止用错限位板,在使用之前应测量钢绞线直径,并和限位板上的标记核对。钢绞线的直径应用分度值为 0.02 mm 的量具测量。1×2 结构钢绞线的直径应测量说明图 7.2.9(a)所示的 D_n 。



(a) 1×2 结构钢绞线外形示意图 (b) 1×3 结构钢绞线外形示意图 (c) 1×7 结构钢绞线外形示意图

说明图 7.2.9 钢绞线外形示意图

值,1×3 结构的钢绞线应测量说明图 7.2.9(b)所示的 A 值,1×7 结构钢绞线直径应测量说明图 7.2.9(c)所示的 D_n 值。在同一截面不同方向上测量两次取平均值。

7.2.15 考虑到预应力束锚后最大拉应力出现在螺旋筋包围的混凝土区域,部分甚至超出了混凝土极限抗拉强度,但由于有螺旋筋套箍作用,混凝土收到一定保护作用。因此,在螺旋筋的安装过程中应保证螺旋筋与锚垫板同心。

考虑到预应力束锚后混凝土压拉正应力较高且存在较重的应力不均匀现象,因而在结构设计中一般要求在锚后混凝土中配置局部加强钢筋以消减预应力对混凝土的局部影响,并且要求选择合理的预应力束锚固位置以减小锚后混凝土的应力不均匀现象。特别是底板束锚固不能太集中,宜分散在不同地方锚固,以控制锚下局部应力和腹板局部主拉应力。

7.3.2 为了保证灌浆质量,管道的直径至少应比预应力筋直径大 6 mm~10 mm,且当预应力筋是成束张拉时,管道的面积至少应大于预应力筋面积的 2.5 倍,通常可取 3 倍~4 倍。

7.3.3 定位钢筋有两种形式,一是井字形,管道穿入井字内,四个方向依靠钢筋限位;二是十字形,管道靠在十字处,用钢筋绑扎铁线固定。第二种形式在混凝土浇筑时极易被振捣器破坏,造成管道上浮、旁移,从而增大孔道摩阻系数。

圆截面金属波纹管的连接采用大一规格的管道连接,其工艺成熟,现场操作方便,但必须保证两端旋入长度尽量一致。扁形金属波纹管无法采用旋入连接工艺,通常也可采用更大规格的扁管套接工艺。

锚垫板尾部与波纹管的连接处容易出现脱开、漏浆等问题,所以应特别重视,采用可靠的连接和封闭措施,防止混凝土浇筑时出现移位或滑脱。

完整良好的成孔质量是张拉和灌浆质量保证的前提条件之一。灌浆时,从一端注入的水泥浆往前流动,并同时孔道内的空

气从另一端排除,但由于孔道往往呈起伏状,水泥浆不可能像竖向孔道从下往上灌浆一样将孔道截面充满,所以难免出现水泥浆流过而空气未被往前挤压滞留于管道内的情况。当空气滞留于管道内时,将出现灌浆缺陷,形成所谓的月牙缺陷,还可能被泌出的水充满,非常不利于预应力筋的防腐。所以,规定曲线孔道波峰部位设置排气管兼泌水管,该管不仅可排除空气,还可以将泌水集中排除在孔道外。采用金属管或增强塑料管,可以防止混凝土浇筑过程中出现排气管压扁。增强塑料管不应采用 PVC 和再生塑料管,通常可采用钢丝增强塑料管以及壁厚不小于 2 mm 的聚乙烯管。

7.4.4 金属波纹管在现场容易因潮湿环境发生锈蚀,所以应妥善保护,防止锈蚀,防止油污、泥土等污染。此外,油污和泥土会影响波纹管与混凝土之间的黏结力,变形的管道影响预应力筋的穿筋和张拉时的摩擦阻力,所以应予避免。

7.5.1 极差指同组钢丝中最长和最短钢丝的差值。

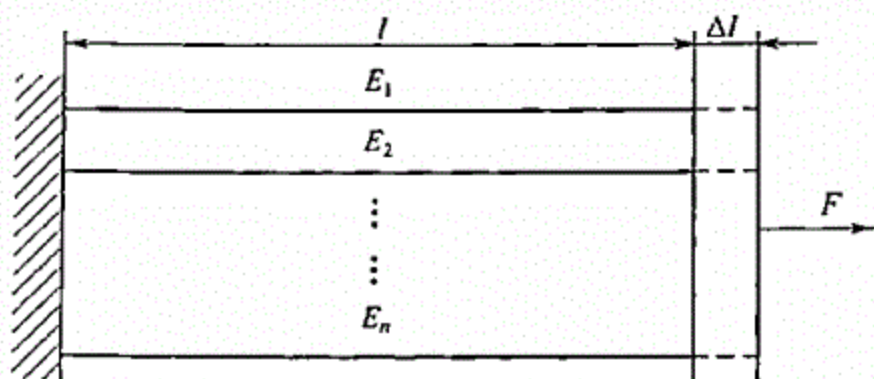
7.5.2 高强预应力钢材属于高碳钢,局部受高温后急冷会使金属变脆易断。制作时应避免焊接或接地电火花损伤预应力筋表面,也不允许周边气割钢材时,高温铁水流淌在预应力筋表面。严禁预应力筋作为电焊接地线。

7.5.3 为了保证梁体同一截面不同位置的预应力的对称和均衡,同一截面上的预应力筋应采用同一厂家、同一规格、同一品种、同一批号的产品。对于同一厂家、同一规格、同一品种、同一批号的不同检验批,实测弹模可能有一定差异,用在同一束内可能会引起单根钢绞线的应力差异,但这种差异不会大到超出钢绞线抗拉计算强度 f_p 。分析如下:

如说明图 7.5.3,设同一束的 n 根钢绞线的弹模分别为 $E_1, E_2, \dots, E_n$,面积为 A (误差忽略),长度为 l (误差忽略),在张拉力 F 作用下伸长值为 Δl 。

对于任一根钢绞线,均有:

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{F_j}{E_j A} = \frac{\sigma_j}{E_j} = k (j = 1, 2, \dots, n) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$



说明图 7.5.3 钢绞线伸长计算模型图

式中 F_j ——单根钢绞线上分配的张拉力。

$$F_j = \sigma_j A (j = 1, 2, \dots, n) \quad \text{..... ②}$$

由①得:

$$\sigma_j = k E_j \quad \text{..... ③}$$

将③代入②得:

$$F_j = k E_j A (j = 1, 2, \dots, n) \quad \text{..... ④}$$

又有:

$$F = \sum_{j=1}^n F_j = \sum_{j=1}^n k E_j A = k A \sum_{j=1}^n E_j \quad \text{..... ⑤}$$

由⑤可得:

$$k = \frac{F}{A \sum_{j=1}^n E_j} \quad \text{..... ⑥}$$

钢绞线平均应力

$$\bar{\sigma} = \frac{F}{nA} \quad \text{..... ⑦}$$

钢绞线平均弹性模量

$$\bar{E} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_j \quad \text{..... ⑧}$$

将⑦、⑧代入⑥得:

$$k = \frac{\bar{\sigma}}{E} \dots\dots\dots ⑨$$

将⑨代入③,则得任一根钢绞线的应力为:

$$\sigma_i = kE_j = \frac{E_j}{E} \bar{\sigma} \dots\dots\dots ⑩$$

因弹性模量误差引起的单根钢绞线应力相对平均应力的误差为:

$$\delta = \frac{\Delta\sigma_i}{\bar{\sigma}} = \left(\frac{1}{E} \Delta E_j - \frac{E_j}{E^2} \Delta E \right) \dots\dots\dots ⑪$$

国家现行标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224—2014 第 7.2.5 条规定,钢绞线弹性模量为 (195 ± 10) GPa,则全体钢绞线服从 $N(195, 10^2)$ 的正态分布,任一钢束则是全体钢绞线母体的简单随机子样,即同一钢束中的每根钢绞线独立同分布,且和母体概率分布相同。则对任一束钢绞线,有:

$$\bar{E} = 195 \text{ GPa}, \Delta E = 10 \text{ GPa}, \Delta \bar{E} = \sqrt{\frac{100}{n}} = \frac{10}{\sqrt{n}}$$

$$\text{设 } n=8, E_i=195 \text{ GPa, 则 } \delta = \frac{10}{195} - \frac{195}{195^2} \times \frac{10}{\sqrt{8}} = 0.033, \text{即由于}$$

弹性模量波动造成的单根钢绞线应力相对单束钢绞线平均应力的误差为 3.3%。

《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB 10092—2017 表 3.3.3 规定预应力筋抗拉计算强度 $f_p = 0.9f_{pk}$, 第 7.4.1 条规定钢绞线的设计锚下控制应力 $\sigma_{con} \leq 0.75f_{pk}$ 。考虑应力误差,则 $\sigma_{con} = 0.75 \times 1.037f_{pk} = 0.778f_{pk} < f_p$ 。因此,不同弹性模量的钢绞线编至一束时是安全的。

但同一束钢绞线必须用同一厂家、同一规格、同一品种、同一批号的产品,因为不同厂家、规格、品种、批号的产品,其限位板的规格尺寸会略有差异,这种差异对预应力钢束传力锚固的影响比较大。

7.5.4 钢丝束采用镦头锚具时,锚具的效率系数主要取决于镦头的强度,而镦头强度与采用的工艺及钢丝的直径有关。冷镦时由于冷作硬化,镦头的强度提高,但脆性增加,且容易出现裂缝,影响强度发挥;大直径的钢丝采用冷镦很难满足强度要求。

7.5.5 预应力螺纹钢筋的张拉锚固或连接接长,全靠螺母锚具的螺纹部分传递预应力,故应保证其有足够多的螺纹参与工作,所以规定本条。

7.5.7 预应力筋穿入孔道,根据其与混凝土浇筑的关系分为先穿束和后穿束。混凝土浇筑前将预应力筋穿入管道内的工艺方法称为先穿束,而待混凝土浇筑完毕再将预应力筋穿入孔道的工艺方法称为后穿束。一般情况下,先穿束工艺占用工期,而且预应力筋在孔道内时间较长,在环境湿度较大的南方地区或雨期比较容易造成预应力筋的锈蚀,进而影响孔道摩擦,甚至影响预应力筋的力学性能;而后穿束工艺可在混凝土强度达到设计强度后施加预应力前,将预应力筋穿入孔道,所以预应力筋在孔道内的时间较短,而且张拉后立即灌浆,其对预应力筋的锈蚀影响可忽略,同时不占用结构施工工期,有利于加快施工速度,是较好的工艺方法。对一端为锚固端,另一端为张拉端的预应力筋,宜采用先穿束工艺;而可两端张拉的预应力筋,宜采用后穿束工艺。

将钢绞线逐根穿入孔道可能造成扭曲,增大松弛量减小整束的平均弹性模量,增大伸长值,不宜提倡。

7.5.9 本条是锚具安装工艺及质量控制规定,主要是保证锚具及连接器能够正常地工作,不致因安装质量问题出现不必要的性能降低。比如,锚具与承压面不垂直时,会导致锚具和预应力筋受力异常,容易造成预应力筋滑脱或提前断裂。

7.5.10 外露预应力筋如果没有采取保护措施,在后续混凝土浇筑施工中容易受混凝土的污染,而且长时间暴露于空气中,容易生锈;而锚垫板喇叭口和排气管口敞开时,容易造成养护水或雨水进入孔道,造成预应力筋和管道的锈蚀,影响张拉摩擦和钢材的力学

性能;同时位于张拉槽内的锚垫板喇叭口不封闭时,甚至可造成混凝土进入,进而影响预应力筋的张拉。由于预应力系分项工程,其预应力筋及管道等安装后,仍有大量的后续工程在同一工位上进行,如果保护不当,很容易造成已安装工程的破损、移位等问题,影响工程质量,故应采取认真措施对完成工作进行保护。

混凝土浇筑前穿入孔道内的预应力筋,须经过混凝土浇筑、养护等过程,预应力筋在孔道内时间较长,在环境湿度较大的南方地区或雨季比较容易造成预应力筋的锈蚀,进而影响孔道摩擦,甚至严重的会影响预应力筋的力学性能。因对管道成孔质量的担心,普遍采用先穿束工艺,现场预应力筋的锈蚀情况比较严重,有必要进行必要的限制。空气中的盐分对钢筋的锈蚀,主要是氯盐中的氯离子引起钢筋钝化膜的破坏。防锈措施有:封闭管道各个可能的开口,包括端部锚垫板喇叭口、排气兼泌水管口等,此外对外露于锚垫板外的预应力筋采用防水塑料布等进行缠绕封裹也能有效地防止预应力筋的锈蚀。

7.6.1 在一般情况下,对同一束预应力筋,应采取整束张拉,使各根预应力筋建立的应力比较均匀。在一些特殊情况下(如千斤顶吨位不足、张拉端局部受压承载力不够、张拉端预应力筋长度不够或张拉空间受限制等),对扁锚束、直线束或弯曲角度不大的单波曲线束,可采取单根张拉。

国家计量检定规程《弹性元件式精密压力表和真空表》JJG 49 规定精密表的准确度等级和允许误差见说明表 7.6.1—1。

说明表 7.6.1—1 精密表的准确度等级和允许误差

准确度等级	允许误差(% ,按测量上限的百分数计)
0.1	± 0.1
0.16	± 0.16
0.25	± 0.25
0.4	± 0.4
0.6	± 0.6

注:1 0.6 级为降级使用精密表。

2 精密表最大允许误差应按其量程百分比计算。

精密表的检定周期一般不超过一年。

国家计量检定规程《弹性元件式一般压力表、压力真空表和真空表》JJG 52 规定压力表的准确度等级和允许误差见说明表 7.6.1—2。

说明表 7.6.1—2 压力表的准确度等级和允许误差

准确度等级 (级)	允许误差(%,按量程的百分数计算)			
	零位		测量上限的 (90~100)%	其余部分
	带止销	不带止销		
1.0	1.0	±1.0	±1.6	±1.0
1.6(1.5)	1.6	±1.6	±2.5	±1.6
2.5	2.5	±2.5	±4.0	±2.5
4.0	4.0	±4.0	±4.0	±4.0

注:1 使用中的 1.5 级压力表允许误差按 1.6 级计算,准确度等级可不更改。

2 压力表最大允许误差应按其量程百分比计算。

压力表的检定周期一般不超过半年。

7.6.2 千斤顶计量检定应符合国家有关标准的规定。考虑预制简支梁属于成批次生产构件,预应力张拉频次较大,所以本规程规定,预制简支梁张拉时,千斤顶作业不超过 200 次且不超过一个月作为一个校准周期;其他现浇构件张拉时,千斤顶作业不超过 300 次且不超过三个月作为一个校准周期。“校准”概念见本规程条文说明第 7.6.3 条。

7.6.3 本规程依据国家现行标准《通用计量术语及定义》JJF 1001 采用“检定与校准”作为相关计量术语。

(1) 检定与校准的区别:根据国家现行标准《通用计量术语及定义》JJF 1001,校准是“在规定条件下的一组操作,其第一步是确定由测量标准提供的量值与相应示值之间的关系,第二步则是用此信息确定由示值获得测量结果的关系,这里测量标准提供的量值与相应示值都具有测量不确定度”;校准属于测量的范畴,检定

是“查明和确认测量仪器符合法定要求的程序,它包括检查、加标记和/或出具检定证书”,检定属于法制计量和计量管理的范畴,二者的详细区别可参见说明表 7.6.3。

说明表 7.6.3 检定和校准的比较

序号	项目	检 定	校 准
1	效力	具有法制性,政府执法行为	不具法制性,企业技术行为
2	依据	检定规程,分国家、地区、部门三种	校准规范,也可是检定规程的有关部分。国家、地区、部门、企业均可制定
3	内容	全面确定计量特征,判别合格性	仅确定示值误差,不判别合格性
4	证件	合格:检定证书(合格级别) 不合格:检定结果通知书	校准证书,给出示值误差值和校准不确定度(或等别)
5	应用	按规程规定的允许误差考虑不确定度。使用方便,但效率低	按校准不确定度考虑不确定度,一般使用示值进行修正,使用不便,但效率高

(2)将以往“标定”、“校验”等计量术语统一为“校准”。

JJF 1001 和 ISO 等国内或国际标准中均没有“校验”这一术语的定义,但已被广泛应用。国内在《产品质量检验机构计量认证技术考核规范》JJF 1021 及其他一些文件资料中规定:在没有检定规程时,应由企业编写校验方法进行校验。在 ISO 9001:1994 标准(中文版)的第 4.11 节中也多处出现“校验”。

但“校验”一词在 ISO 9001 规范(中文版)的演变中已经被“校准”代替。ISO 9001:2000 和 ISO 9001:2008 标准的第 7.6 节关于监视和测量设备的控制中叙述为:“……对照能溯源到国际或国家标准的测量标准,按照规定的时间间隔或在使用前进行校准和(或)检定(验证)。当不存在上述标准时,应记录校准或检定(验证)的依据”。

VIM(国际标准化组织、国际电工委员会第 99 号指南(2007))

“国际计量学词汇—基础通用的概念和相关术语”)中将“提供客观证据证明测量仪器满足规定的要求”称为验证。

“标定”一般有两个涵义:一是使用标准的计量仪器对所使用仪器的准确度(精度)进行检测是否符合标准;二是用一定的试验方法,确定仪器或测量系统的输入—输出关系,赋予仪器或测量系统分度值,确定仪器或测量系统的静态特性指标,消除系统误差。可见,“标定”和“校准”的涵义相同。

综上所述,“检定”和“校准”是国家现行标准《通用计量术语及定义》JJF 1001 的明确定义的术语;“校验”虽然在国内广泛应用,却没有明确的术语定义,且 ISO 9001 规范(中文版)的演变中已由“校准”代替“校验”;“标定”也是在国内广泛应用却没有明确的术语定义;“校验”和“标定”的涵义与“校准”相同。因此,本规程采用“校准”这一术语。

(3)压力表异常故障主要包括张拉时预应力筋多次断裂、伸长率相差过大;油压表指针松动、不回零等。

7.6.5 初拉力值(实测伸长值的测量起点)与预应力筋的长度、预应力筋线形以及张拉设备有关,预应力筋越长,测量起点应越高,初拉力值越大。达到最大张拉力后的持荷,对保证张拉力和伸长值的稳定有明显效果。

关于初拉力值(即实测伸长值的测量起点),《客运专线预应力混凝土预制梁暂行技术条件》(铁科技[2004]120号)第3.3.15条、《客运专线铁路 CRTS II 型板式无砟轨道混凝土轨道板(有挡肩)暂行技术条件》(科技基[2008]173号)第3.3.5条均规定为20%张拉力,《公路桥涵施工技术规范》JTG/T F50—2011 第7.6.3条规定为张拉控制应力的10%~25%。

7.6.6 施工中通常是测量千斤顶活塞行程来推算预应力筋伸长值,实测伸长值即指实测的千斤顶活塞行程。实测伸长值是从初拉力开始起算,未包含初拉力以下部分伸长值,但包含工具锚或工作锚(单端张拉)夹片的回缩量,以及梁体的压缩等,需要对实测

伸长值修正。修正后的伸长值称为实际伸长值。

7.6.9 低温张拉预应力筋,容易出现预应力筋脆断情况,故规定此条。

7.6.10 先张预应力筋张拉后,如果环境温度发生变化,其预应力筋内的应力将发生变化,温度升高时应力将降低,温度降低时应力将提高。所以,应尽量选择与预应力筋张拉时温度相近的时段浇筑混凝土,以避免出现预应力值的波动,影响构件内建立的预应力值。固定长度的钢绞线受温差影响的应力变化计算如下:

钢绞线在温差作用下的长度变化量:

$$\Delta l = l \cdot \varepsilon \cdot \Delta t \dots\dots\dots ①$$

钢绞线长度变化引起的应力变化量:

$$\Delta \sigma = \frac{\Delta l}{l} E = \varepsilon \cdot E \cdot \Delta t \dots\dots\dots ②$$

钢绞线的张拉控制应力:

$$\sigma = 0.75 f_{pk} = 0.75 \times 1860 = 1395 \text{ (MPa)} \dots\dots\dots ③$$

钢绞线受温差影响的应力变化:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta \sigma}{\sigma} &= \frac{\varepsilon \cdot E \cdot \Delta t}{1395} = \frac{1.2 \times 10^{-5} \times 1.95 \times 10^5 \cdot \Delta t}{1395} \times 100\% \\ &= 0.1677 \Delta t \% \dots\dots\dots ④ \end{aligned}$$

当温差 $\Delta t = 20^\circ \text{C}$ 时, $\frac{\Delta \sigma}{\sigma} = 0.1677 \times 20\% = 3.35\%$;

当温差 $\Delta t = 30^\circ \text{C}$ 时, $\frac{\Delta \sigma}{\sigma} = 0.1677 \times 30\% = 5.03\%$ 。

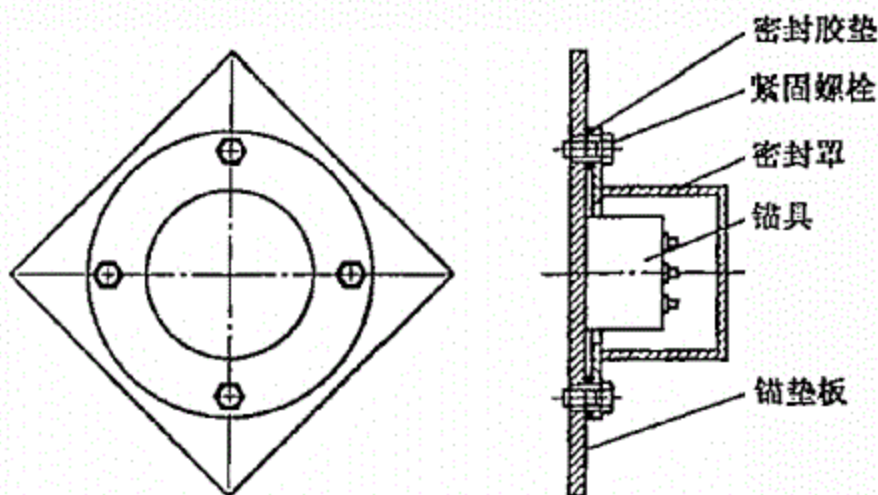
7.6.11 砂箱一般用于现浇梁脱底模,在先张梁施工中,因砂箱在重复使用时的预应力损失较大,不宜采用;单根钢筋拧松螺母的方法效率低,安全性差,是落后工艺,因此限定放张采用楔块或千斤顶。

为防止过快的放张速度对梁体混凝土造成冲击破坏,必须对放张速度加以限制。

7.6.12 考虑到锚具正常工作及可能的热影响,本条对预应力筋

外露部分长度作出了规定。切割位置不宜距离锚具太近,同时也不应影响构件安装。

7.7.6 锚具夹片空隙会产生负压力,使水泥浆沿空隙产生回流,因此必须进行封堵。封堵料应有一定强度以抵抗灌浆时的压力。密封罩的构造和安装如说明图 7.7.6 所示。



说明图 7.7.6 密封罩示意图

8.2.1 依据《大体积混凝土施工规范》GB 50496—2009 第 2.1.1 条术语解释,大体积混凝土主要指混凝土结构物实体最小尺寸不小于 1 m 的大体量混凝土,或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土。工程调研表明,目前铁路桥梁墩台混凝土结构最小几何尺寸超过 2.5 m 的较为普遍。现有的铁路混凝土工程实践证明:混凝土结构最小几何尺寸不超过 3 m 的混凝土结构,采取本规程第 6 章的施工技术和质量控制措施,其混凝土芯部最高温度、芯部与表面温差、表面与环境温差等温控指标能满足要求;当混凝土结构实体最小尺寸超过 3 m 时,该类大体积混凝土的温升和散热条件变化较大,需要进一步加强混凝土配制及施工温控措施,并另外再增加一些辅助的降温措施方可满足要求。基于上述原因,以及工程设计对铁路桥梁墩台等实体最小几何尺寸等于或大于 3 m 的混凝土结构一般会提出预埋冷却水管的辅助降温措施,因此本节对此类大体积混凝土

土提出了更为全面的温控措施和相关要求。

8.2.2 为在大体积混凝土施工中降低混凝土因水泥水化热引起的温升,达到降低温度应力的目的,该条对水泥的品质进行了规定。

选用缓凝型高效减水剂时,应根据温度的变化调整其缓凝性能或另外添加缓凝剂,并进行凝结时间验证。炎热季节和冬季施工时,应分别选用不同性能的缓凝型高效减水剂。

8.2.3 随着粉煤灰掺量的增加,混凝土的抗拉强度会降低,虽然粉煤灰掺量的增加对降低水化热能够起到一定的作用,但和其损失的抗拉强度相比,后者仍是主要因素。

大体积混凝土的施工工艺特性主要是指由于大体积混凝土在施工过程中的方法不同、要求不同、地域环境不同,体积的大小不同等因素导致其施工工艺各具特性。但就其拌和物的特性而言应满足良好的流动性、不泌水、合理的凝结时间以及坍落度损失小等基本要求;在混凝土制备前,除进行常规配合比试验外,必要时对同一类型结构,应进行如水化热、可泵性等对大体积混凝土控制裂缝所需的技术参数的试验,必要时其配合比设计应当通过试泵送。

8.2.4 一般情况下,大体积混凝土不允许填充片石。在设计有要求的情况下,大体积混凝土可按设计要求填放一定比例的片石。片石混凝土可用于路隧过渡段或桥隧过渡段等填心结构或其他设计填充性非结构性混凝土工程中。

8.2.5 根据大体积混凝土的特点和工程实践经验对大体积混凝土施工技术方案规定了十三个方面的主要内容,有关安全管理与文明施工还应遵守国家现行有关的规定。其中“大体积混凝土浇筑体施工阶段温度应力和收缩应力的计算方法”,可参照本规程附录 D 的计算方法进行,有条件时,宜按有限单元法或其他方法进行更加细致的计算分析。

大体积混凝土抗裂是一个综合性问题。只有设计单位与施工单位的密切配合,在结构的防裂设计,材料选用、施工工艺、温控等

方面采取综合技术措施才能有效地解决这一问题。而大量工程的成功经验对结构设计优化温控和防裂措施具有很好的借鉴作用。

大体积混凝土的温度控制宜按照“内降外保”的原则,对混凝土内部采取设置冷却水管通循环水冷却,对混凝土外部采取覆盖蓄热或蓄水保温等措施进行。在混凝土内部通水降温时,进出口水的温差宜小于等于 10°C ,且水温与内部混凝土的温差宜不大于 20°C ,降温速率宜不大于 $2^{\circ}\text{C}/\text{d}$;利用冷却水管中排出的降温用水在混凝土顶面蓄水保温养护时,养护水温度与混凝土表面温度的差值应不大于 15°C 。

大体积混凝土施工现场总平面布置应满足大体积混凝土连续浇筑对道路、水、电、专用施工设备等的需要,并加强现场指挥和调度,尽量缩短混凝土的装运时间,控制合理的人模温度,提高设备的利用率。

大体积混凝土的供应应满足混凝土连续施工的需要,一般情况下连续供应能力不宜低于单位时间所需量的 1.2 倍。采用多家供应商供料时,应制定统一的技术标准,确保质量可靠。需在施工现场添加料时,应派专人负责,并按批准的方案严格操作,严禁任意加水或添加外加剂。

大体积混凝土施工应尽可能增加装备投入和进行信息化管理,提高工效。进入现场的设备(包括测温监控设备),在浇筑混凝土前应进行全面的检修和调试,确保设备性能可靠,以满足大体积混凝土连续浇筑的需要,施工中宜指定专人负责维护管理。

关于保温层厚度的确定,本规程在附录 E 中给出了计算方法。它是根据热交换原理,假定混凝土的中心温度向混凝土表面的散热量,等于混凝土表面保温材料应补充的发热量,并把保温层厚度虚拟成混凝土的厚度进行计算。但应指出的是现场应根据实测温度进行及时调整。

大体积混凝土与普通混凝土施工在许多方面不同,更应加强组织协调管理和岗前培训工作,明确岗位职责,责任到人,落实技

术交底,遵守交接班制度。

8.2.6 本条确定了大体积混凝土在施工方案阶段应做的试算分析工作,对大体积混凝土浇筑块体在浇筑前应进行温度、温度应力及收缩应力的验算分析。其目的是为了确定温控指标(温升峰值、芯部与表层温差、降温速度、混凝土表层与环境温差)及制定温控施工的技术措施(包括混凝土原材料的选择、混凝土拌制、运输过程及混凝土养护的降温和保温措施,温度监测方法等),以防止或控制有害裂缝的发生,确保施工质量。

在控制大体积混凝土裂缝的措施方面,理论研究远远滞后于工程实践,迄今为止,对于大体积混凝土温度场变化和温度裂缝产生的规律性,还缺乏系统的研究,混凝土温度及温度应力的计算还不够精确;在防止大体积混凝土开裂问题上,也是考虑外部因素比较多,而在提高混凝土本身材料的特性以及开发新的混凝土品种上研究得很少。在桥梁建设当中,属于大体积混凝土的温控防裂只采取了少量几项措施,包括掺粉煤灰、加减水剂和采用冷却水管。但这远远是不够的,大体积混凝土的温控要从材料就开始做起,再加上合适的施工措施,才能达到避免开裂的目的。通过查寻资料及现场调查,特别是在冷却水管的设计上,管材、管径、埋设方式、间距、通水温度、通水速率等都是凭经验,没有一套行之有效的方法可以解决这些问题。目前,对桥梁大体积混凝土的温度控制研究还不是很多,在工程实践中,很多概念、标准也不统一,这给施工及质量控制带来一定的难度。这就需要桥梁建设者从材料、机理、施工、监测等各个方面进行研究,争取早日制定出一套适用于交通工程的大体积混凝土温控防裂施工技术。

8.2.7 表面温度是指覆盖物与混凝土表面之间的温度,表层温度是指混凝土面层以下 5 cm 处的温度。

参照现行《大体积混凝土施工技术规范》GB/T 50496 要求,结合近几年铁路工程实践情况,提出炎热天气浇筑大体积混凝土时,混凝土入模温度不宜超过 28℃,混凝土浇筑体在入模温度基础上

的温升值不大于 50°C ,且最高温度不得大于 65°C 。混凝土内部和表层温差宜控制不大于 20°C 。

整体分层连续浇筑施工或推移式连续浇筑施工是目前大体积混凝土施工中普遍采用的方法,本条规定应优先采用。工程实践中也有称其为“全面分层、分段分层、斜面分层”、“斜向分层、阶梯状分层”、“分层连续,大斜坡薄层推移式浇筑”等,本条强调连续浇筑施工,不留施工缝,确保结构整体性强。分层连续浇筑施工的特点,一是混凝土一次需要量相对较少,便于振捣,易保证混凝土的浇筑质量;二是可利用混凝土层面散热,对降低大体积混凝土浇筑体的温升有利;三是可确保结构的整体性。

对于实体厚度一般不超过 2 m 、浇筑面积大、工程总量较大,且浇筑综合能力有限的混凝土工程,宜采用推移式连续浇筑法。

对超厚(一般大于 2 m)大体积混凝土允许设置水平施工缝分层施工,并规定了水平施工缝设置的一般要求。已有的试验资料和工程经验表明,设置水平施工缝施工能有效地降低混凝土内部温升值,防止混凝土内外温差过大。当在施工缝的表层和中间部位设置间距较密、直径较小的抗裂钢筋网片后,可有效地避免或控制混凝土裂缝的出现或开展。

本条对分层间歇浇筑混凝土时施工缝的处理作了一般规定,防止因间歇时间过长产生“冷缝”。层间的间歇时间是以混凝土的初凝时间为准的。关于混凝土的初凝时间,在国际上是以贯入阻力法测定,以贯入阻力值为 3.5 MPa 时为混凝土的初凝标准,所以应经试验确定,试验地点宜在施工现场,试验方法可见国家现行标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080、《滑动模板工程技术规范》GB 50113。当层面间歇时间超过混凝土初凝时间时,应按施工缝处理。

在大体积混凝土浇筑过程中,受力钢筋、定位筋、预埋件等易受到干扰,甚至移位和变形,应采取有效措施固定。大体积混凝土因为泵送混凝土的水胶比一般比较大,表面浮浆和泌水现象普遍

存在,不及时清除将会降低结构混凝土的质量,为此,在施工方案中应事先规定具体做法,以便及时清除混凝土表面积水。

大体积混凝土由于混凝土坍落度较大,在混凝土初凝前或混凝土预沉后在表面采用二次抹压处理工艺,并及时用塑料薄膜覆盖,可有效避免混凝土表面水分过快散失出现干缩裂缝,控制混凝土表面非结构性细小裂缝的出现和开展,必要时,可在混凝土终凝前 1 h~2 h 进行多次抹压处理,在混凝土表层配置抗裂钢筋网片。

8.2.8 本条规定了应采用在大体积混凝土养护中已广泛使用且效果明显的保温保湿养护方法。根据以往的施工经验,在大体积混凝土养护过程中采用强制或不均匀的冷却降温措施不仅成本相对较高,而且管理不善易使大体积混凝土产生贯穿性裂缝。

保温养护是大体积混凝土施工的关键环节。保温养护的主要目的是通过减少混凝土表面的热扩散,从而降低大体积混凝土浇筑体的里外温差值,降低混凝土浇筑体的自约束应力;其次是降低大体积混凝土浇筑体的降温速率,延长散热时间,充分发挥混凝土强度的潜力和材料的松弛特性,利用混凝土的抗拉强度,以提高混凝土承受外约束应力时的抗裂能力,达到防止或控制温度裂缝的目的。同时,在养护过程中保持良好温度和防风条件,使混凝土在适宜的温度和湿度环境下养护,故本条对保温养护措施所应满足的条件作了规定。即施工人员应根据事先确定的温控指标的要求,来确定大体积混凝土浇筑后的养护措施。

大体积混凝土的温度变化先是一个升温过程,升到最高点后就慢慢降温,升温的速度要比降温的速度大。根据工程统计,一般的大体积混凝土浇筑后 3 d~4 d 出现最高点。理论上,任何材料的允许温差与材料的极限值有关。对于大体积混凝土而言,如果降温过快,虽然内表温差仍然控制在规范要求之内,但由于混凝土内部温差过大,温差应力达到混凝土的极限抗拉强度时,理论上就会出现裂缝,而且此裂缝出现在大体积混凝土的内部,如果相差过大,就会出现贯穿裂缝,影响结构使用,因此,降温速率的快慢直接

关系到大体积混凝土内部拉应力的发展。目前有的工程采用降温速率取 $2\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$,跟踪后也未见贯穿裂缝,但是对于大多数施工单位来说,由于没有全面可靠的数据资料,为安全起见可采用 $\leq 1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}\sim 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{d}$ 。混凝土养护可遵循降温速率“前期大后期小”的原则。因养护前期混凝土处于升温阶段,弹性模量、温度应力较小,而抗拉强度增长较快,在保证混凝土表面湿润的基础上应尽量少覆盖,让其充分散热,以降低混凝土的温度,亦即养护前期混凝土降温速率可稍大。养护后期混凝土处于降温阶段,弹性模量增加较快,温度应力较大,应加强保温,控制降温速率。

现场实测是大体积混凝土施工中的一个重要环节,根据监测数据指导养护工作,确保混凝土不出现过大的温度应力,从而控制裂缝的产生。

从以往的施工经验看,大体积混凝土结构若长时间暴露在自然环境中,易因收缩产生微裂缝,影响混凝土的外观质量,故对此作了相应的规定。

8.2.9、8.2.10 国内外的工程实践证明,早期因水泥水化热使混凝土内部温度很高,过早拆模时混凝土的表面温度较低,会形成很陡的温度梯度,产生很大的拉应力,极易形成裂缝。因此有条件时应延迟拆模时间,延缓降温,充分发挥混凝土的应力松弛效应,增加对大体积混凝土的保温保湿养护时间。

8.2.11 大体积混凝土施工需在温度监测数据指导下进行。对同类混凝土结构,在前期施工过程中,温度监测系统宜具有自动采集、自动记录和无线传输功能。在取得一定经验数据后或在自动监控采集确有一定困难的情况下,亦可采取简易手动方式埋管单点采集测量,但也要考虑到测量数据代表性,数据采集点位设置和频率应满足本条规定。

在温度监测点的设置上,因多数大体积混凝土工程具有对称轴线,可选择轴线半侧为测试区;如实际工程不对称,可根据经验及理论计算结果选择有代表性温度测试位置,并视情况在块体中

心、变截面处及预计会产生较大应力的位置布置应变传感器。环境温度监测点可根据结构物及养护等具体情况确定。

8.3.1 本节自密实混凝土主要指铁路工程中的无砟轨道充填层自密实混凝土,其所用原材料和主要性能指标应符合设计,当设计未提具体指标要求或所提指标不全时,应参照《高速铁路 CRTSⅢ型板式无砟轨道自密实混凝土暂行技术条件》TJ/GW112。

8.3.2 本节的自密实混凝土不包括工程中常用的灌注桩免振水下混凝土,所以,该条规定的胶凝材料用量和用水量等配合比参数不适用于灌注桩免振水下混凝土。

8.3.5 一般情况下,自密实混凝土从搅拌开始到灌注结束的持续时间不宜超过 120 min,但当受客观条件限制运输时间较长时,应采取特殊技术措施减少混凝土拌和物坍落度经时损失,确保灌注结束时自密实混凝土拌和物性能指标仍能符合要求。

8.4

常用的纤维混凝土主要有钢纤维混凝土和合成纤维混凝土等。钢纤维混凝土适用于对抗拉、抗剪、弯拉强度和抗裂、抗冲击、抗疲劳、抗震、抗爆等性能要求较高的工程或部位;合成纤维混凝土适用于非结构性裂缝控制,以及对弯曲韧性和抗冲击性能有一定要求的工程或部位。

8.4.1 在对粗、细骨料做出明确技术要求的同时,考虑到将钢纤维掺到混凝土拌和料中时,随着纤维掺量的提高其稠度会显著降低。

8.4.2 钢纤维混凝土的配合比设计必须满足设计要求的拌和物性能和硬化混凝土性能。钢纤维混凝土的强度设计值由结构设计要求确定,通常为抗压强度、抗拉强度(或弯拉强度)、弯曲韧度比。弯曲韧度比是衡量钢纤维混凝土质量的一项重要指标。为提高钢纤维混凝土的韧性,应选用与混凝土握裹力较高的钢纤维。

钢纤维混凝土的抗拉强度、抗剪强度、韧度以及与钢筋的黏结强度等力学性能都与钢纤维体积率有关。

混凝土的抗压强度主要取决于水胶比、水泥强度等级以及粗骨料种类。确定钢纤维混凝土的水胶比可采用与普通混凝土相同的方法,按现行《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 给出的公式计算。最大水胶比和水泥用量的规定是根据国内的应用情况,并参照国外规范确定的。水胶比过大或水泥用量过低,虽然可能满足抗压强度的要求,但由于钢纤维周围未能充满砂浆而影响对抗拉、抗折、韧性和抗裂性能等的提高。由于钢纤维混凝土属细石混凝土,故水泥用量较多。因水泥用量过多,混凝土收缩大,对抗裂不利,故亦应限制用量。

在混凝土中加入钢纤维后,拌和料比普通混凝土干涩,测得的坍落度值减小 20 mm 左右。因此,本条规定当采用坍落度作为钢纤维混凝土稠度指标时,坍落度的取值可比普通混凝土坍落度值小 20 mm,当采用维勃稠度作钢纤维混凝土的稠度指标时,可与相应的普通混凝土取相同值。

8.4.3 搅拌是保证钢纤维在混凝土中均匀分布的重要环节,因此,本条规定宜采用机械搅拌。搅拌时要防止产生下述四种情况:纤维结团、纤维产生弯曲或折断、搅拌机因超负荷而停止运转、出料口堵塞。

选择适宜的投料顺序和方法以及适当延长搅拌时间,有益于钢纤维在混凝土中均匀分布,从而提高钢纤维混凝土的质量。

8.4.4 施工时应尽量缩短运送钢纤维混凝土的时间和距离,以避免运输中的振动使钢纤维下沉,影响拌和料的均匀性。

与普通混凝土一样,浇筑和振捣是施工中的重要环节,直接影响钢纤维混凝土的整体性和致密性。如果拌和物稠度相同,则浇筑和振捣钢纤维混凝土所需的能量与普通混凝土相近,因此,振捣工具可参照普通混凝土的施工要求选择。

由于钢纤维混凝土的早期强度较高,应加强早期湿养护并保持一定的养护温度。

8.4.6 试验和工程经验表明,在常用掺量下,纤维混凝土抗压强

度与基体强度相比几乎保持不变,故合成纤维混凝土试配时,可不考虑纤维对混凝土抗压强度的影响,按同条件的普通混凝土根据有关规范的规定确定配合比。

合成纤维的体积率宜在 0.05%~0.3% 的范围内选取,也可根据工程要求通过试验或工程经验确定掺量。用于防止早期收缩裂缝时,常采用的纤维体积率为 0.1%。当掺率较大时,抗压强度和弹性模量有小幅降低。对于桥面防水层结构中的保护层纤维混凝土,常用的合成纤维为聚丙烯纤维和聚丙烯腈纤维。如设计无规定,聚丙烯纤维网的掺量为 1.8 kg/m^3 左右,聚丙烯腈纤维的掺量为 1 kg/m^3 左右。

8.4.7 采用机械搅拌和适当延长搅拌时间有利于纤维在混凝土分散均匀。为防止混凝土抹面时纤维从混凝土中拔出,特规定合成纤维混凝土接近初凝时方可进行抹面,抹面应光滑,抹面时不得加水,抹面次数不宜过多。

8.5.1 从环境保护、作业条件、人员职业健康等方面考虑,对于在隧道掌子面这样的较封闭空间进行喷射混凝土作业,宜采用湿喷工艺;而在隧道以外边坡防护工程等较开阔场地条件下,也可采用其他喷射工艺。

8.5.2 喷射混凝土的质量与水泥品种和标号关系密切,硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥含有较多的 C_3A 和 C_3S ,凝结时间快,特别是与速凝剂有良好的相容性,应优先选用。特种水泥系指超早强水泥、低碱水泥和高铝水泥等。超早强水泥主要指快硬铝酸盐水泥,当用于喷射混凝土时,需掺用专用的早强速凝剂;当骨料与水泥中的碱可能发生反应时,应选用低碱水泥;当用于耐火结构时,应选用高铝水泥。

规定细骨料的细度模数应大于 2.5,是为了保证混凝土的强度和减少喷射混凝土硬化后的收缩。

粗骨料的粒径和级配对混合料在管内的顺利输送、混凝土的密实性、经济性及回弹率都有重要影响,因此应使用级配良好的粗

骨料。

用于喷射混凝土的外加剂主要为速凝剂。根据需要还可以使用增黏剂和高效减水剂等外加剂。速凝剂的使用效果和最佳掺量除与其本身的性能有关外,还受水泥品种、强度等级、新鲜程度、施工温度和混凝土水胶比的影响。因此,使用速凝剂前,应进行与水泥相容性和速凝效果的检验。检验的主要项目包括水泥掺入速凝剂后的初、终凝时间,早期和后期(28 d)强度的损失。本次修改删除“速凝剂的掺量不宜大于水泥用量的 5%”规定,主要基于两个方面的原因:一是现在的胶凝材料已经不再局限于水泥,还会掺入一些掺合料;二是目前速凝剂品种很多,推荐掺量范围也很大,不宜再局限于 5% 范围以内。

掺入增黏剂则能显著降低粉尘度和减少回弹;掺入高效减水剂可减少混凝土用水量,提高混凝土早期和后期强度。所掺外加剂应对混凝土的强度及与岩体的黏结力基本无影响;对混凝土和钢材无腐蚀作用;吸湿性差,易于保存;不污染环境,对人体无害。

8.5.3 原标准规定水泥与骨料的灰骨质量比为 1:4~1:5,水胶比为 0.4~0.5,主要是考虑既能满足混凝土强度要求,又可减少回弹损失。水泥用量过少,回弹量大,初期强度发展缓慢;水泥用量过多,既不经济,又增加混凝土的收缩。由于目前有些喷射混凝土的强度等级已提高到 C30、C35,其实际需要的胶骨比和水胶比会超出上述范围,所以本规程未规定限值范围。

湿喷混凝土的水泥用量会影响混凝土的和易性和黏聚性,从而影响混凝土在喷射管道中的输送及回弹率的高低;在对湿喷混凝土水泥用量作出规定的前提下,结合原材料、湿喷设备、作业要求等具体要求,调整混凝土坍落度以利于湿喷的实施。实践证明,坍落度为 8 mm~13 mm 时较利于湿喷的实施,在施工过程中可供参考。

8.5.4 拌制喷射混凝土必须使用强制式搅拌机,规定一定的搅拌

时间是为了保证混凝土的均质性,否则,不仅将影响喷射混凝土的速凝效果,并将使强度值有较大的离散。

喷射混凝土拌和物在运输、存放过程中,坍落度损失较快,为保证湿喷作业顺利进行和喷射混凝土施工质量,规定过程停放时间不得大于 30 min,其在运输、存放过程中不得淋雨、浸水及混入杂物。

8.5.6 为减少回弹损失,一次喷射的混凝土厚度既不宜太薄,也不宜过厚,否则将影响喷射混凝土的黏结力,造成隔离层或因自重过大而坠落。

现行《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 中要求喷射混凝土的回弹率,边墙不应大于 15%,拱部不应大于 25%。回弹率的测定方法是:按标准操作喷射 $0.5\text{ m}^3 \sim 1.0\text{ m}^3$ 的混凝土,在长度为 3.0 m 的侧壁或拱部喷 10 cm 厚的喷层,用铺在地面上的彩条塑料布或钢板收集回弹物,称重后换算为体积与全部喷出混凝土体积的比值。

喷射作业机旁的粉尘容许浓度应小于 $2\text{ mg}/\text{m}^3$ 。测定条件是:在洞内停止通风的环境中,开始喷射作业 5 min 后,距喷射点 5 m 处的测定值。

在低温下进行喷射混凝土作业,混凝土凝结时间显著延长,使一次喷射厚度减少,并使回弹率增大。同时,喷射混凝土在低温下硬化,强度增长缓慢。为了保证喷射作业具有良好的工作条件,使混凝土在冬期施工中的强度能得到正常发展,在本条中作出了喷射作业环境温度不应低于 $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的规定。

8.5.7 围岩内应力大和内应力变化大的地段,变形量大,素混凝土容易开裂、掉块,掺入一定量的钢纤维或聚合物纤维,可以改善喷射混凝土的抗拉、抗压及抗剪性能,增加喷层的柔性和抗裂性。钢纤维喷射混凝土的一个主要特点是具有良好的韧性,即在基体混凝土开裂后产生较大塑性变形时能保持承载力不明显降低,可适应岩爆和大变形情况下的应力释放,具有吸收变形的能力。作

为初期支护,控制一定程度的开裂是允许的,而钢纤维混凝土的韧性可使与岩面紧密贴合的喷层不但具有一定的柔性,而且在与围岩共同变形过程中持续有效地提供支护抗力,从而有效地适应和控制围岩的变形。

钢纤维等效直径是指非圆形截面按面积相等的原则换算成圆形截面的直径。钢纤维长径比是指长度对直径(或等效直径)的比值。钢纤维过长容易堵管,应根据输料软管及喷嘴内径来确定钢纤维的最大长度。

钢纤维最小掺量是根据散布在混凝土中的钢纤维“最小重叠值”(minimum fiber overlap)要求计算的“最大平均间距 S ”(maximum average spacing value)确定的,旨在保证钢纤维在混凝土分布的均匀性。比利时环境和基础部有关文件推荐,取 $S=0.4l_f$,即可保证钢纤维有足够的重叠。

据此可计算钢纤维的最小掺量

$$\omega_{\min} = \frac{6162}{\alpha^3 \lambda_f^2} \quad (\text{说明 8.5.7})$$

式中 $\omega_{\min}$ ——钢纤维最小掺量(kg/m^3);

S ——钢纤维最大平均间距;

l_f ——钢纤维长度或等效长度(mm);

α ——最小体积率;

λ_f ——钢纤维的长径比。

新加坡的地铁工程考虑到喷射混凝土的工艺特点,参照公式 $S=0.4l_f$ 的计算结果,并规定了最小掺量不小于 $20 \text{ kg}/\text{m}^3$,其值一并示于说明表 8.5.7—1 中。

说明表 8.5.7—1 钢纤维最小掺量(kg/m^3)

l_f/d_f	40	45	50	55	60	65	70	75	80
$\alpha=0.45$	43	34	28	23	19	16	14	13	11
$\alpha=0.40$	61	48	39	32	27	23	20	18	16
新加坡地铁	65	50	40	35	30	25	20	20	20

欧洲喷射混凝土规范推荐的砂石料级配如说明表 8.5.7—2, 可供参考。

说明表 8.5.7—2 钢纤维掺量(kg/m^3)

ISO 筛径(mm)		0.125	0.25	0.5	1	2	4	8	11.2	16
筛量 (质量,%)	上限	12	26	50	72	90	100	100	100	100
	下限	4	11	22	37	55	73	90	100	100

钢纤维喷射混凝土的原材料中加入硅粉等活性掺合料,有利于提高强度、密实度和耐久性,增加黏稠性,减少回弹,改善后期强度;同时可以改善物料可泵性,减少管道和机械磨损,防止离析、堵管。

本次修改删除“8) 钢纤维喷射混凝土宜采用无碱速凝剂,其掺量应根据试验确定,通常为水泥用量的 2%~5%;如掺入高效减水剂或增塑剂,其品种和剂量应通过试验确定,并应经现场试喷检验”,主要基于两个方面的原因:一是现在的速凝剂品种很多,有碱速凝剂应该也可以使用;二是增塑剂没有被正式列入外加剂品种。

根据国外的情况看,钢纤维混凝土的强度等级至少是 C25,强度等级过低被认为是不经济的。从我国近年来喷射混凝土技术的发展,特别是湿喷技术的推广和各类外掺剂、混合材的成功应用来看,将钢纤维喷射混凝土的强度等级的基准定为 C25 是合适而必要的。

钢纤维喷射混凝土施工一个特别需要注意的问题就是钢纤维喷射混凝土的搅拌工艺,钢纤维混凝土的投料、搅拌过程中要尽可能使钢纤维在混凝土基体中均匀分布,或按所要求的方向排列,以保证材料的均质性和方向性。

钢纤维混凝土宜用水平轴型强制式搅拌机搅拌,当钢纤维掺率较高、稠度较大时,搅拌机需较大的功率,搅拌时要防止纤维结团、纤维产生弯曲或折断、搅拌机因超负荷而停止运转、出料口堵塞。为避免超载,钢纤维喷射混凝土一次搅拌量不宜大于搅拌

机额定搅拌量的 80%。

投料顺序和方法与施工条件及钢纤维形状、长径比、体积率等有关,为确保钢纤维在拌和物中分散均匀、不结团,一般采用将钢纤维、水泥、粗细骨料先干拌后加水湿拌的方法,且干拌时间不得少于 1.5 min;或采用先投放水泥、粗细骨料和水,在拌和过程中分散加入钢纤维的方法,必要时采用播料机将钢纤维均匀地分散到混合料中,不管哪种方式,钢纤维喷射混凝土整体搅拌时间比一般喷射混凝土要延长 1 min~2 min。

8.5.8 合成纤维喷射混凝土中的纤维主要有聚丙烯纤维、聚乙烯纤维、尼龙纤维、玻璃纤维、碳纤维等,其品种、规格较多,但施工中主要使用的合成纤维为聚丙烯纤维,是由丙烯($\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$)聚合而成的高分子化合物,是一种结构规整的结晶性聚合物。聚丙烯不溶于水,耐热性良好,在 $121\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 连续耐热,熔点为 $160\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 170\text{ }^{\circ}\text{C}$,是一种非极性的聚合物,有良好的电绝缘性能,介电常数为 2.25,有较好的化学稳定性。聚丙烯几乎不融于水,与大多数化学品,如酸、碱和有机溶剂接触不发生作用,其物理性能良好,抗拉强度为 $3.3\times 10^7\text{ Pa}\sim 4.14\times 10^7\text{ Pa}$,洛氏硬度 R82~R110,因此聚丙烯纤维混凝土所用的长度一般在 5 mm~50 mm 范围内,因此可称为丙纶短丝。聚丙烯纤维是直接拉丝制成的聚丙烯单丝纤维的束状集合体,每一束中有许多根纤维单丝,在投入搅拌时自动分散开来,增加了纤维与混凝土的表面结合力以及纤维单丝之间的互斥力(分散性)。

杜拉纤维是经过改性和特殊表面处理的聚丙烯单丝纤维,其物理、化学性能非常良好,施工便利,但目前仍处于推广应用阶段。

聚乙烯纤维因弹性模量低、受荷分担的应力也小,至今还很少用于复合材料。玻璃纤维混凝土暴露大气中一段时间后,其强度和韧性会有大幅度下降,即由早期的高强度、高韧性向普通混凝土退化,加之其耐碱性不过关,现主要用于结构加固。碳纤维具有抗

拉强度和弹性模量很高、化学性质稳定、与混凝土黏结的优点,但由于碳纤维生产成本低,应用受到一定限制。现场操作人员对尼龙纤维(聚酰胺)混凝土普遍感觉是其施工性能优于普通混凝土,掺入尼龙纤维可显著地降低混凝土的干缩值,但对抗折、抗压、轴压及应力应变性能与普通混凝土无明显差别,抗渗、阻锈性能有显著改善,从而提高了混凝土的耐久性,但因为它与聚丙烯纤维相比价格昂贵,所以推广与应用受到限制。

聚丙烯纤维是非腐蚀的化学填充物,它对矿质、酸碱基质和无机盐有很好的化学阻抗作用,故聚丙烯纤维有效地阻止了混凝土的塑性收缩和龟裂。

延长搅拌时间不会影响纤维的分布和强度。聚丙烯纤维加强混凝土是机械作用而不是化学作用,它的加入不需要附加水和改变原来的混凝土配合比,也不影响其他掺合料、外加剂的加入。

8.5.9 喷射混凝土的收缩变形比现浇混凝土大,主要原因是喷射混凝土中细骨料的成分较多,水泥用量较大,以及含有速凝剂。为使水泥充分水化,减少或防止混凝土的不正常收缩裂缝,在喷射混凝土终凝 2 h 后,应立即进行湿润养护。

喷射混凝土早期水化较快,水化热较高,当环境温度比较低时如果再喷水养护,容易因温差产生较大应力造成混凝土表面开裂。因此当环境温度低于 5℃ 时不宜再喷水养护。在施工过程中应采取措施保证一定的环境温度。

8.6.1 近年来为充分利用资源,解决供需矛盾,特细砂混凝土应用越来越多,特别是在我国重庆和河南地区已有了比较成熟的应用经验。2004 年重庆制定了地方标准《特细砂混凝土应用技术规程》DB50/5028。

在铁路混凝土工程中,特细砂不宜单独作为细骨料配制 C30 以上强度等级的混凝土,但近年来有研究和工程实践证明,采用细度模数不小于 1.0 的特细砂与中粗砂(包括机制砂)组成细度模数不低于 1.6 的混合砂,能够配制强度等级达 C50 及以上的混凝土,

这也是特细砂资源有效利用方式之一。但由于特细砂混凝土耐久性能不稳定,因此限制其在高速铁路梁、拱、轨道板、高墩台和有抗冲刷、抗磨(水位变化范围)、抗冻、抗渗及抗腐蚀要求的工程中应用。

8.6.3 配制特细砂混凝土,如果套用中砂混凝土的砂率,不仅水泥用量增多,而且混凝土强度不易提高,收缩也会增大,混凝土裂缝会增加。在石子粒径和空隙率固定情况下,适当增大石子的用量,减小砂率,减少砂浆用量,可以降低混凝土骨料的总比表面积,节约水泥等胶凝材料用量,减少收缩,避免混凝土早期裂缝的产生。所以特细砂混凝土宜采用低砂率,其砂率应比《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 要求的中砂砂率低 15%~30%。这就是配制特细砂混凝土时的低砂率原则。

特细砂混凝土配合比设计步骤基本与普通混凝土相同,所不同的是,在计算特细砂混凝土的粗、细骨料用量时宜采用砂浆剩余系数法计算。其计算公式为

$$G_0 = \frac{1\,000}{1 + K \cdot \frac{P}{1-P}} \cdot \gamma_g \quad (\text{说明 } 8.6.3-1)$$

$$S_0 = (1\,000 - G_0/\gamma_g - C_0/\gamma_c - W_0/\gamma_w) \gamma_s \quad (\text{说明 } 8.6.3-2)$$

式中 G_0 ——特细砂混凝土的粗骨料用量(kg/m^3);

S_0 ——特细砂混凝土的细骨料用量(kg/m^3);

P ——粗骨料的紧密空隙率(%);

γ_g ——粗骨料的表观密度(g/cm^3);

γ_c ——水泥的密度(g/cm^3);

γ_s ——细骨料的表观密度(g/cm^3);

γ_w ——水的密度(g/cm^3);

C_0 ——每立方米混凝土的水泥用量(kg);

W_0 ——每立方米混凝土用水量(kg)。

特细砂混凝土砂浆剩余系数 K 可按说明表 8.6.3 选用。

说明表 8.6.3 特细砂混凝土砂浆剩余系数 K

粗骨料规格 (mm)	5~10	5~20	5~40	5~80
混凝土稠度				
5 s~20 s(干硬性混凝土)	1.30~1.35	1.20~1.25	1.15~1.20	1.10~1.15
10 s~30 s(塑性硬性混凝土)	1.35~1.40	1.25~1.30	1.20~1.25	1.15~1.20
30 s~50 s(塑性硬性混凝土)	1.40~1.45	1.30~1.35	1.25~1.30	1.20~1.25
50 s~70 s(塑性硬性混凝土)	1.45~1.50	1.35~1.40	1.30~1.35	1.25~1.30

为了保证混凝土的和易性、保水性及黏聚性,提高混凝土强度,特细砂混凝土在进行配合比设计时宜采用低砂率,其砂率宜为中、细砂混凝土砂率的 85%~70%。

8.6.4 特细砂混凝土黏度较大,不容易搅拌均匀,因此在搅拌投料时要考虑投料顺序,一般情况下要先对粗、细骨料搅拌后再投入胶凝材料和水,并比拌制中、细砂混凝土时延长搅拌时间 1 min~2 min。

8.6.5 特细砂混凝土容易表面失水而出现收缩,为避免混凝土表面出现裂纹,在混凝土浇筑完成后终凝之前要进行二次压实抹面。

8.6.6 特细砂混凝土容易在施工初期因养护不及时而引发混凝土表面出现裂纹等质量问题,因此本条特别强调了特细砂混凝土养护的及时性。

8.7.1 本条明确了补偿收缩混凝土的主要使用场合。对膨胀源是钙矾石的补偿收缩混凝土使用条件进行了规定。因为钙矾石在 80℃ 以上可能分解,所以从安全性考虑,规定膨胀源是钙矾石的补偿收缩混凝土使用环境温度不高于 80℃;膨胀源是氢氧化钙的补偿收缩混凝土可不受此限制,在施工过程中要予以注意。

8.7.2 补偿收缩混凝土砂率一般较高,因此宜选用细度模数 2.6~3.1 的中砂为细骨料;不宜选用砂岩类山砂、机制砂、海砂,此类砂对补偿收缩混凝土的限制膨胀率影响比较大。

膨胀剂直接参与并影响水泥水化过程,在选择使用膨胀剂时,要注意与水泥有良好的相容性并保证混凝土基本的力学性能、工作性能和耐久性能,因而在铁路施工中不能用高碱膨胀剂或以铝粉为膨胀源的膨胀剂。

8.7.3 补偿收缩混凝土常用膨胀剂有硫铝酸钙类、硫铝酸钙—氧化钙类、氧化钙类等,施工过程中应根据微膨胀混凝土使用环境、部位、设计要求选择合适的膨胀剂种类和掺量,否则应用不当会严重影响混凝土耐久性能和使用功能。硫铝酸钙类、硫铝酸钙—氧化钙类膨胀剂配制的微膨胀混凝土,其膨胀源、水化产物是钙矾石,不能用于长期环境温度在 80°C 以上的工程;用氧化钙类膨胀剂配制的微膨胀混凝土,其膨胀源是氢氧化钙,不能用于海水或有侵蚀性水的工程。

补偿收缩混凝土的限制膨胀率不像强度那样取决于水胶比大小,而与单位膨胀剂用量大致成正比关系,以往单纯使用百分比掺量确定膨胀剂用量,当混凝土强度等级较低或水泥用量较少时,会出现膨胀剂实际用量不足,而导致膨胀率偏低,达不到补偿收缩的目的。

补偿收缩混凝土的需水量比普通混凝土大约 $10\% \sim 15\%$,在保持坍落度、水胶比、减水剂掺量不变的情况下,随着内掺膨胀剂的增加,混凝土的限制膨胀率增加,混凝土强度下降,而坍落度损失增大,为此在进行补偿收缩混凝土配合比设计时,宜减少混凝土单位用水量,采用较大砂率和较小的坍落度。有时为调节其工作性能,可掺加缓凝减水剂和粉煤灰、矿粉等掺合料。

表 8.7.3 中的限制膨胀率指标是根据国家现行标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的规定确定的。需要指出的是,在特殊条件下使用大膨胀率混凝土时,应事先进行必要的试验研究。单位胶凝材料用量是根据单位用水量和水胶比确定。一般来说, C25~C40 的补偿收缩混凝土的单位胶凝材料用量为 $300\text{ kg/m}^3 \sim 450\text{ kg/m}^3$ 时,可获得结构致密及较佳的补偿收缩效果。研究表

明,胶凝材料中掺合料过多会降低膨胀性能,因此在进行配合比设计时,要合理确定和调整水泥、掺合料、膨胀剂比例,确保设计要求的限制膨胀率。考虑到现场条件和室内试验对混凝土限制膨胀率的影响不同,在室内进行混凝土配合比试验时,其限制膨胀率要比设计值高 0.005%,即如果设计限制膨胀率为 0.02% (2.0×10^{-4}),则配合比设计时要考虑的限制膨胀率应为 0.025%。

8.7.4 补偿收缩混凝土的搅拌方式和搅拌时间对拌和物的均匀性、含气量及工作性能都有较大的影响,一般而言,膨胀剂与水泥同时投入为好,搅拌时间不得小于 3 min。

8.7.5 补偿收缩混凝土在三向受力(受限制或受约束)状态下,由于自身的膨胀产生自应力,为抵抗这种应力,模板要有足够的强度和刚度,模板支撑一定要结实和牢靠。对于超长结构混凝土和大体积混凝土,模板承受的应力更大,施工时严加注意。

8.7.6 出于保证混凝土质量和施工面洁净的目的,施工遇到雨雪时,应该对新浇筑的混凝土进行覆盖养护。许多工程实例证明,万一出现施工“冷缝”,采用膨胀砂浆接缝的措施比较可靠。终凝前对混凝土表面进行多次压实抹面是为了消除塑性裂纹。

8.7.7 补偿收缩混凝土前期水化较快,有研究表明,在成型 24 h 时,补偿收缩混凝土有大量塑性收缩和自身收缩已经产生,内部微观结构已初步形成,毛细孔结构已经封闭,因此混凝土在浇筑完成后应及时进行养护。如果补偿收缩混凝土养护工作做不好,其收缩会比普通混凝土还要严重。早期养护不仅对强度增长至关重要,更重要的是确保获得需要的膨胀率。补偿收缩混凝土在 14 d 内其膨胀性是一直增长的,因此要求养护时间不少于 14 d。冬期养护如果直接在表面洒水,可能会导致冻害致使混凝土表面裂纹,因此需保温保湿养护。

8.7.8 新浇筑的混凝土既没有足够的强度,也没有建立起有效的膨胀,不能够抵御突然降温或振动、冲击的破坏力,同时为控制混凝土表面和内部的温差,防止表面出现裂缝,要适当延迟拆模时间

以便于对混凝土强度进行保护,一般不早于3 d;在冬期施工时,因温度较低,混凝土强度增长相对缓慢,为使混凝土在早期具有足够的强度,达到正常的补偿收缩效果,安全起见,混凝土拆模宜延长至7 d以上。

8.8.1 无砂透水混凝土中在粗骨料相互接触而形成的双凹黏结面上,水泥浆厚度越厚,黏结点越多,黏结就越牢固。如粗骨料中针片状颗粒含量过多,则会减少水泥胶结层与粗骨料的黏结面积,同时受力时易产生应力集中,从而降低混凝土的强度。

8.8.2 要使无砂透水混凝土骨料的每个颗粒为水泥浆包裹,又要保证混凝土内部存在孔隙,主要通过控制骨灰比和水胶比来实现。对于特定的某一骨料和骨灰比,存在一个狭窄的最佳水胶比。若水胶比低于该最佳值,则水泥浆不能均匀地包裹在粗骨料外面,若水胶比过高,则水泥浆将从骨料颗粒间流走,大量试验表面对于无砂透水混凝土具有代表性的水胶比介于0.38~0.52之间。

水泥用量可在保证最佳用水量的前提下,适当增加用量,这样能够增加骨料周围水泥浆膜层的稠度和厚度,可有效地提高无砂透水混凝土的强度。但水泥用量过大会使浆体增多,孔隙率减少,降低透水性。同时水泥用量受骨料粒径的影响,如果骨料的粒径较小,骨料的比表面积较大,则应适当增加水泥用量。通常无砂透水混凝土的水泥用量在 $250\text{ kg/m}^3 \sim 350\text{ kg/m}^3$ 范围内。

8.8.3 无砂透水混凝土是干硬性混凝土,由于水泥浆的稠度较大且数量较少,为保证水泥浆能够均匀地包裹在骨料上,应采用强制式搅拌机搅拌,同时搅拌时间适当延长。

8.8.4 无砂透水混凝土在浇筑时不得采用强烈振捣或夯实,否则会将水泥浆沉积,破坏混凝土结构的均匀性,并在底部形成不透水层。

8.8.5 无砂透水混凝土由于存在大量孔隙,易失水,干燥快,所以必须加强早期养护,浇筑后用塑料薄膜覆盖表面并开始洒水养护。

8.9.2 细骨料对混凝土的气密性影响很大,含细粉过多会增大混

凝土的收缩,对施工缝有不利影响,含泥量过多增大混凝土的吸水率,降低混凝土的密实性和强度。因此对细骨料的级配和含泥量必须严格控制。

混凝土拌和物浇筑以后,固体颗粒处于不稳定平衡状态,由于固体的重力作用而下沉,水分被排挤上升,开始形成一系列通水管路,待石子颗粒又继续下沉,迫使水分停留在石子下部及周围,形成较大的孔隙及水泥颗粒之间形成微细孔隙,造成互相联通的网状组织,石子粒径越大,所形成的孔隙也越多,其结果是混凝土的抗渗性能也越差。同时针片状颗粒的存在也会影响混凝土拌和物的工作性能,进而影响混凝土的密实性,因此在气密性混凝土中控制石子粒径,针、片状颗粒含量和采用多级配是提高混凝土密实性的有效措施之一。

8.9.3 合理的配合比是确保混凝土气密性能的关键,应严格控制混凝土配合比设计参数。硅灰、粉煤灰和减水剂等掺合料及外加剂的加入可以改善混凝土的微观结构,降低混凝土的孔隙率,改善混凝土的孔结构,从而提高混凝土的密实性、抗渗性和耐腐蚀性。

水胶比是控制混凝土密实性的主要因素,水胶比越高,其自由水蒸发后留下的空隙也就越多,混凝土的透气系数也就越大。因此在气密性混凝土中,水胶比的控制对混凝土的气密性有着极其重要的作用。试验表明,混凝土的水胶比宜小于0.4,不得超过0.45,否则混凝土透气系数难以满足设计要求(一般 $K \leq 1.0 \times 10^{-11}$ cm/s)。

砂率对混凝土拌和物的性能及硬化混凝土的性能有很大的影响,大量的试验表明,在一定的砂率范围内,随着砂率的增大,混凝土的透气系数逐渐减小。因此配制气密性混凝土砂率以不小于36%为宜,在满足混凝土其他性能指标的条件下尽可能选择较大的砂率,以提高混凝土的气密性能。

8.9.4 为确保混凝土拌和物的均匀性、硬化混凝土的密实性,本条对混凝土的搅拌、运输、振捣和养护作了相应的规定。

8.9.5 施工缝是隧道衬砌最薄弱的部位,试验研究表明,其透气

性能至少较本体混凝土高出 13 倍。为了保证衬砌的整体气密效果,必须加强对施工缝的处理,一般常用的处理方法有喷涂 JCL 水泥浆、设置止水带、喷涂环氧树脂等方法。

8.10.1 本节活性粉末混凝土主要指用于生产铁路桥梁人行道挡板、盖板等小型预制构件的活性粉末混凝土,其所用原材料和主要性能指标应符合设计要求,当设计未提具体指标要求或所提指标不全时,应参照《客运专线活性粉末混凝土(RPC)材料人行道挡板、盖板暂行技术条件》(科技基[2006]129号)。其他用途的粉末混凝土可参照《活性粉末混凝土》GB/T 31387。

8.10.2 设计铁路桥梁人行道挡板、盖板等小型预制构件用活性粉末混凝土配合比时,应进行抗压强度、抗折强度、弹性模量、电通量和抗冻性试验。由于电通量在一定程度上能够反映活性粉末混凝土的抗渗性,所以抗渗等级与电通量两个指标只保留了电通量。

为减少单方用水量,配制活性粉末混凝土时要使用高效减水剂。试验证明,为达到好的使用效果,在参考聚羧酸系高性能减水剂中非缓凝型 I 类外加剂性能指标的基础上,其个别指标中可有所调整,如将减水率提高到 30% 左右等。

8.11.1 为了提高铁路桥梁支座安装精度,加快安装速度和延长使用寿命,大流动度和微膨胀性的水泥基灌注材料得以广泛应用。其中自流平砂浆具有流动性、膨胀性好,强度高和易于施工控制等特点;除大流动性砂浆外,目前干硬性砂浆在 T 梁架梁过程中仍得到广泛应用,并具有施工简便、性能稳定等优点。为了使这两项技术在实际使用中都充分发挥效益,做到技术先进,保证质量,提高工效,本节内容对两种砂浆都作出规定。

8.11.2 支座水泥基自流平砂浆流动度试验可按国家现行标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 中砂浆流动度的试验进行,因为水泥基灌注材料是砂浆,所以采用砂浆流动度的截锥形圆模。当流动度大于 260 mm 时砂浆可以达到自流平,半小时流动度

保留值大于 230 mm 时砂浆仍然有流动性。

砂浆强度试验按现行《水泥胶砂强度试验方法》(ISO 法) GB/T 17671 进行。因为水泥基灌注砂浆的性能特点为大流动度、自流平,要求早强及高强,因此其中进行的改动是在成型时不用振动,搅拌好的灌浆材料直接灌入试模;弹性模量试验方法按《普通混凝土力学性能试验方法标准》GB/T 50081 进行。

砂浆竖向膨胀率试验可按现行《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 附录 C 进行。

8.11.3 施工准备中的施工机具及物品主要分为 3 类。第 1 类为搅拌机具,包括机械搅拌时的砂浆搅拌机及人工搅拌时的搅拌槽、铁铲等。第 2 类为灌浆设备,包括高位漏斗(容积大于 0.2 m^3)、支架、流槽、灌浆管、管接头及砂浆泵。第 3 类为模板及养护物品,包括模板、隔离剂、塑料薄膜、草袋、岩棉被等。

8.11.5 本条对支座安装采用重力式自流平灌注施工作了规定,对于大多数铁路支座使用重力式自流平法即可满足施工的要求。当支座底座宽度超过 1 m 时或锚固螺栓孔较大、混凝土表面沟槽较多者,应采用高位流槽辅助施工。冬期施工时,也可采用其他方法养护。

8.11.6 随着工程质量、环保要求及文明施工要求的不断提高,施工现场拌制砂浆的缺点及局限性越来越突出。有条件时应探索将事先处理干燥的砂子与胶凝材料按配合比要求混合均匀后袋装储存(亦称干混砂浆),现场再加水拌和使用的施工工艺。

8.12.1 本节的支承层混凝土特指用于建造无砟轨道道床板或轨道板支承层的水硬性混合料和低塑性混凝土。相对而言,水硬性混合料的硬化体性能要优于低塑性混凝土,所以无砟轨道支承层混凝土优先采用水硬性混合料。

8.12.2 无砟轨道支承层所用原材料和主要性能指标应符合设计,当设计未提具体指标要求或所提指标不全时,应满足现行《客运专线铁路无砟轨道支承层暂行技术条件》(科技基[2008]74

号)的要求。

8.12.3 支承层材料的收缩主要与浆体用量和密实度有关,浆体用量越少、密实度越高,试件的收缩值就越小。适当控制材料中的胶凝材料用量,防止因贪图施工便利而随意加大胶凝材料和水用量,增大支承层收缩开裂的风险。

低塑性混凝土采用较少胶凝材料用量和用水量,其流动性较小,拌和物性能宜采用增实因素表示。

8.12.9 支承层的养护应以保湿和保温养护为主,因此对支承层进行覆盖并保持潮湿的养护状态较为适宜。在支承层与道床板接触的位置,由于担心采用养护剂后影响道床板和支承层的结合效果,因此,不应在该处使用养护剂养护,其他位置则不受影响。

支承层材料配制时胶凝材料用量较少,强度增长较慢,早期受冻容易破坏。一般情况下,支承层材料的7d强度能达到28d强度的50%以上,即可以达到5MPa的临界抗冻强度要求,因此要求浇筑完成的支承层7d内不得受冻。当气温变化较大,存在低于0℃的可能时,应做好对新浇筑支承层的受冻保护,通常可采用电热毯加热升温等措施,以温差不超过15℃进行控制为宜。

9.3.1 混凝土表面处理时,可用水泥砂浆或与涂层涂料相容的填充料修补蜂窝、露石等明显缺陷,用钢铲刀清除表面碎屑及不牢固的附着物,用汽油等适当溶剂抹除油污,如有宽度大于0.2mm的裂缝应进行修补。

9.6.1 钢筋混凝土阴极保护从1973年首次应用至今已有30多年的历史,目前在发达国家已作为一种经济有效的防腐蚀技术用于受盐污染钢筋混凝土结构物的修复和保护,我国在工程上的应用处于发展阶段。采用阴极保护可以控制盐污染环境中氯离子导致的钢筋混凝土结构的腐蚀破坏。目前阴极保护应用范围列于说明表9.6.1。

说明表 9.6.1 阴极保护应用范围

可保护的结构物种类	钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土
适用的环境条件	盐污染大气、海水潮差浪溅区、土壤环境
可保护的结构物	使用除冰盐的桥面和停车场楼板,处于氯化物环境的桥梁下部结构、海洋工程上部和下部结构、跨海大桥的下部结构,与海水或含盐水接触的结构物

根据被保护混凝土结构所处环境特点,阴极保护分为暴露于大气中的钢筋混凝土结构阴极保护、水和土壤中的钢筋混凝土结构阴极保护。根据阴极保护技术特点,阴极保护又分为强制电流阴极保护、牺牲阳极阴极保护或二者相结合的保护。

9.6.2 阴极保护可能会对被保护的结构物、辅助设施或邻近结构物造成不良影响,在阴阳极之间通以电流进行阴极保护时,混凝土中正负离子在电场作用下分别向阴极或阳极做定向迁移,阳极和阴极上发生的电化学反应产生新的物质,将导致混凝土内部特别是钢筋周围化学环境发生改变。这种改变是否对钢筋混凝土结构产生不良的影响,这是采用阴极保护时需要考虑的问题。目前认识到可能引起的不良影响主要有预应力钢丝的氢脆、钢筋与混凝土界面强度降低以及诱发含碱活性骨料混凝土结构的碱—骨料反应。因此,要求阴极保护应由专业设计单位进行设计,并对骨料碱活性进行了要求。

9.7

外包钢板保护的主要目的是阻止在冻融环境条件下水对混凝土结构的浸入,以及在磨蚀条件下,冰、砂、石、冲击水对混凝土结构的破坏。上述条件下的外包钢板保护措施在青藏铁路工程中得到应用,并取得了一定的防护效果。因此本规程确定环境作用等级为 D3、D4、M3 级严重腐蚀环境的混凝土结构可采用外包钢板保护作为防腐蚀强化措施。

10.2.4 石料的软化系数指石料在含水饱和状态下的抗压极限强

度与石料在干燥状态下的抗压极限强度的比值,这是检验石料受水流和风化影响的一个重要指标。

10.2.5 抗冻性指标指石料在含水饱和状态下经过 -15°C 或 $-5^{\circ}\text{C} \sim -15^{\circ}\text{C}$ 的冻结与融化的循环次数。经试验后的石料应无明显损伤(裂缝、脱层),强度不应低于试验前的0.75倍。

石料的抗冻性试验应以直接冻融法为主,如因设备能力所限也可采用硫酸钠浸泡法。当采用硫酸钠浸泡法时,其浸泡试验指标应符合干湿循环不小于5次的要求。

10.3.2 根据原铁道部建设司科研项目《新标准水泥强度等级对铁路混凝土强度的影响试验研究》的科研成果,对本条及本规程附录H进行了修订。

10.3.4 根据《新标准水泥强度等级对铁路混凝土强度的影响试验研究》科研成果并结合铁路砌石砂浆施工经验,将砂浆下沉度由40 mm~70 mm改为10 mm~20 mm。

相关工程的直观法检查,一般为用手将砂浆捏成小团,以指缝不出浆,松手后不散为度。

11.1.1、11.1.3、11.1.4 参照铁路总公司《关于加强冬期施工管理的通知》(铁总建设电〔2015〕212号),对冬期施工的条件进行严格控制。建设单位要在充分优化施工组织的基础上,科学确定冬期施工内容。对于确需安排冬期施工的,建设单位要严格审查冬期施工方案和施工工艺,落实冬期施工措施,严格过程控制。

11.1.2 本条是参照现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011,并根据铁路工程特点作出规定。室外日平均气温气象学上通常采用当地2时、8时、14时、20时室外气温的平均值,铁路行业以往多采用6时、14时、21时室外气温平均值。

11.1.5 本条明确了冬期施工混凝土的受冻临界强度要求。混凝土一旦在幼龄期受冻,内部结构发生破坏,即使其后期强度仍能够达到设计要求,耐久性也可能会受到较大影响,因此进一步提高受冻临界强度。将原《铁路混凝土工程施工技术指南》(铁建设

[2010]241号)中“冬期施工期间,混凝土强度达到设计强度的40%之前,不得受冻”改为“冬期施工期间,混凝土强度达到设计强度的60%之前,不得受冻”。保证混凝土达到受冻临界强度前不受冻是冬期施工的质量控制重点,必要采取严密可靠的措施予以保证。

11.3.1~11.3.6 规定冬期搅拌混凝土应具有一定的出机温度和入模温度,目的是避免混凝土早期受冻。当施工现场存在机械运输困难、运距较长等问题时,应适当提高混凝土的出机温度,以保证混凝土在运输过程中不致被冻坏。为使混凝土达到必要的出机温度和入模温度,通常需要对拌和水或骨料进行预热,或两者都加热。加热拌和水是最有效的办法,不仅容易实现,而且加热水所消耗的能量仅是同质量骨料的四分之一。拌和水的加热程度要适当,且应保证每盘混凝土之间温度相差不太悬殊。为避免发生速凝或假凝现象,太热的水不可直接与水泥或外加剂接触。为此,可采用加热水与骨料先行拌和的搅拌工艺制度。骨料加热前可用帆布等物进行覆盖,加热时可采用蒸汽或热水管等热源,应避免直接使用蒸汽进行喷射。骨料的温度一定要相当均匀,否则直接影响拌和物的质量稳定。

为保证混凝土的拌制温度,应通过热工计算和实际试拌结果来确定各种组成材料的加热温度。从材料的热学特点来看,水的比热约为砂、石的5倍,而水的加热又简便,且水质稳定,温度易于控制,热量不易散失,经济有效,因此,首先应将水加热。但加热的温度不宜超过60℃,以防水泥出现速凝现象,影响和易性和后期强度;当骨料不加热时,水也可加热至80℃,但投料顺序应调整,以避免80℃的水直接与水泥接触。

当环境温度较低,仅加热拌和用水不足以满足要求时,可再对砂、石加热,但其加热温度不应高于40℃。因温度过高水分损失加大,骨料的吸水率增加,将影响拌和物的和易性。同时,也应防止骨料局部灼热而遭到破坏,影响混凝土强度。

骨料中的冰雪、冻块难于在搅拌机内短时融化,将影响混凝土质量。因此,规定含有冰雪和冻块的骨料不得投入搅拌机内。

11.3.13~11.3.17 养护制度分为预养期、升温期、恒温期、降温期4个阶段。当混凝土浇筑完成后,至湿热养护之前的室温养护期为预养期,预养时间的长短视施工及环境等条件而定。

混凝土温度从预养期升高到规定恒温温度的阶段,称为升温期。升温速度随结构的表面系数而异。当表面系数大于等于 6 m^{-1} 时,升温速度不得大于 $15\text{ }^{\circ}\text{C/h}$;表面系数小于 6 m^{-1} 时,升温速度不得大于 $10\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ 。若升温速度过快,将引起混凝土强度的较大损失。

恒温期应根据水泥品种和结构的表面系数而异。电热法养护属于高温干热型,温度过高易出现局部过热脱水现象。

当采用蒸汽养护法时,按照《预制后张法预应力混凝土铁路简支梁》TB 1496、《先张法预应力混凝土铁路桥简支梁技术条件》TB/T 2484 的规定,养护温度不得超过 $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

恒温期结束后,混凝土温度降至环境温度的阶段,称为降温期。在降温期内,如结构中出现温度梯度,将引起体积收缩并产生内应力。当降温速度过快,将破坏混凝土的整体性,并影响其耐久性。因此,根据结构不同的表面系数,规定了混凝土的降温速度。当表面系数等于或大于 6 m^{-1} 的结构,降温速度不得大于 $10\text{ }^{\circ}\text{C/h}$;当表面系数小于 6 m^{-1} 时,其降温速度不得大于 $5\text{ }^{\circ}\text{C/h}$ 。

鉴于直流电会引起电解、锈蚀或电极表面放出气体形成屏蔽等问题,因此,规定电热法必须采用交流电。

电热时,水泥将随温度增长而加速水化反应,同时电阻值也随之增大。当混凝土强度达到设计强度的50%时,其电阻值将增大几倍。为避免影响混凝土质量和浪费电能,故规定电热养护时仅宜达设计强度的50%。

暖棚法养护采用燃煤加热时,所产生的二氧化碳会加速混凝土的碳化。在封闭的棚内,碳化程度将比室外高出5倍。因此,棚内应经常换气,或将加热设备的排气管引出棚外。

11.3.18 检测混凝土温度的方法可概括为后置式、预埋式和非接触式。

后置式系在混凝土构件的适当部位预留 10 mm~12 mm 孔洞,其深度视构件尺寸和量测要求而定。测温时在孔内放置温度计。

预埋式系在混凝土构件的适当部位将康铜—铜或铬镍—镍铜热电偶的接点或其他热敏电阻元件预埋于混凝土中,通过连接的电位差计,直接测读各点的温度。

非接触式系通过红外技术直接读取混凝土表面的温度。鉴于此法简单方便,宜通过不断试用、总结经验,创造条件逐步推广。

11.4.2 砌块和砖均为多孔材料,在遭受水浸和受冻后表面结冰、污染之后,会影响砌体的砌筑质量,并降低其与砂浆的黏结强度。砌筑砂浆一旦出现冻结的情况,不得用热水掺入冻结砂浆内重新搅拌使用,且不得在砌筑时的砂浆内掺水。

12.1.1~12.1.4 夏期施工主要包含高温和雨期两种特殊工况,高温和雨期施工的要求不同,在此进行了详细的区分。参照《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《大体积混凝土施工规范》GB 50496等现行国家标准,增加了雨期施工的一般要求,并规定根据气象资料来确定雨量大小,分为小雨、中雨、大暴雨。

雨天施工中如有必要,可根据环境温度、湿度、风力和采用温控措施的实际情况,对混凝土配合比进行适当调整。夏期施工宜在近似现场运输条件、时间和预计混凝土浇筑作业最高气温的天气条件下,通过混凝土试拌和与试运输的工况试验后,调整并确定适合高温天气条件下施工的混凝土配合比。

12.2.2 搅拌生产线包括搅拌站料斗、出水器、皮带运输机、搅拌楼等。搅拌时间应尽量缩短,但是不能少于 2 min。

气温较低的时段一般指一天之中除 10 时至 16 时之外的时段以及阴雨天气等。

混凝土的入模温度宜根据气温调整。降低入模温度对控制混凝土的裂缝非常重要。同样的混凝土,入模温度高的其温升值要

比入模温度低的大很多。在气温很高时,更应采取措施设法降低混凝土的入模温度。但是如果入模温度降得太多,则接触气温的表面比内部硬化得快,等到内部升温而膨胀时,表面产生拉应力容易开裂。夏季在降低入模温度的同时,还要冷却模板并注意使混凝土表面避免日晒。在高温下拌和、浇筑和养护会损害混凝土的质量和耐久性,过热会使坍落度损失过快,拌和物用水量增大。因此,炎热天气施工对混凝土的最高温度和浇筑作业应有限制。美国垦务局规范建议,在炎热干旱气候条件下,混凝土的入模温度不宜大于 27°C ,一般条件下应控制入模温度不大于 32°C ,甚至规定在部分地区的酷热季节禁止浇筑混凝土。降低混凝土拌和物温度的主要措施有:①用冷水或冰水;②冷却水泥温度;③用冷却水喷洒、浸泡或冷风降低骨料温度;④对搅拌和运输设备进行遮荫、隔热处理;⑤夜间浇筑。

12.2.4 气温较高的时段一般指一天之中 10 时至 16 时之间的时段等。

12.3.1、12.3.2 雨期施工骨料含水率测试次数可增加为一般情况测试次数的 2 倍~3 倍,施工时拌和水量中减掉骨料带来的水分。混凝土浇筑过程中,对因雨水冲刷致使水泥浆流失严重的部位,应采取补救措施后再继续施工。钢筋加工及储存区应设防雨棚。防雨棚应具有抵抗本地区风荷载、雪荷载等一般自然灾害的能力。钢筋连接用套筒、锁母及丝头在运输过程中应妥善保管,避免雨淋、沾污或损伤。

13.1.1 干旱指数是反映气候干旱程度的指标,采用干旱指数主要是因为它比空气相对湿度等指标更为直接和便利。干旱指数通常是指年蒸发能力和年降水量的比值。确定工程所在地区是否属于大风干旱地区时,应取得工程所在地风速和干旱指数的气象资料,只有当二者均满足条件时,才可判定为大风干旱地区。

13.2.1~13.2.8 搭设作业棚、掺用内养护材料、涂刷养护剂以及其他配套施工工艺措施是兰新铁路第二双线无砟轨道建设过程中

所采用的几种混凝土防裂技术,实践证明具有较好的应用效果。

13.3.3 大风干旱环境下,露裸的砌筑砂浆极易失水干燥而丧失强度,特别是砌筑早期,因此洒水养护过程中进行有效覆盖是比较合理的做法。



151135087

定 价：45.00 元