

UDC

中华人民共和国行业标准

TB

TB 10304 — 2020
J 947 — 2020

P

铁路隧道工程施工安全技术规程

**Technical Specification for Construction
Safety of Railway Tunnel**

2020-02-13 发布

2020-05-01 实施

国 家 铁 路 局 发 布

中华人民共和国行业标准

铁路隧道工程施工安全技术规程

Technical Specification for Construction
Safety of Railway Tunnel

TB 10304—2020

J 947—2020

主编单位：中铁二局集团有限公司

批准部门：国家铁路局

施行日期：2020年5月1日

中国铁道出版社有限公司

2020年·北京

国家铁路局关于发布铁道行业标准的公告

(工程建设标准 2020 年第 1 批)

国铁科法〔2020〕6 号

现公布《铁路工程基本作业施工安全技术规程》(TB 10301—2020)等 7 项铁路工程建设标准(见表 1),自 2020 年 5 月 1 日起实施。以上标准由中国铁道出版社有限公司出版发行。《铁路工程基本作业施工安全技术规程》(TB 10301—2009)等 6 项铁路工程建设标准(见表 2)同时废止。

表 1 新发布标准目录

序号	标准名称	标准编号
1	铁路工程基本作业施工安全技术规程	TB 10301—2020
2	铁路路基工程施工安全技术规程	TB 10302—2020
3	铁路桥涵工程施工安全技术规程	TB 10303—2020
4	铁路隧道工程施工安全技术规程	TB 10304—2020
5	铁路轨道工程施工安全技术规程	TB 10305—2020
6	铁路通信、信号、信息工程施工安全技术规程	TB 10307—2020
7	铁路电力、电力牵引供电工程施工安全技术规程	TB 10308—2020

表 2 废止标准目录

序号	标准名称	标准编号
1	铁路工程基本作业施工安全技术规程	TB 10301—2009
2	铁路路基工程施工安全技术规程	TB 10302—2009
3	铁路桥涵工程施工安全技术规程	TB 10303—2009
4	铁路隧道工程施工安全技术规程	TB 10304—2009
5	铁路轨道工程施工安全技术规程	TB 10305—2009
6	铁路通信、信号、电力、电力牵引供电工程施工安全技术规程	TB 10306—2009

国家铁路局

2020年2月13日

前 言

本规程系统分析铁路隧道工程施工安全管理现状,全面总结铁路隧道工程施工现场实践经验,充分借鉴国内外相关标准,经广泛征求意见,在《铁路隧道工程施工安全技术规程》TB 10304—2009 基础上修订而成。

本规程共分 16 章,包括总则,术语,基本规定,洞口工程,超前地质预报,洞身开挖,装渣、弃渣与运输,支护与加固,衬砌,监控量测,施工风水电与防尘、照明,不良地质和特殊岩土隧道,辅助坑道,全断面隧道掘进机(TBM)施工,盾构施工,应急管理。

本次修订的主要内容如下:

1. 贯彻近年来国家、行业有关法律法规、规章和技术标准等对安全生产的新要求。
2. 规定铁路隧道施工中安全管理、安全技术和现场安全作业的具体要求。
3. 明确了施工现场危险源、危害因素辨识和应急预案编制与演练等方面的内容。
4. 删减了施工安全管理检查表、施工安全技术检查表、施工安全作业检查表和简图。
5. 对规程结构进行了调整:新增第 2 章“术语”;将原规程第 10 章“施工排水”和第 11 章“通风、防尘与风水电供应”合并为本规程第 11 章“施工风水电与防尘、照明”;将规程原第 13 章“斜井与竖井”更名为“辅助坑道”;将原规程第 16 章“逃生及救援”更名为“应急管理”。

6. 第3章“基本规定”增加了“隧道施工人员”一节,对隧道施工人员做出了针对性规定。

7. 第7章更名为“装渣、弃渣与运输”;增加运输车况、防溜措施、载人车辆的相关安全规定。

8. 第9章增加设阻燃挡板防止引发火灾、中毒事故相关要求。

9. 第13章“辅助坑道”增加了平导及横洞和交叉口等节,并对无轨运输中人员运输相关安全要求进行了规定。

10. 第14章“全断面隧道掘进机(TBM)施工”、第15章“盾构施工”两章对掘进出渣异常进行了相关安全规定,并增加了运输安全技防、人防措施和大坡度防溜车措施。

11. 第16章更新了隧道施工应急救援相关要求和措施。

在执行本规程过程中,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二局集团有限公司(四川省成都市通锦路16号,邮政编码:610031),并抄送中国铁路经济规划研究院有限公司(北京市海淀区北蜂窝路乙29号,邮编:100038)。

本规程由国家铁路局科技与法制司负责解释。

主编单位: 中铁二局集团有限公司。

参编单位: 中铁十二局集团有限公司、中铁二十局集团有限公司、中铁第六勘察设计院集团有限公司。

主要起草人: 刘世杰、林传年、王勇、王声扬、晏大武、张胜全、蒋开春、靳锐勇、马辉、贺志荣、黄国庆、刘泽、钟友江、李定国、陈朝全、夏炜洋、何勇华、汪跃飞、霍建勋、刘喆、石少帅、包焯明、李建军、孙世科、赵朝阳、范建国、宋仪、周红芳、钱蔷薇、张启军、唐帆、谭青明、张存佳、陈广磊、薛千里。

主要审查人：杨会军、陈文义、刘 燕、刘 珣、薛吉岗、柳墩利、郭 强、赵雪飞、黄雄军、薛 晖、张翠兵、张民庆、吴 川、龚成明、徐 伟、金强国、刘树红、王庆山、王立川、马志富、王丽庆、柴海楼、张永平、吕 刚、徐治中、于晨昀、张宗喜、刘士波、郭庆智、任伟杰、张晓波、费曼利。

本规程的历次版本发布情况：《铁路隧道施工技术安全规则》TBJ 404—1987；《铁路工程施工安全技术规程（上册）》TB 10401.1—2003；《铁路隧道工程施工安全技术规程》TB 10304—2009。

目 次

1	总 则	1
2	术 语	3
3	基本规定	7
3.1	一般规定	7
3.2	隧道施工人员	8
3.3	隧道施工机械	8
3.4	风险管理	9
4	洞口工程	11
4.1	一般规定	11
4.2	边、仰坡开挖及防护工程	12
4.3	明 洞	13
4.4	洞 门	14
5	超前地质预报	15
6	洞身开挖	17
6.1	一般规定	17
6.2	全断面法开挖	18
6.3	台阶法开挖	18
6.4	分部法开挖	19
6.5	钻爆作业	19
6.6	找顶作业	20
7	装渣、弃渣与运输	22
7.1	一般规定	22
7.2	装 渣	22
7.3	运 输	23

7.4	栈 桥	24
7.5	弃 渣	25
8	支护与加固	26
8.1	一般规定	26
8.2	管棚、超前小导管	27
8.3	预 注 浆	27
8.4	喷射混凝土	28
8.5	锚 杆	28
8.6	钢 架	29
9	衬 砌	30
9.1	一般规定	30
9.2	衬砌台车、钢筋防水板作业台车	30
9.3	防水板作业	31
9.4	钢筋安装	31
9.5	混凝土浇筑	32
10	监控量测	33
11	施工风水电与防尘、照明	35
11.1	供 风	35
11.2	供 水	36
11.3	供 电	37
11.4	施工排水	39
11.5	通风与防尘	40
11.6	照 明	41
12	不良地质和特殊岩土隧道	43
12.1	一般规定	43
12.2	岩 溶	43
12.3	富水软弱破碎围岩	44
12.4	风积沙、含水砂层	44
12.5	瓦斯、有毒有害气体	45

12.6	高地应力	49
12.7	膨胀岩(土)	50
12.8	黄土	51
12.9	多年冻土	52
12.10	高地温	52
12.11	采空区	53
12.12	放射性	53
13	辅助坑道	55
13.1	一般规定	55
13.2	斜井	55
13.3	竖井	58
13.4	平导及横洞	59
13.5	交叉口	59
14	全断面隧道掘进机(TBM)施工	60
14.1	一般规定	60
14.2	组装、施工准备	60
14.3	掘进	61
14.4	支护与衬砌	62
14.5	到达掘进	62
14.6	拆卸	63
14.7	特殊地质条件下施工	63
14.8	施工运输	64
15	盾构施工	65
15.1	一般规定	65
15.2	组装、施工准备	65
15.3	始发	66
15.4	掘进	67
15.5	管片制作及拼装	69
15.6	接收	69

15.7	过站、调头及解体	70
15.8	洞门、联络通道施工	70
15.9	特殊地段施工	71
15.10	施工运输	73
15.11	换 刀	73
16	应急管理	74
16.1	一般规定	74
16.2	应急救援	75
	本规程用词说明	78
	《铁路隧道工程施工安全技术规程》条文说明	79

1 总 则

- 1.0.1** 为贯彻“安全第一,预防为主,综合治理”的安全生产方针,体现以人为本、安全发展理念,统一铁路隧道工程施工安全技术要求,规范铁路隧道工程施工安全管理和施工作业行为,保障人身、设备、设施安全,制定本规程。
- 1.0.2** 本规程适用于新建、改建铁路隧道工程施工。
- 1.0.3** 铁路隧道工程施工应建立健全质量、环境、职业健康安全管理体系,对施工安全管理、施工安全技术、施工安全作业进行管理与控制。
- 1.0.4** 铁路工程施工应按设计文件进行,达到设计要求的安全使用功能。
- 1.0.5** 建设各方应分别设置安全管理机构,配备安全管理人员,制定安全生产规章制度,落实安全生产责任。
- 1.0.6** 建设各方人员应遵守安全生产有关法律法规及本规程规定,经培训合格后方可上岗。特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训,取得相应资格,方可上岗作业。
- 1.0.7** 铁路隧道工程施工应采用合格的机械设备、仪器仪表、材料和安全防护用品等。
- 1.0.8** 施工组织设计应包含安全保障措施。危险性较大的分部分项工程应编制专项施工方案,并按有关规定经审批后实施。
- 1.0.9** 建设各方应按规定编制实施应急预案,备齐充足应急物资、人员和设备,按规定组织培训和演练。
- 1.0.10** 铁路隧道工程施工应遵守国家有关劳动保护、职业健康的法律法规,按规定配备、使用劳动保护和安全防护等用品。
- 1.0.11** 同一施工场所内有两个及以上单位同时作业,可能危及

对方生产安全的,应当签订安全生产管理协议,明确各自的安全生产管理职责和应当采取的安全措施。

1.0.12 施工过程中应及时掌握气象、水文和地质灾害等相关信息,做好防范和应急工作。

1.0.13 建设各方应按规定进行安全生产检查,对安全隐患应及时采取整改措施。

1.0.14 铁路隧道工程施工中应用新技术、新工艺、新设备、新材料时,应制定相应的安全技术措施,并对有关人员进行针对性的安全生产教育培训。

1.0.15 营业线及邻近营业线施工应严格执行国家、铁路行业有关安全生产的规定。工程线施工按照营业线施工进行管理。

1.0.16 铁路隧道工程施工中的基本作业应符合《铁路工程基本作业施工安全技术规程》TB 10301 要求。

1.0.17 铁路隧道工程施工安全除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 风险 risk

风险是工程建设中潜在的不利事件的概率及后果的组合。

2.0.2 风险管理 risk management

建设各方通过风险计划、风险评估、风险控制和风险后期评估,以求减少风险影响的管理行为。

2.0.3 不良地质 unfavorable geology

由于各种地质作用和人类活动而造成的工程地质条件不良的地质现象的统称。铁路修建和运营中经常遇到的不良地质现象有:滑坡,危岩、落石和崩塌,岩堆,泥石流,风沙,岩溶,岩爆、大变形、人为坑洞(采空区),水库坍岸,地震动峰加速度大于等于 $0.1g$ 地区和砂土的液化及断裂活动,放射性地层和有害气体等。

2.0.4 特殊岩土 special rock and soil

对本身具有特殊的物理力学、化学性质并影响地质条件的岩土的统称,主要包括黄土、膨胀土(岩)、红黏土、软土与松软土、盐渍土、多年冻土、填土、盐岩、污染土及盐渍岩等。

2.0.5 超前地质预报 geology forecast

在分析既有地质资料的基础上,采用地质调查、物探、地质超前钻探、超前探坑等手段,对隧道开挖工作面前方的工程地质和水文地质条件及不良地质体的工程性质、位置、产状、规模等进行探测、分析判释及预报,并提出技术措施建议。

2.0.6 综合超前地质预报 comprehensive geology forecast

根据预报对象的地质特点,采取两种或两种以上有效的预报手段进行相互印证的超前地质预报方法。

2.0.7 超前钻探 advance exploration drilling

在隧道开挖工作面或其侧洞沿开挖前进方向施作超前地质钻孔,以探明开挖工作面前方地质条件的方法。

2.0.8 监控量测 monitoring measurement

隧道施工中对围岩、地表、支护结构的变形和稳定状态以及周边环境动态进行的经常性观察和量测工作。

2.0.9 测点 object point(survey points)

设置在观测体上(或内部),能反映其特征,作为变形、位移、应力或应变测量用的固定标识。

2.0.10 瓦斯 gas

本规程特指在地层中赋存或逸出的烷烃类气体,其成分以甲烷(CH_4)为主。根据其生成、赋存条件将其分为煤层瓦斯、非煤层瓦斯两类。

2.0.11 瓦斯逸出 gas escape

少量瓦斯从煤体或岩体裂隙、孔洞、钻孔中渗透进入作业空间,或通过隧道支护结构及其裂缝、施工缝等通道进入隧道的现象。

2.0.12 煤与瓦斯突出 the outburst of coal and gas

在地应力和瓦斯的共同作用下,破碎的煤(岩石)和瓦斯由煤体(岩体)内突然向开挖形成的空间抛出的异常动力现象。判定具有这种可能的煤层称为瓦斯突出危险煤层,施工过程中发生此现象的煤层称为煤与瓦斯突出煤层。

2.0.13 瓦斯浓度 gas concentration

空气中,瓦斯与空气的体积之比,以百分数表示。

2.0.14 瓦斯工区 work area with gas

由某一隧道洞口(或辅助坑道口)开辟工作面施工的隧道范围称其为隧道工区,该范围通过含瓦斯地层时则为瓦斯工区。

2.0.15 绝对瓦斯涌出量 absolute gas emission quantity

单位时间涌出的瓦斯量称为绝对瓦斯涌出量,以 m^3/min 计。

2.0.16 瓦斯含量 gas content per ton

煤(岩)层在自然条件下,每吨煤(岩)所含有的瓦斯体积(标准状态),是游离瓦斯与吸附瓦斯量之总和,单位: m^3/t 。

2.0.17 瓦斯压力 gas pressure

在煤(岩)体孔隙中气体分子自由热运动所产生的作用力,瓦斯作用于孔隙壁的压力,一般指的是绝对瓦斯压力,单位:MPa。

2.0.18 岩墙 rock wall

隧道开挖工作面(掌子面)与煤层之间的岩体,其厚度定义为开挖工作面与煤层间的法向距离。当其最小厚度足以抵御煤与瓦斯的动力作用破坏时,称为安全岩墙。

2.0.19 矿用防爆电气设备 explosion-proof electrical apparatus for mine atmospheres

按 GB 3836.1 标准生产的专供煤矿井下使用的电气设备。

2.0.20 岩爆 rock burst

在高地应力岩层中开挖隧道时,围岩应力突然释放而引起岩块爆裂向外抛射的现象。

2.0.21 辅助坑道 auxiliary tunnel

为满足施工期间通风、排水、运输和增开工作面及运营服务和防灾援救要求而设置的坑道,铁路隧道的辅助坑道一般有横洞、平行坑道、斜井和竖井等类型。

2.0.22 全断面隧道掘进机(简称 TBM) full face tunnel boring machine

旋转并推进刀盘,通过滚刀破碎岩石而使隧洞全断面一次成形,且带有周边壳体的专用大型机械设备。

2.0.23 护盾式 TBM shield TBM

具有在整机外围设置与机器直径相对应的圆形护盾结构,依靠管片或撑靴撑紧洞壁以承受掘进反力和扭矩,掘进可与管片拼装同步的隧道掘进机。分为单护盾隧道掘进机和双护盾隧道掘进机。

2.0.24 负环管片 partial segment

为盾构始发掘进传递推力的临时管片。

2.0.25 盾构始发 shield launching

盾构开始掘进的施工过程。

2.0.26 盾构接收 shield arrival

盾构到达接收位置的施工过程。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 建设各方应结合工程实际和项目特点,落实施工安全责任和施工安全措施,做好安全管理和安全技术工作,规范现场作业,预防事故发生。

3.1.2 施工单位施工前应对设计文件中涉及施工安全的内容进行核对,并将结果及存在的问题报送建设、设计、监理等相关单位,建设单位应督促设计单位对存在的问题提出完善措施。重点核对下列内容:

1 穿越江河湖海等水体、不良地质、浅埋段和特殊岩土地段的设计方案;

2 铁路营业线、各类管线、交叉跨越和相邻建(构)筑物的安全防护措施;

3 施工对环境可能造成影响的预防措施;

4 隧道、辅助坑道的洞口位置及边、仰坡的稳定程度;

5 弃渣场位置、安全防护措施和环境保护要求。

3.1.3 隧道工程应按照设计和相关规范要求施工,不得擅自改变工法和工序。

3.1.4 现场条件与设计不符时,应暂停施工并向建设、设计、监理等相关单位报告,明确处置措施。

3.1.5 弃渣场不应设置在堵塞河流、污染环境、毁坏农田的地段,严禁将弃渣场设在对周围环境造成影响的地方。

3.1.6 隧道施工应按规定建立通信联络系统,长、特长及高风险隧道施工还应建立可视监控系统,并定期维护,保证洞内外信息及

时传达。

3.1.7 隧道施工应规划人员安全通道并保持畅通,用警示牌、安全标志等标识其位置,并设置应急照明。

3.1.8 隧道内施工应制定防火责任制,并配备消防器材。

3.1.9 隧道施工应推广机械化施工,提高工效,保障施工安全。

3.1.10 隧道施工应推广应用安全信息技术,利用信息化手段提升隧道施工安全管控水平。

3.2 隧道施工人员

3.2.1 建设各方应根据隧道施工特点,按规定对参建人员进行有针对性的培训和考核。

3.2.2 作业班组负责人应进行班前安全讲话,结合当班作业特点,向作业人员提示作业安全风险,强调安全注意事项。

3.2.3 进入施工现场的所有人员,必须按规定佩戴相应的劳动防护用品。

3.2.4 隧道洞口应设专人值班,对隧道进出人员进行动态管理;瓦斯隧道、高风险长大隧道应设置有人值守的门禁系统。

3.2.5 进出隧道人员应走人行道,不得与车辆抢道,严禁扒车、追车或强行搭车。

3.2.6 隧道施工人员运输应制定安全保证措施,明确责任人员进行管理;驾驶人员、信号工等应经过专业的培训和考核,并持证上岗,严禁无证驾驶。

3.3 隧道施工机械

3.3.1 施工单位应根据隧道长度、断面大小、地质条件、施工方法、重要的工期等因素合理配置隧道施工机械,并做到安全可靠、节能环保。

3.3.2 隧道施工机械设备安全装置应齐全有效,并经检查验收合格后投入使用。

3.3.3 机械设备在特殊作业场所或寒冷、高温、高原等特殊地区或时段使用时,应制定专项安全措施或方案。

3.3.4 每班作业前,操作人员应检查机械设备并进行试运转,确认安全后,方可投入生产使用。

3.3.5 隧道施工和备用的机械设备应定期检查、保养。在检修、保养或清洗等非施工过程中,要切断电源和锁上开关箱,安排专人进行监护,并悬挂“检修中,禁止合闸”等警示标志。

3.3.6 隧道洞内施工不得采用汽油机械,使用柴油机械应安装废气净化装置或掺入柴油净化添加剂。

3.4 风险管理

3.4.1 风险管理应贯穿于隧道设计和施工全过程,主要工作内容为:

- 1 制定风险管理计划,确定风险管理的目标和风险接受准则;
- 2 进行风险因素的识别;
- 3 开展风险评估;
- 4 确定风险等级;
- 5 确定风险处理原则,评估采取措施后的残余风险;
- 6 落实风险控制措施,实施风险监测和检查;
- 7 工程竣工后开展风险后期评估。

3.4.2 建设各方应建立风险管理沟通机制,开展动态风险评估、风险监测和应急响应。

3.4.3 建设单位风险管理工作应包括下列内容:

- 1 制定项目风险管理实施办法、项目风险接受准则和风险控制原则;
- 2 组织、指导、监督建设各方开展风险管理;
- 3 组织勘察设计单位进行风险技术交底;
- 4 审查风险管理成果,并做出相应的决策;
- 5 监督检查、协调处理建设各方风险管理工作中的有关

问题;

6 与地方相关部门建立协调沟通机制和处置预案,及时处理建设过程中的相关风险;

7 组织建设各方或委托专业机构开展风险后期评估工作。

3.4.4 勘察设计单位风险管理工作应包括下列内容:

- 1 制定设计阶段风险管理实施细则;
- 2 确定风险控制措施和风险防范注意事项;
- 3 向建设各方进行有关风险的技术交底;
- 4 结合施工期间的风险管理,动态调整风险设计措施;
- 5 动态调整风险评估报告或成果文件;
- 6 参与风险后期评估工作。

3.4.5 施工单位风险管理工作应包括下列内容:

- 1 核实施工图阶段风险评估结果;
- 2 制定施工阶段风险管理实施细则;
- 3 开展施工阶段的风险管理,落实风险控制措施和风险防范工作要求;

- 4 制定风险应急预案并组织实施;
- 5 动态跟踪风险变化状态,上报风险监测情况;
- 6 组织风险交底,开展岗前培训,公告现场施工风险;
- 7 建立与地方有关部门的协调沟通机制;
- 8 编制施工阶段风险管理报告;
- 9 参与风险后期评估工作。

3.4.6 监理单位风险管理工作应包括下列内容:

- 1 制定风险管理实施细则;
- 2 参与施工阶段风险管理;
- 3 审核施工风险处置措施、风险监测方案、专项施工方案和应急预案;

- 4 监督检查风险控制措施的落实情况,并做好相关记录;
- 5 参与风险后期评估工作。

4 洞口工程

4.1 一般规定

4.1.1 洞口工程施工作业应考虑下列主要危险源、危害因素：

- 1 危岩落石未及时清理或防护不到位；
- 2 边、仰坡防护及截排水系统施工不到位，对地表下沉、滑坡、坍塌等情况未及时处理；
- 3 洞口段软弱地层加固未达到效果，洞口各项工程与相邻工程施工统筹安排不当，土石方开挖、防护工程违反工艺要求；
- 4 施工机具失稳及安全性能缺失、下降；
- 5 作业台（支）架失稳、安全防护失效；
- 6 爆破作业不当、防护措施不足、违规处理民用爆炸物品。

4.1.2 洞口施工前应核对现场地质、地形地貌、毗邻建（构）筑物情况，当设计与实际情况不符时，施工单位应提出设计变更。

4.1.3 洞口工程应与洞口相邻工程、临时工程统筹安排，施工时还应采取下列措施：

- 1 洞口的截、排水系统应与洞口相邻工程排水系统顺接，不得冲刷路基坡面、桥台锥体和农田房舍，有突涌水风险的隧道应考虑突涌水排放安全措施；

- 2 施工道路的引入和施工场地的平整应减少对边、仰坡周边原地貌的破坏，并避免对洞口段围岩稳定的影响。

4.1.4 洞口工程爆破应符合下列规定：

- 1 洞口石质边、仰坡的开挖应采用光面爆破；
- 2 洞口邻近有建（构）筑物，开挖爆破应采用控制爆破，爆破振动速度应符合《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定，必要时采

取爆破防护措施。

4.1.5 洞口工程施工应采取措施对周边建(构)筑物、营业线、交通设施进行有效防护。

4.1.6 洞口工程开挖前,应完成洞口周边可能滑坍表土及危石的清理,并应完善截、排水沟等洞口排水系统。

4.1.7 洞口工程开挖不得形成可能坍滑的土体,不得堵塞沟渠、河道,不得对桥梁墩(台)造成偏压,不得危及周边建(构)筑物及交通设施的安全。

4.1.8 隧道进洞前,应按设计要求完成洞口抗滑桩、预应力锚索、防护网、管棚、预注浆等与隧道洞口稳定相关的工程。

4.1.9 边、仰坡异型脚手架,洞口脚手架和工作平台应编制专项施工方案。

4.1.10 施工脚手架和工作平台应搭设牢固,并设有安全防护措施和警示标志。

4.2 边、仰坡开挖及防护工程

4.2.1 边、仰坡应自上而下分层开挖,及时支护,不得掏底开挖或重叠开挖,预应力锚索不应一次开挖多层同时施作。

4.2.2 洞口段及边、仰坡开挖过程中应对地表沉降、拱顶下沉、收敛变形等情况进行监测,洞口位于建筑物及道路下方、滑坡等不良地质体及特殊地段时应加强监测。

4.2.3 抗滑桩采用人工挖孔时,应设置人员上下固定爬梯,配备通风设备和安全照明,并采取孔口临边防护及孔内坠物防护措施。

4.2.4 预应力锚索张拉时,应设置警戒区域和醒目的警示标志,张拉作业应按照施工技术规程施工。

4.2.5 防护网施工前,应清除坡面防护区域的危石,施工脚手架和作业平台应搭设牢固,铺挂防护网并采取防坠落措施。

4.2.6 注浆作业应检查注浆软管和接头的完好性和可靠性,施工人员应有完善的保护用具,堵管处理应采取先减压再处理的措施。

4.3 明 洞

4.3.1 明洞施工应避开雨天。当确需在雨天施工时,应采取防护措施,并加强对山体稳定情况的监测、检查。

4.3.2 明洞开挖前,应完善洞顶及四周的截水、排水措施,防止地面水冲刷。

4.3.3 明洞基础应设置在稳固的地基上并进行承载力检测;地基松软或软硬不均时,应采取处理措施,防止地基不均匀沉降。

4.3.4 明洞土石方开挖应符合下列规定:

1 根据地形、地质条件,边、仰坡稳定程度和采用的施工方法,确定全段或分段开挖及边、仰坡的坡度,开挖时应按自上而下的顺序进行;

2 石质地段开挖,应控制爆破炸药用量,减小爆破振动的影响,开挖后应立即进行边坡防护;

3 在松软地层开挖边、仰坡时,应随挖随支护;

4 开挖的土石不应堆弃在危害边坡及其他建筑物的地点。

4.3.5 明洞衬砌施作应符合下列规定:

1 应对模板及支(拱)架的强度、刚度和稳定性进行检算;

2 衬砌钢筋安装时应设临时支撑;

3 衬砌端头挡板应安设牢固,支撑稳固,并有防止模板移动的措施;

4 模板支架拆除应符合设计要求。

4.3.6 明洞防水施工应符合下列规定:

1 防水涂层施工时,作业人员应佩戴防护口罩、手套、安全带等防护用具;

2 卷材铺设时应严格遵守作业程序,不应上下同时作业。

4.3.7 明洞回填应在防水层完成,且衬砌达到设计强度后进行。明洞回填超过拱顶 1.0 m 及以上方可采用大型机械回填。

4.4 洞 门

- 4.4.1 洞门施工应及早完成,并尽量避开雨天和严寒季节。
- 4.4.2 洞门基础应经过承载力验算并置于稳固的地基上,当地基承载力不能满足要求时,应结合具体条件采取加固措施。
- 4.4.3 洞门施工脚手架不应妨碍车辆通行,并按规定设置警示标志。
- 4.4.4 洞门完工后,其周围边、仰坡受破坏处应及时处理。

5 超前地质预报

5.0.1 超前地质预报作业应考虑下列主要危险源、危害因素：

- 1 工作面坍塌；
- 2 找顶不彻底；
- 3 作业台(支)架失稳、安全防护失效；
- 4 突泥、突水；
- 5 瓦斯、硫化氢等有毒有害气体；
- 6 采空区；
- 7 岩爆；
- 8 放射性。

5.0.2 隧道施工应开展超前地质预报工作,作为工序纳入施工组织管理。

5.0.3 隧道施工应编制超前地质预报专项方案,施工前应进行安全技术交底。

5.0.4 超前地质预报工作前应确认工作区域无掉块、掌子面溜坍等安全风险。

5.0.5 高地温隧道超前地质预报工作应符合国家现行劳动保护有关规定,采取有效降温措施。

5.0.6 放射性地质区隧道超前地质预报工作应遵守国家有关辐射防护规定,作业人员应采取有效的防辐射措施并定期进行职业健康检查。

5.0.7 有岩爆危害的地段,应采取防范措施防范岩爆对人员的伤害。

5.0.8 瓦斯隧道超前地质预报应先监测有害气体浓度,超标时应加强通风,浓度符合安全标准要求后方可进入工作面,并应遵守《铁路瓦斯隧道技术规范》TB 10120 相关规定。

5.0.9 隧道通过矿山采空区时,应查明废弃矿巷与隧道的空间关系,分析评价其危险程度及对隧道的影响程度。

5.0.10 超前地质预报作业使用的台架、高空升降车等设备应安设牢固,操作人员应遵守高处作业的有关规定。

5.0.11 采用钻探法预报时,钻孔作业应符合下列规定:

- 1 应编制钻孔作业指导书,开钻前应进行安全技术交底;
- 2 应采用电机驱动的钻机;
- 3 孔口管应安设牢固;
- 4 钻孔时,除操作人员外的其他人员禁止进入工作区域;
- 5 钻机使用的高压风、高压水的各种连接部件应采用符合要求的高压配件,管路连接应安设牢固;
- 6 不得在炮眼残孔内钻孔;
- 7 瓦斯隧道超前钻探应符合《铁路瓦斯隧道技术规范》TB 10120 相关规定。

5.0.12 具有突泥、突水风险地段超前钻探应符合下列规定:

- 1 斜井和反坡地段应编制钻孔突涌应急处置预案,确保作业人员安全;
- 2 应安装孔口安全装置,并将孔口固定牢固,安装控制闸阀和压力表,进行耐压试验,达到要求后,方可钻进施工;
- 3 对软弱破碎带地层,应设置止浆墙;
- 4 钻探过程中发现钻孔中的压力或水量突然增大,以及有顶钻等异常状况时,应停止钻进,立即上报处理,监测水情;
- 5 当发现岩壁松软、掉块、突泥、突水等危急情况时,应立即停止作业,撤出人员。

5.0.13 采用地震波反射法预报时,使用的炸药量应确保预报安全。

6 洞身开挖

6.1 一般规定

6.1.1 隧道洞身开挖作业应考虑下列主要危险源、危害因素：

- 1 开挖方法选择不当；
- 2 开挖循环进尺过大，支护不及时，安全防护距离不足；
- 3 找顶不彻底；
- 4 开挖作业台架防护措施不到位；
- 5 民用爆炸物品使用和管理、爆破作业不符合相关规定。

6.1.2 隧道开挖前应根据地质条件、断面大小等因素选择开挖方法，编制专项施工方案。

6.1.3 隧道钻爆开挖应采用光面爆破技术，爆破作业前应进行钻爆设计并进行工艺性试验和优化。钻爆设计应根据围岩地质条件、周边环境等因素，重点控制循环进尺和同段位炸药用量，降低对围岩和周边环境的影响。

6.1.4 隧道采用机械开挖时，应根据其断面和作业环境合理选择机型，划定安全作业区域，并设置警示标志，非作业人员不得入内。

6.1.5 隧道采用人工开挖时，作业人员应保持安全操作距离，并设专人指挥。

6.1.6 隧道开挖使用的作业台架应进行强度、刚度和稳定性计算，并设置相应防护措施，经验收合格后方可使用。

6.1.7 隧道找顶应进行安全确认，合格后其他人员方可进入开挖工作面。

6.1.8 隧道在开挖下一循环作业前，应检查初期支护施作情况，确保施工作业环境安全。

6.1.9 隧道双向开挖时,工作面相距小于5倍洞径时,应加强联系并统一指挥;工作面距离接近3倍洞径时,应采取一端掘进另一端停止作业并撤走人员和机具的措施,同时在安全距离处设置禁止入内的警示标志。

6.1.10 平行小净距隧道开挖时,其同向开挖工作面应保持合理的纵向距离,并在钻爆设计、支护参数等方面采取措施,防止后行洞开挖对先行洞产生不良影响。

6.2 全断面法开挖

6.2.1 采用全断面法开挖时,应控制同段位炸药用量和总装药量,降低爆破振动对围岩的影响,防止炮渣、飞石对初期支护、衬砌结构和施工机具造成损伤。

6.2.2 在软弱围岩地段采用全断面法开挖时,应对围岩进行超前支护或预加固,并控制开挖循环进尺。

6.3 台阶法开挖

6.3.1 采用台阶法开挖时,应根据围岩条件,合理确定台阶长度和高度。

6.3.2 采用台阶法开挖时,初期支护应尽早封闭成环;仰拱单独开挖时,应严格控制仰拱一次开挖长度,并应及时施作初期支护。

6.3.3 台阶法开挖的各台阶的循环进尺应根据围岩开挖后的自稳能力,并结合设计钢架间距合理确定。

6.3.4 台阶法开挖上部钢架施工后应及时锁脚加固,台阶下部开挖后,应及时安装下部钢架,严禁拱脚长时间悬空。

6.3.5 当围岩地质较差、开挖工作面不稳定时,应采用预留核心土、短进尺环形开挖法,或在开挖工作面喷射混凝土、施作玻璃纤维锚杆等措施预加固后采用台阶法开挖。

6.3.6 围岩变形较大地段应早封闭,钢架拱腰、拱脚、墙脚应根据变形情况采取锁脚锚杆(管)、扩大拱脚及临时仰拱等措施控制围

岩及初期支护变形量。

6.4 分部法开挖

- 6.4.1 采用分部法开挖时应根据围岩自稳能力、断面大小及埋深等情况合理确定各分部的开挖断面大小、循环进尺。
- 6.4.2 采用分部法开挖时,应优先选择机械开挖;采用爆破开挖时,应采用弱爆破,严格控制炸药用量。
- 6.4.3 各分部开挖后应及时施作初期支护、临时支护,并尽早封闭成环。
- 6.4.4 各分部钢架基脚处应施作锁脚锚杆(管)或采用扩大拱脚等措施,减少拱脚下沉量。
- 6.4.5 采用中隔壁法、交叉中隔壁法开挖时,应符合下列规定:
- 1 同侧上、下层开挖面沿纵向应错开 3 m ~ 5 m;
 - 2 同层左、右侧开挖面沿纵向应错开 10 m ~ 15 m。
- 6.4.6 采取双侧壁导坑法开挖时,应符合下列规定:
- 1 侧壁导坑形状应近似椭圆形,导坑宽度不宜大于 0.4 倍隧道洞径;
 - 2 侧壁导坑、中槽部位开挖应采用短台阶,台阶长度 3 m ~ 5 m,必要时采取掌子面加固措施;
 - 3 侧壁导坑开挖应超前中槽部位 10 m ~ 15 m。
- 6.4.7 采用分部法开挖的临时支护应根据监控量测结果逐段拆除,每段拆除长度不得大于 15 m。

6.5 钻爆作业

- 6.5.1 钻孔作业应符合下列规定:
- 1 钻孔前,应由专人对开挖作业面安全状况和作业人员安全防护进行检查,及时消除各种安全隐患;
 - 2 钻孔作业应采用湿式钻孔,不得在残孔中钻孔;
 - 3 钻孔作业中,若开挖时出现地下水突出、气体逸出、异常声

响和围岩突变等情况,应立即停止钻孔作业,撤离洞内人员;

4 凿岩台车行走前,操作人员应查看并确认台车周边无人和障碍物后,按照引导人员的指示信号操作;

5 凿岩台车钻孔完成后应停放在不影响通行的安全场所。

6.5.2 装药作业应符合下列规定:

1 装药作业前,应对钻孔情况逐一检查,并检查开挖工作面的安全状况;

2 装药时作业人员应穿戴防静电衣物,使用不产生静电的专用炮棍装药,无关人员与机具等应撤至安全地点;

3 使用电雷管时,装药前电灯及电线应撤离开挖工作面,装药时应用投光灯、矿灯照明,开挖工作面不得有杂散电流;

4 严禁钻孔与装药平行作业;

5 装药作业完成后,应及时清理现场、清点民用爆炸物品数量,剩余的炸药和雷管应由领取炸药、雷管的人员退回库房。

6.5.3 爆破作业除应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 相关规定外,还应符合下列规定:

1 洞内爆破作业前,应确定指挥人员、警戒人员、起爆人员,并确保统一指挥。

2 洞内爆破作业时,指挥人员应指挥所有人员、设备撤离至安全地点;警戒人员负责警戒工作,设置警示标志。

3 爆破时,爆破工应随身携带带有绝缘装置的手电筒。

4 若爆破后发现盲炮、残余炸药及雷管时,应由原爆破人员按规定处理。

6.6 找顶作业

6.6.1 找顶作业应在洞内爆破后采取通风排烟、洒水降尘等措施,确认作业环境符合要求后进行。瓦斯或其他有毒有害气体隧道,应在浓度检测达标后进行找顶作业。

6.6.2 找顶作业应先用挖掘机等机械设备找顶,经安全员检查确

认后,方可进行人工找顶作业。

6.6.3 找顶作业应确认找顶作业区无其他人员,并在专职安全员现场指导下进行。

6.6.4 找顶作业应检查有无盲炮、有无残余炸药及雷管,清除开挖工作面松动的岩块,对已开挖支护地段的支护结构变形或开裂进行处理。

7 装渣、弃渣与运输

7.1 一般规定

- 7.1.1** 装渣、弃渣与运输作业应考虑下列主要危险源、危害因素：
- 1 通风不足,粉尘及有毒有害气体含量超标;
 - 2 光照度不足;
 - 3 找顶不彻底,围岩失稳、坍塌或掉块;
 - 4 设备管理混乱,车辆超限、超载、人货混装、失控、溜车、挂碰、倾翻;
 - 5 斜井未设置防溜逸措施,警示标志、联络信号等设置不当;
 - 6 弃渣场溜坍造成事故。
- 7.1.2** 作业台架、栈桥、衬砌台车等施工设施的设置应满足通行安全要求。
- 7.1.3** 弃渣场设置应按照国家相关规定采取保护措施,施工弃渣应符合设计规定。

7.2 装 渣

- 7.2.1** 隧道爆破后应及时进行通风、照明、找顶和初喷混凝土等工作,确认工作面满足要求后,方可进行装渣作业,并应有专人指挥。
- 7.2.2** 装渣作业过程中,应检查围岩的稳定情况,发现安全隐患时,应暂停装渣作业,采取措施消除隐患。
- 7.2.3** 装渣作业时,应加强通风和降尘,作业人员应按规定佩戴防尘护具。
- 7.2.4** 装渣作业应遵守下列规定:

1 装渣作业应规定作业区域,机械作业时,其回转范围内不得有人通过或停留;

2 装渣过程中,发现渣堆中有残留的炸药、雷管时,应通知专业人员立即处理;

3 用扒渣设备装渣时,若遇岩块卡堵,严禁用手直接搬动岩块,身体任何部位不得接触传送带;

4 装渣时应避免偏载、超载;

5 机械装渣时,辅助人员应随时观察装渣和运输机械的运行情况,防止挤碰;

6 装渣铲斗不得经过运输车辆驾驶室上方;

7 装渣设备不得碰撞初期支护钢架。

7.3 运 输

7.3.1 施工机械安全装置应齐全有效,使用前及作业过程中应加强机况检查,按规定进行维修保养。

7.3.2 运输路线的净空应满足最小行车限界要求,并根据不同的运输方式,在洞口、台架、设备、设施、岔路口等位置设置警示标志。

7.3.3 运输道路应保持平整、畅通,并设专人按要求进行维修和养护。

7.3.4 运渣车辆不得超载、超宽、超高、超速运输,厢斗严禁载人。

7.3.5 有轨运输作业应符合下列规定:

1 运输轨道应按方案进行铺设和维护;

2 车辆行驶时,应与信号、指挥人员协调配合并加强通信联络;

3 列车连接应良好,机车摘挂后调车、编组和停留时,应有防溜车措施;

4 两组列车在同方向行驶时,其间隔距离不得小于 100 m;

5 机动车牵引的列车,在洞内施工地段、视线不良的弯道、通过道岔和平交道等处,其行驶速度不得大于 10 km/h,其他地段在

采取有效的安全措施后,行驶速度不得大于 20 km/h;

6 车辆运行时应加强瞭望,不应在行驶中进行摘挂作业;

7 运渣车辆严禁载人。

7.3.6 有轨运输作业中,电瓶车的使用应符合下列规定:

1 电瓶车作业前,应对车辆的制动器、喇叭、灯光、连接装置等进行安全检查,确认完好后方可行车;

2 电瓶车司机应服从信号指挥,当信号不明确时不得擅自行车;

3 电瓶车作业结束后,应将机车制动,切断电源,拔出启动钥匙,临时停车应采取可靠的防溜车措施;

4 电瓶车牵引渣车的车辆编组应根据线路坡度、轨道状态、载重量等因素设计,确保电瓶车的安全制动距离。

7.3.7 无轨运输作业应符合下列规定:

1 施工作业地段的行车速度不得大于 15 km/h,成洞地段不得大于 25 km/h;

2 隧道洞口、平交道口、狭窄的施工场地应设置慢行标志,必要时设专人指挥交通;

3 车辆接近或通过洞口、台架下、施工作业地段以及前方有障碍物时,司机应减速瞭望并鸣笛示警;

4 在隧道内倒车或转向应开灯鸣笛或有专人指挥。

7.4 栈 桥

7.4.1 栈桥应满足隧道施工车辆荷载通行要求。

7.4.2 栈桥前后支撑应置于稳固的地基上,搭接长度、坡度应满足行车安全要求。

7.4.3 栈桥表面应设置防滑溜设施,还应设置防坠落措施。

7.4.4 车辆通过栈桥时,应设专人指挥,下方作业人员应避让。

7.4.5 栈桥两端应设置慢行和限重标志。

7.4.6 栈桥应定期进行维护保养,破损应及时修复。

7.5 弃 渣

- 7.5.1 弃渣前,应对设计文件指定弃渣场的地质条件、周边环境、弃渣范围、支挡结构等进行核对。
- 7.5.2 弃渣前,应按设计要求修筑支挡结构和排水工程。
- 7.5.3 运输通道上方存在架空管线、构筑物等应设置限高架。
- 7.5.4 有轨运输弃渣场线路应设安全线并设置1%~3%的上坡道,弃渣码头应搭设牢固,并设有挂钩、栏杆及车挡等防溜车装置。
- 7.5.5 弃渣时,应派专人指挥,严格控制弃渣区域和起斗范围;不得在坑洼、松软、倾斜的地面弃渣;不得采用石渣或木条代替有轨运输渣车的车轮铁鞋。
- 7.5.6 弃渣后应将车厢复位后方可行驶。
- 7.5.7 施工过程中,弃渣场应有专人巡查,发现渣堆中有炸药、雷管、导爆索等疑似残留爆炸物品时,应立即通知专业人员赴现场处理。
- 7.5.8 弃渣高度、坡率和平台等应符合设计要求。
- 7.5.9 弃渣结束后应按设计要求及时完成配套环保工程。

8 支护与加固

8.1 一般规定

- 8.1.1** 支护与加固作业应考虑下列主要危险源、危害因素：
- 1 临时用电不符合要求,照明光照度不足;
 - 2 找顶不彻底;
 - 3 围岩变形超限失稳,工作面坍塌,支护强度不足;
 - 4 作业台(支)架失稳,无安全防护或安全防护失效;
 - 5 施工机械倾覆或误操作。
- 8.1.2** 隧道支护作业前,应对作业面进行检查,清除松动的岩石和喷射混凝土块。作业面用电应符合临时用电的要求,光照度满足安全作业的需要,且不低于 50 lx。
- 8.1.3** 围岩较差地段,爆破找顶后应立即初喷混凝土封闭围岩,必要时封闭掌子面。
- 8.1.4** 隧道超前支护、初期支护应按设计施工,并重点检查下列工作：
- 1 管棚、超前小导管、超前锚杆的施工质量;
 - 2 预注浆加固围岩与止水的效果;
 - 3 锚杆数量、长度与施工质量(砂浆饱满度等);
 - 4 喷射混凝土厚度、密实度,钢架垂直度、间距,钢架纵、环向连接质量,钢筋网网格大小、搭接长度,以及初期支护背后是否存在空洞。
- 8.1.5** 施工作业台架应牢固可靠,防护设施齐全,并应进行结构受力和稳定性检算。使用前应组织检查验收,验收合格方可使用。
- 8.1.6** 岩石隧道钻孔应采用湿式钻孔。

8.2 管棚、超前小导管

8.2.1 管棚、超前小导管施工应符合以下规定：

1 作业前应检验作业台架安全性能，施工过程中应保持稳定；

2 施工前应检查钻机、注浆机及配套设备、风水管等施工机具的安全性能，施工过程中应确保钻机稳定牢靠，注浆管接头及高压风水管连接牢固；

3 应指定专人负责对开挖工作面进行安全观测；

4 应按作业程序和技术要求进行钻进、安装、注浆作业；

5 管棚作业换钻杆及超前小导管作业顶进钢管时，应防止钻杆、钢管掉落伤人；

6 管棚作业起吊钻杆及其他物件时，应指定专人指挥，起吊范围内任何人不得进入。

8.2.2 高水压隧道管棚施工，应选择具有防突水、突泥功能的钻孔设备，孔口管应安装满足水压要求的止水阀门；作业时人员不应站在孔口正面。

8.2.3 管棚钻孔过程中，应记录钻进各项技术参数，观察钻渣排出和孔内出水的情况，出现异常应及时报告和处理。

8.2.4 管棚、小导管在作业平台上临时存放时，应控制存放数量和高度，并采取防坠落措施。在洞内空地堆放时除应采取防止其滚落的措施外，还应设置醒目的安全警示标志。

8.3 预 注 浆

8.3.1 预注浆前，应在后方已开挖地段一定范围内采取锚喷或混凝土加固措施，并检查止浆墙或止水岩盘及已开挖段的抗渗情况。

8.3.2 预注浆应有专项方案，明确注浆孔布置、注浆材料、注浆顺序、注浆方式、注浆压力、注浆量、预留止水岩盘厚度等参数，并计算止浆墙或止水岩盘的抗压能力。

8.3.3 预注浆应安装流量计和压力表,注浆压力不得超过注浆管和止浆设施的最大额定值。注浆管接头应连接牢固,防止爆管伤人。

8.3.4 预注浆过程中应安排专人对其影响范围内的围岩和结构进行观察和量测,防止因注浆压力过大而引起围岩失稳和结构损坏。

8.3.5 注浆每循环结束后应采取超前探孔或取芯等手段进行注浆效果检查评定,达到要求后方可进入下道工序施工。

8.4 喷射混凝土

8.4.1 喷射作业前,应清除作业区松动的岩石。

8.4.2 喷射混凝土应采用湿喷工艺。喷射混凝土作业人员应按规定佩戴防尘口罩、防护眼罩等防护用品,避免直接接触液体速凝剂,不慎接触后应立即用清水冲洗。

8.4.3 喷射混凝土设备开机前,应确认喷射作业范围内无人员活动;非施工人员不得进入正在进行喷射混凝土的作业区。

8.4.4 喷射混凝土作业中,发生堵管或爆管时,应按操作规程正确处置,依次停止投料、送水和供风。

8.4.5 喷射混凝土施工中应检查输料管、接头的使用情况,当有破损或松脱时应及时处理。

8.4.6 喷射混凝土设备应按相关规定维护和保养,在非作业时间应停放于安全且不影响通行的位置。

8.5 锚 杆

8.5.1 锚杆作业前,应清除工作面松动的岩石,确认作业区无掉块、坍塌等安全风险。

8.5.2 锚杆孔钻进作业时,应保持钻机及作业平台稳定牢靠。

8.5.3 锚杆台车退出锚杆脱离孔口前,应停止锚杆旋转。

8.5.4 清孔作业时,作业人员应位于孔口侧面,不得正对孔口。

- 8.5.5 注浆作业人员应佩戴护目镜等防护用品。
- 8.5.6 各种锚杆应安装垫板、螺帽并及时紧固,垫板与锚杆间不应采用焊接,垫板应紧贴基面。
- 8.5.7 锚杆钻孔设备应停放于安全且不影响通行的位置。

8.6 钢 架

- 8.6.1 隧道内搬运钢架应装载牢固,固定可靠,防止发生碰撞和掉落。
- 8.6.2 钢架提升安装过程中,人员应避让;架设钢架时应采取安全防护措施。
- 8.6.3 钢架之间纵、环向连接以及钢架节段连接应及时、牢固。
- 8.6.4 每榀钢架安装完成后应及时施作锁脚锚杆(管),并与之连接牢固,钢架底脚不得悬空或置于虚渣上。
- 8.6.5 当钢架需要拆换时,应先采取加固措施,逐榀拆换。

9 衬 砌

9.1 一 般 规 定

9.1.1 衬砌作业应考虑下列主要危险源、危害因素：

- 1 作业台架失稳,无安全防护或安全防护失效导致高处坠落和物体打击;
- 2 结构钢筋安装失稳坍塌;
- 3 火灾或引发防水材料燃烧中毒;
- 4 混凝土泵送作业操作不当,堵管处理不当。

9.1.2 衬砌施工作业面用电应符合临时用电的要求,照明应满足安全作业的需要,衬砌作业面及前后 30 m 范围照度不得低于 30 lx。

9.1.3 二次衬砌施作时机应符合设计要求。高地应力软岩大变形隧道二次衬砌应在围岩变形速率趋缓后施作。

9.1.4 隧道仰拱应随开挖及时施作,尽快形成封闭环,施作时机应符合设计和有关规定要求。

9.1.5 运输机械应按规定线路及速度行驶,通过台车、栈桥时应加强瞭望,并应有专人指挥,驻停时应设置防溜装置及安全警示标志。

9.1.6 动火作业应设挡板,防止引燃防水板导致的火灾、中毒事故。

9.1.7 衬砌作业完毕后应及时清理,消除安全隐患。

9.2 衬砌台车、钢筋防水板作业台车

9.2.1 台车的强度、刚度及稳定性应符合有关标准规定。

- 9.2.2 台车现场组装完毕后,应组织验收调试,合格后方可使用。
- 9.2.3 台车应预留满足作业人员、施工车辆通行以及安设风、水、电线路或管道的净空,其净空尺寸应满足安全通行相关要求。
- 9.2.4 台车应设置防护栏杆、警示标志,配足消防器材。
- 9.2.5 衬砌台车、作业平台上的电线路敷设及用电设施设置应符合洞内临时用电要求,并应有绝缘保护装置。
- 9.2.6 衬砌台车、钢筋防水板作业台车在洞内组装、拆卸时,应选择成洞地段或围岩条件较好的地段进行。
- 9.2.7 洞内安、拆衬砌台车、钢筋防水板作业台车时,埋设各类吊点、吊具应牢固可靠;组装、拆卸、吊装作业应符合起重吊装作业要求。
- 9.2.8 衬砌台车、钢筋防水板作业台车就位后,应配置防溜车装置,液压支撑应有锁定装置。
- 9.2.9 混凝土浇筑过程中应检查衬砌台车支撑系统,防止爆模和台车变形。

9.3 防水板作业

- 9.3.1 防水板作业区域应设置消防器材及防火安全警示标志。
- 9.3.2 防水板作业面的照明灯具不得烘烤防水板,与防水板距离不得小于50 cm。
- 9.3.3 防水板作业后应确认作业面无火灾隐患。

9.4 钢筋安装

- 9.4.1 隧道内运输钢筋应根据各类作业台架通行净空、洞内设施情况进行装载并捆绑牢固,固定可靠,防止发生碰撞和掉落。
- 9.4.2 钢筋安装应设置临时支撑、防倾倒和防碰撞措施,临时支撑和整体结构应牢固可靠,临时支撑应有警示标志。
- 9.4.3 仰拱钢筋绑扎时,施工栈桥下的作业人员应提前避让通行车辆。

9.5 混凝土浇筑

- 9.5.1 泵送混凝土管道安设及连接应符合规定,施工过程中应检查其连接的可靠性、安全性及管道的稳定性。
- 9.5.2 泵送混凝土管道堵塞时,应及时停止泵送并逐节检查确定堵塞部位。堵管处理应按操作程序进行,不得违规作业。
- 9.5.3 衬砌混凝土浇筑时应控制浇筑速度,并保证两侧基本对称浇筑。
- 9.5.4 衬砌台车端头挡板与防水板、台车间接触面应紧密,挡板支撑应稳固。混凝土浇筑过程中应检查挡板及支撑的安全状况。
- 9.5.5 混凝土浇筑过程中衬砌台车出现变形等异常情况时,作业人员应及时撤离作业平台,隐患消除后方可恢复作业。
- 9.5.6 仰拱应分段一次整体浇筑,并根据围岩情况严格限制一次施工长度;浇筑仰拱、填充混凝土时,施工栈桥下的作业人员应提前避让通行车辆。
- 9.5.7 仰拱施工时车辆通过速度不得超过 5 km/h,并应有专人指挥。
- 9.5.8 二次衬砌脱模强度应符合设计及技术规程要求。

10 监控量测

- 10.0.1** 监控量测作业应考虑下列主要危险源、危害因素：
- 1 监控量测方案不合理,元器件损坏,采集数据失真;
 - 2 监控量测工作面未找顶、未支护,照明光照度不足;
 - 3 作业台架防护不到位,个人防护用品未按规定佩戴;
 - 4 富水、岩溶和岩爆隧道安装量测仪器或钻孔作业时,出现突水、突泥、掉块等异常情况;
 - 5 施工安全性评价等级不准确。
- 10.0.2** 施工单位应根据设计文件、隧道工程特点、施工方法制定监控量测专项方案,方案应包括安全保障措施。
- 10.0.3** 监控量测应纳入施工工序管理,监控量测应配备专职人员。
- 10.0.4** 监控量测应实施分级管理,明确信息报告程序、响应处置流程和相关单位工作职责。
- 10.0.5** 监控量测作业区域照明的光照度应满足数据采集和作业人员安全操作的需要。
- 10.0.6** 监控量测点应设置醒目标志,并作好保护。
- 10.0.7** 有岩爆危险的隧道量测工作应采取有针对性的安全防护措施,并采用非接触式量测手段。
- 10.0.8** 开展监控量测工作时,应有专人对围岩和支护的稳定状况进行观察。
- 10.0.9** 监控量测作业台架、高空升降车、升降梯等应安设牢固,高处作业人员应系安全带。
- 10.0.10** 安装多点锚杆位移器、锚杆应力计,其钻孔作业应由钻机操作人员施作。

10.0.11 监控量测信息反馈应根据监控量测数据分析结果,对施工安全性进行评价,并提出相应的工程对策与建议。

10.0.12 监控量测数据应开展实时分析和阶段分析,发现异常情况应按规定处置。

10.0.13 监控量测工作除应符合本规程要求外,尚应符合铁路隧道监控量测相关技术标准要求。

11 施工风水电与防尘、照明

11.1 供 风

11.1.1 供风作业应考虑下列主要危险源、危害因素：

- 1 空压机失效；
- 2 供风管管材不合格、接头不牢固，破损、漏风；
- 3 空压机储气罐、安全阀不合格或未检验；
- 4 高温、高寒环境的防范措施不到位。

11.1.2 空压机站应有防水、降温和保温设施，并按规定配备消防器材；距离居民区较近时应有防噪声、防振动的措施。

11.1.3 空压机的使用、维修应符合下列规定：

- 1 储气罐、安全阀、压力表应按规定进行检验；
- 2 使用前应检查空压机的安全状况，确认完好后方可投入使用，使用过程中应经常检查；
- 3 空压机操作应执行交接班制度，并作好交接班记录，值班人员不得随意离岗；
- 4 运转过程中不得随意松动、拆卸任何管路附件和接头，防止设备内部带压的气液混合体溢出伤人；
- 5 检修或维护时应停机、切断电源并排尽压缩空气，同时将配电箱锁闭并悬挂“不得合闸、有人工作”警示牌，防止意外启动导致人员及设备的损伤；
- 6 空压机站应有隔油排放措施，防止污染环境。

11.1.4 供风管安装应符合下列规定：

- 1 供风管的材质及耐风压等级应满足要求。
- 2 供风管安装前应进行检查，有裂纹、创伤、凹陷等缺陷时不

得使用,管内不得留有残余物。

3 在洞外地段,风管长度大于 100 m 和温度变化较大时,应安装伸缩器,寒冷地区供风管应采取防冻措施。

4 洞内供风管应敷设在电缆、电线路的相对一侧,不得妨碍运输和影响侧沟施工。风管网路中应分段设置控制闸阀,以利于控制和检修。

5 供风管应敷设平顺、连接牢固,接头严密、不漏风,风管拆卸应在空压机停机或关闭闸阀后进行。

11.1.5 供风系统使用过程中应设专人负责检查和维护,对漏风管路及闸、阀等应及时进行修复或更换。

11.2 供水

11.2.1 供水作业应考虑下列主要危险源、危害因素:

- 1 水质不符合标准;
- 2 蓄水池位置选择不当,无防护,进水控制阀失效;
- 3 抽水机电机绝缘失效,电缆线漏电;
- 4 供水管道有裂纹或闸阀失效。

11.2.2 隧道工程施工前应检测水质,符合要求方可使用。

11.2.3 蓄水池应进行专项设计,不得设于隧道正上方。水池基础应置于稳定坚实的地基上,并做好防渗处理;蓄水池顶部应设防护棚,四周应设防护栏,并设安全警示标志,防止人员坠入。

11.2.4 寒冷地区蓄水池和供水管道应采取有效的防冻措施。

11.2.5 机械抽水应有专人负责,当抽水机房设在河道、冲沟或低洼地段时,应设可靠的防洪措施。

11.2.6 供水管道在安装前应进行检查,有裂纹、创伤等现象时不得使用,管内不得留有残余物。

11.2.7 供水管路应敷设平顺,接头严密牢固。洞内管道不应与电缆、电线路同侧布置,不得妨碍运输和通行。

11.2.8 供水系统应设专人负责检查维护,对漏水管路及闸阀应

及时修复或更换。水源含泥沙的高压水池应有过滤措施,并定期清洗。

11.3 供 电

11.3.1 供电作业应考虑下列主要危险源、危害因素:

- 1 作业地段照明未使用安全电压,隧道施工照明不足;
- 2 高压输电线路距人行道安全距离不够;
- 3 变压器防护不到位;
- 4 电缆线质量不合格、破损或线头裸露;
- 5 作业人员未经培训取证或违规作业,防护不当。

11.3.2 隧道施工供电应符合下列规定:

1 安装、巡检、维修或拆除临时用电设备和线路,应由电工完成;电工应持证上岗,电工等级应与工程的难易程度和技术复杂性相适应。

2 电工作业时应穿绝缘鞋、戴绝缘手套,使用电工检测及绝缘工具。电气设备或线路检修作业前,应将上一级电源隔离开关分闸断电,并悬挂“不得合闸、有人工作”的停电标示牌,不得带电作业。

3 高压停送电作业应执行工作票制度,严格遵守倒闸操作程序,按规范要求验电、装设接地线、挂警示牌,并执行监护制度。

4 隧道施工用电应按设计要求设置双电源或自备电源。自备发电机组与外电线路应电源联锁,不得并列运行。

11.3.3 隧道供电电压应符合下列要求:

- 1 供电线路应采用 220/380 V 三相五线制;
- 2 照明、动力线路分开布设;
- 3 作业地段照明电压不得大于 36 V,成洞地段可采用 220 V;

4 隧道供电系统应设置完善的接地保护系统,接地电阻应符合规定。

11.3.4 隧道洞外设置变电站时,应有防雷击和防风措施。变电站架空输电线路应避免跨越施工区域。当必需跨越时,其最低点距人行道和运输道路的距离应满足以下规定:

- 1 电压小于 1 kV 时不小于 6.0 m;
- 2 电压大于或等于 1 kV 时不小于 7.0 m。

11.3.5 隧道内供电线路布置和安装应符合下列规定:

1 隧道内配电线应采用绝缘导线或电缆。成洞地段固定的电线路应用绝缘良好的塑料绝缘导线架设,施工地段的临时电线路应采用橡套电缆,并应挂在临时支架上,竖井、斜井临时电线路应使用铠装电缆。

2 照明和动力电线路安装在同一侧时,应从低到高分层架设。电压 380 V 时,最下侧导线距地面高度不得小于 2.5 m;电压为 10 kV 时悬挂高度应不小于 3.5 m。

3 涌水隧道的电动排水设备,瓦斯隧道的通风设备,以及斜井、竖井内的电气装置应采用双回路输电,并有可靠的切换装置。

4 动力干线上的每一分支线,应装设开关及保险装置。不应在动力线路上加挂照明设施。

5 施工现场内所有防雷装置的冲击接地电阻值不得大于 30 Ω 。

6 36 V 低压变压器应设在安全、干燥处,机壳接地,输电线路长度不得大于 100 m。

11.3.6 隧道内 220/380 V 供电距离不宜大于 500 m,供电距离大于 500 m 时应采取升压措施或高压进洞。

11.3.7 在隧道内设置 10 kV 变电站应符合下列要求:

1 变电站应设置在干燥的避车洞或不使用的横通道内,变压器与周围及上下洞壁的最小距离不得小于 300 mm 且无遮拦带电部分至洞壁的最小距离不小于 2 500 mm,至隔离防护设施的最小距离不小于 2 000 mm。

2 变电站应采用井下高压配电装置或相同电压等级的油开

关柜,不应使用跌落式熔断器;低压应采用成套组合电器或带有空气断路器的低压配电盘。

3 变电站周围应装设防护遮栏和警示灯,悬挂“高压危险”等安全警示标志。

11.3.8 架空线路应有明显的限高标识和必要防护,防止设备、车辆挂碰线路。

11.3.9 各种电气设备和输变电线应有专人检查、维修、调整等,其作业要求应符合《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194 的要求。

11.4 施工排水

11.4.1 施工排水作业应考虑下列主要危险源、危害因素:

- 1 排水设备能力不足、损坏;
- 2 有突、涌水风险的反坡排水隧道,未按方案设置备用电源;
- 3 集水池防护措施不到位;
- 4 有水地段电缆线破损漏电;
- 5 洞口排水冲刷边、仰坡或路基;
- 6 施工排放水质不符合排放标准,污染环境。

11.4.2 有突、涌水风险的反坡排水隧道施工,应编制施工排水专项施工方案。

11.4.3 施工前应对地表水进行处理,及早修建洞口防排水设施,防止地表水渗漏及冲刷边、仰坡,危及结构及施工安全。

11.4.4 隧道内未衬砌地段应设临时排水沟,排水沟应经常清理,保持畅通。

11.4.5 排水泵站设置应符合下列规定:

- 1 泵站位置和容量应根据排水量、地质条件合理确定;
- 2 集水池顶面高程应低于纵向排水沟沟底;
- 3 泵站应留有增加水泵的空间;
- 4 集水池应设临边防护措施。

11.4.6 有突、涌水风险的反坡排水隧道施工,应配置应急备用电源、抽水设备和排水管道。

11.4.7 隧道施工废水不得直接排放,应经过沉淀和处理,符合当地环境保护相关规定后方可排放。

11.5 通风与防尘

11.5.1 通风与防尘应考虑下列主要危险源、危害因素:

- 1** 通风系统失效;
- 2** 通风管管材不合格、接头不牢固,破损、漏风;
- 3** 作业现场空气指标不满足职业健康要求;
- 4** 防范措施不到位。

11.5.2 隧道施工应根据现场条件和作业需要采用机械通风。

11.5.3 长及特长隧道施工应制定专项通风方案并实施。

11.5.4 隧道施工通风应纳入工序管理,成立专门的通风班组。

11.5.5 隧道施工过程中,应保障持续通风,保证每一作业人员供应新鲜空气不小于 $3 \text{ m}^3/\text{min}$,采用内燃机械作业时,供风量不应小于 $3 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{kW})$ 。瓦斯及其他有害气体隧道、高地温隧道、高原隧道应结合实际情况提高供风标准,并增加配套辅助措施。

11.5.6 隧道全断面开挖时的通风风速不应小于 0.15 m/s ,分部开挖的坑道中通风风速不应小于 0.25 m/s 。

11.5.7 通风机、通风管安装与使用应符合下列规定:

1 通风机控制系统应装有保险装置,当发生故障时应自动停机,当发生断电故障时应人工复电方可启动通风机;

2 通风管沿线应每隔 $50 \text{ m} \sim 100 \text{ m}$ 设立警示标志或色灯,人员不得在风管的进出口停留;

3 通风管安装作业台架应稳定牢固,经验收合格后方可使用;

4 通风管安装应顺直,并及时延接,不得弯折和挤压,不得破损;

5 通风管须为阻燃型,瓦斯隧道还须满足防静电要求。

11.5.8 隧道施工中应采取综合除尘降噪措施,配备专用检测设备及仪器,按规定检测粉尘、噪声和有害气体浓度。

11.5.9 爆破作业后和出渣前应经喷淋降尘后,作业人员方可进入下道工序作业;装渣作业和喷射混凝土过程中,应采取降尘措施。

11.5.10 隧道施工作业环境应符合国家有关规定,并满足下列卫生及安全标准的要求:

1 隧道内各工作面空气中,按体积计,氧气含量不得低于20%,二氧化碳不得大于0.5%,高原隧道可根据人体承受能力适当放宽。

2 隧道内气温不得高于28℃。

3 隧道内噪声不得大于90dB。

4 隧道内粉尘容许浓度,每立方米空气中含有10%以上的游离二氧化硅的粉尘不得大于2mg,每立方米空气中含有10%以下的游离二氧化硅的矿物性粉尘不得大于4mg。

5 隧道内常见有害气体容许浓度:

1) 一氧化碳容许浓度不得大于30mg/m³。在特殊情况下,施工人员须进入开挖工作面时,浓度可为100mg/m³,但工作时间不得大于30min。

2) 氮氧化物(换算成NO₂)浓度应在5mg/m³以下。

11.5.11 从事隧道施工人员在进场后、施工中和离场前应进行职业健康体检,并建立个人健康档案。

11.5.12 隧道施工中,应为施工人员配备满足作业需要的防尘口罩、耳塞等个人劳动保护用品。

11.6 照 明

11.6.1 照明应考虑下列主要危险源、危害因素:

1 作业地段照明未使用安全电压,照明不足;

2 电缆线质量不合格、破损或线头裸露；

3 作业人员未经培训取证或违规作业,防护不当。

11.6.2 隧道施工作业地段应有足够亮度的照明。采用普通光源照明时,其亮度应满足表 11.6.2 的要求。不安全因素较大的地段应加大光照度。

表 11.6.2 隧道作业地段施工照明要求

施工作业地段	最小光照度(lx)
开挖工作面	50
其他作业地段	30
运输通道	15
成洞地段	10

11.6.3 作业地段采用普通光源施工照明时应符合下列规定:

1 应使用安全变压器,其容量不宜过大,输出端不应高出额定电压的 105%。

2 隧道内照明的光照度应充足、均匀,不得有闪烁。

3 洞内主要交通道路、抽水机等重要场所,应有安全照明;曲线地段和洞室拐弯处,应加强照明。

4 成洞地段应采用节能新光源。

11.6.4 隧道内有水地段照明应采用防水灯头和灯罩。施工现场电线、电缆及电器设备、设施使用过程中应经常检查,确保绝缘良好。

11.6.5 隧道内应按每 50 m ~ 100 m 间距设应急照明灯。

12 不良地质和特殊岩土隧道

12.1 一般规定

12.1.1 不良地质和特殊岩土地质隧道施工作业应考虑下列主要危险源、危害因素：

- 1 未按专项施工方案实施；
- 2 重大危险源辨识不明，针对性措施不足；
- 3 超前地质预报分析判断不准确；
- 4 初期支护施作不及时，支护强度不足；
- 5 监控量测数据失真，信息反馈不及时；
- 6 有毒有害气体检测仪器、瓦斯隧道施工机械设备未按规定配备，检测工作不到位，通风效果差；
- 7 应急预案针对性差，应急物资设备储备不足。

12.1.2 施工前应制定专项施工方案并实施，危险性较大的不良地质地段应组织专家论证。

12.1.3 施工前应制定超前地质预报实施方案，并根据地质预报结果及时调整设计措施和施工方案。

12.1.4 施工时应加强监控量测，发现围岩和支护体系变形异常时，应立即采取有效措施，情况严重时应将全部人员撤离危险区域。

12.1.5 进入不良地质地段施工前，应向作业人员进行安全技术交底，告知其危险因素、防范和应急措施，并进行公示。

12.2 岩 溶

12.2.1 岩溶隧道施工前，施工单位应对设计文件进行核对，并采

用综合超前地质预报手段,探测岩溶的分布范围、类型、规模、填充物、地下水的情况以及岩层的稳定程度等,开挖前应采取有针对性的措施。

12.2.2 岩溶隧道的施工应制定专项施工方案并实施。

12.2.3 岩溶隧道施工应根据安全评估结果建立应急逃生系统。

12.2.4 揭示岩溶时,应按设计要求进行处理,不得随意封堵。

12.2.5 岩溶地区隧道开挖前应按设计完成预加固等安全技术措施。

12.2.6 岩溶隧道二次衬砌施工前,应重点检查拱部、底板、侧边墙一定范围内是否存在有害空洞,并采取处理措施。

12.3 富水软弱破碎围岩

12.3.1 开挖前,应按设计进行预加固处理,并验证其加固效果。

12.3.2 钻孔过程中发现浑水、携带泥沙、顶钻、高压喷水、水量突然增大等异常情况,应立即停止作业,撤出人员,并分析原因,制定处理措施。

12.3.3 开挖后应及时开展监控量测,评价支护的可靠性和围岩的稳定性,及时调整支护参数和施工方案,确保施工安全。

12.3.4 富水隧道衬砌背后排水系统应加强设置,排水应畅通,防止衬砌背后积水形成压力。

12.4 风积沙、含水砂层

12.4.1 隧道通过风积沙和含水砂层时,应按设计进行预加固处理,并验证其加固效果。

12.4.2 风积沙隧道开挖后应立即初喷混凝土封闭开挖面,及时施作初期支护,遇缝必堵,严防漏沙。

12.4.3 含水砂层隧道开挖应先治水、再加固、后开挖。

12.4.4 含水砂层隧道采取排水措施时,应设置过滤装置,防止砂粒流失。

12.4.5 风积沙和含水砂层隧道的二次衬砌应及早施作。

12.5 瓦斯、有毒有害气体

12.5.1 有毒有害气体隧道施工应配备相应的气体检测设备。

12.5.2 有毒有害气体隧道应加强通风,按设计要求采取相应措施。

12.5.3 有毒有害气体隧道施工期间,应根据预测及实际揭示情况及时与设计变更,调整施工方案。

12.5.4 有毒有害气体隧道施工,应建立气体检测、监控和预警预报体系。

12.5.5 瓦斯隧道超前地质钻孔应符合下列规定:

1 应采用防爆型钻机,湿式钻孔,移动钻机时,应先切断电源;

2 钻孔过程中出现顶钻、喷孔等瓦斯动力现象时,应立即停止作业、撤离人员,并按揭煤防突相关要求进行管理。

12.5.6 瓦斯工区钻爆作业应符合下列规定:

1 应采用控制爆破,严格控制超欠挖,避免瓦斯积聚。

2 应采用湿式钻孔,炮眼深度不应小于 0.6 m,炮眼抵抗线不得小于 0.3 m。

3 应执行“一炮三检制”和“三人连锁爆破制”。

4 瓦斯工区爆破作业应使用煤矿许用炸药。

5 瓦斯工区爆破应使用煤矿许用瞬发电雷管或煤矿许用毫秒延期电雷管,电力起爆应使用防爆型起爆器,一个工作面不得使用两台及以上起爆器起爆。

6 瓦斯工区装药前应进行检查,并应符合下列要求:

1) 作业面 20 m 内风流中瓦斯浓度应小于 1.0 %;

2) 施工设备、材料等堵塞开挖断面不得大于 1/3;

3) 装药前应清除炮孔内的煤(岩)粉;

4) 炮孔内无异状,无明显瓦斯逸出、煤岩松动等。

7 瓦斯工区爆破炮孔应采用不燃性材料进行填塞并应符合下列要求:

- 1) 炮孔深度为 0.6 m ~ 1 m 时,封泥长度不应小于炮孔深度的 1/2;
- 2) 炮孔深度超过 1 m 时,封泥长度不应小于 0.5 m;
- 3) 炮孔深度超过 2.5 m 时,封泥长度不应小于 1 m。

8 爆破网路应采用串联连接方式,连接线和雷管所有连接接头应扭结牢固。

9 高瓦斯和瓦斯突出工区每次爆破后应至少通风 30 min,确认瓦斯浓度小于 1% 后,方可允许施工人员进入开挖工作面。

12.5.7 瓦斯区段开挖后应及时施作初期支护和背后注浆,及早施作二次衬砌,控制瓦斯逸出。

12.5.8 揭煤防突施工应符合下列规定:

1 在具有煤(岩)与瓦斯突出危险工区施工时,任意 2 个相向开挖掌子面距离不应小于 100 m,同向(相邻)开挖掌子面前后距离不应小于 50 m;

2 当发现煤(岩)与瓦斯突出预兆时,应立即停工、断电,撤离人员;

3 揭煤前应检验防突措施效果,确认消除突出危险后,方可进行揭煤开挖;

4 掌子面突出危险性预测应至少选用两种方法,相互验证;

5 瓦斯突出工区在揭穿突出煤层爆破时,应停止工区内一切作业,切断洞内电源,洞内人员撤离至洞外,并应在隧道外起爆。

12.5.9 瓦斯隧道施工通风应符合下列规定:

1 应编制全隧道和各工区的施工通风设计,任何作业面不应存在通风盲区;

2 瓦斯隧道各开挖工作面应独立通风,任何 2 个工作面之间不得串联通风;

3 洞内供风量应通过计算确定,每人供风量不得小于 $4 \text{ m}^3/\text{min}$,

作业机械需风量不得小于 $4 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{kW})$;

4 应采用防爆型风机,抗静电、阻燃通风管,风管出风口距开挖面距离不大于 15 m;

5 瓦斯隧道的主风机应设两路独立电源,并装设风电闭锁装置;

6 应配置一套同等性能的备用通风机,保持良好状态,并能在 10 min 内开动;

7 对衬砌台车、洞室等瓦斯易于积聚区域,应实施局部通风,消除瓦斯积聚。

12.5.10 瓦斯隧道施工应建立瓦斯检测制度,瓦斯工区应采用瓦斯浓度、风速/风量双控指标进行安全施工组织管理,并遵循下列规定:

1 微瓦斯工区应开展人工检测,其他瓦斯工作应建立瓦斯自动实时监测与人工检测相结合的瓦斯监测体系。

2 瓦斯自动实时监测报警系统应具有故障闭锁、瓦电闭锁、风电闭锁、断电状态、馈电状态监测和报警功能。

3 瓦斯易于积聚的空间、局扇及电气开关附近、作业台车和机械附近、回风流中等位置应设置自动监测传感器,检测风流中瓦斯的浓度。

4 高瓦斯和瓦斯突出工区应同时配备低浓度光干涉式甲烷测定器和高浓度光干涉式甲烷测定器;微瓦斯工区、低瓦斯工区应配备低浓度光干涉式甲烷测定器。

5 瓦斯浓度检查频次应符合下列规定:

1) 微瓦斯工区每班应至少检查 2 次;

2) 低瓦斯、高瓦斯工区每班应至少检查 3 次;

3) 长期停工后重新复工的作业面、隧道塌方后开始处理前应进行检查。

6 检测瓦斯用的仪器、设备应定期进行调试、校验。

7 瓦斯浓度超限处理应符合下列规定:

- 1) 当爆破作业面附近 20 m 内风流中瓦斯浓度达到 1% 时,应停止钻孔作业;当瓦斯浓度达到 1.5% 时,应停止一切作业,撤出工作人员,切断电源,采取处理措施。
- 2) 电动机附近 20 m 以内风流中瓦斯浓度达到 1.5% 时,应停止运转,撤出人员,切断电源进行处理。
- 3) 当瓦斯积聚大于 0.5 m^3 、浓度大于 2% 时,附近 20 m 内应停止工作,撤出人员,切断电源进行处理。

12.5.11 瓦斯隧道施工电器设备及作业机械应符合下列规定:

1 高瓦斯及瓦斯突出工区应使用防爆型电气设备和防爆型作业机械。

2 微瓦斯工区可使用非防爆型电气设备和作业机械;低瓦斯工区使用非防爆型作业机械时,应设置便携式甲烷报警仪。

3 高瓦斯工区和瓦斯突出工区供电应配制两回路电源;工区内采用双电源线路时,其电源线上不得分接隧道以外的任何负荷;采用单回路供电时,应有备用电源,备用电源的容量应满足通风、排水、自动监控等要求。

12.5.12 瓦斯隧道防火应符合下列规定:

1 洞口值班房、通风机房等洞口附近 20 m 范围内不得有火源;

2 应严格执行“严禁烟火进入隧道”的安全规定;

3 高瓦斯和煤与瓦斯突出工区不应进行电气焊、切割等作业,当情况特殊应进行电气焊、切割等作业时,应制定安全措施和审批制度;

4 瓦斯隧道内供风量不足或施焊点周围 20 m 范围内瓦斯浓度大于 0.5% 时,严禁动火作业;

5 在有自燃倾向的煤层中施工时,应事先制定安全措施,预防煤层自燃;

6 瓦斯工区应在洞外设置消防水池和消防用砂,水池中应储存不少于 200 m^3 储水量,并保持一定的水压;

7 瓦斯工区内应设置消防管路系统,并每隔 100 m 设置一个阀门,作业区内设置灭火器及消防设施,并保持良好状态。

12.5.13 瓦斯隧道救护工作应符合下列规定:

1 施工单位应建立救护队伍,配备应急救援物资;救护装备和救护车辆不得用于救护以外的工作;瓦斯突出工区应与当地有资质的救护队签订救护协议,委托其进行相关的必要工作和事故抢险救援工作,按计划组织应急预案演练。

2 瓦斯隧道应备有急救和抢救设备,并指定专人保管,保持其良好状态。

3 救护队应在统一指挥下开展抢救工作,不得个人单独行动。

4 事故处理救护基地,应设在安全区附近新鲜风流中的安全地带。

12.5.14 瓦斯工区施工人员管理应符合下列规定:

1 瓦斯隧道开工前,参建单位应组织相关人员进行专项安全培训,并经考核合格后上岗;爆破工、瓦检员等特种作业人员应持证上岗。

2 瓦斯工区应设置门禁系统,建立检身制度、出入洞人员清点制度。

3 不得穿着易产生静电的服装进入瓦斯工区。

4 进入瓦斯突出工区的作业人员应携带自救器。

12.6 高地应力

12.6.1 高地应力区隧道施工应加强对开挖工作面前方的围岩特性、水文地质、地应力等的预测、预报,确定高地应力硬岩岩爆等级、软岩大变形等级。

12.6.2 岩爆隧道施工应符合下列规定:

1 中等以上岩爆隧道应采用以机械为主的施工方法,施工机械重要部位应加装防护钢板,避免岩爆弹射岩块伤及作业人员、损

坏设备；

2 岩爆隧道的施工应根据围岩应力及围岩条件确定开挖循环进尺长度,采用光面爆破或预裂爆破,使隧道周壁圆顺,降低岩爆发生的强度；

3 应加强监测和观测,发生岩爆应停机待避,待检查确认安全后方可进行开挖工作面的观察记录。

12.6.3 软岩大变形隧道施工应符合下列规定：

1 应加大预留变形量,并根据监测结果予以调整,防止侵限；

2 开挖后应及时支护,封闭暴露岩体,施作临时仰拱或横撑,支护应尽早封闭成环；

3 应根据大变形等级采取相应的支护加固措施,可采用长锚杆、伸缩式钢架、双层型钢支护等加强措施；

4 极高地应力软岩大变形应采用弹性预支护结构,待变形趋缓后再施作永久性初期支护；

5 二次衬砌施作时机应根据监测结果分析确定,并应适当延长衬砌拆模时间。

12.7 膨胀岩(土)

12.7.1 膨胀性围岩隧道施工前应核对地质资料,浅埋地段地表低洼积水处应采取封堵或引排措施防止积水。

12.7.2 膨胀性围岩隧道开挖应符合下列规定：

1 尽量采用机械、人工等非爆破开挖方式,减少对围岩的扰动；

2 采用钻爆法开挖时,应控制开挖循环进尺和爆破振速,同时应确保开挖断面轮廓圆顺；

3 开挖后应及时支护,封闭暴露岩体,施作临时仰拱或横撑,支护应尽早封闭成环。

12.7.3 膨胀性围岩隧道支护应符合下列规定：

1 应根据设计和监控量测数据确定合理的预留变形量；

2 开挖后应尽快初喷混凝土封闭开挖面,初期支护完成后应及早回填注浆,确保初期支护与围岩密贴。

12.7.4 施工过程中应加强用水管理,防止岩面、隧底被水浸泡。

12.8 黄 土

12.8.1 黄土隧道进洞前应做好洞口及地表截排水设施,地表冲沟、陷穴、裂缝等应采取回填夯实、填土反压、改变地表水径流等措施,防止地表水下渗、冲刷影响结构安全。

12.8.2 黄土隧道的开挖应符合下列规定:

1 黄土隧道应采用机械和人工配合的开挖方式,并控制隧道超挖;

2 施工中应重点监控垂直节理,应采取必要的措施,防止隧道塌方;

3 应根据隧道断面、地质情况采用合理的开挖方法,控制开挖循环进尺;

4 在半岩半土地层爆破时应对拱脚进行加固,控制爆破振速,减小爆破对围岩和初期支护结构的扰动,防止塌方、掉拱;

5 墙脚、拱脚、仰拱应预留不小于 30 cm 采用人工开挖,不得超挖;

6 施工过程中应采取措施防止基底积水;

7 施工中当发现突水、变形异常等不安全因素时,应暂停开挖,制定地下水处理、加强支护等措施。

12.8.3 黄土隧道初期支护、二次衬砌施工应符合下列规定:

1 开挖后应及时喷射混凝土封闭开挖面,施作初期支护,及时封闭成环;

2 应加强监测,采用注浆锁脚锚杆(管)、钢垫板、大拱脚等措施,控制钢架沉降,防止坍塌;

3 锚杆应采用药包式或早强砂浆式,各种锚杆应设置垫板;

4 临时支护应根据监控量测结果确定拆除时机,通过试验段

确定分段拆除长度。

12.8.4 黄土隧道施工应加强排水及施工用水管理,避免浸泡拱脚和基底。

12.9 多年冻土

12.9.1 洞口边、仰坡的开挖应遵循快开挖、快防护的原则,减少冻土暴露时间。

12.9.2 施工过程中,应加强洞内温度监测,采取温度调节措施,降低洞内环境温度;开挖爆破后,应及时喷混凝土封闭围岩,控制围岩表层融化。

12.9.3 多年冻土隧道应按设计采用低温早强混凝土(含喷射混凝土),控制工序步距,缩短二次衬砌与掌子面之间的距离;洞口段结构混凝土应加强保温养护。

12.9.4 多年冻土隧道应采取有效的防排水和隔热保温措施,防水层和隔热保温层施工应有相应的防毒、防火措施。

12.9.5 高原多年冻土隧道施工,应根据海拔和空气含氧量,采取合理的通风及供氧方式,选择合适的通风及供氧设备,合理安排作业时间,保证施工人员的健康与安全。

12.10 高地温

12.10.1 高地温隧道施工应加强探测和超前地质预报,探明热源,并进行风温预测,超温地点应采取加强通风、放置冰块、洒水等降温措施,并制定相应的安全防护措施。

12.10.2 钻爆作业时,孔内岩体温度应低于爆破器材安全使用温度。当通风、洒水等措施难以降低孔内温度时,可采取向炮孔内注冷水等措施降低孔内温度。

12.10.3 高地温隧道应通过施工风温计算,确定散热所需的通风量;通风软管出风口距掌子面距离不应大于 10 m。

12.10.4 高地温隧道施工应采取措施降低高地温隧道作业面温度,当采用隔绝热源、加强通风、喷雾洒水等制冷措施不足以消除热害时,应采用空调系统、冰块等人工制冷措施降低温度。

12.10.5 高地温隧道施工应根据隧道内高温程度、劳动强度和劳动效率,确定合理的劳动工作时间;禁止高血压、心脏病患者及循环器官有异常的人员参加劳动。

12.10.6 高地温隧道施工应加强对施工机具的保养和维护,采取喷雾洒水、水箱内注入冷水等降温措施,防止施工机具因高温造成制动性能减弱、爆胎等故障。

12.11 采 空 区

12.11.1 隧道通过采空区前,应对设计文件进行核对,采用综合超前地质预报手段探明采空区规模、分布范围、与隧道空间关系,评估其对施工和长期营运的影响,编制采空区处治专项施工方案。

12.11.2 当采空区存在有毒有害气体涌出风险时,施工应符合本规程 12.5 节有关规定。

12.11.3 采空区有地下水时,应采取引排、封堵等综合处治措施。

12.11.4 采空区施工应加强监测,必要时应采取回填注浆、隧道初支和衬砌加强等措施。

12.12 放 射 性

12.12.1 隧道通过放射性地层时,应按设计要求采取防治措施。

12.12.2 放射性隧道作业人员接触放射性场所的时间、距离、剂量限值应控制在国家标准规定的范围内。

12.12.3 放射性隧道作业人员应定期进行职业健康检查。

12.12.4 放射性隧道施工应加强对放射性物质的监测,对隧道内

氦气、氦子体浓度、粉尘、射线辐射剂量率、作业人员吸收的剂量、水及弃渣放射性物质含量等进行监测。

12.12.5 弃渣运输应按现行放射性物品运输管理规定采取防护措施。

12.12.6 放射性隧道弃渣场应选择在离居民生活区和水源较远处,且不易被雨水冲刷、地下水不发育的地方,弃渣应按设计要求进行隔离。

13 辅助坑道

13.1 一般规定

13.1.1 辅助坑道施工作业应考虑下列主要危险源、危害因素:

- 1 辅助坑道及交叉口未按专项施工方案实施,支护强度不足;
- 2 抽排水设备配置不足,洞口截排水设置不合理,无防洪、防涝措施;
- 3 斜井运输车辆超速、超载、超限、制动失效;
- 4 有轨运输轨道维护不到位、调度指挥不当、监控系统失效;
- 5 竖井提升系统信号和制动失灵、井口坠物伤害;
- 6 无轨道运输斜井坡度过大,无有效防溜、防撞措施。

13.1.2 辅助坑道井口周边的截水、排水系统和防冲刷设施应在开挖前规划,尽早完成。斜井洞门、竖井锁口圈应及早施作。

13.1.3 辅助坑道洞口周边危石及松土应清除或防护,严禁大开挖、大爆破。

13.1.4 辅助坑道交叉口进入正洞完成挑顶后,应先开挖一端,其掘进长度超过 30 m 后方可开挖另一端正洞。

13.1.5 辅助坑道内运输应建立统一的运输指挥管理制度,设专人指挥,设置反光警示镜、限速标识、交通指示灯、减速带及防撞墩等设施。

13.1.6 辅助坑道交工前,应按设计要求进行安全防护。

13.2 斜井

13.2.1 斜井施工应根据斜井出水量进行抽排水设计,配置满足

抽排水需要的设施和设备,长大斜井应制定专项抽排水方案及应急预案。

13.2.2 存在突涌水风险的斜井应组织安全评估,设置备用电源、抽水机和排水管,并能随时切换。

13.2.3 大坡度斜井安装钢架时应采取专门稳固钢架的措施,及时施作纵向连接,防止钢架倾倒。

13.2.4 作业平台、衬砌台车应配有制动装置,就位后应及时锁固。

13.2.5 斜井无轨运输道路应符合下列规定:

1 大坡度斜井应按 200 m ~ 300 m 间距设置长度不小于 30 m 的缓坡段,并与错车道或防撞设施结合设置;

2 单车道的斜井,应按 200 m ~ 300 m 间距设置会车道,其长度应满足安全行车要求;

3 斜井内运输道路应当硬化,并设置防滑措施。

13.2.6 斜井无轨运输车辆应限速行驶,进洞重车不得大于 8 km/h,轻车不得大于 15 km/h;出洞爬坡不得大于 20 km/h。

13.2.7 斜井无轨运输,洞内外应设置安全设施和警示标志,并应符合下列规定:

1 洞口应设限高设施,洞内作业平台应满足最小行车限界要求,并设置警示标志;

2 在洞内的集水坑、变压器、紧急避险处应设置防撞隔离栏和灯光警示标志;

3 斜井内每隔 300 m ~ 500 m 应设置缓冲防撞安全岛,作为车辆制动失灵时的安全应急措施。

13.2.8 斜井运输车辆每班使用前应对制动系统进行专项检查,确保制动有效。

13.2.9 斜井有轨运输应在井口设挡车器;斜井长度超过 100 m 时,应在井口下 20 m 和距井底 60 m 处设置挡车器;长大斜井应每隔 100 m 和接近井底时在轨道上设置防溜车装置,并设专人管理。

13.2.10 斜井有轨运输应设信号联络系统和监控系统,提升、下放与停留应有明确的声光信号规定。

13.2.11 斜井有轨运输牵引速度不得大于 5 m/s,接近洞口与井底时不得大于 2 m/s,升降加速度不得大于 0.5 m/s。

13.2.12 斜井提升设备应安装防止过卷装置、超速装置及深度指示器。

13.2.13 卷扬机使用的钢丝绳应符合下列规定:

1 提升用的钢丝绳应每天检查 1 次,每隔 6 个月检验 1 次;

2 钢丝绳的安全系数和检验要求应符合《起重机安全规程》的规定;

3 钢丝绳的钢丝有变黑、锈皮、点蚀、麻坑等损伤时,不得用作升降人员;

4 钢丝绳锈蚀严重、点蚀麻坑形成沟纹、外层钢丝松动时,应当更换。

13.2.14 斜井有轨运输人员不得乘坐斗车、矿车。使用车辆运送人员,还应符合下列规定:

1 运人车辆应设顶盖和防坠器,防坠器应具备手动生效和自动功能;

2 运人车辆应设车长,车长应坐在最前排,手动防溜车装置应装在车长座位旁;

3 每班运人前,应检查车辆连接装置、保险链及防坠器,并应先放一次空车验证安全状况;

4 上、下人员的地点应当设有平台和照明;

5 运人车辆不得超员、超速,乘员及所携工具不得超出车厢;

6 运人车辆应配备向卷扬机司机发送紧急信号的装置。

13.2.15 斜井无轨运输应设置宽度不小于 0.7 m 的人行道,倾角大于 15°时应设置步行台阶。采用车辆运输人员时应符合下列规定:

1 运人车辆应采用专用车辆,并配备发送紧急信号的装置;

- 2 运人车辆应加强维修检查,保证方向、制动等装置状况良好;
- 3 运人车辆不得超员、超速,乘员及所携工具不得超出车厢;
- 4 运人车辆应设置专职驾驶人员,持证上岗,不得人货混装。

13.3 竖 井

13.3.1 竖井井口应设防雨设施,并应完善周边排水系统,井口周围应设置临边安全防护设施。

13.3.2 竖井井口、井底应设联络信号系统,竖井口防雨棚和井架应安装避雷装置。

13.3.3 竖井围护结构施工前应检查施工机具的安全性,施工过程中应确保设备稳定。

13.3.4 竖井掘进前应完成锁口圈施工,开挖应分层进行,并及时支护。

13.3.5 竖井每次钻爆作业后,应检查支护和支撑体系有无受损。

13.3.6 当工作面附近或未衬砌地段发现落石、支撑发响、涌水时,施工人员应立即撤出井外,并及时报告,采取处理措施。

13.3.7 竖井开挖过程中应视情况采取注浆止水等措施控制地下水,并应设集水坑和抽排水设施。

13.3.8 竖井衬砌结构施工,应对模板支架体系进行专项设计并检算;模板支撑体系安装完成后应组织验收。

13.3.9 竖井提升机械的使用应符合下列规定:

- 1 提升机械安装完毕后应经具有专业资质的检测机构验收合格,并出具安全检验合格证书,方可投入使用;

- 2 提升机械不得超负荷运行,并应有深度指示器和防止过卷、超速、超载、坠落、松绳等保险装置;

- 3 提升用的钢丝绳和悬挂使用的钩、链、环、栓等连接装置,其安全系数应符合相关规定,使用前应检验合格后方可安装,使用中应定期检查、维修和更换。

13.3.10 竖井应设置人员上下步梯,载人电梯、罐笼等应符合特种设备管理的相关规定。

13.4 平导及横洞

13.4.1 平导及横洞开挖应按设计施工;当平行导坑与正洞的距离较小时,应采用控制爆破并控制振速。

13.4.2 平导及横洞应设完整通畅的排水系统,并与正洞统筹考虑。

13.4.3 平导的横通道开挖前应先加固交叉口,并加强变形监测;采用钻爆作业应减小循环进尺、调整爆破参数、控制爆破振速。

13.4.4 平导的横通道的位置应选择地质条件相对较好的地段设置,与设计不一致时,应履行变更程序。

13.5 交叉口

13.5.1 交叉口施工应编制专项施工方案并实施。

13.5.2 交叉口开挖前应核对围岩地质情况,按设计要求进行超前预加固;开挖后应及时支护,加强监测。

13.5.3 交叉口异型钢架的内外侧间距和位置应符合轮廓变化要求,确保交叉口异型空间结构的受力稳定。

14 全断面隧道掘进机(TBM)施工

14.1 一般规定

14.1.1 TBM 施工作业应考虑下列主要危险源、危害因素:

- 1 设备运行和维护中人员操作、防护不当;
- 2 通过软弱围岩、断层破碎带、突涌水、岩爆、大变形、岩溶、膨胀岩、高瓦斯、下穿地表水系,下穿(邻近)既有建构筑物、地下管线、障碍物等特殊地段;
- 3 TBM 刀具、刀盘、主轴承、密封等失效;
- 4 运输吊装指挥不当、信号故障、吊绳吊具断裂、制动失灵、超速、超载、违规载人等;
- 5 TBM 洞内组装与拆卸,桥吊失稳;
- 6 有毒有害气体;
- 7 皮带安装不牢固。

14.1.2 TBM 吊运和组装拆卸、始发、到达,穿越重要建(构)筑物、特殊地层、江河湖海、小净距并行叠交、联络通道等关键工序和特殊环境条件时应编制专项施工方案,并按照相关规定评审或审批后实施。

14.2 组装、施工准备

14.2.1 TBM 预备洞与始发洞施工应按照本规程洞身开挖、支护与加固相关规定执行。

14.2.2 TBM 组装调试场地应硬化,平整度、承载力和空间限界应满足组装和步进要求。

14.2.3 门吊(或桥吊)组装完成后,应进行试运行,验收通过后方

可启用。

14.2.4 TBM 及后配套大件起吊前,应对吊耳、吊具和钢丝绳等进行验算校核,应对吊耳焊接进行探伤检测。

14.2.5 TBM 组装完成后,应对各项系统进行空载调试和整机空载调试,完成后方可组织动态验收,验收合格后方可掘进。

14.2.6 TBM 步进过程中各个移动部位应有专人观察、专人指挥。

14.2.7 隧道内各个配套系统应布置合理,运输系统、人行系统、配套管线等布置应保持安全间距,避免交叉干扰。

14.3 掘 进

14.3.1 TBM 始发用的始发导台、始发洞壁应有安全计算书,且验收合格。

14.3.2 TBM 掘进时应根据地质条件,选择合理的掘进参数或掘进模式。

14.3.3 TBM 启动、掘进和停机等应按照 TBM 操作手册的程序操作。

14.3.4 TBM 运行前,应发出警告信号,确认所有人员远离危险区域后方可按操作顺序开机启动。

14.3.5 TBM 应在起始段 50 m ~ 100 m 进行试掘进,试掘进段应以低速度、低推力进行。

14.3.6 TBM 掘进过程中,应加强巡视,观察设备运转状况,并应重点检查开挖面支护、仰拱块铺设、管片安装、渣车运输、皮带输送机出渣、作业人员到位等情况。

14.3.7 开敞式 TBM 在撑靴回缩之前,后支腿与洞底应有效接触。TBM 在重新撑紧期间,内机架的移动区域内不得有人。在后配套系统拖拉期间,拖拉油缸区域和后配套位移区域内不得有人。

14.3.8 TBM 出渣异常时,应立即停机,探测前方围岩情况,查明原因,采取措施处理,确认处理效果后快速通过该区域。

14.3.9 对 TBM 设备进行保养和检修时应符合下列规定:

1 设备保养和检修工作应在机器停止运转后进行;保养检修期间应挂设相应标识标牌,并设专人监护,防止意外重启。

2 空气和供水系统、液压系统进行维修作业前,应关闭相关阀门并降压;液压系统应防止液压油缸意外缩回和电机意外运转。

3 现场应配备消防设备,动火作业应有专人监控。

14.4 支护与衬砌

14.4.1 敞开式 TBM 支护过程中,锚杆钻机、钢拱架拼装器、喷射机械手等设备回转半径下不得站人,设备抓举材料时应牢固可靠。

14.4.2 护盾式 TBM 拼装管片时,拼装范围内不得有人员和障碍物。管片拼装完成后,应及时充填豆砾石,并注浆对豆砾石进行固结和填实。

14.4.3 敞开式 TBM 支护和衬砌施工应满足本规程第 8 章和第 9 章有关规定。

14.4.4 敞开式 TBM 仰拱预制块及护盾式 TBM 管片制作及拼装应参照本规程第 15.5 节条款执行。

14.5 到达掘进

14.5.1 TBM 到达掘进前,应进行安全技术交底。

14.5.2 TBM 到达掘进的最后 100 m 应根据围岩的地质情况确定合理的掘进参数,减小推力,降低推进速度,并及时支护和回填注浆。

14.5.3 护盾式 TBM 到达段掘进应保证足够的推力压紧管片,并应对最后 10~15 环管片设置纵向拉紧装置等措施保证管片间止水效果。

14.5.4 TBM 到达掘进段应增加监测频次,及时掌握贯通面变形及地表沉降情况。

14.5.5 隧道贯通前,应做好 TBM 接收段加固和防护,贯通面前

方应设置安全警戒区域,人员不得入内。

14.5.6 TBM 到达掘进期间应保持接收端和隧道内通信畅通。

14.6 拆 卸

14.6.1 TBM 采取洞内拆卸方式时,应在洞室拱部预埋起重机安装吊点,吊点的抗拔力应满足要求并限载。

14.6.2 洞内拆卸时,拆卸洞室应选择在围岩稳定、整体性较好的位置,尺寸应满足洞内吊装的工作条件。拆卸洞的施工应按照国家规程第 6 章和第 8 章的规定执行。

14.6.3 洞内、洞外设备拆卸场地的地基应坚实、表面平整,承载力应达到设备吊装要求。

14.6.4 TBM 设备的拆卸应按制造厂商的要求进行。

14.7 特殊地质条件下施工

14.7.1 进入特殊地质地段前,应采取措施查明、分析该段水文地质和周围环境情况,采取预处理措施并制定应急预案。

14.7.2 TBM 在软弱围岩中掘进时,应按照国家下列要求进行作业:

1 应调整掘进速度,必要时停机进行检查评估,采取加固支护等措施处理后再进行掘进。

2 应根据围岩变化情况采取相应合理的支护方式。

3 敞开式 TBM 在软弱围岩中掘进时,刀盘扭矩不应过大。

4 敞开式 TBM 在软弱围岩中掘进换步时,撑靴支撑位置应错开钢拱架及洞壁破碎部位。当洞壁无适合撑靴支撑的位置或围岩强度较低时,应对洞壁撑靴处进行加固处理。

5 对富水软弱破碎围岩应采取加强排水措施,设置应急抽排设备设施。

6 护盾式 TBM 通过软弱围岩时,应减少刀盘喷水,调整掘进参数,不停机快速通过,防止塌方,并根据情况安装重型管片,及时填充豆砾石并注浆固结。

14.7.3 隧道施工中可能发生岩爆时,应对前方围岩特性、水文地质情况等加强预测预报,及时研究施工对策和措施。

14.7.4 TBM 通过小岩溶地段时,应减缓掘进速度,控制掘进参数和掘进方向,使刀盘受力均匀。

14.7.5 护盾式 TBM 通过膨胀岩地段时,应快速通过,减少停机时间。必要时,可使用扩孔刀具加大开挖直径,降低被卡风险。

14.7.6 TBM 掘进期间,当隧道内瓦斯浓度超过 1% 时,应停止主机作业,加强通风,采取应急措施。

14.8 施工运输

14.8.1 机车牵引能力应满足隧道最大纵坡和运输重量的要求,运输便道或轨道承载力应满足车辆荷载要求。

14.8.2 机车行驶除符合本规程第 7.3 节规定外,还应符合下列规定:

1 机车洞内行驶速度不应大于 15 km/h;经过转弯处或接近叉道时,应设置限速、鸣笛等警示标志,限速 5 km/h。

2 机车进入掘进机尾部 100 m 范围内应限速 3 km/h,并鸣笛警示。

3 机车尾部应安装高清摄像头,机车操作室应安装运输监控系统。

4 大坡度地段应加大轨道检测、维保频率。

14.8.3 采用皮带输送机出渣时应符合下列规定:

1 皮带输送机机架应具备足够强度,并固定牢靠,皮带质量合格。

2 应按规定对皮带输送机的电器、机械、液压系统进行检查、保养与维修;应设专人检查皮带的跑偏情况并及时调整。

3 启动皮带输送机前,应发出声光警示。皮带输送机在运转中不应进行修理和调整,作业人员不得跨越或下穿输送机皮带。

4 皮带输送机空载启动后,应检查各部位的运转和皮带的松驰度,并达到额定转速后方可均匀放料。

15 盾构施工

15.1 一般规定

15.1.1 盾构施工作业应考虑下列主要危险源、危害因素：

1 始发或接收工作井端头地层未加固或加固失效、加固验证后处置不当,钢套筒失稳或密封失效；

2 地层冻结失效或建构筑物加固失效；

3 掘进参数选择不当,开挖面失稳、地表下沉；

4 盾构机刀具、刀盘、主轴承、密封等失效；

5 通过浅覆土地层、不良地质、小净距、小半径曲线、大坡度,下穿地表水系,下穿(邻近)既有建(构)筑物、地下管线、障碍物等特殊地段；

6 盾构常压检换刀、带压检换刀或仓内动火作业；

7 泥水盾构渣土分离；

8 盾尾未设置防冲撞装置。

15.1.2 盾构组装、拆卸、始发、到达、穿越重要建(构)筑物、穿越特殊地层、穿越江河湖海、盾构换刀、联络通道开挖、调头、过站等应编制专项施工方案,经审批后实施。

15.2 组装、施工准备

15.2.1 盾构始发前,应对工作井端头土体进行加固,并检测加固体的强度、抗渗性能等,合格后方可始发掘进。

15.2.2 工作井应设置高度不低于历史最高洪水位 50 cm 的挡水墙,井下和洞内应设置抽排水设备设施。

15.2.3 盾构及后配套设备吊装应符合起重吊装作业基本规程

外,还应对工作井结构、吊装场地空洞探测、地基承载力等进行校核验算,对吊耳进行探伤检测。

15.2.4 盾构组装完成后,应分别对各系统进行空载调试,再进行整机空载调试,经动态验收合格后方可正式交付使用。

15.2.5 隧道内各个配套系统应布置合理,运输系统、人行系统、配套管线等布置应保持安全间距,避免交叉干扰。

15.2.6 运输机车车辆距离人行通道栏杆、隧道壁及隧道内其他设施不得小于 20 cm,人行走道宽度不得小于 70 cm。

15.2.7 盾构泥水处理系统,应符合下列规定:

1 盾构泥水处理系统应编制专项方案,方案应包括安全保障措施;

2 系统安装涉及的分离设备、压滤设备等大件吊装应符合相应的吊装规定;

3 在各单机设备调试完毕后,应进行系统的联合调试,验收合格后方可投入使用;

4 泥水处理系统的主要设备应进行隔离,同时应设置监控系统。

15.2.8 渣土运输车辆应采用全封闭式车辆,施工作业地段的行车速度不得大于 15 km/h,倒车时须设专人指挥。

15.2.9 在盾尾处应安装声光报警器和机车防冲撞装置。

15.3 始 发

15.3.1 盾构始发前应进行施工条件验收,验收内容包括人员资质、机械设备、物资材料、专项施工方案、土体加固及洞门密封等准备情况。

15.3.2 采用钢套筒始发时,应按照设计对钢套筒进行安装验收并测试密封性能。钢套筒内进行洞门围护结构凿除时,钢套筒应设置可靠的通风及逃生装置。

15.3.3 采用冻结法加固时,应保证冻结设备运转正常,冻土交圈

厚度及温度不应小于设计值。

15.3.4 盾构始发前应验算后支撑体系的强度、刚度和稳定性,其安装精度、加固质量等应满足始发要求。

15.3.5 盾构始发前应对刀盘不能直接破除的洞门围护结构进行拆除。拆除前应先检查确认洞门土体加固与止水效果良好,方可从上往下分层分块拆除。

15.3.6 洞门围护结构拆除后,盾构刀盘应及时靠紧开挖面。

15.3.7 盾构始发前应安装洞门止水装置,并确保密封止水效果。盾尾通过后,应立即进行二次补充注浆等尽早封堵稳定洞口。

15.3.8 盾构始发时,应采取防止盾体扭转和始发基座位移变形的措施。

15.3.9 盾构始发时,推进千斤顶分区推力应分布合理且不超过后支撑体系承载力。

15.3.10 负环管片脱出盾尾后,应立即对管片进行有效加固和限位,防止管片变形和位移。

15.3.11 盾构始发段应增加监测布点和频次,及时掌握地表环境沉降变形等情况。

15.3.12 拆除负环管片时,应对洞口段 10 ~ 15 环管片设置纵向拉紧装置。

15.4 掘 进

15.4.1 盾构应在始发段 50 m ~ 100 m 进行试掘进,分析和掌握盾构机性能、优化掘进参数等。

15.4.2 盾构掘进应根据水位地质、施工监测、试掘进经验等分析总结确定合理的掘进参数。

15.4.3 出渣异常时,应立即停机,关闭螺旋输送机仓门,采取措施处理后恢复掘进。

15.4.4 泥水平衡盾构掘进时,应保持泥浆压力与开挖面的水土压力相平衡及排土量与开挖量相平衡。

15.4.5 土压平衡盾构开挖土体应保证良好的渣土改良效果和渣土流动机制,防止螺旋机喷涌,保证开挖面稳定。

15.4.6 盾构掘进时应控制姿态和轴线偏差,减少纠偏。纠偏应逐环、少量进行,不得过量纠偏扰动周围地层。应防止盾构长时间停机。

15.4.7 两台盾构同向掘进时,应根据不同地质错开 50 m ~ 100 m 的安全距离,避免掘进过程中相互扰动。

15.4.8 盾构壁后注浆应符合下列规定:

1 应根据水文地质条件、地表沉降、环境要求和设备情况等选择合理的注浆方式、注浆配比和注浆参数;

2 同步注浆应与盾构掘进同步进行,其注浆速度应根据注浆量和掘进速度确定;

3 注浆压力应根据水文地质条件、隧道埋深、注浆方式、管片强度、防水性能、设备性能、浆液特征等因素综合确定;

4 同步注浆填充系数应根据地层条件、地表沉降、隧道位移等确定;

5 根据地表沉降和隧道稳定状态,必要时应进行二次补强注浆,其注浆量和注浆参数应根据环境条件和沉降监测结果等确定;

6 应根据注浆要求对注浆材料和配比进行试验选择,确保浆液性能稳定可靠。

15.4.9 盾构掘进过程中,应根据地层和掘进参数情况及时检查刀盘和刀具,发现过度磨损应及时更换和维修。

15.4.10 盾构开仓检换刀和刀盘维修时,地点应选择在地质条件好、地层稳定地段进行。在不稳定的地层检换刀时,应采取地层加固或气压辅助等措施,确保开挖面稳定后方可进仓作业。

15.4.11 带压进仓作业应符合气压作业相关标准规定,作业过程中应配备具有资格的医护人员。

15.4.12 盾构设备维修时应符合下列规定:

1 设备保养和检修工作应在机器停止运转后进行,保养检修

期间应挂设相应标识标牌,并设专人监护,防止意外重启。

2 空气和供水系统、液压系统进行维修作业前,应关闭相关阀门并降压;液压系统应防止液压油缸意外缩回和电机意外运转。

3 现场应配备消防设备,动火作业应有专人监控。

15.5 管片制作及拼装

15.5.1 管片制作应符合相关安全规定,转运管片的吊具应安全可靠,管片应放置稳当。

15.5.2 管片贮存场地应坚实平整,堆码高度、地基承载力应经过验算,防止倾斜倒塌。每层管片之间应正确设置垫木防碰,管片之间应保证一定安全距离。

15.5.3 管片拼装中,应指定专人对拼装作业全过程监控,拼装机作业范围内不应有障碍物和其他作业。

15.5.4 管片拼装时,举重臂与管片连接应使用专用拼装头和插销并拧紧,每块管片拼装完成后,相应区域的千斤顶应及时伸出固定管片。

15.6 接 收

15.6.1 盾构接收前应进行施工条件验收,验收内容包括人员资质、机械设备、物资材料、专项施工方案、土体加固及洞门密封等准备情况。

15.6.2 采用钢套筒接收时,应对钢套筒进行安装验收并测试密封性能。钢套筒内进行洞门围护结构凿除时,钢套筒应设置可靠的通风及逃生装置。

15.6.3 采用冻结法加固接收时,应保证冻结设备运转正常,冻土交圈厚度及温度不应小于设计值。

15.6.4 盾构到达前应对刀盘不能直接破除的洞门围护结构进行拆除。拆除前应先检查确认洞门土体加固与止水效果达到设计要求,方可从上往下分层分块拆除。

- 15.6.5** 盾构到达前应安装洞门止水装置,并确保密封止水效果。
- 15.6.6** 盾构距离接收井 50 m ~ 80 m 时,应调整盾构机姿态,确保安全顺利接收;盾构距到达接收井 15 m 左右时,应调整掘进参数确保洞门和接收安全。
- 15.6.7** 盾构接收时应保证足够的推力压紧管片,并应对最后 10 ~ 15 环管片设置纵向拉紧装置,保证管片间止水效果。
- 15.6.8** 隧道贯通后应及时按要求封堵洞门,确保密封止水效果,并及时对最后 10 ~ 15 环管片进行二次注浆加固封堵。
- 15.6.9** 盾构接收段应增加监测布点和频次,及时掌握地表环境沉降变形情况。
- 15.6.10** 盾构到达掘进期间应保持接收井和隧道内通信畅通。

15.7 过站、调头及解体

- 15.7.1** 盾构过站、调头及解体时基础、托架或小车的强度和刚度应满足相关要求。
- 15.7.2** 盾构过站、调头应由专人指挥,严格控制调头、平移速度,并随时观察托架或小车是否有变形、焊缝开裂等情况。
- 15.7.3** 在顶升盾构机前,应保证所有顶升液压千斤顶性能一致和可靠,确保顶升同步平稳。
- 15.7.4** 顶推平移盾构应缓慢平稳,盾构行进范围内人员不得进入。
- 15.7.5** 盾构解体前,应关闭各个系统,充分释放带压系统压力。
- 15.7.6** 盾构解体过程中各个部件应支撑牢固。

15.8 洞门、联络通道施工

- 15.8.1** 洞门负环拆除前,应对洞门采取二次注浆等加固封堵措施,确保洞门周围土体强度和止水性能。
- 15.8.2** 联络通道施工应符合下列规定:
- 1** 施工前,应对开挖范围地层进行核查,必要时进行有效加

固,并进行强度和抗渗性能检测;

2 拆除联络通道洞门管片前,应验证止水效果,应对临近管片壁后二次注浆加固止水,并在联络通道处对管片进行内支撑加固;

3 隧道内施工平台布置应与机车运输系统保持必要安全间距,并设置警示标志,不得发生交叉;

4 采用冻结法加固时,联络通道处管片拆除前应先确认土体冻结的帷幕墙厚度、土体强度是否达到设计要求;

5 解冻时应采取措施,防止对地面、周边建(构)筑物、地下管线等产生不利影响;

6 联络通道的施工应符合本规程第6、8、9章的相关规定。

15.9 特殊地段施工

15.9.1 盾构在浅覆土段掘进前,应根据水文地质条件、施工环境等判定其安全影响,并根据情况采取地基加固、设置抗浮(桩)板或地面加载等措施。

15.9.2 小净距隧道施工前,应根据现场情况对隧道间土体采取预加固、隔离桩墙等措施。后建隧道施工时,应对先建隧道管片采取壁后注浆、内支撑等辅助措施,并调整掘进参数,减小对先建隧道的影响。

15.9.3 小半径曲线段隧道施工时,应制定防止盾构后配套台车和编组列车碰撞、脱轨或倾覆的措施。

15.9.4 盾构下穿或近距离侧穿既有建(构)筑物、地下管线前,应符合下列规定:

1 应对该地段进行详细调查并评估施工对既有建(构)筑物、地下管线安全的影响;

2 应根据实际情况对受盾构掘进影响的既有建(构)筑物、地下管线的地基或基础进行加固处理;

3 应控制掘进和注浆参数,采取洞内措施减少施工对既有建

(构) 筑物、地下管线的影响;

4 应加强既有建(构) 筑物的沉降、倾斜观测, 当发现有沉降、倾斜趋势时, 应及时调整施工参数或对建(构) 筑物进行加固处理。

15.9.5 机车应具备大坡度牵引和制动能力, 并制定防溜措施。

15.9.6 江河地段盾构施工应符合下列规定:

1 应详细查明工程水文地质条件和河床状况, 通过计算和试验总结设定适当的掘进参数, 加强开挖面管理与掘进参数控制, 防止冒浆和地层坍塌;

2 应采用快凝早强注浆材料, 加强壁后同步注浆和二次注浆;

3 下穿江河前, 应对盾构密封系统进行全面检查和处理;

4 长距离下穿江河时, 应根据地层条件预测刀具和盾尾密封的磨损, 制定更换方案和应急预案;

5 应采取防止掘进对堤岸的影响。

15.9.7 盾构掘进通过砂卵石、岩溶等复杂地质条件地段时应符合下列规定:

1 应根据地质条件, 合理选择刀盘型式和刀具布置;

2 采用土压平衡盾构通过砂卵石地段时, 应进行渣土改良;

3 采用泥水平衡盾构通过砂卵石地段时, 应根据砾石含量和粒径确定合理的破碎方法和泥浆配合比;

4 盾构通过砂卵石地段时, 应采取措施控制滞后沉降和空洞坍塌;

5 遇有大孤石、岩溶和洞穴影响掘进时, 应采取措施提前处理。

15.9.8 盾构掘进通过障碍物时应符合下列规定:

1 盾构掘进前应查明障碍物, 并编制专项处理方案;

2 采用地面处理方式的应在盾构机到达障碍物前处理完成;

3 在开挖面拆除障碍物时, 可选择带压作业或地层加固的施

工方法,控制地层开挖量,确保开挖面稳定。

15.10 施工运输

15.10.1 盾构工作竖井内,垂直运输区域应采取隔离措施并设置警示标志,未经信号指挥人员确认,任何人员不得进入。

15.10.2 定期对轨道进行检查和维护,在弯道处设置限速警示标志。

15.10.3 盾构机车运输、皮带输送机出渣应符合本规程第 14.8 节相关规定。

15.11 换刀

15.11.1 带压换刀专项施工方案应经评审后方可组织实施。

15.11.2 换刀作业实施前,应对换刀位置周边环境、水文地质条件、地下管线、周边建(构)筑物等进行调查,并根据实际情况进行预加固。

15.11.3 开仓前,应在换刀位置地面布设监控量测点并取得初始值,开仓换刀期间监控数据变化情况,并及时调整换刀方案。

15.11.4 换刀作业前应对盾构土仓内氧气含量、有害气体含量进行检测,合格后方可进场实施换刀作业;换刀作业期间,应设置专人监护,定时检测土仓内氧气和有害气体含量,发现异常应立即撤出仓内人员并采取有效应对措施。

15.11.5 带压换刀还应执行以下规定:

- 1 带压换刀人员应身体健康且经过专业培训方可上岗作业;
- 2 带压换刀作业前,应对盾构空压机、呼吸器等相关气体设备进行检修;
- 3 带压换刀期间,仓内外人员应保持有效联系;
- 4 严格控制进仓人员作业时间和人数;
- 5 作业人员进仓前的加压和出仓前的减压过程应符合国家相关标准;
- 6 带压换刀时应备用发电机。

16 应急管理

16.1 一般规定

- 16.1.1 建设各方应建立应急组织机构,建立、健全应急工作责任制。
- 16.1.2 隧道施工应编制综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案。
- 16.1.3 应急预案编制、评审、公布、备案、宣传、教育、培训、演练、评估和修订等工作应符合国家应急管理相关规定。
- 16.1.4 建设各方应按照应急预案组建应急救援队伍,配备应急救援人员。应急救援人员应按规定进行培训合格后方可参与救援工作。
- 16.1.5 应急救援队伍应当配备必要的应急救援装备和物资,并定期组织训练。
- 16.1.6 高风险隧道集中的铁路项目,建设单位应结合项目风险特点,协调配置全线应急资源。
- 16.1.7 施工单位应与附近医院、消防队、临近施工队伍及其他救援组织签订救助协议。
- 16.1.8 隧道施工应设专人管理救援机械设备和物资,并进行定期检查、维护和更新。
- 16.1.9 隧道施工应规划逃生路线,设置逃生通道、避难和急救场所,准备逃生设备、救护器械和生活保障品等。
- 16.1.10 隧道内应设置安全应急照明和应急逃生标志,应急照明应有备用电源并保证光照度符合要求。
- 16.1.11 隧道作业面应安装警报、通信装置,并符合下列规定:

1 设置警报设备的场所,应有应急照明,并在停电时能够识别;

2 作业面应配备手动或自动警报设备、旋转灯、扩音器等,组合使用,互为备用,保证其性能可靠;

3 使用电源的警报设备应配置备用电源。

16.1.12 隧道通信系统应保证畅通,必要时应采用远程监控系统,及时掌握现场情况。同时应满足下列要求:

1 现场各应急组织相关部门、洞口值班室、开挖工作面等及其他必要的地方应设置通信设备;

2 使用带电源的通话装置应配备备用电源,保证停电时不影响使用;

3 通信设备宜采用洞内有线电话,并保证其性能可靠。

16.1.13 建设各方应对从业人员进行应急救援相关知识和技能的培训、教育,应急救援培训应包括下列内容:

1 潜在危险的性质和对健康的危害;

2 应急救援程序;

3 必要的自救及互救知识;

4 预先指定的主要及备用逃生路线、集合地点及各种避难急救场所位置;

5 各种警报含义,掌握警报设备、通信装置、避难器具等的使用方法。

16.1.14 建设各方应按规定组织应急演练。演练前应制定计划,演练后应及时总结,不断改进和完善应急救援体系。

16.1.15 隧道发生事故时,应在保证救援人员安全的前提下开展应急救援工作。

16.2 应急救援

16.2.1 隧道发生事故时,现场人员应立即停止作业,撤离到安全地带,同时清点人员,确认伤亡情况,同时向现场有关负责人报告

事故信息。

16.2.2 隧道发生事故时,施工现场应立即启动应急救援预案。

16.2.3 现场应采取警戒和隔离措施,防止其他人员进入危险区域,避免灾害损失扩大,同时注意保护现场。

16.2.4 事故发生单位应按规定程序和时限上报地方政府和相关救助部门,并做好相关配合工作。

16.2.5 接受外部救援时,应指定专人与救援单位保持联系,获取现场指挥和救援需求,并应采取以下措施保证指挥和救援的人员、车辆、机械、设备等及时、顺利到场开展救援:

1 确定现场引导员,开展现场联络和调度工作;

2 道路及隧道内清障,并保证畅通,满足救援车辆、机械、设备的通行;

3 救援场地的面积、承载力和现场提供动力应保证救援机械、设备要求;

4 保证救援后勤补给,满足现场救援需要。

16.2.6 事故救援的指挥和救护基地,应设在稳定、可靠且照明、通风良好的安全地带。

16.2.7 根据事故具体情况制定应急救援措施,保证应急救援安全,防止发生次生灾害或衍生灾害。

16.2.8 应急抢险领导小组组织人员现场勘察,立即对遇险、受伤人员组织急救,非救护队成员不得进洞抢救,救护队应在统一指挥下开展抢救工作,个人不得单独行动。

16.2.9 受伤人员现场急救后,应转移至安全地带进行救护,并尽快转送医院救治。

16.2.10 应急救援相关人员应坚守岗位,保持通信畅通,及时反馈信息。

16.2.11 隧道发生塌方时,还应采取下列措施:

1 建设各方应调查塌方相关情况,制定科学合理的救援方案,防止二次灾害发生;

2 尽快打通生命通道,利用生命通道或高压风管等与洞内被困人员进行联系,并向洞内供风、供氧、供应食物及药品等。

16.2.12 隧道内发生瓦斯燃烧、中毒、爆炸时,还应采取下列措施:

- 1 立即切断洞内所有施工及照明线路电源,启动应急照明;
- 2 可供临时处置的供氧呼吸机、清洗器具、急救箱、担架等医药卫生设备应及时到位;
- 3 隧道发生瓦斯灾害事故必须由专业救援队伍进行救援。

16.2.13 隧道内发生突涌水时,还应采取下列措施:

- 1 隧道发生大面积渗漏水时,应对出水部位、水量大小、变化规律、水的浑浊程度等进行观测记录,采取必要的防护措施;
- 2 隧道突发特大涌水,作业人员应立即沿逃生路线迅速向洞外或避难所撤离;
- 3 施工现场应启动报警系统,发出警报信号,迅速切断电源,启动应急照明,当涌水量较大时,人员可利用事先准备的救生圈、皮划艇等逃生。

16.2.14 当隧道内发生火灾时,还应采取下列措施:

- 1 起火初期,当火势不大、未对人与环境造成较大威胁时,应就近采用灭火器、水管等消防器材,尽可能在第一时间将火扑灭;
- 2 当火势失去控制时,立即切断洞内所有施工及照明线路电源,启动应急照明,同时判明方向,迅速判断危险地点和安全地点,组织作业人员按逃生路线向洞外或附近避难所撤离。

16.2.15 应急救援工作和事故处置完成后,应先组织对作业现场进行全面安全排查,确认安全后再重新组织隧道施工。

本规程用词说明

在执行本规程条文时,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词采用“可”。

《铁路隧道工程施工安全技术规程》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据、存在问题,以及在执行中应注意的事项等予以说明,不具备与正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。为减少篇幅,只列条文号,未抄录原条文。

2.0.5 超前地质预报采用的地质调查分析包括地质素描、超前导坑、地质调绘、地下地质构造与地表相关性分析、地质作图、地下水观测等;物探法包括地震法反射法、声波法、红外线法、地质雷达法等;地质超前钻包括长钻孔和短钻孔(炮眼钻孔加深或称钎探)等。

3.1.1 建设各方要建立健全有关安全生产组织机构、管理制度和办法,并明确各职能部门和管理人员的安全职责;隧道施工过程中需加强对风险隧道的监控,按规定检查施工现场安全生产工作,发现隐患,及时处理,不得拖延,确保隧道工程施工安全。

3.1.2 隧道开工前,需对设计文件开展详细核对,本条强调了设计文件涉及施工安全的重点核对内容。

3.1.3~3.1.4 隧道按照设计施工,对施工现场和设计文件符合性进行动态管理,使用合格的材料、构配件、设备,是隧道施工最重要的保证。

3.2.1 安全培训作为安全生产管理的一项重要内容,需得到加强,尤其目前施工单位多采用劳务工形式,劳务工的安全知识相对较少,因此对项目安全培训的时间、内容等规定十分必要,以此促进安全意识的进一步提高,确保安全生产。

3.2.2 人的不安全行为是事故的主要因素,加强作业人员安全意识教育,是确保安全生产的主要途径,班前讲话可以让员工了解当班作业中存在的主要危险因素和注意事项,对减少施工作业中人的不安全行为能起到很好的作用。根据国外隧道施工安全管理的经验,外来人员进入隧道之前,由项目部组织对其进行必要的安全培训,将进入隧道的有关安全注意事项和应急知识、隧道施工工程概况及施工进度等情况告知,防止意外事故的发生。

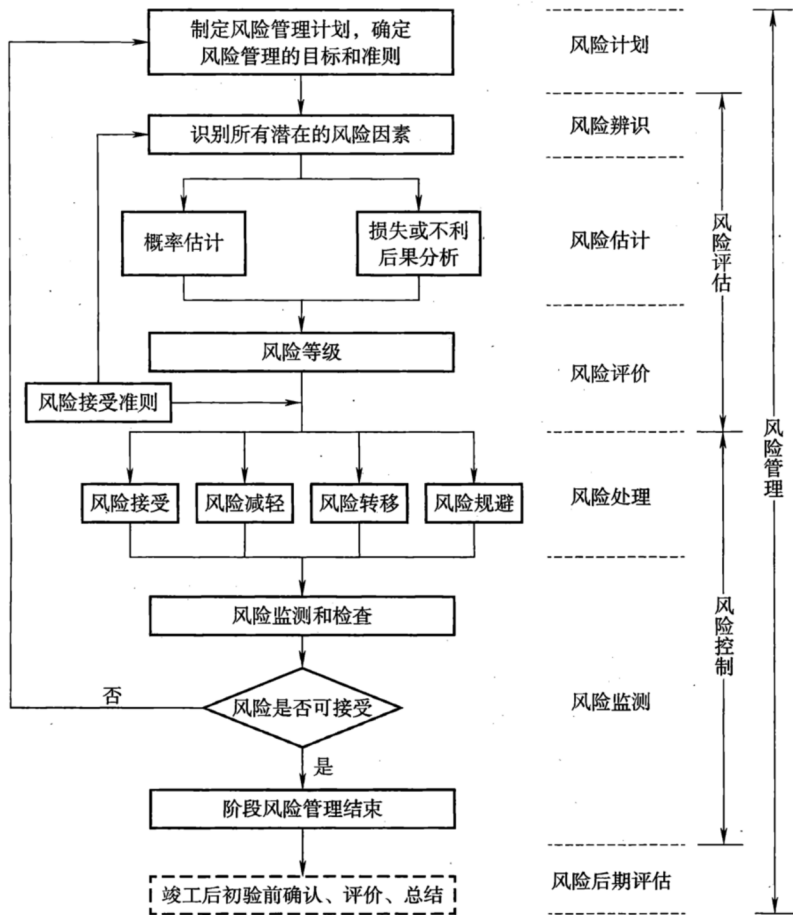
3.2.4 洞口设专人值班,随时掌握洞内施工人员情况,检查进出隧道人员防护用品的正确使用,违禁物品不得携带进洞。进洞人员一律穿戴具有明显标识的工装。现场需对进出洞人员实行登记、监控管理。

3.4.1 风险管理工作流程和节点要与建设管理各项工作相适应,可以参照说明图 3.4.1 开展风险管理工作。

铁路隧道风险管理是将隧道建设过程中的各类风险降低至合理、可接受的水平。风险计划是风险管理的总体策划,其内容包括风险管理目标、组织机构、人员配备、工作流程、工作方法及成果形式要求等;风险辨识是对风险因素进行确认和分类,形成风险指标体系;风险估计是对各种风险发生的可能性及不利后果进行估算;风险评价是将风险估计的结果与预先建立的控制原则进行比较,确定风险的排序及等级;风险控制是通过风险处理和风险监测,降低工程风险损失所采取的处置对策或措施;风险后期评估是在工程竣工后开展的项目风险管理效果确认、评价和总结。

3.4.2 建设各方需建立风险的预警、响应及信息报送机制。在施工过程中需根据过程监测、工况和环境描述、风险处置过程和发展趋势等确定预警级别,按程序启动相关预案,进行应急响应。

施工风险监测包括施工过程监测、工况和环境描述、风险处置过程和发展趋势等内容;施工单位需编制施工监测方案,将地质预报、监控量测纳入重要工序,对施工自身风险及环境风险进行全面监测,提前识别和预测风险因素,保证施工安全。



说明图 3.4.1 风险管理基本流程图

3.4.5 施工单位在施工过程中,需在设计阶段风险评估的基础上,结合环境和地质条件、施工工艺、机械设备、施工水平和经验以及工程特点等,对新出现的风险进行识别,提出风险处理措施供建设单位决策,对已识别的风险进行监测。

施工单位在施工现场公示识别的风险内容包括风险描述、监测方案、应急措施和责任人员等。

4.1.3 洞口各项工程是指进洞之前需完成的洞口土石方及与其相连的洞门和挡护墙、洞口排水系统等。相邻工程指洞口附近与隧道施工互有影响的工程,如洞口附近的桥涵及路基支挡结构物等。需通盘考虑、妥善安排、及早完成,以减少干扰,保证安全。

4.1.4 过去很多隧道为了争取早日进洞,洞口工程施工采用大爆破而发生边、仰坡剥落、坠石、坍塌甚至滑坡,对隧道施工安全及建成后的行车安全造成较大威胁,故作本条规定。

4.1.5 紧邻道路施工时可设挡墙、防护网、挡板防护等相应防护措施;爆破作业时需对重要结构物进行覆盖,特别是紧邻营业线进行爆破作业时需满足营业线行车要求并严格按运营单位批准的天窗作业时间进行作业,同时还需搭设防护栏并安设双层防护网,严防飞石击打营业线沿线设施。

4.1.8 结合国内一些隧道进洞前因未施作抗滑桩、预应力锚索、防护网、管棚、预注浆等保证隧道洞口稳定的相关工程而导致隧道洞口发生溜坍或落石的案例,作出本条规定。

4.4.1 由于严寒季节洞门施工需按照冬季施工规则办理,既增加了工作量,效率又低,不如在严寒季节前施工方便(在南方温暖地区可不受此限制);洞口地质条件通常又都较复杂,特别是不良地质地段,在雨天进行洞口施工不易保证安全,故本条规定洞门需避开雨天和严寒季节施工。

4.4.2 洞门牢固、稳定才能保证洞口安全,当洞门基底地质条件不符合设计要求时,则需采取加固处理措施。洞门基础开挖完成后,基底的虚渣、杂物、积水、软层等需及时清除干净,超挖部分需采用同级混凝土与基础同步浇筑,以保证洞门基础的稳定性。

4.4.4 主要是为保证雨水不浸入坡面土体以防边、仰坡失稳坍塌危及洞口安全而规定。

5.0.1 在隧道穿越山体过程中,经常遇到瓦斯等有毒有害气体。

对瓦斯等有毒有害气体地段采取超前钻探方法进行地质预报时,存在一定的施工危害性,故将瓦斯等有毒有害气体作为主要危险源、危害因素考虑。

5.0.2 超前地质预报是一种科学的施工管理手段,也是确保工程施工安全与质量的重要环节,因此将它作为工序纳入施工组织管理,有利于施工标准化管理。在具体实施时,需做到超前地质预报在先,根据超前地质预报成果确定施工方案。

5.0.3 超前地质预报专项施工方案需包括安全保障措施,需包含超前地质预报如何保障施工的安全措施、进行预报中如何保障操作人员与仪器设备安全的措施等。编制超前地质预报专项施工方案时,需根据说明表 5.0.3 进行地质复杂程度分级和确定预报方案。对地质复杂和较复杂的铁路隧道工程,需选择有专业资质的超前预报队伍承担。因为他们无论从预报经验还是预报方法上都比较丰富与成熟,同时预报手段也较齐全,对提高预报的准确率、保证施工安全有利。

隧道超前地质预报需按说明表 5.0.3 进行地质复杂程度分级,确定重点预报地段,并遵守动态设计原则,根据实际预报中掌握的地质情况,及时调整隧道区段的地质复杂程度分级、预报方法和技术要求等。

由于受超前地质预报技术发展水平的限制,目前尚无一种能解决所有工程地质预报问题的方法,同时预报环境受到的干扰因素太多,不同的物探方法对环境的要求也不尽相同,因此要求对位于区域地质条件复杂的隧道选用多种不同原理的方法,并对测得的资料进行综合分析,达到这些超前地质预报方法相互补充和相互印证、提高超前地质预报准确率的目的。

超前地质预报强调多种方法相互补充、相互印证,这并非要求所有的隧道工程项目都这样操作。对地质条件复杂和比较复杂的高风险隧道工程,为提高预报的准确率,避免预报盲区,杜绝灾害性事故的发生,根据地质复杂程度分级确定预报方法是非常必要

说明表 5.0.3 地质复杂程度分级表

影响因素	复杂程度分级	复杂	较复杂	中等复杂	简单
地质复杂程度(含物探异常)	岩溶发育程度	强烈发育,以大型暗河、廊道、较大规模溶洞、竖井和落水洞为主,地下洞穴系统基本形成	中等发育,沿断层、层面、不整合面等有显著溶蚀,中小型串珠状溶洞发育,地下洞穴系统未形成,有小型暗河或集中径流	弱发育,沿裂隙、层面溶蚀扩大为岩溶化裂隙或小型洞穴,裂隙连通性差,少见集中径流,常有裂隙水流	微弱发育,以裂隙状岩溶或溶洞为主,裂隙不连通,裂隙透水性差
	突水突泥程度	特大型突水(突水量 > 100 000 m ³ /d)、大型涌突水(突水量 10 000 m ³ /d ~ 100 000 m ³ /d)、突泥、高压水	较大型突水(突水量 1 000 m ³ /d ~ 10 000 m ³ /d)、突泥	中型突水(突水量 100 m ³ /d ~ 1 000 m ³ /d)、突泥	小型突水(突水量 < 100 m ³ /d),涌突水可能性极小
	断层稳定程度	大型断层破碎带、自稳能力差、富水,可能引起大型失稳坍塌	中型断层带,软弱,中~弱富水,可能引起中型坍塌	中小型断层,弱富水,可能引起小规模坍塌	中小型断层,无水,掉块
	地应力影响程度	极高应力($R_c/\sigma_{max} < 4$),开挖过程中硬岩时有岩爆发生,有岩块弹出;软质岩岩芯常有劈裂现象,岩体有剥离,位移极为显著	高地应力($(R_c/\sigma_{max} = 4 \sim 7)$),开挖过程中硬岩可能出现岩爆,岩体有剥离和掉块现象;软质岩岩芯时有劈裂现象,岩体位移显著	—	—

续说明表 5.0.3

复杂程度分级		复 杂	较 复 杂	中 等 复 杂	简 单
影响因素	复 杂				
地质复杂程度(含物探异常)	瓦斯突出: 瓦斯压力 $P \geq 0.74$ MPa, 瓦斯放散初速度 $\Delta P \geq 10$, 煤的坚固性系数 $f \leq 0.5$, 煤的破坏类型为Ⅲ类及以上	高瓦斯: 对于中等、大、特大跨度隧道, 全工区的绝对瓦斯涌出量 $\geq 1.5 \text{ m}^3/\text{min}$; 对于小跨度隧道, 全工区的绝对瓦斯涌出量 $\geq 1.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 。 低瓦斯: 对于中等、大、特大跨度隧道, 全工区的绝对瓦斯涌出量 $0.5 \text{ m}^3/\text{min} \sim 1.5 \text{ m}^3/\text{min}$; 对于小跨度隧道, 全工区的绝对瓦斯涌出量 $0.3 \text{ m}^3/\text{min} \sim 1.0 \text{ m}^3/\text{min}$	低瓦斯: 对于中等、大、特大跨度隧道, 全工区的绝对瓦斯涌出量 $< 0.5 \text{ m}^3/\text{min}$; 对于小跨度隧道, 全工区的绝对瓦斯涌出量 $< 0.33 \text{ m}^3/\text{min}$	无	
地质因素对隧道施工影响程度	危及施工安全, 可能造成重大安全事故	存在安全隐患	可能存在安全问题	可能存在安全问题	局部可能存在安全问题
诱发环境问题的程度	可能造成重大环境灾害	施工、防治不当, 可能诱发一般环境问题	特殊情况下可能出现一般环境问题	无	

注: 1. R_c 为岩石单轴饱和抗压强度 (MPa), σ_{\max} 为最大地应力 (MPa);

2. 根据《铁路隧道设计规范》(TB 10003—2016), 开挖跨度 5 m 以上至 8.5 m 时为小跨度, 8.5 m 以上至 12 m 时为中等跨度, 12 m 以上至 14 m 时为大跨度, 14 m 以上时为特大跨度, 开挖跨度是指隧道开挖横断面的水平最大宽度。

的,在常规性预报的基础上再进行精细预报,可提高预报的准确率;而对地质中等复杂和简单的隧道工程可仅由施工单位采取一两种常规方法承担超前地质预报。

5.0.8 为保证开展瓦斯隧道超前地质预报作业人员的安全,故作出本条规定。

5.0.9 隧道通过矿山采空区时,为防止透水淹井事故发生,需仔细查明废弃矿巷与隧道的空间关系,为进一步有效处理提供决策依据。施工中可采取地质分析法、物探法、钻探法相结合进行综合预报,并要求采取精细预报,避免预报盲区。

5.0.12 对具有高水压突水的高风险隧道工程,超前地质钻孔预报是需进行的项目。这一工作通常由施工单位自己完成,但在操作的过程中需作好防突涌水预案,防止超前钻孔过程中因揭露高压大流量地下水发生安全事故,要保证在逼近异常带进行超前钻孔时,如一旦发现异常情况能完全做到操作可控,并能进一步采取有效措施处理。

在高压富水区实施超前钻孔时,为防止钻孔过程中揭穿高压水伤人,除在孔口牢固设置安全装置外,还需设置安全挡板,以防止突涌水发生时意外伤人,同时规定除操作人员外的其他人员不得进入危险区且操作人员需在钻机的侧向工作。

超前钻孔过程中发现有顶钻现象,是一种比较危险的信号,通常预示前方可能有高压水(或压力瓦斯)存在,因此要作好钻孔过程记录,当发现该异常信号时需停止钻孔并立即报告,以便及时采取措施处理。

5.0.13 地震波反射法预报需使用民用爆炸物品才能实现信号的采集,这就要求超前地质预报实施单位需具备爆炸物品的使用资质,操作人员要持有爆破员证;当预报单位或个人不具备资质时,需与工程施工单位签定协议,由施工单位具备资质的爆破人员协助完成该项工作,但爆炸物品的使用和管理需统一由施工单位负责,使用需遵守施工单位的相关制度和国家现行《爆破安全规程》

的有关规定。

6.1.2 与隧道地质条件、断面大小等条件相适应的开挖方法,在很大程度上决定了隧道开挖的安全。调查表明,由于开挖方法选择不当,造成隧道塌方甚至发生安全事故现象所占比例较高。

6.1.3 采用光面爆破或预裂爆破目的是减少超欠挖,同时减轻对围岩的扰动,有利于充分发挥围岩的自承能力;控制循环进尺,可减少一次同时爆破药量,也可减轻对围岩的扰动。当围岩完整时,在隧道拱部采用光面爆破的效果较好,而在侧壁采用预裂爆破的效果较好。

6.1.4 洞内施工场地狭窄,视线较差,为避免机械伤人,作此条规定。

6.1.5 采用人工开挖,一般是在地质条件差,容易掉块、塌方的地层中,而且作业人员较集中,为保证在紧急情况下人员的迅速撤离,作业人员需保持必要的安全操作距离,作业时需设专人指挥。

6.1.6 隧道开挖过程中,开挖台架的强度、稳定性不够和四周未进行安全防护是导致作业人员高处坠落和被物体打击的主要原因,故作此规定。

6.1.9 隧道双向开挖接近贯通面时,所规定两工作面距离是根据隧道爆破力的影响范围,并考虑了断面大小因素。对于土质或岩层破碎的隧道,还需适当加大预留贯通的安全距离。

6.1.10 小净距隧道是指隧道间的中间岩柱厚度小于说明表 6.1.10 建议值的特殊隧道布置形式,因开挖爆破所产生的振动对相邻隧道有较大的影响,所以两洞开挖面需保持合理的纵向距离,长度不小于 30 m。

说明表 6.1.10 隧道最小净距值

围岩级别	I	II ~ III	IV	V	VI
最小净距	$(0.5 \sim 1.0)B$	$(1.0 \sim 1.5)B$	$(1.5 \sim 2.0)B$	$(2.0 \sim 4.0)B$	$>4.0B$

注: B —隧道开挖断面的宽度(m)。

6.2.1 隧道采用全断面开挖,爆破用药量较大,所产生的振动也较大,所以需控制一次同时起爆的炸药量和循环进尺,降低爆破震动对围岩的影响和确保开挖工作面的稳定。

6.2.2 在隧道地质条件较差的情况下,一般需采用台阶法或分部法开挖,但由于分部法开挖其初期支护不能尽早成环,也有一些弊病。目前国内外都有在地质条件较差的隧道,通过对掌子面前方和周边围岩采用帷幕注浆、玻璃纤维锚杆等技术手段进行预加固后,实施全断面开挖,取得了成功。

6.3.1 隧道采用台阶法开挖,推荐采用短台阶或微台阶,主要是为了让初期支护尽快封闭成环,尽量减少上部初期支护和围岩的变形;同时便于上部断面使用挖掘机配合翻渣,减少人工翻渣量,加快施工进度。

6.3.3 开挖循环进尺过大,容易引起隧道拱部塌方造成安全事故,这也是隧道施工中造成塌方的一个主要原因。实际施工中,人们往往更注重上台阶的循环进尺控制,但很多事故教训表明,台阶下部开挖时一次开挖长度过长,更易造成安全事故,特别是作业人员被困洞内的重大安全事故。

6.3.5 在地质条件相对较差的情况下,采用短进尺预留核心土措施是台阶法开挖中经常采用的技术措施,能够有效降低开挖工作面坍塌风险,从而避免安全事故的发生。

6.4.1 采用分部法开挖的隧道,一般地质都较差或软弱,所以需优先选用机械或人工开挖方式,减少开挖对围岩的扰动,更为重要的是避免爆破开挖对初期支护的结构和稳定造成破坏。

6.4.2 分部法开挖是将大断面开挖转化成小断面开挖,减小了开挖跨度,有利于施工安全。合理确定各部的尺寸,确保各部结构受力合理非常关键,需高度重视。开挖循环进尺过大,容易引起隧道拱部塌方造成安全事故。

6.4.3 采用分部法开挖,不仅要及时进行初期支护、封闭成环,而且整个断面也要求尽快成环,以改善整个初期支护结构的受力

状况。

6.4.7 采用分部法开挖的隧道,有大量的临时支护需要拆除,临时支护拆除过程中,初期支护受力体系将发生转换,为安全起见,需通过监控量测来指导临时支护的拆除时间、一次能够拆除的长度等。

6.5.1 不得在残眼中继续钻眼,主要是防止引起残眼中残余炸药的爆炸。开挖工作面如有异常漏水、气体喷出、浆液颜色变化等情况,说明开挖面前方岩层的地质条件有变化,在未采取相应技术手段进行检测和工程措施进行处理前,不得继续施工,防止安全事故发生。

6.5.2 民用爆炸物品易受高温、振动及火花的影响,导致引燃发生安全事故,所以禁止装药与钻孔作业同时进行,这一点在施工中需严格执行,不得抱有侥幸心理。民用爆炸物品的领用、管理、清点、退还需有专人全过程负责,防止民用爆炸物品的意外流失。

6.5.3 参照《爆破安全规程》GB 6722,本条要求爆破作业需设立统一的指挥系统,明确职责和分工,做到相互协调一致,避免安全事故的发生。

7.2.1 隧道开挖爆破后,需及时进行通风、照明、找顶、初喷等工作;在装渣作业开始之前,需确认工作面稳定,排除未爆的炸药和雷管,确认没有安全隐患后,方可进行装渣作业。

7.2.3 装渣作业时机械噪声和渣石粉尘对作业人员和施工环境影响较大,需采取措施严格控制。

7.3.2 隧道作业空间有限,洞内有衬砌台架、机械设备、通风及风水电配管等重要设施和设备,一旦被装渣运输车辆等碰撞,就有可能造成事故,因此在洞口和台架、重要设施 and 设备的附近需用夜光涂料和红灯易见标识表示。

7.3.3 运输线路或道路需经常进行维修和养护,保证长期正常使用,为了保证运输过程中的安全和文明施工,线路或道路两侧的岩渣和杂物需随时清除。

在对轨道进行检查维护中,一旦发现轨道变形、位移,轨枕塌陷,道岔和调车设施的磨损变形等异常情况,需及时处理,以确保轨道运输的安全畅通。

7.3.5 本条关于有轨运输作业安全规定,主要针对线路标准和机动车牵引运输的安全技术要求。轨道铺设质量的好坏直接关系到有轨运输出渣的工效及运输安全,需设立轨道班组,按规范正确布置轨道。轨道铺设需尽可能做到直线平直、曲线圆顺、道床稳固。有轨运输线路铺设标准和要求需符合下列要求:

- (1) 钢轨类型:需为 38 kg/m ~ 43 kg/m;
- (2) 道岔型号:不小于 6 号道岔,并安装转辙器;
- (3) 轨枕:间距不大于 0.7 m;
- (4) 道床:厚度不小于 20 cm;
- (5) 有轨运输设单道时,每间隔 300 m 需设一个会车道。

7.3.6 当电瓶车充电时,充电管理需设立专门的充电班组,并按标准规定的要求布置充电房和配置充电人员。

7.3.7 隧道无轨运输配套设备种类及数量较多,施工机械及车辆出入隧道频繁,加之洞内运输空间受限、照明亮度不足、空气质量较差等原因,容易引发运输安全事故。因此,需加强施工机械运输调度管理,制定车辆管理办法,严格履行车辆的进场检验制度,加强机械设备的日常安全检查和维修保养,坚持定人定机与持证上岗,严格执行机械设备操作规程,严禁违章操作、违章指挥和违反劳动纪律,严禁酒后驾车与疲劳驾驶,严禁车辆设备带病运行。

隧道施工使用的运输车辆,灯光、制动、转向等安全装置需齐全有效,并需根据需要安装倒车警报器等安全装置。隧道内安全通道、人行通道、作业地点、限速区间、临时停车地点、避车地点、转向场所等不安全因素较大的地方,应设置能使操作司机及作业人员明确识别的标识或标灯。

施工车辆严禁超过规定速度行驶,隧道内严禁超车,交会车间两车间的安全距离需大于 50 cm,同向行驶的车辆,前后两车间的

距离需大于 20 m,洞内能见度较差时需加大距离。

7.5.2 弃渣场需结合当地自然环境、运输条件、弃渣利用等综合因素进行设计,并严格按照要求施工;弃渣场需作好挡墙护坡、排水系统、绿化覆盖等配套作业;弃渣场路面应坚实、平整,弃渣地段应设置一定距离的上坡道及挡车装置,满足运输及卸渣安全作业要求。有轨及无轨运输卸渣作业时需分别遵守相应的安全操作规程。

7.5.9 弃渣场达到设计堆放量后,需提前处理并验收,达到环保、水保、土保后,方可进行主体工程移交。

8.2.1 钻机失稳时,作业人员有可能突然失去重心向前倾扑跌倒从而造成人身伤害;高压风管接头脱落时接头会因管内高压风压力作用作无规则的运动,而接头处的金属管箍在巨大的惯性作用下对作业人员造成致命伤害,也会对作业机械或设备造成毁灭性的破坏。

注浆作业需特别注意的是:超前小导管注浆需饱满,注浆过程中作业人员不得正对管口,注浆过程随时观察注浆压力的变化,有异常情况时需立即查明原因并采取技术措施处理,处理完毕后方可重新作业。

8.4.4 当掺入钢纤维拌和时要防止纤维结团、纤维产生弯曲或折断、拌和机因超负荷而停止运转、出料口堵塞。在处理过程中需严格按照操作规程排除故障,不得违章操作导致事故发生。

8.6.4 采用分部开挖的隧道,围岩地质条件都比较差,钢架在悬空时主要靠与之相连的径向锚杆与岩体间的摩擦力作用。钢架底脚长时间悬空会导致钢架在围岩变形作用下沉落,一旦沉落量超过警戒值,围岩及钢架就会完全失稳导致塌方,危及作业人员的安全。

9.1.3 隧道一般地段,二次衬砌需在围岩和初期支护变形基本稳定后进行,但在浅埋、偏压、围岩松散破碎等特殊地段和隧道洞口段二次衬砌需尽早施作。对于高地应力软岩大变形隧道二次衬

砌,如施作过早,围岩还处于快速变形阶段,则极易造成二次衬砌结构因围岩变形而被破坏,但如要等到围岩变形趋于稳定,则时间非常长,无法实施。通过对近年来多个大变形隧道施工经验总结,对于高地应力软岩大变形隧道,二次衬砌在围岩变形速率趋缓,且不大于 2 mm/d 时施作比较合适。

9.1.4 仰拱与掌子面、二次衬砌的安全步距离需符合设计、建设单位有关规定。

9.3.1~9.3.3 防水板材料为化学易燃物质,在施工中因施工防护不当造成防水板燃烧引发安全事故的事例较多,因此需将其作为安全防护重点。

9.4.2 钢筋作业特别是在安设墙腰及拱部钢筋时,需搭设作业平台并设支撑,保证钢筋不倾覆或倒塌,避免安全事故。

9.5.3 如果混凝土浇筑速度过快,则模板所受侧压力在短时间内剧增,坍塌度过大,会增加模板的侧压力,并且模板所承受的压力在短时间内无法靠混凝土自身凝固成形消除。以上两种情况均可能使台车模板变形及横向液压系统失控,两侧不对称灌注会使衬砌台车左右支承系统不平衡导致台车失稳,以上情形均可能造成安全事故。

9.5.6 仰拱作业与洞内其他工序运输作业发生冲突时,运输车辆在经过栈桥时,仰拱栈桥下的作业人员需提前避让至安全环境。

10.0.2 施工监控量测是确保隧道施工按信息化科学管理的重要手段,对铁路隧道施工安全与质量控制起到了非常重要的作用,并取得了明显的技术经济效益。因此,施工监控量测需在施工前根据施工组织的总体安排编制专项方案,包括安全保障措施。在施工前需对监控量测作业人员进行详细的安全技术交底,让他们充分理解,有利于保证作业人员安全,更好地为工程服务。

10.0.3 监控量测需纳入施工工序管理,在施工组织设计中需列入施工进度计划,把它当成一个关键工序来对待。施工现场需按设计技术文件的要求,及时提供工作面,创造条件保证监控量测理

设工作顺利进行,同时监控量测工作要尽量减少对施工的干扰。对于工程地质和环境条件特别复杂的隧道,需选择具有资质的专业单位实施,以保证监控量测工作质量,更好地指导隧道施工。

10.0.4 工程安全性评价是确保施工安全的重要环节,是施工组织的重要内容之一,因此监控量测需结合施工组织设计的总体要求,在工程开工前对工程的安全性进行评价,并实行分级管理。施工过程中通过量测分析,进行安全性评价管理等级分析,将评价成果及时报告设计、监理、建设单位,与此同时向相关单位提交完整的量测原始数据。设计单位与建设单位需尽快明确有针对性的处理措施,在没有具体措施之前,不需盲目继续施工。编制监控量测实施方案时,需制定不同管理等级的报告程序、响应处置流程及相关人员工作职责,以便处置及时、有效。

10.0.8 为确保监控量测仪器设备操作人员的安全,开展监控量测需先对围岩和支护的稳定状况进行观察,确保工作环境安全后方可进行。

10.0.11 监控量测信息反馈需要借助于监控量测数据分析结果,需根据《铁路隧道监控量测技术规程》Q/CR 9218—2015 的相关规定,对施工安全性进行评价,并采取相应的工程对策。

10.0.12 监控量测数据采集的及时性、准确性对信息反馈工作至关重要。需建立监控量测数据复核、审查制度,同时需将采集后的监控量测数据及时录入监控量测信息管理系统,确保数据的不可更改和可追溯。这也是隧道施工信息化管理的重要方面。

11.1.3 空压机的储气罐属压力容器,安全阀的作用是确保储气罐气压不得超过限定值,压力表是正确反映系统风压的指示计,需定期进行检验,以确保安全可靠。空压机使用前需检查安全防护装置及附件是否齐全,电源是否正常,润滑油是否符合要求,设备启动后检查机油压力、气压、电压、电流及温度等是否正常,有无漏油、漏电、漏气等现象,确认无误后方可正常使用。对空压机使用及检修维护过程中,可能发生人身及设备安全事故的行为进行明

文规定,强调需遵守空压机使用及维修操作规程,避免发生人身伤害事故。

11.1.4 高压钢风管及软管需采用正规厂家的合格产品,满足相应风压要求,高压胶风管还需当耐油,不得使用伪劣及不合格产品。高压软管与钢管连接应牢固可靠,钢管的外径与软管的内径应当匹配,并应采取有效措施防止风管连接处脱落,避免发生人身伤害事故。

11.4.2 隧道施工,特别是富水地区,首先要完善排水设施,反坡排水要根据隧道设计涌水量配备足够的抽排水设备,防止涌水淹没洞室,开挖前需做超前探水,确定不会产生大涌水时才能向前开挖。突涌水的风险等级,可以参考《铁路隧道工程风险管理技术规范》Q/CR 9249。

当隧道涌水的pH值小于5时,属酸性水,排水泵需选用性能良好的耐酸泵。管道防酸有下列措施,需根据具体情况选用:

(1)采用硬聚乙烯管和玻璃钢管,压力可达1.7 MPa,这种管材目前生产较少,且价格较贵,不宜采用;(2)采用无缝钢管内衬塑料管;(3)采用钢管内衬水泥砂浆。

11.5.3 对于长大隧道施工,需设置备用通风机和备用电源,防止因通风机故障或停电造成通风机停机,导致洞内有毒有害气体和粉尘超过规定标准,危及洞内作业人员的人身安全。

11.5.4 隧道施工通风的目的是供给洞内足够的新鲜空气,并冲淡、排除有害气体和降低粉尘浓度,以改善劳动条件,保障作业人员身体健康。施工通风需纳入重要工序管理,施工过程中加强通风效果检测,确保洞内空气质量符合职业健康标准的要求。

11.5.5 洞内通风的风量及风速按每人每分钟供应 3 m^3 的新鲜空气,是保证作业人员身体健康必要的规定。洞内采用内燃设备进行作业时,平均按1 kW 供应风量 $3\text{ m}^3/\text{min}$,就可以达到稀释其浓度的要求。

11.5.8 隧道施工综合防尘措施主要包括以下内容:(1)加强通

风;(2)采用湿式凿岩;(3)采用湿喷混凝土喷射工艺,并优先选用机械手喷射;(4)放炮后及时进行喷雾洒水;(5)运输通道洒水,防止粉尘飞散;(6)在洞内适当的位置安装集尘装置;(7)佩戴好个人防护用品。

开挖工作面、喷射混凝土地段、混凝土搅拌场等凡有矽尘的作业场所,粉尘浓度每月至少需测定一次,洞内空气每月至少需取样分析一次。

11.5.10 条文中提出的隧道在整个施工过程中,作业环境的安全卫生标准,为强制执行的标准。勘察设计和施工中若发现存在 H_2S 、 CO 等有毒有害气体的隧道,需严格执行国家有关规定,配备相应的监测与检测仪器进行检查,并根据浓度大小实施动态监测和实时检测。

12.1.1 隧道工程主要危险源需考虑技术方案、超前地质预报、支护、监控量测、有毒有害气体检测和应急预案等影响因素。

12.1.3 隧道工程需根据超前地质预报结果及时提请变更设计,调整隧道支护参数和施工方案,确保安全。

12.1.4 隧道工程施工监控量测工作格外重要,隧道在发生大的塌方之前总是有一定的先兆,表现在围岩的变形突然增大,或者是应力的突然变化,而这些变化只能通过量测才能掌握,而量测的结果与施工技术措施之间又存在内在的联系。因此,需开展监控量测工作并做到信息的快速反馈,实现动态设计、动态施工。

12.1.5 完善的应急预案是不良地质和特殊岩土隧道施工必要组成部分,通过制定应急预案,并对参与施工管理、作业的人员进行培训和组织演练,提高人员自救、互救能力,一旦发生重大安全事故,尽可能减少人员伤亡,将事故损失降到最小。

12.2.1 当隧道通过岩溶地区时,一般设计上只简单提供溶洞的里程和大概的规模及类型,更为详细的情况需在隧道的开挖或超前预报中才能逐渐掌握。

12.3.1 地下水对软弱破碎围岩隧道施工影响很大,是造成塌方

的主要因素之一。许多隧道的施工总结,强调了需对地下水进行处理,才能保证施工安全。对富水软弱破碎围岩需根据实际情况采取措施处理后才能开挖施工。

12.3.2 由于目前的超前地质预测、预报手段还不能保证完全准确,预测、预报的判释也往往有多解性,在施工过程中,很可能出现一些异常现象,这时需立即停止施工,并认真分析原因,采取措施进行处理,确保施工安全。

12.3.3 对富水软弱破碎围岩需做好监控量测,量测的主要内容有拱顶下沉和净空变形,必要时还需对钢架内力进行量测。量测数据经分析处理与必要的计算,再反馈于施工,用于判断围岩和支护体系是否稳定,支护参数和施工方法是否合理。

12.3.4 富水软弱破碎围岩隧道施工需做好防排水,一是防止因排水不畅对衬砌结构形成水压,影响结构安全,二是确保隧道在运营过程中不会因大量渗漏水而产生病害。

12.4.1 砂层的稳定是靠其颗粒的重量和颗粒间的摩擦力来维持的,当砂层中含有地下水且超过一定限制度流砂时,其内摩擦角就会减少,砂体就容易坍塌。隧道通过风积沙和含水砂层施工时,需先治水,以减少砂层的含水量,防止砂粒流失。

12.4.2 本条是风积沙和含水砂层隧道开挖工序的施工操作要求以及开挖方法。这些内容都是从近来一些工点的施工实践和教训中总结出来的。

12.4.3 对于风积沙和含水砂层,因其颗粒间有较大的孔隙率,所以采用注浆固结砂层是最为有效的途径。

12.5.4 瓦斯隧道需根据有毒有害气体情况,开展动态风险评估,通过专项评估,确保方案安全可靠后才能实施。充分利用信息化手段,建立瓦斯风险监控和预警预报体系,确保高风险有毒有害气体施工安全。

12.5.6 采用光面爆破,使隧道开挖轮廓圆顺,尽量避免瓦斯积聚。湿式钻孔也在一定程度上溶解瓦斯气体,降低瓦斯浓度,同时

降低粉尘含量,有利于施工安全。

“一炮三检制”是根据煤规制定,即在装药前、放炮前、放炮后认真检查放炮地点附近瓦斯,瓦斯超过 1% 不得放炮。条文规定的目的,主要是加强放炮前防止瓦斯漏检、避免瓦斯超限的条件下放炮的主要措施。

“三人连锁放炮制”是放炮前放炮员将警戒牌交给爆破指挥员,派警戒人员进行警戒,完成警戒后,指挥员把自己的放炮命令牌交给瓦斯检查员,经检查瓦斯浓度符合要求后,再将放炮牌交给放炮员。这项措施主要防止放炮混乱,放炮警戒不严或不落实造成放炮伤人事故。

秒或半秒级雷管各段的间隔时间为 1 s 或 0.5 s,在有瓦斯爆炸危险的工作面使用时,当前段爆炸瓦斯浓度已形成较高,下段炸药才爆炸,就容易引爆瓦斯。况且雷管内的延期药在燃烧,从雷管的排气孔喷出火焰或高温气体是引爆瓦斯的危险因素,因而不得使用。毫秒雷管则不然,只要最后一段的延期时间不大于 130 ms,爆炸过程中瓦斯浓度尚未达到 1% 时,各段毫秒雷管就已爆炸完毕,故比较安全。

12.5.8 为防止因揭煤而引起瓦斯和煤突出,从安全管理和技术上进行规定。

12.5.9 瓦斯隧道因有易燃易爆的气态甲烷从煤层或岩缝中溢出,施工通风的好坏直接关系到作业人员的人身安全。施工实践证明,只有实行专门的隧道施工通风管理,才能保证通风效果,也才能保证瓦斯隧道的施工安全。

12.5.10 本条规定了瓦斯隧道施工在不同情况下需停止施工,撤出施工人员,并采取有效措施进行处理;瓦斯浓度超过 0.5% 时,需加强通风监测,查明原因,采取处理措施;瓦斯检测是指导瓦斯隧道施工、保证施工安全的必要措施。

12.5.11 高瓦斯工区和瓦斯突出工区的电气设备与作业机械需使用防爆型,是为了防止电器设备和作业机械工作时产生火花引

爆瓦斯。

12.5.13 瓦斯突出救护难度非常大,与当地有资质的救护队合作,可以更加专业和高效。

12.5.14 本条对进入瓦斯隧道所有人员安全管理方面进行了规定,这是借鉴了近年来瓦斯隧道施工中一些好的做法,需积极推广。

12.6.2 本条规定的目的是为了在中等以上岩爆隧道,尽量减少人工作业,从而减少岩爆对人的直接伤害。

12.6.3 本条指出了岩爆地质隧道施工的基本原则,即“短进尺、多循环、强支护”,这是近几年来在实践中形成的经验,需遵守。

岩爆隧道不能采用长进尺,因为长进尺开挖,爆破后出渣时间长,不利于及时支护,另外,暴露出来的开挖面较大,更容易引起较大范围内的应力重分布,从而导致强烈的岩爆发生,对施工安全不利。强支护的目的主要是锁定围岩的表面部分,防止正面、边墙、拱部的岩石向外弹射,限制岩爆的大规模发生。

12.7.1 膨胀性围岩浅埋地段极易受到地表水侵入,形成安全隐患,提出对地表水的一些处理措施。

12.7.2 本条是根据挤压性围岩、膨胀岩的特性而制定的,开挖中采取这些措施,可以减少对围岩的扰动,控制围岩的变形,提高施工的安全性。

12.7.3 这些措施是以新奥法原理为指导,以维护隧道稳定围,是针对大变形特点所采取的特殊支护措施,为了保证支护效果,防止塌方和预防初期支护侵入净空等。

12.7.4 目的是控制施工用水软化围岩。

12.8.1 本条强调了黄土隧道施工前,需做好洞口排水系统和地表水的处理,防止雨水渗入隧道增加施工难度和发生坍塌事故。

12.8.2 墙脚、拱脚不得超挖是为了防止因墙、拱脚原状土被破坏,造成支护下沉。黄土隧道地基积水在荷载作用下,极易导致隧道底板结构破坏,需采取措施防止黄土隧道基底积水持续软化

黄土。

12.8.4 黄土隧道施工,施工防排水非常重要,本条各款都是黄土隧道施工中防排水方面需注意的问题,否则容易造成异常沉降。

12.9.1 洞口段低温季节施工,围岩极易受冻融影响,提出开挖后及时封闭保温。

12.9.2 隧道受冻融影响导致结构破坏或围岩失稳,采取措施控制避免暖季围岩裂隙冻冰融化而失稳坍塌,提出控制温度、及时封闭措施。

12.9.5 高原隧道施工作业人员易出现职业健康与安全问题,要采用适宜的施工通风和供氧措施,确保作业人员安全。

12.10.1 高地温对隧道施工作业安全、结构质量、施工机具的影响都比较大,提出针对性的措施和预案,确保人员、机具和结构安全。

12.10.4 根据施工经验提出,根据水热和干热型隧道提出的一些降温措施。

13.1.2 辅助坑道口部是施工的重要通道,坑道口的截水、排水系统和防冲刷设施,洞门、竖井锁口圈,均需尽快及早建成,以保证正洞施工的安全顺利进行。

13.1.3 采用大爆破开挖,容易破坏洞口边、仰坡的稳定,造成大规模的坍方,安全隐患很大,所以斜井、竖井的边、仰坡开挖不得采用大爆破。

13.1.4 辅助坑道与正洞结合部的施工,施工安全风险极高,需编制专项施工技术方案,确保施工安全。

13.2.1 斜井一般是反坡施工,因此隧道施工排水系统非常重要,需根据斜井出水量大小进行抽排水设计,配置满足需要的抽排水资源。长大斜井需制定专项抽排水设计方案及应急预案。

13.2.2 突涌水风险隧道安全隐患大,抽排水至关重要,提出配置双套抽水系统,防止突涌水风险,确保安全。

13.2.3 斜井一般坡度较大,初期支护的钢架安装时必然有一定的倾斜角度,所以需采取专门稳固钢架的措施,防止钢架倒塌发生安全事故。同时各种平台也需配有制动装置,防止作业过程中顺坡溜滑。

13.2.4 斜井坡度大,采用制动装置防止作业平台、衬砌台车溜滑。

13.2.5 洞内场地狭窄、视线较差,斜井与正洞交叉处光照度较差,容易发生安全事故,所以洞内运输需建立统一的洞内运输调车管理制度,并由专人负责。在斜井与正洞交叉口处需设专人指挥,并设置反光警示镜及限速标识。

13.2.6 对斜井无轨运输速度进行限制,防止速度过快引起安全事故。

13.2.7 本条主要对斜井洞内、洞外适当位置需设置各种警示标志和安全设施进行规定。

13.2.8 本条对运输作业车辆管理方面进行规定,防止车辆带病作业引起安全事故。

13.2.13 根据《起重机安全规程》提出的钢丝绳安全控制措施。

13.2.14 这些规定是在结合以往多年施工经验教训的基础上,吸收《煤矿安全技术规程》的有关规定提出的。

13.3.1 本条对竖井建井期间和使用期间的防排水进行了规定。

13.3.8 模板支架安全事故出现得较多,需进行专项设计和检算。

13.3.9 本条借鉴了地铁施工的经验,有利于确保竖井提升系统的安全。

13.4.1 针对小断面开挖和钻爆提出的一些安全规定。

14.1.2 TBM 在特殊地段施工与在一般地段施工不同,其掘进难度大、控制沉降要求严、安全风险高,因此应编制专项施工方案。

14.2.2 TBM 组装分为洞内组装和洞外组装两种方式。

14.2.4 以原设计吊装位置为准,确认其重量,用大于负荷的起吊

工具及在安全范围内起吊设备,确保安全,万无一失。吊装作业时,确保各大型部件选择合理的吊点,以正确的方式进行吊装,并缓慢、准确地将部件组装到设备上。

14.2.5 需确保设备的各项性能指标完全符合 TBM 技术要求,确认各设备安装无误并进行动态验收的前提条件下,方可开始 TBM 的步进。

14.3.1 为保证安全,需计算 TBM 始发用的始发台结构安全,始发洞壁的围岩强度是否满足要求。

14.3.2 TBM 始发进入起始段施工,一般根据 TBM 的长度、现场及地层条件将起始段定为 50 m ~ 100 m,起始段掘进是掌握、了解 TBM 性能及施工规律的过程。

14.3.2 双护盾 TBM 施工有双护盾和单护盾掘进模式,需正确选择掘进模式。

14.3.5 TBM 始发进入起始段施工,一般根据 TBM 的长度、现场及地层条件将起始段定为 50 m ~ 100 m,起始段掘进是掌握、了解 TBM 性能及施工规律的过程。

14.3.9 由于 TBM 设备上附有大量的油料,因此动火时,需加强消防管理,配备足够的手提干式灭火器,关键部分需有专用的消防设施。

14.4.3 开敞式 TBM 二次衬砌时,首先进行隧道底板及仰拱浇筑。

14.5.1 到达掘进是指 TBM 到达贯通面之前 50 m ~ 100 m 范围内的掘进。

14.5.3 为防止管片在失去后盾管片支撑或推力后产生松弛导致管片环缝张开,需设置管片纵向拉紧装置。

14.7.1 本条所列特殊地质条件施工需遵循的规定,与一般地质条件相比,要求的是更加严格的控制、更加周密的计划。

14.8.1 施工进料需采用有轨运输。

15.1.2 盾构在特殊地段施工与在一般地段施工不同,其掘进难

度大、控制沉降要求严、安全风险高,因此需编制、审查专项施工方案。

15.2.1 加强端头土体加固,防止盾构始发引起端头地层发生过大变形、坍塌、涌沙或涌水。

15.2.4 盾构是集机、电、液、控为一体的复杂大型设备,若在掘进中发生问题,处理十分困难且易导致地层坍塌。因此,在现场组装后,首先需对各个系统进行空载调试,使其满足设计功能要求。然后,需进行整机联动调试,使得盾构处于正常状态,以确保盾构始发掘进的安全进行。

15.2.5 盾构后配套设备包括运输设备、电力设备、通风设备、照明设备、壁后注浆设备、泥水处理设备与设施。采用泥水平衡盾构时,管道运输系统需满足出渣和掘进速度的要求。

15.2.3 盾构是集机、电、液、控为一体的复杂大型设备,若在掘进中发生问题,处理十分困难且易导致地层坍塌。因此,在现场组装后,首先需对各个系统进行空载调试,使其满足设计功能要求。然后,需进行整机联动调试,使得盾构处于正常状态,以确保盾构始发掘进的安全进行。

15.2.4 盾构后配套设备包括运输设备、电力设备、通风设备、照明设备、壁后注浆设备、泥水处理设备与设施。采用泥水平衡盾构时,管道运输系统需满足出渣和掘进速度的要求。

15.2.6 铁路隧道使用盾构的案例较少,后配套参考地铁盾构隧道施工,人行走道板宽度目前使用的不小于 70 cm。

15.3.1 始发反力架及其支撑强度、刚度和稳定性需满足盾构始发推力的要求。盾构反力架的整体倾斜度需与盾构基座的安装坡度一致,以防止反力架偏心受力。

15.3.5 ~ 15.3.6 洞门围护结构破除要连续作业,尽量缩短施工时间,破除后盾构刀盘及时靠紧开挖面,尽量缩短开挖面暴露的时间,防止开挖面失稳。

15.3.7 由于洞口与盾构存在建筑空隙,易造成泥水流失,从而引

起地表沉降,因此,需在洞口安装密封装置。

15.3.8 盾构始发时,由于盾构周围无摩擦力,盾构易扭转,需加强盾构姿态的测量,如发现盾构有较大转角,可以采用大刀盘正反转的措施进行调整。

15.4.1 盾构始发进入起始段施工是掌握、摸索、了解、验证盾构适应能力及施工规律的过程。

15.4.3 适当保持土仓压力平衡的目的是控制地表变形和确保开挖面的稳定。

15.4.4 适当保持泥水仓内压力平衡的目的是控制地表变形和确保开挖面的稳定。

15.4.5 根据盾构穿越的地层条件,可有选择地向土仓内适当注入泥浆或水、泡沫剂、聚合物等材料,以改良仓内土质,使其保持开挖面的稳定。

15.4.6 严格控制盾构姿态,减少由于纠偏造成的地层扰动。由于盾构自重,长时间停机可能会造成盾构下沉。

15.4.9 及时检查刀盘,防止刀盘过度磨损失去掘进功能而报废。

15.5.2 管片堆码高度需要结合存放场地的地基承载力、管片出模强度和管片承压强度等相关因素验算后确定。

15.6.1 确保接收工作井端头地基加固效果和洞门密封效果,并控制围护结构破除过程,防止盾构到达掘进扰动引起端头地层发生过大变形、坍塌、涌沙或涌水。

15.6.8 隧道贯通后,迅速拼装成环并注浆,防止洞口水土流失。

15.7.1 避免在移动过程中托架或小车受损破坏。

15.7.3 由于盾构重量大、体积大,因此需加强牵引和顶推的安全管理。

15.9.1 由于覆土荷载减小,盾构抗浮能力降低,需加强抗浮措施。

15.9.2 后续隧道的施工与先行隧道相互影响,会产生结构变形、

地表下沉等不良现象,因此,需采取控制措施。

15.9.4 如果通过调整盾构掘进参数和注浆参数不能满足对地面建(构)筑物的保护要求,可对建(构)筑物的基础或结构进行加固或托换。

16.1.1 建设各方需按照《生产安全事故应急条例》(中华人民共和国国务院令 第 708 号)开展应急准备和应急救援工作。其中应急组织机构负责指挥及协调工作,包括组织应急预案演练;组织抢险队参与救护伤亡,实施抢救方案;组织联系医院、消防等,说明详细事故地点、事故情况,组织医护人员救治伤员,作好事故善后处理;组织人员做好事故现场和抢救现场的安全保卫工作;负责抢救机具、设备、材料的调运,及时配备救援所需的设备、材料;负责搜集事故物证、痕迹,协助事故调查、分析等。

16.1.2 综合应急预案,是指生产经营单位为应对各种生产安全事故而制定的综合性工作方案,是本单位应对生产安全事故的总体工作程序、措施和应急预案体系的总纲;

专项应急预案,是指生产经营单位为应对某一种或者多种类型生产安全事故,或者针对重要生产设施、重大危险源、重大活动防止生产安全事故而制定的专项性工作方案;

现场处置方案,是指生产经营单位根据不同生产安全事故类型,针对具体场所、装置或者设施所制定的应急处置措施。

16.1.5 应急救援队伍的应急救援人员需具备必要的专业知识、技能、身体素质和心理素质。应急救援队伍建立单位或者兼职应急救援人员所在单位需按照规定对应急救援人员进行培训,应急救援人员经培训合格后,方可参加应急救援工作;应急救援装备和物资包括救护设备(化学氧自救器、灭火器、自动苏生器、急救箱、高温防护服、担架、防毒面具、防烟眼镜、联络绳、救生圈、皮划艇),仪表及化验用品(火源探测仪、瓦斯检测仪、风表、气体流量计、水位探测仪),应急器材(应急型防爆矿灯、铁锹、洋镐、撬棍、消防

铲、信号喇叭、消毒、急救物品),圆木、枕木、沙袋、格栅钢架、锚杆和钢筋网及喷射混凝土材料等;同时配备临时发电机、电焊机、挖掘机、装载机、抽水机、注浆泵、运输车、指挥车等应急设备。应急救援装备应定期进行维护、保养,保证正常运转。

16.1.10 长大隧道施工,需设计逃生通道;所有隧道施工均需事先规划逃生路线,加强演练。尽量设置逃生管道,逃生管道可采用直径60 cm~80 cm的钢管或高强度材质管道,沿初期支护一侧向掌子面铺设,从距离掌子面最近仰拱施工处始,至掌子面距离开挖台架止,管内预留工作绳,方便逃生、抢险、联络和传输各种物品。

16.2.1~16.2.4 发生生产安全事故后,事故相关单位需采取下列一项或者多项应急救援措施,并按照国家有关规定报告事故情况:

- (1) 迅速控制危险源,组织抢救遇险人员;
- (2) 根据事故危害程度,组织现场人员撤离或者采取可能的应急措施后撤离;
- (3) 及时通知可能受到事故影响的单位和人员;
- (4) 采取必要措施,防止事故危害扩大和次生、衍生灾害发生;
- (5) 根据需要请求邻近的应急救援队伍参加救援,并向参加救援的应急救援队伍提供相关技术资料、信息和处置方法;
- (6) 维护事故现场秩序,保护事故现场和相关证据;
- (7) 法律、法规规定的其他应急救援措施。

16.2.5 现场指挥和救援的相关需求非常重要,事发单位及时、准确提供相关资料,并按要进行现场准备,是事故救援工作正常开展的重要保障。

16.2.12 隧道一旦发生瓦斯爆炸,通风会补充灾后洞内氧气,构成二次爆炸的条件,极可能引发后续瓦斯爆炸,故发生瓦斯爆炸后不能盲目进行通风,也不能盲目进入救援;瓦斯灾害事故的救援环

境恶劣复杂,次生灾害极易发生,一般的救援队无法承担瓦斯灾害救援任务,必须由专业的救护队完成,施工单位做好相关配合工作。

16.2.14 发生火灾时,若初期灭火或警报、避难等措施稍有延误,就可能引发二次灾害,因此迅速准确的报警是极其重要的,施工现场需加强演练,进行初期灭火和报警、联络、避难、救护的培训,以便火灾发生时能及早发现、及早控制。