

ICS 27.140
P 98

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL/T 806—2020

水利水电工程水泵基本技术条件

Fundamental technical requirements for pumps
of water and hydropower projects

2020-11-30 发布

2021-02-28 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》
等 7 项水利行业标准的公告

2020 年第 23 号

中华人民共和国水利部批准《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》（SL/T 62—2020）等 7 项为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水工建筑物水泥灌浆施工技术规范	SL/T 62—2020	SL 62—2014	2020.11.30	2021.2.28
2	水利水电工程压力钢管设计规范	SL/T 281—2020	SL 281—2003	2020.11.30	2021.2.28
3	水利水电工程钻探规程	SL/T 291—2020	SL 291—2003	2020.11.30	2021.2.28
4	水利水电工程地质测绘规程	SL/T 299—2020	SL 299—2004	2020.11.30	2021.2.28
5	水工混凝土试验规程	SL/T 352—2020	SL 352—2006	2020.11.30	2021.2.28
6	水工纤维混凝土应用技术规范	SL/T 805—2020		2020.11.30	2021.2.28
7	水利水电工程水泵基本技术条件	SL/T 806—2020		2020.11.30	2021.2.28

水利部

2020 年 11 月 30 日

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
3.1 水泵扬程	2
3.2 水泵流量	2
3.3 水泵转速	3
3.4 水泵效率	3
3.5 空化余量	4
3.6 水泵特征尺寸	4
3.7 水泵的基准面	4
3.8 空化基准面	5
4 技术要求	5
4.1 一般要求	5
4.2 性能	7
4.3 设计	7
4.4 主要部件的结构	7
4.5 主要部件材料	10
4.6 不同型式水泵的特定要求	10
5 性能保证	11
5.1 水力性能	11
5.2 空化、空蚀和磨蚀	11
5.3 水力稳定性	11
5.4 振动	11
5.5 噪声	12
5.6 最高瞬态转速和最大、最小瞬态压力	13
5.7 水推力	13
5.8 叶轮裂纹保证	13
5.9 可靠性指标	13
6 供货范围和备品备件	13
6.1 供货范围	13
6.2 备品备件	13
7 资料与图纸	13
7.1 交付时间和数量	13
7.2 主要技术资料	14
8 工厂检验及试验	14
8.1 一般要求	14

SL/T 806—2020

8.2	工厂检验和试验	14
8.3	检验和试验项目	15
8.4	工厂验收试验	15
9	铭牌、包装、运输及保管	15
9.1	铭牌	15
9.2	包装及运输	16
9.3	保管	16
10	安装、运行、维护及原型泵现场试验	16
10.1	安装和试运行	16
10.2	运行与维护	17
10.3	原型泵现场试验	17
11	质量保证期	17
附录 A (规范性)	水泵效率修正公式	18
附录 B (资料性)	水泵设备的监测项目	20
附录 C (规范性)	泵的噪声评价等级	21
附录 D (资料性)	水泵备品备件表	22
附录 E (资料性)	水泵设备工厂质量检查、装配和试验项目	24

前 言

根据水利行业标准制修订计划，按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准文件的结构和起草规则》的要求，编制本标准。

本标准共 11 章和 5 个附录，主要技术内容有：

- 范围；
- 规范性引用文件；
- 术语和定义；
- 技术要求；
- 性能保证；
- 供货范围和备品备件；
- 资料与图纸；
- 工厂检验及试验；
- 铭牌、包装、运输及保管；
- 安装、运行、维护及原型泵现场试验；
- 质量保证期。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：中水北方勘测设计研究有限责任公司

本标准参编单位：日立泵制造（无锡）有限公司

中国水科院天津水利电力机电研究所

中国水利水电建设工程咨询渤海公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：张士杰 马韧韬 杨 旭 高普新 张弋扬 赵 艳 张志民

本标准审查会议技术负责人：伍 杰

本标准体例格式审查人：郑 寓

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白广路二条 2 号；邮政编码 100053；电话：010 - 63204533；电子邮箱：bzh@mwr. gov. cn），以供今后修订时参考。

引 言

本标准主要用于水利水电工程供、排水泵站水泵的招标、订货、设计、制造和出厂验收等工作，是水泵产品的设计、制造依据，可供水泵招标、订货使用。当对水泵产品的性能、结构、运行等方面有其他特定要求时，可在供需双方签订合同的技术文件中商定。

水利水电工程水泵基本技术条件

1 范围

本标准规定了水利水电工程供、排水泵站的水泵在产品设计和制造方面的性能保证、技术要求、供货范围和检验试验项目，并提出了其包装、运输、保管和安装、运行、维护应遵守的规定。

本标准适用于输送介质为清水、含沙水等，输送水温度为常温并符合下列条件之一的水泵产品：

- a) 水泵轴功率为 1000kW 及以上；
- b) 离心泵叶轮公称直径为 800mm 及以上；
- c) 混流泵、轴流泵、贯流泵，叶轮公称直径为 1600mm 及以上。

若水中含有明显的化学腐蚀性物质或含气量超高时，可由供需双方另行协商。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本标准必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本标准；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

- GB/T 191 包装储运图示标志
- GB/T 2900.45 电工术语 水电站水力机械设备
- GB/T 3216 回转动力泵 水力性能验收试验 1 级、2 级和 3 级
- GB/T 8564 水轮发电机组安装技术规范
- GB/T 9239.1 机械振动 恒态（刚性）转子平衡品质要求 第 1 部分：规范与平衡允差的检验
- GB/T 10969 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机通流部件技术条件
- GB 11120 涡轮机油
- GB/T 13006 离心泵、混流泵和轴流泵 汽蚀余量
- GB/T 13008 混流泵、轴流泵 技术条件
- GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件
- GB/T 15469.2 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机空蚀评定 第 2 部分：蓄能泵和水泵水轮机的空蚀评定
- GB/T 16907 离心泵技术条件（I 类）
- GB/T 17189 水力机械（水轮机、蓄能泵和水泵水轮机）振动和脉动现场测试规程
- GB/T 29529 泵的噪声测量与评价方法
- GB/T 32584 水力发电厂和蓄能泵站机组机械振动的评定
- GB 50265 泵站设计规范
- SL 26 水利水电工程术语
- SL 140 水泵模型及装置模型验收试验规程
- SL 316 泵站安全鉴定规程
- SL 317 泵站设备安装及验收规范
- SL 430 调水工程设计导则
- SL 511 水利水电工程机电设计技术规范
- JB/T 1270 水轮机、水轮发电机大轴锻件 技术条件
- JB/T 4297 泵产品涂漆技术条件
- IEC 60041 测定水轮机、蓄能泵和水泵—水轮机水力性能的现场验收试验

IEC 60193 水轮机、蓄能泵和水泵水轮机 模型验收试验
CCH 70—4 水力机械铸钢件检验规范

3 术语和定义

GB/T 2900.45 附录 A 定义的术语、定义和符号，GB 50265 定义的泵站进水池、出水池特征水位和特征扬程，SL 26 定义的水力机械术语以及下列术语、定义和符号适用于本标准。

3.1 水泵扬程

3.1.1

设计扬程 design head

在额定转速运行时，满足泵站设计流量要求的扬程。

注：量的符号： H_r ；单位：m。

3.1.2

最高扬程 maximum head

在规定运行条件下，允许达到的扬程最大值。

注：量的符号： H_{max} ；单位：m。

3.1.3

最低扬程 minimum head

在规定运行条件下，允许达到的扬程最小值。

注：量的符号： H_{min} ；单位：m。

3.1.4

加权平均扬程 weighted average head

在泵站运行范围内，以水泵可能遇到的不同扬程相对应的工作时间、流量或水量为权重而计算出的平均扬程。

注：量的符号： H_w ；单位：m。

3.1.5

零流量点扬程 no-discharge head

在规定转速运行时，流量为零时的扬程。

注：量的符号： H_0 ；单位：m。

3.2 水泵流量

3.2.1

设计流量 design discharge

在设计扬程、额定转速运行时，水泵抽送的流量，也称水泵保证流量。

注：量的符号： Q_r ；单位： m^3/s 。

3.2.2

最大流量 maximum discharge

在额定转速及最低扬程运行时，水泵允许抽送的最大流量。

注：量的符号： Q_{max} ；单位： m^3/s 。

3.2.3

最小流量 minimum discharge

在额定转速及最高扬程运行时，水泵允许抽送的最小流量。

注：量的符号： Q_{min} ；单位： m^3/s 。

3.3 水泵转速

3.3.1

比转速 specific speed

水泵扬程为 1m、流量为 $0.075\text{m}^3/\text{s}$ 时的转速。

注：定义的比转速按照下式计算：

$$n_s = \frac{3.65n\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

式中

n_s ——水泵的比转速；

n ——水泵的转速，r/min；

Q ——水泵的流量， m^3/s ；

H ——水泵的扬程，m。

3.3.2

反向飞逸转速 reverse runaway speed

当电动机断电、水泵失控后，轴端负荷力矩为 0 时，水泵以水轮机旋转方向运行的最高转速。

注：量的符号： n_{run} ；单位：r/min。

3.3.3

最高瞬态反向转速 maximum momentary counterrotation speed

当电动机断电、水泵受控状态下，泵组以水轮机方向旋转的最高瞬态转速。

注：量的符号： n_{mom} ；单位：r/min。

3.4 水泵效率

3.4.1

效率 pump efficiency

水泵输出功率与输入轴功率的比值。按照下式计算：

$$\eta_p = P_{\text{out}}/P_{\text{in}}$$

式中：

P_{out} ——水泵输出功率，kW；

P_{in} ——水泵输入功率，kW。

注：量的符号： η_p 。

3.4.2

设计点效率 design efficiency

设计扬程、额定转速、设计流量点的水泵效率。

注：量的符号： η_d 。

3.4.3

加权平均效率 weighted average efficiency

在规定的水泵扬程或流量范围内，由水泵效率 η_{p1} 、 η_{p2} 、 η_{p3} 、…及相应的加权因子 ω_1 、 ω_2 、 ω_3 、…按照下式计算的效率。

$$\eta_w = (\eta_{p1}\omega_1 + \eta_{p2}\omega_2 + \eta_{p3}\omega_3 + \dots)/(\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \dots)$$

注：量的符号： η_w 。

3.4.4

最优效率 optimum efficiency

水泵最优工况点的效率，即最高效率点。

注：量的符号： η_{opt} 。

3.5 空化余量

3.5.1

临界空化余量 critical net positive suction head

在模型空化试验中，与规定的效率或扬程下降值相联系的空化余量。

当采用效率下降时， $NPSH_c$ 为与无空化工况相比效率下降 1% 时的空化余量。

注：量的符号： $NPSH_c$ ；单位：m。

3.5.2

初生空化余量 incipient net positive suction head

在离心泵、混流泵模型试验中，由目测观察到叶轮在三个叶片进口同时出现气泡时的空化余量。

在轴流泵、贯流泵模型试验中，由目测观察到叶轮在一个叶片表面上出现气泡时的空化余量。

注：量的符号： $NPSH_i$ ；单位：m。

3.6 水泵特征尺寸

不同类型水泵公称直径 nominal impeller diameter of different types of pumps

不同类型水泵的公称直径按照图 1 所示。

注：量的符号： D ；单位：m。

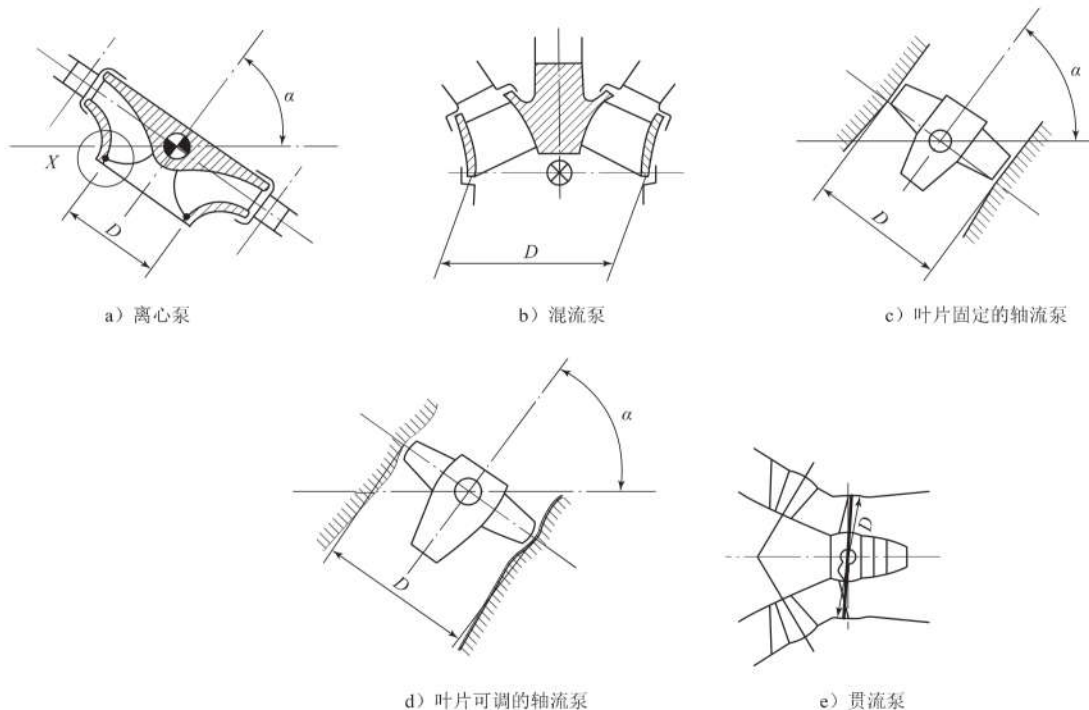


图 1 水泵公称直径

3.7 水泵的基准面 reference level of the pump

按照图 2 定义的相对于规定的基准面（通常为海平面）水泵上作为水泵安装基准的某一点的

高程 (Z_r)。

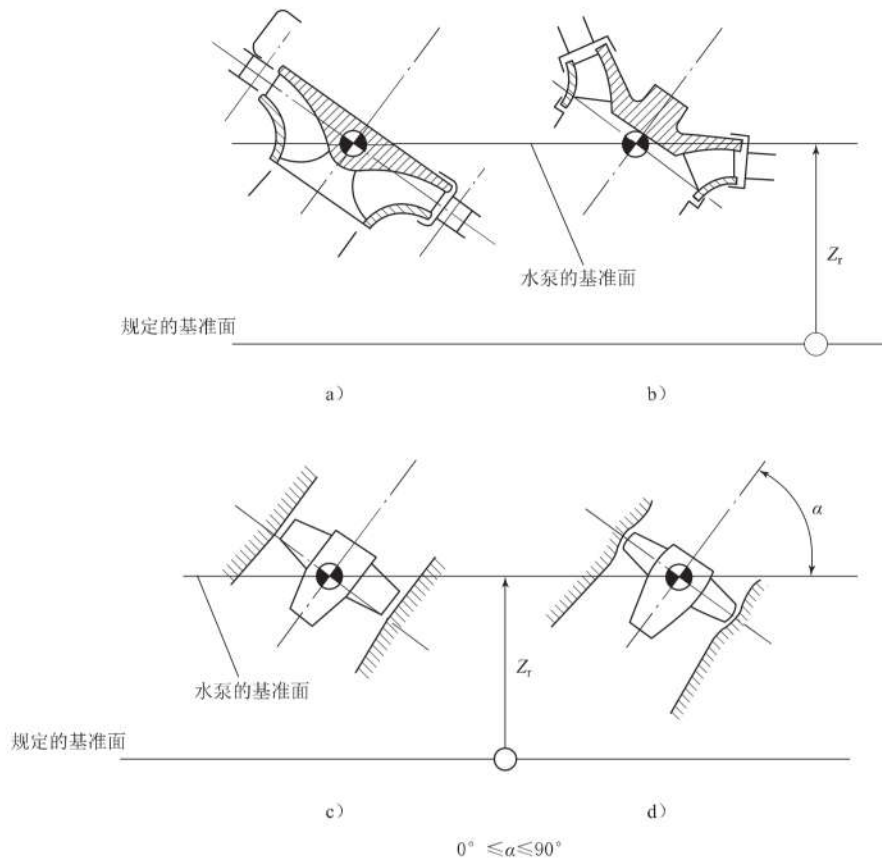


图 2 水泵的基准面

3.8 空化基准面 cavitation reference level

工程上确定空化余量所采用的基准面。以水泵的基准面为基准：

- a) 对于立轴离心泵为第一级叶轮叶片出口边中心平面高程；
- b) 对于立轴混流泵为叶轮叶片轴线与叶轮叶片外缘交点处的高程；
- c) 对于立轴叶片固定的轴流泵为叶轮叶片进水边外缘处的高程；
- d) 对于立轴叶片可调的轴流泵为叶轮叶片轴线处的高程；
- e) 对于贯流泵为叶轮叶片最高点以下 $0.25D$ 高程。

4 技术要求

4.1 一般要求

4.1.1 水泵的设计、制造应根据泵站的特点和基本参数优选水泵的型式和主要参数，在水泵保证运行范围内安全、可靠、稳定。

4.1.2 水泵的设计应综合考虑制造能力、运输条件、厂房布置及泵站所在地海拔高程、运行、检修、维护等要求。

4.1.3 水泵的设计应考虑泵站下列参数：

- a) 进水池最高运行水位 (m)；
- b) 进水池设计运行水位 (m)；

- c) 进水池最低运行水位 (m);
- d) 出水池最高运行水位 (m);
- e) 出水池设计运行水位 (m);
- f) 出水池最低运行水位 (m);
- g) 过机水质, 包括含沙量、粒径级配、矿物成分、pH 值、水温及化学腐蚀性物质含量等;
- h) 气象条件, 包括多年平均气温、极端最高气温、极端最低气温、多年平均相对湿度等;
- i) 地震加速度;
- j) 运行特点及要求, 包括供水流量要求、年运行小时数、年平均起停次数等;
- k) 泵站进水、出水系统参数;
- l) 泵站设计流量和台数;
- m) 水泵安装高程 (m);
- n) 泵站所在地经度、纬度及海拔高程。

4.1.4 水泵设计应给出其型式、布置方式、型号和下列基本参数:

- a) 设计扬程 (m);
- b) 最高扬程 (m);
- c) 最低扬程 (m);
- d) 加权平均扬程 (m);
- e) 额定转速 (r/min);
- f) 飞逸转速 (r/min);
- g) 设计比转速;
- h) 设计流量 (m^3/s);
- i) 泵轴功率 (kW);
- j) 加权平均效率 (%);
- k) 设计效率 (%);
- l) 最优效率 (%);
- m) 叶轮公称直径 D (mm);
- n) 叶轮出口直径 D_2 (mm);
- o) 叶轮叶片转角范围 ($^\circ$);
- p) 允许吸上高度 (m);
- q) 临界空化余量 (m);
- r) 初生空化余量 (m);
- s) 最大瞬态压力 (MPa);
- t) 最小瞬态压力 (MPa);
- u) 最高瞬态转速 (r/min);
- v) 水泵转动部件飞轮力矩 GD^2 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$);
- w) 水泵估算总质量 (kg)。

4.1.5 水泵设计还应给出下列技术文件:

- a) 水泵模型的性能曲线和水泵原型的性能曲线;
- b) 性能保证值;
- c) 水泵技术性能说明;
- d) 水泵布置图及进出水流道尺寸图;
- e) 与水泵配套的叶片调节装置技术说明;
- f) 水泵各主要部件的结构和材料说明;

- g) 水泵各大件的运输、起重限制尺寸和质量；
- h) 其他技术要求。

4.1.6 由模型到原型的效率修正应按照附录 A 中的公式进行。

4.2 性能

4.2.1 水泵的性能参数应满足合同规定和相应标准。模型泵水力性能验收试验应符合 SL 140 或 IEC 60193 的规定，应由供需双方在合同中协商确定。

4.2.2 制造商/供货商应确定水泵的允许工作范围，并绘出扬程、效率、轴功率、空化余量与流量关系等性能曲线。

对叶片可调的水泵应给出 5~7 个安放角的扬程、效率、轴功率与流量关系等性能曲线。

4.2.3 水泵在允许工作范围内运转时，振动应符合 GB/T 32584 的规定，噪声应符合 GB/T 29529 的规定。

4.2.4 在电网正常频率范围内，水泵驼峰区的最低扬程与泵站最高扬程的裕度不小于 2%，且其值不应小于 0.5m。

4.3 设计

4.3.1 电动机

4.3.1.1 确定电动机的额定功率时应考虑下列因素：

- a) 水泵的用途和工作方式；
- b) 水泵特性曲线上的工作范围；
- c) 水泵输送水质的固体物含量及密度；
- d) 传动装置的功率损失；
- e) 水泵现场的大气条件。

4.3.1.2 电动机的额定输出功率按照 GB 50265 规定执行。

4.3.2 临界转速、平衡和振动

4.3.2.1 水泵与电动机组装完毕后，泵组转动部分的第一阶临界转速应大于最高飞逸转速的 125%。

4.3.2.2 水泵的叶轮应做静平衡试验，试验结果不应低于 GB/T 9239.1 中的 G 6.3 级的要求。可调式叶轮的静平衡试验，应在额定工况所在的叶片安放角下进行。离心泵叶轮宜做动平衡试验，卧式双吸泵叶轮是否做动平衡试验应由供需双方在合同中协商确定。

4.3.2.3 在规定的工作转速范围，水泵和电动机各部件不应发生共振。

4.3.3 承压部件

4.3.3.1 受内压壳体设计时应做刚度和强度计算以保证足够的强度和刚度，应承受允许工作范围内的最大瞬态压力和规定的水压试验压力，不应发生有害变形。

4.3.3.2 水泵的连接法兰应承受允许的最大工作压力。

4.3.3.3 承受压力的零件的连接紧固件性能等级应适合于水泵允许的最大瞬态压力，水泵承压壳体壁厚应根据运行水质条件考虑腐蚀、磨蚀裕量，该值可在合同中规定。

4.4 主要部件的结构

4.4.1 结构设计的一般要求

4.4.1.1 水泵通流部件可参照 GB/T 10969 的规定执行。

4.4.1.2 水泵结构应便于拆装、维修，方便易损部件的检查和更换。对于运行在多泥沙水流中的水泵，当对水泵拆装和维修有特殊要求时，应按照供需双方签订的合同执行。

4.4.1.3 水泵的零部件宜采用标准件。采用摩擦传动的叶轮应能互换。

4.4.1.4 叶轮应可靠固定，以防止按正、反方向旋转时发生有害的径向和轴向移动。

4.4.1.5 水泵宜在通流部分的适当部位，设置压力和压力脉动的测点，其位置应与模型一致。

4.4.1.6 立式水泵轴向位移应满足在顶电动机转子时，转动部分上抬的高度要求。

4.4.1.7 水泵在各种运行工况时，其轴承的最高温度采用埋置检温计法测量，且不应超过下列数值：

- a) 稀油润滑的巴氏合金瓦：65℃；
- b) 弹性塑料瓦滑动轴承：55℃；
- c) 脂润滑滚动轴承：80℃。

采用巴氏合金瓦时，油的最高温度不应超过 50℃。

4.4.1.8 水泵允许在反向飞逸转速持续运行时间不应小于 2min 且不应小于电动机允许的飞逸时间，并应保证水泵转动部件不产生有害变形且不会引起碰撞和损坏。

4.4.1.9 立式水泵壳体出口段顶部和卧式水泵壳体顶部应设置可靠的排气装置。

4.4.1.10 水泵轴应有足够的刚度和强度，并具备下列特性：

- a) 传递电动机额定功率；
- b) 保证密封有可靠的性能；
- c) 使磨损和卡死的风险降到最低；
- d) 充分考虑启动方法和有关的惯性负荷；
- e) 充分考虑静态和动态径向力；
- f) 多段轴连接的同心度。

4.4.1.11 应根据需方对轴承润滑方式和使用寿命的要求，确定轴承及润滑冷却系统设计。制造商/供货商应提供轴承的报警温度和停机温度。

4.4.1.12 水泵装置进、出水流道的形状和尺寸，应结合泵站厂房布置要求确定，必要时应进行模型试验或技术论证。

4.4.1.13 埋入混凝土的水泵金属蜗壳，应单独承受设计压力（蜗壳内的最大瞬态压力）设计。埋入混凝土的立式蜗壳式水泵座环设计中应考虑由座环支撑的混凝土重量和其他垂直荷载。

4.4.1.14 水泵及其辅助设备需进行耐压试验的部件，除在现场组焊的部分外，均应在厂内进行耐压试验。当工作压力不大于 2.5MPa 时，以工作压力的 1.5 倍进行耐压试验；当工作压力超过 2.5MPa 时，超过的部分取 1.25 倍，试压时间应持续稳压 30min。受压部件不应产生有害变形和渗漏等异常现象。

4.4.1.15 金属蜗壳可根据合同规定进行耐压试验。制造商/供货商应提供耐压试验用的闷头、密封环等试验设备。

4.4.1.16 水泵设备监测项目配置可按照附录 B 确定，仪表应安装在专门的盘柜上。

4.4.1.17 水泵自动控制系统应能安全可靠地实现下列基本功能：

- a) 正常开机、正常运行、正常停机；
- b) 当运行中发生故障能及时发出信号、报警或事故停机；
- c) 配有变频调节系统时，计算机控制的各泵组应能实现成组调节；
- d) 可调节叶片水泵叶轮的叶片调节。

4.4.1.18 发生下列情况之一时（但不限于），水泵应能自动紧急停机：

- a) 导轴承瓦温度超过规定值时；
- b) 水润滑导轴承的润滑水中断时；
- c) 泵组突然发生异常振动；

- d) 在运行中控制电源消失时；
- e) 其他紧急事故停机信号。

4.4.2 工作应力和安全系数

4.4.2.1 水泵结构设计中应进行安全性能分析，对经受交变应力、振动或冲击力的零部件，设计时应留有安全裕量。在所有预期的工况下，都应具有足够的刚度和强度。

4.4.2.2 部件的工作应力可采用有限元法分析计算，重要部件应采用有限元法分析计算。

4.4.2.3 水泵部件的工作应力应按照正常工况、过渡工况和特殊工况分别考核。其中正常工况是指泵组正常工作状态下所发生的各种荷载工况；过渡工况是启动过程、停机过程、甩负荷过程；特殊工况是指耐压试验、飞逸等非正常工况。

4.4.2.4 所有部件的工作应力不应超过规定的许用应力。正常工况和过渡工况条件下采用经典公式计算的断面应力不应大于表 1 规定的许用应力，特殊工况条件下计算的断面应力不应大于材料屈服强度的 2/3。

4.4.2.5 对于承受剪切和扭转力矩的零部件，铸铁的最大剪应力不应超过 21 MPa，其他黑色金属最大剪应力不应超过许用拉应力的 60%。

表 1 部件正常工况和过渡工况许用应力

单位：MPa

材料名称	许用应力	
	拉应力	压应力
灰铸铁和球墨铸铁	抗拉强度的 1/10	70
碳素铸钢和合金铸钢	抗拉强度的 1/5 且屈服强度的 1/3	抗拉强度的 1/5 且屈服强度的 1/3
碳钢锻件	屈服强度的 1/3	屈服强度的 1/3
合金钢锻件	抗拉强度的 1/5 且屈服强度的 1/3	抗拉强度的 1/5 且屈服强度的 1/3
主要受力部件的碳素钢板	抗拉强度的 1/4	抗拉强度的 1/4
高强度钢板（抗拉强度 ≥ 440 MPa）	屈服强度的 1/3	屈服强度的 1/3
其他材料	抗拉强度的 1/5 且屈服强度的 1/3	抗拉强度的 1/5 且屈服强度的 1/3

4.4.2.6 当无预应力要求时，在正常工况和过渡工况下，由工作荷载引起的螺栓的应力不应大于螺栓材料屈服强度的 1/3。

4.4.2.7 除非另有规定，当要求有预应力时，预应力不应小于正常工况和过渡工况下连接对象的最大工作荷载折算到螺栓轴向荷载的 2.0 倍，螺栓的工作综合应力在正常工况和过渡工况下不应大于螺栓材料屈服强度的 2/3，在特殊工况下不应大于螺栓材料屈服强度的 4/5。螺栓预紧过程中最大综合应力不应超过材料屈服强度的 7/8。

4.4.2.8 由有限元方法得到的应力分析，应给出应力分布，宜指出局部应力的部件云图，并提取出部件的平均应力和局部应力，在正常工况和过渡工况下非应力集中处的平均应力不应大于表 1 规定的许用应力，局部应力（在考虑过渡圆角情况下有限元的计算结果）不应超过材料屈服强度的 2/3，特殊工况下局部最大应力不应超过材料的屈服强度。对承受交变应力的零部件，应进行疲劳强度核算。

4.4.2.9 水泵叶轮叶片在预期的最大荷载条件下正常运行时，叶轮各部位最大应力不应超过材料屈服强度的 1/5；在最高飞逸转速时，最大应力不应超过材料屈服强度的 2/5。

4.4.2.10 主轴最大复合应力 S_{\max} 的定义应按照公式 (1) 的要求，其值不应超过材料屈服强度的 1/4。

$$S_{\max} = (S^2 + 3T^2)^{1/2} \quad (1)$$

式中：

S——由于水力和静荷载引起的轴向应力和弯曲应力的总和；

T——水泵最大输入轴功率时的扭转切应力。

按照公式 (1) 计算出的最大复合应力 S_{\max} 并计入应力集中后出现的最大应力不应超过材料屈服强度的 $2/5$ 。在水泵最大输入功率时主轴扭转切应力不应超过材料屈服强度的 $1/6$ 。卧式水泵和斜式水泵主轴应进行疲劳强度核算。

4.4.3 制造要求

4.4.3.1 水泵主要结构部件的铸锻件应符合 CCH 70—4 及 JB/T 1270 或合同规定的相应标准。重要铸锻件验收应有需方代表参加。重大缺陷的处理应征得需方同意。

4.4.3.2 主要部件的主要受力焊缝应按照合同规定的相应标准进行无损探伤。

4.4.3.3 水泵主要结构部件的防锈和涂装应符合 JB/T 4297 或合同规定的相应标准。水泵设备涂装应提出下列要求：

- a) 表面处理的要求；
- b) 对漆及其他防护保护方法和其使用说明；
- c) 发运前和在现场时的使用要求；
- d) 涂层数；
- e) 每层膜厚和总厚；
- f) 检查和控制质量规定。

4.4.3.4 与水接触的紧固件均应采用防锈或耐腐蚀材料制造等措施。

4.4.3.5 采用巴氏合金的轴瓦，其与瓦基的结合情况应进行 100% 超声波检查，接触面不应小于 95%，且单个脱壳面积不应大于 1%；表面用渗透法探伤应无超标缺陷。

4.5 主要部件材料

4.5.1 水泵主要零部件材料应根据使用条件和使用要求，在合同中规定。

4.5.2 在含沙水或具有腐蚀性水流中，离心泵叶轮、混流泵、轴流泵和贯流泵叶轮叶片宜采用耐磨蚀不锈钢或防腐材料制造。其他易磨蚀过流部件宜采用抗磨蚀材料制造或采取必要的防护措施。

4.5.3 材料的化学成分、机械性能、热处理和焊接工艺过程应符合合同规定。

4.6 不同型式水泵的特定要求

4.6.1 离心泵

4.6.1.1 水泵主要过流部件的固有频率应与各种水力激振频率错频。

4.6.1.2 叶轮、固定导叶、多级泵级间导叶可采用铸焊结构。叶轮叶片、导叶可模压成型，铸造单叶片宜采用数控加工。

4.6.1.3 现场安装的底座以及泵的支座，应设计成能够承受水泵短管上的外力，而不会发生超过规定的轴不对中性，并能将其他机械力引起的不对中性减至最小。

4.6.2 混流泵和轴流泵

4.6.2.1 叶轮室应具有足够的刚度。叶轮室的易空蚀部位宜采用不锈钢里衬或整体不锈钢制作。

4.6.2.2 叶轮叶片、导叶可模压成型，当铸造成型时叶片宜采用数控加工。

4.6.2.3 叶轮叶片上不宜开吊孔。

4.6.2.4 叶轮叶片的外缘可设置裙边。叶轮叶片外缘与叶轮室之间的单边间隙应小于 0.1% 叶轮

直径。

4.6.2.5 液压全调节水泵的受油器及其装配部件，应有绝缘材料与电动机所有联接处隔开以防止产生轴电流。

4.6.3 贯流泵

4.6.3.1 叶轮叶片外缘与叶轮室之间的单边间隙不宜大于 0.1% 叶轮直径。叶轮与叶轮室之间的间隙设计应充分考虑主轴挠度的影响。

4.6.3.2 叶轮室应具有足够的刚度，设计时应考虑叶轮的轴向位移。叶轮室的易空蚀部位宜采用不锈钢里衬或整体不锈钢制作。

4.6.3.3 稀油润滑径向轴承宜设有高位油箱润滑或稀油润滑循环装置。

4.6.3.4 泵体与座环之间宜设有伸缩节。

5 性能保证

5.1 水力性能

5.1.1 水泵的流量、扬程、功率、效率、空化余量和飞逸转速等稳态水力性能保证，应按照模型试验结果或型式试验验证，或采用现场试验验证，具体由合同规定。模型试验按照 4.2.1 条规定，型式试验应符合 GB/T 3216 规定的 1 级，现场试验可参照 IEC 60041 进行，其中从模型泵到原型泵的效率修正按照附录 A 换算。

5.1.2 水泵应保证在设计扬程运行时的设计流量要求。还可根据工程需要，对特定扬程提出流量保证。

5.1.3 应对水泵的最优效率、设计效率、运行范围内的加权平均效率和其他特定工况点的效率进行保证。

5.1.4 应保证水泵在运行范围内最大轴功率不超过保证值。

5.1.5 在水泵运行扬程范围内可能出现的最高飞逸转速不应超过保证值。

5.2 空化、空蚀和磨蚀

5.2.1 应对水泵的空化余量做出保证。

5.2.2 水泵在一般水质条件下的空蚀损坏保证可参照 GB/T 15469.2 的规定。需方应保留保证期内各项运行记录。

5.2.3 当抽送含沙水时，应对水泵的磨蚀损坏做出保证。保证值根据过机流速、泥沙含量、泥沙特性及泵站运行条件等，可由供需双方商定。

5.3 水力稳定性

5.3.1 水泵在启动、停机过程中应安全、可靠、稳定。

5.3.2 在规定的运行扬程范围内，水泵应能长期、安全、稳定运行。

5.3.3 在规定的运行范围内，应对水泵压力脉动的混频峰—峰值做出保证。

5.3.4 模型试验中应对叶片进水边正、背面空化及其他可能影响稳定性的水力现象进行观察和评估。

5.4 振动

5.4.1 在各种运行工况，包括过渡工况下，水泵各部件不应产生共振和有害变形。

5.4.2 在保证的稳定运行范围内，立式水泵顶盖以及卧式水泵轴承座的垂直方向和水平方向的振动

值，不应大于表 2 的规定，测量方法按照 GB/T 17189 执行。

表 2 水泵轴和轴承座的振动值

泵组类型		主轴振动位移峰—峰值 $S_{r-p}/\mu\text{m}$			轴承座（支架）振动速度 均方根值 $V_{rms}/(\text{mm/s})$		
		水导轴承	电动机驱动 端轴承	电动机非驱 动端轴承	水导轴承	电动机驱 动端轴承	电动机非驱 动端轴承
立式水泵泵组 上部轴承支架 固定在机坑 基础上的立式泵组	限制值 1 (A/B 分区界限)	200	170	180	0.2	0.6	0.6
	限制值 2 (B/C 分区界限)	300	270	280	0.3	1.0	1.0
立式水泵泵组 上部轴承支架安装在 电动机定子机座上 的立式泵组	限制值 1 (A/B 分区界限)	200	170	180	0.2	0.6	1.6
	限制值 2 (B/C 分区界限)	300	270	280	0.3	1.0	2.5
卧式水泵泵组	限制值 1 (A/B 分区界限)	310	120	100	—	1.6	1.6
	限制值 2 (B/C 分区界限)	490	180	150	—	2.5	2.5

5.4.3 额定转速低于或等于 300 r/min 的泵组，可采用振动位移峰—峰值进行评定，评定限值不应大于表 3 的规定。

表 3 振动位移峰—峰值评定限值

项目		额定转速 $n/(\text{r/min})$		
		≤ 100	$> 100 \sim 250$	≥ 250
立式泵站泵组	推力轴承支架的水平振动/mm	0.10	0.08	0.07
	导轴承支架的水平振动/mm	0.14	0.12	0.10
卧式泵站泵组	各部轴承座（支架）的振动/mm	0.16	0.14	0.12

注：振动值系指泵组在除过速运行以外的各种稳定运行工况下的振动峰—峰值。

5.4.4 水泵电动机轴系的临界转速应由水泵和电动机供货方分别计算后确定。水泵电动机整个轴系的第一阶临界转速应大于最高飞逸转速的 125%。

5.5 噪声

应对水泵噪声做出保证。对水泵的噪声进行测量和评价按照 GB/T 29529 规定的方法，应达到附录 C 中规定的 A~C 级。

5.6 最高瞬态转速和最大、最小瞬态压力

泵组突然断电停机过渡工况下，水泵过流部件允许的内部压力升高值、压力降低值、水泵最高反转转速和超过额定转速的持续时间应满足设计规定。

5.7 水推力

应对水泵在各种运行工况下的最大水推力做出保证。

5.8 叶轮裂纹保证

在合同规定的保证期和稳定运行范围内，叶轮不应产生裂纹。

5.9 可靠性指标

在一般水质条件下，水泵应具有下列可靠性指标：

- a) 水泵大修间隔期不少于 5 年；
- b) 水泵使用寿命不少于 30 年。

在多泥沙水流中运行的水泵可靠性指标由合同规定。

6 供货范围和备品备件

6.1 供货范围

6.1.1 水泵供货范围应从与电动机轴连接的法兰面开始，连接螺栓和保护罩供货方在合同中规定。包括叶轮、主轴、中间轴、轴承、机座、座环或管形座、金属蜗壳、机坑里衬、进水管金属里衬、排水装置及其他配套设备等。

6.1.2 水泵进水、出水系统与泵站进水和出水系统接口位置及设备供货范围，由供需双方商定。

6.1.3 水力监测仪表和自动化元件供货范围包括水泵及其辅助设备在运行中需要监测的压力、压力脉动、温度、真空、流量、转速、振动、摆度监测仪表和有关盘柜；管路上为满足自动控制的油、气、水信号仪表、控制及保护元件，各仪表及设备连接电缆供至端子箱。

6.1.4 管路及其配件供货范围包括：成套设备中各单项设备之间所需的油管、气管、水管、主轴密封滤水器、连接件和支架等。立式水泵的非成套设备供货至设备配套管路和外部管路连接的第一对法兰处，并提供成对法兰和紧固件。贯流泵的非成套设备配套管路供货至距水泵进人孔外 1m 处，并提供成对法兰和紧固件。

6.1.5 如果需要，立式水泵的进水管内应成套提供进人孔及易于装拆的有足够承载能力的轻便检修平台。

6.1.6 安装和检修所需的专用工具、特殊工具和试验设备。

6.1.7 原型水泵验收试验所需的仪表和设备可由供需双方商定。

6.1.8 叶片调节装置及其油压装置、进出水阀及配套设备等供货范围另定。

6.2 备品备件

水泵备品备件的项目和数量参照附录 D 中表 D.1、表 D.2、表 D.3 选择，并应在供需双方签订的合同中规定。

7 资料与图纸

7.1 交付时间和数量

供方向需方提交图纸资料，交付时间和数量在合同中规定。并向需方提供合同中规定的最终图

纸资料的电子文件。

7.2 主要技术资料

7.2.1 图纸资料应包括下列内容：

- a) 水泵及其辅助设备布置图、基础图和埋件图，最大件尺寸、最重件重量；
- b) 水泵的总装图，壳体、进水管、出水管的单线图，各水泵部件的组装图和易损部件的加工图，水泵及其辅助设备的管路布置图等；
- c) 水泵的模型特性曲线和原型特性曲线图；
- d) 可调节叶片开口或转角与调节机构接力器行程关系图；
- e) 有关水泵及其辅助设备在现场组装、安装、焊接、调试工艺流程或加工的图纸和资料；
- f) 各种控制及监测盘柜和自动化设备安装布置图；水泵自动化操作和油、气、水系统图，水泵测量仪表配置清单等。

7.2.2 技术报告应为合同规定的有关重要计算分析报告，包括但不限于：

- a) CFD 分析报告；
- b) 水泵模型试验报告；
- c) 结构受力计算分析报告；
- d) 轴系临界转速计算报告；
- e) 部件模态分析报告；
- f) 泵站过渡过程计算分析报告；
- g) 过流部件材料、加工制造工艺和抗泥沙磨蚀防护措施分析报告。

7.2.3 其他技术资料应包括：产品技术条件和说明书，安装、运行、维护手册，自动控制设备调试记录，产品检查、试验及出厂检验记录，主要部件的材料合格证明书，交货设备清单和明细表等；

7.2.4 三维设计模型的格式宜包括原格式和通用格式两种。

8 工厂检验及试验

8.1 一般要求

8.1.1 水泵主要部件应提供出厂合格证明文件、材料化学成分、机械性能报告。应根据合同规定的检验项目进行检验，并向需方提供有关文件。

8.1.2 水泵预装按照合同规定执行。在供方工厂内没有条件进行预装的水泵部件，经供方和需方协商一致后，可移到现场按照 SL 317 并参照 GB/T 8564 有关规定进行，并由供方负责技术指导。

8.1.3 水泵、电动机不在同厂制造时，轴线检查应在合同中规定。

8.2 工厂检验和试验

8.2.1 应进行机械性能、化学成分检验。样本与零件材料应为同炉或同体材料，经过相同的热处理工艺。

8.2.2 应进行硬度、探伤检查。在零件粗加工后进行检测，符合要求后再进行后续加工，精加工后再抽样检测。

8.2.3 应进行水泵零部件的几何尺寸、型线、形状与位置公差、表面粗糙度、波浪度等检查。

8.2.4 对叶轮的主要尺寸、叶片型线、安放角度、头部型线、过流表面粗糙度和波浪度等检查，应进行叶片型面检测，叶片型面制造应与设计完全一致。

8.2.5 应进行叶轮组装和静、动平衡试验。采用专用静、动平衡工装进行校平衡，应保证配重后叶轮外形几何尺寸不发生变化。

- 8.2.6** 应对主轴轴颈处的加工和不锈钢堆焊质量进行检测。
- 8.2.7** 对各承压部件应进行耐压试验、密封试验。
- 8.2.8** 应对重要焊缝进行质量检查。
- 8.2.9** 应参照 GB/T 10969 对通流部件进行检查。
- 8.2.10** 所有在工厂内不进行真机试验的水泵，能在工厂进行组装的部件均应在工厂进行预组装，检验各部件的配合情况，做好规定标记，现场安装不需再修正。不能预组装的大件应套装。工厂内应对下列主要零部件进行套装、组装：
- a) 叶轮轮毂、叶片等叶轮部件应在厂内进行组装，检验配合情况；
 - b) 叶轮部件与叶轮室厂内进行套装，检验叶片与叶轮室之间的间隙；
 - c) 叶轮室与导叶体厂内进行套装，检验配合情况；
 - d) 导轴承部件与导叶体厂内进行套装，检验配合情况。
- 8.2.11** 叶片调节试验应满足下列要求：
- a) 液压调节系统耐压试验：试验压力为设计压力值的 1.5 倍，保持 30min，然后将压力降到设计压力，保持 30 min，不应出现任何渗漏损坏和有害变形。
 - b) 叶片动作操作试验：各部件应动作灵活，顺序正确。

8.3 检验和试验项目

- 8.3.1** 水泵主要部件在制造过程中检验和试验项目如附录 E 中表 E.1～表 E.4 所示。
- 8.3.2** 需方参加检查试验的项目按照合同规定执行。

8.4 工厂验收试验

- 8.4.1** 工厂验收试验应分为原型泵型式试验和模型泵模型试验，按照合同规定执行。
- 8.4.2** 原型泵型式试验内容应包括运转试验、能量试验和空化性能试验，试验按照 GB/T 3216 规定的 1 级进行。噪声和振动测试按照合同规定执行。
- 8.4.3** 模型试验应包括能量试验、空化性能试验、零流量特性试验、飞逸特性试验、水压脉动试验、轴向水推力及导轴承径向力试验等，模型试验按照 4.2.1 的规定执行。
- 8.4.4** 低扬程混流泵、轴流泵和贯流泵模型试验，应进行装置模型试验。

9 铭牌、包装、运输及保管

9.1 铭牌

- 9.1.1** 铭牌应采用适于环境条件的耐腐蚀材料制成并应牢固地固定在水泵的明显位置上。应包括下列内容：
- a) 水泵名称；
 - b) 制造厂所在国家名称；
 - c) 制造厂名称；
 - d) 采用标准编号或技术条件编号；
 - e) 水泵型号；
 - f) 水泵主要技术参数，包括：
 - 最高扬程；
 - 设计扬程；
 - 最低扬程；
 - 设计流量；

- 额定转速；
- 最大轴功率；
- 配套电动机功率；
- 必需空化余量或最小淹没深度要求；
- 反向飞逸转速；
- 水泵质量；

- g) 水泵出厂编号；
- h) 出厂日期。

9.1.2 水泵的旋转方向应在明显位置以红色箭头标示。

9.2 包装及运输

9.2.1 水泵及其供货范围内的零部件、备品备件，应检验合格后方可装箱运输。

9.2.2 水泵部件的包装尺寸和重量，应满足从工厂到泵站的运输条件。

9.2.3 水泵及其辅助设备的包装运输应符合 GB/T 191 和 GB/T 13384 的规定。

9.2.4 应按照设备的不同要求和运输方式采取防雨、防潮、防振、防霉、防冻、防盐雾等措施。应采取措​​施以防在运输过程中由于振动和碰撞造成设备或部件的损坏。

9.2.5 包装箱中应有下列文件，并封存在箱内的防腐、防水盒（袋）内。装箱单开列的名称、数量应与箱内实物和图纸编号一致。

- a) 产品出厂合格证；
- b) 装箱单；
- c) 相关技术文件及图纸；
- d) 安装使用手册。

9.2.6 供方每次发运的件数、箱数、编号、发运时间、车次等，应在发运的同时通知收货单位。设备运到现场后，开箱检查时，需方和供方的代表应共同参加，如发现有损坏、错发、缺件等问题，由需方代表通知供方查找原因并采取补救措施。

9.3 保管

9.3.1 水泵的各加工件应妥善保管，不应随意叠放。

9.3.2 水泵的各加工件运抵现场拆箱后，应采取遮盖等保护措施，不应日晒雨淋。

9.3.3 橡胶、塑料、尼龙制品应防止直接受日光照射，并不应置于炉子或其他取暖设备附近 1.5m 范围内，同时还应防止油类对橡胶的污损。橡胶制品、填料等应存放在干燥通风的仓库内。

9.3.4 电子电器产品、自动化元件（装置）或仪表应存放在温度为 5~40℃、相对湿度不大于 90%、无酸、碱、盐及腐蚀性、爆炸性气体和强电磁场作用、不受灰尘和雨雪侵蚀的库房内。

9.3.5 供方从发货之日起至现场验收止，在正常的储运和吊装条件下应保证不致因包装不善而引起产品的锈蚀、长霉、损坏和降低精度等。

10 安装、运行、维护及原型泵现场试验

10.1 安装和试运行

10.1.1 水泵的安装和试运行应按照 SL 317 并参照 GB/T 8564 和供需双方签订的合同规定执行。

10.1.2 泵站进水系统第一次充水前应清除引水系统、水泵过流部件及泵站出水系统中的杂物，严防异物对水泵造成损害。

10.1.3 在使用符合 GB 11120 规定的新油进行试运行之前，应用油对叶片调节系统各管道进行反复

循环清洗。

10.1.4 试运行验收合格后由需方签署初步验收证书，水泵可投入运行，同时计算质量保证期。水泵质量保证期满、各项技术保证满足供需双方签订的合同规定后，由需方签署最终验收证明。

10.2 运行与维护

10.2.1 水泵不应在保证的稳定运行范围以外运行。

10.2.2 水泵运行与维护应符合供方提供的产品运行、维护手册的规定。

10.3 原型泵现场试验

10.3.1 现场性能试验可包括下列试验项目，具体按照合同规定执行：

- a) 水泵流量试验；
- b) 水泵轴功率试验；
- c) 水泵效率试验；
- d) 飞逸试验；
- e) 空蚀和磨蚀保证验证；
- f) 运行稳定性试验。

10.3.2 原型水泵振动和脉动现场测试应按照 GB/T 17189 执行。

10.3.3 现场试验由需方选择一台或多台泵组在设备质量保证期内进行。

11 质量保证期

11.1 产品的质量保证期一般为自投入运行之日起一年，或从最后一批货物交货之日起两年，以先到期为准。如有特别要求，可在供需双方签订的合同中规定。

11.2 质量保证期内如因制造质量引起的设备损坏或不能正常工作，供方应无偿修理或更换。

附录 A
(规范性)
水泵效率修正公式

IEC 60193 推荐的水泵效率修正计算公式，采用两步法：

a) 将模型测量效率转换为 Re_{uM^*} 下的模型效率。在 Re_{uMi} 处测量到的模型效率 η_{hMi} 将转换成在 Re_{uMi} 范围内选定的、常数 Re_{uM^*} 下的效率 η_{hMi^*} ，如下所示：

$$\Delta\eta_{hMi \rightarrow M^*} = \delta_{ref} \left[\left(\frac{Re_{uref}}{Re_{uMi}} \right)^{0.16} - \left(\frac{Re_{uref}}{Re_{uM^*}} \right)^{0.16} \right] \quad (A.1)$$

$$\delta_{ref} = \frac{1 - \eta_{hopiM}}{\left(\frac{Re_{uref}}{Re_{uoptM}} \right)^{0.16} + \left(\frac{1 - V_{ref}}{V_{ref}} \right)} \quad (A.2)$$

b) 将模型效率换算到原型工况。参照固定的模型雷诺数 Re_{uM^*} 将模型效率 η_{hM^*} 用下面修正换算成原型水泵效率 η_{hp} ：

$$\Delta\eta_{hM^* \rightarrow P} = \delta_{ref} \left[\left(\frac{Re_{uref}}{Re_{uM^*}} \right)^{0.16} - \left(\frac{Re_{uref}}{Re_{uP}} \right)^{0.16} \right] \quad (A.3)$$

则原型泵效率：

$$\eta_{hp} = \eta_{hM} + \Delta\eta_{hM^* \rightarrow P} \quad (A.4)$$

式中：

$\Delta\eta_{hM^* \rightarrow P}$ ——保证效率范围内的效率修正值。

注 1：对每一叶片安放角， δ_{ref} 为一常数。

注 2：如果模型试验是在保证效率范围内等转速下进行的，而且水温也是常数，则可认为 Re_{uM} 为常数。

注 3：对相应的原型泵， Re_{uP} 为常数。

注 4：当 Re_{uM} 和 Re_{uP} 为常数时，对每一个叶片安放角， $\Delta\eta_{hM^* \rightarrow P}$ 为常数。

c) 流量、扬程和功率的转换公式如下：

1) 原型泵的流量 Q_P

$$Q_P = Q_M \frac{n_P}{n_M} \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^3 \quad (A.5)$$

2) 原型泵的扬程 H_P

$$H_P = H_M \frac{g_M}{g_P} \left(\frac{n_P}{n_M} \frac{D_P}{D_M} \right)^2 \quad (A.6)$$

3) 原型泵的轴功率 P_P

$$P_P = P_M \frac{\rho_P}{\rho_M} \left(\frac{n_P}{n_M} \right)^3 \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^5 \frac{\eta_{hM}}{\eta_{hP}} \quad (A.7)$$

4) 原型泵的空化余量 $NPSH_P$

$$NPSH_P = NPSH_M \left(\frac{n_P}{n_M} \right)^2 \left(\frac{D_P}{D_M} \right)^2 \quad (A.8)$$

符号说明：

下标 i ——试验点编号；

下标 M ——模型；

下标 P ——原型；

下标 $*$ ——标定条件的；

η_h ——水泵水力效率；

$\eta_{hM^* \rightarrow P}$ ——模型泵到原型泵的效率修正值；

- η_{hoptM} ——模型最优水力效率；
 Re_{uref} ——标准雷诺数，取 7×10^6 ；
 Re_{uMi} ——每一试验点的雷诺数；
 Re_{uM^*} ——模型雷诺数，基准为 7×10^6 ；
 Re_{up} ——相似工况的原型雷诺数；
 Re_{uoptM} ——模型最优水力效率点 η_{hoptM} 处的雷诺数；
 V_{ref} ——对应 Re_{uref} 的损失分布系数，对于水泵 $V_{\text{ref}}=0.6$ ；
 g ——重力加速度， m/s^2 ；
 n ——转速， r/min ；
 ρ ——密度， kg/m^3 ；
 ν ——运动黏滞系数， m^2/s ；
 δ_{ref} ——可换算损失率；
 D ——公称直径， m ；
 u ——圆周速度， m/s ；
 Q ——水泵流量， m^3/s 。
- 低扬程混流泵，轴流泵及贯流泵从装置模型到真机效率可不作修正。

附录 B
(资料性)
水泵设备的监测项目

水泵设备的监测项目见表 B.1。

表 B.1 水泵设备的监测项目

序号	监测项目		离心泵	混流泵、 轴流泵、贯流泵
1	水泵进水	进水管进口压力	√	√
		进水管真空压力	√	√
2	水泵出水	水泵出口压力	√	√
		前盖板压力真空	√	
		顶盖压力	√	
		叶轮出口和固定导叶前压力	√	√
3	水泵振动、摆度	水泵振动监测	√	√
		主轴摆度监测	√	√
4	水泵流量	★水泵差压流量	√	√
5	叶轮密封	★上密封环后压力	√	
		★口环密封腔压力	√	
6	主轴工作密封	主轴密封水压力	√	√
		主轴密封水示流信号	√	√
7	主轴检修密封	供气压力	√	√
8	轴承	轴承瓦温度	√	√
		轴承油槽油温	√	√
		油槽油位	√	√
		油槽油混水检测	√	√
9	轴承冷却水 或润滑水	冷却水或润滑水进出口压力	√	√
		冷却水或润滑水进出口水温	√	√
		冷却水或润滑水示流信号	√	√
		冷却水或润滑水流量	√	√

注 1：表中带★号项目由供需双方商定。未列项目也可由供需双方另行商定。
注 2：表中带√号项目是基本配置，未列项目可由供需双方另行商定。

附录 C
(规范性)
泵的噪声评价等级

泵的噪声评价等级如图 C.1 所示，满足 GB/T 29529—2013 的要求。

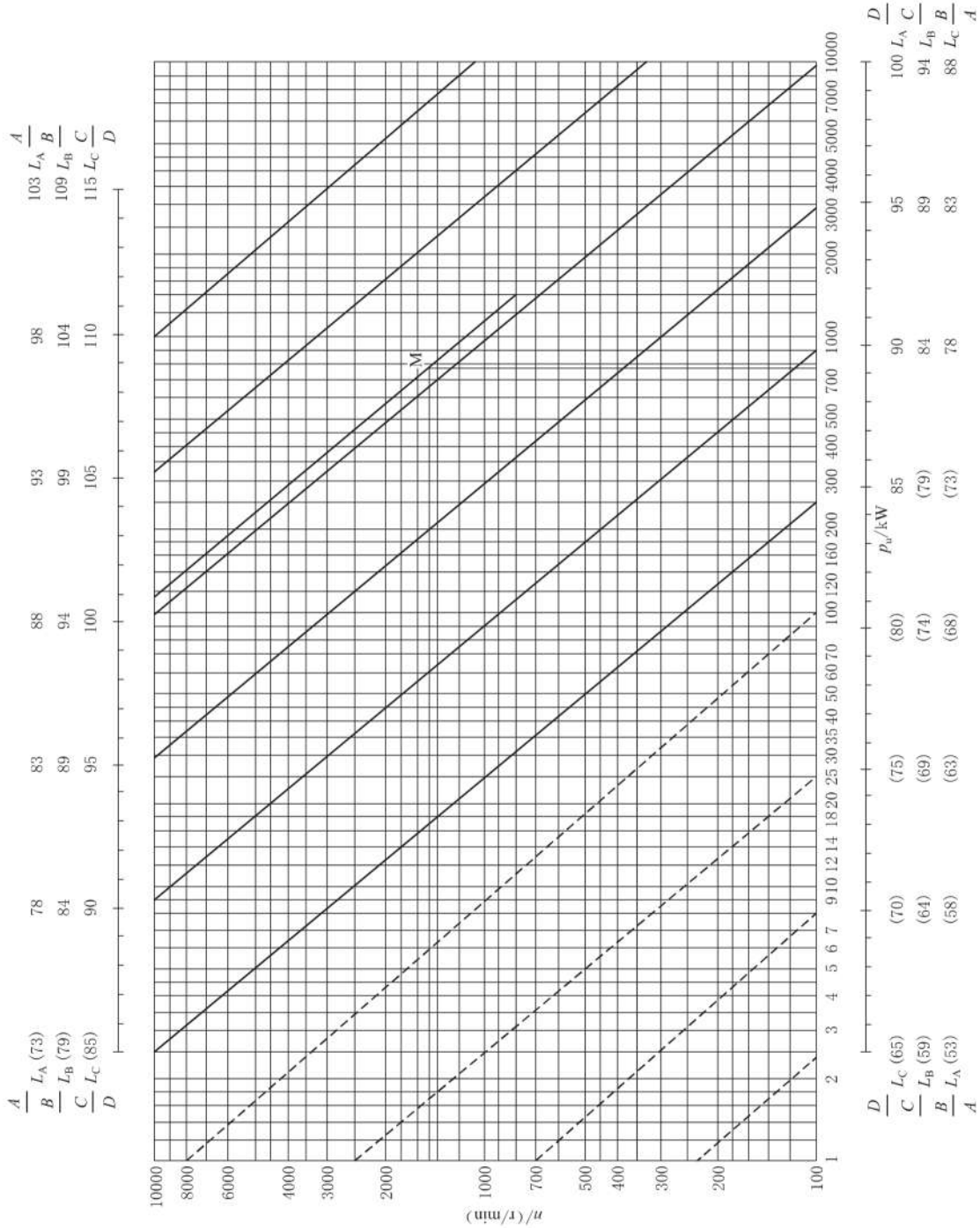


图 C.1 泵的噪声评价线图

附录 D
(资料性)
水泵备品备件表

水泵备品备件满足表 D.1、表 D.2、表 D.3 的要求。

表 D.1 立式离心泵备品备件

序号	备品备件名称	单位	工作水泵数量			备 注
			1~2 台机	3~4 台机	5 台机以上	
1	★叶轮	台套	1	1	1	
2	叶轮的连接螺栓	台套	1	1	2	
3	叶轮的上、下旋转止漏环	台套	1	2	3	
4	顶盖固定止漏环	台套	1	2	3	
5	底环固定止漏环	台套	1	2	3	
6	顶盖、底环抗磨板	台套	1	1	1	过流表面留加工裕量
7	主轴工作密封易损件	台套	每台水泵一套			
8	主轴检修密封易损件	台套	每台水泵一套			
9	导轴承瓦	台套	1	1	2	
10	密封圈及垫圈等	台套	每台水泵一套			
11	各类电磁阀门（不重复）	台套	1	1	2	
12	辅助系统每种类型阀门	台套	1	1	2	

表 D.2 卧式离心泵备品备件

序号	备品备件名称	单位	工作水泵数量		
			1~2 台机	3~4 台机	5 台机以上
1	★叶轮	台套	1	1	1
2	叶轮密封环	台套	1	2	3
3	固定止漏环	台套	1	2	3
4	主轴机械密封易损件	台套	每台水泵一套		
5	填料	台套	每台水泵一套		
6	径向导轴承	台套	1	1	2
7	轴套	台套	1	1	2
8	密封圈及垫圈等	台套	每台水泵一套		
9	各类电磁阀门（不重复）	台套	1	1	2
10	辅助系统每种类型阀门	台套	1	1	2

表 D.3 混流泵、轴流泵、贯流泵备品备件

序号	备品备件名称	单位	工作水泵数量		
			1~2 台机	3~4 台机	5 台机以上
1	叶轮叶片密封	台套	每台水泵一套		
2	叶轮叶片枢轴密封压板	台套	每台水泵一套		
3	受油器轴套	台套	2	2	3
4	受油器浮动瓦	台套	2	2	3
5	主轴工作密封易损件	台套	每台水泵一套		
6	主轴检修密封易损件	台套	每台水泵一套		
7	导轴承瓦/轴承径向轴瓦	台套	1	1	2
8	密封圈及垫圈等	台套	每台水泵一套		
9	各类电磁阀门（不重复）	台套	1	1	2
10	辅助系统每种类型阀门	台套	1	1	2

表中带★号项目特别针对含沙水流介质或强腐蚀性介质，可由供需双方商定。未列项目也可由供需双方另行商定。

附录 E
(资料性)

水泵设备工厂质量检查、装配和试验项目

水泵设备工厂质量检查、装配和试验项目见表 E.1~表 E.4。

表 E.1 立式离心泵工厂质量检查、装配和试验项目

序号	名称	材料试验				制造过程与最终检验				耐压及 取样试验	其他检验 项目及备注
		机械 性能	化学 成分	无损 检测	硬度 试验	无损 检测	外观 检查	尺寸 检查	动作 试验		
1	叶轮	√	√	√	√	√	√*	√*			叶型及表面粗糙度检查* 动平衡试验*
2	主轴 中间轴	√	√	√		√	√*	√*		钻孔取样 试验	法兰间平行度、同心度、 主轴法兰垂直度*
3	主要 联接螺栓	√	√	√	√		√*	√*			拉伸试验
4	蜗壳 (壳体)	√	√	√		√	√	√*		水压试验*	焊缝检查、流道质量检查、 无损检测*、组装检查*
5	座环 (含固定导叶)	√	√	√		√*	√*	√*		水压试验*	焊缝检查、流道质量检查、 无损检测*、组装检查*
6	顶盖	√	√			√*	√*	√*			焊缝质量检查、无损检测*
7	底环	√	√			√*	√*	√*			焊缝质量检查
8	导轴承	√				√	√	√			局部装配*
9	进、出水 变径管	√	√	√		√	√	√*		水压试验*	组装检查*
10	主轴密封	√						√			局部装配*
11	叶轮与 主轴装配						√*	√*			同心度*
12	水泵 整体组装						√*	√*	√*		蜗壳、底环、座环、 顶盖联合水压试验*
13	电磁阀、 示流信号器等								√		原产地、型号、规格确认 动作、性能试验检查

注 1：“√”为厂内试验项目，采用文件见证（R）。
注 2：“*”为需方工厂见证检查的项目（W）。

表 E.2 卧式离心泵工厂质量检查、装配和试验项目

序号	名称	材料试验				制造过程与最终检验				耐压及 取样试验	其他检验 项目及备注
		机械 性能	化学 成分	无损 检测	硬度 试验	无损 检测	外观 检查	尺寸 检查	动作 试验		
1	叶轮	√	√	√	√	√	√ *	√ *			动平衡试验 * 叶型及表面粗糙度检查 *
2	主轴	√	√	√		√	√ *	√ *		钻孔取样 试验	法兰间平行度、同心度、 主轴法兰垂直度 *
3	主要 联接螺栓	√	√	√	√		√ *	√ *			拉伸试验
4	蜗壳	√	√	√		√	√	√ *		水压试验 *	焊缝检查、流道质量检查、 无损检测 *、组装检查 *
5	径向轴承	√		√		√	√	√			局部装配 *
6	进、出水 变径管	√	√	√		√	√	√ *		水压试验 *	组装检查 *
7	主轴密封	√						√			局部装配 *
8	叶轮与 主轴装配						√ *	√ *			同心度 *
9	水泵 整体组装						√ *	√ *	√ *		
10	电磁阀、示流 信号器等								√		原产地、型号、规格确认 动作、性能试验检查

注 1：“√”为厂内试验项目，采用文件见证（R）。
注 2：“*”为需方工厂见证检查的项目（W）。

表 E.3 轴流泵、混流泵工厂质量检查、装配和试验项目

序号	名称	材料试验				制造过程与最终检验				耐压及 取样试验	其他检验 项目及备注
		机械 性能	化学 成分	无损 检测	硬度 试验	无损 检测	外观 检查	尺寸 检查	动作 试验		
1	叶片	√	√	√	√	√	√ *	√ *			叶型及表面粗糙度检查 *
2	轮毂	√	√	√	√	√	√ *	√ *			
3	叶片操作 机构	√	√	√			√ *	√ *			动作试验 * 真空及耐压试验 (液压全调节机构) *
4	受油器 本体	√	√				√	√			

表 E.3 轴流泵、混流泵工厂质量检查、装配和试验项目 (续)

序号	名称	材料试验				制造过程与最终检验				耐压及 取样试验	其他检验 项目及备注
		机械 性能	化学 成分	无损 检测	硬度 试验	无损 检测	外观 检查	尺寸 检查	动作 试验		
5	操作油管	√	√				√			耐压试验 *	
6	叶轮装配							√ *	√ *		静平衡试验 * 漏油试验 (液压调节) * 叶片转角检查 *
7	主轴	√	√	√		√	√ *	√ *		钻孔取样 试验	法兰间平行度、同心度、 主轴法兰垂直度 *
8	联接螺栓	√	√	√	√		√ *	√ *			拉伸试验
9	导轴承	√				√	√	√			局部装配 *
10	叶轮室	√	√	√		√	√	√ *		水压试验 *	组装检查 *
11	导叶体	√	√	√		√ *	√ *	√ *			型线及表面粗糙度检查 *
12	主轴密封	√						√			局部装配 *
13	叶轮与 主轴装配						√ *	√ *			同心度 *
14	叶片液压 调节装置 (如果有)						√ *		√ *	耐压试验 *	集油箱漏油检查 * 运行试验 *
15	水泵 整体组装						√ *	√ *	√ *		整体或局部预装检查 *
16	电磁阀、示流 信号器等								√		原产地、型号、规格确认 动作、性能试验检查

注 1: “√” 为厂内试验项目, 采用文件见证 (R)。
注 2: “*” 为需方工厂见证检查的项目 (W)。

表 E.4 贯流泵工厂质量检查、装配和试验项目

序号	名称	材料试验				制造过程与最终检验				耐压及 取样试验	其他检验 项目及备注
		机械 性能	化学 成分	无损 检测	硬度 试验	无损 检测	外观 检查	尺寸 检查	动作 试验		
1	叶片	√	√	√	√	√	√ *	√ *			叶型及表面粗糙度检查 *
2	轮毂	√	√	√	√	√	√ *	√ *			
3	叶片操作 机构	√	√	√			√ *	√ *			动作试验 * 真空及耐压试验 (液压全调节机构) *

表 E.4 贯流泵工厂质量检查、装配和试验项目 (续)

序号	名称	材料试验				制造过程与最终检验				耐压及 取样试验	其他检验 项目及备注
		机械 性能	化学 成分	无损 检测	硬度 试验	无损 检测	外观 检查	尺寸 检查	动作 试验		
4	受油器本体	√	√				√	√			
5	操作油管	√	√				√			耐压试验 *	
6	叶轮装配							√ *	√ *		静平衡试验 * 漏油试验 (液压调节) * 叶片转角检查 *
7	主轴	√	√	√		√	√ *	√ *		钻孔取样 试验	法兰间平行度、同心度、 主轴法兰垂直度 *
8	联接螺栓	√	√	√	√		√ *	√ *			拉伸试验
9	径向轴承	√		√		√	√	√			局部装配 *
10	叶轮室	√	√	√		√	√ *	√ *			
11	导叶体	√	√	√		√	√ *	√ *			
12	泵壳 (灯泡壳体)	√	√	√		√	√ *	√ *			焊缝检查、组装检查 *
13	管型座	√	√	√		√ *	√ *	√ *			
14	导流锥	√	√	√		√	√	√		水压试验 *	组装检查 *
15	主轴密封	√						√			局部装配 *
16	叶轮与 主轴装配						√ *	√ *			同心度 *
17	叶片液压 调节装置 (如果有)						√ *		√ *	耐压试验 *	集油箱漏油检查 * 运行试验 *
18	水泵 整体组装						√ *	√ *	√ *		整体或局部预装检查 *
19	电磁阀、示流 信号器等								√		原产地、型号、规格确认 动作、性能试验检查

注 1: “√” 为厂内试验项目, 采用文件见证 (R)。
注 2: “*” 为需方工厂见证检查的项目 (W)。