水利工程专用机械及水工金属结构

通用规范

（初稿）

水利部产品质量标准研究所

二〇一九年

目录

[1 总则 1](#_Toc22600392)

[2 一般规定 3](#_Toc22600393)

[2.1 焊接与切割 3](#_Toc22600394)

[2.2 无损检测 4](#_Toc22600395)

[2.3 高强度螺栓连接 5](#_Toc22600396)

[2.4 金属防腐涂装 5](#_Toc22600397)

[3 起重机械设计 7](#_Toc22600398)

[3.1 金属结构 7](#_Toc22600399)

[3.2 机构与零部件 8](#_Toc22600400)

[3.3 安全防护装置 10](#_Toc22600401)

[3.4 电气 12](#_Toc22600402)

[4 起重机械安装、拆卸与运行 13](#_Toc22600403)

[4.1 安装与拆卸 13](#_Toc22600404)

[4.2 运行 14](#_Toc22600405)

[5 起重机械管理 15](#_Toc22600406)

[5.1 日常管理 15](#_Toc22600407)

[5.2 状态评估与报废 16](#_Toc22600408)

[6 水工金属结构设计 16](#_Toc22600409)

[6.1 一般规定 16](#_Toc22600410)

[6.2 结构 17](#_Toc22600411)

[6.3 零部件 18](#_Toc22600412)

[6.4 埋件 18](#_Toc22600413)

[7 水工金属结构制造 18](#_Toc22600414)

[7.1 钢闸门及埋件制造 18](#_Toc22600415)

[7.2 钢管制作 19](#_Toc22600416)

[8 水工金属结构安装 20](#_Toc22600417)

[8.1 一般规定 20](#_Toc22600418)

[8.2 闸门和埋件安装 20](#_Toc22600419)

[8.3 压力钢管安装 22](#_Toc22600420)

[9 水工金属结构运行检查 23](#_Toc22600421)

[条 文 说 明 25](#_Toc22600422)

# 1 总则

1.0.1为了保障大中型水利工程建设用起重机械和水工金属结构安全生产的需要、防止施工以及生产过程中的人身伤害和财产损失，依据有关法律法规，制定本规范。

1.0.2大中型水利工程建设用起重机械和水工金属结构的设计、施工、安装、作业、管理必须遵守本规范。

1.0.3本部分适用于大中型水利工程建设用的门式、门座、塔式、桥式、缆索起重机，水利水电工程以电力驱动为主、用以启闭闸门、拦污栅的卷扬式启闭机以及水利水电工程的闸门和压力钢管。其他类型起重机械可参照使用。

1.0.4 下列标准中的条款引用成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

《工作场所有害因素职业接触限值》（GBZ 2）

《工业X射线探伤放射防护要求》（GBZ 117）

《工业γ射线探伤放射防护标准》（GBZ 132）

《压力容器》（GB 150）

《放射工作人员职业健康监护技术规范》（GBZ 235）

《钢结构用高强度大六角头螺栓》（GB/T 1228）

《钢结构用高强度大六角螺母》（GB/T 1229）

《钢结构用高强度垫圈》（GB/T 1230）

《钢结构用高强度螺栓》（GB/T 1231）

《固结磨具 安全要求》（GB 2494）

《紧固件机械性能》（GB/T 3098.1～GB/T3098.20 ）

《金属熔化焊焊接接头射线照相》（GB/T 3323）

《职业眼部防护焊接防护 第2部分：自动变光焊接滤光镜》（GB/T 3609.2）

《钢结构用扭剪型高强度螺栓连接副》（GB/T 3632）

《特低电压( E L V ) 限值》（GB/T 3805）

《碳钢焊条》（GB/T 5117）

《无损检测应用导则》（GB/T 5616）

《起重机试验规范和程序》（GB/T 5905）(GB/T 5905-1986，idt ISO 4310：1981)

《钢丝绳用楔形接头 》（GB/T 5973）

《钢丝绳用压板》（GB/T 5975）

《起重机械安全规程》（GB 6067）

《涂装作业安全规程涂漆工艺通风净化》（GB 6514 ）

《涂裝作业安全规程\_安全管理通则》（GB 7691）

《涂装作业安全规程 涂漆前处理工艺安全及其通风净化》（GB 7692）

《无损检测人员资格鉴定与认证》（GB/T 9445）

《焊接与切割安全》（GB 9448）

《焊缝无损检测超声波检测技术、检测等级和评定》（GB/T 11345）

《大气污染物综合排放标准》（GB 16297）

《焊接工艺规程及评定的一般原则》（GB/T 19866）

《钢镍及镍合金的焊接工艺评定试验》（GB/T 19869. 1）

《钢的弧焊接头缺陷质量分级指南》（GB/T 19418）

《起重机 司机室 第1部分：总则》（GB/T 20303.1） (GB/T 20303.1-2006，ISO 8566-1：1992，IDT)

《钢结构设计规范》（GB 50017）

《建筑照明设计规范》（GB 50034）

《建筑灭火器配置设计规范》（GB 50140）

《钢结构工程施工质量验收规范》（GB 50205）

《建设工程施工现场消防安全技术规范》（GB 50720）

《水利水电工程压力钢管制作安装及验收规范》（GB 50766）

《水电水利工程金属结构及设备焊接头衍射时差法超声检测》（DL/T 330）

《建筑施工高处作业安全技术标准》（JGJ 80）

《钢结构高强度螺栓连接的设计施工及验收规程》（JGJ 82）

《水利水电工程施工通用安全技术规程》（SL 398）

《水利水电起重机试验方法》（SL 594）

1.0.5 大中型水利工程建设用起重机械和水工金属结构施工、作业和运行过程必须满足足生产安全、职业卫生健康安全、消防安全和安全保卫的要求。

1.0.6 大中型水利工程建设用起重机械和水工金属结构的基本安全要求，除应遵守本规范外，尚应符合国家现行相规范的规定。

# 一般规定

## 2.1 焊接与切割

2.1.1 施工现场金属结构制作与安装的焊接与切割作业应符合国家规定的有关要求。

2.1.2 焊接与切割作业的人员及工作区域的防护措施、通风措施、消防措施、警示标志等应符合国家有关的规定。

2.1.3 起主要受力结构件焊缝质量，应当符合以下要求：

1 焊缝外部宏观检查，不得有可见的裂纹、未熔合、未焊透、夹渣等缺陷；

2 射线检测按照GB/T 3323要求，透照技术不低于A级，合格级别为Ⅱ级，超声检测按照GB/T 11345的要求，按照1级焊缝合格要求评定。

2.1.4 焊接工艺规程及评定的一般原则，应符合 GB/T 19866 的规定。

2.1.5 除不锈钢复合钢板外，焊接工艺评定试验所采用的试件、试验和检验、认可范围等应按 GB/T 19869. 1 的规定执行。

2.1.6 临时构件的焊接和拆除应符合下列规定：

1 临时焊缝的焊接工艺应与正式焊缝相同。

2 临时焊缝应错开正式焊缝50mm以上。

3 不得用锤击法拆除临时构件，应用火焰切割或碳弧气刨在离工件母材表面3mm左右处切除临时构件，不应损伤母材，并将临时焊缝区域修磨平整。当有疑问时，应采用磁粉或渗透检测方法对修磨区进行检测，不允许存在裂纹等缺陷。

2.1.7 同一种钢材焊接，若为碳素钢、低合金钢和高强钢，其焊缝的力学性能应与母材相当。

2.1.8 所有焊缝均应进行外观质量检验。

2.1.9 焊缝内部缺陷的检验应符合下列要求：

1 1级焊缝应进行100%的检验。采用超声波检验时其评定合格等级应达到GB/T 11345中1级焊缝的验收准则要求。采用射线检验时应达到GB/T 3323的规定，其评定合格等级不应低于Ⅱ级；

2 2级焊缝可根据具体情况进行抽检，采用超声波检验时其评定合格等级应达到GB/T 11345中2级焊缝的验收准则要求。采用射线检验时应达到GB/T 3323的规定，其评定合格等级不应低于Ⅲ级；

3 3级焊缝可根据具体情况进行抽检，采用超声波检验时其评定合格等级应达到GB/T 11345中3级焊缝的验收准则要求。射线探伤不作规定。

2.1.10闸门及埋件结构，不应采用间断焊缝。

2.1.11对承受动荷载或在低温(低于0℃) 下工作的闸门，其主梁翼缘与腹板间，主梁腹板与边梁腹板间，支臂与两端支承板及承受弯矩段腹板与翼缘间的T 形焊缝，应予焊透。腹板边缘尚应根据板厚和施焊条件进行加工。对于低温工作的一类、二类焊缝，焊接接头尚应进行冲击试验。

2.1.12承受主要荷载的结构不应采用塞焊连接。

2.1.13 在下述环境条件下，焊接部位应有可靠的防护屏障和保温措施，否则禁止施焊。

1 气体保护电弧焊风速大于 2m/s ，其他焊接方法风速大于 8m/s；

2 相对湿度大于 90% ；

3 雨雪环境；

4 环境温度: 碳素钢 -20°C 以下，低合金钢 -10°C 以下，高强钢及不锈钢 0°C 以下。

## 2.2 无损检测

2.2.1 从事质量检测的无损检测人员，应按 GB/T 9445 的要求进行培训和资格鉴定，取得1 级( 初级) 、 2 级( 中级) 和 3 级( 高级) 通用资格证书，并同时取得全国水利水电行业无损检测人员资格鉴定与认证委员会颁发的 1 级、 2 级和 3 级水利水电行业的工业部门资格证书。各级无损检测人员应经其法人单位检测工作授权后方能从事检测工作，并应按 GB/T 5616 的原则和程序开展与其资格证书准许项目相同的检测工作。

2.2.2 同一焊缝部位或同一焊接缺欠，使用了两种及两种以上的无损检测方法检测，应分别按各自的检测标准进行评定，全部合格后方为合格。

2.2.3 从事放射工作的单位应按照GBZ 235的规定对射线检测人员进行职业健康监护。

2.2.4 射线检测作业、操作场所的安全防护措施应符合GBZ 117、GBZ 132的规定。

2.25 施工现场进行X射线、γ射线检测时，应分别按 GBZ 117、GBZ 132的规定划定控制区和管理区，设置警告标志。控制区和监督区应设专人警戒。

2.2.6 固定X射线探伤室布置应充分考虑周围的放射安全，探伤室应与操作室分开并避开有用射线束照射的方向。γ射线探伤室的屏蔽墙设计应符合GBZ 132的规定。

2.2.7 衍射时差法超声检测、相控阵超声检测、脉冲反射法超声检测、磁粉、渗透检测应符合下列规定：

1 检测仪器在搬运过程中应防震，使用场所应防磁。

2 配制着色剂筛取磁粉时，应戴防护口罩，并应在通风良好的上风处进行。

3 渗透检测时，压力喷罐不得向人体喷射，施工现场不得有明火。在密闭空间内检测时，应做好通风、排毒措施及监护工作。

4 检测工作完毕后，应将耦合剂、着色剂、磁粉清理干净。

## 2.3 高强度螺栓连接

2.3.1 高强度螺栓连接的设计施工及验收应符合JGJ 82的规定。

2.3.2 高强度螺栓连接副应符合GB/T 1228~ GB/T 1231、GB/T 3632 规定的要求。

2.3.3 采用高强度螺栓连接时，其连接表面应清除灰尘、油漆、油迹和锈蚀，无焊接飞溅、毛刺，保持干燥、整洁。

2.3.4使用高强度螺栓连接的构件表面，应保证抗滑移系数值达到有关标准的要求。

2.3.5 高强度螺栓安装时，应符合下列要求：

1 不得使用螺纹损伤或沾染脏污的高强度螺栓连接副，不得用高强度螺栓兼作临时螺栓；

2 构件表面应干燥，不应雨天作业。

2.3.6 对于高强度螺栓连接，应按规定的扭矩要求和制造商规定的时间间隔进行检查。

## 2.4 金属防腐涂装

2.4.1 涂装作业和涂装作业场所应满足应符合国家规定的有关要求。在施工现场进行金属防腐涂装应符合本标准的规定，在工厂环境中进行金属防腐涂装应符合相关规定。

2.4.2 油漆涂装作业时周围不得有火种。

2.4.3 各类油漆、稀释剂以及其他易燃有毒有害材料，应在专门储藏库房内存放，不得与其他材料混放，存储库房的设计、施工应符合有关防火标准的规定。

2.4.4 涂装作业场所应符合GB 7691的有关规定。喷漆室应保证作业人员有充分的操作空间。

2.4.5 喷涂作业场所的通风应满足下列要求：

1 除少量零星涂装外，涂装作业应设置相应的密闭涂装作业场所，不得敞开涂装。涂装作业场所应设置充分的通风和去除漆雾装置，满足规定的安全通风和有效通风的要求。

2 喷漆作业人员工作时，工作场所空气中有毒物质容许浓度应符合GBZ 2.1的规定。喷漆室排入大气中的有机溶剂蒸气，应符合GB 16297的有关规定。

3 应对施工现场可燃性气体浓度进行检测，有限空间空气中可燃性气体浓度应低于可燃烧极限或爆炸极限下限的10％。

2.4.6 仓储间和操作区的所有电气设备、照明设施应符合防爆要求。电压应符合GB/T 3805的规定，照度应符合GB 50034的规定。

2.4.7 喷漆室内每年应至少进行一次通风系统消能技术测定和电气安全技术测定，并将测定结果记入档案。

2.4.8 喷砂（丸）除锈作业应满足下列要求：

1 喷砂（丸）室应设置固定或移动式吸口的砂（丸）粒回收装置。

2 喷砂（丸）室的内壁应设置耐磨材料制作的护板，喷射软管应耐磨、防静电。砂（丸）粒回收装置和集砂（丸）地坑上应设置防滑盖板，地坑高度应保证人员出入安全。

3 喷砂（丸）枪喷嘴接头应牢固，喷嘴不得对人，沿喷射方向30m范围内不得有人停留和作业，喷嘴堵塞应停机消除压力后，进行修理或更换。

4 喷砂（丸）除锈作业应在密闭的喷砂（丸）室内进行。喷砂（丸）室配置的通风除尘净化系统应与喷砂（丸）作业设备联锁，通风系统应先启动运行，然后再开始喷砂（丸）作业；当喷砂（丸）作业终止后，通风系统应继续运行2min～3min。

5 废砂（丸）应集中存放，统一处理。

2.4.9 涂料喷涂作业应满足下列要求:

1 油漆喷涂施工现场不得焊接、切割、吸烟或点火，不得使用金属棒搅拌油漆。

2 施工现场应通风良好，电动机的启动装置和配电设备应选用防爆设备。

3 在半封闭的空间内喷涂，应戴供气式头罩或过滤式防毒面具，并应有专人监护，作业人员如有头晕、头痛、恶心、呕吐等不适感觉，应立即停止工作。

4 沾染涂料的棉纱、破布、油纸等废弃物，应收集存入在有盖的金属容器内并及时处理。废弃的液体涂料和辅料不得倒入下水道。

5 喷涂场所应配置泡沫二氧化碳或干粉灭火器。

2.4.10 金属热喷涂作业应满足下列要求：

1 喷涂人员的帽盔供气管应明显标识并与喷枪的氧气、乙炔管路分开。

2 喷涂所用各种设备应符合设计要求，安全设施应齐全可靠，并定期进行保养维护及耐压试验，保证设备安全可靠。

3 金属热喷涂作业，应经常检查氧气管、乙炔管接头，严防漏气。应做好防火、防爆措施。

4 使用喷灯时，加油不得过满，打气不应过足，气孔和喷头均应通畅，点火时火嘴不得对人，暂停工作时应将火熄灭，待喷灯冷却后方可加油。使用喷灯工作，周围不得有易燃、易爆物品。不得戴沾有易燃油脂的手套从事作业。

# 3 起重机械设计

## 3.1 金属结构

3.1.1起重机械金属结构设计时，应合理选用材料、结构型式和构造措施，满足结构构件在运输、安装和使用过程中的强度(含疲劳强度)、稳定性、刚性和有关安全性方面的要求，并符合防火、防腐蚀要求。露天工作的起重机械，其结构必须避免积水。

3.1.2 起重机械的金属结构应满足下列要求：

1 轨道的铺设应符合下列要求：

1）小车轨道采用压板固定时，压板固定处应正对横向加劲肋。

2）轨道在接头处的轨面高低差和横向错位不应大于1mm。小车轨道的接头间隙不应大于2mm，大车轨道的接头间隙为1mm～3mm。

3）两条轨道的接头应错开布置。大车轨道接头应与水工结构伸缩缝错开适当距离。

2 走台、梯子、栏杆应符合下列要求：

1）高差超过0.5m的通行路径应设置梯子，并应满足通行和安全要求。

2）直立爬梯自2m的高度起，应设直径不小于0.6m的护圈，护圈之间由3或5根竖条连接，且其中1根竖条应正对直梯中心。相邻护圈间的距离，当设置3根竖条时，不应大于0.9m，当设置5根竖条时，不应大于1.5m。直梯上部两边撑杆的高度不应小于0.8m。护圈在任何0.1m范围内应能承受1000N的分布垂直力而不发生永久变形。

3）斜梯高度超过10m时，应分段转接，各转接处应设置休息平台。斜梯的倾斜角不应超过75°，两侧栏杆间距不应小于0.6m。

4）斜梯、通道和平台的净空高度不应低于1.8m，运动部分附近的通道和平台的净宽度不应小于0.5m。

5）工作人员可能停留的每个表面都应保证不发生永久变形，并能承受以下荷载：

——2000N的力通过直径为125mm的圆盘施加在平台表面的任何位置；

——4500N/m2的均布荷载。

6）栏杆布设应符合下列规定：

——走台、作业平台、检修平台和斜梯应设置牢固的栏杆；

——栏杆的垂直高度应不小于1m，距铺板约0.45m高度处应有中间扶杆，底部应有不低于0.1m的挡板；

——在手扶栏杆的最危险部位，应能承受水平方向的集中荷载而不发生永久变形，且最大位移不超过30mm。

3 司机室应符合下列要求：

1）司机室净空尺寸、操纵器、显示仪表、座椅等的设计应符合GB/T 20303.1的有关规定。

2）司机室的门应能防止在起重机械工作时自动打开。当门为拉门和外开门时，应通向同一高度的水平平台，司机室外无平台时门应向里开。

3）室内地板应铺设绝缘、防滑、无毒和导热系数小的阻燃材料。

4）司机室与处于上部位置的吊具之间的距离不应小于0.4m。

5）司机室工作面上的照度不应低于30lx。

6）回转吊的司机室应保证司机在回转吊停止在任意位置时都能安全逃生。

7）司机室应有良好的视野。

8）当司机室的适宜工作温度和工作环境温度相差较大时，司机室内应设置相应的温度调节装置。

9）司机室内应配备具有独立电源的通信设施。

10）对白蚁、毒虫、沙暴多发地区或有其他特殊要求的地区，司机室应有相应的防护措施。

3.1.3起主要受力结构件焊缝质量，应当符合以下要求：

1 焊缝外部宏观检查，不得有可见的裂纹、未熔合、未焊透、夹渣等缺陷；

2 主要受力结构件的对接焊接接头焊缝，符合设计规定，其中主梁、吊具横梁的受拉区的对接焊缝以及主梁、吊具横梁采用十字焊缝的受压区对接头应当进行100％射线或者超声检测；

3 射线检测按照GB/T 3323要求，透照技术不低于A级，合格级别为Ⅱ级，超声检测按照GB/T 11345的要求，按照1级焊缝合格要求评定。

## 3.2 机构与零部件

3.2.1可拆卸的零件如盖、箱体及外壳等应与支座牢固连接，防止掉落。应采取有效措施防止起重机零件掉落造成的危害。

3.2.2 起升机构应满足下列要求：

1 起升机构应采取必要的措施避免起升过程中钢丝绳缠绕；

2 当吊钩处于工作位置最低点时，卷筒上缠绕的钢丝绳，除固定绳尾的圈数外，不应少于2圈。

3.2.3 运行机构应满足下列要求：
　　1 按照规定的使用方式应能够使整机和小车平稳地启动和停止；

　2 露天工作的轨道运行式起重机应设有可靠的防风装置。

3.2.4 回转机构在工作状态下，按照规定的使用方式应能够平稳地启动和停止。

3.2.5 采用钢丝绳变幅的机构，变幅机构的卷筒必须有足够的容绳量，保证完成起重臂从最大幅度到最小幅度位置的作业。

3.2.6 滑轮应满足下列要求：

1 滑轮应有防止钢丝绳脱出绳槽的装置或结构。在滑轮罩的侧板和圆弧顶板等处与滑轮本体的间隙不应超过钢丝绳公称直径的0.5倍。

2 人手可触及的滑轮组，应设置滑轮罩壳。对可能摔落到地面的滑轮组，其滑轮罩壳应有足够的强度和刚性。

3 滑轮不得出现下列缺陷：

1) 影响性能的表面缺陷(如：裂纹等)；

2) 轮槽不均匀磨损达3 mm；

3) 轮槽壁厚磨损达原壁厚的20%；

4) 因磨损使轮槽底部直径减少量达钢丝绳直径的50%。

3.2.7 卷筒应满足下列规定：

1 卷筒上钢丝绳尾端固定装置，应有防松或自紧的性能。卷筒上钢丝绳尾端固定情况，每月应至少检查一次；

2 钢丝绳在放出最大工作长度后，除固定尾绳的圈数外，卷筒上的钢丝绳应至少保留2整圈安全圈，塔式起重机、门座起重机及缆索起重机应至少保留3整圈安全圈。

3 多层缠绕的卷筒，应有防止钢丝绳从卷筒端部滑落的凸缘。当钢丝绳全部缠绕在卷筒后，凸缘应超出最外面一层钢丝绳，超出的高度不应小于最外层钢丝绳直径的2倍。

4 当卷筒采用同向双层缠绕时，启闭机的定滑轮应错开布置或将滑轮组铰接在机架上，同时应防止钢丝绳与定滑轮组支承梁干扰。

5 卷筒不得出现下列缺陷：

1）影响性能的裂纹等表面缺陷；

2）壁厚磨损达原壁厚的20%。

3.2.8 钢丝绳应满足下列规定：

1 钢丝绳不应接长使用。钢丝绳产生永久变形或打结变形后，不应使用。

2 钢丝绳端部的固定和连接应符合下列要求：

1）用绳夹连接时，符合GB 6067.1的规定，连接强度不小于钢丝绳最小破断拉力的85%；

2）用编结连接时，编结长度不小于钢丝绳直径的15倍，且不小于300mm，连接强度不小于钢丝绳最小破断拉力的75%；

3）用楔形接头连接时，符合GB/T 5973的规定，连接强度不小于钢丝绳最小破断拉力的75%；

4）用锥形套浇铸法连接时，连接强度不小于钢丝绳的最小破断拉力；

5）用铝合金压制接头连接时，连接强度不小于钢丝绳最小破断拉力的90%；

6）用压板连接时，压板符合GB/T 5975的规定，其数量符合GB 6067.1的规定，连接强度不小于钢丝绳的最小破断拉力。

3 所有钢丝绳均应有充分的润滑。

3.2.9 制动器与制动轮应满足下列要求：

1 起重机械的起升、变幅、运行、回转机构应安装制动器。起升机构、变幅机构的制动器应采用常闭式。

2 回转机构的制动器在机构最不利工作状态时，制动力矩应能使回转部分停止。

3 控制制动器的踏板、操纵手柄等操纵部位应有防滑性能。

4 制动器零件不得出现下列缺陷：

1）影响性能的表面裂纹等缺陷；

2）制动带或制动瓦块摩擦垫片厚度磨损达原厚度的50%；

3）弹簧出现塑性变形；

4）铰接小轴或轴孔直径磨损达原直径的5%。

5 制动轮不得出现下列缺陷：

1）影响性能的表面裂纹等缺陷；

2）起升、变幅机构的制动轮，制动面厚度磨损达原厚度的40%；

3）其他机构的制动轮，制动面厚度磨损达原厚度的50%；

4）轮面凹凸不平达1.5mm，且不能修复时。

3.2.10 减速器或开式齿轮出现轮齿断裂、齿面点蚀、齿面胶合、齿面塑性变形、齿面不均匀磨损等轮齿损坏情况，应立即停止运行并采取措施解决。

3.2.11 在运行中处于经常磨损的零部件，应保证使用期内摩擦面的磨损量在允许范围内。

## 3.3 安全防护装置

3.3.1 起重机械应装设安全装置。应根据不同型式采用相应的安全装置，如制动器、起重量限制器、力矩限制器、行程或扬程限制器、缓冲器、防风夹轨器、锚定装置、液压保护装置以及电气保护装置等。

3.3.2 起重量限制器应动态显示荷载变化，数值显示综合误差应为实际值的±5%。当荷载达到额定荷载的100%~110％时，应发出超载报警信号并自动切断电源。

3.3.3 额定起重量随工作幅度变化的起重机械应装设起重力矩限制器。起重力矩显示装置的数值显示综合误差应为实际值的±5%。当实际起重量大于实际幅度所对应的额定值但小于110%的额定值时，起重力矩限制器起作用，此时应自动切断不安全方向(上升、幅度增大、臂架外伸或这些动作的组合)的动力源，但应允许机构作安全方向的运动。

3.3.4 对于有可能自锁的传动机构应装设极限力矩限制器。当回转运动受阻时，力矩限制器发生的滑动应能避免超载发生。

3.3.5 极限位置限制器应满足下列要求：

1 应设置两套不同工作原理的上升极限位置限制器，当吊具起升到上极限位置时，自动切断起升的动力源。对液压起升机构，应同时给出禁止性报警信号。

2 应设置下降极限位置限制器，当吊具下降到下极限位置时，自动切断下降的动力源。

3 应设置大、小车运行极限位置限制器，当运行机构运行到极限位置时，自动切断前进的动力源并停止运行。

3.3.6 幅度限位器及幅度指示器应符合下列要求：

1 具有变幅机构的起重机，应装设幅度指示器（或臂架仰角指示器）。

2 对动臂变幅的起重机，应装设最大、最小幅度限位开关，以及当最小幅度限位开关失灵时阻止臂架后倾的装置；对小车变幅的起重机，应装设小车行程限位开关、撞头及缓冲器。

3.3.7 室外作业的起重机械应装设避雷针和风速仪。避雷针应设置在起重机械最高处，尖端应进行镀锌处理；风速仪应设置在起重机械上部不挡风处，当风速大于工作极限风速时，应能发出停止作业的警报，并自动切断行走机构电源。

3.3.8 抗风防滑装置应满足下列要求：

1 室外工作的轨道式起重机应装设可靠的抗风防滑装置，并应满足规定的工作状态和非工作状态抗风防滑要求。

2 起重机只装设抗风制动装置而无锚定装置的，抗风制动装置应能承受起重机非工作状态下的风载荷；当工作状态下的抗风制动装置不能满足非工作状态下的抗风防滑要求时，还应装设牵缆式、插销式或其他形式的锚定装置。起重机有锚定装置时，锚定装置应能独立承受起重机非工作状态下的风载荷。锚定装置应确保在下列情况下起重机及其相关部件的安全可靠：

1）起重机处于非工作状态并且锚定时；

2）起重机处于工作状态，进行正常作业并实施锚定时；

3）起重机处于工作状态且在正常作业，突然遭遇超过工作状态极限风速的风载而实施锚定时。

3.3.9 起重吊钩装在主梁一侧的单主梁起重机、有抗震要求的起重机及其他有类似防止起重小车发生倾翻要求的起重机，应装设防倾翻安全钩。

3.3.10 相邻两台起重机或起重小车运行在同一轨道上时，应装设防撞装置。在发生碰撞的任何情况下，起重机司机室内的加速度绝对值不应大于5m/s2。

3.3.11 在轨道上运行的起重机运行机构、起重小车运行机构及起重机的变幅机构等均应装设缓冲器或缓冲装置。

3.3.12 起重机上外露的、有伤人可能的运转零部件，应装设防护罩。露天工作起重机上的电气设备应采取防雨措施。

## 3.4 电气

3.4.1 起重机械应装设切断起重机械总电源的电源开关。总电源回路应设置总断路器，总断路器的控制应具有电磁脱扣功能。总断路器的断弧能力应能断开在起重机上发生的短路电流。

3.4.2 控制系统应满足下列要求：

 1 起重机控制系统应保证控制性能符合机械与电气系统的要求。

2 在两处或两处以上分别操作的控制系统，应设有可靠的电气联锁装置。

3 控制操纵系统设计和布置应避免发生误操作，并安装在有宽裕操作空间的位置。

4 遥控电路及自动控制电路所控制的任何机构，一旦控制失灵应自动停止工作。

3.4.3 供电系统及电路应满足下列要求：

1 在正常工作条件下，供电系统在馈电接入处的电压波动不应大于10%。

 2 刚性滑触线或型钢的布置应与周围设备有足够的安全距离，或采取安全防护措施。电气设备可能触及的带电裸露部分应设置防止触电的保护装置。

3 有泄洪要求的闸门启闭机应由双重电源供电，对重要的泄洪闸门启闭机还应设置能自动快速启动的柴油发电机组或其他应急电源。

4 起重机应装有失压保护，当供电电源中断时自动断开总动力电路，各机构（回转机构除外）自动处于制动状态并不应造成设备损坏。起重机应装缺相与相序保护，当缺相或相序错误时应能自动断开动力电路。

5 起重机各传动机构应设有零位保护。运行中若因故障或失电停止运行后，重新恢复供电时，机构不应自行动作，应人为将控制器置回零位后，机构才能重新起动。

6 每套机构应单独设置过流保护。

3.4.4 照明应满足下列要求：

1 起重机械应有良好的照明。照明的供电不受停机影响。

2 固定式照明装置的电源电压不应超过220V，严禁用金属结构作为照明线路的回路。可携式照明装置的电源电压不应超过48V，交流供电的严禁使用自藕变压器。

3 司机室内照明照度不应低于30 1x。电气室及机务专用电梯的照明照度不应低于5 1x。

4 安全装置的指示信号或声响报警信号应设置在司机和有关人员视力、听力可及的地方。

3.4.5 防雷接地应满足下列要求：

1 安装在户外且相对周围地面处在较高位置的起重机械应采取防雷措施。

2 起重机械本体的金属结构和起重机械所有电气设备的金属外壳、金属导线管、金属支架及金属线槽等均应可靠接地。

3 运行轨道应可靠接地，司机室与门架结构用螺栓连接时，应采用双接地线连接。

# 4 起重机械安装、拆卸与运行

## 4.1 安装与拆卸

4.1.1起重机械的安装与拆卸应作出施工计划并应严格监督管理。正确的安装与拆卸程序应保证：

1 应有特殊类型起重机械的安装、拆卸、维护和使用说明书；

2 安装拆卸人员未完全理解说明书及有关的操作规程之前，不能进行安装拆卸作业；

3 整个安装和拆卸作业应按照说明书进行，并且由安装主管人员负责；

4 参与工作的所有人员都具有扎实的操作知识；

5 更换的部件和构件应为合格品；

6 如果将起重机械从安装地点移至另外的工作地点，应采用制造商推荐的方法；

7 起重机械的状态应符合制造商所规定的各种限制。

4.1.2 起重机在安装与拆卸之前，应对金属结构、机构及零部件等现状进行检查，如发现缺陷和安全隐患，应经调整、修复或消除隐患后才可进行作业。

4.1.3 在安装拆卸过程中，需要使用的辅助起重机应能承受部件的全部荷载。

4.1.4 起重机在安装、拆卸、放倒或作业时，应满足其稳定性及强度等安全要求。

4.1.5 起重机在爬升或顶升作业时应保证机械及液压系统的安全可靠。爬升或顶升部分在上升或下降时，应设置防脱装置，并保持塔身在整个过程中垂直。爬升或顶升部分的升降速度，中小型起重机不应大于0.8m/min，大型起重机不应大于0.3 m/min。

4.1.6 起重机在安装、改造或维修结束后，应进行整机及各机构的机、电、液联调和试运转试验，经自检合格后报请有关部门进行试验验收；在起重机被交付使用之前，起重机施工的指派人员应保证所有安全防护装置功能正常。经有关部门试验检验、验收合格才能交付使用。

4.1.7 起重机械安装时，运行空间内不应有电力线路、建筑物等其他障碍物，空间外围边缘与建筑物或施工设施或山体的距离应满足相关规定。

4.1.8 起重机械安装基础应能承受工作状态和非工作状态下的最大载荷，并应满足起重机械抗倾翻稳定性的要求，必要时应采取加固措施。

4.1.9 轨道安装，应遵守下列规定：

1 固定轨道的压板固定应牢固，垫片不得窜动。

2 轨道应采用专用吊具或捆绑方式吊装，不得兜吊。

2 轨道纵横方向上顶面的倾斜度不应大于1‰，轨距偏差不应超过1‰，两股轨道之间的接头应错开1.5m以上，各轨道的接头间隙应小于4mm，门（塔）式起重机轨道高差不大于2mm，缆机轨道接头处轨面高差应不超过0.5mm。

3 距轨道终端1m处应设置缓冲止挡器，其高度不小于行走轮半径，在距轨道终端2m处应设置限位开关碰块。

4.1.10 新钢丝绳穿绕施工应设专人指挥。钢丝绳的卷盘应可靠铰支，卷盘应有防飞车装置，钢丝绳应沿卷盘切线方向进行穿绕。穿绕中的临时拴挂、引绳与钢丝绳的连接均应牢固可靠，钢丝绳尾端固结应符合设计要求。钢丝绳安装穿绕作业时，不得在安装作业范围内进行电焊施工作业。

4.1.11起重机械在安装完成使用之前应进行载荷起升能力试验。试验应满足下列要求：

1 起重机械的载荷起升能力试验包括静载试验、动载试验、稳定性试验。

2 试验前应先进行目测检查和空载试验。空载试验中各操纵与控制装置应操作灵活、可靠；各机构运动平稳、准确，不允许有爬行、振颤、冲击等异常现象；各限位装置、防护装置动作准确、可靠。

3 目测检查与载荷起升能力试验的内容应按GB/T 5905和SL 594规定进行。试验应由有资格的人员进行。

4 试验后，起重机械的超载防护装置应重新标定，并达到规定的要求。

5 应制定具有签字栏和日期栏的试验记录以供使用。记录的内容至少要有试验工况、程序、试验要求、有资格的检验人员和负责人员的签名。

4.1.12 拆卸臂架、平衡臂根部连接销轴前，应找准重心，采取措施防止连接销轴拆除后臂架引起的危险。

4.1.13 高强度连接副拆卸后再次使用时，应无任何损伤、变形、滑牙、锈蚀等现象，否则不能用于受力结构的连接。

## 4.2 运行

4.2.1 操作司机应身体健康，无高处作业禁忌性疾病，并应经专门技术训练，应在经政府主管部门考试合格取证后，持证上岗。

4.2.2 起吊运行前，应进行起动前检查，空载试车，应在确认各部件机构、装置、仪表等正常、灵敏后，方可投入工作。

4.2.3吊装大型部件应计算重心位置，确定吊点位置、外型尺寸及质量等吊装参数，并设置吊耳、销轴、铰座等连接装置。

4.2.4起吊运行应遵守起重作业规程，有专人指挥，信号清楚，吊物绑扎牢固，应先将重物吊离地面30cm左右，确认制动可靠，吊物平稳绑扎牢固，然后再起吊。

4.2.5 严禁在超载、吊物重量不清、视线及指挥信号不明、安全装置失灵、捆绑不牢或不平稳等情况下进行吊运作业。严禁歪拉斜吊和起吊被埋在地下的不明物体或与地面冻结（含黏结）以及被其他重物卡压的物件。

4.2.6 用两台及以上起重机共同吊物时，应制定专门的安全技术措施。吊运时，技术负责人应在场指导，并应满足下列安全技术要求：

1 起升钢丝绳应保持垂直；

2 升降、运行应保持同步；

3 所承受的载荷均不得超过各自的额定起重能力；

4 如达不到上述要求时，各起重机应降低至额定起重能力的75%以下使用。

4.2.7 雷雨、大雪、大雾和6级以上大风时，应严禁作业，吊钩应升至最高位置，臂杆落至最大幅度并转至顺风方向，将回转机构的制动器完全松开，台车行走轮用夹轨器夹紧。

4.2.8 运行空间内如有临时障碍物或交叉作业时，应制定专项起吊运行安全技术措施。被吊物件需要进行逆向运行时，应先将控制器扳到零位，待机械完全停止，物件平稳后方可进行反向操作。

4.2.9 运转中，各部位轴承温度不应超过85℃，各电动机温度不应超过60℃，超过温度控制或发现其他问题应立即停机。

4.2.10 传动部位的调整和检修作业必须在停机并切断相关电源后进行。

4.2.11 运行中，若遇突然停电或发生其他故障时，应将吊件下落着地，不应停留空中。

# 5 起重机械管理

## 5.1 日常管理

5.1.1 使用单位应根据起重机械种类、复杂程度以及技术力量等，建立起重机使用管理规章制度。并按规定进行起重机械检查与保养。

5.1.2 有下列情况之一者，应进行常规检验：

1 每次安装或大修之后；

2 安装后在同一地点工作，每年进行一次，但安全装置每半年进行一次；

3 停用1年以上，在重新使用前；

4 经过暴风雨、大地震后，可能使结构、机构的重要性能或安全性受损的起重机。

## 5.2 状态评估与报废

5.2.1 当起重机使用到接近设计预期寿命、起重机的故障频度增加或定期检查发现起重机工作状况明显恶化时，应进行起重机使用状态特殊评估，动态监控起重机的有效寿命。起重机超过下列出厂年限时或达到设计规定的疲劳寿命时应进行使用状态评估：

——缆索起重机：10年；

——塔式起重机、门座起重机：15年；

——水利工程建设用的桥式起重机（如装卸桥）、门式起重机：15年；

——水利工程永久性的桥式起重机、门式起重机：20年。

5.2.2 起重机械有下列情况之一时，应报废：

1 检验检测不合格，经修理改造后仍不合格；

2 主要结构、机构部件严重磨损或损坏，失去修复价值；

3 整机主要构件严重腐蚀，无法全面修理或经大修后检验检测仍不合格；

4 有重大安全隐患，又无法彻底排除；

5 国家有关部门规定淘汰的机型。

# 6 水工金属结构设计

## 6.1 一般规定

6.1.1 闸门应布置在水流平顺的部位。

6.1.2 闸门的选型应综合考虑：

——枢纽对闸门运行的要求

——闸门在水工建筑物中的位置、孔口尺寸、上下游水位、操作水头和门后水流流态;

——泥沙和漂浮物的情况;

——启闭机的型式、启闭力和挂脱钩方式;

——制造、运输、安装、维修和材料供应等条件;

——技术经济指标。

6.1.3压力钢管的布置应符合枢纽总体布置要求，并考虑地形、地质水力学、施工及运行等条件。

6.1.4 管道条数应根据机组台数、管线长短、地形和地质条件、机组安装的分期、制作安装和运输条件、电站运行方式及其在电力系统中的地位等因素，经技术经济比较后确定。

## 6.2 结构

6.2.1 当潜孔式闸门门后不能充分通气时，则应在紧靠闸门下游的孔口顶部设置通气孔，其上端应与启闭机室分开，并应有防护设施。

6.2.2 压力钢管紧靠快速闸阀和事故闸阀下游必须设置通气孔（井）。充水阀出水水流不得封堵通气孔口。通气孔上端应设在启闭室之外，孔口高于该处可能发生的最高水位，孔口通到坝顶时应有防护设施。

6.2.3 明管线路应避开可能产生滑坡或崩坍的地段。

6.2.4 为避免钢管发生意外事故危及电站设备和人员的安全，应设置事故排水和防冲设施。

6.2.5 对于埋置较深的钢管必须研究地下水位与管道的关系。外水压力较大时，应采取防渗、排水措施，并监测地下水位变化。排水措施必须安全可靠。

6.2.6低水头弧形闸门的支臂应根据具体工作条件，使结构充分保证主框架平面外的稳定性。

6.2.7管道顶部至少应在最低压力线以下2m。

6.2.8 事故闸阀下游必须设置通气孔（井）。充水阀出水水流不得封堵通气孔口。通气孔上端应设在启闭室之外，孔口高于该处可能发生的最高水位，孔口通到坝顶时应有防护设施。

6.2.9 明管应设置事故排水和防冲设施。

6.2.10 分段式明钢管的支座应保证钢管轴向能自由伸缩并能防止横向滑脱。

6.2.11 地下埋管若钢管与混凝土衬砌段连接，在钢管起始端必须设置阻水环，并且对混凝土衬砌末段配置过渡钢筋。若围岩渗透性较强，还应在钢管起始端作环状防渗帷幕及排水设施。

6.2.12坝内埋管和钢衬钢筋混凝土管的起始端必须设置埋入坝体混凝土的阻水环，并应设置排水设施。地下埋管钢管与岩石间的混凝土应均匀密实，阻水环和加劲环附近必须加强振捣。

6.2.13地下埋管与并列的主管如有分期完工或单管充水要求时，应分析岩体应力和发生事故渗漏的可能性，以确定两管的最小间距。

6.2.14 对于埋置较深的钢管必须研究地下水位与管道的关系外，水压力较大时应采取防渗、排水措施，并监测地下水位变化。排水措施必须安全可靠，能检修。

6.2.15 明管地基应力最大值不得超过地基的允许承载力。墩体体形尺寸应有利于基础应力均匀分布。连续式明管，其镇墩设计时必须计及温度荷载和轴向荷载对钢管内力的影响，明管镇墩应校核水压试验状态下的强度和稳定性。

## 6.3 零部件

6.3.1 滚轮、支铰的轴和轴套间应有良好的润滑。滚动轴承或多在泥沙水中工作的滑动轴承，除应保持润滑外，应设密封装置。

6.3.2 门楣上的水封和面板弧度的配合精度，应满足闸门启闭过程中的止水要求。

## 6.4 埋件

6.4.1 闸门埋件应能将闸门所承受的荷载安全地传递到混凝土(或其他材料)中去。

6.4.2 多泥沙河流上的排沙泄水孔（洞）闸门的门槽埋件及其附近的衬护，应结合抗磨蚀和抗空蚀的要求进行设计。当水流中有大量推移质过闸时，闸孔底部 应采取相应的衬护措施。

6.4.3 埋件分段时应考虑制造、运输和安装对其长度的限制及其本身刚度要求。

# 7 水工金属结构制造

## 7.1 钢闸门及埋件制造

7.1.1分节制造的人字闸门顶枢轴孔应在工地完成了门叶拼装、焊接之后再进行镗孔或扩孔。整体组装时应作出顶、底枢轴线和顶枢轴孔控制线，并用仪器进行校验。顶、底枢中心同轴度公差应不大于0.5mm，顶、底枢中心线与门叶中心线平行度公差应不大于0.5mm。

7.1.2 组装焊接应符合下列规定：

1 大小锤、平锤、冲子及其他承受锤击的工具顶部不得淬火，应无毛刺及伤痕，锤把应无裂纹。

2 零部件吊装就位时，起重指挥信号应明确，起重吊具应依据工件大小、重量正确选择和使用。

3 工件就位时，各工种应协调配合，统一指挥，作业人员身体不得探入组合面内。工件在没有可靠固定前，其可能倾倒覆盖范围内不得进行与之无关的作业。

4 工件就位临时固定应采用定位挡板、手拉葫芦等，找正后应及时进行加固。

5 锤击作业时，作业人员不得戴手套，锤头的运动前后方不得站人。

6 箱梁及空间较小的构件内焊接时应采取通风措施，使用行灯照明，并设专人监护。当构件内部温度超过40℃，应进行轮换作业。

7 电焊工因空间较小而必须跪姿或卧姿进行施焊时，所使用的铺垫应为绝缘防火材料。

8 使用砂轮机、角磨机、风铲等工具进行打磨、清理的操作人员应配戴防护眼镜。

7.1.3 总拼装应符合下列规定：

1 总拼装应编制专项安全技术方案，并经审批、交底后方可实施。

3 排架作业面及行走通道应清理干净，作业人员不得穿硬底鞋。

4 弧形闸门整体立拼的支撑体系应安全可靠，其强度、刚度及稳定性应满足规范要求。

5 作业使用的千斤顶、楔子板、大锤、扳手等工器具和材料应稳妥放置，以防坠落伤人，千斤顶不得叠摞和倾斜使用。不得空中投掷传递物品。

## 7.2 钢管制作

7.2.1 伸缩节在装配、包装、运输等过程中应妥善保护，防止损坏，不得有焊渣等异物进入伸缩节的滑动副或波纹管处。

7.2.2 组装与焊接应符合下列规定：

1 管节、管段组装应设有专用组装平台和焊接平台，强度、刚度和稳定性必须经过设计计算，不得出现倾覆和垮塌；操作平台的搭设以及作业人员的防护应符合高空作业要求。

2 钢管拼装时，立置的瓦片应临时可靠固定，防止倾倒。瓦片组装时，作业人员的身体不得伸入组合缝内。

3 吊装瓦片时，应先将瓦片吊离地面约100mm～300mm，检查瓦片吊装重心是否平稳。

4 用于管段埋弧自动焊接的滚焊台车应有轴向防窜装置。

5 工作中使用的千斤顶、压力架，应拴牢或采用其他防倾倒和坠落措施。千斤顶应按总载荷留有至少20%的余量。

6 焊接过程中的预热、后热以及焊缝的爆炸消应作业应设隔离设施，并设置安全标志。

7.2.3 岔管、伸缩节水压试验应符合下列规定：

1 岔管水压试验使用的封头应按GB 150的规定进行设计、制造或采购。封头与主管、支管焊缝应按一类焊缝要求进行焊接和检验。

2 水压试验前应解除约束。

3 水压试验程序应符合GB 50766的有关规定。试验现场应设置警戒区。

4 水压试验中，严禁在呼吸阀关闭情况下进行充放水作业。

5 水压试验应由专人指挥。

6 试验区应配置足够的照明设施。

7 试验区应搭设梯道及工作平台。

8 水压试验中发现问题需要处理时，应将试验体内水排空后方可进行。

7.2.4 支撑与调整结构应符合下列规定：

1 调整或加固采用的“米”字或“井”字支撑应与钢管及支撑间连接可靠，安装支撑时应将支撑固定后方可松钩。

2 管节、管段在整体吊运、翻身之前内支撑与管壁应采取防松、防脱落措施。

3 重复改造使用的支撑、调整结构，其接头的焊接强度应有保证。当支撑杆件锈蚀严重时，应减去腐蚀厚度再重新计算强度刚度，并应满足GB 50017、GB 50205的规定方可使用。

# 水工金属结构安装

## 8.1 一般规定

8.1.1 夜间作业局部工作照明应使用低压行灯，其他照明设施不得直接和闸门及压力钢管接触，并应接地良好。

8.1.2 当运输与吊装大件、超长、超宽、超高件时，应编制专项安全技术方案，经审批、交底后实施。并成立专门临时组织机构，统一指挥，运输前应提前向有关部门办理相关运输许可手续。

## 闸门和埋件安装

8.2.1 预埋在一期混凝土中的锚栓或锚板，应按设计图样制造、预埋，在混凝土浇筑之前应对预埋的锚栓或锚板位置进行检查、核对。

8.2.2 埋件以及闸门安装前，应对各项尺寸进行复验。

8.2.3 弧形闸门的铰座的基础螺栓和弧形闸门铰座钢梁的安装应在闸墩锚杆或锚索预应力张拉和混凝土浇筑完成后进行。。弧形闸门铰座的基础螺栓中心和设计中心的位置偏差应不大于1mm。

8.2.4 采用充压式、压紧式水封的弧形闸门，埋件的止水座基面中心线至孔口中心线的距离极限偏差为±2mm，埋件的止水座基面的曲率半径极限偏差为±3mm，其偏差方向应与门叶面板外弧的曲率偏差方向一致，埋件的止水座基面至弧形闸门外弧面间隙尺寸极限偏差应不大于1.5.mm,，潜孔式侧止水座如为不锈钢，其组合错位为0.5mm。

8.2.5 埋件安装应符合下列规定：

1 敞孔作业时，孔口顶部应设置栏杆和安全标志，并在栏杆底部0.5m范围内设置帷幔，确保孔内作业人员的人身安全，作业期间应派专人在孔口顶部值班监护，严禁往孔内抛掷物品。

2 下层埋件未加固好之前，不得将上层埋件摞放其上。

3 埋件二期混凝土浇筑完毕，拆除的模板应及时吊出，并将脚手架上所有杂物清理干净。

8.2.6 埋件安装调整好后，应将调整螺栓与锚板或锚栓焊牢，埋件在浇筑二期混凝土过程中不应变形或移位。

8.2.7 采用充压式水封的弧形闸门，与充压式水封配套的管道埋件的安装和水压试验，应符合GB/T 8564和GB/T 50184的规定。

8.2.8 埋件分阶段安装时应符合下列要求：

1 后期安装的基准点应以最初安装埋件的基准点为准，工程建设过程中应做好基准点的保护和转点。

2 做好埋件安装焊接与混凝土浇筑交叉作业的协调，做好埋件工作表面的保护。

3 及时做好分阶段验收工作。

8.2.9 埋件安装完，经检查合格，应在5d内浇筑二期混凝土。如过期或有碰撞，应予复测，复测合格，方可浇筑二期混凝土。

8.2.10 埋件的二期混凝土强度达到70%以后方可拆模，拆模后应对埋件进行复测，并作好记录。同时检查混凝土尺寸，清除遗留的外露钢筋头和模板等杂物，以免影响闸门启闭。

8.2.11 闸门安装作业应满足下列规定：

1 作业人员应站在安全的位置，手不得扶在节间或连接板吻合面上。

2 在没有采取可靠措施时，不得单车翻身。闸门立放时，应采取可靠的防倾翻措施。

3 未采取稳定措施前，作业人员不得在已吊起的构件设备上施工作业，不得在闸门上攀登。

8.2.12 平面闸门安装应符合下列规定：

1 闸门现场组装、焊接、检测等的高处作业和起重运输作业应符合本标准的规定。

2 安装现场的临边部位应设置安全栏杆，孔洞部位应进行可靠封闭。

3 闸门安装前，应对门槽埋件进行复测，并应对可能影响闸门启闭的障碍物进行全面清除。

4 闸门拼装的支承梁应牢固可靠，临时加固件或缆风绳应固定在专门埋设件上。

5 闸门立拼完起吊前，在确认起重机吊钩与闸门可靠连接并初步受力后，方可拆除临时支撑。

6 使用启闭机起吊闸门入槽时，吊钩或抓梁轴销应与闸门可靠连接，如采用其他临时起重机起吊闸门，应采取可靠定位措施，确保闸门吊点位置准确，对准启闭机相应位置，并避免闸门和门槽碰撞损坏。

7 闸门拼装完成后，应及时清理拼装场地。

8 闸门入槽时，所有人员不得在底槛附近逗留或穿行，临时悬挂的作业和检查用爬梯、活动平台应牢固可靠。

8.2.13 分节闸门组装成整体后，应对各项尺寸进行复测外，并应满足下列要求：

1 节间如采用螺栓连接，则螺栓应均匀拧紧，按照螺栓连接的有关规定进行紧固和检验，平面闸门的节间橡皮的压缩量应符合设计要求。

1. 节间如采用焊接，焊接时应采取措施控制变形。

8.2.14 平面闸门的止水阀尺寸应符合设计要求，其导向机构应灵活可靠。密封件和座阀应接触均匀，并满足止水要求。

8.2.15 采用充压式水封的弧形闸门，埋件、闸门和设备安装完成后投入运行前，水封充压、卸压系统设备、管路及水封应进行水压严密性试验和水封充压试验，试验条件、要求及结果应满足设计要求。

8.2.16 上部混凝土结构浇筑混凝土时应对先期安装的闸门及埋件采取可靠的保护措施，不得损伤闸门、闸门附件及影响后续施工。

8.2.17 闸门安装完成、启闭机空载试验合格后进行闸门与启闭机的连接。启闭试验前应对闸门进行检查。检查合格后，闸门应在无水或静水情况下做全行程启闭试验。闸门无水试验合格后，工作闸门应做动水启闭试验。闸门全部处于工作部位后，应检测橡胶水封的压缩程度和充水阀的严密程度是否满足设计要求。

## 8.3 压力钢管安装

8.3.1 钢管支墩应具有足够的强度和稳定性，钢管在安装过程中不应发生位移和变形。钢管安装后，应与支墩和锚栓焊牢。

8.3.2 灌浆孔的螺纹应在加装了空心螺纹护套后，方可进行后续施工。

* + 1. 波纹管伸缩节焊接时，焊接地线不允许焊接在波纹体上。

8.3.4 明管安装运输应符合下列规定：

1 主滑车及其锚环、牵引钢丝绳等应经过计算校核，且应具有5倍以上的安全系数，正式运输前应进行外观检查，必要时还应进行载荷试验。

2 斜坡道上进行钢管运输时，应对钢管可能存在的倾翻力矩进行验算，必要时应采取合适的抗倾翻措施。

3 钢管运输时，所有人员不得靠近受力的钢丝绳和滑车，不得进入破断可能回弹的区域，更不得在可能倾翻的下侧停留。

8.3.5 地下钢管运输应符合下列规定：

1 地下钢管轨道运输时，其两侧应留有不小于0.6m空间。

2 钢管洞内卸车和运输牵引的主地锚钩采用预埋锚杆固定的，正式投入使用前，应进行载荷试验，验证其承载能力。

3 竖井或斜井内运输钢管时，所有人员不得进入钢管下部。

4 牵引钢丝绳与地面接触处，应设置导引或承载辊轮。

8.3.6 钢管吊装应符合下列规定：

1 钢管翻转时应先放好旧轮胎或木板等垫物，作业人员应站在重物倾斜方向的对面。翻转时应采取措施防止冲击。

2 小直径钢管的吊装，应将钢丝绳绕钢管一圈后锁紧，或焊上经过计算和检查合格的专用吊耳起吊，不得用钢丝绳兜钢管内壁起吊。

8.3.7 对小型钢管也有采取兜吊方式吊装的，但必须有锁紧措施，防止重物滑脱。

8.3.8 压力钢管内支撑拆除工程，应编制专项安全技术方案，经审批、交底后实施。

8.3.9 水压试验前应编制专项安全技术方案，经审批、交底后实施。

# 9 水工金属结构运行检查

9.0.1 闸门和钢管的安全检测机构应具有国家级或省级质量技术监督机构颁发的计量认证证书，证书授权的检测产品或类别、检测项目或参数、检测范围应满足安全检测要求。

9.0.2 闸门的安全检测应包括下列内容：

1. 现场检测：

1）巡视检查；

1. 外观与现状检测；

3） 腐蚀检测；

4） 材料检测；

5） 无损检测；

6） 应力检测；

7） 振动检测；

2 复核计算；

3 安全评价。

9.0.3 钢管运行检查的主要项目包括：

1 明管支座清洁、润滑和活动情况以及钢管振动情况，山体、边坡以及镇墩、支墩稳定情况；

2 伸缩节渗水和伸缩行程；

3 人孔、接管封闭性能；

4 排水设施；

5 地下埋管周围地下水位；

6 通气孔或空气阀工作状况；

7 管体变形 管内异常响声；

8 管壁母材与焊缝裂纹；

9 钢管腐蚀、磨损、结垢、淤积和冰冻情况；

10 安全监测工作进行情况和设备完好情况。

9.0.4 施工期和运行期安全监测设备必须采取有效的保护措施。重要的安全监测设备损坏后，应及时补设或改设其他监测设备。应设置必要的交通、平台、照明等。

9.0.5 闸门和钢管应定期进行安全检测。安全检测的周期可根据运行时间与运行状况确定：

1. 闸门首次安全检测应在投入运行后5年内进行。以后每隔5~10年进行定期检测。定期检测项目可根据实际运行情况有所侧重。出现下列情况时，应立即进行特殊情况检测：
2. 在运行期间出现误操作引发的重大事故、遭遇不可抗拒的自然灾害等特殊情况；
3. 在运行期间发现并确认闸门主要结构件或主要零部件存在影响安全的危害性缺陷和重大隐患。
4. 闸门的运行状况出现明显异常，影响工程安全运行。

2 钢管首次安全检测应在运行后5~10年内进行。以后每隔10~15年进行一次中期检测。运行满40年，必须进行折旧期满安全检测，并确定是否可以继续运行和必须采取的加固措施。

9.0.6 运行检查应注意特征时期（如运行初期、放空期、充水时、洪水期、冰冻期、地震后、机组甩负荷时、邻近部位后期施工或扩建施工等）和有危险预兆的部位。

水利工程专用机械及水工金属结构

通用规范

# 条 文 说 明

目 次

[2 一般规定 1](#_Toc22600570)

[2.1 焊接与切割 1](#_Toc22600571)

[2.2 无损检测 1](#_Toc22600572)

[2.3 高强度螺栓连接 2](#_Toc22600573)

[2.4 金属防腐涂装 2](#_Toc22600574)

[3 起重机械设计 4](#_Toc22600575)

[3.1 金属结构 4](#_Toc22600576)

[3.2 机构与零部件 4](#_Toc22600577)

[3.3 安全防护装置 5](#_Toc22600578)

[3.4 电气 6](#_Toc22600579)

[4 起重机械安装、拆卸与运行 6](#_Toc22600580)

[4.1 安装与拆卸 6](#_Toc22600581)

[4.2 运行 7](#_Toc22600582)

[5 管理 8](#_Toc22600583)

[5.1 日常管理 8](#_Toc22600584)

[5.2 状态评估与报废 8](#_Toc22600585)

[6 水工金属结构设计 10](#_Toc22600586)

[6.1 一般规定 10](#_Toc22600587)

[6.2 结构 10](#_Toc22600588)

[6.3 零部件 11](#_Toc22600589)

[6.4 埋件 11](#_Toc22600590)

[7 水工金属结构制造 11](#_Toc22600591)

[7.1 钢闸门及埋件制造 11](#_Toc22600592)

[7.2 钢管制作 11](#_Toc22600593)

[8 水工金属结构安装 12](#_Toc22600594)

[8.1一般规定 12](#_Toc22600595)

[8.2闸门和埋件安装 12](#_Toc22600596)

[8.3 压力钢管安装 13](#_Toc22600597)

[9 运行检查 14](#_Toc22600598)

# 一般规定

## 2.1 焊接与切割

2.1.1 施工现场的焊接与切割作业应符合《焊接与切割安全》（GB 9448—88）等标准中的规定。

2.1.2 焊接与切割作业的人员及工作区域的防护措施、通风措施、消防措施、警示标志等应符合《焊接与切割安全》（GB 9448—88）的规定。

2.1.3 起重机械和水工金属结构的主要受力结构件的焊缝质量，宏观上不得有可见的裂纹、未熔合、未焊透、夹渣等缺陷，内部缺陷应GB/T 3323要求的Ⅱ级以及GB/T 11345的要求的1级。

2.1.4~2.1.5 焊接工艺规程及 评定应按照GB/T 19866和GB/T 19869. 1的规定进行。

2.1.6 临时焊缝焊接时应避免焊接区域的母材性能改变或留存焊接缺陷，因此临时焊缝采用的焊接工艺和质量要求与正式焊缝相同。

2.1.7 对碳素钢、低合金钢和高强钢，强度达不到母材，焊缝就会受到破坏。但是焊缝强度过高，由于焊接头的非均质性、残余应力等作用，将会增大产生的裂纹的几率，而不锈钢焊接材料不和母材相当，将会导致焊接头的耐腐蚀性降低。

2.1.10 本条参考了《钢结构设计规范 CGB 50017) 中有关规定，据调查，采用间断焊缝易产生腐蚀、应力集中、焊缝开裂，所以不采用。

2.1.13实践经验表明，当焊接作业区风速超过2m/s ，其他焊接方法风速大于 8m/s时，焊接熔渣或气体对熔化的焊缝金属的保护将遭到破坏，致使焊缝产生密集孔。水分是氢的来源，而氢是导致焊接延迟裂纹的重要因素之一。低温会导致钢材脆化，使焊接过程的冷却速度过快，对碳当量较高的钢材焊接不利

## 2.2 无损检测

2.2.1～2.2.6 射线检测时，操作不慎会对人体造成较大伤害（特别是γ射线危害甚大），故强调从事射线检测作业的施工单位和个人的资格和操作许可审批的必要性。另外，国家的法规对此类操作技术规范及对应采取的安全防护都作了规定，应严格遵照执行。

2.2.7 本条对衍射时差法、相控阵、脉冲反射法超声波等作业时的要求作出了明确规定，需要按要求严格执行。其他无损检测方法所使用的材料，如荧光粉、着色剂、磁粉等对人体会造成不同程度的伤害，并污染环境，所以必须严格遵守有关操作程序。本条规定了对设备的使用和维护，需要严格按规定执行，其他检测无损检测对于操作人员身体同时会造成较大伤害，故应遵照国家的法规对此类技术规范及安全防护规定。

## 2.3 高强度螺栓连接

2.3.3~2.3.5 水利工程多为露天作业，这些因素都直接关系结构的安全。

## 2.4 金属防腐涂装

2.4.1 涂装作业和涂装作业场所防护措施、通风措施、消防措施、警示标志等应符合国家有关的规定

2.4.2对涂装作业场所及有限空间涂装作业等作出了相关要求。

2.4.3 用于涂装的油漆涂料及稀释剂等材料具有易燃、易爆和流动性好的特性。有些涂料对作业人员的身体有害。受施工现场所限，许多单位对这类材料的保管和使用方法不规范，此条特作强调。

2.4.4 本条主要针对水利水电工程施工的现场涂装场所，此类作业多为手工式操作的涂装工艺，首先要满足人员安全操作空间的需要。涂装作业场所的规划设计要求在GB 6514中作了规定。

2.4.5~2.4.6防腐涂装作业场所的通风目的和基本要求是作业空间内的漆雾等有害物和可燃性气体的浓度低于安全限度；施工现场的照明必须满足防爆要求。

2.4.7 喷漆室通风应满足安全通风条件，以确保作业人员安全，因此每年应进行一次通风系统消能技术测定和电气安全技术测定。

2.4.8　这两条对喷丸室砂（丸）粒回收装置以及喷丸室围护结构进行了规定，应按此执行。废砂（丸）对环境影响很大，本条对废砂（丸）处理进行了规定，应按此执行。

2.4.9 涂料喷涂作业现场的防火和防爆是安全防护的重点，这两条对此加以强调，施工前应严格按要求全过程周密规划，并配置有效的消防器材。在通风不畅及半封闭的空间内喷涂，因气流不畅，易出现有害气体体积聚集浓度过高，对作业人员人身安全威胁较大。若发生意外求助不及时会危及人的生命，应在施工现场设专人监护。废弃涂料对环境污染很大，本条增加了废弃涂料的处理规定，应按此执行。

2.4.10 热喷涂操作人员应严格配戴头盔类的面罩安全防护用具，现广泛使用的面罩无须接氧气管路，本条对仍采用氧气管路的帽盔进行强调。 与热喷涂作业的设备配套的氧气、乙炔管路长期使用会出现因老化等原因发生泄漏事故。除规定所有设备按规定进行设计外，定期的维护、检查与使用前进行必要的耐压试验也是保证设施安全的必要程序，本条强调必须遵守。

# 3 起重机械设计

## 3.1 金属结构

3.1.1 本条强调起重机械金属结构设计的安全性要求。起重机械的金属结构在设计时，必须满足强度(含疲劳强度)、稳定性、刚性和有关安全性方面的要求。

3.1.2 走台、梯子、栏杆与司机室要符合劳动保护和安全的有关规定， 司机室要有良好的视野，这对操作人员能否正确操作甚为重要。同时我国南北东西气温及其他自然条件差异很大，因此要根据不同地区采取降温或取暖措施。对于有特殊要求的要采取相应的防护措施，如广东、广西为多白蚁地区，司机室若用一般木材，可能在短时间内就被破坏，要采取相应措施（如用塑料代替木材）。

3.1.3 焊缝质量要求按照GB/T 3811《起重机设计规范》及GB 6067 《起重机械安全规程》有关要求编制。

## 3.2 机构与零部件

3.2.1 起重机械的零部件应连接牢固，不应存在掉落的危害。

3.2.2 对起升机构的的安全性能保证要求。起升机构在工作过程中不应出现钢丝绳缠绕的现象。吊具处于下极限位置时，在卷筒上除钢丝绳固定圈外还留在卷筒上的钢丝绳圈数。要对卷筒上钢丝绳预留的安全圈做出规定，有了此规定，起重机械安装、验收时对钢丝绳预留安全圈是否满足设计要求才有依据。安全圈不少于2圈，参照了GB/T 3811-2008和 GB 6067.1-2010的有关规定，否则易使绳脱槽。

3.2.3 对运行机构的安全性能提出要求。运行机构应能够使整机和小车平稳地启动和停止，并且露天工作的轨道是起重机械应有防风装置。

3.2.4 对回转机构的安全性能提出要求。

3.2.5 对变幅机构的安全性能保证要求。

3.2.6 滑轮应有钢丝绳防脱装置，且具有足够的强度和刚度。

3.2.7所谓卷筒凸缘也就是卷筒的端部法兰。多层缠绕的卷筒在端部或中部（双联卷筒）设置凸缘有两个目的：一是使钢丝绳在凸缘位置自动实现反向回缠，二是防止卷筒脱绳引发事故。ISO 10972-1:1998第1部分4.8.1.1第6段的表述为：“卷筒应该被设计成钢丝绳不会从卷筒的边缘滑落”，第7段表述为“单层缠绕的卷筒宜用凸缘作为卷筒端部限制器或其他绳索导向的端部限制，防止绳索在卷筒端部堆积”，第8段的表述为“多层缠绕的卷筒应该在每一处绳索进入相邻层的地方至少都具备一个凸缘”。FEM 1.001-1998第7册第7.5节的7.5.1.1第2段的表述为：“卷筒两端应有凸缘，除非采取了其他措施防止绳索超越端部或从卷筒上落下”。FEM 1.001-1998第7册第7.5节的7.5.1.1规定：“卷筒凸缘的直径应满足以下条件:当绳索全部缠绕在卷筒后，凸缘要超出最上面一层绳索，超出的高度不小于绳索直径的一倍半(对建筑起重机，是绳索直径的两倍〕”。ISO 10972-1:1998第l部分4.8.1.1第9段的表述为：“凸缘和其他的限制装置在圆周方向上应是同一直径的，并且超过最外层钢丝绳不小于1.5倍的钢丝绳直径”。GB 5144-2006《塔式起重机安全规程》中5.4.2的表述为：“卷筒两侧边缘超过最外层钢丝绳的高度不应小于钢丝绳直径的2倍”；建筑类起重机之所以取绳索直径的两倍是由于其卷筒大多为光卷筒，出现乱绳的可能性大一些。启闭机的卷筒多层缠时要么采用排绳机构，要么采用平行绳槽导向，不会采用光卷筒，即使采用螺旋绳槽卷筒多层自由缠绕时也不会超过两层。GB/T 3811-2008和 GB 6067.1-2010的有关规定也将其定为2倍。而SL 41-2018对这个高度取为不小于钢丝绳直径的1.5倍。综上，取2倍。

3.2.8 接长使用的钢丝绳存在安全隐患，应禁止使用。端部固定的安全技术要求按照GB 6067.1-2010的有关规定编制。

3.2.9 起升机构、变幅机构的制动器是必需设置的安全装置，其型式应为常闭式的支持制动器，这是保证在停电状态下，机构始终处于制动状态，使荷载不会自动坠落。

3.2.10 减速器或开式齿轮出现轮齿断裂、齿面点蚀、齿面胶合、齿面塑性变形、齿面不均匀磨损等轮齿损坏情况，均为齿轮失效的表现形式，存在严重的安全隐患，故应立即停止运行并采取措施解决。

3.2.11 磨损计算对于在运行中处于经常摩擦的零件是很重要的，所以本规范予以列入

## 3.3 安全防护装置

3.3.1 起重机械对起升机构的安全保护特别重要。启闭机的工作对象大部分在水中，工作情况不易摸清。而起重机的吊物大多在陆地上，不安全情况容易被人们发现。为了安全可靠地工作，对安全措施要重视，要强调其重要性。除了起升机构以外，其他机构也要装设相应的安全装置。

3.3.2 起重量限制器是起升机构必需的安全装置，常用的荷载限制器有机械式（如杠杆式或偏心式）和电子式（如拉、压力传感器等）。

3.3. 3 起重力矩限制器是起重机械必须的安全装置。对起重力矩限制器进行规定。

3.3.4极限力矩限制器主要应用在有自锁可能的传动机构中，如蜗轮蜗杆传动机构，这是因为当紧急制动时，如果没有极限力矩限制器，而机构自锁，制动器与制动盘不能打滑，传动机构就要承受特大的冲击荷载，甚至引起破坏。但对非自锁的传动机构，如齿轮传动机构，当紧急制动时，力矩超过制动力矩，制动器打滑，即可起到保护作用，如果回转臂架在回转过程中碰到障碍物，无法继续回转，此时传动机构所承受的为电动机最大力矩，传动机构要验算这一工况（即事故状态下）的静强度，确保传动机构不致破坏。

3.3.5 ~3.3.12 对起重机械的安全防护装置进行规定，确保起重机械工作的安全性。

## 3.4 电气

3.4.1 起重机械的总断路器应能够保证断开在起重机上发生的短路电流，保证起重机械的安全。

3.4.2 当采用可编程序控制器参与起重机控制时，对用于安全保护的联锁信号（如起升终极限位、超速等）和紧急断电开关，应具有直接的继电保护联锁线路。电源动力回路的换向接触器与其他同时闭合会引起短路事故的接触器之间，应设置电气联锁和机械联锁。

3.4.3 起重机械电气供电系统电压波动主要由电动机启动导致，当电压波动大于10%时，可能造成电动机启动失败，并对同一供电母线上其他设备运行造成不利影响，设计时需验算复核。起升机构动作期间突然失去电源，恢复供电后重新启动时要先将操作手柄置于零位，再进行起升机构的操作；对于按钮操作的需要设计为断电自动复位。变频电机驱动的起升机构，变频器启动自检时间可能长于制动器抱闸打开时间，导致恢复电源后抱闸先行打开，而电动机尚无输出扭矩，发生闸门跌落事故，在设计和产品选型时需要特别注意。

3.4.4 此条为起重机械照明的要求。

3.4.5此条为防雷接地要求。此条为防雷接地要求。在空旷野外处于较高位置时容易受到雷电影响，启闭机的金属结构部件与基座要连接成电气通路，基座要可靠接地。

# 4 起重机械安装、拆卸与运行

## 4.1 安装与拆卸

4.1.1 起重机械属于国家规定的特种设备，其安装、使用、检修、拆除应遵照国家特种设备管理条例有关规定执行。

4.1.2裂纹及焊缝裂纹，连接件的轴、孔严重磨损，结构件母材严重锈蚀， 结构件整体或局部塑性变形，销孔塑性变形等隐患，严重影响起重机械的安全性能以及安装拆卸过程的安全，因此，安装拆卸之前应仔细检查。

4.1.3在安装拆卸过程中，需要使用的辅助起重机应能承受部件的全部荷载，防止安全事故的发生。

4.1.4起重机在安装、拆卸、放倒或作业时，要保证稳定性及强度等安全要求。

4.1.6 起重机在安装、改造或维修结束后应进行整机及各机构的机、电、液联调和试运转试验，并保证各装置功能正常。

4.1.7 起重运行空间内不准有障碍物，避免运行发生撞击事故，其运行空间指设备、构件、吊物在上下起吊、水平移动和轨道上行走中能涉及的地面和空间。

4.1.8 此条保证起重机械安装的基础坚实、稳固。

4.1.9 此条以确保起重机械运行稳定，防止因意外或误操作行驶出轨道终端而倾覆，保障设备巡视、检查、维护和行走的人员安全。

4.1.10 本条明确规定了钢丝绳安装调试的安全技术要求。

1 新钢丝绳生产过程中存在较大内应力，直接穿绕进行吊装作业，应力释放时会发生扭转、打绞，影响正常运行，本款规定在穿绕前进行“破劲”处理以充分释放存在的内应力，保证运行安全。

2 钢丝绳穿绕作业时，在附近进行电焊作业引起的铁水飞溅物可能会造成断丝，损坏钢丝绳的完整性，因此本款规定禁止在安装作业范围内进行电焊作业。

4.1.11 起重机械安装完成之后，应该进行静载试验、动载试验、稳定性试验。

4.1.12~4.1.13 起重机械的拆卸应找准重心，防止事故的发生。

## 4.2 运行

4.2.1 起重机械操作是国家规定的特种作业，一旦操作失误，就可能发生重大事故，要求岗位操作人员具备较高的安全素质，只有达到规定素质的人员才能独立操作，做到持证上岗。

4.2.2相应的安全保护装置完好，动作准确是保障起重机安全运行的重要条件。

4.2.3吊装大型部件应计算重心位置，确定吊点位置、外型尺寸及质量等吊装参数，并设置吊耳、销轴、铰座等连接装置，以保证在运行的各种状态下，吊运物品的安全稳定。

4.2.4规范起重机械在运行时应遵守的基本起重安全操作规定，防止因吊物坠落、撞击造成起重伤害事故。

4.2.5 本条是对起重机的起吊物明确规定，不应违反起重机的额定重量是以吊钩与重物在垂直情况下核定的，斜吊歪拉其作用力在起重机的一侧，破坏了起重机的稳定性，会造成超载及钢丝绳出槽，还会使得起重臂因侧向力而扭弯，甚至造成倾覆事故。 对于地下埋设或凝固、冻结在地面上的重物，除本身重量外，还有不可估计的附着力，埋设深度和凝固强度决定附着力的大小，将造成严重超载而酿成事故

4.2.6水电工程施工中有时遇到物件起重作业，一台不能单独起吊，需两台或两台以上起重机联合进行起吊、吊装，该项作业应经技术人员精密计算，制定专门措施，经技术行政负责人审核后实施。

4.2.7 刮6级以上大风 可以将起重机械沿轨道吹动行走，水电工地曾发生过正在运行的起重机械被风刮动行走到轨道终端而倾翻坠倒造成废机事故，因此遇到6级以上大风时，应采取相应措施，停止作业。

4.2.8运行空间内如有临时障碍物或交叉作业时，应制定专项起吊运行安全技术措施，保证作业过程的安全。逆向运行必须待机械完全停止，物件平稳后方可进行。

4.2.9 对各部位温度进行规定，及时发现运行故障。

4.2.10传动部位的调整和检修作业必须在停机并切断相关电源后进行，保证操作人员的人生安全。

4.2.11运行中，若遇突然停电或发生其他故障时，吊件停留空中，存在掉落的安全风险。

# 5 管理

## 5.1 日常管理

5.1.1 使用单位建立起重机使用管理规章制度，主要有交接班制度、操作规程细则，包括绑挂指挥规程等、安全技术要求细则、定期检查、保养及维修制度、吊索具、辅助机具的管理和保养制度、作业人员培训、设备档案管理制度、 司机及起重工守则。日常保养主要有：检查各减速箱的油量和油质，按规定对各润滑部位加添润滑油，润滑油脂应保持清洁，型号符合要求，检查各传动机械基础部位和各结构部位的连接螺栓，如发现松动应按照规定力矩及时紧固，检查各制动器的间隙及效， 检查并保持各限位开关等安全保护装置的灵活性与可靠性，检查钢丝绳，其断丝根数、磨损量或其他损坏是否达到或超过报废标准，如达到应立即更换。检查卷筒钢丝绳应无窜槽或叠压现象，固定压板牢固可靠。 检查竖塔顶部滑轮、臂杆顶部滑轮和吊钩滑轮的运转情况，如有卡阻、颤动响声或磨损达到报废标准时应立即检修或更换；检查吊钩磨损程度和防脱钩装置的可靠性等工作。

5.1.2每次安装或大修之后； 安装后在同一地点工作，每年进行一次，但安全装置每半年进行一次；停用1年以上，在重新使用前； 经过暴风雨、大地震后，可能使结构、机构的重要性能或安全性受损的起重机。这些情况应按规定进行起重机械常规检查，保证起重机械的安全性能。

## 5.2 状态评估与报废

5.2.1 当起重机使用到接近设计预期寿命、起重机的故障频度增加或定期检查发现起重机工作状况明显恶化时，应进行起重机使用状态特殊评估，动态监控起重机的有效寿命。按GB/T 25196.1的规定进行起重机械使用状态的安全评估。

5.2.2 出现检验检测不合格，经修理改造后仍不合格；主要结构、机构部件严重磨损或损坏，失去修复价值；整机主要构件严重腐蚀，无法全面修理或经大修后检验检测仍不合格；有重大安全隐患，又无法彻底排除； 国家有关部门规定淘汰的机型，这些情况时，起重机械安全性能已无法保证，应淘汰。

# 6 水工金属结构设计

## 6.1 一般规定

6.1.1~6.1.2 对闸门设计的一般规定，闸门应避免门前横向流和游涡、门后淹没出流和回流、闸门底部和闸门顶部同时过水、闸门井与孔口同时过水。

6.1.3~6.1.4 对压力钢管设计的一般规定。

## 6.2 结构

6.2.1 对潜孔式闸门包括工作闸门、事故闸门和检修闸门，如门后闸门槽、竖井或出口等不能充分通气时，应在紧靠闸门下游处顶部设置通气孔。对通气孔的要求是: 面积足够，位置适宜，通气均匀，安全可靠等。通气孔上端应设在远离行人处，与启闭机房分开，以保证安全运行，有些工程与机房联在一起，以致发生事故。

6.2.2 通气孔风速较大，应将孔口通到启闭机室之外，并防止管口溢水 ，影响人员和设备的安全，通气孔上端通到坝顶或平地上应设网格盖板，防止杂物落入或吸入物体。

6.2.4 事故排水道的设计流量难以作出明确的规定，它与引用流量，假设的钢管破裂程度，电站重要性有关，只能根据工程具体情况布置排水和防冲设施。

6.2.5设置地下水位观测项目，其目的是观测地下水位变化规律和监视水位骤变，防止工程事故。

6.2.6 20 世纪 60 年代以来，我国有约 20 座低水头弧形闸门发生程度不同的支臂失稳事故。经分析研究认为，主要是设计者对低水头弧门支臂受力的特点认识不足。支臂失稳的原因有多方面，应从设计、制造、安装、运行和维护管理各个方面加以重视，并采取有效的预防措施。

6.2.7 管顶不得产生负压，以免危害水轮机的运行。

6.2.8 通气孔风速较大，应将孔口通到启闭机室之外，并防止管口溢水，影响人员和设备的安全，通气孔上端通到坝顶或平地应设网格盖板，防止杂物落入或吸入物体。

6.2.9 故排水道的设计流量难以作出明确的规定，它与引用流量，假设的钢管破裂程度，电站重要性有关，只能根据工程具体情况布置排水和防冲设施。

6.2.10在地震区应特别注意防止钢管横向滑脱。

6.2.11阻水环兼有防止钢管端部因长期水流冲击而翘曲的作用。

6.2.12 钢管与混凝土管连接处一般需要设置2~3圈阻水环，其作用为：（1）加强钢管管口刚度，防止管口卷曲变形，如某水电站的压力钢管与混凝土管连接处有错台，管口又未设阻水环，充水运转后，造成管口卷曲破坏。（2）排除混凝土内的渗水，以减小钢管道外水压力，在阻水环背后设置一圈排水管，将渗水引至廊道中。

6.2.13如钢管不能同期竣工，而要求单管充水，则从安全角度出发。必须充分研究充水对相邻未完工洞的围岩应力影响。以及发生事故渗漏的可能性。

6.2.14埋管设计时主要应关心工程投产后的地下水位与钢管的相对关系，而不只是工程建设前该地区地下水位的高低，设置地下水位观测项目，其目的是观测地下水位变化规律和监视水位骤变，防止工程事故。

6.2.15镇墩是明管的支承承载部分，国内已出现镇墩倾斜、位移、墩体开裂、基础滑动、塌方等工程事故。

## 6.3 零部件

6.3.2 目前还存在的普遍问题，即由于不注意胸墙止水部件的施工安装质量及面板弧度制造安装质量，而造成闸门启闭过程中的漏水问题

## 6.4 埋件

6.4.1埋件的强度、刚度及其尺寸大小的设计前提条件，应能满足将其所承受的荷载安全地传递到混凝土中。

6.4.2多泥沙河流的埋件磨损问题是一项重要课题。

6.4.3 埋件分段考虑制造、运输和安装对其长度的限制及其本身刚度要求，否则影响运输安全。

# 7 水工金属结构制造

## 7.1 钢闸门及埋件制造

7.1.1 分节制造的人字闸门在工地拼焊时，由于拼装错位和焊接变形的积累，可能破坏顶、底枢轴孔的同心和轴线的铅直，因此在全部拼焊完成后，应采用预先做好的测量控制系统进行校验，若发现顶枢轴孔位置偏移，应予修正，然后按修正位置进行镗孔。

7.1.2 埋件和闸门半成品多采用铸、煅毛坯件、钢板和型钢组焊加工而成。根据制作工艺流程，对各工序施工中如何避免常发、多发的安全事故逐一加以明确和规定。

7.1.3 闸门总拼装时，作业程序和环境较复杂，起吊构件尺寸和重量一般较大，立位拼装属高空作业，其重心向后有一个倾覆力矩，则支撑体系的稳定非常重要。本条规定了作业前需要进行的技术、安全准备的内容和作业人员应注意的安全事项。

## 7.2 钢管制作

7.2.1 防止伸缩节的滑动副或波纹管受到破坏。

7.2.2 对各工序施工中如何避免常发、多发的安全事故逐一加以明确和规定。

7.2.3 岔管、伸缩节水压试验按照1.25倍～1.5倍设计压力进行水压试验或1.1倍设计压力进行气密性试验，甚至做爆破性水压试验时，存在较大的安全和技术风险。

7.2.4 为降低施工成本，内支撑等构件一般重复使用，甚至在数个工程中重复使用，由于露天存放或保管不善等原因，构件产生变形、锈蚀等缺陷，施工现场不能直接使用，必须经技术部门设计校核后，才能改造使用。

#  8 水工金属结构安装

## 8.1一般规定

8.1.1钢闸门金属部分是良好的导体，易发生漏电触电伤人，因此布置于门体或压力钢管上照明设施必须采用低压行灯，导线应绝缘良好，门体接地应可靠。

8.1.2对于大型、超长、超宽、超高的闸门以及压力钢管公路运输要向当地交通主管单位申请，必要时配备开道车引导，以免堵塞交通或引发交通安全事故。

## 8.2闸门和埋件安装

8.2.1 预埋锚板与锚栓的错位，满足不了设计对连接强度的要求。

8.2.2 埋件以及闸门安装前，对各项尺寸进行复验以保证安装精度。

8.2.3 实践证明，预应力锚索张拉对支铰支墩是会引起位移变化的，由于弧形闸门支铰是弧形闸门的关键部件，精度要求高，两支铰同心度要求不大于1mm~2mm。预应力锚索张拉会对支铰的安全位置产生影响，从而影响闸门的正常运行，而支铰的安装精度控制要从其预埋螺栓或支铰钢梁或支撑大梁等安装精度控制开始。

8.2.4 采用充压式、压紧式水封的弧形闸门，橡胶水封设在门槽周边，因此不但要控制主止水系统的主止水基座面的曲率半径，同时要控制其曲率半径偏差方向与门叶面板外弧面的曲率半径偏差方向一致，否则将造成两者之间间隙偏差太大，最终造成橡胶水封压缩量不一致而影响闸门止水效果。

8.2.5 埋件安装过程中，需要确保作业人员的人身安全。

8.2.6 在浇筑混凝土过程采取措施、加强监测，保证安装质量。

8.2.7 管道系统是充压式水封装置的重要组成部分，其既有随大坝浇筑一起埋入的埋管，也有明管，要分多个阶段安装，其安装质量关系充压式水封装置的成败，因此必须严格进行1.5倍工作压力的水压试验，以保证系统运行的安全。

8.2.8 很多大型工程在建设过程中采用了分期蓄水、分期发电的方案，这对工程建设就提出了分期施工的要求。在分期施工中，必须做好各期建设项目的规划与协调，处理不好，会造成质量事故等。

8.2.9~8.2.10 对混凝土浇筑进行规定，保证安装质量。

8.2.11 本条对闸门装配时作业人员站位和工作提出了安全要求。闸门等重件尺寸较大，中心较高，单车翻身不仅在闸门竖立的瞬间会产生冲击负荷，危及起重机和设备的安全，甚至可能造成闸门局部变形，因此没有可靠的措施，禁止单车进行闸门翻身，要求采用台吊方式翻身。闸门厚度和高度比值一般较小，竖立放置有时处于亚稳定状态，若不采取稳定措施，作业人员攀爬和在上面施工时，有可能发生倾倒事件，危及人身和设备安全。

8.2.12 平面闸门现场安装除遵守闸门组装作业有关安全事项外，对闸门井的清理和门槽尺寸的复查是其重点，闸墙突出过多，门槽轨道埋件偏移超差都会影响闸门在井内的启闭运行安全；闸门门体在施工现场的应关注支撑梁的强度和门体过高带来的稳定安全，拼装完使用启闭机起吊前，应确认轴销穿到位，否则不得随意拆除支撑或缆风绳等安全设施。

8.2.13 分节闸门的组装，应对节间连接方式进行规定，保证组装闸门的运行安全。

8.2.14 充水阀是实现闸门平压启闭的重要机构，设计形式也多种多样，操作灵活与密封可靠是至关重要的，部分工程中出现过在下闸蓄水过程中充水阀关不严的现象，对总工程产生不利影响。

8.2.15 尽管在制造和安装过程中对充压式水封装置各部分提出了要求，但不能保证系统形成后工作正常，本条文是对此系统形成后能否正常工作的检验，是必不可少的环节。

8.2.16 水利工程闸门与埋件安装过程中，存在混凝土浇筑与闸门和埋件安装交叉作业的问题，处理不好就会对工程施工造成影响。如采用分期施工的项目，因施工需要可能会将部分闸门和埋件安装完成后完后进行后续混凝土浇筑和闸门与埋件安装，此时如不对闸门和埋件进行封闭保护，混凝土浇筑过程中掉落的杂物处理不及时回对闸门和埋件造成破坏。

8.2.17 闸门安装完成后，要进行安装完成检查、闸门无水试验、闸门有水试验三个独立的工序。闸门的止水质量事关工程成败。

## 8.3 压力钢管安装

8.3.1 钢管在安装过程中，应保证不发生位移，否则影响工程质量。

8.3.2 防止螺纹在灌浆作业时被破坏，灌浆结束后，拆出空心螺纹护套。

8.3.3 若将焊接地线接在波纹管上，很容易使波纹管收到电弧击伤，破坏滑动面及其内部金相组织。

8.3.4 2） 钢管轨道运输时，阻力的变化决定了其运输速度不可能是完全匀速行进的，特别是斜坡道上运输还会产生一定的冲击力，因此主滑车及其锚环及牵引钢丝绳的强度不能完全按静平衡载荷进行计算，应适当计入动载系数，保证其有足够的安全裕度；在斜坡道上正式运输钢管前，对牵引系统应进行荷载试验。已有工程施工中因钢丝绳设计强度不够，仓促施工时钢丝绳破断引起的恶性事故时有发生，对因工程需要而长期运行的，牵引系统应定期检查，发现钢丝绳有断丝现象的，及时予以更换。

8.3.5目前已建的大型地下引水发电工程较多，因围岩条件的不同，引水洞内设置的钢管有的达数百米，安装运输施工条件较差。钢管洞内运输与明管在安全防护上的不同点主要有运输空间狭小造成交通和联系不便，或因岩爆可能引起塌方等等。洞内卸车或运输钢管时，常常因地制宜，设置锚杆或锚筋桩作为受力点，除应按围岩条件进行锚杆布置设计施工外，还应在正式使用前对主要受力点进行载荷试验。

8.3.6 因钢管运输方式的不同，钢管吊装前常常有翻身的需要。一般应采用另外的起吊手段抬吊配合翻身，受条件限制采取在地面直接翻身时，必须注意立起瞬间产生的冲击力，垫旧轮胎或木板等都是起到缓冲作用。

8.3.7 大型钢管应采取如吊耳或吊轴等焊接工艺吊点的方法。从管内套兜，管口有可能割断钢丝绳，应严格禁止采用。

8.3.8 斜坡道、竖井内钢管以及大型钢管内的支撑结构拆除属高处作业，不当的拆除程序或方法有可能引起大片的连续性跨塌事故，因此实施前应制定拆除方案，规定详细的作业程序和方法，经有关主管部门批准后监督执行。

8.3.9 压力钢管的单体或整体水压试验是一个综合性较强的、大规模的永久设备试验项目，应制定相关的试验大纲和试验规程，具体内容应包括设备和仪器配置、试验程序、试验人员的配备以及施工现场的协调措施等详细内容，正式试验前由设计单位和主管部门审批后方可执行。

# 9 运行检查

9.0.2 ~9.0.3 结合我国电站运行的实际情况对运行检查项目的要求。

9.0.4主要根据我国电站运行实际情况，强调在施工期和运行期对安全监测设备和仪器埋设的保护，重要的安全监测设备损坏后，应及时补设或改设其他监测设备。同时为保证安全监测工作顺利进行，应设置必要的交通、爬梯、平台、照明等。

9.0.5对运行检查周期作了规定，即分为首检、中检和终检，首检一般在钢管运行后5~10年内进行，中检在首检后每隔10~15年进行一次，终检待钢管运行满40年，进行折旧期满安全检测，以确定是否继续使用和必须采取的加固措施）