《水利工程专用机械及水工金属结构通用规范》

编制说明

1. **起草过程**

根据国务院《深化标准化工作改革方案》（国发[2015]13号）要求，2016年住房城乡建设部印发了《关于深化工程建设标准化工作改革的意见》（建标[2016]166号）。在此基础上，住建部全面启动了构建强制性标准体系工作。我所承担了住建部《水利工程专用机械及水工金属结构通用规范》（下称《规范》）研编工作。

为贯彻国家的有关方针政策、法律、法规,保障国家水利工程安全、防止欺骗、保护人体健康和人身财产安全、保护动植物的生命和健康、保护环境，加强水利工程专用机械设备及金属结构的统一管理，特进行工程建设强制标准《水利工程专用机械及水工金属结构通用规范》（下称《规范》）研编。

拟通过本规范的编制,对水利工程专用机械设备和水工金属结构等技术进行统一、系统的梳理,及时对相关强制性条文进行更新,解决部分设计、施工单位使用的技术规范技术水平落后,规范不统一等问题。同时本规范编制,为加强水利工程专用机械、特种设备等方面的安全管理与监督检查,提高相关作业人员安全生产意识,防止事故,保障生命和财产安全等提供支撑。

在《规范》研编的过程中，项目组选择了水利工程起重机械作水利工程专用机械的重点研究对象，其他相关专用机械拟在后续作为子部分进行研编。

在研究内容上，项目组重点做了下列研究：

1. 对我国水利工程专用机械和水工金属结构相关的法律法规和政策措施做了梳理，
2. 拟定《规范》拟规定的通用技术要求与指标；
3. 分析我国现有涉及水利工程专用机械和水工金属结构的现行有效标准和强制性条的覆盖面、可行性和可操作性；
4. 收集整理国外相关技术法规，并从构成要素、术语内涵、技术指标几个方面分析与我国存在的差异。
5. **条文说明**

为便于有关人员在使用本规范是能正确理解和执行条文规定，项目组按照条款顺序编制了本规范的条文说明。

# 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）