

水电站压力钢管流道安全检测及处理

陈 云

中国水利水电第四工程局有限公司 青海 西宁 810007

摘 要：水电站一般由水工建筑物、厂房、水轮机、发电机、压力引水管等组成，是实现水能到电能转换的水利枢纽工程，是国家重点建设工程。本文的工法说明了一种用于压力钢管流道内部的卷扬机台车运行系统，能够有效降低安全隐患，节约成本，保证施工质量。

关键词：水利枢纽；压力；运行系统

前言

水利枢纽工程的压力引水管起到了引导水流、增加水压、缓冲水压和调节水资源等重要作用，是水电站发电过程中不可或缺的组成部分。压力引水管主要由大直径钢制压力钢管组成。压力钢管流道长期运行过程中，不可避免的会出现腐蚀、磨损等缺陷，需要定期对其内部进行检测及缺陷处理。考虑到水电站多建在山区或河流陡峭的地方，压力钢管流道高度落差大，在进行安全检测及缺陷处理工作时，施工难度大，危险系数高。为确保作业人员施工安全，提高检修效率，降低施工成本，依托执行的黄河李家峡水电站扩机（5号机组）流道安全检测及处理工程，对施工过程中所采取的各种新技术方案、新工艺措施进行分析、整理、总结，形成本工法。

1 利用施工现场原有的电源作为用电设备的供电电源

1.1 在施工现场，所有电气设备的金属外壳必须与保护零线连接。保护零线应由工作接地线、配电室（总配电箱）电源侧零线或总漏电保护器电源侧零线处引出。

1.2 当施工现场与外线路共用同一供电系统时，电气设备的接地、接零保护应与原系统保持一致。不得一部分设备做保护接零，另一部分设备做保护接地。

1.3 保护必须采用绝缘导线。配电装置和电动机械相连接的PE线应为截面不小于 2.5mm^2 的绝缘多股铜线。手持式电动工具的PE线应为截面不小于 1.5mm^2 的绝缘多股铜线。

1.4 PE线上严禁装设开关或熔断器，严禁通过工作电流且严禁断线。

1.5 保护零线必须在配电室或总配电箱处作重复接地。保护零线每一重复接地装置的接地电阻值应不大于 10Ω ，在工作接地电阻允许达到 10Ω 的电阻系统中，所有重复接地的并联等值电阻不大于 10Ω 。

1.6 所有进现场的变配电装置，配电线、缆，用电设

备，必须预先经过检验、测试，合格后方能使用。

1.7 配电装置必须装设端正、牢固不得拖地放置；周围不得有杂物；进线端必须作固定连接，不得用插座、插头作活动连接；进出线上严禁搭、挂、压其它物体。

1.8 配电线路不得明设于地面，严禁行人踩踏；线缆接头必须连接牢固，并作防水绝缘包扎，严禁裸露带电头，严禁徒手触摸和在钢筋、地面上拖拉带电线路。

1.9 用电设备严禁溅水和浸水，已经溅水或浸水的用电设备必须停电处理；未断电时，严禁徒手触摸和打捞。

1.10 用电设备移位时，必须首先将其电源隔离开关分闸断电，严禁带电搬运；搬运时严禁拖拉其负荷线。

1.11 照明灯具的型式和电源电压必须符合使用场所环境条件的要求，严禁将220V碘钨灯作行灯使用。

2 斜直段检修台车制作及钢丝绳的缠绕方式与计算

2.1 斜直段检修台车的制作

在压力钢管流道下平段搭设一台框架式钢结构台车，台车结构如下图所示，主要由工字钢、槽钢、角钢等作为框架，花纹钢板作为工作平台，导向轮作为移动设施构成：

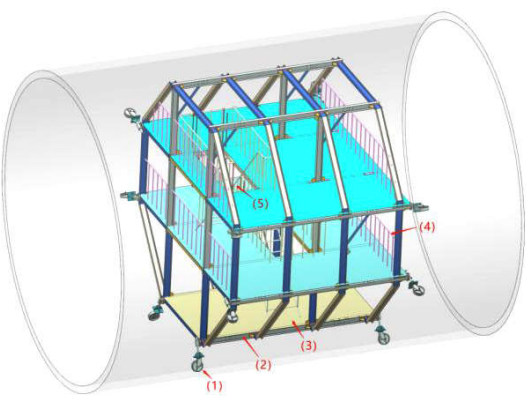


图1 台车设计图

此时台车工作平台需和压力钢管流道角度一致，搭

设成八边形结构,构成单层检修平台,检修平台满铺5mm厚度的花纹钢板,工作平台周边安装防护栏杆,防护栏杆高度1.2m,防止人员坠落,平台周边加设200mm高度的踢脚板,防止工器具掉落,台车上面布置配电柜,工具箱,照明设施等工器具。

2.2 钢丝绳缠绕方式与计算

正常工作时,钢丝绳的受力主要为台车自重、钢丝绳重量及施工人员的重力,台车的设计重量为4200Kg,工作时台车上最多配置人员2人,人员自重按100Kg算,而钢丝绳的重量经查表为1327Kg,故卷扬机台车系统的总重量为 $(4200+100*2+1327)$ Kg = 5727Kg。

由下面公式可计算出直径Φ19.5mm的一根钢丝绳的安全负荷为3950Kg。

安全负荷 = 破断拉力÷安全系数 = $19750\text{Kg} \div 5 = 3950\text{Kg}$

卷扬机牵引台车运行系统,总共布置了8跟钢丝绳。经计算得出直径Φ19.5mm的一根钢丝绳的安全负荷为3950Kg,故8根钢丝绳的安全负荷为 $3950\text{Kg} * 8 = 31600\text{Kg}$;台车系统的总重量为5727Kg,即8股钢丝绳所承受的力为5727Kg,则一股钢丝绳所受的力为

$$5727\text{Kg} \div 8 = 715.88\text{Kg}$$

因为 $5727\text{Kg} < 31600\text{Kg}$,故选用Φ19.5mm的钢丝绳牵引台车系统能满足承载力要求。

3 上弯段导向轮、导向架安装

3.1 上弯段导向轮布置位置

在压力钢管流道上弯段相应位置处布置5个导向轮,5个导向轮结构与下弯段导向轮结构设计完全相同,导向轮1、2、3、4、5布置如下图所示,其中导向轮1、2、3、4受压,导向轮5受压。导向轮1、2、3、4布置在压力钢管左侧,距离压力钢管中心600mm,与钢管爬梯相距100mm,使得Φ19.5mm钢丝绳从卷扬机引出后,不会与压力钢管管壁及爬梯钢管产生干涉,导向轮5布置在压力钢管中心正下方位置处。

上弯段导向轮设计图如下所示,用两块 $20\text{mm} \times 300\text{mm} \times 250\text{mm}$ 的Q345C钢板做支撑钢板,在长边300mm处开45°的单边坡口,距离长边165mm处开Φ40mm的圆孔,作为直径Φ40mm长度112mm的轴孔;里面安装一个直径Φ200mm,槽直径Φ150mm厚度40mm的轮子,作为Φ19.5mm的钢丝绳导向使用。

3.2 上弯段导向轮受力计算

依据规范,焊缝的强度设计值(N/mm^2),材料为Q345钢,板厚为20mm时,角焊缝的抗拉、抗压和抗剪值为 $200\text{N}/\text{mm}^2$ 。20mm厚度的连接钢板与压力钢管接触

的面积为 $300\text{mm} \times 20\text{mm} \times 2 = 12000\text{mm}^2$,故此处焊缝可以承受的力为 $200\text{N}/\text{mm}^2 \times 12000\text{mm}^2 = 2400000\text{N}$,可承受 $2400000 \div 9.8 = 244898\text{Kg}$ 。因为 $715.88\text{Kg} < 244898\text{Kg}$,安全系数为 $244898\text{Kg} \div 715.88\text{Kg} = 342$ 倍,故此处的连接钢板能满足钢丝绳正常运行时的承载力要求。

4 质量控制

建立健全ISO9001质量管理体系,编制和实施施工作业指导书。

4.1 工程质量控制标准

严格遵照《压力钢管制造安装及验收规范》(DL5017-93)、《水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准》(SDJ249.2)和《水工金属结构焊接通用技术条件》(SL36)。

4.2 技术交底会

针对压力钢管检测用卷扬机台车运行系统的制作及布置,由总工程师组织召开技术交底会,技术管理、质量检验和施工相关人员参与讨论形成最合理的工艺方法,并将关键工序的操作方法、注意事项和质量控制要求向作业人员交代清楚。

4.3 质量会议

由质量管理人员每周负责编写质量总结报告,并根据实际需要组织质量专题会议,增强参与施工和管理人员的质量意识,进一步完善工艺措施。

4.4 工序传递卡制度的质量管理办法

工序管理的标准化程度、序间传递的质量凭证是形成产品质量的根本。工序传递卡制度把质量管理活动由始至终贯穿于工序的过程传递中。质量管理活动主要包括质量三级检验制度、相应的质量奖惩制度和质量教育制度。

质量三级检验制度,作业人员→施工班组长→项目部三级检验制与项目部→监理单位→业主三级检验制相结合的质量三级检验负责制。

5 安全措施

5.1 安全法规

采用本工法施工,遵循《安全生产法》、《建设工程安全生产管理条例》、《安全生产许可证条例》和地方(行业)的有关施工现场安全生产管理法律法规以及根据施工特点编制安全操作规程及具体施工安全措施。

5.2 建立E&OHSMS环境与职业健康安全管理体系,制定现场安全管理程序文件。编制适合本工法需要的安全防护手册,主要包括压力钢管内部卷扬机牵引台车系统制造、安装、拆卸作业安全、高空作业安全、用电安全等规章制度。

5.3 加强现场的安全检查与监督,建立健全现场安全管理责任制,建立完善的安全保证网络体系和安全管理机构,设一名专职的安全员,负责项目的日常安全管理工作,层层落实安全责任制。在生产活动中作到人人参与安全管理,实行全员的、全过程、全方位、全天候的动态安全管理。

5.4 实行定期召开安全会议制度,将安全会议纳入定期会议内容。每周召开一次有班组长以上参加的安全会议,检查本周重点,安排安全生产任务。全面实行班前5分钟安全会制度,作到预知危险活动、预防危险活动,把安全隐患消灭在萌芽状态。

5.5 对作业人员进行施工前的安全技术交底,加强与人员的安全培训工作。在工程开工前组织有关人员学习国家安全生产的法规、《水利水电建筑安全技术工作手册》、《安全生产手册》,并进行安全作业的考核。加强对作业人员的安全操作技能培训和考核。

5.6 建立安全奖罚制度。对安全生产进行严格检查、考核与奖罚,同时加大对各类违章和事故的处罚力度,对事故将实行责任追究制度。工程开工前项目部经理与各生产部门负责人签订安全责任书,制订安全生产目标。

5.7 建立起卷扬机牵引台车系统运行设备管理规章制度,配备专职操作人员,对设备进行班前班后检查。

5.8 在凡可能漏电伤人或易受雷击的电器设备及建筑物均设置接地或避雷装置;动力线与照明要按规程分开架设;配电箱采用有关规范规定的标准配电柜;变压器设备按规程规范要求安装;按期进行安全检查和电气设备预防性试验,发现问题及时处理,防患于未然。

5.9 生产中各施工工序的危险点、安全重点环节,悬挂警告类标示牌标示。危险品或易燃易爆品按国家有关规定分类存放,使用时必须满足安全距离要求。在施工工程区内设置必需的信号,这些信号应包括:报警信号、危险信号、控制信号、安全信号、指示信号等。

6 环保措施

6.1 环保法规

本工法实施过程中严格遵照《环境保护法》和《环境体系规范及使用指南》(GB/T 24001—1996)。

6.2 环保监测、环保措施及在文明施工中应注意的事项

6.2.1 建立由项目经理直接领导的环境保护管理和监督机构,负责组织和监督环境保护措施的落实。

6.2.2 接受业主对工程项目的文明施工的统一管理,严格遵守国家和地方政府有关环境保护的法令、法规和合同规定,对施工活动范围内的环境予以认真保护。

6.2.3 合理规划生产厂区,做到工完、料尽、场地清,随时清理现场;完成一处,清理一处,不留垃圾,不留剩余施工材料和施工机具。建立健全卫生保洁制度,做好厂区卫生清理。

6.2.4 采取有效措施降低噪音和粉尘排放污染。在施工场地周围及场地内做防洪、排水等保护措施以防止冲刷和水土流失;施工用水及地下水及时排除,严禁流水横溢。严格按国家和地方有关环境保护法规和规章的规定控制辐射和有毒气体;探伤射线作业按国家相关规定要求进行,不对周围环境和人员造成危害。

6.2.5 工程结束后,按照业主的指令及其批准的环境保护措施,按期拆除场地内的临时设施,清除施工区和生活区及其附近的施工废弃物,恢复环境。

结束语:在李家峡水电站扩机(5号机组)流道安全检测及处理工程项目中,传统的施工方法是搭设脚手架或钢爬梯,工程量大、工期长、危险性高。项目部经过多次讨论,创新性地设计出卷扬机台车运行系统,能够提高施工安全性和施工效率,降低人工成本,保证施工质量。

压力钢管流道的检测及缺陷处理是一项高风险的工作,施工人员需要在高处进行作业,存在坠落、物体打击等安全风险。卷扬机台车运行系统的使用可以将施工人员固定在安全位置,降低了高处作业的风险,提高了施工的安全性。

传统的施工方式需要作业人员手工爬梯进行,工作效率低下。而卷扬机台车运行系统可以将施工人员快速、安全地移动到需要检修的位置,节约了施工时间,提高了施工效率。

传统的施工方式需要搭设爬梯等辅助设施,增加了施工的成本。而卷扬机台车运行系统可以替代传统的辅助设施,减少了施工所需的材料和人力成本,降低了施工的成本。

卷扬机台车运行系统可以将施工人员准确、稳定地移动到需要检修的位置,使得施工人员可以更好地进行工作,提高了施工的准确性和稳定性,保证了施工质量。

参考文献

- [1]吴淦耀.长汀县小水电站压力钢管安全检测浅析[J].小水电,2025,(01):88-90.
- [2]左路军,赵承刚,颜昌明.某水电站长距离压力钢管设计[J].安装,2024,(S2):129-131.
- [3]张宇,关卫国.水电站压力钢管斜管段安全检测技术[J].大坝与安全,2024,(06):21-23.
- [4]田志刚,王兴,吴兴成.某水电站压力钢管内壁鼓包原因分析及缺陷处理[J].四川水力发电,2023,42(S1):124-129.