

气动盾形闸门主体结构安装工作控制点分析

Analysis of Control Points for the Installation of the Main Structure of Pneumatic Shield Gate

张君宇

Junyu Zhang

北京绿都锦绣水务建设有限公司 中国·北京 101200

Beijing Lvdu Jinxiu Water Construction Co., Ltd. Beijing 101200, China

摘要: 论文通过对气动盾形闸门系统主体结构安装工作的分析,结合相关技术要求,重点研究了在主体结构安装工作中如何确保闸门质量并且能够安全稳定运行。通过多个类似工程项目施工实践和比较、总结、分析,阐述了主体结构安装工作对闸门质量及运行的重要性。对解决因安装调试质量问题导致的闸门过水不均匀、闸门不能正常起伏甚至溃坝等严重质量安全事故有一定的借鉴意义。

Abstract: Through the analysis of the installation of the main structure of the pneumatic shield gate system, combined with relevant technical requirements, this paper focuses on how to ensure the quality of the gate and can operate safely and stably in the installation of the main structure. Through the construction practice, comparison, summary and analysis of many similar engineering projects, the importance of the main structure installation to the quality and operation of the gate is expounded. It has certain reference significance for solving serious quality and safety accidents such as uneven water over the sluice, the failure of the sluice, and even the collapse of the dam caused by the quality problems of installation and commissioning.

关键词: 气动盾形闸门; 主体结构安装; 控制点; 分析

Keywords: pneumatic shield gate; main structure installation; control point; analysis

DOI: 10.12346/etr.v5i5.8059

1 引言

气动盾形闸门系统起源于美国 OHI 公司,1988 年第一次应用在美国新罕布什尔州,该产品已在美国、加拿大、欧洲、日本、韩国等发达国家得到普遍使用,已成为目前发达国家水利工程发展的流行趋势,目前全世界已有近 500 座案例。2005 年引进中国,先后在北京、重庆、贵州、江西、吉林、甘肃、西藏、河南等多地得到应用。论文以淄博 3×100m 气动盾形闸门主体结构安装及控制系统调试工作控制点进行分析。论文作者自 2015 年起经历了挡水高度 0.8~5m 不等的十多个项目,积累了丰富的安装经验,所有内容来源于实际工作。

2 气动盾形闸门简介

气动盾形闸门系统是通过水利部“948”项目办引进国外的先进技术,在引进基础上,通过消化吸收再创新,结合传统钢闸门和橡胶坝优点的一种新型闸门。以及中国水利工

程的实际需要,成功研发的一种新型生态环保、安全可靠的新产品,技术成熟,功能优越,颠覆以往传统闸门技术,是更先进的更新换代产品。经过相关部门科技成果鉴定,达到国际领先水平。

气动盾形闸门系统由钢闸门、气袋、埋件、空压压缩系统、控制系统组成(详见下图),利用空气压缩原理,通过气袋充气与排气,使钢闸门快速起升与倒伏。闸门倒伏时,门体全部倒卧在河底,不影响泄洪和通航要求。闸门起升时即可蓄水,亦可维持特定水位高度,待上游水位上升溢流后,可形成瀑布景观(见图 1)。

3 主体结构安装工作控制点

气动盾形闸门主体结构安装工作包括准备工作、闸门板拼装、铰链安装、信号线穿线、气袋铺设、止水封及侧止水封安装、抑制带安装、夹铸具安装、保压试验及角度仪安装、控制及动力系统安装。为了保证闸门质量符合要求,主体结

【作者简介】张君宇(1991-),男,中国北京人,本科,从事气动盾形闸门施工技术研究。

构安装工作需要严格控制各工序质量要求，以确保闸门安全稳定运行。



图1 气动盾形闸门系统

3.1 准备工作

土建工作完成后，在进行闸门主体结构安装前，应先将混凝土表面清理干净并用水全部冲洗一遍，清洗完成后对气袋铺设位置的混凝土面进行平整度处理，要求与设计误差小于 $\pm 3\text{mm}$ 。打磨的同时切断外露的架立钢筋，并打磨到混凝土面以下，再覆盖砂浆或环氧树脂^[1]，以保证气袋铺设位置表面平滑，防止异物对橡胶气袋造成破坏。充气槽和抑制带槽的槽体四周需打磨成圆角，防止在橡胶气袋反复充放气的过程中造成磨损。楔形埋件错台及接缝处采用小电流堆焊，然后打磨光滑的方式进行处理，同时检查楔形埋件下部是否有空洞，如有空洞需采用灌浆处理，以保证埋件受力均匀。闸墩板需清理表面焊渣、混凝土等污迹，并测量平整度，对不合格处进行打磨处理^[2]。

3.2 闸门板拼装

闸门板是气动盾形闸门的挡水结构兼有保护气袋的作用，是整个闸门的重要组成部分。闸门板制造材料一般采用Q345钢材，门板表面采用热喷锌加封闭漆进行防腐并按照顺序进行编号，喷漆前需将门板上焊接的螺柱套上橡胶管进行保护。闸门板制造材料也可采用不锈钢制造，不锈钢门板无需进行防腐处理，且更加环保、美观。闸门板出厂前需进行预拼装及出厂验收^[3]，验收合格并提供出产合格证、质量检验报告等相关质量文件后即可装车发货。闸门板运输可多层叠放，但层间需设置枕木隔开，保证闸门板之间无碰撞。安装前先将闸门板按照编号分别摆放在相应位置，注意闸门板应摆放在平整的混凝土上，防止造成变形。安装时在闸门板拼缝位置下部设置钢垫板，以保证两快闸门板处于同一水平位置。闸门板拼缝的两侧使用硅酮胶按照网状进行打胶，以保证闸门拼缝不漏水。闸门板拼接时先在固定螺栓孔的两端及中间各安装一定位销，然后安装螺母，待其他部位螺栓安装完成并拧紧后，将定位销拆下，安装定位销位置的螺栓。所有螺栓安装完成后，使用扳手重新拧紧至少两遍，以保证安装牢固。

3.3 铰链安装

铰链是为闸门板提供拉力的重要受力结构，同时也是最

容易漏水的部位，铰链与闸门接触部位的密封性须严格控制。安装前需将铰链底部及闸门板门轴部位清理干净，在螺柱四周、门轴上部及肋板两侧打硅酮胶，打胶时需要一定的厚度，肋板两侧需重点加厚。打胶完成后将铰链安装至闸门板上，上部安装铰链盖板后用螺母固定，所有螺母需使用扳手重新拧紧至少两遍，以保证安装牢固。铰链两侧长出部分待门板位置确定后，比较间止封宽度切割，以保证与间止封的接缝紧密，防止漏水。

3.4 信号线穿线

信号线是闸门角度仪的信号传输通道，安装前根据角度仪到控制室的距离将信号线切割准备齐全并做好标记序号，保证每根信号线中途无接头，以免影响信号传输。穿线时将信号线与预留的穿线钢丝固定牢固，穿线管内可倒入洗洁精进行润滑。穿线过程中每根线均需安排专人进行送线，避免信号线打结或卡住，穿线速度尽量放慢，以免拉断钢丝。待河道内信号线露出长度剩余3m左右即可结束穿线，将露出部分固定牢固并进行包裹保护以免遭到破坏。

3.5 气袋铺设

气袋是闸门的核心部位，是闸门起伏的动力结构，采用纤维连续缠绕和整体硫化生产工艺以保证气袋能够承受更大的压力，确保闸门使用安全。气袋出厂前需进行质量检测及保压试验，合格后才可出厂运输至现场。铺设前先将气袋下部混凝土面清理干净，不得存在钢筋头、混凝土渣等容易造成气袋磨损的物体，并在上面泼一些肥皂水作为润滑，以便微调时容易拉动。气袋的中心位置应与每个闸门单元的中心线相对应，可使用铰链配合夹具进行微调。铺设并定位完成后，将气袋上游侧掀开安装充气软管，软管接头安装时使用螺纹密封胶进行密封，注意螺纹密封胶达到干燥要求时间前不得进行充气。安装过程中注意气袋上的弯头方向应朝向下游侧，软管在充气槽内应为圆形布置，防止在运行过程中被压到气袋底部造成无法正常充放气。

两个气袋之间连接部位是闸门漏水的重灾区，铺设气袋前在连接部位铺设海波龙或橡胶片，使连接部位全部包裹在海波龙内，海波龙底部使用胶水粘在混凝土面上。两气袋之间空隙部位需使用与气袋头部大小、形状相同的楔形块填满，每个楔形块两侧、底部、顶部以及楔形块与气袋接触的部位均需要使用密封胶密封，打胶完成后将海波龙翻转包裹住接头部位。然后即可将拼装好的闸门板放至气袋上，将闸门板中心位置与气袋中心位置对齐后，将除闸门止封位置以外的夹铸具安装完成。

3.6 间止封及侧止封安装

间止封及侧止封是闸门的重要封水部分，同时也是闸门单元之间的连接结构。安装时先按照止封底部的宽度切割铰链，保证拼接位置无缝隙，并在接缝位置打胶后将底部就位，待密封胶凝固后使用修补条粘接接缝位置，以确保接缝不漏水。修补条安装前将接缝表面的多余密封胶清理干净，

并打磨成毛面。粘结时将胶水均匀涂抹至黏贴部位，静置1~2min，待胶水有一定粘度后，将修补条从一侧开始慢慢压上，中间不得存在空腔。黏贴完成后将多余部位切除，使用夹铸具固定。固定后按照止封螺柱位置对上部进行钻孔，上部结构安装前需将安装位置的门板清理干净，并在安装螺柱根部及螺柱之间打胶，然后将止封压入，止封上部安装止封压板，并用螺母固定。侧止封安装步骤与间止封相同，但安装时还应注意止封和闸墩板之间的距离，距离太近将影响闸门起伏，太远则容易漏水，应以自然状态下L型上部刚好贴紧闸墩板为宜。

3.7 抑制带安装

抑制带是闸门运行时的重要组成部分，通过调节抑制带的长度来保证闸门升至最高挡水位时高程一致，同时兼有防止闸门翻覆功能，保证闸门运行安全。抑制带底部螺栓在气袋铺设前安装，顶部螺栓在间止封安装前，将闸门板吊起安装，安装时需在门下布置可靠的支撑，防止闸门板脱钩发生安全事故，抑制带两端的尼龙棒应紧贴压板，顶部螺栓孔四周使用密封胶密封。安装完成后将闸门充气起升至最高位置，校准闸门两侧及中间高程是否一致，如存在误差，使用在抑制带底部安装调节垫板的方式调整闸门高程，保证所有闸门单元顶部高程一致。

3.8 夹铸具安装

夹铸具是闸门固定的主要结构，将闸门板和气袋固定在预埋的主锚栓上，在闸门板及气袋位置确定无误后即可安装。安装过程中应从中间向两侧逐一压紧，至少需要紧固3遍，完成后使用扭力扳手逐个进行检查。

3.9 保压试验及角度仪安装

河道内部件安装完成后需进行保压试验，将闸门高度调节一致后，记录闸门高度、气袋压力以及气温情况。保压24小时进行对比，高度及压力无明显降低则保压合格。保压过程中可安装角度仪，角度仪与信号线接头部位应使用防水接头，接头外部包裹热缩管、防水胶带及塑料胶带三层。接线时需注意3根信号线的对应关系，接好后可在控制柜确认信号完好进行接头安装。信号线接头处外皮不宜剥下太长，保证防水接头两端的防水橡胶垫固定在外皮部位，避免接头进水。

3.10 控制及动力系统安装

控制及动力系统包括空压机、冷干机、储气罐、PLC控制柜、机械管路控制排等。安装前先在闸墩至控制室之间砌筑管线槽，将闸墩位置的充气管路及信号线延续至控制室内，信号线设置穿线管进行保护。控制室内充气管路与机械管路控制排连接，信号线与PLC控制柜连接。

根据控制室情况，合理布置各设备的位置。机械管路控制排应在靠近河道侧的位置，方便充气管路安装。PLC控

制柜应在窗户边，以便操作时可以观察闸门情况。所有接头安装完成后检查接头密封情况。信号线应按照序号对应安装在PLC控制柜中。所有管路焊接完成后应检查焊缝是否存在漏气现象。检查完好无误后，即可将室外部分管路及信号线覆盖，注意管路四周应使用沙子覆盖进行保护，管线槽上部布置混凝土盖板。

空压机为气动闸门提供动力，根据闸门的挡水高度不同配备不同功率的空压机。冷干机与空压机串联后，对空压机压缩的空气进行冷却干燥，排除空气中的冷凝水。两组设备安装完成后并联至储气罐下部进气口，储气罐上部出气口连接至机械管路控制排的充气口，通过储气罐可以提供相对稳定的压力，有利于闸门平稳运行。机械管路控制排与PLC控制柜组成了闸门的控制系统，PLC控制柜通过接收角度仪传回的信号，自动计算出闸门挡水高度，并实时调节各闸门单元之间的高差，保证各闸门单元高度一致。控制柜电脑内安装好闸门的控制系统，通过操作系统可以实现位置模式、流量模式、水位模式三种运行模式，实现全自动化管理，操作简单。机械管路控制排接到控制柜信号后，按照信号操作各闸门单元的充放气，实现闸门的起伏。

3.11 闸门调试

以上步骤全部完成后即可开始闸门调试工作，闸门调试应由专业人员操作，根据闸门倒伏时的高程位置以及高差，在控制系统内输入实际的参数值，并按照不同的运行模式进行闸门倒伏试运行，运行过程中根据实际情况调整参数值，直到闸门自动运行平稳正常。调试过程应在白天进行，并有专人指挥，过程中持续观察闸门情况，并及时与操作人员联系。

4 结语

气动盾形闸门主体结构安装是闸门的关键工作，能够直接体现闸门的安装质量，对后期闸门是否能正常运行起到至关重要的作用，因此在进行主体结构安装工作时应严格按照控制点进行控制，避免影响闸门质量及运行。以上措施在甘肃临泽、山东淄博、江苏南京等项目实践得到了很好验证，工程质量得到保障。希望论文中的相关技术方法及工艺能对类似工程提供借鉴作用，促进气动盾形闸门产品和技术得到推广应用。

参考文献

- [1] SL677—2014 水工混凝土施工规范[S].
- [2] Q/FTJME0001—2015 气动盾形闸门系统制造安装及验收规范[S].
- [3] GBT14173—2008 水利水电工程钢闸门制造、安装及验收规范[S].