

# 水利工程中水闸加固施工技术的运用研究

文 / 高志强 鄞城县引黄灌溉工程管理中心

**摘要:** 在水利工程项目中,水闸是相当关键的一部分,它主要起到调控水流速度和水位高低的作用,这样才能保证水利工程安全、稳定地运行。水闸施工质量以及管理水平的高低,直接影响整个工程运转是否顺畅、结构是否稳定,所以需多加留意。另外,水利工程建设,地基的结实性、承载能力强弱等,这些都是十分重要的考虑因素。为了让地基更加坚固、提升承载能力,经常会用到高压喷射注浆技术,该项技术能够有效加固地基,还能防止漏水、阻止水分渗透,让整个水利工程更加安全、稳定。

**关键词:** 水利工程;水闸加固;高压喷射注浆;地基增强;施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.077

## 引言

社会一直在进步、发展,水利工程项目数量越来越多,规模也越来越大,这对地区经济增长、保障社会秩序的平稳运行,意义重大。在水利工程项目中,水闸建设又是极其重要的一步。水闸施工质量直接决定整个水利工程能否达到预期效果。如果水闸施工出现问题,后续工程环节都将受到影响,随之而来的是一连串的麻烦。由于水闸施工技术复杂、难度高,涉及的环节多,专业要求严格,所以在实际施工时,经常会出诸如结构不稳固这类问题<sup>[1]</sup>。这些问题不仅会让工程推进受阻,还可能引发一系列负面反应,让工程质量大打折扣。所以在进行水闸施工时,一定要重视加固技术的应用,只有这样才能保证工程质量达到预期的标准。

### 一、水闸的重要性分析

水闸是水利工程中的一种建筑,主要用来控制江河湖泊的水量还有水位,在整个水利工程体系中相当关键。现在,现代化技术发展得迅速,水利工程技术也在不停地优化升级。所以在水利工程中,自动化水闸使用得越来越多。自动化水闸整合了多种功能模块,它不仅能控制闸门的打开和关闭,还能精确地计算流量。而且它还有远程控制和通信的功能。在提前设定好流量、水位、开度这些参数的情况下,闸门可自动调节输配水量。

随着社会的发展,水闸一直在改进完善,现在自动排水与给水功能已经得以实现,具备精准调控流域水量的功能,能大大减少发生洪涝灾害的可能性。在应用过程中,水闸的作用愈发关键,价值也日益凸显。过去,传统的闸门控制方法一直都有诸多问题,水闸能有效解决这些弊端。而且水闸在河道管理领域,作用也十分显著,对减轻水运压力大有帮助。水闸通过控制开关,能为河道中的船只指引航行方向,保证船只按照顺序顺利航行。而且水闸不仅能挡水、泄水,在旱季时它还能将水资源存起来,方便了旱季农田的灌溉,为庄稼灌溉提供了便利。

### 二、高压喷射注浆技术的原理

#### (一) 冲切与掺搅功能

高压喷射注浆技术将“冲”“切”“掺”“搅”

这四样工作融合在一起。“冲”和“切”就是使用高压水流对地层的土体冲击,其压力通常可以达到20-40MPa,进行精准切割,让浆液在被冲切破坏的土层中,扩散范围可达半径0.5-1.5米<sup>[2]</sup>。“冲”“切”结束后,使用“掺”和“搅”将各种浆液与土石颗粒充分地混合搅拌,待浆液硬化后就能与土石粒混合物紧紧地结合在一起,变成坚固的凝结体。这么一来,原来的地层结构和组合方式就发生的改变,起到防水效果,能有效防止水分渗透进去。

#### (二) 升扬与转换效应

在施工阶段,高压喷射注浆技术主要依靠设备喷嘴喷出的水、气还有浆液。设备将空气压缩后,有两个主要作用。第一,压缩空气能形成一层外包气层,压力可达0.5-0.8MPa,把水和浆液包裹起来,让它们的射流能够持续保持高压,最远可对距离喷嘴5-8米的远处的地层结构进行切割、破碎。第二,该技术还具有升扬作用。土石碎屑由射流冲击切削形成,而且喷射设备的喷嘴内壁和喷射杆中间,会形成一个环形的空隙,这个空隙能将土石碎屑排出,并将地层中的小颗粒往上扬起,然后浆液就可将空出的空隙填补上。这其实就是一个转换过程,依靠该种方式,浆液能把地层结构填充地更加稳定。

#### (三) 位移握裹作用

喷射装置的喷射动力强劲,同时它还有能将物体升扬和转换的功能。所以在地层中,那些较小的块石旁边往往存在空隙,浆液就能顺利填充进去。最后这些块石全被浆液严严实实地包裹起来,这么一来地层也就更加稳当。施工过程中,遇到块石堆积密集的区域,或者有较大块石的区域,可以把提升速度稍微降低,这么做是能够提高比能值,更好地处理复杂的施工情况,施工的效果也能得到提高。当水与浆液冲撞到地层中的块石时,块石很容易松动,或者发生位置移动。在这时,块石与块石之间还有块石周围空隙,就形成浆液渗透的有利通道,能让浆液毫无阻碍地进入地层。高压喷射注浆这技术功能多样,比如搅拌、挤压还有渗透等,而且这些作用相互协作,就能产生将块石握裹起来然后凝结的效果,凝结体就会变得更为连贯、密实<sup>[3]</sup>。

### 三、工程概况

某水电站闸门泄洪加固项目位于赣江的一级支流章江上,该项目包含了排潮节制闸、通航船闸还有排涝泵等设施,是一个功能齐全的大型水利水电工程既能灌溉,又能航运、除污。

水闸主要由几部分构成:北岸泄水闸、北岸水轮泵站、南岸水电站以及供水泵房。这些设施具体的位置分布,可见图1的示意图。

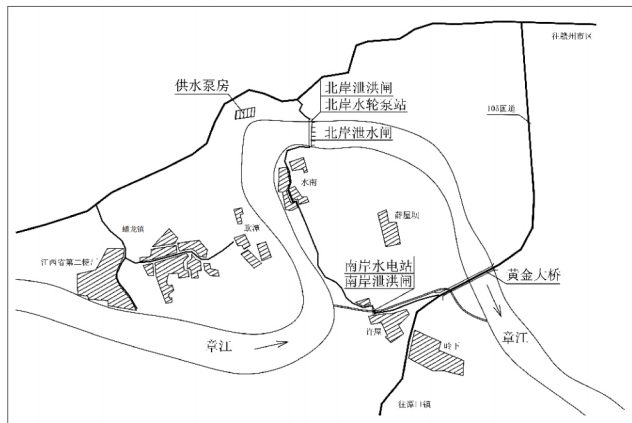


图1 水闸现状平面布置示意图

但是,该水闸在长期运行中,逐渐出现一些问题。比如闸门底板不均匀沉降,最严重的地方沉降达15厘米,并且往两边扩散;水闸的桥墩沉降严重,约42厘米,部分桥墩间的沉降差达到5厘米;测量发现闸口轻微倾斜,大约为 $0.5^\circ$ ,闸板止水老化,滑块磨损严重,磨损厚度在5-8毫米。

### 四、水利工程水闸加固施工技术

#### (一) 开挖施工

在各种工程建设中,挖掘加固是相当重要的一环,这不仅关系到施工的安全和质量,还关系着工程的施工时间。所以开挖加固前,需先制定周全的预案,这是保证施工安全和质量的前提。再者,选取开挖地段时,需挑选最为合适的地方,然后严格按照标准技术方案施工,减少施工时可能发生的风险,让施工效率和质量都得到提高。开展挖掘加固工程时,淤泥是经常会遇到的问题,需及时清理,如果堆积过多将难以保证加固的质量。只有把淤泥及时清理掉,加固质量才能过关。另外,地下水位需控制在0.5米以内,可以采用井点降水等办法,让地下水位稳定在基底以下0.5-0.8米的位置<sup>[4]</sup>。分层开挖时,每层厚度保持在0.3-0.5米,以保证施工质量。

#### (二) 钻孔作业

进行钻孔工作时,有两种办法,第一种是泥浆固壁回转钻进,依靠泥浆来护住孔壁,让孔壁保持稳定。第二种是冲击钻进,依靠冲击力将岩石破碎,然后推进钻孔。钻孔作业时,充填堵漏这一步十分关键,必须保证孔中的泥浆能正常循环起来,而且在钻进的过程中,需同时让套管跟进,否则孔壁容易坍塌。另外,钻孔时还需留

意钻机的垂直度,保证钻机的偏斜率在1%以内,这一点需特别注意。

#### (三) 喷射杆布置

在运用泥浆固壁钻孔工艺过程中,可直接将喷射杆往下放,一直放到孔底。如果采用跟管钻进这种钻孔方式,需注意在拔出套管之前,往套管中灌入密度较大、可塑性强的泥浆。在拔套管时,需一直往套管中灌入泥浆,同时缓慢地向上提套管,保证泥浆的液面一直与孔口保持在同一水平高度,直到套管被完全拔出。施工时候,需先把套管拔出,才能将喷射杆放入孔中。另外,如果想让孔壁更加稳定,可以预先在套管中放置PVC塑料管,起到护壁功能。待到套管拔出后,就可以把喷射杆放到PVC塑料管的底部了,这么做就能保证施工顺顺当当的。在完成套管的拔出操作之后,接下来把喷射杆插进PVC塑料管中,一直插到管子底部。

#### (四) 喷射注浆作业

注浆作业时,地层的具体状况如何,是一个需要细致考量的因素。如果在砂层中,注浆管往上提的速度控制在每分钟15-20厘米便足够;如果在砾石层,由于存在较多石块,提升书序就需降低至每分钟10-15厘米;如果遇到石块直径较大,超过40厘米的块石层,注浆的速度还要继续降低,每分钟5-10厘米,以适应复杂的地质状况。等施工结束后,需立即把注浆管拔出清洗,如果不拔,浆液一旦凝固,注浆管便难以拔出。每个孔喷射注浆工作结束后,就可以着手进行封孔操作。如果地基因为一些外界原因,又有了额外变形,强度也变得更低,而且这时浆液还没凝固,那就可以通过调整注浆速度,或者让浆液快速凝结的办法来解决这个问题<sup>[5]</sup>。

#### (五) 清洗与充填作业

水闸加固喷浆施工结束后,需将施工使用的各种设备,还有施工区域都清洗干净。施工用的管路,必须保证内部无残留渣滓,如果喷管中留着残渣,可能导致后续使用过程中出现问题。等高压喷射灌浆作业达到预先设计好的高度,就需把喷头从钻孔中取出,紧接着开始孔口部分的灌浆施工。想要使灌入孔洞中的浆液不再流动,灌浆时就需将灌浆高度控制好。另外,在施工孔洞中开挖沟槽,深度需控制在30到40厘米,这是根据现场实际施工的情况决定的<sup>[6]</sup>。清洗回填施工,主要在喷浆施工的孔洞周围进行,主要作用是将开挖的沟槽填平。灌浆后的孔洞需立刻进行回填处理。待高压填充作业完成后,为了避免孔洞周围出现凹陷,就需对孔洞周围区域进行填充和清洗,直到浆液不再流向孔洞中即可。

### 五、水利工程水闸加固施工质量控制

#### (一) 冒浆问题的处理

旋喷施工在地基处理中较为常用,不过在实操时,有时会遇到各种状况。首先旋喷施工时,有时会有少量土壤颗粒伴随着浆液一起冒出地面,该种情况无法完全避免,所以需及时观察冒浆的情况,再结合地层资

料进行分析, 然后对旋喷参数进行适当调整。正常来讲, 冒浆量如果低于灌浆量的 1/5, 属于正常情况, 但如果超过这个范围, 就需立刻找出原因, 然后采取相应措施。第二如果注浆量未发生变化, 但注浆压力却出现下降, 这可能暗示存在潜在的问题, 此时需对各个部位进行仔细检查, 查看是否存在泄露的情况, 或者将注浆管拔除, 对它的密闭性进行检查。这是因为注浆压力降低, 很可能就是管道泄漏或者密封不严导致, 这种情况需马上处理。第三如果不冒浆, 或者冒浆断断续续, 则可以采用复喷的办法处理。但如果遇到空洞或者通道这类问题, 就需持续灌浆, 待冒浆后再拔管<sup>[7]</sup>。最后如果发现浆液过多, 可稍微将喷射压力调高, 或者将喷嘴孔嘴缩小, 同时加快喷头上提速度和旋转速度, 以减少浆量, 一是避免浪费浆液, 二是提高施工效率。

## (二) 防缩工艺处理

在建筑工程施工时, 经常会遇到这样的难题, 即混合浆液与土壤颗粒搅合后, 团结体的顶部总是会出现凹

穴。凹陷的深度一般在 0.3~1.0m 之间, 而且不同地层凹穴深度往往不一, 比如在粉质粘土中凹穴平均深度是 0.5m, 沙质土中平均是 0.7m。凹陷如果不及处理, 将会对加固效果造成不良影响。针对凹陷问题, 可以用旋喷法来处理。旋喷法有多种方式, 比如单管旋喷法、二重管旋喷法还有三重管旋喷法。如果凹穴比较浅, 使用单管旋喷法即可; 如果凹陷较深, 就需使用二重管或者三重管旋喷法, 一般旋喷长度是 10m<sup>[8]</sup>。对于有凹陷的团结体, 还可使用超高旋喷的办法。在浆液尚未凝固时, 将冒浆回灌进然后振捣结实; 或者进行二次灌浆, 将凹陷部位的空隙填满, 这样团结体就能更加稳定。

## 六、水闸加固前后对比

水闸加固对于提高水利工程的性能来说是十分关键的一步。为了能更清楚、直观地展示水闸加固的效果, 现对水闸加固前和加固后的泄流能力, 还有特征水位的变化情况进行对比分析, 具体数据如下表所示:

表 1 水闸加固前后泄流能力及特征水位变化情况表

名称	加固前	加固后	变化值
设计洪峰流量 / (m <sup>3</sup> /s)	3840 (P=3.33%)	4740 (P=3.3%)	+ 900
校核洪峰流量 / (m <sup>3</sup> /s)	4800 (P=1.0%)	5930 (P=1%)	+ 1130
正常水位 /m	102.32	102.32	0
设计洪水位 /m	107.10 (P=3.33%)	105.93 (P=3.3%)	- 1.17
校核洪水位 /m	108.02 (P=1%)	107.13 (P=1%)	- 0.89
下游设计洪水位 /m	104.36 (P=3.33%)	105.16 (P=3.3%)	+ 0.80
下游校核洪水位 /m	105.40 (P=0.5%)	106.51 (P=1%)	+ 1.11

从泄洪能力来看, 水闸加固后变化较大。原来设计洪峰流量每秒是 3840m<sup>3</sup>, 现在提升到每秒 4740m<sup>3</sup>, 每秒增加 900m<sup>3</sup>。校核洪峰流量也从每秒 4800m<sup>3</sup>, 提高到每秒 5930m<sup>3</sup>, 每秒增长了 1130m<sup>3</sup>。说明加固工程效果明显, 水闸应对洪水的能力大大增强。洪水来临时, 水闸能更快速的将洪水排出, 洪涝灾害的风险降低, 周边居民的生命财产安全以及生态环境的稳定更有保障。

从特征水位来看, 正常水位还是保持在 102.32m, 说明平常水闸运行时对水位的控制较为稳定, 加固工程未对其产生影响。但是, 设计洪水位从 107.10m 降到 105.93m, 校核洪水位也从 108.02m 降到 107.13m。说明水闸加固后遇到洪水时, 能够将水位控制得更低, 洪水淹没周边区域的范围变小, 影响程度减轻。另外, 下游设计洪水位和校验洪水位分别上升了 0.8cm 和 1.11m, 这样一来下游河道的水流条件得以改善, 河道泄洪能力更强, 上下游水流调配也更加合理。

## 结语

总的来说, 水利工程对社会经济发展十分重要。以水闸为例, 其在水利工程建设中扮演着至关重要的角色。水闸是否稳定, 直接决定了整个水利工程作用的发挥以及价值的体现。所以水闸的建设以及后续的维

护工作, 相关部门及人员必须高度重视, 才能保证水资源得到科学合理的利用, 让社会经济朝着可持续发展的方向推进。

## 参考文献

- [1] 王斌. 水闸结构防渗技术在除险加固中的应用 [J]. 珠江水运, 2025, (01): 88-90.
- [2] 张连波. 泵站水闸除险加固施工技术探析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2024, (32): 129-131.
- [3] 李华卢. 小型水闸加固技术及有限元分析 [J]. 中国新技术新产品, 2024, (21): 105-107.
- [4] 张丹, 张斌. 影响大型水闸除险加固工程的因素分析 [J]. 江淮水利科技, 2024, (05): 49-51.
- [5] 冯诗舒. 水利工程水闸加固施工技术研究 [J]. 工程技术研究, 2024, 9 (20): 99-101.
- [6] 罗俊彪. 高压喷射灌浆技术在水闸除险加固中的应用研究 [J]. 水利科技与经济, 2023, 29 (11): 151-155.
- [7] 曹振军. 下河湾水库除险加固工程充填灌浆技术分析 [J]. 山西水利, 2023, (06): 54-56.
- [8] 张献波. 开放条件下防水闸墙注浆加固技术研究 [J]. 煤炭与化工, 2021, 44 (12): 1-3.