

复杂地质条件下福城工作井渗水处理与监测分析

刘华平¹ 张立伟¹ 刘夕奇²

1. 深圳市原水有限公司 广东 深圳 518000

2. 珠江水利委员会珠江水利科学研究院 广东 广州 510611

摘要: 本文聚焦于公明水库-清林径水库连通工程中的福城工作井,在复杂地质条件下出现的渗水问题。首先介绍了工作井围护结构设计概况,包括地连墙、内衬墙及周边高压旋喷桩的设置。详细阐述了渗水事件经过,从渗水出现到采取多种处置措施,如抽水、反压混凝土、注浆等,直至最终成功封堵。对渗水原因进行了深入分析,涉及周边地下水绕渗、止水旋喷桩缺失及地连墙施工等因素。同时,提出了后续处置措施,强调加密监测、做降水试验、设置集水坑等。最后总结了堵漏经验,为类似工程提供参考。

关键词: 复杂地质; 福城工作井; 渗水处理; 监测分析

引言

公明水库-清林径水库连通工程对区域水资源调配和供水安全意义重大,关乎民生与可持续发展。福城工作井是该工程核心环节,其施工安全与质量直接影响工程进度和效益。但施工环境复杂,紧邻大水坑河且地质多变,掘进时突现渗水问题,大量地下水涌入威胁人员安全,还致设备故障、材料损坏,工程进度滞后。及时处理渗水、加强监测迫在眉睫,本文将剖析其处理措施与监测方法,总结经验供后续工程参考。

1 福城工作井围护结构设计概况

福城工作井的围护结构设计充分考虑了其临近大水坑河的特殊地理位置和复杂的地质条件。竖井深度达55.65m,内径28m,采用地连墙+内衬墙的组合围护结构,这种结构形式能够有效抵抗周边土体和水压力,保障工作井的稳定性。地连墙作为主要的外围支护结构,采用C30W8混凝土浇筑,深度65.65m,厚度1.2m,墙底设深15m,能够深入稳定地层,提供可靠的侧向支撑^[1]。竖井内衬墙采用C35W12混凝土,厚1.5m,每层3m,共18层,随着开挖深度增加逐层施工,进一步增强了工作井的结构强度和防水性能。在工作井周边设置三重管高压旋喷桩,采用双排布置,排距1m、间距0.89m,桩底高程实际按照深入强风化2m控制。高压旋喷桩能够形成一道连续的止水帷幕,有效阻止周边地下水渗入工作井内,减少渗水风险。

2 现场情况

2.1 施工进度

福城工作井目前施工完成至第十一层内衬墙,第十二层内衬墙开挖完成,开挖深度处于32.5-35.5m范围。此时工作井处于关键施工阶段,渗水问题的出现对施工安

全和进度产生了严重影响。

2.2 地质条件

福城工作井原地表为杂填土,厚度在0.5~1.5m之间,其下依次为砂质粘性土(厚1.4~3.8m)、砾砂(厚1.0~3.0m)。基岩段大部分井壁为全、强风化变质砂岩,总厚27.5~63.0m,下部井壁岩体为弱风化和微风化变质砂岩。这种复杂的地质结构使得地下水在不同地层中的流动规律复杂,增加了渗水的可能性。

2.3 渗水位置

2025年3月30日晚上,工作井6#槽段地连墙、19#槽段地连墙出现渗水情况。其中19#槽段地连墙冒水点位于岩石破碎带,墙侧高压旋喷桩长32.5米,冒水点位于高压旋喷桩底下3.5m。这表明渗水点处于地质条件较为薄弱的区域,周边地下水容易通过断裂带等天然通道渗入工作井^[2]。

2.4 地下水位变化

根据第三方监测数据,靠近大水坑河道侧地下水位变化较大,引起周边地下水位下降累积量超过预警值。例如,3月31日上午9:00监测显示,1#水位监测点水位下降5.83米,2#监测点水位下降4.16米。地下水位的大幅下降不仅反映了渗水问题的严重性,还可能对周边环境和构筑物产生不利影响。

3 事件经过及处置情况

3.1 3月30日

3月30日下午17:00,基坑开始冒水,且水量逐渐增大。施工单位迅速响应,立即组织4台7.5KW抽水设备(之前为2台7.5KW水泵)开始抽排降水,同时积极寻找渗漏点,并通知监测单位加强监测。这一阶段的主要任务是控制水量,防止积水对施工造成更大影响,并为后

续的渗漏点处理争取时间。

3.2 3月31日

上午9:00, 监测单位监测到1#水位监测点水位下降5.83米, 2#监测点水位下降4.16米, 9号、10号沉降测点(挡墙部位)下降10.17毫米、10.70毫米(下降速率超过3毫米/天)。鉴于情况紧急, 公清项目部启动三级预警, 组织各方参建单位召开预警分析会, 明确渗漏点反压、注浆和地表注浆的处置方案。当天上午增加2台22KW水泵(共计6台水泵)进行积水抽排, 晚上22:00对漏水点位置进行开挖反压混凝土(开挖深度1.5米, 反压采用C35三天早强水下混凝土16方)。通过增加抽水设备和反压混凝土, 试图快速控制渗水, 稳定工作井的地下水位和结构。

3.3 4月1日

早上观察, 因水压大, 反压混凝土被冲出, 漏水点未封闭。监测显示, 1#、2#水位监测点水位持续下降, 9号、10号沉降测点(挡墙部位)当天也持续沉降。现场立即采取地连墙开孔反向注浆方案, 但注双液浆时因水压大浆液外泄, 无法固结。下午埋管进行第二次混凝土反压施工, 同步钻机进场。此阶段不断调整方案, 尝试多种方法封堵漏水点, 还加快地面钻孔进度, 为后续地面注浆创造条件。

3.4 4月2日

早上7点开始对反压混凝土进行反顶, 然后封堵预留的导流管(因水压过大, 封堵不能严实), 8:30开始从井下及地面进行注浆, 注浆过程中浆液仍然被水流冲出, 混凝土反压倒流, 堵漏无效。经监测, 1#水位监测点水位持续下降1.76米, 累计下降达15.24, 2#监测点水位下降2.97米, 累计下降14.89米。4号沉降测点累计达24.92毫米(预警值24毫米), 下降速率超过3毫米/天, 9号沉降测点(挡墙部位)当天持续下降3.59毫米, 累计达35.29毫米, 10号沉降测点续下降3.71毫米, 累计达35.14毫米(下降累计值超过设计控制值30毫米), 启动二级预警。组织各参建单位召开预警分析会, 明确渗漏点采用C30水下早强混凝土反压、地表注浆的处置方案。下午对原来反压的混凝土(4月1日的两方混凝土)进行清除, 重新安装一根160直径带阀门钢管, 17:00进行混凝土反压(反压C30三天早强水下混凝土24方)。同步地面注浆孔进行钻孔, 第三台钻机于当天14:30进场。随着渗水情况的加剧, 及时启动二级预警, 进一步优化处置方案, 加大处置力度, 确保工作井的安全。

3.5 4月3日

上午9:36关闭导流管阀门, 同步进行双液浆灌注(通

过反压混凝土时漏水点预留的注浆管注浆), 注浆持续时间3小时, 注浆机压力增加, 12:30停止从井下注浆, 改为地面注浆。下午3点监测, 1#水位监测点水位上涨5米, 2#监测点水位上涨3.8米, 3#监测点水位上涨0.1米, 4#监测点水位上涨0.3米。井下观察反压混凝土周边无明显出水迹象, 封堵成功。夜班持续钻孔作业(明确地面注浆孔深度为51米, 19号槽布置5个注浆孔)。通过合理的注浆操作和时机把握, 成功实现了漏水点的封堵, 同时继续推进地面钻孔作业, 为后续的加固措施提供条件。

3.6 4月7-9日

4月7日15:20, 6号槽井下开孔反向注浆(双液浆), 至18:00结束, 共计使用水泥4吨, 水玻璃3.5吨, 成功封堵此处漏水。经各方商榷决定, 由二级预警降为三级预警。4月8日16:20, 19号槽井下开孔反向注浆(双液浆, 共2孔), 至4月9日1:00结束, 共计使用水泥4吨, 水玻璃3吨, 成功封堵此处漏水。自4月4日-4月9日, 持续从地面进行钻孔注浆工作, 共计钻孔9个(19号槽39.5米1个, 41米1个, 45米2个, 51米2个; 6号槽36米1个, 51米2个)。4月9日14:20, 从19号槽反压混凝土漏水点处竖向开孔3米, 未发现下部有出水情况。通过全面细致的注浆和钻孔作业, 进一步巩固了封堵效果, 确保工作井的渗水问题得到彻底解决。

4 渗水原因分析

4.1 周边地下水绕渗

周边地下水通过断裂带形成绕渗通道, 是导致渗水的重要原因之一。福城工作井下部存在断裂带及风化深槽, 这些地质构造为地下水的流动提供了天然通道, 使得周边地下水能够绕过止水帷幕, 渗入工作井内^[1]。特别是在靠近大水坑河道侧, 地下水位较高, 水压力较大, 进一步加剧了地下水的绕渗现象。

4.2 止水旋喷桩缺失

目前开挖面深度为36m, 主要渗水点处外围止水旋喷桩底埋深32.5m, 渗水点处无旋喷桩。这意味着在该区域, 止水帷幕存在缺失, 无法有效阻止地下水渗入。周边地下水压力大, 在没有旋喷桩阻挡的情况下, 容易通过该薄弱区域进入工作井, 导致渗水问题的发生。

4.3 地连墙施工因素

结合前期地连墙成槽阶段, 此段地层内频发糊轮现象, 含泥量大。在浇筑过程中, 高地下水水位夹带泥沙冲入, 可能形成渗漏通道。地连墙作为工作井的主要防水屏障, 其施工质量直接影响防水效果。施工过程中出现的问题, 如泥沙冲入导致墙体不密实等, 为地下水的渗入提供了条件。

5 后续处置措施

5.1 加密安全监测

继续加密安全监测，增加监测频率和监测点数量，确保能够及时准确地掌握工作井及周边环境的变形情况。同时，对周围厂房、坂澜大道等构筑物增加监测点进行沉降监测，防止因工作井渗水对周边构筑物造成损害。通过全面的监测体系，为施工安全提供有力保障。

5.2 降水试验

根据竖井周边区域地勘情况及后续开挖渗水情况，在单层开挖前做降水试验。通过降水试验，了解不同地质条件下的地下水渗流规律，为后续施工提供科学依据。各方后续商榷补强措施，根据降水试验结果，针对性地采取加固和防水措施，提高工作井的防水性能。

5.3 设置集水坑

后续开挖前，在井内开挖一个高程低于开挖面的集水坑，同步观测井内外水位变化。集水坑能够及时收集井内的积水，通过观察水位变化，可以判断是否存在漏水迹象^[4]。确认无漏水迹象后再进行开挖，能够有效避免因渗水导致的施工安全问题。

5.4 地下破碎带固结堵漏

在井周围采取钻孔灌浆的方式对地下破碎带进行固结堵漏。针对工作井周边的断裂带和风化深槽等地质薄弱区域，通过钻孔灌浆，将浆液注入破碎带中，填充裂缝和空隙，提高地层的强度和稳定性，阻断地下水的渗流通道，从而达到固结堵漏的目的。



图1 6号槽反向注浆

5.5 加强信息沟通

联动周边项目，做好监测数据信息沟通。与周边项目建立信息共享机制，及时交流地下水位、地质变化等监测数据，共同分析周边环境变化对工作井施工的影响。通过信息沟通与协作，能够更好地应对可能出现的地质灾害和施工风险，保障工程的安全顺利进行。

5.6 优化应急措施

优化专项施工方案应急措施，梳理应急响应机制。对现有的应急预案进行全面评估和优化，明确各部门和人员在应急情况下的职责和分工，提高应急响应速度和处理能力。定期组织应急演练，检验应急预案的可行性和有效性，确保在突发渗水等紧急情况下能够迅速、有效地采取应对措施，减少损失。

6 结语

本次堵漏总结显示，地下水压高、流量大时，混凝土反压与漏水部位反向注浆堵漏效果显著。反压混凝土可快速增加漏水点周边压力，阻止水流扩散；反向注浆能填充裂缝、封堵渗漏通道。但地面注浆有跑浆、浆液稀释、固结时间长等问题，仅能减缓加固地下水系。故实际工程中，要依具体情况选合适堵漏法，综合运用多种技术，提升堵漏成效，同时强化施工监测管理，及时处理隐患，保障工程安全质量。

参考文献

- [1]陈丽霞.水库输水洞竖井存在问题分析及除险加固措施[J].农业科技与信息,2020,(13):102+110.
- [2]彭绍令.水库侧壁渗水对周围土体影响机制研究[J].水利科学与寒区工程,2025,8(04):41-45.
- [3]李联河.水利工程施工中渗水原因及防渗技术研究[J].水上安全,2024,(23):169-171.
- [4]尚奇.水利工程中病险水库加固工程技术分析[J].水上安全,2024,(06):160-162.