

浅谈水利工程竖井开挖与支护施工要点

黄润德

新疆生产建设兵团建筑工程科学技术研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要：水利工程在水资源合理利用、防洪、灌溉及供水等方面发挥关键作用。竖井作为水利工程常见结构，承担着引水、排水、通风及观测等重要功能。竖井施工质量直接影响水利工程整体运行安全与效益，开挖与支护施工是竖井建设核心环节。基于此，本文深入探讨水利工程竖井开挖与支护施工要点，旨在为水利工程竖井施工提供技术参考，确保工程安全与质量。

关键词：水利工程；竖井开挖；支护施工

引言：水利工程竖井作为水利水电工程中的重要组成部分，承担着取水、引水、通排风、溜渣、补气等多种功能。在水利工程的实施过程中，竖井的开挖与支护施工扮演着至关重要的角色，它们不仅关乎工程的顺利进行，更直接关系到工程的安全性、稳定性和持久性。所以，对水利工程竖井开挖与支护施工要点展开研究与探讨是非常有必要的。

1 水利工程竖井开挖与支护施工的作用

1.1 竖井开挖的作用

一是提供必要的通道与空间。竖井作为连接不同高程的通道，为水利工程的各项作业提供了必要的空间。在水利水电工程中，竖井常用于输送水流、排放废水、通风换气等，是确保工程正常运行的关键设施。

二是调节水位与水量。在水库工程中，竖井通过控制水位的高低来调节水库的水量，从而实现水库水资源的有效管理。此举有助于防止水库溃坝、泄洪等安全事故的发生，能够最大程度上确保水库的安全稳定运行。

三是提高工程效率。竖井的开挖使得水流能够更顺畅地通过，大幅度减少了水流在管道中的阻力，从而提高了水利工程的效率。并且，值得肯定的是，竖井也为设备的安装和维护提供了便利条件。

1.2 支护施工的作用

第一，保障施工安全。支护施工是竖井开挖过程中的重要环节，它通过对井壁进行加固和支撑，防止井壁坍塌和岩石掉落，从而保障施工人员的安全^[1]。支护施工的质量直接决定着竖井开挖的顺利进行和工程的安全性。

第二，提高竖井稳定性。支护施工通过安装钢筋、浇筑混凝土等措施，增强了井壁的强度和稳定性。这有助于防止竖井在长期使用过程中因地质条件变化或外力作用而发生变形或破坏，确保竖井的持久性和稳定性。

第三，优化施工环境。支护施工可显著改善竖井内

的施工环境，如减少灰尘、降低噪音等。从而有助于提高施工效率和质量，而且也有助于保护施工人员的身体健康。

1.3 竖井开挖与支护施工的协同作用

对于水利工程而言，竖井开挖与支护施工是相互依存、相互促进的。具体表现在以下几个方面：一方面，竖井开挖为支护施工提供了必要的条件和空间；另一方面，支护施工又确保了竖井开挖的顺利进行和工程的安全性。两者协同作用，共同推动了水利工程的顺利进行。

具体来说，竖井开挖过程中，需要不断对井壁进行监测和评估，以确保井壁的稳定性和安全性。一旦发现井壁存在坍塌或变形等风险，就需要立即进行支护施工，以加固井壁并防止事态的进一步恶化。与此同时，支护施工也需要根据竖井开挖的进度和地质条件的变化进行动态调整和优化，以确保支护效果的最佳化。

2 水利工程竖井开挖施工要点

2.1 开挖方法选择

2.1.1 普通法开挖

普通法开挖适用于竖井深度较浅、地质条件较好情况。其施工流程为：首先进行井口锁口施工，利用浇筑钢筋混凝土形成坚固井口结构，防止井口坍塌并便于后续施工设备安装与操作；然后进行竖井全断面分层开挖，每层开挖深度依据地质条件与施工设备确定，一般在1-3米；出渣采用人工配合机械方式，如小型挖掘机、装载机等将渣料装入运输车辆运至指定地点；在开挖过程中及时进行临时支护，如采用喷射混凝土、锚杆等方式确保井壁稳定。

2.1.2 反井法开挖

反井法开挖常用于竖井深度较大情况，分为吊罐反井法和爬罐反井法。吊罐反井法施工时，先在竖井顶部和底部各开凿一个硐室，在顶部硐室安装提升设备，通

过钻孔下放钢丝绳连接吊罐，施工人员乘坐吊罐从底部向上钻孔、装药爆破，形成导井；导井贯通后再自上而下扩挖至设计断面。爬罐反井法则利用自带动力的爬罐沿导轨上下移动，施工人员在爬罐内进行钻孔、爆破作业，同样先形成导井再扩挖。

2.1.3 沉井法开挖

当竖井穿越深厚软土层或含水层时，沉井法是可选方案。先在地面制作钢筋混凝土井筒，井筒底部设置刃脚；接着利用人工或机械挖土使井筒在自重作用下下沉，下沉过程中不断接高井筒；此外，为防止井筒偏斜，需实时监测并调整，可采用在井筒内对称挖土、在偏斜一侧增加配重等方法；最后下沉至设计深度时，进行封底和内部结构施工。

2.2 施工准备工作

施工前需详细勘察地质条件，采用地质钻探、物探等手段获取地层岩性、地质构造、地下水等信息，为开挖方法选择和支护设计提供科学依据^[2]。在此基础上，还要合理规划施工场地，设置材料堆放区、设备停放区、加工区等，确保施工材料和设备顺利进场与存放。

3 水利工程竖井支护施工要点

3.1 初期支护

3.1.1 喷射混凝土支护

喷射混凝土支护能及时封闭井壁，防止围岩风化和坍塌。施工前先清理井壁岩面，去除松动岩石和杂物；根据设计要求确定喷射混凝土配合比，一般来说，水泥、砂、石子比例为1:2:2~1:2.5:2.5，同时添加适量外加剂以改善混凝土性能；采用湿喷工艺，将搅拌好的混凝土通过喷射机沿输料管输送至喷头，与高压水和速凝剂混合后喷射到井壁上，喷射厚度一般为5~15厘米，分多次喷射完成，每次喷射厚度控制在3~5厘米。

3.1.2 锚杆支护

锚杆支护利用将锚杆锚固在围岩中，提供锚固力，增强围岩稳定性。根据围岩条件和设计要求确定锚杆类型、长度、间距等参数，常见锚杆有普通砂浆锚杆、中空注浆锚杆等；施工时先钻孔，钻孔直径比锚杆直径大15~20毫米，钻孔深度达到设计要求；然后安装锚杆，对于普通砂浆锚杆，先将水泥砂浆注入钻孔，再插入锚杆；对于中空注浆锚杆，插入锚杆后通过中空孔注浆，注浆压力控制在0.5~1.0MPa。

3.1.3 钢支撑支护

在围岩破碎、地应力较大地段，采用钢支撑支护。钢支撑分为钢格栅和型钢支撑，钢格栅由钢筋焊接而成，具有加工方便、成本较低特点；型钢支撑采用工字

钢、H型钢等，承载能力强。此过程中，需要注意的是，安装时先在井壁上设置钢支撑基础，基础要牢固；然后将钢支撑按设计位置安装就位，通过连接钢筋或螺栓连接牢固；钢支撑安装完成后及时喷射混凝土包裹，形成联合支护体系。

3.2 永久支护

3.2.1 钢筋混凝土衬砌

钢筋混凝土衬砌是常用永久支护形式。施工流程如下：第一，施工时先绑扎钢筋，钢筋规格、间距、数量等符合设计要求，钢筋连接采用焊接或机械连接；第二，之后安装模板，模板采用钢模板或组合模板，确保模板强度、刚度和密封性；第三，浇筑混凝土时，分层浇筑，每层浇筑厚度控制在30~50厘米，采用插入式振捣器振捣密实，防止出现漏振和过振现象；第四，混凝土浇筑完成后及时养护，养护时间不少于14天。

3.2.2 预应力锚索支护

在高应力、大跨度竖井或对围岩变形控制要求严格工程中，需采用预应力锚索支护。施工时先钻孔，钻孔角度和深度满足设计要求；然后安装锚索，锚索由钢绞线、锚具等组成，安装前对钢绞线进行除锈、防腐处理。安装完成后进行张拉锁定，张拉顺序对称进行，张拉荷载分阶段施加，最终张拉荷载达到设计值，锁定后及时进行封锚处理。

4 加强水利工程竖井开挖与支护施工的措施

4.1 加强前期准备工作

在竖井开挖前，应对工程地点进行详细的地质勘察，了解地下地层情况、水文地质条件、岩石性质等关键信息。这有助于制定合理的开挖方案和支护措施，避免因地质条件不明而导致的施工延误或安全事故^[3]。然后，根据地质勘察结果，结合工程需求，制定详细的施工方案。施工方案应明确开挖方法、支护结构、排水措施、通风方式等关键环节，确保施工过程的科学性和合理性。再就是施工队伍的组建与培训，应组建专业的施工队伍，确保施工人员的数量和质量满足工程需求。同时，对施工人员进行专业培训，提高他们的操作技能和安全意识，减少事故发生。

4.2 采用先进的开挖设备与技术

4.2.1 先进的开挖设备

在水利工程竖井开挖施工中，应积极引入液压挖掘机、挖掘装载机等先进的开挖设备。这些设备不只是为了能够大幅提高作业效率和作业范围，有效缩短工期，而且具有极强的作业环境适应性以及简便的操作性能。它们能够轻松应对各种复杂的施工环境，显著提升竖井开挖的

效率和质量，最终为水利工程的顺利进行奠定了坚实的基础。

4.2.2 科学的开挖方法

根据地质条件和工程需求，需根据地质条件和工程实际需求，精心选择开挖方法，如钻爆法或明挖法等。在实施过程中，务必严格控制爆破参数，最大限度地减少爆破震动对周围环境的干扰，从而确保施工安全并践行环保理念。

4.3 科学合理的支护措施

水利工程竖井开挖后，支护结构的选用与实施属于重中之重。其中，首要步骤是根据竖井所处的地质条件以及竖井的实际深度，科学合理地挑选支护结构，例如锚杆、喷锚支护以及钢架支护等。支护结构的设计需兼顾稳定性、耐久性和经济性，以全面保障竖井在施工阶段及后续使用过程中的安全性。需要强调的是，在支护施工的整个过程中，务必严格遵循既定的施工方案与安全规范进行操作，这是确保支护结构质量和稳定性的关键所在。另一方面，应加大对支护结构的监测力度，并实施定期维护，以便及时发现并妥善处理任何潜在的安全隐患。以上一系列科学合理的支护措施，旨在为竖井工程构筑起一道坚实的安全防线，确保其顺利推进并达到预期目标。

4.4 加强施工管理

第一，在竖井开挖与支护施工过程中，应加强现场监督，确保施工过程的安全和质量。监督人员应定期对施工进度、质量、安全等方面进行检查和评估，及时发现和解决施工中的问题。第二，根据施工方案和工期要求，合理安排施工进度，确保各项施工环节的有序进行。同时，加强对施工进度的监控和调整，尽量避免因进度延误而影响工程的整体进度。第三，加强安全意识教育，致力于提高全体施工人员的安全意识。配备必要的安全设施和器材，如安全网、安全带、救生设备等，确保施工过程的安全。而且，制定应急预案，应对突发事件，确保施工人员的生命安全。

4.5 优化排水与通风系统

一是在竖井内设置排水系统，确保施工过程中排水畅通。排水系统应包括集水井、排水沟、排水泵等设施，确保竖井内无积水，避免因水患而导致的安全事故^[4]。二是采用风机、通风管道等设备进行通风，以确保施工环境空气质量。通风系统应根据竖井的深度和地质条件进行合理设计，确保施工人员在良好的空气环境下作业。

4.6 加强环境保护与文明施工

在施工过程中，应严格执行国家及行业相关环保法规，制定环保措施，尽可能减少施工过程中对环境的影响。如采用湿式凿岩减少粉尘污染、对废弃物进行分类处理等。另一方面，加强施工现场管理，确保施工现场整洁有序。施工方应定期对施工人员进行文明施工教育，提高他们的环保意识，避免因施工行为不当而造成的环境污染和生态破坏。

4.7 强化质量控制与验收

在加强水利工程竖井开挖与支护施工的措施中，质量控制与验收环节至关重要。为了确保竖井开挖与支护施工的质量，必须采取一系列的质量控制措施。其内容包括但不限于对原材料进行严格筛选和检测，确保其质量达标；对施工过程进行全面监控，及时发现并纠正质量问题；对隐蔽工程进行细致检查，防止潜在的质量隐患。

此外，还应定期对施工人员进行质量意识培训，提高他们的专业素养和质量意识，使他们能够在施工过程中严格遵守质量规范。并且，加强施工过程中的质量检查，确保每一步施工都符合设计要求，从而全面提升竖井开挖与支护施工的质量水平。

在施工完成后，还应进行严格的验收程序。验收内容不仅涵盖支护结构的稳定性，还包括排水系统的畅通性、通风系统的有效性等多个方面。只有经过全面、细致的验收，才能确保竖井的质量完全符合规范要求，最终为水利工程的正常运行提供坚实保障。

结语：综上所述，水利工程竖井开挖与支护施工在水利工程中发挥着至关重要的作用。它们不仅为水利工程的正常运行提供了必要的通道和空间，还通过加固和支撑井壁等措施保障了施工安全和工程稳定性。因此，在水利工程的实施过程中，应高度重视竖井开挖与支护施工的质量和安全性，确保工程的顺利进行和长期稳定运行。同时，也需要不断研究和探索新的开挖与支护技术，以适应不断变化的地质条件和工程需求。

参考文献

- [1]韩鲲鹏.浅谈水利工程取水竖井导井法开挖的应用[J].中国战略新兴产业,2021(8):181-183.
- [2]万岚.水利工程竖井建设中反井钻机施工技术的应用[J].水利科学与寒区工程,2023,6(12):106-108.
- [3]郝志强.水利工程施工中开挖与支护的应用分析[J].建筑与装饰,2024(4):175-177.
- [4]龙伟.抗滑支护施工技术在水利工程中的应用研究[J].水上安全,2024(17):150-152.