

抽水蓄能电站主体工程施工关键技术研究分析

李磊

云南华电金沙江中游水电开发有限公司梨园发电分公司

DOI:10.12238/hwr.v8i3.5276

[摘要] 抽水蓄能水电站工程规模大,坝址地质条件复杂,普遍设计采用面板堆石坝作为挡水建筑物,地下引水发电系统。为了确保抽水蓄能电站主体工程的结构性能,文章就该工程的施工重点难点及相关施工关键技术展开全面分析,并结合数字化大坝施工关键技术、堆石坝防渗面板施工关键技术、引水长斜(竖)井、小断面超长隧洞、地下厂房等洞室群施工关键技术优势,为抽水蓄能电站主体工程的功能性、适用性提供重要保障、为抽水蓄能电站主体工程良性施工提供重要保证。

[关键词] 引水系统; TBM 施工; 梨园水电站

中图分类号: TV731 文献标识码: A

Research and analysis of the key technology of the main project construction of the pumped storage power station

Lei Li

Yunnan Huadian Jinsha River Middle Reaches Hydropower Development Co., Ltd. Liyuan Power Generation Branch

[Abstract] Pumped storage hydropower station project has a large scale, the geological conditions of the dam site are complex, and the general design adopts the face rockfill dam as a water retaining building and underground water diversion power generation system. In order to ensure the structure performance of pumped storage power station, the article on the project construction key difficulties and related key technology comprehensive analysis, and combined with the digital dam construction key technology, rockdam seepage panel construction key technology, water diversion long inclined (vertical) well, small section super long tunnel, underground workshop tunnel construction key technology advantages, for the functionality of pumped storage power station engineering, applicability, provide important guarantee for pumped storage power station engineering benign construction provides important guarantee.

[Key words] water diversion system; TBM construction; Liyuan hydropower Station

1 研究背景

实现“碳达峰、碳中和”目标,构建以新能源为主体的新型电力系统是党中央、国务院作出的重大决策部署。风、光等新能源的大规模开发及其发电的波动性、间歇性特点,决定电力系统需建设大量调节电源。抽水蓄能电站作为一种重要的储能方式,能够在电力供需高峰和低谷之间进行调节,提高电力系统的稳定性和经济性。结合我国能源资源的禀赋条件等综合研判:抽水蓄能是当前技术最成熟、经济性最优、最具大规模开发条件的电力系统绿色低碳清洁灵活调节电源,与风电、太阳能发电、核电、火电等配合效果较好。当前及未来一段时期我国电力系统需要建设大规模的抽水蓄能电站。加快发展抽水蓄能是构建以新能源为主体的新型电力系统的迫切要求,是可再生能源大规模发展的重要保障。

2 研究概况

近年来,随着施工技术的不断创新和发展,如TBM施工技术、地质超前预报技术等,为抽水蓄能电站主体工程施工提供了新的技术支持。在地下工程方面,研究者们针对地质条件、隧道开挖方法、支护技术等方面进行了大量的研究,我国在抽水蓄能电站施工技术方面取得了一定的进展。然而,仍然需要进一步深入研究,以解决地下工程的施工安全、混凝土工程的裂缝控制等问题。这将对我国抽水蓄能电站的建设具有重要意义。本文就抽水蓄能电站主体工程施工相关的关键技术进行了研究分析,有助于提高我国抽水蓄能电站施工技术水平,推动我国抽水蓄能电站建设事业的发展。

3 施工重点难点

3.1 土石方平衡与高质量筑坝

土石方平衡与高质量筑坝是抽水蓄能电站施工的关键,需要合理规划土石方的开挖、运输和利用,以实现资源的最大化利

用,减少对环境的影响。同时,高质量筑坝要求严格控制坝体的渗透性、稳定性和耐久性,确保坝体的安全。

抽水蓄能电站上、下水库开挖、填筑同时施工、相互干扰,受料源种类、场地条件、分布位置、施工顺序等各方面因素影响,挖填过程中的土石方调配和平衡十分复杂。

3.2堆石坝防渗面板施工

堆石坝防渗面板施工是保证坝体防渗性能的关键,需要保证防渗面板的施工质量,防止水渗透。这需要合理选择防渗材料,严格控制施工工艺和质量,确保防渗效果。

沥青混凝土面板属柔性防渗结构,其施工重难点是配合比设计和施工质量控制,配合比主要受到沥青种类、骨料性能及环境温度等因素的影响较大,在陡坡坝面及库岸边坡进行沥青混凝土连续作业对成套施工装备提出特殊的要求,质量控制指标多,要求冬季不冻断,夏季不流淌,施工技术要求高。目前混凝土面板接缝涂覆型柔性盖板止水结构研究及应用已在多个大型水电站大坝面板大规模应用,效果良好,凸显了积极的推广价值。

钢筋混凝土面板属刚性防渗结构,在其自身收缩和外部约束应力作用下易产生裂缝,在高寒地区,面板还会受到冻融及冰拔作用,引起结构破坏,影响防渗效果。其施工重难点是在有效时段内高质量快速完成施工,并避免或减少混凝土面板裂缝的产生。

3.3引水长斜(竖)井、小断面超长隧洞、地下厂房等洞室群施工

引水长斜(竖)井、小断面超长隧洞、地下厂房等洞室群TBM施工是抽水蓄能电站施工的关键技术之一,面临地质条件复杂、施工环境恶劣、设备安装和维护难度大等问题。需要合理选择TBM设备,优化施工工艺,确保施工安全和质量。

相对于常规水电站,抽水蓄能电站引水系统通常采用超长斜井或超深竖井形式布置,对斜(竖)井轴线偏斜率要求高,工期要求紧、施工难度大、安全风险高。

抽蓄地下厂房洞室工程具有大跨度、高边墙、洞室交叉口多,地下洞室群结构复杂,施工强度高,通风散烟较困难等特点。地下厂房洞室群规模大,施工工作面狭窄、相互干扰大,一般都是控制施工工期的关键项目,特别是小断面超长排水隧洞,洞径小、洞身长、出渣及通风排烟困难。

4 施工关键技术

为解决上述重难点技术问题,通过对多个抽水蓄能电站,持续开展技术创新研究,并通过不断实践形成一批关键技术和科技成果,提炼重点为:数字化大坝施工、堆石坝防渗面板施工、引水长斜(竖)井、小断面超长隧洞、地下厂房洞室群施工等数项关键技术进行分享。

4.1数字化大坝施工关键技术

为解决土石方平衡、高质量级配料开采和填筑压实存在的问题,研究构建集土石方动态平衡、级配料快速检测与优化、智能碾压功能为一体的数字化大坝施工关键技术。

首先,是数字大坝系统的实时监控技术。通过安装在施工现

场的各种传感器和监测设备,可以实时收集大坝施工的各项数据,如土石方开挖进度、混凝土浇筑温度、面板堆石稳定性等,这些数据的实时反馈对于确保施工质量和安全性至关重要。一是以BIM平台为基础,结合北斗高精度定位系统、智能传感技术、神经网络技术,构建挖填进度计划评价体系和土石方调运模型,通过对当前挖填状态、工作面布置、机械配置等情况进行综合分析,提出土石方动态调配优化策略,实现土石方动态调配的自动化、智能化。

其次,是数字大坝系统的智能分析技术。通过对收集到的施工数据进行分析,可以及时发现施工中的问题,预测潜在的安全隐患,并据此调整施工方案,提高施工效率和安全性。二是综合应用计算机图像识别技术、块度检测技术对筑坝料进行快速检测和分析,并通过构建拟合模型,将筑坝料粒径和级配分析结果与爆破设计参数、地质岩石属性进行关联分析,快速提出针对不同地质条件、不同粒径需求的爆破优化参数,提高筑坝料质量。

最后,是数字大坝系统的集成管理技术。数字大坝系统能够将施工过程中的各个环节进行整合,实现信息的集中管理和高效处理,为工程管理人员提供决策支持,提升水电站的运维管理效率。三是采用智能碾压技术对大坝碾压过程数据进行实时采集,跟踪施工过程轨迹,形成碾压云图,实时监控碾压遍数、振动行走速度、激振力等关键指标,实时超标报警,及时反馈指导施工,保证碾压质量。

4.2堆石坝防渗面板施工关键技术

关于抽水蓄能电站主体工程施工关键技术研究分析,水电站堆石坝防渗面板混凝土面板施工技术的关键技术主要包括以下三个方面:

(1)施工工艺技术。堆石坝面板混凝土施工工艺应注重施工顺序、浇筑方法和振捣方式的合理设计,确保混凝土浇筑均匀、密实,避免裂缝和渗漏问题的发生。此外,应结合具体工程特点,采用机械一体化快速施工技术,提高施工效率,保证施工质量。

(2)施工材料选择与配合比设计。选择高质量的混凝土原材料,并根据工程要求进行合理的配合比设计,确保混凝土的抗渗性和耐久性。同时,应关注混凝土的拌和、运输和浇筑过程中的温度和湿度控制,以及充分考虑混凝土的收缩和膨胀特性,避免因材料问题导致的渗漏隐患。(3)施工质量控制技术。采用数字化技术进行施工质量实时监控,包括对混凝土浇筑厚度、坡度、平整度等关键指标进行实时监测和控制,及时发现和解决施工质量问题,确保防渗面板的施工质量符合设计要求。

沥青混凝土配合比设计需要根据工程设计要求、工程当地气候环境条件和现场原材料状况,通过严谨的设计和试验,确定沥青混凝土配合比及施工工艺参数。尤其是极寒易发面板冻裂及高温易发斜坡失稳。沥青混凝土面板应用前景,沥青混凝土具有极佳的柔性变形特征及自愈自合的功能,可适应-45℃~40℃环境温度变化。沥青混凝土施工工序简单,更便于机械化施工,施工速度快。沥青混凝土面板与钢筋混凝土相比,其施工成本低。

4.3 沥青混凝土面板施工技术及其装备

沥青混凝土为高温施工材料,为快速实现沥青混凝土在斜坡面上的摊铺,行业已研制成功沥青混凝土斜坡施工主、副牵引车、运料小车和摊铺机等成套设备,其中斜坡施工主牵引车具有行走、转料、牵引斜坡摊铺机作业等功能,有携带超24吨重摊铺机的整体转移工位的功能,可实现大坝坡面、库岸边坡沥青混凝土防渗面板连续作业。目前,新型全电斜坡施工主牵引车的研发即将面世应用。

4.4 高寒地区钢筋混凝土面板施工

目前在抽水蓄能电站中钢筋混凝土面板防渗结构形式也在广泛应用,一般采取滑模浇筑的方式进行面板混凝土施工,其中表层止水施工工艺、面板养护及保温施工技术是保证高寒地区面板混凝土施工质量的关键。

超200m长混凝土面板一次成型快速施工技术精确的施工规划:在施工前,需要进行详细的规划,包括混凝土的配比、浇筑顺序、施工速度等。这有助于确保面板的均匀性和减少施工中的缺陷。

混凝土拌合与运输:使用高效的混凝土拌合系统和运输车辆,确保混凝土的均匀性和稳定性。对于长面板,可能需要使用混凝土泵车进行远距离输送。(1)浇筑与振捣:采用先进的浇筑技术和振捣设备,如滑模、振动梁等,以实现面板的快速成型和密实。滑模技术可以实现面板的连续浇筑,提高施工速度。(2)温度控制与应力缓解:在浇筑过程中,由于混凝土的温度变化和收缩,可能会产生应力和裂缝。使用温度传感器和应力缓解技术,如预应力钢筋或冷却通道,以减少裂缝的产生。(3)接缝处理:对于超长面板,接缝的处理至关重要。使用特殊的接缝材料和施工技术,确保接缝的密封性和耐久性。(4)施工监控与质量控制:使用数字大坝系统等监控设备,实时监测施工过程,包括混凝土的温度、应力、湿度等参数。这有助于及时发现和解决问题,保证面板的质量。(5)施工安全:在快速施工的同时,安全不可忽视。采取适当的安全措施,如安全防护网、临边防护、工人培训等,确保施工人员的安全。

通过这些关键技术的应用,可以实现超200m长混凝土面板的一次成型快速施工,提高施工效率,减少成本,同时确保面板的质量和安全性。

5 应用效果

5.1 数字化大坝施工技术应用成效

数字化大坝施工技术是当前国内领先的技术,未来将会朝着更加智能化方向发展。在常规水电站梨园水电站的施工中,该技术的应用取得了显著效果。通过使用数字大坝填筑质量监控系统,有效地监控了混凝土面板堆石坝的施工质量,保障了工程的安全与稳定。此外,数字大坝系统在面板堆石坝施工中的应用,提升了施工的效率 and 准确性,降低了施工风险。这些成果表明,数字化大坝施工技术在梨园水电站项目中得到了成功的应用,为常规抽水蓄能电站主体工程上下库面板施工提供了有力的技术支持。

5.2 沥青混凝土面板施工关键技术应用成效

沥青混凝土面板施工关键技术处于国际先进水平,通过技术创新与应用,成功实现超低温不冻断,超高温不流淌沥青混凝土施工,确保了最大化的施工强度,确保沥青混凝土防渗面板孔隙率指标优良,渗透系数小,质量优良。

5.3 高寒大温差地区超长面板一次成型及防裂关键技术应用成效

高寒大温差地区超长面板一次成型及防裂关键技术处于国内先进水平,通过技术创新与应用,在抽水蓄能电站施工中应用,提高施工效率,节约施工成本,施工质量优良,混凝土裂缝基本可控,实测大坝渗漏量远优于设计要求值及同类型项目。

6 结论

综上所述,这些创新成果对于提高抽水蓄能电站主体工程施工的质量和效率具有重要参考意义,为我国抽水蓄能电站建设提供了有力的技术支持。抽水蓄能电站主体工程施工关键技术的创新成果丰硕,为电站的安全、高效、稳定运行提供了有力的技术支持。我们将继续深化研究,推动技术创新,为抽水蓄能电站的建设和发展做出更大的贡献。

[参考文献]

- [1]赵全胜,郝军刚.我国西部抽水蓄能电站水库工程设计的系统理念和基本方法[J].水力发电,2023,49(10):1-6+11.
- [2]张学清,王炳豹,殷康.洛宁抽水蓄能电站引水斜井TBM施工关键技术研究[J].水力发电,2022,48(02):81-87.
- [3]董金良,段君奇,刘昌.抽水蓄能电站地下洞室地质超前预报体系建立与工程应用[J].水力发电,2022,48(02):48-54+80.

作者简介:

李磊(1982—),男,汉族,河北赵县人,硕士研究生,从事水电工程建设技术管理工作。