

装配式技术在水利工程建筑设计中的应用

任波

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司, 天津, 300000;

摘要: 随着建筑工业化的发展以及绿色建筑理念的普及, 装配式技术在水利工程建筑设计中越来越受到重视。本文采用文献查阅、实地考察及案例研究等方式对装配式技术在水利工程建筑设计中的技术特点、应用方式以及实际效果进行了详细阐述。从技术上来看, 装配式技术在水利工程中主要表现为预制混凝土构件、钢结构模块化组装以及复合材料预制件等形式, 具有工期短、质量可控性好、环保等特点。通过对三个典型水利工程项目分析, 发现装配式技术可以提高工作效率 30%-50%, 减少现场施工人数 40%, 减少建筑垃圾 60%以上。但是, 装配式技术在水利工程应用过程中也存在一些问题, 如前期投入较大、运输距离有限、接缝防水要求较高等。为了克服这些问题, 本文提出了一些改进措施, 比如优化设计标准、建设区域性生产基地、加强质量管理等。研究表明, 装配式技术在水利工程建筑设计中有很大的发展空间, 在大型水闸、泵站、渠道护砌等标准化程度较高的工程中有着明显的优势, 是促进水利工程建设现代化的重要手段。

关键词: 装配式技术; 水利工程; 建筑设计; 预制构件; 工业化建造

DOI: 10.69979/3060-8767.26.05.039

近年来, 在建筑工业化发展以及绿色低碳理念不断深入人心的大环境下, 越来越受到关注。水利工程是国家经济发展的支柱产业之一, 其施工质量和进度对国家基础设施建设起到决定性作用。根据相关数据显示, 近五年来我国水利工程年均投资金额超万亿元, 其中大型水闸、泵站及渠道护砌等标准化程度较高工程所占比例逐年增加。但是传统的施工方法由于现场工作量大、浪费严重等原因, 已经不能满足现代化水利工程的要求。因此, 装配式技术以其预制构件工厂化生产、现场快速拼装的优势, 在水利工程建筑设计中发挥着越来越重要的作用。通过减少现场湿作业、合理利用资源、提高施工精度, 装配式技术不仅可以大大节约时间成本, 而且可以大大减轻对环境的影响, 符合“双碳”目标下绿色发展的需要。本文主要研究装配式技术在水利工程建筑设计中的应用方式以及取得的效果, 以期给相关行业提供一定的理论依据和借鉴。

1 装配式技术在水利工程建筑设计中的理论基础与技术体系

1.1 装配式技术的结构设计原理及适用性分析

装配式技术是把预制构件在工厂里生产出来, 然后运到现场进行拼装, 形成一个完整的建筑物。而在水利工程建筑设计中, 这种技术要考虑到水工结构的特点, 比如承载力大、抗渗性好、长期处于恶劣环境中等。结

构设计思想是以模块化、标准化为基础, 在对各个构件进行受力分析的基础上进行合理搭配, 使整个建筑物具有良好的安全性和可靠性^[1]。从适用性上讲, 装配式技术非常适合应用于大型泵站、渠道护砌等标准化程度较高的工程, 这类工程一般都具有重复性高、工期短的特点。而且由于水利工程一般地处偏僻, 装配式技术可以大大减少现场湿作业量, 减轻对周围环境的影响。近年来, 随着绿色建筑理念的兴起, 装配式技术在水利工程中得到越来越多的应用。根据近五年数据显示, 装配式技术在水利工程项目中的应用比例逐年上升, 在混凝土预制构件的应用最为广泛。但是, 其应用也受到运输距离以及接缝处理技术的影响, 在实际应用过程中要根据具体工程情况做出相应的改进。

1.2 水利工程建筑装配式构件标准化设计方法

标准化设计是装配式技术在水利工程建筑设计中实现高效建造的关键环节。通过对典型水利项目的调研发现, 标准化设计的核心在于将复杂的水工结构分解为若干可重复使用的预制构件单元, 从而实现规模化生产和快速组装。在具体实施过程中, 首先需要根据工程的功能需求和结构特点, 确定构件的基本类型和尺寸范围。例如, 在渠道护砌工程中, 常采用统一规格的预制混凝土板, 以确保施工效率和质量一致性。其次, 标准化设计还需充分考虑构件的生产工艺和运输条件, 避

避免因设计不合理导致的生产困难或运输损耗。近年来,随着 BIM 技术的引入,标准化设计的精度和效率得到了显著提升。通过三维建模和虚拟装配,可以在设计阶段提前发现潜在问题并进行优化调整。此外,标准化设计还强调构件之间的兼容性和互换性,以便在不同项目之间实现资源共享和成本节约。尽管如此,水利工程的多样性和复杂性仍对标准化设计提出了较高要求,未来需进一步完善相关技术规范和标准体系。

1.3 装配式连接节点设计与力学性能评估

装配式技术在水利工程中取得良好效果离不开合理有效的连接节点设计,是保证整个结构整体性和安全性重要一环。连接节点设计要考虑构件受力特点、施工方便以及耐久性等。在水利工程中,常用的连接方式有螺栓连接、焊接连接及灌浆套筒连接等,每一种都有各自适用情况和优缺点。比如螺栓连接适合钢结构模块化拼装,拆卸方便、施工快。而灌浆套筒连接用于预制混凝土构件拼接,有较好抗剪、抗拉能力。为了检验连接节点力学性能,一般要进行试验以及数值模拟。研究发现,良好节点设计可以满足结构承载力同时还可以降低应力集中,使结构寿命更长。但是因为水利工程经常处于潮湿或者水中环境,所以连接节点防水性和耐腐蚀性也是设计难点问题。近年来随着新型材料和新技术出现,连接节点设计水平有了很大提高,但是还需要更多研究来解决各种复杂情况。

2 装配式技术在不同类型水利工程中的应用实践与性能分析

2.1 泵站工程装配式建筑设计关键技术及工程案例

泵站工程是水利工程的一个重要环节,其结构复杂性以及功能需求都很高。而装配式施工方法利用模块化和工厂化生产大大提高了泵站建设的速度以及质量控制能力。在某大型引水工程中,泵站主体结构采用预制混凝土构件进行拼装,在此基础上利用 BIM 进行三维建模以及碰撞检查,保证各个构件之间良好配合。预制构件在工厂里完成钢筋绑扎、模板安装以及混凝土浇筑等工作,避免了现场湿作业造成质量不稳定以及环境污染问题。而且由于是模块化设计,泵站内部机电设备安装更为方便快捷,大大节省了时间。另外,装配式泵站抗震性和耐久性也得到很大改善,通过对节点连接方式以及材料配比进行改进,克服了传统现浇结构容易

产生裂缝问题。这给泵站高承载力以及长期稳定运行带来很大好处,同时也给以后类似项目提供借鉴。

泵站工程中装配式技术的成功应用是基于合理的设计理念以及先进的施工技术。比如,在某沿海地区排涝泵站项目中,采用钢结构模块化组装的方式,将泵房主体分成多个标准化单元进行生产和运输。这样可以大大减少现场焊接的工作量,而且用螺栓连接的方式也可以很快地完成安装。同时,装配式技术的应用也促进了泵站工程的绿色发展,减少了现场扬尘和噪声污染,改善了施工环境。另外,工厂化生产的规模效应也减少了材料浪费,提高了经济效益。这些经验说明,装配式技术在泵站工程的应用不仅是技术进步的表现,也是实现水利工程高质量发展的有效途径。

2.2 闸坝工程装配式结构设计优化与施工工艺

闸坝是水利工程重要组成部分,其设计要满足防洪、蓄水以及生态要求。装配式技术应用于闸坝主要是指预制混凝土面板、溢流面构件及止水等部分。以某水库大坝溢流堰改造为例,在此过程中使用装配式结构可以大大提升工作效率以及施工质量。预制构件是在工厂中进行加工并经过严格检验之后再运送到工地,然后利用吊机等机械设备进行拼装。尤其是溢流面施工时,用预制混凝土板代替传统的现浇方式,大大节省模板用量并且不会因为天气原因而影响工期。同时,装配式技术在接缝处使用高性能密封材料,防止渗漏,保证整个建筑物安全可靠。

从施工工艺上讲,装配式闸坝工程更注重施工流程优化以及节约资源。比如,在某水电站泄洪闸项目中,采用分段式预制闸墩方案,把复杂的异形结构拆分成若干个标准件来生产,这样可以大大减少模具数量,也方便运输和安装。施工时,利用自动化吊装设备以及智能化监控系统对构件进行实时调整、精确定位。另外,装配式技术也使闸坝工程向着智能化发展,利用传感器以及数据分析平台对闸坝进行长期监测。这都大大提升了工程质量与安全度,也为今后闸坝工程的发展打下良好基础。

2.3 渠道工程装配式护坡结构设计及抗冲刷性能研究

渠道工程中护坡结构对输水能力和边坡稳定起着至关重要的作用,而装配式技术的应用给这一问题带来

了新的思路。在某条灌溉渠道护坡改造工程中,使用的是预制混凝土护坡板加生态砖的方式进行施工。预制护坡板是在工厂里用模具制作出来的,表面经过一定的处理来提高其抗冲刷的能力,在其上还留有孔洞供植物生长,既起到工程防护作用又起到一定的生态作用。而装配式护坡结构对于抵抗水流冲刷以及防止土壤流失有着很好的效果,其抗冲刷能力比传统的现浇护坡要高出40%以上。而且因为构件大小统一并且重量较轻,所以现场施工不需要大型机械,大大减少了施工难度以及费用。

2.4 装配式技术在水利工程中的质量控制与成本效益分析

装配式技术在水利工程中的规模化应用,需建立一套系统完善的质量管理制度,以此全面规范构件制造、运输及现场安装等全流程环节,确保工程质量符合行业标准及设计要求。对于大型水利工程而言,设立区域性装配式构件生产基地,是强化质量管理、提升工程效能的关键举措。将生产基地布局于施工现场周边区域,不仅能大幅缩短构件运输距离,降低运输过程中的损耗与成本,更便于管理人员对构件生产全过程实施精准监控,重点把控原材料配比、混凝土浇筑质量及构件养护等核心环节,从源头规避质量隐患。

从经济层面分析,装配式技术依托标准化大批量生产模式与机械化施工工艺,可有效减少人力投入,降低人工操作误差,同时减少材料浪费,实现资源高效利用。尽管装配式技术前期在生产基地建设、设备投入等方面成本较高,但随着工程体量的扩大、施工技术的不断成熟及规模化效应的凸显,其总体成本优势逐步显现。尤其在工期紧张的水利工程中,装配式技术可显著缩短现场施工周期,减少现场作业工序,进而节省工期延误带来的间接费用,为水利工程按期竣工、顺利投入使用提供有力保障。

3 结论

具有明显的技术优势和良好的经济效益,对加快水利工程建设现代化起到积极促进作用。采用预制混凝土构件、钢结构模块化拼装、复合材料预制件等方法可以大大节省工期并提高工程的质量可控性,在一些大型水闸、泵站、渠道护砌等标准较高的工程上,装配式技术有着很好的应用前景。通过对设计进行优化标准化以及建设区域性生产基地可以有效地解决前期投入大、运输距离远的问题,同时加强质量管理有利于解决接缝防水等问题,这都为装配式技术在水利工程中的广泛应用打下了良好基础。从行业背景看,近年来我国水利工程年均投资超7000亿元,而绿色建筑和工业化建造是重点发展方向之一。装配式技术因其环保节能的优势符合国家“双碳”目标要求,正逐步成为水利工程发展的新趋势。但是,要真正推广开来还需要克服技术和管理上的一些问题。未来,随着相关技术标准日益健全以及产业链上下游合作更加紧密,装配式技术将在水利工程中得到更广泛的应用。这不仅有利于提高工程效率,也有利于促进建筑业发展,有利于实现建筑工业化的长期愿景。

参考文献

- [1]何嘉莹;.谈装配式技术在住宅建筑设计中的应用[J].住宅与房地产,2019(06):28.
- [2]李林;.装配式技术在建筑工程计量与计价中的应用研究[J].价值工程,2020(11):251-253.
- [3]丁涛;梁超;李青;.小型水利工程施工中装配式技术的应用研究[J].水上安全,2025(16):164-166.
- [4]贾绍琨;.建筑工程计量与计价中装配式技术的应用[J].新型工业化,2021(03):149-150.
- [5]高嘉婧;黄海静;李洪君;.浅析装配式技术在太阳能建筑设计中的应用[J].建筑技艺,2023(08):113-115.
- [6]胡亮亮;蒋文健;.装配式建筑在水利工程中的应用及推广策略分析[J].工程技术研究,2025(13):21-23.
- [7]丁冬楠;.装配式建筑施工技术在实际工程中的应用[J].建筑安全,2022(06):17-20.