

船闸工程施工工艺的优化

李孟芳

广东水电二局股份有限公司

摘要：在社会经济推动中，船闸工程数量增多，在工程项目实施中，施工工艺的优化对船闸工程质量至关重要，不容小觑。本文以杨家湾船闸工程为具体实例，介绍关键施工工艺以及工艺优化措施，为后续的船闸工程施工提供参考。

关键词：施工工艺；优化措施；船闸工程；杨家湾
【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2022.10.076

引言

结合现实经验可知，水运工程施工中，特别是大型项目施工工艺的优化起到决定性作用。在具体施工中，可通过钢模板定型技术、生态混凝土护坡技术，对施工工艺实施优化，弥补传统工艺不足，提高混凝土施工质量，利用合理方式，保障船闸工程顺利实施。

一、工程概况

该工程整体施工复杂，分为水闸和船闸两部，其中水闸设计为4孔，采用的是VII级单线单级船闸。船闸工程建设规模为230m×23m×4m，结合实际航运需求，最大通航船舶吨级为预期达到1000t级，与此同时要确保单向通过能力（重要指标）达到1983万t以上。该船闸工程上下闸首、闸室均设计成了混凝土整体式结构。其中施工复杂性最高的闸室分为15个结构段，在施工中采用夹石混凝土充当主要的支撑结构。

二、施工工艺优化

（一）钢模板施工工艺

1. 工艺原理

案例项目的钢模板施工，需保障“少拉杆、无支架”的效果，发挥定型钢模板施工最大优势。通过对比发现，定型钢模板施工支撑性较强，技术优势突出，相对于传统的施工，其模板支撑体系比较稳定，模板的支撑不是靠支架。在支撑体系中，支架只是发挥临时操作平台的功能。并在整个支撑阶段，没有设置拉杆。在工艺优化中，利用了精轧螺纹钢，搭建起了完善的支撑体系，在此基础上实现模板四周与围檩连接，借此强化固定效果。

2. 工艺介绍

墩身第1次浇筑高度在实践中为2.9m，该项参数对

后续施工影响深远。模板设计高度2.95m。工艺实施中，需根据吊车起吊能力和所应用模板的结构特点，对工艺不断优化。将大模板沿高度方向科学、合理化，将其分解为起吊容易的2块小模板，同时设计好模板的分段高度^[1]。本项目中，模板面板为5mm钢板，承重力比较理想，骨架由10槽钢构成，分别为5纵肋和5横肋，横向钢楞采用双拼的技术手段，利用精轧螺纹钢加固，实现模板外侧对拉固定。

墩身第2次浇筑高度，需在原有基础上调整为7.6m。此外，针对第2层模板设计，要综合考虑墙身高度（第1层），尽量减少混凝土错台，夯实结构基础。将第1层浇筑的面作为工艺参考，合理充当第2次模板的支撑面，通过合理方式，确保模板支撑稳定性。

3. 工艺效果分析

定型钢模板施工工艺效果理想，相对拼装木模板，该项技术更安全可靠。整个过程中，施工工序简单，与此同时模板周转速度快，不仅是自动化程度还是机械化程度均比较高。采用优化的工艺后，混凝土的外观效果佳，整体线形好，混凝土表面无对拉孔，在具体施工中可节省混凝土修补工作，经济效益高。模板内部少拉杆，也合理缓解了施工抛石困难。

（二）生态型混凝土护坡工艺

1. 工艺原理

生态型混凝土护坡施工效果显著，措施是将传统的工艺改变，摒弃浆砌块石护坡技术，将护坡手段改为新型混凝土护坡。具体实施手段是在常水位以上，高效匹配植生型生态混凝土，强化护坡效果；而在常水位以下，科学选用反滤型生态混凝土，通过两种混凝土配合，保持水生生态系统的完善性。打通其和陆地生态系统联系，通过合理化方式，实现生态环境的保护，同时强化水土保持效果。

2. 工艺介绍

杨家湾船闸工程建设中，航道东侧护坡施工要求高，需要采用先进的生态型混凝土护坡。具体实践中，生态型混凝土护坡需要按照1:5边坡技术要求施工，坡顶标高为V9.0m。为得到有效的护坡效果，常水位75.8m以上，需匹配植生型生态混凝土，保护环境，强化护

表1 植生型生态混凝土有效的配合比

水泥C/kg	砂S/kg	碎石G/kg	水W/L	水灰比W/C/%	专用添加剂SR-4/L
250	250	1440	70	30	5

表2 反滤型生态混凝土具体的物化性能设计（配合比）

水泥C/kg	砂S/kg	碎石G/kg	水W/L	水灰比W/C/%	专用添加剂SR-4/L
250	250	1450	97.5	41	5

坡效果；而常水位75.8m以下，则要放置反滤型生态混凝土，通过这样的方式，保障整体施工效益。两种混凝土对应的物化性能设计参数，见表1和表2。

结合现实经验可知，按照以上配合比完成工程应用混凝土的拌制，基本无砂浆，混凝土整体水分少，基于这样的情况，施工无法用搅拌车完成有效的运输。施工环节需采用翻斗车不间断运输混凝土，将混凝土从搅拌站运输至船闸工程施工现场，然后用小推车将施工物料送至格梗框架内。物料运送到位后，人工进行整平、拍实，在此项操作中，需严格遵循施工工艺，保证混凝土面平整，施工环节中不能有松散的碎石^[2]。需要强调的是生态混凝土施工要求高，每块规格需要控制在5m×5m左右。并且在混凝土浇筑时不能间断，要一次性完成，借此保障混凝土性能。通常情况下，生态混凝土浇筑需留出3cm铺撒散土，浇筑时控制混凝土面与铺设完的格梗面齐平。

植生型生态混凝土较为特殊，在工程竣工运行后，该施工部分要露出水面。研究发现，在混凝土上种植匹配的草本植物，不仅可美化环境，还可以夯实混凝土结构基础，提高船闸工程施工效果；反滤型生态混凝土则不同，在工程竣工运行后，该施工内容主要淹没在水中，人们是看不到的。船闸工程项目中，对反滤型生态混凝土的评判标准比较严格，首先其应该有长时间稳定的透水性。通过反滤型生态混凝土安置，确保混凝土底下的水不受限制，能够通过混凝土透出，且不会形成水土流失。

船闸工程中，势必会涉及大体积混凝土施工，施工技术中对这方面的质量控制要求高，不容小觑。例如：温度控制不到位，将会弱化混凝土的性能，影响混凝土成型状态，使其产生严重裂缝。为此，需要探寻科学措施，提高温控的科学性，协调好混凝土内外部与施工环境的关系，合理规避裂缝形成。实践表明，在混凝土配合比优化落实和加强温度检测作用下，混凝土裂缝可得到防治，借此提升船闸工程的稳定性。大体积混凝土配合比影响层面较广，配合比的好坏会直接关乎混凝土的使用性能。在设计时，为满足船闸工程项目需求，提高混凝土透视性和强度，增强混凝土抗裂性能，需积极优化配合比。此外，在不影响混凝土使用功能的同时，要减少水泥的用量，通过这样的方式，可抑制硬化热现象，改善混凝土流动性和易性^[3]。原材料有效的温控措施分为以下几种情况：（1）水泥的温控。在混凝土拌制期间，可准备多个粉料罐，在此基础上分别配套喷淋设施，不断对罐体做喷淋处理，利用这样的物理方式，使水泥的温度下降，长久保持在合理区间。（2）集料的温控。集料的温控较为复杂，温控措施要考虑全面，防晒和喷淋降温是众多方法中比较可行的措施。现实操作中，可在料仓搭隔热棚，减少阳光照射，并配套喷雾系统，实现有效降温。

3. 工艺效果分析

施工后可观察到，一些草本植物在生态混凝土生长旺盛，在大雨之后，反滤型生态混凝土可发挥作用，将

船闸工程结构多余水分排出，从而起到稳固地基的作用。对其经济性研究可知，生态型混凝土护坡不仅可以夯实基础，消除传统工艺弊端，对浆砌块石技术改造升级。还可以节省人工，利用较少资金完成护坡作业，大大提高施工效率。同时混凝土工艺的优化，可使工程项目美观大方，保障水生态系统良好功能，加强其与陆地生态系统内在关系，实现水陆生态平衡，为工程质量的提升、水利工程生态效益提高提供合理支撑。

（三）船闸深基坑施工

1. 工艺原理

对于船闸深基坑施工来说，注意事项是比较多的，深基坑施工涉及内容多且杂，质量往往难以把控。在具体任务执行中，对深基坑支护技术人员要求高。土方施工阶段，倘若支护不当，不仅会酿成事故，还会损害生态环境。基于此，需严格把控施工工艺，科学遵照施工要求，提高支护施工合理性。此外，在项目开发中，会形成废气和矿渣，影响施工环境生态效益，针对此种情况，需采取完善的环境保护措施，将船闸工程工艺优化的价值发挥出来。

2. 工艺介绍

（1）土石方施工技术

结合工程案例可知，土石方工程量较大，为此需做好土石方开挖的工艺规划，确保工艺实施的合理性，消除后续的隐患和麻烦。土石方开挖是船闸工程的重点，土石方开挖要与支护、回填等密切配合，提高工艺技术要求。结合以往经验可知，土石方施工中应把控住重点，施工操作中，设法控制住土体的稳定，确保工程项目平稳实施，施工工序安全落实。

结合案例实际可知，项目所需的土石方要达到283.6立方米。为提高开挖质量和效率，需配备专业的设备，选用大型卡车配合高效工程机械实施土方开挖施工。不同区域的土石方，选用的开挖方式也不同。像用于围堰建造的土石方要排在开挖的第一序列，使用自卸车，将土石方运到固定场地。在挖掘过程中，为确保挖掘的顺畅，除了挖掘机之外，还需配备压路机、推土机等。

（2）参考点的布置

参考点的准确设置可为后续施工提供参考，作用不容忽视，对所有建筑活动影响巨大。现实施工中，需对参考点位科学评估，确保其达到技术标准。船闸的两侧位置重要，属于合适的定位位置，根据施工经验，将参考点完整布置，确保参考点位置可靠，保障参考位置清晰。实践中，参考点需有明确的标记，借此发现早期施工隐患，为工程施工效果强化提供保障。

（3）支护施工

为了在水运项目中，消除部分建造隐患，提高边坡稳定性，需合理借助支护措施，提高船闸工程质量。船闸勘探的实施中，为保障效果需建立一个援助系统，在系统内部设置辅助监控设备，通过科学的方式，动态化评估山体状况，借此控制开挖过程中不可预防的因素。彻底规避掉因设备使用错误，诱发土壤大量流失问题，

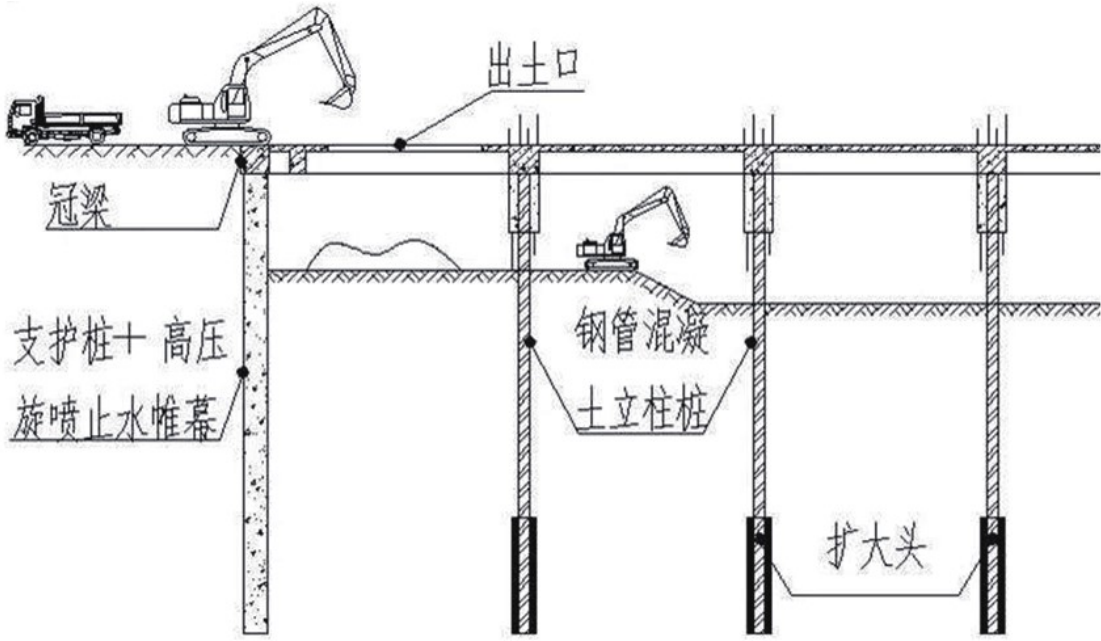


图1 土石开挖施工图

从源头保障船闸工程的生态效益。如果在检查过程中，出现严重损坏土壤行为，需积极使用稳定处理方法，帮助合理加深深孔。除了加深孔深外，底孔也要进行强化处理，用混凝土板加固，提高工程基础稳定性^[4]。为了在实操中增强深基坑坑壁的功能，提升其平整度，合理控制水流速度的影响，需优选稳态开挖的施工工艺。工程进展中，要结合船闸项目地质情况，制定与充实支护方案，有效调整支护形式与具体的支护位置，保证土方支护效果，利用支护工艺的科学优化，保证工程的安全稳定。

(4) 施工监控与测量

现实中，施工监控与测量是重要保障，对项目实施效果强化帮助较大。实时监控和专业监控可增强项目的安全性，提高项目的实施品质。为了更好地监控，了解实际的深基坑项目进展，需制定实用标准，对项目进行持续监控。在基坑开挖中，想要实施有效的监测会非常困难。所以需进行早期检查，及时发现工程隐患，对比施工图与船闸工程现场构件情况，采取适当的补救措施，在技术保障下，确保船闸深基坑施工平稳、高效完成。

(5) 深基坑排水施工技术

船闸工程深基坑施工中，需落实好排水施工作业。考虑到施工环境的限制和深基坑施工的挑战，施工单位必须高度重视深基坑排水施工，为船闸工程项目的实施提供便利。在建造要求基础上，需将水位的监测落实到位，监测周边环境的影响，将排水施工做好的同时，保证工程绿色化发展。现实应用中，帷幕法和井点法是最可行的方法，属于稳妥的基坑排水施工技术。结合现实经验可知，当地下水位较高时，此时选用高效的井点法，可以迅速降水排出，满足深基坑排水要求。保证施

工现场干燥的同时，消除施工隐患。在排水的基础上，对土层深度处理，优化土壤结构，避免施工后续风险的发生，规避不均匀沉降问题，彻底避免流沙，合理减少土石方开挖。在技术保障下，提高施工安全性，促使工程施工速度的加快，保障船闸工程施工质量。

3. 工艺效果分析

结合上述工艺内容可知，船闸深基坑施工技术复杂性高，具有很高施工难度，处理不当，便会发生安全隐患。为强化深基坑施工效果，需积极控制技术的应用，按规范程序施工，采取有效控制措施，借此保障船闸项目的整体品质。

结论

综上所述，本文以杨家湾船闸工程为具体实例，简要介绍了该项目关键施工工艺，并对传统工艺进行了优化。采用了优化工艺后，船闸工程的整体品质、生态效益等均有了提升，同时也保障了船闸工程施工进度。为强化工程建设效果，实际施工过程中，操作人员的技术水平要达标，选择正确的施工方法，做好深基坑支护和混凝土护坡工艺的优化。只有这样，才能全面提高船闸工程建设质量，为水运工程发展作出贡献。

参考文献

- [1] 唐明煌. 试分析船闸结构的安全监测系统设计与[J]. 建筑工程技术与设计. 2015, (17). 332-332.
- [2] 魏静洲. 水库大坝安全监测中物联网技术的应用探讨[J]. 科学与信息化, 2022 (3): 71-73.
- [3] 徐国龙, 孙林祥. 坝体的安全监测及自动化探讨[J]. 水电自动化与大坝监测. 2003, (1). 38-40.
- [4] 徐亮, 方海东, 吉同元, 等. 船闸工程安全监测及自动化研究[J]. 中国水运(下半月). 2011, (11). 88-89.