



# 大体积混凝土止浆垫块及拉杆装置 在龙溪口航电枢纽中的应用

李德兵<sup>1</sup>, 张 洋<sup>2</sup>

(1. 四川港航建设工程有限公司, 四川 成都 610023; 2. 中交四航局第四工程有限公司, 四川 成都 610000)

**摘要:** 在船闸工程大体积混凝土施工过程中, 常使用高大模板, 为保证模板的稳固, 增加其安全性, 现场施工中往往采用斜拉杆对模板加固, 并使用发泡剂或者缠绕胶带等进行止浆, 然而这种传统的方法往往存在工序复杂、止浆效果不佳、拆模后混凝土外观质量差等缺点。为解决该问题, 采用一种基于大体积混凝土高大模板施工的弹性材质止浆垫块, 并辅以端头带螺纹的拉杆装置, 可有效防止混凝土浆液渗漏, 还可为拉杆预留保护层以防止锈蚀。该止浆垫块在现场施工的应用取得了较好成效, 在提升施工质量及效率的同时, 较大程度改善了混凝土表面外观, 可为类似工程的大体积混凝土施工止浆提供参考。

**关键词:** 船闸; 大体积混凝土; 止浆垫块; 拉杆装置; 拉杆保护层; 漏浆处理

中图分类号: U61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)10-0110-05

## Application of bulk concrete grouting control pads and tension rod devices in Longxikou Navigation-power Junction

LI Debing<sup>1</sup>, ZHANG Yang<sup>2</sup>

(1. Sichuan Port and Channel Construction Engineering Co., Ltd., Chengdu 610023, China;  
2. The Fourth Engineering Company of CCCC Fourth Harbor Engineering Co., Ltd., Chengdu 610000, China)

**Abstract:** The construction of bulk concrete in ship lock projects often employs large templates. Inclined rods are often adopted for reinforcement during on-site construction, and foam agents or wrapping tapes are used for grouting control to ensure the stability of the templates and increase their safety. However, this traditional method often has the disadvantages of complicated working procedures, poor grouting control effect, and poor concrete surface appearance after demoulding. To solve these problems, we propose an elastic material grouting control pad based on the bulk concrete construction using large templates, supplemented with threaded rods at the end. The pad can effectively prevent concrete slurry leakage and reserve rod protection layer to avoid corrosion. The grouting control pad has been applied to on-site construction with sound results, which greatly improves the construction quality and efficiency, and the concrete surface appearance. Finally, the results can provide references for grouting control in similar bulk concrete construction projects.

**Keywords:** ship lock; bulk concrete; grouting control pad; rod device; rod protection layer; grout leakage treatment

大体积混凝土在浇筑施工过程中, 为提升高大模板的稳定性、保证安全, 常采用 2~3 道斜拉杆进行稳固, 而拉杆会在模板上留下孔洞, 在浇筑振捣作业时, 混凝土浆液往往会从这些孔洞及

模板之间的缝隙中渗漏出来, 导致浪费, 拆模后还会有蜂窝、狗洞、麻面等质量缺陷<sup>[1]</sup>, 额外增加了清理露筋、补浆及打磨工序, 影响施工效率。

传统工艺采用透明胶带、发泡剂、缠绕胶带

收稿日期: 2023-06-07

作者简介: 李德兵 (1986—), 男, 工程师, 从事航电枢纽工程施工管理。

或海绵双面胶带等防止混凝土浇筑施工过程中的漏浆问题, 但效果并不理想。一是由于封堵材料材质本身缺少韧性、强度, 无法支撑大体积混凝土的自重力及振捣带来的侧向力而常出现破损; 二是施工工序复杂, 难以把控封堵的严密性, 漏浆问题普遍存在。在拆除止浆材料后, 接触面形态不平整, 易出现局部色差、砂斑、露石和表面光洁度差等问题, 影响混凝土的外观质量。同时由于大体积混凝土的模板尺寸较大, 无法采用对拉杆对模板进行加固, 因此采用斜拉杆或其它加固形式对模板进行加固。在使用斜拉杆对模板加固时, 通常用刚垫块或蝴蝶扣将斜拉杆固定在模板背架上<sup>[2]</sup>。拆模后, 拉杆裸露在混凝土表面, 通常紧贴混凝土表面切除外露拉杆, 然而, 这种方式不能对拉杆形成有效保护层, 拉杆头部长期暴露在空气中易锈蚀形成锈蚀通道<sup>[3]</sup>。因此, 如何止浆以及拆模后如何处理外露拉杆成为施工难题。

胡振凯和王骞<sup>[4]</sup>通过定型免拆模板减少了模板之间的缝隙, 接触处采用法兰封边, 钉以钢钉并辅以建筑胶, 以此减少漏浆, 该方法通过减少接触面有效减少了浇筑过程中漏浆情形的发生。罗朝华<sup>[5]</sup>提出采用防漏卡槽, 在卡槽中直接塞入止浆条可防止翼缘板施工时漏浆。

本文针对上述存在的问题, 提出一种大体积混凝土模板止浆垫块及拉杆装置, 此止浆垫块与模板贴合密实, 能够对拉杆孔进行止浆, 防止浆液外漏, 改善拉杆孔附近的混凝土外观; 且该装置预留拉杆保护层, 模板拆除后可在保护层处填充混凝土, 防止拉杆头部锈蚀, 提高混凝土的施工质量, 方便后期混凝土的修补。

## 1 工程概况

龙溪口航电枢纽工程位于岷江乐山—宜宾下游河段, 是岷江干流航电梯级开发的第 4 级。工程开发任务以航运为主, 结合发电, 兼顾供水、灌溉的水资源综合利用。坝址位于犍为县新民镇

上游约 600 m 的岷江河段, 主要建筑物包括左岸挡水坝段、左岸鱼道、左岸厂房、中间 24 孔泄洪闸、右岸船闸、右岸挡水坝段、库区防护工程等。枢纽建成后通航标准为内河Ⅲ级, 船闸设计年通过能力 1 357 万 t, 电站正常蓄水位 317 m, 总装机容量 480 MW。项目现场见图 1。



图 1 项目现场

## 2 设计方案

### 2.1 止浆垫块

止浆垫块包括安装面和工作面, 沿两面之间设置用于贴合安装拉杆的通孔, 该通孔同时贯通安装面和工作面, 垫块上开有贯通止浆垫块壁厚的安装开口缝。止浆垫块构造应能较好地防止大体积混凝土模板情形下漏浆现象的发生<sup>[6]</sup>。1) 材质选择。止浆垫块采用弹性模量 0.8~1.2 MPa 的弹性材料, 拟选择聚乙烯闭孔泡沫或橡胶材质。2) 结构尺寸。止浆垫块为柱形或圆台形结构, 通孔直径小于拉杆直径 1~2 mm, 安装开口缝缝宽 0~4 mm, 便于将止浆垫块通过安装开口缝紧固在拉杆上, 防止拉杆与止浆垫块间产生相对位移, 也避免了混凝土浆液流过安装开口缝, 影响止漏效果。

当止浆垫块为柱形时, 垫块通孔直径小于底面外圆直径 10~20 mm 或小于底面椭圆短轴直径 10~20 mm, 且其工作面紧贴模板面板内表面; 当止浆垫块为圆台形时, 垫块通孔直径小于安装面外圆直径 10~20 mm, 工作面外圆直径大于安装面外圆直径。

止浆垫块的通孔直径小于拉杆孔直径, 工作面外圆直径大于拉杆孔直径 10~15 mm, 以便止

浆垫块能够对拉杆孔有效封堵。止浆垫块结构见图 2。

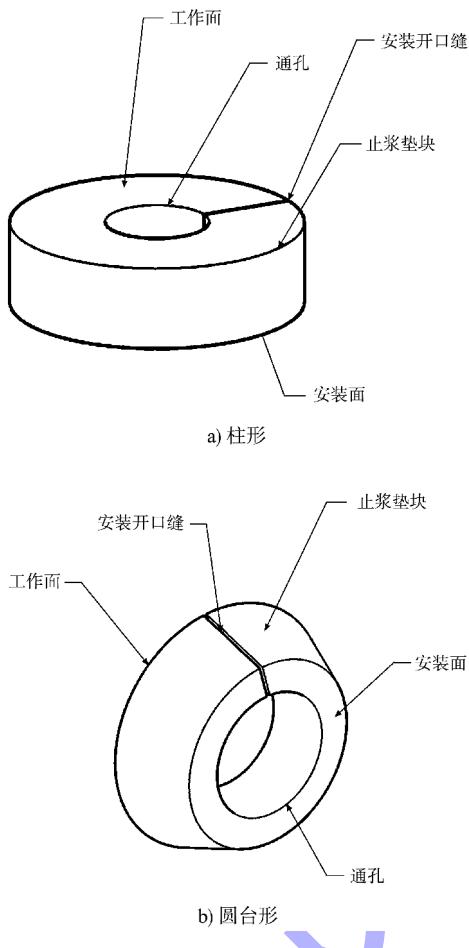


图 2 止浆垫块结构

## 2.2 拉杆装置

如图 3 所示, 拉杆装置是基于安装在待浇筑混凝土外侧表面的模板而设计, 模板外侧安装多根竖肋, 呈均匀平行布置; 面板上开有 3 行或多行拉杆孔, 呈均匀布置。

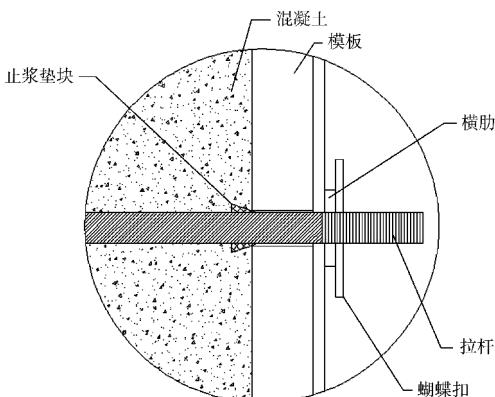


图 3 拉杆装置细部结构

拉杆通过孔洞穿过两侧模板, 两端超出两侧模板竖肋, 通过固定件及横肋固定, 横肋固定在竖肋外侧, 第二横肋位于第一横肋的下方。采用钢垫块、螺栓或蝴蝶扣固定拉杆。

## 3 方案比选

### 3.1 方案设计

设计 4 种方案进行试验, 比较其防渗及安全稳固性等。

1) 方案 1。如图 4 所示, 模板面板外表面安装多根均匀排布、相互平行的竖肋, 模板开设 3 行均匀布置的拉杆孔, 拉杆两端超出两侧模板竖肋, 采用固定件及横肋固定, 每根拉杆靠近模板面板内表面的两端套有止浆垫块。

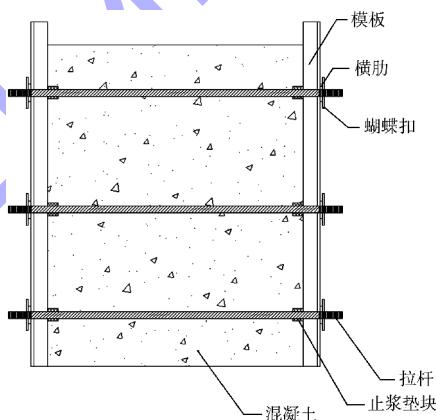


图 4 方案 1 止浆垫块设计

聚乙烯闭孔泡沫止浆垫块表面吸水率低, 防渗透性能好, 可有效防止混凝土浆液渗出拉杆孔, 其具有独立的气泡结构, 外观呈蜂窝状孔洞均匀分布, 质量轻、伸缩强度大、回复率高, 可与模板紧密贴合; 聚乙烯闭孔泡沫塑料化学稳定性、耐腐蚀性均较好, 可在混凝土内实现对拉杆孔的有效封堵; 同时, 聚乙烯闭孔泡沫具有良好的支撑性, 在混凝土浇筑过程中形变较小, 施工简单、方便。而橡胶材质的止浆垫块具有高弹性、不透水性, 具有良好的止漏效果。

方案 1 采用圆柱形结构止浆垫块, 工作面、安装面及侧面均具有良好的平整度, 能较好地贴合密实, 有效防止混凝土漏浆, 且拆模后的混凝

土具有良好的外观质量。

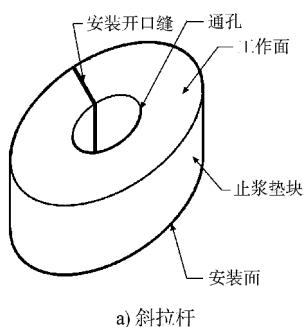
止浆垫块通孔直径小于拉杆直径 1~2 mm, 通过开口缝卡在拉杆之上, 聚乙烯闭孔泡沫材料的延展性和弹性可使开口缝恢复到原状态, 缝隙宽度可忽略不计, 防止了拉杆与止浆垫块间产生相对位移, 达到较好的止浆效果。

止浆垫块壁厚 10~20 mm, 具有较强的抗压性能, 在兼顾止漏效果的同时, 可在拆除止浆垫块后切除拉杆时留出凹槽, 较大的切割空间便于操作。待拉杆外露部分切除后, 在凹槽内填充混凝土进行修补, 从而在拉杆的端部外侧形成混凝土保护层。

2) 方案 2。方案 2 止浆垫块的安装方式与方案 1 相同。不同的是, 方案 2 采用圆台形止浆垫块。安装止浆垫块时, 将其面积较大的工作面贴合模板内表面, 在模板拆除后, 可以更方便地将止浆垫块从混凝土内挑出, 确保混凝土的外观质量, 进一步提高止浆垫块拆除效率。

3) 方案 3。方案 3 在方案 2 的基础上, 在安装止浆垫块时沿着模板拉杆孔方向推进直至止浆垫块卡紧拉杆孔, 止浆垫块的侧面与模板拉杆孔紧密结合。此安装方式可进一步提高止浆垫块的防漏浆性能。

4) 方案 4。如图 5 所示, 针对斜拉杆情形下, 可在方案 1 的基础上, 将止浆垫块的工作面和安装面倾斜一定的角度, 使其与模板面板内表面贴合密实, 也可有效防止混凝土漏浆。当拉杆的一端连接在固定筋上时, 只需将止浆垫块安装在拉杆的另一端, 贴合模板拉杆孔, 即可对模板拉杆孔止漏。



a) 斜拉杆

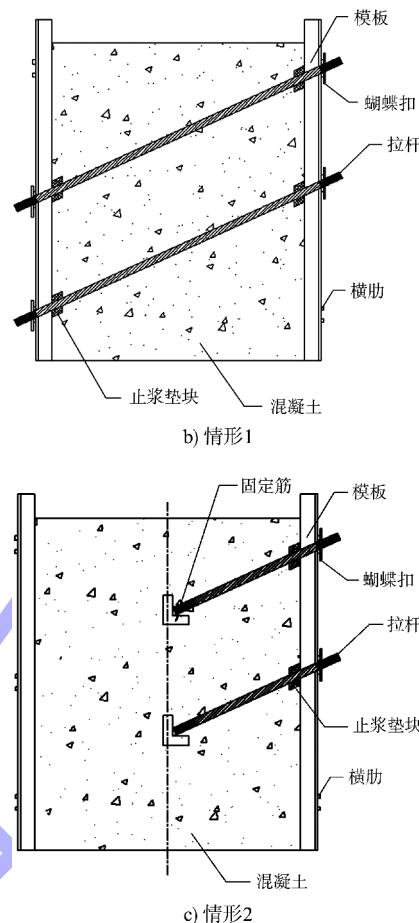


图 5 方案 4 止浆垫块设计

### 3.2 比选结果

止浆垫块及模板拆除后见图 6、7, 模板拆除后止浆垫块与混凝土面在同一水平面, 便于拆除垫块; 垫块拆除后可见明显凹槽, 便于后续处理。对比 4 个方案可知, 止浆垫块不仅适用于对拉杆, 也适用于斜拉拉杆。需要切除拉杆的施工场合均可采用大体积混凝土模板止浆垫块和带有止浆垫块的拉杆装置, 从而达到有效止浆并形成保护层浇筑空间的效果, 切除拉杆后修补形成的保护层混凝土可对拉杆端部起到保护作用。

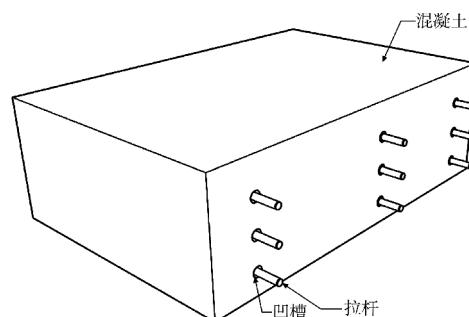


图 6 止浆垫块拆除后

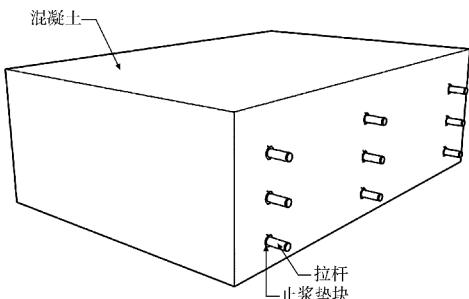


图 7 模板拆除后

#### 4 结语

1) 止浆垫块及拉杆装置在航电枢纽工程中能有效解决漏浆、色差等外观质量缺陷，提升施工效率，可广泛应用于水运工程大体积混凝土施工技术领域。

2) 止浆垫块及拉杆装置在对拉杆、斜拉杆场合均适用，可同时兼顾安全性及技术简明化。

3) 在后续进一步的研究中，止浆垫块及拉杆

装置可以环保回收、降低材料成本为突破点进行循环利用，磨损达到一定程度需废弃时，进行环保降解。

#### 参考文献：

- [1] 陶云, 黄攀文. 扶壁式高大墙施工关键技术[J]. 水运工程, 2022(12): 239-244.
- [2] 吕爽, 赵中奇, 谭旭东, 等. 基于混凝土浇筑中模板斜拉杆受力分析[J]. 广西城镇建设, 2021(2): 82-84.
- [3] 涂启华, 唐光星, 翁龙, 等. 海港工程钢筋保护层厚度分析[J]. 水运工程, 2014(4): 43-47.
- [4] 胡振凯, 王骞. PK 定型免拆模板漏浆问题质量控制要点[J]. 施工技术, 2020, 49(8): 107-109.
- [5] 罗朝华. 浅谈预制场规划及预制箱梁质量的改进[J]. 企业科技与发展, 2019(10): 71-72.
- [6] 中交第四航务工程局有限公司. 一种大体积混凝土模板止浆垫块及拉杆装置: CN202220019521. 1 [P]. 2022-07-26. (本文编辑 王传瑜)
- [3] 水利部水利水电规划设计总院, 中国水利水电科学研究院, 清华大学. 胶结颗粒料筑坝技术导则: SL 678—2014[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.
- [4] ALDAOOD A, KHALIL A, BOUASKER M, et al. Experimental study on the mechanical behavior of cemented soil reinforced with straw fiber [J]. Geotechnical and geological engineering, 2021, 39(4): 2985-3001.
- [5] MARQUES S F V, CONSOLI N C, ALMEIDA SOUSA J. Testing Cement Improved Residual Soil Layers [J]. Journal of materials in civil engineering, 2014, 26(3): 544-550.
- [6] 杜双全, 范适生. 胶凝砂砾石的工程性质分析[J]. 水运工程, 2021, (12): 125-128, 144.
- [7] 罗先满, 梁萌帆, 廖柳霞. 岷江犍为航电枢纽工程塘坝胶凝砂砾石防洪堤与市政绿化的结合应用[J]. 水运工程, 2021(12): 139-144.
- [8] 程昌炳, 刘少军, 王远发, 等. 胶结土的凝聚力的微观研究[J]. 岩石力学与工程学报, 1999, 18(3): 322-326.
- [9] 冯炜. 胶凝砂砾石坝筑坝材料特性研究与工程应用[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2013.

(上接第 88 页)

2) 综合成套降温措施，如原材遮阳防晒、自动喷淋系统、仓前湿润、冷却水管埋设、分层分段浇筑、土工膜覆盖等，使混凝土浇筑前、中、后均降低温度，在实际应用中达到较好的控温作用。

3) 在船闸重点部位埋设温度传感器，通过监测—收集—分析—反馈—调节的自动化流程可以有效降低混凝土芯部与表面的温度差，减少裂缝的产生。

#### 参考文献：

- [1] 吴礼国, 李泳龙. 低热硅酸盐水泥在犍为船闸大体积混凝土中的应用[J]. 水运工程, 2021(12): 115-118, 124.

- [2] 袁春. 船闸工程大体积混凝土裂缝成因及控制[J]. 珠江水运, 2020(19): 99-100.
- [3] 张子明, 宋智通, 石端学. 混凝土绝热温升新理论及在龙滩工程中的应用[J]. 红水河, 2005, 24(1): 5-10, 22.
- [4] 樊锐. 跳仓浇筑的水电站厂房坝段温度应力仿真分析[D]. 西安: 西安理工大学, 2010.
- [5] 李昂. 大体积混凝土基础底板跳仓法施工研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [6] 齐亚丽. 大体积混凝土温度裂缝控制研究[D]. 长春: 吉林建筑大学, 2018.

(本文编辑 王传瑜)

(上接第 103 页)

- [2] 袁春. 船闸工程大体积混凝土裂缝成因及控制[J]. 珠江水运, 2020(19): 99-100.
- [3] 张子明, 宋智通, 石端学. 混凝土绝热温升新理论及在龙滩工程中的应用[J]. 红水河, 2005, 24(1): 5-10, 22.
- [4] 樊锐. 跳仓浇筑的水电站厂房坝段温度应力仿真分析[D]. 西安: 西安理工大学, 2010.
- [5] 李昂. 大体积混凝土基础底板跳仓法施工研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [6] 齐亚丽. 大体积混凝土温度裂缝控制研究[D]. 长春: 吉林建筑大学, 2018.

(本文编辑 王传瑜)