

大型码头胸墙混凝土浇筑过程中监理旁站的关键控制点优化

杨志坚

扬州华建交通工程咨询监理有限公司 江苏 扬州 225002

摘要：大型码头胸墙作为港口工程的关键结构，其混凝土浇筑质量直接影响结构耐久性与运营安全。监理旁站作为全过程质量控制的核心环节，需针对码头胸墙的特殊工况（如潮汐影响、大体积混凝土温控、止水结构复杂等）制定专项控制策略。本文系统梳理监理旁站在原材料检验、施工配合比动态调整、分层浇筑工艺、止水带振捣、温控养护等环节的关键控制要点，并提出基于BIM技术的旁站方案优化、智能监测系统应用等创新措施，为提升码头胸墙施工质量提供理论支撑与实践指导。

关键词：码头胸墙；混凝土浇筑；监理旁站；质量控制；优化策略

1 引言

在港口工程建设中，大型码头胸墙扮演着至关重要的角色。它不仅是挡浪、系船以及承受船舶撞击的核心结构，更是保障港口正常运营和安全的关键防线。一旦胸墙混凝土施工质量出现问题，如出现裂缝、渗漏、钢筋锈蚀等缺陷，不仅会缩短码头的使用寿命，增加维护成本，还可能对港口的正常运营造成严重影响，甚至引发安全事故。

监理旁站作为施工过程质量控制的最后一道防线，其重要性不言而喻。通过监理人员在施工现场的实时监督和指导，能够及时发现和纠正施工过程中的质量问题，确保胸墙混凝土施工满足设计要求和相关规范标准。然而，大型码头胸墙混凝土施工具有诸多特殊性，如大体积混凝土施工、复杂的止水结构、潮汐环境影响

等，这对监理旁站工作提出了更高的要求。

2 大型码头胸墙混凝土施工特点及工艺流程

2.1 施工特点

一是大体积混凝土温控要求高：胸墙单次浇筑方量通常超过500m³，水泥水化热导致内外温差可达25℃以上，易引发贯穿性裂缝。二是止水结构复杂：胸墙与沉箱、底板接缝处需设置橡胶止水带、紫铜止水片等，振捣过程中易发生位移或破损。三是潮汐环境影响显著：沿海码头胸墙施工需应对潮位变化，混凝土终凝前若被海水浸泡，将导致表面强度损失30%以上。四是钢筋密集区施工困难：胸墙顶部预埋系船柱、护舷等构件，钢筋密度达120kg/m³，振捣棒难以插入。

2.2 工艺流程

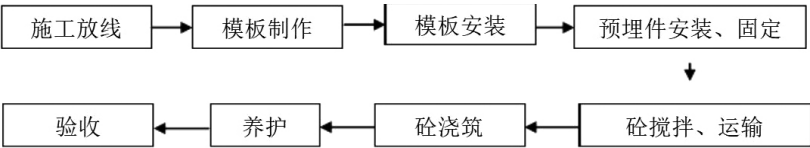


图1 胸墙施工工艺流程

3 监理旁站关键控制要点

3.1 原材料检验与配合比控制

（1）砂石质量控制

砂石作为混凝土的主要骨料，其质量直接影响混凝土的强度和耐久性。砂的细度模数是衡量砂粗细程度的重要指标，需控制在2.3-3.0之间。如果细度模数过小，砂子过细，会导致混凝土需水量增加，保水性变差，容易出现离析和泌水现象；如果细度模数过大，砂子过粗，会使混凝土拌合物和易性变差，难以振捣密实。砂的含泥量也是一个关键指标，含泥量过高会降低混凝土的粘

结力和强度。因为泥土颗粒不具有胶凝性，会阻碍水泥与骨料的粘结，降低混凝土的密实度^[1]。因此，砂的含泥量需控制在≤3%。在取样时，应剔除表层10cm深度的材料，以避免表层砂石受污染影响检测结果。碎石的超逊径含量需≤5%，超径石子会增加混凝土拌合物的离析倾向，逊径石子则会影响混凝土的密实性。颗粒级配需满足连续级配要求，合理的颗粒级配可以使骨料之间的空隙率最小，从而提高混凝土的密实度和强度。

（2）外加剂适配性验证

外加剂的适配性对混凝土的性能至关重要。减水剂

是常用的外加剂之一,它能够减少混凝土用水量,提高混凝土的强度和耐久性。减水剂需通过混凝土坍落度损失试验和泌水率试验进行验证。在1h内,混凝土的坍落度损失应 $\leq 30\text{mm}$,泌水率应 $\leq 1\%$,以保证混凝土的施工性能和耐久性。如果坍落度损失过大,混凝土在运输和浇筑过程中会变得干硬,难以施工;如果泌水率过高,混凝土表面会出现浮浆,影响混凝土的外观质量和耐久性。引气剂能够引入大量均匀分布的微小气泡,提高混凝土的抗冻性和耐久性。引气剂需控制含气量在3.5%-4.5%之间,气泡间距系数 $\leq 250\mu\text{m}$ 。合适的含气量和气泡间距系数可以使混凝土在冻融循环作用下具有良好的抗破坏能力。

(3) 施工配合比动态调整

施工配合比需根据实际情况进行动态调整。砂石含水率会随着天气变化而波动,因此需根据实时检测结果调整用水量。在雨季施工时,空气湿度较大,砂石含水率较高,每班次检测砂石含水率的次数应不少于3次,以确保配合比的准确性。减水剂掺量允许偏差 $\pm 0.2\%$,严禁通过加水调整坍落度^[2]。加水虽然可以暂时增加混凝土的流动性,但会改变混凝土的水灰比,降低混凝土的强度和耐久性。因此,应通过调整减水剂掺量来控制混凝土的坍落度。

3.2 分层浇筑工艺控制

(1) 入仓高度控制

混凝土入仓高度的控制是保证混凝土质量的重要环节。混凝土自由下落高度不得超过2m,超过时需采用溜槽或串筒等辅助设备。当混凝土自由下落高度过高时,混凝土会发生离析现象,即骨料与水泥浆分离。离析后的混凝土骨料集中在下部,水泥浆集中在上部,导致混凝土强度不均匀,影响胸墙的质量。例如,在某胸墙施工中,由于未控制入仓高度,混凝土离析严重,表层石子外露率达40%,严重影响了胸墙的外观和强度。

(2) 分层厚度与振捣间距

分层厚度与振捣间距的控制对混凝土的密实性至关重要。分层厚度应控制在30-50cm之间,过厚的分层会导致混凝土振捣不充分,内部存在孔洞和蜂窝等缺陷;过薄的分层则会增加施工工序,降低施工效率。采用 $\Phi 50$ 振捣棒时,插点间距应 $\leq 40\text{cm}$,快插慢拔时间应 $\geq 15\text{s}$ 。快插是为了防止混凝土分层离析,慢拔是为了使混凝土能够填满振捣棒拔出后留下的孔洞,确保混凝土振捣密实。在钢筋密集区,需采用 $\Phi 30$ 振捣棒辅助振捣,确保振捣棒插入下层混凝土5-10cm,使新旧混凝土能够良好结合。钢筋密集区混凝土振捣困难,采用较小直径的振捣

棒可以更容易地插入钢筋之间,保证混凝土的密实性。

(3) 施工缝处理

施工缝处理是保证胸墙整体性的关键。垂直施工缝需涂刷水泥净浆(水灰比0.4-0.5),水泥净浆可以增强新旧混凝土之间的粘结力,提高施工缝的抗渗性能。水平施工缝需铺2-3cm厚同配比砂浆,同配比砂浆可以使新旧混凝土更好地融合,避免出现薄弱环节。凿毛时机需控制在混凝土强度达5MPa以上,此时混凝土已经具有一定的强度,凿毛时不会破坏混凝土的结构。采用高压水枪冲毛时水压应 $\geq 30\text{MPa}$,高压水枪冲毛可以有效地清除混凝土表面的浮浆和松散颗粒,增加新旧混凝土之间的摩擦力,提高粘结强度。

3.3 止水结构专项控制

(1) 止水带定位与固定

止水带的定位与固定是保证止水效果的关键。橡胶止水带需采用专用夹具固定,专用夹具可以确保止水带的位置准确、固定牢固,避免在混凝土浇筑过程中发生位移。中心线偏差应 $\leq 5\text{mm}$,转角处需做成圆弧形。转角处做成圆弧形可以避免应力集中,防止止水带在转角处破裂。紫铜止水片焊接需采用双面焊,双面焊可以保证焊缝的密封性,防止海水渗漏。

(2) 振捣工艺优化

振捣工艺的优化对止水带周边混凝土的质量至关重要。止水带周边50cm范围内应采用人工插捣,避免振捣棒直接接触止水带。振捣棒直接接触止水带可能会导致止水带损坏,影响止水效果^[3]。人工插捣可以更加精确地控制振捣力度和范围,确保混凝土在止水带周边振捣密实。例如,通过采用微型振捣棒(直径25mm),可以更加灵活地在止水带周边进行振捣,将止水带周边振捣密实度提升至98%,有效提高了止水效果。

3.4 温控与养护控制

(1) 大体积混凝土温控

大体积混凝土温控是防止混凝土开裂的重要措施。需埋设测温点,测温点间距应 $\leq 3\text{m}$,通过合理布置测温点,可以全面、准确地监测混凝土内部温度变化情况。实时监测混凝土内部温度变化,内外温差应控制在 $\leq 20^\circ\text{C}$,降温速率应 $\leq 2^\circ\text{C/d}$ 。当内外温差过大或降温速率过快时,混凝土内部会产生较大的温度应力,容易导致混凝土开裂。在高温季节,可采用预埋冷却水管通水降温,水温与混凝土内部温差应 $\leq 15^\circ\text{C}$ 。冷却水管通水可以带走混凝土内部的热量,降低混凝土内部温度,减小内外温差,从而有效防止混凝土开裂。

(2) 养护制度执行

养护制度的执行对混凝土的强度发展和耐久性至关重要。混凝土终凝后应立即覆盖土工布保湿养护,土工布可以保持混凝土表面的水分,防止水分蒸发过快。养护时间应 $\geq 14\text{d}$,足够的养护时间可以使混凝土充分水化,提高混凝土的强度和耐久性。在低温季节(气温 $< 5^{\circ}\text{C}$),需采用电热毯+棉被复合保温,确保混凝土内部温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。低温环境下,混凝土的水化反应速度减慢,强度增长缓慢,甚至可能停止水化。采用保温措施可以保持混凝土的温度,促进水泥的水化反应,保证混凝土的强度发展。

4 监理旁站优化策略

4.1 基于BIM技术的旁站方案优化

BIM技术为监理旁站方案的优化提供了有力支持。通过BIM模型可以模拟胸墙钢筋、预埋件、止水带的空间关系,提前发现碰撞点。在传统施工中,由于设计图纸的二维表达局限性,往往难以发现各构件之间的空间冲突。而BIM技术可以将各构件以三维模型的形式呈现出来,通过碰撞检测功能,能够快速、准确地发现钢筋、预埋件、止水带之间的碰撞点。例如,通过BIM技术提前发现碰撞点,并及时进行调整,避免了施工过程中的返工和质量问题。同时,BIM技术还可以进行施工进度动态监控,集成4D-BIM模型与施工进度计划,实时预警超期浇筑风险^[4]。4D-BIM模型将时间维度与三维模型相结合,可以直观地展示施工进度情况。

4.2 智能监测系统应用

智能监测系统在胸墙混凝土施工中具有重要作用。通过在胸墙内部埋设温度、应变、湿度传感器,可以构建无线传感网络,实现全生命周期监测。温度传感器可以实时监测混凝土内部温度变化,应变传感器可以监测混凝土在受力过程中的变形情况,湿度传感器可以监测混凝土内部的湿度变化。这些传感器将采集到的数据通过无线传输方式发送到监控中心,监理人员可以随时查看混凝土的状态。例如,某工程通过物联网监测,将裂缝发生率从3.2%降至0.8%,有效提高了胸墙的质量和耐久性。同时,采用AI图像识别技术,利用无人机巡检+深度学习算法,可以自动识别混凝土表面缺陷。无人机可

以快速、全面地对胸墙表面进行巡检,拍摄大量的图像数据。深度学习算法可以对这些图像进行分析和处理,自动识别出混凝土表面的裂缝、蜂窝、麻面等缺陷。

4.3 标准化旁站流程再造

标准化旁站流程再造可以提高监理旁站的工作效率和质量。开发移动端旁站APP,实现检查项自动推送、数据实时上传。监理人员在施工现场可以通过移动端旁站APP接收检查任务,按照系统提示的检查项进行逐一检查,并将检查结果实时上传到后台数据库。这样可以提高旁站记录的完整性和准确性,避免漏检和记录不及时的问题。例如,某工程通过数字化检查表,将旁站记录完整率从75%提升至98%。同时,构建质量追溯系统,建立混凝土生产-运输-浇筑-养护全链条二维码追溯体系。每个环节的信息都可以通过二维码进行记录和查询,当出现质量问题时,可以快速定位问题环节,查找问题原因,采取相应的措施进行处理。通过质量追溯,将问题定位时间从4h缩短至10min,提高了质量问题的处理效率。

结语

大型码头胸墙混凝土浇筑监理旁站需构建“材料-工艺-环境-人员”四维控制体系,通过动态配合比调整等关键技术提升施工质量,在材料、工艺、环境、人员方面各有控制要点。未来研究应聚焦于开发基于数字孪生的混凝土性能预测模型,应用5G+AR远程旁站指导系统,研究自修复混凝土材料在胸墙工程中的适用性。通过技术创新与管理升级,推动码头胸墙施工向智能化、精细化发展,为建设世界一流港口提供质量保障,让监理旁站更高效精准,码头胸墙质量进一步提升。

参考文献

- [1]吴微珊.沉箱重力式码头现浇混凝土胸墙施工技术探析[J].江西建材,2024,(03):230-231.
- [2]马文锋.码头胸墙大体积混凝土裂缝成因及防裂措施[J].珠江水运,2024,(01):86-88.
- [3]潘华,周君栋.沉箱码头现浇胸墙施工工艺标准化[J].珠江水运,2018,(09):46-48.
- [4]张定野,陈丛文,丁俊吉.板桩码头力矩平衡式胸墙模板设计技术及应用[J].中国港湾建设,2024,44(01):50-54.