

清水混凝土施工质量控制与技术优化研究

刘磊¹ 郝军² 徐江峰² 王卿华³

1 华能莱芜发电有限公司 2 燃机发电有限公司 3 滨州城建集团有限公司

DOI:10.12238/btr.v8i4.4750

[摘要] 泰安某燃机项目零米以上主厂房全面采用清水混凝土,对外观与结构性能要求严苛。试验批施工前虽经方案学习与技术交底,仍出现裂纹、漏浆、夹丝、气泡及色差等问题。本文结合项目实际剖析成因,从材料、工艺、管理等为切入点制定优化策略,实践验证质量显著提升,为同类工程提供参考。

[关键词] 清水混凝土; 燃机项目; 质量控制; 施工工艺; 缺陷治理

中图分类号: TV331 文献标识码: A

Research on Quality Control and Technical Optimization of Clear Water Concrete Construction

Lei Liu¹ Jun Hao² Jiangfeng Xu² Qinghua Wang³

1 Huaneng Laiwu Power Generation Co., Ltd

2 Tai'an Gas Turbine Power Generation Co., Ltd

3 Binzhou Urban Construction Group Co., Ltd

[Abstract] The main building of a certain gas turbine project in Tai'an, which is over zero meters high, is fully made of plain concrete, with strict requirements for appearance and structural performance. Although the experimental batch underwent scheme learning and technical disclosure before construction, problems such as cracks, grout leakage, wire entrapment, bubbles, and color difference still occurred. This article analyzes the causes based on the actual situation of the project, and formulates optimization strategies from the perspectives of materials, processes, management, etc. It has been verified through practice that the quality has significantly improved, providing reference for similar projects.

[Key words] fair faced concrete; Gas turbine project; Quality Control; Construction technology; Defect management

引言

在现代建筑领域,清水混凝土凭借“成型即饰面”的优势,兼具结构强度与自然美学,能省去后续装饰工序、降低成本,成为绿色建筑与高效施工的重要载体,且在对结构耐久性和外观精度要求严苛的工业项目(如燃机主厂房)中应用渐广。泰安某燃机项目零米以上主厂房采用清水混凝土,试验批却出现裂纹、漏浆等缺陷,既影响视觉效果,又对结构安全构成潜在威胁,因此深入剖析成因并从材料、工艺、管理等维度制定解决方案,不仅能为该项目提质增效,也能为同类清水混凝土工程提供实践参考,推动其在高质量建筑领域的发展。

1 项目概况与试验批问题

1.1 项目要求。泰安某燃机项目零米以上主厂房为展现工业美学与结构耐久性,要求清水混凝土表面平整光滑、色泽均匀,无明显裂纹、漏浆等缺陷,实现“成型即饰面”效果。这不仅意味着混凝土成型后无需额外装饰面层,直接作为建筑外观的一

部分,还对结构的安全性、耐久性提出了极高要求。主厂房作为燃机项目的核心区域,其结构稳定性直接关系到整个机组的安全运行,因此施工精度与工艺把控面临着前所未有的严苛挑战。试验批问题。

1.2 试验批问题。试验批于2025年7月下旬浇筑完成,覆盖8个标准柱体。拆模后,质量问题集中显现,共发现4类典型缺陷。柱体边角出现塑性收缩裂纹,这些裂纹多呈不规则分布,部分裂纹长度可达5-10cm,虽未贯穿柱体,但对结构的外观和耐久性造成了潜在威胁。模板拼缝漏浆现象较为严重,阳角挂浆明显,形成了不平整的凸起,影响了混凝土表面的平整度和美观度。表面多处存在夹杂物,主要为木屑、塑料碎片等,同时还存在气泡,部分气泡直径达5mm,破坏了混凝土表面的完整性。尤为明显的是,因矿粉掺量波动,柱体色泽差异显著,呈“深浅斑驳”状,严重影响了主厂房的整体视觉效果。

2 试验批质量通病成因分析

2.1 裂纹。(1) 塑性收缩裂纹：7月下旬泰安地区处于夏季高温期，施工环境温度较高，空气干燥，混凝土浇筑后表面水分蒸发速度远超内部水分迁移速度。在浇筑完成后的2-4小时内，混凝土尚处于塑性状态，强度较低，当表面水分蒸发引起的收缩力超过混凝土的抗拉强度时，就极易产生塑性收缩裂纹。主厂房大面积平面部位由于表面积较大，水分蒸发更为剧烈，因此裂纹问题尤为明显。(2) 温度裂纹：该项目混凝土配合比中选用的水泥为早强水泥，虽然早强水泥能加快施工进度，但水化热较高。主厂房构件体量相对较大，水泥水化过程中产生的大量热量难以快速散发，导致混凝土内部温度急剧升高，而表面温度受环境影响相对较低，内外温差超过25℃。在温度应力的作用下，混凝土容易产生温度裂纹。同时，部分模板拆除过早，此时混凝土强度尚未达到设计要求，无法承受自身重量和外部环境作用产生的应力，进一步加剧了裂纹的产生。

2.2 拼缝漏浆。模板因素：模板作为清水混凝土成型的关键工具，其加工精度直接影响施工质量。该项目试验批所使用的模板加工精度不足，拼缝处平整度、缝隙宽度超过允许偏差，使得混凝土浇筑时浆液容易从缝隙中渗漏。此外，模板安装时支撑刚度不足，在混凝土侧压力的作用下发生变形，导致拼缝错位、密封失效，进一步增加了漏浆风险。

密封缺陷：密封胶条的选型与安装质量对防止拼缝漏浆至关重要。试验批中选用的密封胶条弹性不足，无法有效填充拼缝间隙。在安装过程中，胶条粘贴不牢固、存在褶皱，混凝土浇筑时，在压力作用下浆液从胶条的薄弱部位渗漏。主厂房阴阳角等异形拼缝部位结构复杂，密封难度大，漏浆问题更为突出。

2.3 夹丝与气泡。夹丝：施工过程中的工序衔接和质量验收环节存在疏漏。模板清理不彻底，残留的木屑、铁丝等杂物附着在模板表面，混凝土浇筑后便形成了夹杂物。钢筋工在绑扎施工过程中，部分扎丝向外伸出，验收时未及时发现并纠正，混凝土浇筑后扎丝嵌入其中，形成了夹丝缺陷。

气泡：混凝土和易性欠佳是导致气泡产生的重要原因。坍落度过大时，混凝土黏聚性差，容易产生离析，气泡难以排出；坍落度过小时，混凝土流动性差，振捣过程中气泡不易上浮。同时，振捣工艺不合理，振捣间距过大、时间不足，使得混凝土中的气泡无法充分逸出。主厂房钢筋密集区域空间狭小，振捣棒难以深入，气泡富集现象更为严重。



钢筋绑扎绑丝朝外造成夹丝现象



阳角处理不当，裂纹



拼缝漏浆

2.4 矿粉添加过多产生色差。矿粉在混凝土中起到改善和易性、降低水化热等作用，但掺量需控制在合理范围内。试验批中矿粉掺量超过合理范围，过多的矿粉影响了水泥的水化反应进程和程度，导致混凝土表面色泽不均。此外，不同批次矿粉的质量存在波动，其化学成分、细度等指标不一致，与水泥的适应性差异较大，进一步加剧了色差问题，破坏了主厂房清水混凝土整体色泽的一致性。

3 质量控制与技术优化的实施

3.1 裂纹专项治理。材料配比优化：针对裂纹问题，首先从材料源头进行控制。要求选用低水化热水泥，禁止添加矿粉，将



模板拼缝处理不当

水化热峰值降至55℃以下,减少因水化热过高产生的温度应力。同时,选用缓凝型减水剂,将混凝土初凝时间延长至8小时,为后续的养护工作留足时间,避免因初凝过快而导致的塑性收缩裂纹。

施工工艺调整:合理安排浇筑时间,限定每日5:00-9:00、16:00-19:00进行浇筑,此时环境温度相对较低,可有效控制混凝土入模温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 。在高温时段施工时,采取骨料预冷、冰水拌合等降温措施,降低混凝土初始温度。创新采用“三阶段养护法”:在混凝土浇筑完成后1小时内覆盖保湿薄膜,起到保水作用,防止表面水分过快蒸发;6小时后添加阻燃棉毡,进行保温处理,减少内外温差;24小时后洒水保湿,养护时间持续至21天,确保混凝土表面湿度 $\geq 90\%$,为混凝土强度增长和裂缝修复提供良好环境。

3.2拼缝漏浆控制。模板拼缝处理以“零错台、无漏浆、视觉连续”为核心目标。模板安装前,对拼缝接触面进行精密加工,采用专业设备对面板拼缝边缘进行平直度处理,确保接缝间隙 $\leq 0.5\text{mm}$,错台偏差 $\leq 1\text{mm}$ 。拼缝内侧粘贴3mm厚高弹性海绵条,将压缩率严格控制在30%-50%之间,外侧辅以专用密封胶嵌填,保证胶面与模板面齐平且宽度一致,形成双重密封保障。对于竖向拼缝,设置通长背楞加固,背楞间距 $\leq 300\text{mm}$,通过可调顶托施加均匀预紧力,有效抵抗混凝土浇筑时产生的侧压力,避免拼缝变形导致漏浆。

在混凝土底部座浆处理方面,座浆前需对基层进行彻底的凿毛处理,清除浮灰、杂物后洒水湿润,确保基层含水率达到8%-12%,增强座浆层与基层的粘结力。座浆材料采用特制干硬性水泥砂浆,其水灰比控制在0.3-0.35,砂率为35%-40%,并掺入适量微膨胀剂(掺量3%-5%)以补偿收缩,保证座浆层的密实性和强度。座浆施工时按“分段分层”原则进行,先用钢抹子将座浆材料均匀摊铺于基层,厚度控制在20-30mm,随后采用2m靠尺沿模板内侧刮平,并用振捣棒梅花状点振密实,确保座浆层密度 $\geq 98\%$ 。座浆完成后1小时内进行模板安装,通过水准仪抄平控制座浆面标高偏差 $\leq 2\text{mm}$,模板底部与座浆层间隙采用木楔微调固定,缝隙处用密封胶封堵。终凝后覆盖薄膜保湿养护7天,确保座浆层强度 $\geq 15\text{MPa}$ 后方可进行上部混凝土浇筑,避免因底部空鼓、渗漏导致结构底部出现蜂窝、麻面等缺陷。

3.3夹丝与气泡防治。提高钢筋绑扎质量,加强施工过程中的质量管控,要求所有扎丝向里弯曲,避免扎丝伸出钢筋表面。对骨料进行严格的处理,增加三级筛分(5mm、10mm、20mm)与水洗工序,确保骨料级配合理,含泥量 $\leq 0.5\%$,减少骨料中的杂质对混凝土质量的影响。粉料采用封闭罐车运输,防止运输过程中混入杂质,进场时严格检验杂质含量,不合格的粉料严禁使用。

振捣工艺实行标准化操作,采用“分层浇筑+分区振捣”的方式,每层浇筑厚度 $\leq 500\text{mm}$,确保混凝土振捣均匀。振捣棒选用 $\phi 50$ 与 $\phi 30$ 组合使用,在钢筋密集区采用 $\phi 30$ 振捣棒,保证振捣棒能够深入到混凝土各个部位。明确“快插慢拔、布点均匀”的振捣规范,振捣点间距控制在400mm,每点振捣时间为20-30秒,直至混凝土表面泛浆且无气泡逸出为止,确保混凝土中的气泡

充分排出。

3.4色差问题解决。为解决色差问题,对混凝土所有原材料进行严格管控,要求砂、水泥、石子等原材料采用单一货源,不得随意倒换机制砂和河沙,保证原材料性能的稳定性。搅拌站安装自动计量系统,精确控制掺合料的计量,确保配合比的准确性。混凝土搅拌时间固定 ≥ 90 秒,保证原材料充分混合均匀。在运输过程中,采取防离析措施,避免混凝土在运输过程中因分层离析而导致性能变化。浇筑过程中保持分层连续进行,振捣均匀且避免漏筋,养护阶段采用同规格薄膜全覆盖,确保混凝土表面温湿度稳定,减少因环境因素导致的色差。

4 实施效果与验证

4.1外观质量提升。8月中旬优化方案后浇筑的结构经第三方检测:塑性收缩裂纹消除,温度裂纹仅1处($< 10\text{cm}$),缺陷率降95%;拼缝漏浆面积占比1.2%,阴阳角“零漏浆”;每平方米气泡 ≤ 3 个(直径 $< 2\text{mm}$),无夹丝;肉眼观察无明显差异。

4.2施工效率保障。单体浇筑时间从8小时缩减至6小时,养护期无额外修补,缩减返工成本,保障夏季施工节点。

5 结论与展望

泰安某燃机项目通过对试验批缺陷的深入分析,从材料配比、模板系统、施工工艺等方面制定并实施了一系列优化策略,成功解决了清水混凝土施工中的关键问题,实现了混凝土外观质量与结构性能的双提升。实践表明,高标准清水混凝土施工必须坚持“材料是基础、模板是关键、振捣是核心、养护是保障”的原则,各个环节紧密配合、严格把控。在夏季高温施工条件下,更需要强化施工工艺的适配性与精细化管理,根据环境变化及时调整施工参数和措施。

未来,随着清水混凝土技术的不断发展,在燃机项目等工业建筑中的应用将更加广泛。后续研究可进一步探索新型材料在清水混凝土中的应用,优化施工工艺,提高施工自动化水平,为清水混凝土施工质量的持续提升提供更多技术支持,推动清水混凝土技术在工业建筑领域的不断创新和发展。

[参考文献]

- [1]王铁梦.混凝土结构裂缝控制[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [2]GB50204-2015,混凝土结构工程施工质量验收规范[S].北京:中国计划出版社,2015.
- [3]刘数华.清水混凝土技术发展与应用现状[J].混凝土,2020(05):151-155.
- [4]赵铁军,等.高温环境下混凝土性能研究进展[J].建筑材料学报,2019,22(03):401-408.
- [5]中国建筑科学研究院.普通混凝土配合比设计规程:JGJ55-2011[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.

作者简介:

刘磊(1991-),男,汉族,山东济南人,硕士研究生,中级工程师职称,华能莱芜发电有限公司,土建专业,研究方向:建筑与土木工程。