

南水北调长沟泵站大体积混凝土质量控制措施

蔡怀博¹, 刘德领², 徐小强³

(1. 山东水发陆海立方科技工程有限公司, 山东 济南 250000;

2. 山东省水利工程建设质量与安全中心, 山东 济南 250100; 3. 山东省淮海建设管理集团有限公司, 山东 济南 250000)

【摘要】长沟泵站作为南水北调东线关键节点,其大体积混凝土及异型结构混凝土施工意义重大。文章详述该泵站施工实践,前期根据结构特性与高程,精心规划平面分块、立面分层;施工时,严控底板、流道层模板与混凝土浇筑等工艺,针对不同季节,高温季采取降低水化热、结构防裂等措施,低温季从原材料、工艺等方面着手,效果显著,形成完整质量控制体系,可为类似工程提供参考。

【关键词】长沟泵站;大体积混凝土;温度控制;南水北调

【中图分类号】TU755.8

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2025)-05-0032-03

Quality Control Measures for Mass Concrete Pouring of Changgou Pumping Station in South-to-North Water Diversion Project

CAI Huaibo¹, LIU Deling², XU Xiaoqiang³

(1. Shuifa Land-Sea Cube Technology Engineering Co., Ltd. of Shandong Province, Jinan Shandong 250000, China;

2. Quality and Safety Center for Water Resources Engineering of Shandong Province, Jinan, Shandong 250100, China;

3. Huaihai Construction Management Group Co., Ltd. of Shandong Province, Jinan, Shandong 250000, China)

Abstract: As a key node of the eastern route of the South-to-North Water Diversion Project, the construction of mass concrete and special-shaped structure concrete for Changgou Pumping Station is of great significance. This paper introduces the construction practice of the pumping station in details. In the early stage, according to the structural characteristics and elevation, careful planning of plane block division and vertical layer division was carried out. During construction, strict control the processes such as formwork and concrete pouring of the bottom slab and flow channel layer, measures such as reducing hydration heat and preventing structural cracking were adopted in high-temperature seasons, and measures were taken from raw materials and processes in low-temperature seasons, achieving remarkable results. A complete quality control system has been formed, which can provide key technical references for similar projects.

Key words: Changgou Pumping Station; Mass concrete; Temperature control; South-to-North Water Diversion Project

南水北调工程作为国家重大战略性基础设施,其泵站建设质量至关重要。长沟泵站居东线十一级抽水梯级,于济宁市长沟镇新陈庄村北、梁济运河东岸^[1]。一期输水 100 m³/s,配 4 台 3100ZLQ-4 型立式轴流泵(1 台备用),装机 8 960 kW^[2]。枢纽涵盖主副厂房、引出水闸渠、节制闸、变电站等^[3],占地 25.9 hm²,规模宏大,各部分协同运作,保障输水任务顺利执行。长沟泵站作为东线工程的关键节点,大体积混凝土及异型

结构混凝土施工面临诸多挑战,严控混凝土质量至关重要。

1 泵站平面分块与立面分层

在施工筹备前期,依据各部位独特的结构特性与高程要求,精心规划平面分块及立面分层方案,底部工程严格以设计分块为基准开展后续工作。

收稿日期:2025-02-25

作者简介:蔡怀博(1987—),男,工程师

1.1 泵站平面分块

泵站平面科学划分为主泵房底板、前池底板、清污机闸、出水池底板。各区域功能各异,主泵房底板承载核心设备,前池底板为水流引入缓冲,清污机闸保障水流清洁,出水池底板确保水流平稳输出,这种划分既契合功能需求,又便于施工组织与管理。

1.2 站身结构立面分层

泵站立面精细分为5个层次,即站身底板、进水流道层、水泵层施工、联轴及出水流道层、地面层。每一层在整个泵站系统中承担特定功能,从基础承载到水流引导、动力传输再到地面设施支撑,层次分明,相互关联,构成完整的功能性结构体系。

2 泵站底板施工

2.1 底板模板施工

泵站底板四周审慎选用组合钢模板,以双排 $\phi 50$ 钢管作为围檀,将组合钢模紧密串联成稳固整体。地锚沿底板轮廓线外围巧妙设置,同一条边地锚尽量呈直线排列,以确保受力均匀,地锚间用 $\phi 50$ 钢管串联,加固模板的水平支撑及斜支撑精准固定于串联钢管上,为钢管提供可靠刚度保障,进而保证模板体系的稳定性,为后续混凝土浇筑奠定坚实基础。

2.2 底板混凝土浇筑

1)浇筑仓面规划。底板混凝土浇筑量高达 $2\ 197\ \text{m}^3$,大部分区域高度为 $1.5\ \text{m}$ 。鉴于浇筑方量大、仓面广阔,为有效防止混凝土初凝产生冷缝,采用多层阶梯推进法浇筑。上下两层前后距离依据泵送管道单节长 $3\ \text{m}$ 精准设置,每层厚度严格控制为 $50\ \text{cm}$,同时绘制详细的仓面布置图,为现场施工提供精准指导。

2)设备配备与仓面划分。施工现场合理配备两座 $1.0\ \text{m}^3$ 混凝土拌和站、两台混凝土输送泵,依据泵送管道线路走向,将每联底板划分为两个大仓面。这种设备配置与仓面划分,既能满足大规模混凝土浇筑需求,又能实现分区管理,提高施工效率与质量管控精度。

3 泵站流道层施工

流道层墩墙及顶板施工面临异型结构多、墙

身多、一次混凝土浇筑方量大等诸多挑战,需依据不同部位及结构要求,运用专业结构分析软件与施工经验,明确浇筑顺序,绘制详细平面浇筑顺序图。依泵送管道接头情况科学布置下料斗,下料斗料口下接溜筒,混凝土经溜筒顺畅入仓,仓内人工布料、平仓、振捣,浇筑前在基面均匀铺设一层 $2\sim 3\ \text{cm}$ 厚高标号水泥砂浆,保障施工缝面结合良好,为混凝土整体结构性能筑牢根基。

3.1 溜筒设置与操作要点

溜筒下口距基面或新浇混凝土面约 $1.5\ \text{m}$,这一精准距离设置有效防止骨料分离,确保入仓混凝土料黏聚性。墩墙部位从最低处起按序逐层浇筑,仓内混凝土平衡上升,人工灵活摆动溜筒保证浇筑到位,加强平仓操作,严禁使用振捣器长距离赶料平仓,避免混凝土离析,确保浇筑质量均匀性。

3.2 各部位浇筑要点

1)流道底根部圆弧段。强化人工平仓铺料与振捣操作,因该部位钢筋密,着重防止骨料集中,通过精细化施工管控,严控混凝土上升速度,避免反弧段混凝土出现脱空现象,保证结构密实性与整体性。

2)流道墩墙。计划分层厚度 $30\ \text{cm}$,依据混凝土硬化特性与结构受力分析,控制浇筑速度为 $0.5\sim 0.6\ \text{m/h}$,振捣上层混凝土时振捣棒插入下层 $5\ \text{cm}$ 左右,振点均匀分布,振捣至混凝土不再下沉和无气泡溢出为止,严禁振捣棒触及模板、钢筋及预埋件等,对于边角部位,辅以人工插边捣角,确保墩墙混凝土浇筑密实,无内部缺陷。

3)流道层顶板。重点管控倾斜面层与悬空模板根部,斜面层由低到高分层浇筑、振捣充分,振捣后人工按设计坡面堆料,确保成型精度;悬空模板部位下部混凝土要浇筑至比模板底口高出 $5\ \text{cm}$ 位置,待下部混凝土振捣基本不再流动时浇筑墙身混凝土,采用机械和人工振捣相结合,初凝前二次振捣,以防混凝土脱空,混凝土收面时把悬空模板根部多余料清理干净,做好边角部位的压光工作,保证顶板结构平整度与外观质量。

4 混凝土温控措施

4.1 高温温控措施

1)降低水化热。精准把控粉煤灰掺量至水泥

重量 25%,其球状颗粒优化级配、提升和易性,减少水泥用量。同时,在泵送可行前提下减少水灰比,削减水化热,缓解混凝土升温压力。

2)结构防裂。一是布设双层钢筋,约束混凝土抗拉强度;二是将保护层厚度减至 35 mm,使钢筋更接近受拉区,充分发挥力学性能。掺入微膨胀防渗抗裂剂,补偿约 4~6 ℃收缩变形,防裂缝产生。

3)后浇带。流道层进水流道与下游空箱段间设 4.5 m 后浇带,待混凝土收缩完成、气温最低时,用防渗抗裂剂掺量 10%~16%、膨胀率 0.04% 的微膨胀混凝土回填。进水池空箱式挡土墙中部设 0.8 m 后浇带,保障结构稳定。

4)降入仓温。多措并举控入仓温度。用 20 m 以下深层地下水拌混凝土,随抽随用,入罐水温 20~21 ℃;砂、碎石需遮阳、高堆深取,堆高 5~7 m,必要时喷淋地下水;选出炉 1 月以上、温度 ≤ 55 ℃的罐存散装水泥,其余材料足量备仓;包裹泵送管道厚毡布,定时喷水,温升 ≤ 1 ℃;根据天气预报在 ≤ 32 ℃无雨时段开仓。

5)控浇筑温升。搭遮阳蓬,晴天降温 2~2.5 ℃。投入 2 台拌合站、2 台泵连续作业,配足人力、应急电源与抢修工,质检试验人员全程把关,强化调度,2 h 内覆盖层间台阶,保浇筑强度按时收仓。

6)防表面裂。收仓后即抹压收面,用湿润毡布、塑料膜、厚毡布依次裹覆,保湿保温,防早期干缩裂。浇筑 1~3 d 内混凝土易裂,专人巡查,保覆盖完好。

7)冷却通水。浇筑前依仓面参数布镀锌管。浇筑中,超设定温度即通水,控进出水温 4~6 ℃、降温速度 2~3 ℃/d 及降温期 1~2 ℃/d,削减水化热温升,使内外温差 ≤ 20 ℃。

8)拆模保湿。拆模 3~5 d 为宜,异常时延至 7~10 d,优先下午拆除。拆除后顶面覆保温材料、适时补水,侧面固定水管、扎眼流水养护。散热超 15 d,保湿 ≥ 21 d 或至上层覆盖,严禁掀保温材料。

4.2 低温温控措施

1)原材料。低温季对原材料要求升级。要求骨料厂洗净、脱水砂石,含水量低;缩短水泥储

存期,出厂温度 ≥ 40 ℃;拌合楼旁置 1 t 锅炉供 ≥ 60 ℃热水;选防冻、早强、无腐蚀抗冻剂,联用时实验室试配,控强度损失 $\leq 5\%$ 。

2)工艺。中午拆模,温差小、散热少。拆模即覆保温被等。增低温试验频次,设 20%~30%试件对比强度,依结果定拆模时间。按间距在混凝土内埋测温点,实时掌控温差、控温升速率。

3)生产。拌合站集中制混凝土,掺防冻剂,搅拌延长 50%。拌前热水冲机、排空, ≥ 60 ℃热水先与骨料拌合再投水泥,防假凝。

4)浇筑。新老结合部用红外测温仪测, ≥ 0 ℃浇筑,防止结合不良。低温禁用高压水枪清仓,用机械或人工清洗。浇筑快铺快振,大面积用台阶法、及时盖保温被,墙体早盖上层、强化模板处振捣。

5)养护。掺抗冻剂提低温强度。冬季以保温为主,禁喷水,拆模喷养护剂再盖被。仓面被全覆盖,棱角重叠 ≥ 2 m。前期靠保温模板,白天高温拆模、喷养护剂挂被。全程关注天气,寒潮来袭添保温、增测温,洞口加封被。

5 结语

此研究通过长沟泵站工程实践,形成了一套完整的大体积混凝土施工质量控制体系:采用“五层立面分层法”和功能分区平面分块策略,有效化解了复杂结构的施工组织难题;建立的“全过程一多季节”温度控制体系,将高温季节入仓温度控制在 28 ℃以下,低温季节出机温度保持 5 ℃以上,配合通水冷却和智能温控系统,确保结构实体质量达标。监测数据显示,施工期混凝土最大温升 42.3 ℃,内外温差 18.7 ℃,180 d 龄期超声波检测未见结构性裂缝。此研究成果可为类似水利工程提供技术参考。

参考文献

- [1] 冯忠伦.南水北调输水对梁济运河区地下水情的影响机理及演变趋势研究[D].山东农业大学,2016.
- [2] 张平,于国平,李永顺,等.长沟泵站泵装置流道优化与选型研究[J].南水北调与水利科技,2009,7(6):157-160.
- [3] 王雅欣,冯忠伦,邱庆泰,等.南水北调通水对梁济河流域地下水化学成分影响[J].中国农村水利水电,2015,(11):110-114.

(责任编辑 崔春梅)