

浅析泵站流道层混凝土施工防裂措施

丁志勇¹, 王丽俊², 吴利明³

- (1. 江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 江苏 苏州 215128;
2. 常州市金坛区水利局薛埠水利管理服务站, 江苏 常州 213200;
3. 南水北调东线江苏水源有限责任公司宿迁分公司, 江苏 宿迁 223800)

摘要:近些年来,江苏水利建设进入了高峰阶段,尤其是大型水利枢纽建设,南水北调东线江苏段、走马塘江边枢纽、新沟河江边枢纽等一大批水利枢纽已建成投入运行。目前新孟河界牌枢纽、奔牛枢纽等大型枢纽工程也已进入施工阶段,对于泵站大体积混凝土施工,尤其是异型结构部位的施工采取措施防止或是减少混凝土裂缝的产生一直是施工的重点、难点。因此,有必要在建设施工的过程中,对防裂措施进行持续不断的总结与研究,最大限度的积累宝贵经验,从而为今后的建设施工提供正确指导。结合常州市金坛区龙山水利枢纽工程的实际施工情况,就泵站流道层混凝土施工防裂措施进行了研究与分析,探讨有效对策。

关键词:龙山水利枢纽; 进出水流道; 混凝土裂缝; 控制措施

中图分类号:TV544

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2019)06-0058-05

Analysis on the anti - crack measures of the concrete construction in flow runner of the pump station

DING Zhiyong¹, WANG Lijun², WU Liming³

- (1. Jiangsu Taihu Planning and Design Institute of Water Resources Co. , Ltd. , Suzhou 215128, Jiangsu;
2. Xuebu Water Conservancy Management Service Station of Jintan District, Changzhou 213200, Jiangsu;
3. Suqian Branch of Jiangsu Water Source Co. , Ltd. , of the Eastern Route of the South - to - North Water Diversion Project, Suqian 223800, Jiangsu)

Abstract:In recent years, the water conservancy construction of Jiangsu Province has stepped in rapid period, especially in the construction of large water conservancy project. A number of water conservancy project have been placed in service, such as Jiangsu section of South - to - North Water Diversion Project, Zoumatang Riverside Water - control Project, Xingou River Water - control Project. At present, the large water - control projects such as the Jiepai hydro - junction of Xinmeng River and the Benniu hydro - junction had also entered the construction phase. Taking measures to prevent the occurrence of concrete cracks had always been the focus and difficulty in pump station construction, especially the construction of special - shaped structural parts. For the reason, it's necessary to continuously study the anti - crack measures and accumulate valuable experience during the construction process, so as to provide guidance for future water conservancy construction. Based on actual construction of Longshan hydro - junction in Changzhou City, the anti - crack measures of the concrete construction in flow runner of the pump station were studied and analyzed, and effective countermeasures were discussed.

Key words:Longshan hydro - junction; inflow and outflow runner; concrete crack; control measures

收稿日期:2019-01-02

作者简介:丁志勇(1981—),男,本科,工程师,主要从事水利工程建设管理工作。

1 工程概况

1.1 工程位置及布置

常州市金坛区龙山水利枢纽工程是太湖湖西通胜地区下游丹金溧漕河防洪控制工程的重要组成部分,是构建金坛地区流域、区域、城市3个层次防洪体系及实现防洪排涝、灌溉、水环境改善目标的重要水利枢纽工程。工程位于老丹金溧漕河上,金龙大桥以西约200 m、新丹金溧漕河河口以东约600 m处,主要建设内容包括泵站、节制闸及相应配套工程。

1.2 主要经济技术指标

泵站设计排涝流量 $70\text{ m}^3/\text{s}$,装机5台套竖井贯流泵,其中3台单向泵、2台双向泵,单机流量 $14\text{ m}^3/\text{s}$,配10 kV异步电动机,单向、双向水泵单机功率分别为355 kW、450 kW,总装机容量1965 kW。工程等别为Ⅱ等,节制闸、泵站及外河翼(挡)墙及外河堤防等主要建筑物级别为2级,内河翼(挡)墙、内河堤防及上下游导流墩、清污机桥等次要建筑物为3级,临时围堰级别为4级;工程防洪标准按50年一遇设计、校核标准为100年一遇,排涝标准为20年一遇;抗震设防烈度7度。

泵站采用堤身式结构,2台双向泵和3台单向泵分别布置在2块底板上,双向泵临岸布置,单向泵临闸布置。泵站顺水流方向32.00 m,双向泵垂直水流方向16.90 m,单向泵垂直水流方向24.82 m;泵站进、出水流道底面高程 $\nabla -1.50\text{ m}$ (吴淞高程,下同),流道顶板面高程 $\nabla 2.52\text{ m}$,泵站叶轮直径2.40 m,叶轮中心安装高程为 $\nabla -0.10\text{ m}$ 。单、双向泵底板均厚1.7 m,底板面高程 -1.50 m ,底板以上至高程2.52 m间为进出水流道层,高程2.52~7.00 m之间为工作层,高程7.00 m以上为主副厂房层。泵房内设150/30 KN电动桥式行车1台,跨径13.5 m。

2 工程难点及裂缝产生的原因

本工程泵站站身施工分为底板、流道层、工作层,其中流道层施工最为关键。进出水流道层具有受底板约束作用、结构异型不规则、厚度大、预埋管道及埋件多、一次浇筑方量大、施工处于夏季等特点,流道层混凝土极易因温度应力与混凝土自身拉应力强度之间的影响产生开裂,直接影响泵站的防渗安全和耐久性。因此,进出水流道层混凝土裂缝控制尤为关键。

3 混凝土抗裂措施

根据本工程结构特征和气候条件,为防止进出水流道层混凝土产生裂缝,着重从完善结构设计、优化混凝土配合比、温控、养护等方面采取有效措施。

3.1 完善结构设计

(1)由于进出水流道墩墙厚度大,为有效降低混凝土水化热,在墩墙内部设置预制块芯墙(见图1)。

(2)由于泵站底板与流道层分2次浇筑,新老混凝土连接处极易产生约束应力,导致裂缝产生,因此通过应力计算,在边墩新老混凝土结合部位增设钢筋混凝土抗裂暗梁(见图1)。

(3)掺加高抗裂多组分复合材料,由高效微膨胀组分、合成纤维、保水组分及改性组分等多种材料复合而成,其限制膨胀率应满足GB23439《混凝土膨胀剂》的指标要求,且对钢筋无锈蚀作用,掺量为混凝土胶凝材料用量的8%~10%,约每方混凝土30 kg。

3.2 优化混凝土配合比设计

大体积混凝土主要因“温差—温度应力”产生裂缝,因此必须改善混凝土的组成,选择合适的原材料,优化混凝土配合比的设计,最大可能的达到预期效果。

(1)原材料的选择

a)水泥:大体积混凝土的温度主要受水泥水化热的影响,因此,应首选低水化热、凝结时间长的水泥,本工程优先采用PO42.5级普通硅酸盐水泥。同时,在保证混凝土强度和耐久性的前提下,通过掺加粉煤灰、矿渣粉,尽可能减少水泥用量,考虑到大量掺加粉煤灰不利于混凝土耐久性,粉煤灰用量宜控制在胶凝材料总量的15%以内,粉煤灰的等级优先选用Ⅰ级。

b)砂石骨料:细骨料应选择质地坚硬、洁净、级配良好、吸水率低、空隙率小的天然砂,大体积混凝土宜选用中粗砂,砂细度模数宜在2.5左右。砂中含泥量宜小于2%,砂中不得含有泥块。粗骨料应选用质地坚硬、级配良好的碎石,含泥量应小于1%,不得含有泥块。可采用单粒级石子进行两级配或三级配投料使用,形成连续级配,宜增大骨料粒径。砂石骨料品质均应符合《泵站施工规范》《水工混凝土施工规范》的相关要求。

c)外加剂:在同时保证混凝土强度和工艺本工

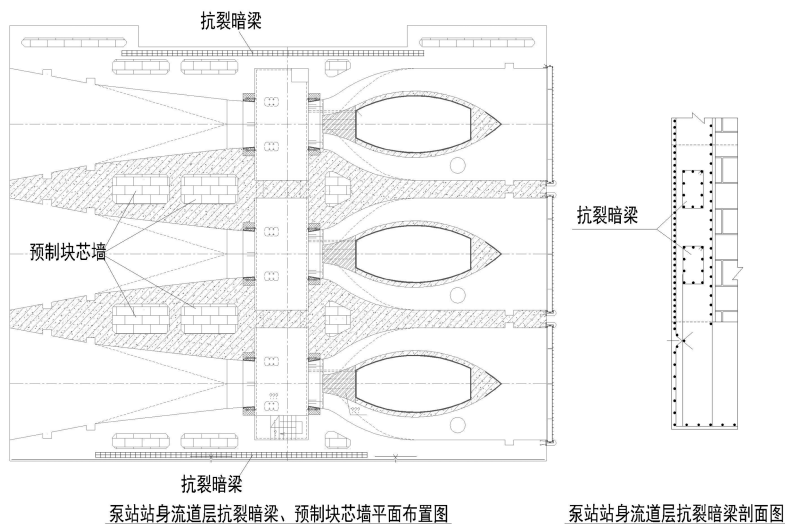


图1 预制芯块和抗裂暗梁布置图

程下,通过掺加 PCA-10 型聚羧酸高效减水剂,既能有效减少混凝土拌合用水量,降低水胶比,防止收缩裂缝的产生,又能节约水泥用量,减少混凝土的发热量。混凝土中还可掺入膨胀剂起到抗裂效果,其品质应符合《混凝土膨胀剂》(JC476-2001)的要求,掺量应根据试验确定,混凝土应进行早期保湿养护。

d)拌合用水:混凝土拌合用水的水质会直接影响到混凝土正常凝结与硬化,为确保混凝土的强度与耐久性,应使用适宜饮用的水,未经处理的工业废水、生活污水等不得使用。水中不得含有影响水泥正常凝结与硬化的有害杂质,并要求商品混凝土生产厂家应提供拌合格的和用水检验结果,检验结果应符合《水工混凝土施工规范》(DL/T5144-2001)混凝土拌和用水的指标要求^[1]。

本工程采用商品混凝土,由于水工混凝土原材料的特殊性,要求生产厂家必须将本工程砂石料独立、分区、挂牌堆放,确保不与其它(房建等)混凝土原材料混合,保证原材料质量。

(2)混凝土配合比设计原则

a)在满足混凝土强度及和易性的前提下,通过掺加粉煤灰尽量减少水泥用量,降低水化热。同时为保证混凝土耐久性要求,粉煤灰掺加宜控制在胶凝材料总量的 15% 内。

b)严格控制水胶比,在确保和易性前提下,尽量减少拌合用水,降低水胶比,水胶比控制在 0.42 左右,塌落度为 120~140 mm。

c)混凝土配合比设计应根据混凝土所处环境条件,满足设计强度等级、耐久性、温控以及施工工作性等要求。本工程委托江苏省水利工程质量检

测站按照设计及规范要求进行混凝土配合比设计,见表 1。

3.3 混凝土温控的主要措施

为了有效控制有害裂缝的出现和发展,必须从控制混凝土的水化升温,延缓降温速率,减少混凝土收缩,提高混凝土极限拉伸强度,改善约束条件等方面全面考虑^[2],结合实际采取措施。

(1)降低混凝土浇筑温度,控制混凝土入仓温度不超过 28℃,天气温度较高,可采取降低混凝土拌合物温度,让水泥提前进场等措施。

(2)为降低混凝土内部水化热与混凝土表面的温差,从而有效控制混凝土的裂缝,在流道层布设循环冷却水管。在混凝土内部预埋 $\varnothing 50$ 聚乙烯冷却水管,通入循环冷却水,强制减低混凝土中水泥水化热引起的升温。墩墙高度 4.02 m,将冷却水管布置在泵站芯墙混凝土边缘周围,上、下布置 4 层,底层距底板混凝土 0.5 m,顶层距顶板面 0.5 m,水管上下间距 1.0 m(详见图 2)。通水时间不少于 14 d,控制混凝土与水温之差不超过 20℃。管中水的流速控制在 0.6 m/s 左右,根据混凝土温度情况适时调整水的流速,水流方向每 24 h 调换 1 次。每天降温幅度控制在 1℃左右。

(3)加强表面保温,降低混凝土内外温差。混凝土浇筑后,及时进行混凝土的保温保湿工作,避免混凝土在空气中长时间暴露。混凝土终凝后顶面及时覆盖塑料薄膜+土工布+泡沫板进行保湿和保温养护,使混凝土缓慢变温,保持混凝土温度内外之差不超过 20℃。用土工布封闭流道两端进口及竖井口,避免形成穿堂风。尽量推迟模板拆模时间,以延缓混凝土降温速度。模板拆除后,适时回

表 1 流道层混凝土配合比表 单位: kg

| 水泥 (PO42.5) | 粉煤灰 (I 级) | 黄砂 (中砂) | 碎 石 (5-25mm) | 外加剂 (PCA-10) | 引气剂 (URC-15) | 水 | 抗裂剂 (DB-1) | 水胶比 | 塌落度 (mm) |
|----------------|--------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|---------------|------|-------------|
| 320 | 55 | 745 | 1072 | 6 | 3.75 | 157 | 30 | 0.42 | 120~140 |

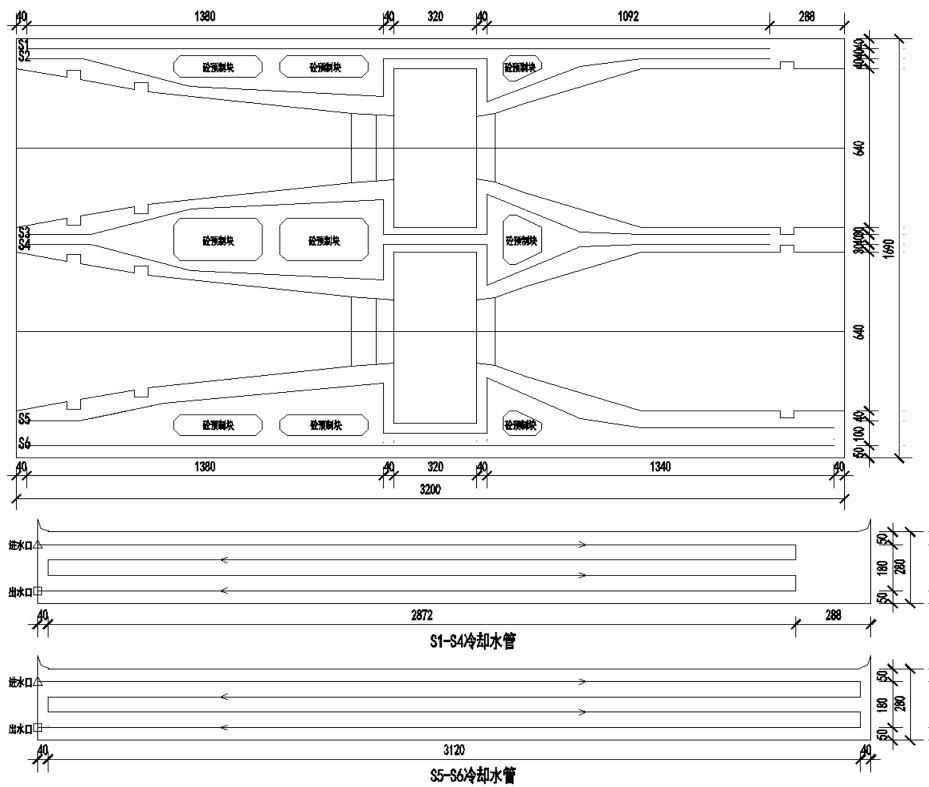


图 2 冷却水管布置图

填土。

3.4 混凝土浇筑施工质量控制

混凝土的施工配合比、入仓温度的控制、确定分层分块浇筑方案、平仓振捣施工工艺等是大体积混凝土施工质量控制的重点^[3], 必须严格按照专家论证并经批准的施工方案组织施工。

(1) 浇筑前技术准备

为确保浇筑方案真正落实单位, 必须对一线施工人员进行技术交底工作, 重点就分层、分区域浇筑方案, 混凝土分层间隙时间控制, 止铜片及各种管线埋件等重点部位振捣要点进行详细交底, 明确每个人的工作及责任。浇筑前排好泵站流道层浇筑值班表, 技术管理人员做好浇筑期间各项质量检查及技术指导工作。

(2) 混凝土拌和、运输及浇筑

混凝土浇筑前, 由工地试验室检测砂石含水率, 根据试验室配合比调整施工配合比, 混凝土生产时, 严格按照工地试验室的施工配合比进行生产。施工、监理派人员进驻混凝土生产厂家, 随时检测配料数量是否满足配合比要求, 使用材料是否与被检材料质量一致。同时驻厂期间重点检查混凝土中防渗抗裂纤维添加量, 确保每方混凝土中抗裂剂不少于 30 kg, 安排专人测定混凝土出机口温度、塌落度、含气量等数据。

混凝土拌制完成后, 用混凝土灌车运送现场, 使用混凝土泵车输运至浇筑平台的漏斗内, 进行混凝土浇筑。流道层混凝土一次浇筑方量大, 且仓面大, 为缩短混凝土分层浇筑时间, 在内、外侧侧分别布置 1 台汽车泵, 以水泵井横轴线分界分别向内、外河侧水平分层平铺浇筑。浇筑过程中, 布料要均匀, 每坯厚度 30 cm 左右, 为控制准确, 在横板上每隔 30 cm 划一道控制线, 保证混凝土面均匀上升。同时严格控制后一层混凝土在前一层混凝土初凝前完成覆盖。本次流道施工从 $\nabla - 1.50 \sim \nabla 2.52$ m, 最大高度为 4.02 m, 墩墙浇筑仓面下料点位置布置混凝土溜管, 混凝土通过溜管入仓, 保

证混凝土自由下落高度不超过 2 m。由于墩墙内混凝土平仓困难,浇筑时配备足够的溜管,加密混凝土下料点,溜管间距约按 5 m 布置。浇筑现场安排专人按照规范要求进行混凝土入仓温度、塌落度、含气量等测定工作,并根据测定数据及时调整施工配合比。

振捣作业是混凝土浇筑过程中的重要环节,施工时,分块包干,责任落实到人,并做好记录,做到出现问题有据可查,确保混凝土振捣密实,不漏振,不过振,不留死角,绝不允许出现蜂窝、麻面、漏筋和空洞现象。采用插入式振捣器先从边缘处振捣,止水附近防止振捣器破坏止水铜片采取二次振捣,混凝土表面三搓两抹成活。振捣时按混凝土浇筑先后顺序依次进行,严格控制振捣质量,防止过振和漏振,止水及预埋件附近加强振捣,确保混凝土内在密实,但振捣过程中振动棒应做到不靠模板、不靠埋件、不靠止水铜片,防止产生损坏或移位。每一位置的振捣时间以混凝土粗骨料不再显著下沉,并开始泛浆为准,防止欠振、漏振或过振。

(3) 混凝土养护

流道层混凝土养护工作十分重要,采取外部保温保湿,内部通过冷却循环水降温等有效措施。混凝土浇筑完成后必须加强混凝土的养护,安排专人负责养护,并详细做好养护记录,养护时间不少于 28 d,有效控制混凝土裂缝的产生。各部位具体措施如下:

a) 墩墙外侧混凝土养护。流道混凝土施工完成后,墩墙外侧模板至少七天后拆除,先利用模板进行保温、保湿,拆除模板后,外墙表面挂设海绵和土工布,及时浇水养护,确保混凝土表面湿润有水,有效控制混凝土的裂缝。

b) 流道内侧混凝土养护。流道内侧洒水养护较为困难,因流道模板在混凝土浇筑完成 28 天后拆除模板,利用模板进行保湿、保温,使混凝土不易失水,控制混凝土的裂缝。流道内养护采取封堵两头洞口,推迟拆模时间以防穿堂风引起干燥失水等现象。另外,冷却水管应保持正常通水循环,降低混凝土内部温度,减小混凝土内外温差,有效控制混凝土裂缝。

c) 混凝土水平面养护。在流道混凝土浇筑完成,水平表面抹平磨光后,即在表面覆盖塑料薄膜加盖毡毯或土工布等材料,并在土工布上安装喷淋

水管,并 24 h 注水喷淋养护,确保混凝土表面正常有水。对个别喷淋不到的部位,采用人工补浇。

3.5 其他措施

该工程单、双泵流道层混凝土浇筑需在 8~9 月份组织施工,因此必须制定夏季、雨季施工措施,采取有效措施控制混凝土搅拌机出机口及入仓温度,以及运输、浇筑过程中的温度回升及塌落度的损失,混凝土允许浇筑温度不宜大于 28℃。

(1) 砂石料在商混凝土厂搭设遮阳棚,采用喷洒冷水降温,并保证排水沟通畅,使砂石料含水量保持稳定。

(2) 混凝土采用冷水拌和,或通过试验适当延长拌和时间。

(3) 混凝土罐车采取隔热遮阳措施,并缩短混凝土运输周转时间。

(4) 调整混凝土浇筑时间,尽量安排在阴天、早晚、夜间浇筑。

(5) 混凝土浇筑后及时覆盖、洒水养护。

(6) 及时关注天气预报,避免在雨天浇筑混凝土,施工现场储备足够的塑料布。运输车辆及施工便道采取防雨、防滑措施。

4 结束语

本工程泵站流道层混凝土在高温季节施工,为有效控制大体积异型结构混凝土裂缝,采取完善结构设计、优化混凝土配合比、混凝土温控、浇筑质量控制、后期养护等措施,并委托南京水利科学研究院开展混凝土温控技术研究,为现场施工提供指导意见,通过测温点自动监测实时了解混凝土内部温度变化,及时调整冷却水流速、流量及保温措施,有效控制混凝土内部升温 and 温差,加强混凝土保温保湿,减少了裂缝出现,达到了预期的效果。本工程实践可为江苏地区类似大中型泵站工程施工提供参考。

参考文献:

- [1] 向国剑. 大体积混凝土原材料选择及其配合比设计原则[J]. 四川水利发电, 2010(6): 64-65.
- [2] DB32/T 3261-2017, 水利工程预拌混凝土应用技术规范[S]. 江苏省质量技术监督局, 2017.
- [3] GB/T 51033-2014, 水利泵站施工及验收规程[S]. 中华计划出版社, 2014.