

新孟河界牌水利枢纽工程高性能 混凝土应用实践

吴 忠¹, 戴 健^{1,2}, 朱炳喜³

(1. 江苏省新孟河枢纽工程建管局, 江苏 常州 213000; 2. 江苏省太湖地区水利工程项目管理处, 江苏 苏州 215000;
3. 江苏省水利科学研究院, 江苏 扬州 225002)

摘要:新孟河延伸拓浚工程界牌水利枢纽工程设计使用年限为 100 年,主体结构混凝土设计指标为 C30F50W6,服役期间主要受到碳化等腐蚀作用。施工过程中混凝土采用优选原材料、优化配合比、低用水量、低水胶比、较低的水泥用量、双掺粉煤灰与矿渣粉、掺聚羧酸高性能减水剂,矿物掺合料掺量中等偏上的配制技术,同时适当延长带模养护时间,闸墩和站墩通水冷却等施工技术措施防止产生温度裂缝。实施效果表明混凝土各项性能满足百年寿命混凝土的性能指标要求;经设计、生产和实体结构质量 3 个方面评价,混凝土实现高性能化。

关键词:高性能混凝土;配合比;质量控制;高性能混凝土评价;界牌水利枢纽

中图分类号:TV431 文献标识码:A 文章编号:1007-7839(2020)11-0025-07

Application on practice of high performance concrete in Jiepai water conservancy project of Ximeng River

WU Zhong¹, DAI Jian^{1,2}, ZHU Bingxi³

(1. Jiangsu New Menghe Junction Project Construction Management Bureau, Changzhou 213000, China;
2. Taihu Lake Region Hydraulic Project Management Division of Jiangsu Province, Suzhou 215000, China;
3. Jiangsu Institute of Water Resources and Hydropower Research, Yangzhou 225002, China)

Abstract: The design service life of Jiepai water control project of Ximeng River extension dredging project is 100 years. The design index of main structure concrete was C30F50W6, and it was mainly subjected to carbonization and other corrosion during its service. During the construction process, compounding technologies of concrete adopted optimized raw materials, optimized mix ratio, low water consumption, low water – binder ratio, low cement consumption, double – mixed fly ash and slag powder, high – performance water reducing agent mixed with polycarboxylic acid, and mineral admixture with medium and higher dosage. The maintenance time of the belt mold was appropriately extended at the same time, and the construction technical measures such as water cooling of the gate pier and the station pier to prevent temperature cracks. The implementation results showed that the concrete performances could meet the requirement of performance index of hundred – year – old concrete. Through the evaluation of design, production and solid structure quality, concrete achieved high performance.

Key words: high performance concrete; mixture ratio; quality control; evaluation of high performance concrete;

收稿日期:2020-08-13

基金项目:江苏省水利科技项目(2018013)

作者简介:吴忠(1969—),男,高级工程师,本科,主要从事水利工程建设管理工作。

通信作者:朱炳喜(1966—),男,研究员级高级工程师,工程硕士,硕士生导师,主要从事提升混凝土质量施工技术研究与
应用。E-mail:1146513595@qq.com

Jiepai water conservancy project

1 工程概况

界牌水利枢纽位于丹阳市新孟河入江口,具有引长江水进入太湖、湖西区,排泄流域上游洪水进入长江等重要功能,是实现新孟河改善太湖和湖西地区水环境、提高流域和区域防洪排涝标准、增强流域和区域水资源配置能力等任务的长江江边枢纽节点控制工程,工程规模为大(1)型,泵站等别为Ⅰ等,闸室、泵室、上下游翼墙、消力池为1级水工建筑物。

界牌水利枢纽由节制闸、泵站和船闸组成,节制闸共5孔,总净宽80 m,最大引、排流量为745 m³/s;泵站引、排水流量为300 m³/s,采用9台双向立式轴流泵,“X”型流道;船闸闸室长度为180 m,闸室及口门宽度为16 m,门槛水深为3.0 m。

界牌水利枢纽工程主体结构混凝土施工前,针对工程所处环境特点、设计指标以及施工期间防裂抗裂要求,开展C30高性能混凝土配制技术研究,研究成果在工程中成功应用。

2 混凝土耐久性设计

2.1 环境类别

界牌水利枢纽服役阶段混凝土受到的侵蚀作用见表1。

表1 界牌水利枢纽服役阶段混凝土受到的侵蚀作用

| 结构部位 | 侵蚀作用类型 | | 备注 |
|---------------|--------|----------|--------------------------|
| | 主要作用 | 可能作用 | |
| 底板、消力池、护坦 | — | 磨蚀作用 | 根据界牌水利枢纽地质报告,环境水对混凝土无侵蚀性 |
| 闸墩、站墩、翼墙排架、桥梁 | 碳化、冻融 | 酸雨侵蚀、风蚀等 | |

设计文件根据《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范(SL 654—2014)》^[1]对环境类别划分方法,底板、墩墙水下部位和工作桥等水上大气区构件环境类别为二类,墩墙水位变化区为三类。

2.2 耐久性设计

设计文件主要参照《水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范(SL654—2014)》进行耐久性设计,混凝土强度等级为C30,抗冻等级为F50,抗渗等级为W6,钢筋保护层设计厚度为50 mm。

3 混凝土配合比优化设计

3.1 试验原材料

(1)水泥。42.5普通硅酸盐水泥,标准稠度用水量27.2%,28d抗压强度47.0MPa,物理力学性能符合《通用硅酸盐水泥(GB 175—2007)》的要求。

(2)粗集料。采用两级配碎石,其中中石子规格为16~31.5 mm,小石子规格为5~16 mm;将中小石子按质量比75:25~65:35混合使用,配成5~31.5 mm连续粒级颗粒级配,松堆空隙率42%。吸水率0.8%,压碎值7.5%,针片状颗粒含量6.5%,含泥量0.2%,无泥块。

(3)细集料。长江中砂,含泥量小于2%,细度模数2.6,颗粒级配在Ⅱ级配区,氯离子含量为0.007%。

(4)粉煤灰。烧失量1.12%,细度9.4%,三氧化硫含量0.74%,符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰(GB/T 1596—2005)》规定的Ⅱ级灰技术要求。

(5)矿渣粉。为S95粒化高炉矿渣粉。

(6)外加剂。为聚羧酸高性能减水剂,与引气剂复合组成引气型减水剂。掺量为混凝土中胶凝材料总量的1.0%~1.6%,1.6%掺量时减水率为30%。

(7)拌和用水。自来水。

(8)功能材料。泵站、节制闸和船闸底板混凝土中掺入抗裂防渗剂,由膨胀剂和聚丙烯抗裂纤维复合组成;墩墙等结构部位混凝土中掺入纤维素纤维。

3.2 混凝土配制技术

混凝土配合比采用“二优三低三掺一中”高性能混凝土配制技术,即优选原材料、优化配合比,低用水量、低水胶比、较低的水泥用量,双掺粉煤灰与矿渣粉、掺高性能减水剂,中等偏上的矿物掺合料

用量。

混凝土的最大水胶比、胶凝材料用量、用水量等控制指标见表 2。

(1)混凝土拌和物的坍落度在 120 ~ 190 cm 之间,均具有良好的凝聚性和保水性。

(2)混凝土用水量在 144 ~ 165 kg/m³ 之间,水

表 2 混凝土配合比参数控制指标

| 参数 | 水胶比 | 用水量/(kg·m ⁻³) | 胶凝材料用量/(kg·m ⁻³) | 粉煤灰与矿渣粉掺量/(%) |
|------|-------|---------------------------|------------------------------|---------------|
| 控制指标 | ≤0.42 | ≤145 | 350 ~ 370 | 40 ~ 50 |

3.3 混凝土质量控制目标

参照《高性能混凝土应用技术指南》^[2],针对工程所处环境特点和施工条件等情况,确定混凝土拌合物性能、体积稳定性能和耐久性能控制目标。

(1)拌合物性能。入仓混凝土坍落度为 140 ~ 160 mm,含气量为 2.5% ~ 4%,黏聚性、保水性良好,无离析、泌水和板结等现象。

(2)耐久性能。标准养护试件 28 d 碳化深度不大于 10 mm,抗冻等级不小于 F100,抗渗等级不小于 W12,密实性能按 56 d 电通量小于 1 000C^[3]、84 d 氯离子扩散系数小于 4.5 × 10⁻¹² m²/s 进行评价。

结构实体混凝土 90 d 自然碳化深度不大于 2 mm^[4],90 d 龄期表面透气性系数不大于 0.7 × 10⁻¹² m²/s^[5],不产生缝宽大于 0.15 mm 的温度裂缝以及表面龟裂缝。

(3)体积稳定性能。非接触法测试的混凝土自初凝开始至 72 h 收缩率小于 300 × 10⁻⁶,刀口法早期抗裂性能试验单位面积上的总开裂面积不大于 700 mm²/m²。

(4)有害物质含量。混凝土中水溶性氯离子含量不大于胶凝材料质量的 0.20%,总碱量不大于 3.0 kg/m³,三氧化硫含量不大于胶凝材料总量的 4%^[6]。

3.4 配合比正交设计试验

3.4.1 正交设计

设计 2 组四因素三水平(3⁴)正交试验,其中,1 组 4 个因素为胶凝材料用量、掺合料掺量、矿渣粉与粉煤灰掺量比例和外加剂掺量,考察指标为混凝土拌和物性能、强度、碳化深度;另 1 组 4 个因素为胶凝材料用量、掺合料掺量、抗裂防渗功能材料(纤维素、抗裂防渗剂)和砂率,考察指标为拌和物性能、强度、碳化深度、电通量和氯离子扩散系数。

3.4.2 试验结果

2 组正交试验 18 个组合的混凝土,试验结果如下:

胶比在 0.38 ~ 0.48 之间。第 1 组正交试验中外加剂掺量、掺合料掺量是影响混凝土用水量的 2 个主要因素;第 2 组正交试验中,在外加剂用量一定时,砂率和功能材料是影响混凝土用水量的 2 个主要因素。

(3)混凝土的抗压强度均满足 C30 配制强度要求,14 d 抗压强度 35.0 ~ 44.0 MPa,28 d 抗压强度 35.1 ~ 47.1 MPa,28 d 劈裂抗拉强度 1.58 ~ 3.72 MPa。

(4)56 d 电通量 200 ~ 782C,85 ~ 145 d 氯离子扩散系数 0.305 × 10⁻¹² ~ 3.031 × 10⁻¹² m²/s。2 组正交试验中掺合料掺量均是影响混凝土电通量的首要因素;在外加剂用量一定时,胶凝材料用量、掺合料掺量、功能材料和砂率对氯离子扩散系数的影响并不显著。

(5)混凝土 28 d 碳化深度 2.4 ~ 18.8 mm,第 1 组正交试验 4 个因素中,胶凝材料用量为影响碳化深度最主要因素,减水剂用量影响次之;第 2 组正交试验中,胶凝材料用量和掺合料掺量为影响碳化深度的 2 个主要因素。

混凝土水胶比与 28 d 碳化深度之间拟合关系见式(1)

$$h = 144.63W/B - 49.725 \tag{1}$$

式中,h 为混凝土 28d 碳化深度,mm;W/B 为混凝土水胶比。

根据江苏省地方标准《水利工程混凝土耐久性技术规范》(DB32/T2333—2013)^[6]对设计使用年限为 100 年、50 年的混凝土抗碳化性能等级的规定,按式(1)计算混凝土水胶比分别不宜大于 0.41、0.48。

3.4.3 掺纤维素纤维对混凝土抗裂与收缩性能影响

在上述 2 组正交试验基础上,进行掺纤维素纤维对混凝土收缩性能和抗裂性能影响试验,混凝土配合比见表 3。

(1)早期抗裂性能。采用《普通混凝土长期性

表 3 刀口抗裂与收缩率试验混凝土配合比

| 试验号 | 配合比/(kg·m ⁻³) | | | | | | | 胶凝材料用量/ (kg·m ⁻³) | 水胶比 | 砂率/ % | 坍落度/ mm |
|-----|---------------------------|-----|----|-----|------|-----|-------|----------------------------------|------|----------|------------|
| | 水泥 | 粉煤灰 | 矿粉 | 砂 | 碎石 | 水 | 纤维素纤维 | | | | |
| 30# | 180 | 90 | 90 | 732 | 1147 | 140 | 0 | 360 | 0.39 | 39 | 170 |
| 31# | 180 | 90 | 90 | 732 | 1147 | 140 | 1 | 360 | 0.39 | 39 | 160 |
| 33# | 210 | 65 | 65 | 741 | 1159 | 140 | 1 | 340 | 0.41 | 39 | 160 |

能和耐久性试验方法(GB/T 50082—2009)》中的刀口法进行混凝土早期抗裂试验,结果见表 4。

表 4 混凝土刀口抗裂试验结果

| 试验号 | 单位面积裂缝 数目/条 | 每条裂缝平均 开裂面积/mm ² | 单位面积总开裂 面积/mm ² |
|-----|----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 30# | 8 | 22 | 176 |
| 31# | 2 | 5 | 10 |
| 33# | 6 | 13 | 78 |

表 4 试验结果表明:掺入纤维素纤维可有效提高混凝土早期抗裂性能;增加水泥用量,即使降低胶凝材料用量,混凝土早期抗裂性能也略有降低。

(2) 早龄期收缩性能。试验采用非接触式收缩变形测定仪测试混凝土早龄期收缩率,反映混凝土单面干燥条件下的总收缩值,包括干缩、自收缩、温度收缩等,因试件尺寸较小,温度收缩相对较低,主要反映早龄期干缩和自收缩情况。96 h 收缩率试验结果见图 1。

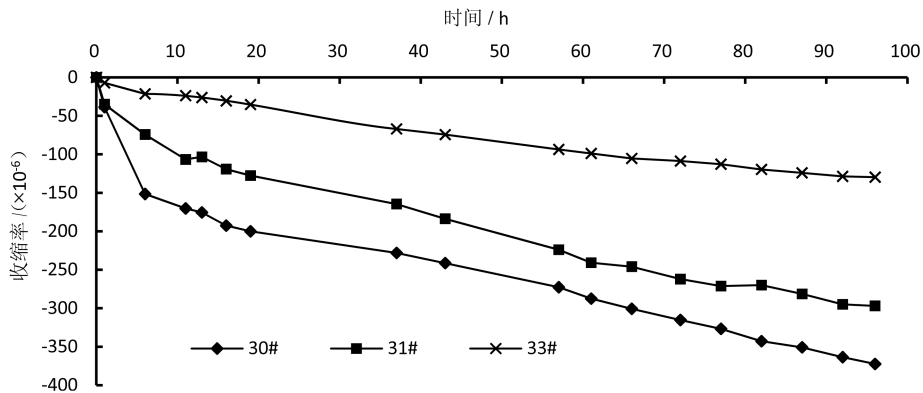


图 1 混凝土早期收缩率试验结果

由图 1 可知,混凝土中掺入纤维素纤维,能够降低早期收缩率;掺入纤维素纤维、降低胶凝材料用量,能够进一步降低早期收缩率。

3.4.4 弹性模量

31#、33#混凝土静压弹性模量分别为 3.89 ×

10⁴ MPa、3.60 × 10⁴ MPa。

3.5 推荐配合比

推荐的界牌水利枢纽混凝土施工配合比见表 5。

4 施工过程质量控制

混凝土施工过程质量控制主要体现在以下方面:

(1) 施工单位在现场设置搅拌站,安排 3 名专职试验人员进行混凝土质量检验,包括原材料质量检验、配合比管理,混凝土坍落度、含气量以及入仓温度的检验,混凝土试件的制作、养护和性能检验。

(2) 购置常规优质原材料,为实现混凝土用水量和水胶比控制目标、实现混凝土高性能化提供基础。界牌水利枢纽工程施工期间,正值砂石供应紧张,优质河砂更是紧俏,项目部垫付大量资金提前存储砂石材料,高峰期间储存量达到 14 万 t。

通水验收前粗细骨料共检验 703 批次,检验结果黄砂的细度模数为 2.5 ~ 2.7,含泥量 1.0% ~

1.8%,无泥块含量;碎石含泥量 0.5% ~ 0.8%,无泥块含量;粗细骨料其他性能指标均符合《水利工程预拌混凝土应用技术规范》(DB32/T 3261—2017)的要求。

水泥为泰州海螺水泥集团有限公司生产的 42.5

表 5 混凝土施工配合比

| 部位 | 配合比/(kg·m ⁻³) | | | | | | | | 胶凝材料用量/ (kg·m ⁻³) | 水胶 比 | 砂率/ % | 坍落度/ mm | 含气量/ % | |
|----|---------------------------|-----|-----|-----|------|-----------|-----------|-----|----------------------------------|---------|----------|------------|-----------|-----|
| | 水泥 | 粉煤灰 | 矿渣粉 | 砂 | 碎石 | 纤维素 纤维 | 抗裂 防渗剂 | 水 | | | | | | 减水剂 |
| 墩墙 | 210 | 75 | 75 | 699 | 1191 | 1 | — | 145 | 3.8 | 360 | 0.40 | 37 | 180 | 3~4 |
| 底板 | 210 | 60 | 60 | 699 | 1191 | — | 30 | 145 | 3.8 | 360 | 0.40 | 37 | 180 | 3~4 |

普通硅酸盐水泥,粉煤灰为国电江苏谏壁发电有限公司粉煤灰开发公司生产的Ⅱ级粉煤灰,矿渣粉为常州市礞海建材有限公司生产的 S95 矿渣粉,减水剂为南京优尔西外加剂有限公司生产的聚羧酸高性能减水剂,并复合引气剂、缓凝剂,减水率达到 28%~30%,且与胶凝材料之间具有良好的相容性。水泥、粉煤灰、矿渣粉、外加剂共检验 420 批次,品质均符合相关产品标准的要求。

(3)掺聚羧酸高性能减水剂的混凝土拌和物工作性能对用水量较为敏感,混凝土生产过程中用水量控制尤其重要,采取粗细骨料堆棚堆放、减少含水率的波动、遇下雨等天气增加含水率检测频次并根据检测结果及时调整用水量等措施,提高混凝土拌合物质量稳定性。

(4)主体结构混凝土浇筑施工历经春、夏、秋、冬 4 个季节,泵站和节制闸底板等结构部位为高温季节施工,泵站出水流道、辅机层和闸墩等结构部位主要在低温季节施工,分别制定夏季和冬季混凝土施工方案,采取夏季和冬季特殊季节施工针对性技术措施。

(5)泵站底板、站墩、节制闸底板、闸墩、翼墙、船闸闸首等结构属于大体积混凝土,混凝土有防裂要求。设计在底板中掺入抗裂防渗剂、墩墙中掺入纤维素纤维,提高混凝土早期的体积稳定性和抗裂能力。建设单位委托扬州大学开展泵站底板和站墩施工期温度场、应力场仿真计算分析,认为采用水管冷却措施,混凝土温度峰值降低约 10℃,减少了里表温差,降低了温度应力;采取通水冷却、表面保温措施,可以进一步降低温度应力。

根据仿真计算分析结果,站墩、闸墩等结构布置冷却水管,同一水平层平行布置 2 根,竖向距离为 0.9 m,每根冷却水管长度为 150~200 m,混凝土浇筑完毕即开始通水,管中水流速度 0.6 m/s。

(6)适当延长带模养护时间,保证早期混凝土表面不失水,还可有效防止早期拆模后混凝土表面因温度和湿度急剧变化,引起混凝土温度应力增

加。一般带模养护时间在 10 d 以上,拆模后混凝土表面涂刷养护剂保湿养护。

5 应用效果

5.1 实体结构混凝土质量

5.1.1 强度

施工单位检验 925 组主体结构 C30 混凝土试件的抗压强度,14 个统计批抗压强度平均值在 39.6~41.6 MPa 之间,均方差 0.97~2.02 MPa,最低强度为 35.3 MPa,14 个统计批混凝土抗压强度判定为合格。

采用回弹法检测实体结构混凝土强度,泵站底板、站墩、节制闸闸墩、船闸 13~32 d 回弹强度推定值 35.2~49.4 MPa。

5.1.2 碳化深度

实体混凝土碳化深度检测结果见表 6。根据自然碳化时间和钢筋保护层设计厚度推算混凝土碳化至钢筋表面时间,按 85% 的保证率预测碳化至钢筋表面时间见表 6。

5.1.3 表面透气性系数

气体在压力作用下渗入到混凝土微细孔中,透气性被认为与混凝土内部孔隙结构密切相关,采用瑞士 Proceq 公司生产的 Torrent 气体渗透性测试仪测试混凝土表面透气性,并计算出表面透气性系数,用于现场混凝土质量控制、评价表层混凝土密实性,并被用作结构混凝土的耐久性能指标。

根据透气性系数对混凝土表面质量进行分级与质量评估见表 7。

闸墩、泵站站墩混凝土表面透气性系数测试结果及表面质量等级评价见表 8。

5.2 碳化深度

依据《水工混凝土试验规程》(SL352—2006)检验闸墩、站墩等结构部位混凝土碳化深度,结果见表 9。

5.3 密实性能

依据《水工混凝土试验规程》(SL352—2006)检

表 6 实体结构混凝土自然碳化深度与碳化至钢筋表面预测时间

| 部 位 | 自然碳化时间/ d | 测点数量 | 碳化深度/mm | | | | 碳化至钢筋表面 预测时间/a |
|---------|--------------|------|---------|-----|------|------|-------------------|
| | | | 最大值 | 最小值 | 平均值 | 均方差 | |
| 泵站站墩 | 590 ~ 630 | 92 | 5.5 | 0 | 1.80 | 1.55 | 292 |
| 节制闸闸墩 | 410 ~ 540 | 33 | 5.0 | 1.8 | 3.43 | 0.88 | 178 |
| 船闸闸首廊道等 | 420 | 33 | 6.0 | 1.0 | 3.11 | 1.36 | 122 |

表 7 混凝土表面质量等级与透气性系数指标

| 表面透气性系数/($\times 10^{-16} \text{ m}^2$) | 表面质量 | 等级 |
|---|------|----|
| ≥ 10 | 很差 | 5 |
| 1.0 ~ 10 | 差 | 4 |
| 0.1 ~ 1.0 | 中等 | 3 |
| 0.01 ~ 0.1 | 好 | 2 |
| ≤ 0.01 | 很好 | 1 |

表 8 混凝土表面透气性系数测试结果与表面质量等级评价

| 部位 | 测试龄期/ d | 测区 数量 | 表面透气性系数/($\times 10^{-16} \text{ m}^2$) | | | | 表面质量等级占测区的比例/% | | | | |
|--------|------------|----------|---|-------|-------|-----------------|----------------|------|------|-----|----|
| | | | 最大值 | 最小值 | 几何均值 | 90% 置信区间 | 很好 | 好 | 中等 | 差 | 很差 |
| 闸墩 | 120 | 18 | 3.614 | 0.022 | 0.092 | [0,0.7717] | 0 | 50.0 | 44.4 | 5.6 | 0 |
| 进水流道站墩 | 170 | 20 | 0.55 | 0.004 | 0.062 | [0.0325,0.1511] | 5.0 | 75.0 | 20.0 | 0 | 0 |
| 出水流道站墩 | 125 | | | | | — | | | | | |

表 9 混凝土碳化深度试验结果

| 部位 | 标准养护龄期/d | 碳化时间/d | 碳化深度/mm | |
|--------|----------|--------|------------------|-----|
| | | | 测试值 | 平均值 |
| 节制闸闸墩 | 28 | 28 | 9.6,9.2,8.7,11.2 | |
| 泵站底板 | 28 | 28 | 8.7 | |
| 泵站站墩 | 28 | 28 | 7.7,8.4,8.2 | |
| 船闸闸室墙 | 28 | 28 | 12.3 | |
| 船闸闸首廊道 | 28 | 28 | 9.9 | |

验混凝土电通量和氯离子扩散系数,结果见表 10,测试结果表明混凝土有良好的密实性能。

5.4 抗冻、抗渗性能

混凝土抗冻性能达到 F100,抗渗性能达到

W12。

5.5 混凝土高性能化评价

文献[7]在《高性能混凝土评价标准(JGJ/T 385—2015)》基础上,针对水工混凝土特点增加实

表 10 混凝土电通量和氯离子扩散系数试验结果

| 部位 | 电通量 | | 氯离子扩散系数 | |
|------|--------|-------------------|---------|--|
| | 养护龄期/d | 测试值/C | 养护龄期/d | 测试值/($10^{-12} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) |
| 闸墩 | 56 | 893,1121 | 84 | 4.256 |
| 泵站底板 | 56 | 762 | 84 | 4.413 |
| 泵站站墩 | 56 | 764,922,1145,1462 | 84 | 4.369,2.935 |
| | 160 | 367 | 169 | 2.127 |
| | 101 | 804 | 110 | 3.901 |

体结构混凝土质量评价内容,对节制闸闸墩、泵站站墩混凝土进行高性能化评价。

5.5.1 单方面评价

- (1)控制项全部满足要求。
- (2)评分项得分,结果汇总于表 11。5 个单方面的评价结果均为合格。

5.5.2 高性能混凝土评价

- (1)混凝土评价得分,见表 12。
- (2)评价闸墩、站墩混凝土实现高性能化。

6 结 语

新孟河延伸拓浚工程界牌水利枢纽工程混凝土采用优选原材料、优化配合比、低用水量、低水胶比和中等矿物掺合料配制技术,加强施工过程混凝土质量控制、带模养护等质量控制措施,是实现中低强度等级混凝土高性能化主要施工技术措施。对结构实体混凝土的回弹强度、早期自然碳化深度、表面透气性系数以及标准养护试件的抗压强

表 11 高性能混凝土评分项得分汇总表

| 评价类别 | | 评价分项得分 | | | | |
|--------|------|--------|-------|-------|-------|-------|
| | | 混凝土性能 | 原材料 | 配合比 | 制备 | 施工 |
| 设计评价 | 合格标准 | ≥90.0 | — | — | — | — |
| | 得分 | 90.0 | — | — | — | — |
| 生产评价 | 合格标准 | ≥90.0 | ≥75.0 | ≥90.0 | ≥85.0 | — |
| | 得分 | 91.7 | 84.2 | 90.2 | 88.9 | — |
| 实体结构评价 | 合格标准 | ≥90.0 | ≥75.0 | ≥90.0 | ≥85.0 | ≥85.0 |
| | 得分 | 92.0 | 84.2 | 90.2 | 88.9 | 87.0 |

表 12 高性能混凝土评价总得分

| 评价类别 | 评价总得分 | 标准分值 | 评价结果 |
|--------|-------|-------|------|
| 设计评价 | 90.0 | ≥90.0 | 合格 |
| 生产评价 | 89.6 | ≥88.0 | 合格 |
| 实体结构评价 | 89.45 | ≥88.0 | 合格 |

(下转第 34 页)

中所有施工人员穿好救生衣,注意听指挥,抓紧时间,以防出现软体排被水流风浪作用导致掀开位移,最后等浮子浮出水面,根据浮子的距离用细绳在搭接 2 m 处穿另一块软体排,然后用力收紧,完成另外一块软体排铺设^[2]。

4.2.4 抛石施工

用大的海轮船将块石运送到施工处,然后将几条小开驳船开到大船停靠处,通过大海轮船的挖机将块石挖到小开驳船上,小开驳船再将块石运到丁坝处进行抛填。

5 扭王块的制作及抛置

(1)扭王块的预制施工流程:由于本工程采用的是商品混凝土,在浇筑扭王块之前先检查模板的稳定性、强度、刚度是否符合要求,其次是否有缝隙,模板是否刷油,这些都符合要求后进行浇筑。将混凝土直接放入钢模里,由有施工经验的混凝土技术工人主持振捣,防止蜂窝麻面发生;混凝土收面时,采用人工原浆收面收光。等混凝土凝固达到时间后,再将钢模拆除,然后将已预制好的扭王块放在平地上。为防止发生温度缝、干缩缝,要加强成型扭王块的覆盖养护和保护,保证扭王块的外观清洁美观。

(2)扭王块的安装:坡脚斜坡段和面层在挖机普遍平整以后,经项目部确认测量高程普遍达到 0.0 ~ -2.0 m 块石高程作为路基。在安装前对抛石高程自检,自检合格后,报批监理复检。在施工

现场用汽车吊将 2 t 重的扭王块一步到位装到车上,每车仅装 10 只扭王块体,在抛石上面用 1.2 cm 厚的钢板铺设宽 4 m、长 250 m 的一条通道,确保汽车吊安全行驶,保持途中平稳,以防碰坏现象。坡脚斜坡扭王块的安装工作,扭王块定点、定量,从堤脚至堤顶按三脚落地施工方案逐个进行安装。坡脚斜坡段扭王块抛置密度为 0.39 块/m²,面层扭王块平均抛置密度为 0.78 块/m²,扭王块按先平台后坡面,先水上后陆上、自下至上的顺序进行安装^[3]。

6 结 语

翻身河北圆头海堤水毁修复工程已完成 3 年多时间,并经历了 2017—2019 年 3 个汛期,多个台风的考验。经观测该段扭王块压护丁坝遏制住了台风东北风对主海堤的冲刷。海水带来了大量的泥沙沉淀在主海堤前滩面上,有效地保护了主海堤的使用年限,表明该处理方法达到预期的效果。

参考文献:

- [1] 袁孟全,徐文华,李永全,等.广州番禺南沙蒲洲海堤护岸工程大直径钢圆筒振动下沉设备及工艺的研究与应用[J].中国港湾建设,2003(4):7-13.
- [2] 庞志海,谭艳.广西海堤护坡结构设计探讨[J].广西水利水电,2007(1):34-35.
- [3] 黄瑞河.模袋混凝土应用于海堤护坡施工技术探讨[J].广西水利水电,2005(2):31-34.

(上接第 31 页)

度、碳化深度、电通量、氯离子扩散系数、抗冻性能、抗渗性能等试验,多项性能指标测试结果表明混凝土达到规范对百年寿命混凝土的耐久性能要求。经设计、生产和实体结构评价,混凝土实现高性能化。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国行业标准.水利水电工程合理使用年限及耐久性设计规范(SL654-2014)[S].北京:中国水利水电出版社,2014.
- [2] 住房和城乡建设部标准定额司,工业和信息化部原材料工业司.高性能混凝土应用技术指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2015.
- [3] 中华人民共和国行业推荐性标准.公路桥涵施工技术

规范(JTG/T F 50-2011)[S].北京:人民交通出版社,2011.

- [4] 江苏省工程建设标准.城市轨道交通工程高性能混凝土质量控制技术规程(DGJ32/T J 206-2016)[S].南京:江苏凤凰科学技术出版社,2016.
- [5] 朱炳喜.试论沿海水工建筑物低渗透高密实表层混凝土施工质量控制要点[J].江苏水利,2017(11):1-8.
- [6] 江苏省质量技术监督局.水利工程混凝土耐久性技术规范(DB32/T 2333-2013)[S].南京:江苏人民出版社,2013(9).
- [7] 江苏省水利科学研究院.水利工程应用预拌混凝土高性能化后评价方法[R].南京:江苏省水利科学研究院,2019.