

# 竖井灌流泵流道层混凝土防裂缝措施应用

王 琰

江苏省水利建设工程有限公司 江苏扬州 225000

**摘 要:** 泵站一方面具有排涝, 提高区域防洪标准作用, 另一方面在枯水季节能够采取动力提水改善城市内水系生态循环, 提高水体质量。其在农业生产、城市防洪中具有不可替代的作业。而竖井灌流泵因其可靠性、易维护性, 在市场上广受欢迎, 但其流道工程结构复杂, 施工工艺繁琐, 在混凝土施工过程中容易产生裂缝。本文结合南通海港引河南闸站项目流道施工质量控制措施, 从混凝土配比、施工措施等几个方面阐述如何加强流道施工质量, 减少裂缝发生。

**关键词:** 提高; 流道; 裂缝; 措施

## Application of concrete crack prevention measures in the channel layer of shaft perfusion pump

Yan Wang

Jiangsu water conservancy construction engineering Co., Ltd, Yangzhou, Jiangsu 225000

**Abstract:** Pumping stations play a crucial role in both drainage and raising the regional flood protection standards. Additionally, during the dry season, they can be used for dynamic water lifting to improve the ecological circulation of urban water systems and enhance water quality. They are indispensable for agricultural production and urban flood control. Vertical well irrigation pumps are highly popular in the market due to their reliability and ease of maintenance. However, their flow passage engineering structure is complex, and the construction process is cumbersome, making it prone to cracking during concrete construction. This paper combines the quality control measures of the flow passage construction in the Nantong Harbor River South Lock Station project to discuss how to strengthen the construction quality of the flow passage and reduce the occurrence of cracks, focusing on concrete mix design, construction measures, and other aspects.

**Keywords:** Improvement; Runner way; Cracks; Measure

海港引河南闸站项目位于南通市崇川区海港引河与长江连通处, 工程投资 1.8 亿元。工程的主要功能为防洪、排涝、引水、水资源调度及改善水环境。设计规模: 水闸净宽 16m, 采用单孔上卧式弧形门; 泵站为双向引水排涝流量  $48\text{m}^3/\text{s}$  的泵站, 采用 3 台单机流量  $16\text{m}^3/\text{s}$  的竖井贯流泵。工程主要建筑物包括泵站、水闸、进、出水池以及内外河海漫、翼墙及管理房等。流道敦墙最窄处厚 1.2m, 泵轴处厚 4.4m, 流道顶板厚 1.2m, 典型曲面异型大体积混凝土。

### 一、流道裂缝产生的原因

流道为整体结构, 产生的裂缝多属于非荷载裂缝。非荷载裂缝是指混凝土受到外部环境(气温、太阳辐射)的影响和自身材料的特性而发生的变形, 在受到约束时产生的拉应力大于混凝土的抗拉强度时所出现的裂缝。随着泵送混凝土和预拌混凝土的大量应用, 泵站进出水流道的顶板常出现温度裂缝。

#### 1. 塑性收缩阶段产生的裂缝

在混凝土硬化前的塑性阶段发生塑性变形, 而水利工程施工中砵强调低用水量、低水胶比, 并掺粉煤灰、矿粉等。

如《水利工程预拌混凝土应用技术规范》DB32/T3261-2017 中就明确 C35 混凝土最大水胶比 0.40, 这一类混凝土具有更高的养护敏感性, 导致混凝土容易产生塑性收缩裂缝, 裂缝深度为 20~40mm, 缝宽 0.5~2mm。通常认为, 引起塑性变形的裂缝包括以下几种原因:

(1) 塑性收缩裂缝。新拌混凝土尚在终凝前就发生收缩, 在混凝土浇筑过程中, 水泥已经开始水化, 出现泌水和体积缩小现象, 这种体积缩小现象也称为塑性收缩, 塑性收缩会导致骨料受压, 胶凝材料胶结体受拉, 当拉力超出胶凝材料凝集力, 混凝土便产生裂缝; 其次, 如果砵表面失水速率超过内部水向表面的泌水速度, 混凝土内部毛细管就会产生负压, 形成负压收缩应力, 使浆液产生塑性收缩。环境湿度、温度、及风力大小对塑性收缩影响较大, 部分混凝土收缩率可达 1%, 导致混凝土出现龟裂, 龟裂缝宽可达 1~2mm。

(2) 塑性沉降裂缝。混凝土由粉煤灰、水泥、矿粉、砂石各种组分材料组成, 各材料的密度不同, 如粉煤灰、外加剂会上浮在初凝过程中会上升, 而砂、石粗骨料会下沉。一般在浇筑后 3 小时内的塑性阶段会发生沉降收缩, 大致的收缩变形为约为浇筑高度的 1%, 下沉过程中受到钢筋、粗

骨料的阻挡或约束时也会产生裂缝。

## 2.硬化过程中产生的裂缝

### (1) 干燥收缩裂缝:

高温、干燥的气候环境中混凝土表面水分蒸发流失,导致混凝土内部丢失毛细水与凝胶水,产生毛细管张力,引起体积缩小变形。由于钢筋等约束,使得混凝土内部产生约束应力,当约束应力大于混凝土凝聚力便会产生裂缝。

### (2) 自收缩裂缝:

①水化收缩。混凝土根本原理是依靠胶凝材料和水发生水化反应产生固化物,而水化产物往往伴随着体积减小,产生化学收缩力。水化产物的体积缩小至参与反应的水泥和水的总体积的90%左右。

②水泥自身干燥收缩。由于水泥水化反应持续进行,水泥水化时消耗水分而造成胶凝孔的液面下降,形成弯月面,产生自干燥作用。胶凝材料的水化收缩和水泥石的自身干燥收缩的总和,统称为混凝土的自收缩,会引发贯穿整个混凝土内部的微裂缝。水泥熟料中早强矿物越多、细度越大,自收缩也越大;自收缩从混凝土初凝开始产生,在1d内发展最快,3d后逐渐减慢

③温度收缩。混凝土硬化阶段,由于水化热温升而膨胀,此时弹性模量还很低,只产生较小的压应力,且因徐变作用而松弛;降温阶段,混凝土形成里表温差,发生收缩,因弹性模量增长,松弛作用减小,在约束条件下,当混凝土温降收缩变形大于极限拉伸变形时,产生温度收缩裂缝。大体上温度每变化1℃,底板和闸墩温度应力可能会相应增减100~200kPa。

## 3.服役过程中产生的裂缝

(1) 碳化收缩裂缝。混凝土碳化引起体积减小,可能引起构件表面龟裂。

(2) 干湿变形。干湿变形取决于周围环境的湿度变化,混凝土内部蒸发引起凝胶体失水产生紧缩,以及毛细管内水蒸发使混凝土系统内的细管压力作用,产生体积收缩。这种收缩可以恢复,一般无破坏作用。

## 二、流道裂缝控制措施

流道这一类大体积混凝土体内存在微裂缝是绝对的、不可避免的,表面出现可见裂缝是相对的,虽然不能彻底治愈与战胜,但在施工过程中,采取优化配合比、通水冷却、加强养护等一系列综合技术措施,降低开裂风险,可以控制和避免有害裂缝出现。

### 1.混凝土原材料

混凝土原材料应选择常规优质原材料,各项指标均应符合国家或者行业指标。水泥选择普通硅酸盐水泥,标准稠度小于28%。骨料应级配良好,干净无杂物,质地坚硬致密。本项目粗骨料采用2级配,细骨料采用细度模数为2.3~2.8的天然河沙。在流道浇筑前现场查看备料情况,确保材料品质稳定,波动小。

### 2.优化混凝土配比

对于流道混凝土应按照水化热温升低、收缩率低、抗裂性能好的原则通过优化确定配合比。适量掺入粉煤灰、矿粉。掺入矿粉、粉煤灰的混凝土具有早期强度低,后期强度高的特点,可采用45d或者60d的强度代替28d强度。同时混凝土宜掺入引气剂,含气量宜为2%~4%。

海港引河南闸站混凝土配比优化如下:

表1 海港引河南闸站混凝土配比优化表

浇筑部位	强度等级	C35W4F50		设计坍落度 (mm)		160±30		
		粉煤灰	矿粉	水	砂	碎石	外加剂1	外加剂2
材料名称	海螺 P·O42.5	1级	s95	地下水	II区中砂	5-15mm	16-25mm	PCA-10
设计用量 (kg/m <sup>3</sup> )	280	60	50	150	760	320	740	6.3
砂含水率 (%) :	/	水胶(灰)比:		0.38		砂率 (%) :		42

### 3.降低混凝土入仓温度

混凝土入仓温度应符合设计规定,设计文件未规定的,参照《水闸施工规范》(SL 27-2014)或《水工混凝土施工规范》(SL677-2014)的规定,入仓温度不宜大于28℃,冬季不应低于5℃。

因骨料用量大,降低混凝土入仓温度最有效的办法是降低骨料的温度。采用堆棚仓储、遮盖、堆高避免阳光直射或辐射,料堆喷洒凉水等措施,让骨料自然冷却;有条件时可对骨料采取冷水浸泡、喷淋冷水、风冷等预冷措施。其次是降低拌和水的温度,可在水中加冰,或用深井水拌和。

### 4.架设水管冷却

在结构内部埋设冷却水管对混凝土进行导热降温,既减少了早期里表温差和砼内温升幅度,又降低了后期混凝土的冷缩变形量。

冷却水管优先采用内径为50mm的金属管,在弯折处采用PVC软管代替,水管间距为控制在1.0m,单根水管长度小于200m,进出水口采用分流阀集中布置。

混凝土浇筑前应对冷却水管进行压水试验,确保管道系统不得漏水。在降温过程中定期改变通水流向。降温速率一

般不超过 1.5℃/d, 水流速度 0.8m/s 为宜。上述指标通过预埋在混凝土内部的温度计控制。

### 5. 预浇混凝土芯墙

流道套轴处是裂缝开展的集中位置, 主要原因是竖井灌流泵套轴处流道曲面变化较大, 导致套轴处混凝土较厚。如海港引河南闸站项目, 泵站流道层套轴处混凝土最大厚度达到 4.3m。

预浇芯墙能够有效减低混凝土中心温度, 防止温度裂缝。芯墙采用预制块砌筑或低标号混凝土现浇。海港引河项目即采用浇筑低标号混凝土。芯墙尺寸适中, 应确保后期流道混凝土足够厚度, 原则上不小于 1.0m。下道工序施工前, 芯墙表面满贴低发聚乙烯泡沫板或油毛毡, 预防新老混凝土收缩裂缝。

### 6. 保湿养护、延长带模养护

混凝土散热期同时又是混凝土养护期, 早期保湿养护可避免混凝土表层脱水、减少收缩。若养护不够, 特别是在炎热的夏季, 混凝土中水分不断散发, 混凝土表层产生较大的干缩应力, 同时混凝土抗拉强度和极限拉伸值亦有较大降低。相对湿度大于 90% 环境下进行养护, 混凝土干缩率的最小。

混凝土浇筑 3~6d 混凝土水泥水化热达到峰值, 如果这时拆模会导致混凝土表面温度散发较快, 易形成很陡的温度梯度, 产生较大拉应力。同时混凝土表面湿度也会急剧降低, 易产生裂缝。有温控要求的混凝土构件带模养护时间不宜少于 14d 且拆模时混凝土表面与大气温差不宜大于 20℃。

混凝土养护多采用喷雾、洒水、覆盖、蓄水、喷涂养护剂等多种方法。海港引河泵站流道层终凝后采用薄膜+土工布保湿养护。2-3h 后薄膜下即产生凝结水珠。升温期混凝土

遇冷水容易造成混凝土面层冷热交替, 产生温度应力裂缝。混凝土薄膜表面湿润情况无需额外洒水养护, 仅需对立面模板洒水湿润。流道上下游进出水口两端用彩条布封闭, 即起到对流道内腔内保温左右, 又能利用高温产生的水汽湿润模板, 起到养护作用。14 天拆模后流道层未产生温度裂缝。

## 三、结论

多种防裂措施的综合应用使得海港引河南闸站流道层混凝土裂缝得到有效抑制, 仅在小部分廊道根部部出现 0.08-0.15mm 细微裂缝。原材是混凝土防裂的基础, 防裂措施应有是关键, 施工人员质量意识是根本, 只有三者的有机统合, 才能够保证泵站流道层这一类大体积混凝土的施工质量, 从而提高结构物耐久性。

## 参考文献:

- [1]朱炳喜.水工混凝土耐久性技术与应用[M].科学出版社,207-213.
- [2]王铁梦.王铁梦教授谈控制混凝土工程收缩裂缝的 18 个因素[J].混凝土,2003,(11):65.
- [3]童烈祥.江尖水利枢纽底板混凝土温度裂缝控制技术[D].扬州:扬州大学硕士论文,2009 等.
- [4]张国志,屠柳青,夏卫华等.混凝土早期开裂评价指标研究[J].混凝土,2005,(5):13-17.
- [5]朱炳喜.南京九乡河闸工程高性能混凝土应用总结报告[R].南京:江苏省水利科学研究院,2018.
- [6]林毓梅.泗阳复线船闸混凝土裂缝浅析—混凝土干缩与沉降的影响试验研究[J].江苏省水利科技,1987,(2) 2-6.