

大型渡槽施工裂缝控制与技术要点研究

文 / 张利民 甘肃水投集团水电工程局有限责任公司

摘要：大型渡槽是水利工程中十分重要的建筑物之一，主要起到输水的作用，渡槽自身结构特点良好程度直接关系到整个输水工程安全性和耐久性，对工程效益具有重要影响。文章以南水北调中线工程某段某河渡槽为例，分析其在运行期间出现的各种裂缝问题，主要包括底板、侧墙、排架等方面的裂缝情况，采用工程项目实地调查的方式，分析造成大型渡槽裂缝原因，并结合相关问题分别从渡槽纵向结构、渡槽横向结构、塑性系数取值、排架材料选取提出具体的控制技术，旨在有效提高大型渡槽抗裂性，确保项目工程能够稳定、安全、长期运行，提高工程整体效益，为相关施工人员提供技术参考。

关键词：大型渡槽；施工裂缝；裂缝控制；抗裂技术；技术要点

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.019

引言

渡槽作为一种输送水流跨越河渠、溪谷、道路等架空的水槽，主要采用砌石、混凝土、钢筋等材料进行建造，主要用于灌溉和输水，有效确保工业生产和农业生产顺利开展。大型渡槽作为跨流域调水工程中的重要组成部分之一，其安全性直接影响整体的输水效率。由于大型渡槽使用时间较长，随着时间的推移建造大型渡槽的混凝土、钢筋、砌石等材料因受到收缩、温度、气候环境、地基沉降等因素的影响，导致渡槽在使用过程中会产生各种形式的裂缝，导致出现渡槽渗水情况，造成钢筋锈蚀、主体坍塌等现象，降低整个渡槽的安全性和使用效率。基于此背景，以具体渡槽为例分析其裂缝原因并给出针对性的控制措施能有效提高渡槽的使用寿命，提高其经济效益和社会效率，对推动工业、农业发展具有重要意义。

一、大型渡槽施工具体情况——以某工程为例

南水北调中线工程某段某河渡槽，工程等级为 I 等，主体建筑物 1 级，次要建筑物 3 级。工程总长为 660 米，整段工程包括进口渠道段、渐变段、节制闸、连接段、槽身段等部分，共 26 处渡槽。渡槽整体水力设计参数为：设计流量 350m³/s，加大流量 420m³/s。大型渡槽槽身段结构总长 350 米，为 30m×8×40m 筒支开口箱型结构，采用双线双槽布置方式，单槽尺寸顶宽 15m，双线顶宽 33m。施工中，采用混凝土标号为 50W6F150，严格执行抗裂标准，在整个项目工程中禁止存在任何形式的裂缝，包括纵向、横向、表面、贯穿等。大型渡槽施工工艺为分层浇筑法，具体施工中先浇底板，侧墙采用“八”字墙。距今，该渡槽已运行超过 20 年，存在多处裂缝，且部分裂缝对整个主体产生严重影响，贯穿整个结构，宽度出现不断扩大现象，漏水十分严重，采用防渗技术效果一般。为有效控制大型渡槽裂缝情况，通过实地调查方式，明确渡槽裂缝成因，对病采用针对性控制技术对裂缝进行控制。

二、大型渡槽施工裂缝实地调查情况

根据大型渡槽施工裂缝实地调查情况，造成该项目工程渡槽裂缝主要情况包括：底板裂缝：经观察底板裂缝裂痕程度较低，主要分布在底板各个位置，尚未贯穿

整个渡槽结构，但存在纵向贯通趋势，形状各不相同，长条形底板多见横向裂缝，底板两侧裂缝较为密集，裂缝宽度较小，宽度大约 0.2 ~ 1.3mm。侧墙裂缝：主要分布在渡槽支座周围侧墙并向两边蔓延，两侧裂缝与铅直线保持 27° 夹角作用，缝宽 0.1 ~ 0.7mm，出现贯穿性裂缝，甚至影响中和轴。排架裂缝发生概率较低，仅出现少数渡槽排架以及牛腿架上，排架上的裂缝沿排架钢筋分布，最为严重的裂缝位置位于主筋方向，其次为箍筋上裂缝，经过观察裂缝位置较多的部位已经出现脱落现象，钢筋出现严重腐蚀现象。

表 1 大型渡槽施工裂缝实地调查数据

裂缝部位	主要特征	裂缝宽度 (mm)	发生概率
底板裂缝	纵向贯通趋势	0.2 ~ 1.3	63.45%
侧墙裂缝	贯穿性裂缝	0.1 ~ 0.7	36.28%
排架裂缝	竖向贯通趋势	0.3 ~ 1.6	19.45%

三、造成大型渡槽施工裂缝原因

造成大型渡槽施工裂缝原因主要包括底板裂缝、侧墙裂缝、塑性系数选取不当以及排架裂缝等。主要原因如下所示：

(一) 底板裂缝

造成大型渡槽施工底板裂缝主要与温度应力、底板干缩变形以及地基沉降不均有关。温度应力：大型渡槽底板在进行浇筑时，混凝土内部会出现水化现象，导致热积聚，使底板内外部的温差较大，一般温差超过限值后 (>25℃) 时，底板的表面会发生较大的应力和拉力，当拉力比混凝土抗拉强度大时，就会导致底板逐渐产生各种形式的裂痕。干缩变形：浇筑混凝土后，在一定时间内混凝土逐渐硬化，在硬化过程中混凝土中的水分会出现蒸发以及水化现象，导致混凝土的体积不断收缩，但收缩过程中受到一定阻碍时，比如底板之间的黏度较强或者底板地基对混凝土收缩的约束较大时，就会产生底板裂缝。地基沉降不均匀：当地基处理不到位或者地基的承载力较弱时，会导致渡槽的底板发生沉降现象，当沉降不均匀时，就会导致底板出现裂缝^[1]。

(二) 侧墙裂缝

造成大型渡槽施工侧墙裂缝主要与温度变化、施工

不当以及受到外力作用等因素。温度变化：受热胀冷缩作用，侧墙会出现一定的温度变化，当温差较大时会使侧墙产生水平方向的应力，当该应力刚性较大时就会导致侧墙与底板或者排架之间出现较大的拉力，导致侧墙变形，使侧墙出现裂缝。施工不当：在对侧墙进行浇筑时，当出现振捣不严实、支撑不稳定等现象时，会导致侧墙混凝土内部出现一定的缺陷，降低侧墙抗裂能力。外力作用：由于大型渡槽使用时间较长，长期暴露在户外环境中，受到风力、地震等自然外力的影响，导致侧墙会出现各种裂缝。

(三) 塑性系数选取不当

在混凝土材料中塑性系数是非常重要的一个施工参数，塑性系数能有效反映混凝土在塑性条件下的形变能力。造成大型渡槽施工出现裂缝情况与混凝土材料塑性系数选取不当有直接关系。当混凝土材料塑性系数选取较低时，会导致混凝土在浇筑硬化期间不能有效释放内部多余的应力，导致内部产生裂缝并逐渐向外扩散。混凝土材料塑性系数与混凝土配合比、混凝土材料、品种、质量等因素有直接关系^[2]。

(四) 排架裂缝

造成大型渡槽施工排架裂缝主要与施工材料、设计以及施工等因素有关。施工材料选取问题：大型渡槽排架所采用的施工材料主要包括钢筋、水泥混凝土等，当施工材料存在质量问题，包括但不限于钢筋生锈、混凝土强度较低等，都会导致排架整体强度较低，在长期使用过程中容易出现裂缝。设计不合理存在设计缺陷：大型渡槽排架设计对整体影响较大，当设计不合理存在设计缺陷时，比如设计的截面尺寸较小、配筋比例不够等，

会导致排架的荷载能力下降，产生较大的形变和应力，造成排架裂缝。施工不当：大型渡槽排架在施工过程中如果出现混凝土浇筑不严实、钢筋安装位置较稀疏等都会导致排架整体施工质量较低，容易造成排架裂缝等问题。

四、大型渡槽施工裂缝控制技术要点

(一) 渡槽纵向结构

为有效预防大型渡槽施工裂缝发生，需结合造成大型渡槽施工裂缝的原因制定具体的技术控制要点，对于渡槽纵向结构发生裂痕情况时，需通过有效的温度控制和采用分段浇筑法，有效预防渡槽纵向结构裂缝产生。

1. 温度控制

温度控制能有效预防渡槽纵向结构产生裂缝。在具体施工中，由于混凝土材料在浇筑时会产生大量的热，出现水化现象，导致渡槽内部的温度不断升高，而外部温度较低，出现温度不均衡现象，内外温差较大时会导致混凝土抗拉强度降低，导致混凝土出现裂缝，为避免此类现象发生需要采取有效的措施控制混凝土温度。使用预冷材料能有效降低混凝土入模温度，在具体施工浇筑前，采用所使用的混凝土原材料进行预先处理，通过与冰水掺合搅拌，对骨料进行冷却等预冷处理方法，能有效避免混凝土材料浇筑时内外温差较大现象。对内部进行降温能有效控制内外温度差问题，例如在混凝土内部预埋冷却水管，通过循环水的方式降低混凝土内部热量。实施保温措施，当混凝土浇筑完成后，对整体进行有效的保温，通过覆盖保温材料等方式降低混凝土表面热量损耗，有效降低内外温度差^[3]。具体温度控制如表2所示：

表2 大型渡槽混凝土施工温度控制标准

控制项目	允许值	临界值	检测方法
绝热温升 (C50 混凝土)	<60℃	≥ 60℃ 预警	热电偶埋设监测
浇筑温度 (夏季)	≤ 28℃	>30℃ 禁止	红外测温仪
浇筑温度 (冬季)	≥ 5℃	<5℃ 加热处理	数字温度计
混凝土内部最高温度	≤ 75℃	>75℃ 应急降温	分布式光纤测温

2. 分段浇筑法

采用分段浇筑法能有效预防渡槽纵向结构产生裂缝，在具体施工过程中结合具体施工条件和设计方案将渡槽纵向结构划分为多段进行施工，降低单次混凝土浇筑量，能够有效降低混凝土内部水化现象的产生，避免出现热积聚现象，如图1所示。在分段浇筑过程中，需要结合渡槽的长度、结构以及具体施工情况，对渡槽纵向结构进行合理分段。在浇筑过程中要注意合理控制浇筑速度，避免浇筑速度过快导致内部温度应力集中，在浇筑过程中要加强振捣力度，提高混凝土的严实度。在分段浇筑施工过程中，要加强施工接缝处理效率，确保接缝部位干净，采取有效的接缝处理技术，提高两段浇筑工程之间的黏结力^[4]。

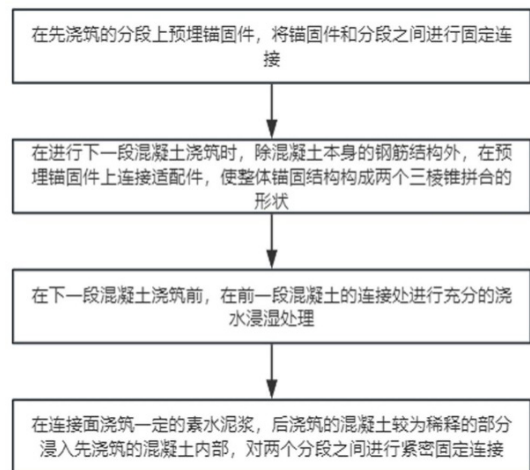


图1 分段浇筑工艺

（二）渡槽横向结构

1. 优化配筋比例

增强混凝土结构强度以及抗裂能力时，合理优化钢筋配比比例属于重要方式之一。在渡槽横向结构中，优化配筋比例能有效预防因温度变化、荷载能力增加等因素导致的应力变化，有效预防渡槽横向结构裂缝产生。在具体措施中，通过增加横向钢筋数量、直径，进一步提高混凝土的抗裂能力。在浇筑施工过程中，合理布置钢筋数量，并充分考虑钢筋应力分布，确保钢筋能够有效分散集中的应力和承载重力，尤其是对于渡槽横向结构转角、变截面处，通过合理优化配筋比例，能有效降低裂缝产生概率。

2. 处理施工缝隙

对于大型渡槽而言施工缝隙最常见的裂缝之一，在长期使用过程中最容易产生裂缝部位，在渡槽横向结构中，有效处理施工缝隙，能进一步防止裂缝产生。在具体控制过程中，通过预留施工缝的方式，根据施工要求在受力较小、形变位置较弱的地方预留施工缝，减少因施工缝产生的集中应力。加强施工缝处理，采用凿毛、清理、湿润等方式提高新浇混凝土以及旧混凝土见的黏结性。在处理施工缝隙过程中，加强施工缝漏水预防措施，比如设置止水带，在表面涂刷防水层等，有效预防施工缝漏水而产生的裂缝。

（三）塑性系数取值

塑性系数对进行混凝土施工时，选取相应材料的一个重要参数，塑性系数能有效反映混凝土在塑性条件下的形变情况。对于大型渡槽施工中，选取合理的塑性系数，能有效控制大型渡槽裂缝产生。其主要技术控制要点包括：

在施工过程中，为预防大型渡槽裂缝产生，需要选取合适的水泥材料，混水泥材料种类、质量、品味以及用量等对提高混凝土塑性系数具有重要作用。选用低热水泥或者中热水泥，能够降低混凝土发生水化热现象，改善混凝土的温度应力，降低大型渡槽裂缝产生。在调整材料环境，可以结合具体施工要求，通过在施工材料中添加粉煤灰、矿渣粉等材料，调节混凝土的性能。为进一步调整材料，对骨料要求较高，通过优化骨料级配，能降低混凝土孔隙率，使混凝土的严实度以及强度得到提高，进一步改善混凝土的抗裂性能。在施工过程中，向材料中加入减水剂、缓凝剂等，能改善混凝土的性能，降低其用水量，改善混凝土塑性系数，增强其抗裂性能。

（四）排架材料选取

1. 使用高强度混凝土

在排架材料选取中，需要使用高强度的混凝土，进一步提高排架的承载力。选用高强度混凝土，能从整体提高排架的抗压强度以及承载能力，使其使用时间延长，具有良好的耐久性，通过采用高强度混凝土能提升排架承载力，降低因整体负荷较大而产生裂缝概率。通过减小截面尺寸，能降低排架自身结构的自重和对地基的压力，能够有效避免因地基沉降不均匀而发生裂缝等情况。采用高强度混凝土，能提高整体的抗裂性能，相比于普通

混凝土而言高强度混凝土能降低温度变化等情况引起的裂缝问题。

2. 优化预埋件

在大型渡槽排架施工中，为预防排架发生裂缝，可选用优质预埋件，提高排架的稳定性。预埋件作为连接排架和渡槽主体结构的重要零部件之一，其质量性能直接关系整个渡槽施工效率，在选用优质预埋件时，首先要确保预埋件具有良好的强度以及耐久度。在具体施工过程中，需要合理布置预埋件，综合考虑到排架与渡槽主体结构的连接方式以及受力情况，确保的预埋件能有效分散应力，在布置预埋件时要避免应力集中等情况，避免出现裂缝。在安装预埋件时，要加强其安装质量，根据设计按照相应位置进行固定，避免出现位移、形变等情况。

3. 加强养护

在优化塑性系数取值时，通过加强混凝土的养护能力，采用湿养护、温度控制以及加强养护时间等方式，能够进一步改善大型渡槽施工裂缝产生。湿养护：在排架结构中，浇筑混凝土完成后，通过开展湿养护工作，能有效提高混凝土表面的湿润状态，降低混凝土发生干缩变形的概率，预防裂缝产生，在实施湿养护措施时，需要结合施工时气候条件、混凝土强度等合理条件，比如气候较干燥时，需要加大湿养护效率，混凝土强度较大时需要加大混凝土表面的水分。

结语

综上所述，造成大型渡槽施工裂缝原因主要包括地板裂缝、侧墙裂缝、塑性系数选取不当以及排架裂缝等。为改善大型渡槽施工裂缝问题，通过优化渡槽纵向结构、渡槽横向结构、塑性系数取值、排架材料选取等技术要点，结合具体情况采用温度控制法、分段浇筑法、优化配筋比例、处理施工缝隙、调整材料、加强养护、使用高强度混凝土以及优化预埋件等方式，能有效改善大型渡槽施工裂缝问题，提高大型渡槽使用寿命和经济效益，改善工业、农业用水问题，从根本上减少或者避免大型渡槽裂缝产生，提高其安全运行效率。

参考文献

- [1] 李涛，张家锐，侯超飞，等. 大型渡槽预应力张拉过程模拟与智能张拉方案设计[J]. 东北水利水电, 2024, 42(10): 1-4+31+71.
 - [2] 王远富，徐全基，张弼，等. 大型灌区工程三向预应力渡槽施工技术应用[J]. 云南水力发电, 2024, 40(09): 57-60.
 - [3] 王鹏. 大型渡槽后张双向预应力施工技术研究[J]. 水上安全, 2024, (02): 172-174.
 - [4] 孙帅. 受限空间大型渡槽槽身拆除重建关键工艺比选与分析[J]. 河北水利, 2022, (12): 29-30.
- 作者简介：张利民，男，1972年7月，甘肃·镇远，汉，本科，高级工程师，研究方向：水利水电工程。
- 基金项目：项目名称：甘肃省水利厅关于下达2025年水利科学试验研究及技术推广计划。项目编号：25GSLK098。