

混凝土面板堆石坝面板裂缝成因及防治措施

王明

贵州水利实业有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i4.7865

[摘要] 本文深入探讨了混凝土面板堆石坝面板裂缝的成因及相应的防治措施。通过对多个实际工程案例的分析，从材料特性、施工工艺、坝体变形以及环境因素等多个方面剖析了裂缝产生的原因。同时，针对不同成因提出了全面且具体的防治措施，包括优化混凝土配合比、改进施工工艺、加强坝体变形监测与控制以及考虑环境影响等，旨在为提高混凝土面板堆石坝的安全性和耐久性提供理论依据和实践指导。

[关键词] 混凝土面板；堆石坝面板；裂缝成因及；防治措施

Cause and prevention measures of concrete face rockfill dam

Wang Ming

Guizhou Water Conservancy Industry Co., LTD.

[Abstract] This paper discusses the causes and corresponding prevention measures of concrete face rockfill dam. Through the analysis of many practical engineering cases, the causes of cracks are analyzed from the aspects of material characteristics, construction technology, dam deformation and environmental factors. At the same time, comprehensive and specific prevention and control measures are put forward for different causes, including optimizing the concrete mix ratio, improving the construction technology, strengthening the monitoring and control of dam deformation and considering the environmental impact, etc., aiming to provide theoretical basis and practical guidance for improving the safety and durability of concrete face rockfill dam.

[Key words] concrete panel; rockfill dam panel; crack cause and prevention and control measures

引言

混凝土面板堆石坝以其适应地形能力强、施工速度快、工程造价相对较低等优点，在水利工程中得到了广泛应用。然而，面板裂缝问题一直是影响其安全运行的关键因素之一。面板裂缝不仅会降低坝体的防渗性能，导致渗流量增加，还可能进一步发展，威胁坝体的整体稳定性。因此，深入研究面板裂缝的成因并采取有效的防治措施具有重要的工程意义。

1 混凝土面板堆石坝面板裂缝的类型

1.1 表面裂缝

表面裂缝通常出现在混凝土面板表面，宽度较窄，一般在0.1-0.3mm之间，长度不等。这类裂缝主要是由于混凝土表面水分蒸发过快、温度变化等因素引起的表面收缩应力超过混凝土的抗拉强度而产生的。

1.2 深层裂缝

深层裂缝深度较大，可延伸至面板内部一定深度，但未贯穿整个面板厚度。其成因较为复杂，可能与坝体不均匀沉降、混凝土浇筑过程中的振捣不实、水化热温升等因素有关。

1.3 贯穿裂缝

在水利工程中，尤其是大坝等混凝土结构设施里，贯穿裂缝堪称最为棘手且严重的一种裂缝形式。所谓贯穿裂缝，指的是那些直接穿透整个混凝土面板厚度的裂缝，从坝体的一侧表面一直延伸至另一侧，形成一条连续的缝隙。

这种裂缝对坝体所带来的危害是多方面且极其巨大的。首先，在防渗性能上，它犹如一道敞开的通道，使得原本被坝体阻挡的水流能够轻易地通过这条裂缝渗漏出去。这不仅会造成水资源的大量浪费，还可能导致坝体下游水位异常升高，给周边地区的生态环境和居民生活带来潜在的洪涝风险。其次，对于坝体的结构安全而言，贯穿裂缝就像一把利刃，削弱了混凝土结构的整体性和稳定性。一旦遇到洪水、地震等极端情况，坝体很可能因为这些裂缝而无法承受巨大的压力和冲击力，进而引发坝体坍塌等灾难性后果，严重威胁到下游人民生命财产的安全。

贯穿裂缝并非单一因素所致，而是多种不利因素相互交织、共同作用的结果。其中，坝体过大变形是一个关键因素。当坝体受到外部巨大荷载，如水库蓄水后产生的水压、温度变化引起的热胀冷缩等影响时，若坝体自身的变形超过了一定限

度，就容易在混凝土内部产生应力集中现象，最终导致裂缝的出现并发展成贯穿裂缝。另外，混凝土自身质量缺陷也不容忽视。比如，在混凝土的配比过程中，如果水泥、砂石等原材料的质量不佳，或者水灰比控制不当，都会影响混凝土的强度和耐久性，使得混凝土在浇筑后更容易出现收缩裂缝，并有可能进一步扩展为贯穿裂缝。

2 混凝土面板堆石坝面板裂缝成因分析

2.1 材料因素

水泥特性：水泥的品种、细度、矿物成分等对混凝土的性能有重要影响。例如，低热水泥的水化热相对较低，能有效减少因水化热引起的温度应力；而普通硅酸盐水泥若细度较大，早期水化速度快，会产生较大的水化热，容易导致混凝土内部温度过高，形成温度梯度，引发裂缝。

骨料质量：骨料的粒径、级配、含泥量等直接影响混凝土的工作性能和力学性能。如果骨料级配不合理，会导致混凝土的孔隙率增大，强度降低，抗裂性能变差；含泥量过高则会影响骨料与水泥浆体的粘结性能，降低混凝土的整体性能，增加裂缝产生的可能性。

外加剂使用不当：外加剂在混凝土中起着改善性能的重要作用，但如果使用不当，如减水剂、缓凝剂等的掺量不准确，可能会影响混凝土的凝结时间、坍落度等性能，进而导致混凝土出现裂缝。例如，缓凝剂掺量过多会使混凝土长时间不凝固，表面水分蒸发后容易产生干缩裂缝。

2.2 施工因素

混凝土浇筑工艺：混凝土浇筑过程中的振捣不密实会导致混凝土内部存在蜂窝麻面、孔洞等缺陷，这些部位容易成为裂缝的起源点。另外，分层浇筑时层间间隔时间过长，新老混凝土结合不良，也会形成薄弱层面，在后期受力或变形时引发裂缝。

模板安装与拆除：模板安装不牢固、尺寸偏差大等问题会影响混凝土成型质量，导致面板表面不平整，增加局部应力集中，从而引发裂缝。过早拆除模板会使混凝土尚未达到足够的强度，无法承受自身重量和外界荷载，容易产生裂缝。

养护措施不到位：混凝土养护是保证其强度增长和耐久性的关键环节。养护时间不足、养护方法不当（如覆盖不严密、浇水不及时等）会导致混凝土表面水分散失过快，产生干缩裂缝。特别是在高温干燥季节，养护不到位更容易引发裂缝。

2.3 坝体变形因素

坝体填筑质量：坝体填筑过程中，如果压实度不足，会导致坝体在后期蓄水过程中产生较大的沉降变形。不均匀的沉降会使面板受到不均匀的拉力或压力，当应力超过面板混凝土的承载能力时，就会产生裂缝。

地基处理不当：地基的承载能力和变形特性对坝体的稳定性和面板的受力状态有重要影响。如果地基处理不彻底，存在软弱夹层或不均匀性，在坝体自重和水压力作用下，地基会发

生较大的沉降和变形，进而传递到面板上，导致面板开裂。

库水位变化：水库水位的频繁升降会使面板受到水压力的反复作用，同时坝体浸润线位置发生变化，引起坝体内部应力场的改变。这种动态的受力状态容易使面板产生疲劳裂缝，尤其是在水位变动区，裂缝出现的概率更高。

2.4 环境因素

温度变化：混凝土面板受外界气温变化影响较大。在气温骤降时，面板表面温度迅速降低，而内部温度下降较慢，形成较大的温度梯度，产生温度应力。当温度应力超过混凝土的抗拉强度时，面板表面就会出现裂缝。此外，季节性的温度变化也会使面板经历反复的伸缩变形，长期作用下可能导致裂缝的扩展和新裂缝的产生。

湿度变化：湿度变化会引起混凝土的干湿变形。在干燥环境中，混凝土中的水分逐渐散失，体积收缩；而在潮湿环境中，混凝土又会吸收水分，体积膨胀。这种反复的干湿循环会在混凝土内部产生内应力，加速裂缝的形成和发展。

3 混凝土面板堆石坝面板裂缝防治措施

3.1 优化材料选择与配合比设计

合理选择水泥：根据工程所在地的气候条件、坝体规模等因素，优先选用低热、中热水泥，以降低水化热。同时，要严格控制水泥的质量指标，确保其安定性良好。

科学使用外加剂：根据混凝土的性能要求，准确选择和使用外加剂。例如，在高温季节可适当添加缓凝剂，延长混凝土的凝结时间；添加引气剂可以改善混凝土的工作性能和抗冻性能。但要注意外加剂的掺量应通过试验确定，避免因使用不当引发问题。

优化配合比：通过大量的试验研究，综合考虑混凝土的强度、抗渗性、抗冻性和抗裂性等性能要求，优化混凝土的配合比。在满足设计强度的前提下，尽量降低水泥用量，增加粉煤灰等掺和料的比例，以减少水化热的产生。

3.2 改进施工工艺

规范混凝土浇筑：在混凝土浇筑过程中，要采用合适的振捣设备和振捣方法，确保混凝土振捣密实。分层浇筑时，要控制好层间间隔时间，保证新老混凝土的良好结合。同时，要注意控制混凝土的浇筑速度和高度，避免混凝土产生离析现象。

确保模板安装质量：模板安装应牢固可靠，尺寸准确，表面平整。在模板安装过程中，要进行严格的检查和验收，确保模板符合设计要求。拆除模板时，要根据混凝土的强度发展情况，按照规定的时间和方法进行，避免过早拆除对混凝土造成损伤。

加强混凝土养护：制定科学合理的养护方案，确保混凝土在规定的时间内保持足够的湿度和适宜的温度。在混凝土浇筑完成后，应及时进行覆盖保湿养护，可采用塑料薄膜、土工布等材料进行覆盖，并定期浇水保持湿润。对于大体积混凝土面板，还可采用冷却水管通水冷却等措施，降低混凝土内部温度。

3.3 控制坝体变形

提高坝体填筑质量: 严格按照设计要求和施工规范进行坝体填筑, 控制填筑材料的质量和压实度。采用合适的压实设备和压实参数, 确保坝体各部位的压实度均匀一致。在填筑过程中, 要加强质量检测, 及时发现和处理不合格部位。

做好地基处理: 在坝基施工前, 要对地基进行详细的勘察和分析, 根据地基的性质和承载能力, 采取合理的地基处理措施。如对软弱地基可采用换填、夯实、排水固结等方法进行处理, 确保地基的稳定性和均匀性。

加强坝体变形监测: 在坝体施工和运行过程中, 要建立完善的变形监测系统, 实时监测坝体的沉降、位移等变形情况。通过对监测数据的分析, 及时掌握坝体的变形规律, 发现异常变形时要及时采取措施进行处理, 防止变形过大导致面板裂缝。

3.4 考虑环境影响

温度方面, 高温时段对混凝土面板施工极为不利。高温会使混凝土水分蒸发过快, 导致其凝结速度加快, 容易出现干裂等问题。因此, 合理规划施工时间是首要任务。我们应精心挑选气温适宜的季节, 比如春秋季节, 或者一天中的清晨与傍晚时段进行浇筑作业。对于已浇筑完成的面板, 遮阳措施必不可少。可以搭建遮阳棚, 使用防晒网覆盖, 有效阻挡阳光直射, 降低面板表面温度。同时, 定期喷水降温也十分关键, 通过水分蒸发带走热量, 让面板处于相对稳定的温度环境。而在寒冷的冬季, 面板受冻风险大增。此时需采用保温材料, 如棉被、泡沫板等对面板进行包裹, 确保面板内部温度维持在合适范围, 避免因冻胀破坏结构。

湿度同样不容忽视。在干燥地区或干燥季节施工, 混凝土表面水分蒸发迅速, 这不仅影响混凝土强度增长, 还可能引发裂缝。所以, 在施工现场设置喷雾装置是简单有效的增湿手段。喷雾装置定时工作, 使空气保持一定湿度, 减缓混凝土水分散失速度。若不幸出现裂缝, 及时处理刻不容缓。选用优质密封材料对裂缝进行封堵, 形成一道防水屏障, 阻止外界水分进入裂缝内部。因为水分一旦渗入, 在温度变化时会产生冻融循环, 加剧裂缝扩展, 严重影响面板使用寿命与安全性。只有全面落实温度控制与湿度调节措施, 才能保障混凝土面板施工质量, 打造出坚固耐用的工程。

4 工程实例分析

4.1 工程概况

某混凝土面板堆石坝工程, 坝高 80m, 坝顶长度 300m。面板混凝土设计强度等级为 C25, 抗渗等级为 W8, 抗冻等级为 F150。

4.2 裂缝情况

在工程蓄水运行一段时间后, 发现面板出现了多条裂缝, 其中表面裂缝较多, 部分裂缝延伸至面板内部, 形成深层裂缝。

经检测, 裂缝宽度在 0.1-0.5mm 之间, 长度不等。

4.3 成因分析

通过对混凝土原材料的检测分析, 发现水泥的水化热较高, 骨料级配存在一定缺陷, 导致混凝土的抗裂性能较差。

查阅施工记录和现场调查发现, 混凝土浇筑过程中振捣不够密实, 部分部位存在蜂窝麻面现象; 养护时间不足, 养护措施不到位, 这是导致裂缝产生的重要原因之一。

坝体填筑过程中, 个别区域压实度未达到设计要求, 在蓄水后坝体出现了一定的不均匀沉降, 对面板产生了附加应力, 促使裂缝的形成和发展。

该地区气温变化较大, 昼夜温差可达 15℃以上, 面板在温度变化的作用下产生了较大的温度应力, 加剧了裂缝的出现。

4.4 防治措施实施

针对材料问题, 重新优化混凝土配合比, 选用低热水泥, 调整骨料级配, 并添加适量的外加剂, 提高混凝土的抗裂性能。

对施工工艺进行整改, 加强混凝土浇筑过程中的振捣管理, 确保振捣密实; 延长养护时间, 采用覆盖保湿和定期浇水相结合的养护方法, 保证混凝土的养护质量。

对坝体压实度不足的区域进行补压处理, 同时加强坝体变形监测, 密切关注坝体的沉降和位移情况。

在面板表面增设保温隔热层, 减少温度变化对面板的影响。对已出现的裂缝, 根据裂缝的宽度和深度, 分别采用表面封闭、压力灌浆等方法进行处理。

经过上述防治措施的实施, 该坝面板裂缝得到了有效控制, 渗漏量明显减少, 坝体运行状况良好。

结语

混凝土面板堆石坝面板裂缝的成因是多方面的, 涉及材料、施工、坝体变形和环境等多个因素。为了有效防治面板裂缝, 需要从优化材料选择与配合比设计、改进施工工艺、控制坝体变形以及考虑环境影响等多个环节入手, 采取综合的防治措施。在工程实践中, 要充分重视面板裂缝问题, 加强施工过程中的质量控制和运行期的监测维护, 确保混凝土面板堆石坝的安全稳定运行。随着技术的不断进步和研究的深入, 相信未来在混凝土面板堆石坝面板裂缝防治方面将会取得更好的成果。

[参考文献]

- [1]混凝土面板堆石坝的面板裂缝防治技术探索[J].刘春发.价值工程, 2022 (04)
- [2]混凝土面板堆石坝工程中裂缝成因及处理对策[J].杨志勇.中国新技术新产品, 2023 (24)
- [3]混凝土面板堆石坝面板裂缝分析和处理工艺探索[J].田科宏; 田波; 乔晓涛.中国建筑防水, 2022 (10)

作者简介: 王明 (出生年月: 1998 年 9 月) 男, 籍贯: 贵州水城, 职称: 初级。