

大坝混凝土裂缝成因及预防措施研究

杨 路

新疆北方建设集团有限公司 新疆 奎屯 833200

摘 要：大坝作为重要的水利工程结构，其混凝土裂缝问题不仅影响大坝的美观性，更可能威胁到大坝的结构安全性和稳定性。文章首先分析了大坝混凝土裂缝的主要成因，包括施工不当、材料质量不合格以及结构设计不合理等。随后，探讨了预防裂缝产生的有效措施，如优化混凝土配合比、加强施工控制、实施有效养护管理等。通过理论与实践的结合，本文旨在为大坝混凝土施工和养护提供科学依据和技术指导，以提高大坝的耐久性和安全性。

关键词：大坝；混凝土裂缝；成因；预防措施

引言

大坝作为水利工程的重要组成部分，承担着蓄水、发电、防洪等多重功能。然而，大坝混凝土结构在长期运营过程中，往往会出现裂缝问题。这些裂缝不仅影响大坝的美观性，更重要的是可能削弱大坝的结构强度和稳定性，甚至引发安全事故。因此，研究大坝混凝土裂缝的成因及预防措施，对于确保大坝的安全运行具有重要意义。

1 大坝混凝土裂缝成因

1.1 结构设计不合理

在设计方面，大坝混凝土裂缝的产生往往与结构设计的不合理性有着千丝万缕的联系。这是一个复杂且关键的问题，我们需要从多个角度进行深入探讨。首先，设计中断面突变是导致应力集中的一个重要原因，在大坝混凝土结构中，如果设计者在设计过程中未能充分考虑结构的整体性和连续性，就可能在某些部位出现断面突变。这种突变会导致混凝土在受力时产生不均匀的应力分布，特别是在突变处，应力会急剧增大，形成应力集中。当这种应力超过混凝土的抗拉强度时，就会产生裂缝。这种裂缝不仅会降低大坝的承载能力，还可能影响大坝的整体稳定性。其次，设计中对构件施加的预应力不当也是导致裂缝产生的一个重要因素，预应力是一种通过预先对混凝土构件施加压力来抵消外部荷载产生的拉力的方法。然而，如果预应力施加不当，如预应力值过大或过小，都可能导致混凝土构件在受力时产生过大的拉应力，从而引发裂缝。此外，如果预应力的施加方式不合理，如预应力筋的布置、张拉顺序和张拉力的控制等，也可能对混凝土构件的受力状态产生不利影响，进而诱导裂缝的产生。最后，设计中未充分考虑混凝土构件的收缩变形也是导致裂缝产生的一个重要原因，混凝土在硬化过程中会产生收缩变形，这是混凝土

材料本身的一种固有特性。如果设计者在设计过程中未能充分考虑这种收缩变形，就可能导致混凝土构件在受力时产生过大的拉应力。特别是在一些大型、复杂的混凝土结构中，如大坝等，由于混凝土构件的尺寸较大、形状复杂，其收缩变形可能更加显著。因此，设计者需要在设计过程中充分考虑混凝土的收缩变形，并采取相应的措施来减少其对结构受力的不利影响。

1.2 材料方面成因

混凝土作为一种复合材料，其性能不仅取决于单一组分的性质，更在于各组分间的相互作用与协同效应。因此，材料的选择、配比及质量控制，对混凝土裂缝的产生具有决定性作用。一方面，粗细集料作为混凝土的主要骨架，其含泥量、颗粒级配及形状对混凝土的性能有着直接影响，含泥量过大的粗细集料会显著降低混凝土的强度和耐久性，同时增加混凝土的收缩性。这是因为泥分会填充集料间的空隙，减少有效粘结面积，降低混凝土的密实度，使得水分更容易蒸发，导致干缩裂缝的产生。此外，集料颗粒级配不良或采用不恰当的间断级配，会导致混凝土拌合物中空隙率增大，使得混凝土内部应力分布不均，增加了裂缝产生的风险。细集料（如砂）过多或颗粒过细，以及针片状骨料含量过高，都会增加混凝土的单方用灰量和用水量，进而加剧混凝土的收缩变形，诱导裂缝的形成。另一方面，水泥作为混凝土中的胶凝材料，其品种、等级和用量对混凝土的收缩性能有着至关重要的影响。矿渣硅酸盐水泥由于其水化反应较慢，早期强度较低，但后期强度增长较快，同时伴随着较大的收缩变形，因此相比普通硅酸盐水泥更易导致混凝土开裂^[1]。而粉煤灰及矾土水泥由于含有较多的活性矿物成分，能够与水反应形成额外的胶凝物质，从而减少混凝土的收缩，但其掺量和使用条件需严格控制，否则也可能适得其反。水泥等级越高，细度越

细,早强越高,虽然能显著提高混凝土的早期强度,但同时也意味着更高的水化热释放和更快的硬化速度,这会导致混凝土内部温度应力增大,增加开裂的风险。

1.3 施工方面成因

在施工方面,大坝混凝土裂缝的产生是一个复杂且多维的问题,涉及混凝土浇筑、振捣、温度控制、养护以及模板拆除等多个环节。每一个施工步骤的不当操作都可能成为裂缝产生的诱因,其中,现场浇捣混凝土时的振捣操作是影响混凝土密实性和均匀性的关键因素。振捣的目的是通过机械振动使混凝土内部的气泡排出,提高混凝土的密实度,同时使混凝土中的骨料和水泥浆体均匀分布。然而,振捣不当,如漏振、过振或振捣棒抽撤过快,都可能对混凝土的质量产生不利影响。漏振会导致混凝土局部未充分密实,形成空洞或疏松区域,这些区域在受力时容易成为裂缝的起点。过振则可能使混凝土产生离析,即骨料和水泥浆体分离,导致混凝土强度降低,同样增加了裂缝产生的风险。振捣棒抽撤过快则可能使混凝土内部产生涡流,影响混凝土的均匀性,也是裂缝产生的一个潜在因素。另外,大体积混凝土浇注时的温度控制是预防裂缝产生的另一个重要方面。大体积混凝土由于体积庞大,水化热释放量大,如果温度控制不当,容易引起混凝土内部温度过高或内外温差过大。内部温度过高会导致混凝土内部应力增大,当应力超过混凝土的抗拉强度时,就会产生温度裂缝。内外温差过大则会在混凝土表面形成拉应力,同样可能引发裂缝。最后,现场养护措施不到位也是导致混凝土裂缝产生的一个重要原因,混凝土在硬化过程中需要充足的水分来保持其水化反应的进行,如果养护不当,如浇水不足或过早停止养护,就会导致混凝土早期脱水,引起收缩裂缝。

2 大坝混凝土裂缝预防措施

2.1 合理设计

在设计阶段,预防大坝混凝土裂缝的产生是一个至关重要的环节,它要求设计者不仅要有深厚的理论基础,还要有丰富的实践经验,以及对大坝所处环境的深刻认识。第一,设计者应充分了解大坝混凝土结构的受力特点,大坝作为水利工程中的重要组成部分,其混凝土结构在承受自重、水压力、风浪冲击、温度变化等多种荷载作用时,会产生复杂的应力状态。因此,在设计过程中,设计者必须根据大坝的具体功能、尺寸、形状以及预期的荷载条件,进行精确的力学计算和分析,以确保混凝土结构的强度和稳定性满足要求。第二,合理设计混凝土强度等级和配筋方案是预防裂缝的关键,混

凝土强度等级的选择应根据大坝的受力需求和耐久性要求来确定,避免盲目追求高强度等级而增加混凝土的收缩变形和开裂风险^[2]。同时,配筋方案的设计也至关重要。合理的配筋不仅可以提高混凝土结构的承载能力,还可以有效地分散和传递应力,减少裂缝的产生。在配筋设计时,应充分考虑混凝土的收缩变形和温度应力,合理布置钢筋的位置、数量和直径,以确保钢筋与混凝土的协同工作。第三,在大坝混凝土结构中,如果断面发生突变,会导致应力在该处集中,从而增加裂缝产生的风险。所以在设计过程中,设计者应尽量保持结构的连续性和整体性,避免不必要的断面突变。如果确实需要设置断面变化,应采取适当的过渡措施,如设置渐变段或加强筋等,以分散应力并减少裂缝的产生。第四,合理设置伸缩缝、沉降缝等变形缝也是预防裂缝的重要手段,由于大坝混凝土结构在温度变化、地基沉降等作用下会产生变形,如果变形受到约束,就会产生应力并可能导致裂缝的产生。在设计过程中,设计者应根据大坝的具体情况和变形需求,合理设置伸缩缝、沉降缝等变形缝,以适应混凝土结构的变形需求。这些变形缝的设置应满足一定的宽度和间距要求,以确保在变形过程中能够有效地释放应力并减少裂缝的产生。

2.2 合理选材

为了有效预防混凝土裂缝的产生,必须在材料选择上下足功夫,确保所选材料质量稳定、性能优良,能够适应大坝所处的复杂环境和长期承载需求。(1)水泥作为混凝土中的关键胶凝材料,其选择至关重要,中低热水泥或粉煤灰水泥等低热或中热水泥是预防大坝混凝土裂缝的理想选择。这类水泥的水化热较低,能够显著减少混凝土在硬化过程中因水化热释放而产生的内部温度应力,从而降低温度裂缝的风险^[3]。同时,粉煤灰水泥等掺有工业废渣的水泥还能提高混凝土的抗渗性、抗化学侵蚀性和耐久性,进一步保障大坝的安全运行。(2)粗细集料的选择同样不容忽视,集料作为混凝土的骨架,其级配、形状、含泥量等特性对混凝土的收缩变形有着重要影响。为了降低混凝土的收缩量,应选用级配良好、含泥量低的优质粗细集料。良好的级配能够确保混凝土内部颗粒间的紧密堆积,减少孔隙率,提高混凝土的密实度和强度,而含泥量低则能避免泥分对混凝土内部结构的破坏,减少收缩变形的产生。(3)在外加剂和掺合料的选择上,同样需要谨慎考虑。减水剂、缓凝剂等外加剂的合理选用能够显著改善混凝土的工作性能,如提高流动性、减少用水量、延长初凝时间等,这些性能的提升有助于降低混凝土的收缩变形和温度应力,从

而减少裂缝的产生。例如,粉煤灰、矿渣粉等掺合料能够与水泥水化产物发生二次反应,生成额外的胶凝物质,填充混凝土内部的微孔隙,提高混凝土的密实度和强度。

2.3 施工控制

在大坝混凝土施工中,施工控制是确保混凝土质量、预防裂缝产生的关键环节。从混凝土的配合比设计、原材料质量控制、浇筑工艺到温度管理,每一步都需要精心策划和严格执行,以确保大坝混凝土结构的整体性能和长期稳定性。其中,混凝土的配合比设计是施工控制的基础,配合比应根据大坝的具体要求、施工环境以及所选材料的性能进行精确计算。在配合比设计中,要严格控制水泥用量、水灰比以及粗细集料的比例,以确保混凝土的和易性和工作性能。过高的水泥用量和水灰比会增加混凝土的收缩变形和温度应力,从而增加裂缝产生的风险。因此,在配合比设计时,应充分考虑混凝土的抗裂性能,通过优化配合比来降低混凝土的收缩量和温度应力。另外,在混凝土浇筑过程中,施工控制同样至关重要,应采取分层浇筑的方式,每层浇筑厚度应根据混凝土的坍落度、振捣能力以及施工设备的能力进行合理确定。分层浇筑有助于减少混凝土的内部温度应力,降低裂缝产生的风险。同时,振捣密实是确保混凝土均匀性和密实性的关键措施。振捣应均匀、有力,避免漏振和过振。漏振会导致混凝土内部出现空洞和疏松区域,增加裂缝产生的可能性;而过振则可能使混凝土产生离析和泌水现象,同样不利于混凝土的抗裂性能。最后,混凝土浇筑过程中,由于水泥水化反应会产生大量热量,导致混凝土内部温度升高。因此,在施工中应采取有效措施控制混凝土的温度,可以采用冷水降温、埋设水管等方式降低混凝土的浇筑温度和内部温度。

2.4 养护管理

有效的养护管理不仅能够预防混凝土裂缝的产生,还能提升混凝土的耐久性和整体性能。一方面,保湿养护是混凝土施工后不可或缺的一环,混凝土浇筑完成

后,其内部水泥水化反应会持续一段时间,产生大量热量并导致混凝土体积变化。此时,如果混凝土表面水分过快蒸发,会导致表面收缩过快,内部应力增大,进而产生裂缝^[4]。因此,及时对混凝土进行保湿养护至关重要。保湿养护可以通过覆盖湿润的布料、喷洒养护剂或使用塑料薄膜等方式实现,以保持混凝土表面湿润,减缓水分蒸发速度,从而降低混凝土表面的干燥收缩应力。养护时间应根据混凝土的强度增长情况、施工环境以及设计要求来确定,一般不少于7天,对于大型或重要结构,养护时间可能需要更长。另一方面,在养护过程中,应加强对混凝土结构的监测和检查,监测工作可以包括温度监测、湿度监测以及裂缝监测等。温度监测有助于了解混凝土内部温度的变化情况,及时采取措施调整养护条件,防止因内外温差过大而产生温度裂缝;湿度监测则能确保混凝土在养护期间保持适宜的湿度环境,减少干燥收缩裂缝的产生;裂缝监测则是通过定期检查混凝土表面和内部,及时发现并记录裂缝的位置、长度、宽度等信息,为后续的裂缝处理提供依据。

结语

综上所述,通过对大坝混凝土裂缝成因及预防措施的研究,我们认识到裂缝问题对大坝结构安全性和稳定性的影响不容忽视。为了有效预防裂缝,需要从多个方面入手,包括优化混凝土配合比、加强施工控制、实施有效养护管理等。这些措施的实施不仅有助于提高大坝的耐久性和安全性,还能为类似水利工程结构的施工和养护提供有益的借鉴。

参考文献

- [1]胡磊.大体积混凝土裂缝控制及施工技术的应用[J].砖瓦,2020(11):154+156.
- [2]王望顺.浅谈混凝土裂缝的产生及防控[J].江西建材,2020(10):163-164+166.
- [3]徐亮亮.建筑工程施工中混凝土裂缝的成因与治理[J].绿色环保建材,2020(06):166-167.
- [4]刘光严,刘加平,穆松.混凝土裂缝表征方法研究进展及裂缝对氯离子传输影响[J].混凝土,2020(02):5-12.