

# 高寒地区混凝土施工与维护：质量与耐久性的关键因素

周建军

北京通达监理有限公司（成都分公司），四川眉山 620500

**摘要：** 高寒地区由于其独特的气候条件，包括极低的温度和频繁的冻融循环，对混凝土施工与维护提出了严峻的挑战。这些环境因素可能导致混凝土硬化不均、冻胀和裂缝等问题，从而影响结构的质量与耐久性。本文探讨了高寒地区混凝土施工与维护的关键技术和方法，重点分析了低温对混凝土性能的影响，包括混凝土配合比的调整、适当的外加剂使用及冬季施工中的养护措施。通过系统地评估混凝土施工过程中的质量控制措施、维护策略和成功与失败的案例，本文目的在于提供针对高寒环境的有效施工和维护方案。研究结果表明，适当的技术调整和维护措施对提高混凝土结构的稳定性和延长其使用寿命至关重要。

**关键词：** 高寒地区；混凝土施工；质量控制

## Construction And Maintenance Of Concrete In Alpine Areas: The Key Factors Of Quality And Durability

Zhou Jianjun

Beijing Tongda Supervision Co., LTD. (Chengdu Branch), Meishan, Sichuan 620500

**Abstract:** Due to its unique climatic conditions, including extremely low temperature and frequent freezing and thawing cycles, the alpine region has posed severe challenges to concrete construction and maintenance. These environmental factors may lead to uneven hardening, frost and cracks, thus affecting the quality and durability of the structure. This paper discusses the key technologies and methods of concrete construction and maintenance in high and cold areas, and focuses on the influence of low temperature on the performance of concrete, including the adjustment of concrete mix ratio, appropriate use of admixture and curing measures in winter construction. By systematically evaluating the quality control measures, maintenance strategies, and success and failure cases in the concrete construction process, this paper aims to provide effective construction and maintenance schemes for the high and cold environment. The results show that appropriate technical adjustment and maintenance measures are crucial to improve the stability of concrete structure and prolong its service life.

**Keywords:** high and cold area; concrete construction; quality control

### 引言

高寒地区通常指那些冬季气温极低、存在长期冻融循环的区域，如高山、极地或高纬度地区。这些地区的气候条件对混凝土施工和结构维护提出了特殊的挑战。由于低温和频繁的冻融循环，混凝土在高寒地区的性能和耐久性可能会受到显著影响。在这样的环境下，混凝土的硬化过程变得缓慢，容易出现冻胀、裂缝等问题，这直接影响到结构的整体质量和使用寿命。因此，了解和掌握高寒地区混凝土施工与维护的关键技术显得尤为重要。本文旨在探讨高寒地区混凝土施工与维护的主要技术和方法，分析气候条件对混凝土质量的影响，提出优化的施工和维护策略，以确保混凝土结构在严酷环境中的稳定性和耐久性。

## 一、高寒地区的气候条件及其对混凝土施工的影响

### （一）高寒地区气候特点

高寒地区的气候特点主要表现为极端的低温、长时间的寒冷季节以及频繁的冻融循环。这些地区通常位于高纬度或高海拔区

域，如高山地带、极地或高原，年平均气温常常低于零摄氏度。冬季漫长而严寒，气温经常降到 $-10^{\circ}\text{C}$ 以下，甚至在某些极端情况下，气温可以达到 $-30^{\circ}\text{C}$ 或更低。<sup>[1]</sup>由于气温的剧烈变化，这些地区的冻融循环现象非常显著，即冰冻与解冻过程交替发生，这种冻融循环对混凝土结构的影响尤为显著。此外，高寒地区的

作者简介：姓名：周建军，出生年月：一九七八年二月，性别：男，民族：汉，籍贯：四川省眉山市仁寿县，学历：本科，职称：中级工程师，研究方向：高原施工质量控制与软弱围岩大变形隧道工程施工

降水量通常较少,但当降水发生时,降雪和霜冻更加频繁。风速较大也增加了风寒效应,使得体感温度更加寒冷。这些气候特点使得混凝土施工和维护面临挑战,施工过程中需要特别注意低温对混凝土硬化的影响,且必须采取适当的技术和材料以确保结构的耐久性和稳定性。

### (二) 高寒地区混凝土性能影响分析

在高寒地区,混凝土结构面临的主要问题是冻胀破坏,这种现象的根本原因在于水分在低温条件下转变为冰时体积膨胀。具体来说,当混凝土中的水分结冰时,其体积会显著增大,造成内应力,从而导致混凝土的冻胀破坏。<sup>[2]</sup>在这种情况下,混凝土中骨料的特性扮演了至关重要的角色。骨料的吸水率是影响其抗冻能力的关键因素之一。吸水率较高的骨料含有更多的水分,这在低温环境中会增加冻胀破坏的风险,因为更多的水分会在结冰时膨胀,造成更大的内应力和潜在的结构损伤。除此之外,骨料的尺寸也是一个重要因素。较大的骨料尺寸会导致骨料之间的结合不够紧密,使得水分容易滞留在骨料间的缝隙中,这进一步增加了冻胀的风险。此外,骨料的力学性质也对混凝土的抗冻能力有显著影响。骨料的强度和耐压性越好,能够更有效地承受冻胀时产生的内应力,从而提升混凝土的抗冻性能。而混凝土的水灰比直接影响其抗冻性能。水灰比是指混凝土中水与水泥的质量比,水灰比越大,意味着混凝土浆液中水的含量越高,这会导致自由水的比例增加。自由水指的是混凝土中未与水泥反应的水分,它在低温环境下容易结冰。当水灰比较高时,混凝土浆液中的自由水量增加,意味着可冻水的比例也较高。因此,在高寒环境下,混凝土更容易迅速结冰,增加了冻胀破坏的风险,从而降低了其抗冻能力。<sup>[3]</sup>这是因为高水灰比的混凝土在低温下结冰速度较快,结冰过程中产生的膨胀压力更大,可能导致混凝土内部的微裂纹扩展,最终导致冻坏。<sup>[4]</sup>

## 二、混凝土防治冻胀的技术及措施

### (一) 施工方案的设计

为有效解决冻胀问题,在混凝土渠道施工方案的设计中必须充分考虑冻胀因素,并采取相应措施以减轻冻胀对混凝土渠道的影响。首先,应避免使用粘质土质作为基底材料,因为粘土的吸水性较强,容易在低温下发生冻胀。相应地,应采取降低地下水位,以减少土壤中的水分含量。可以通过基土置换来改善土壤性质,即用低吸水性的土壤替换原有的高吸水性土壤,从而降低基础土壤的含水率。还可以建在冻胀破坏较少的地质基础之上,如选择地势较高的脊梁地区进行施工,以避免低洼地带的冻胀风险。对于地下水位较高或存在回归水的渠段,必须设置有效的排水设施,以降低地下水位,并改善基础土壤的含水率。通过这些排水措施,可以有效地控制土壤中的水分含量,从而减少冻胀现象的发生。

### (二) 添加长效减水剂和憎水剂

在混凝土中添加长效减水剂和憎水剂是一种有效的改良措施,这些添加剂能够显著提升混凝土的流动性,使得其在施工过

程中更易于操作,同时增强混凝土的整体结构稳定性和强度。<sup>[5]</sup>通过使用这些添加剂,可以在不改变混凝土强度的情况下减少水泥的用量,从而降低成本,并提升混凝土的抗冻胀性能。长效减水剂和憎水剂的加入还能提高混凝土的抗渗透能力,减少水分的侵入,从而增强混凝土在高寒环境中的耐冻融剥蚀性能,进一步延长混凝土渠道的使用寿命。除了混凝土配合比中的添加剂,减水剂还可以直接涂刷在混凝土的表面,这种处理方式有助于进一步提高防渗透性、节水效果以及抵御冻融破坏的能力。这样的措施可以显著增强混凝土结构在严苛环境下的耐久性,确保其在长期使用中的稳定性和安全性。

### (三) 保温处理

#### 1. 对原料进行有效的保温处理

为了确保混凝土的质量和性能,在施工过程中必须对原料进行有效的保温处理。原料在运输到施工区域后,应采取保温措施以防止低温对其造成不利影响。特别是对于砂石、碎石等粗骨料,应采取封闭存储的方式,以避免外部冷空气的侵入。存储设施应配备钢结构屋顶,并使用保温材料处理封闭门,以保持内部温度稳定,防止低温对骨料的影响。此外,在混凝土的拌合过程中,也需要特别注意防止冰雪等物质落入拌合机中,这可能会影响混凝土的整体质量。因此,拌合区应设置有效的防护措施,如覆盖物和挡板,以保持拌合设备的清洁和原料的干燥。这些措施能够确保混凝土在严寒环境下的施工质量,满足结构稳定性和耐用性的需求,从而提高混凝土工程的整体可靠性和使用寿命。<sup>[6]</sup>

#### 2. 运输过程的保温

为了保证混凝土在运输过程中的质量和性能,建议在运输轨道上建设暖棚,以对混合料进行预热处理。这种预热措施可以确保混合料在运输过程中保持一定的初始温度,从而抵御寒冷天气对其性质的影响。预热温度的具体设定应根据当地的气温和材料的传热系数来决定,以达到最佳效果。在冬季施工时,水的加热也与混合料的加热相似,需要根据混合料的实际情况来决定加热的温度,但通常不应超过80°C。这是因为水泥不能直接与高温水接触,否则会影响其性能指标。因此,在高寒地区进行混凝土搅拌时,建议调整混合料的投放顺序,将水泥的加入顺序安排在最后。<sup>[7]</sup>这样,在搅拌过程中,混合料的温度可以逐渐降低,从而避免高温对水泥性能的影响。同时,为了确保混合料得到充分搅拌,应将整体拌合时间延长约50%。这种做法能够有效地确保混合料在拌合过程中均匀混合,保证混凝土的质量和施工效果。在高寒地区进行混凝土运输时,预热处理是确保混凝土质量的重要措施。在运输前,需要对运输车内部进行加热,以保持混凝土在运输过程中的温度。具体操作包括在运输罐中灌入热水,这样可以通过热水对罐的内壁进行加热,以提高罐内的温度。此外,为了增强保温效果,罐体外部应进行隔热处理,通常可以使用棉毡等隔热材料进行包裹,以减少热量散失,从而保持混凝土的初始温度。在运输过程中,还应对运输路径进行精心规划,确保整个运输过程的流畅性。合理规划路线可以降低发生堵塞的风险,从而提高运输效率,并防止混凝土在运输过程中因长时间停留而导致温度下降。通过这些措施,可以有效地保证混凝土在运输过程

中的温度稳定,从而提高混凝土的施工质量和最终效果。

### 3. 实时温度监控

除了对混凝土施工过程中的全程保温处理外,实时监测混凝土的温度同样至关重要。为了确保混凝土在施工中的温度维持在规范要求的范围内,必须建立一套完善的温度监测系统。通过实时获取混凝土的温度数据,可以直观地评估保温加热系统的运行效果是否达到预期目标。<sup>[8]</sup>这种实时数据不仅帮助施工人员及时发现问题,还能在发现温度偏差时,迅速采取必要的调整措施。通过不断优化和调整保温系统,能够有效保证混凝土在施工过程中的温度稳定,从而确保其质量和性能符合设计要求。

### (三) 提高密实度

为了尽可能降低混凝土的空隙率,提高其密实度是关键措施之一。在混凝土施工过程中,必须加强振捣工作,以确保混凝土的均匀密实。为此,可以采用功率更大的振捣设备,或者延长振捣时间,从而有效减少混凝土中的毛细孔。通过增强振捣效果,可以促使混凝土中的气泡和空隙排出,使混凝土形成更紧密的结构。这种高密实度的混凝土不仅提高了其整体强度,<sup>[9]</sup>还显著提升了其耐久性和抗冻性。降低毛细孔的聚集能够减少水分的侵入,增强混凝土对低温环境的抵御能力,从而提高混凝土在严寒条件下的使用寿命和结构稳定性。

### (四) 全面的跟踪检查制度

混凝土施工质量是影响工程优劣的关键因素,尤其在高海拔低温季节,施工质量控制显得尤为重要。在这种特殊环境下,确保混凝土的质量不仅关乎工程的成败,更对工程的长期稳定性和耐久性至关重要。具体措施包括:对原材料的温度进行精确控制,以防低温对混凝土性能的不利影响;在混凝土拌制过程中,确保混合物的均匀性和适宜温度,以实现最佳的施工效果。运输

环节同样受到严格监管,确保混凝土在运输过程中保持适宜的温度,防止因低温导致的性能变化。在混凝土入仓和平仓过程中,对混凝土的状态进行实时监控,确保其在整个施工阶段的一致性。在振捣阶段,使用合适的振捣设备和方法,以提高混凝土的密实度和整体强度。<sup>[10]</sup>为了保证混凝土的良好养护,要实施有效的保温措施,包括对混凝土表面进行保温覆盖,防止冻融对其造成破坏。为了确保上述各个环节的有效实施,要建立全面的跟踪检查制度,对施工过程中的每一个细节进行仔细检查和调整。当遇到任何问题时,及时进行协调和解决,以确保施工过程始终处于可控状态。运用这种全面、细致的质量控制方法不仅可以提升混凝土的施工质量,也能有效应对高海拔低温环境带来的挑战,从而确保工程的顺利进行和最终成果的优良。

## 三、结论

大体积混凝土结构的施工质量对其使用性能及整个工程的成败至关重要,尤其是在高海拔和高寒地区的水工建筑物中,混凝土的抗裂、抗渗、抗冻等性能要求尤为严格,且控制难度较大。在低温季节进行大体积混凝土施工时,采取切实可行的施工措施以确保施工质量是工程成功的关键。针对这一情况,工程在施工过程中要结合现场实际情况,采取一系列保障措施。首先,要对混凝土的拌合和用水加热进行详细的经济性和合理性分析,选择符合经济效益和设计要求的温度控制参数。这些措施不仅可以在高海拔低温季节的持续施工中缓解了项目施工进度压力,还能有效保障混凝土浇筑质量的符合设计和规范要求。通过这些科学合理的施工方案,能够确保混凝土结构的性能和工程项目的顺利完成,从而提升工程的整体质量和耐久性。

## 参考文献:

- [1] 范银鹏. 高原高寒地区混凝土冬季施工技术分析与研究 [J]. 砖瓦, 2021, (09): 170-172.
- [2] 庞凤府. 高寒地区现浇钢筋混凝土构筑物冬季施工技术措施 [J]. 四川水泥, 2021, (02): 46-47.
- [3] 柴桥良. 高海拔高寒隧道保温及支护施工技术探讨 [J]. 广东水利电力职业技术学院学报, 2021, 19(03): 9-12+35.
- [4] 吴华绮, 翟付顺. 高寒地区河流型湿地公园生态驳岸设计策略研究 [J]. 绿色科技, 2024, 26(03): 61-66+74.
- [5] 杨春. 高寒高海拔地区道面滑模摊铺机施工技术 [J]. 低碳世界, 2023, 13(12): 160-162.
- [6] 朱华, 熊静. 冬季混凝土施工电加热养护工艺研究与应用 [J]. 黑龙江水利科技, 2023, 51(08): 104-106+110.
- [7] 孟奕达. 高海拔高寒地区公路桥梁预制梁施工工艺 [J]. 设备管理与维修, 2023, (14): 156-157.
- [8] 张明奎. 高寒地区冬季混凝土施工技术及其养护研究 [J]. 居舍, 2023, (17): 37-39+42.
- [9] 陕亮, 李星. 高海拔气候环境下碾压混凝土重力坝施工期开裂风险分析 [J]. 水利水电快报, 2023, 44(03): 66-71.
- [10] 黄晚清. 川西高寒地区沥青混凝土路面抗凝冰技术研究. 四川省, 四川省交通勘察设计研究院有限公司, 2022-12-14.