

地铁土建施工中的混凝土裂缝控制分析

文 / 张 键 中铁十一局集团城市轨道交通工程有限公司

摘要：在地铁土建施工过程中控制混凝土裂缝有利于提升土建施工质量、延长地铁使用寿命、确保人民安全出行。考虑到地铁土建施工过程中的混凝土工程量大，只有深入分析混凝土的特性、把握混凝土裂缝的成因，才能从合理选材配比、优化浇筑振捣施工方法、强化温度控制、合理应用混凝土裂缝处理方法等方面入手，有效控制混凝土裂缝，这也利于确保地铁安全施工运营。

关键词：地铁土建施工；混凝土裂缝；控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.072

前言

近些年地铁作为一种惠及民生的工程在不断扩大建设规模。由于地铁质量关乎人民的生命与财产安全，地铁土建施工问题备受人民关注。混凝土工程是地铁土建施工中的重要组成部分，其裂缝问题必须得到充分重视。混凝土裂缝不仅会降低整体构造的美感，还会降低整体构造的安全性、缩短地铁的使用寿命。因此深入探究地铁土建施工中混凝土裂缝的成因及裂缝控制措施是非常有必要的。

一、混凝土的特性

在地铁土建施工过程中只有全面把握混凝土的特性，才能合理分析混凝土裂缝的产生原因，有效控制混凝土裂缝。混凝土特性如下：脆性强。混凝土抗压强度高，抗拉强度较低，极易受内外力影响出现形变产生裂缝；凝结收缩幅度大。混凝土属于胶凝型复合原料，在浇筑后会凸显胶凝型复合原料的特性，出现收缩形变进而产生裂缝；强度变化大。浇筑完工的混凝土会从塑性形态转变为固体形态，强度会不断增加到设计强度，同时极限拉应力也会产生变化。如果受外界因素影响导致实际拉应力大于极限拉应力，就会产生混凝土裂缝；受外界因素影响大。混凝土施工十分复杂，极易受外界因素的影响。如果无法合理控制外界环境的温度与湿度、科学调整原材料配比就会出现混凝土裂缝。^[1]

二、地铁土建施工中混凝土裂缝的危害及成因

（一）混凝土裂缝的危害

地铁土建地下施工环境复杂、抗渗性要求高，一旦产生混凝土裂缝，不仅会降低地铁的抗渗性、引发渗漏水问题，还可能会腐蚀内部配筋进而影响到地铁设备的安全性，降低地铁结构的使用寿命。

结合混凝土裂缝的部位与性质，可将裂缝划分为两种类型，这两种类型的裂缝都会影响到地铁结构的安全性。其中结构性裂缝负面影响最大，可能会改变结构的

受力状态，导致结构变形。出现裂缝位置的钢筋无法得到保护就会锈蚀，这会加快地铁结构的变形速度。施工过程中外界荷载压力大、配筋不足、钢筋用量少都有可能引起结构性裂缝；非结构性裂缝也会给地铁带来高风险隐患。施工过程中混凝土水分蒸发速度快、原料配比不科学、混凝土内外温差大等都有可能产生结构性裂缝。^[2]

（二）混凝土裂缝的成因

第一，材料配比不当。在地铁土建施工过程中高强度混凝土的水灰比必须把控在0.25~0.39间，普通混凝土的水灰比必须把控在0.5左右。同时砂石、水、外加剂等材料的配比也非常重要，如果配比不合理将难以保证混凝土的流动性与强度。例如：水泥用量较大水化热较多，导致混凝土内部产生水泡，这会降低混凝土的荷载阻力，导致周边集中受力引发裂缝；第二，施工不到位。在浇筑大体积混凝土时施工人员的浇筑方式不合理，在浇筑后未能及时排出气孔与水分，导致混凝土硬化后产生裂缝。浇筑后施工人员未能及时养护，导致混凝土表面的水分快速流失，在干燥收缩后产生裂缝；第三，温差较大。在理化性质的影响下水泥会出现水化热现象，混凝土凝结过程中内部水泥出现水化热情况后温度提升，而外部水泥在接触空气后快速散热，这个过程内外就会出现温度差。同时受季节、气温影响，一天内也会产生较大的温差，这也会导致混凝土产生温度变化进而出现裂缝。^[3]

三、地铁土建施工中的混凝土裂缝控制措施

（一）合理选材配比

在地铁土建施工过程中只有把控混凝土原材料的质量，才能够减少混凝土裂缝。水泥、砂石、外加剂等是组成混凝土的主要材料。施工人员尽量选择低热、矿物渣硅酸盐水泥，选择C3A含量不超过7%的水泥，这样才能够把控水泥的升温速度和发热量。在选择砂石时施

工人员要通过抽检检测的方式确认砂石的强度，选择质硬低碱、含泥量低于1%的砂石作为中砂，这类砂石的需水量小，能够有效控制水化反应。在选择混合料时可以优先使用粉煤灰，因为这种材料的活性高能够快速吸收混凝土中的碱，避免混凝土出现碱骨料反应进而产生裂缝。施工人员还需要添加一些高效抗裂防水剂，其自胀力与CSA收缩补偿较高，有利于提升混凝土的抗渗性和抗裂性。同时要对所有原材料开展质量检验，例如：C35水泥检验项目与质量标准如下（表1）。参照这一经常检验项目与质量标准，对其他原材料开展进厂检验，即使淘汰不合格的原材料：

表1 C35水泥进厂检验项目和质量标准

| 序号 | 检验项目 | 质量标准 |
|----|-------------|--------|
| 1 | 细度/mm | 0.08 |
| 2 | 初凝时长/min | ≥ 45 |
| 3 | 终凝时长/h | ≤ 10 |
| 4 | 3d抗折强度/Mpa | ≥ 3.5 |
| 5 | 28d抗折强度/Mpa | ≥ 6.5 |
| 6 | 3d抗压强度/Mpa | ≥ 16 |
| 7 | 28d抗压强度/Mpa | ≥ 42.5 |
| 8 | LOSS/% | ≤ 5 |

如果施工人员能够科学调整混凝土原料的配比，就能降低混凝土出现裂缝的概率。要确保每立方混凝土中有至少290kg的硅酸盐水泥或是350kg的地热水泥，在进行粗细骨料配比时尽量选用微硅粉、超细矿渣等，并通过应用高增速剂的方式减少用水量。在冬季施工时施工人员要尽快补水，在夏季施工时施工人员要适当添加防水剂，优化混凝土的物理性能，如：加快固化时间、减少流体变化、提高耐久性等。这样能够提高混凝土的墙防止混凝土开裂。此外，施工人员必须实地考察，根据地铁土建施工现场选择的混凝土浇筑工艺、工作等级等确定混凝土强度，根据现场材料质量、施工温度、施工周期等科学调整脱硫石膏、聚羧酸减水剂的用量，这样才能够优化材料配比。^[4]

（二）优化浇筑振捣施工方法

混凝土浇筑振捣是混凝土施工的重要步骤，这可以排出混凝土内部的空气与水分，促使混凝土颗粒紧密堆积，提高混凝土的强度。在浇筑时施工人员要严格把控浇筑速度，速度过快可能会出现空洞，速度过慢可能会出现连接缝。考虑到浇筑体积较大可进行分层浇筑，每层厚度为50cm左右，相邻两层的浇筑时间不能超过2h，确保上下层混凝土凝结成整体。浇筑前根据天气情况做

好防雨、抽水等措施，减少天气因素造成的影响。之后清理混凝土模板，确保模板表面干净无污，利用输送泵、吊斗浇筑。如果浇筑高度超出2m，可根据实际情况利用串筒或溜管浇筑，减少混凝土自由跌落的高度防止出现离析。在混凝土入模时施工人员要测定坍落度，确认其是否符合施工要求，如果不符合要求要立刻退场处理。例如：混凝土浇筑的坍落度一般为140~180mm。此外，可以采用跳仓法施工，将大体积混凝土划分为多个小区域隔块施工，先浇筑对角板块的区域，在这一阶段允许混凝土自由收缩，这个过程混凝土能够快速释放温度变形和干燥收缩变形产生的约束应力。之后再浇筑相邻板块的区域，间隔时间为7天，这样就能够利用混凝土组成一个整体。每一个板块的尺寸控制在40m×40m内，这样才能最大限度地减少混凝土裂缝。

在浇筑的同时施工人员要利用内部振动器、表面振动器等做好振捣工作，例如：插入式振捣棒，快插慢拔，每次持续时间为30s，观察混凝土是否出现气泡，是否有泛浆的情况，一旦停止产生气泡并出现泛浆的情况就可以停止振捣。之后可以根据具体情况在浇筑后的适当时间二次振捣，这能够进一步提升混凝土的密实度，消除沉降引起的细缝与裂纹。此外，随着科技的进步市场上还出现了智能振捣技术：由混凝土振捣机器人控制振捣系统开展振捣工作，能够代替人工高效完成振捣工作，排除混凝土中的水分与气泡。^[5]

（三）强化温度控制

在实际施工过程中施工人员只有严格把控混凝土的温度才能够减少混凝土裂缝。这需要施工人员科学设计混凝土构件，预留温度伸缩缝，这样即使混凝土出现热胀冷缩的情况也有足够的膨胀空间，这能够预防竖直向上墙体裂缝；在运输混凝土过程中可在运输车罐体外部增加保温罩，减少运输中热量损失。尽量缩短运输距离与装卸次数，合理规划运输路线减少转运次数；在混凝土浇筑前应用预冷技术对原材料进行预冷处理，如风冷或水冷粗骨料、冷水或加冰拌合，使用低温冷水拌和混凝土，以降低混凝土的初始温度；施工人员浇筑混凝土时尽量选择与混凝土温度温差小的时间段，这样才能确保最终的施工温度达标。在如果是大体积混凝土可以采取通水排热、埋设散热孔等方式快速降低水化热峰值。施工人员还要在现场安装红外测温管自动监测温度，一旦现场及混凝土温度超出标准值就要采取降温措施。

（四）加强监督维护

在施工过程中只有开展全过程的管控，才能够高效

预防、处理混凝土裂缝。因此混凝土浇筑结束后的监督维护工作也非常重要。施工人员要定期检查竣工结构，重点观察记录混凝土裂缝的走向、大小等，预测其变化趋势。针对隐蔽部位进行钻心取样、压水试验，检测这些位置是否出现裂缝。针对已发现的裂缝，施工人员要立刻分析裂缝类型、产生原因，与设计单位协调、邀请专家处理。对于微小裂纹可通过延长拆模、养护时间改善裂缝情况，确保混凝土结构的安全。

（五）落实养护工作

在地铁土建施工过程中收缩裂缝、温度裂缝等都是养护工作不到位引起的。要想合理规避混凝土裂缝，就要制定完善的养护计划，落实养护工作。

施工人员要坚持具体问题具体分析，结合施工区域的气温、空气湿度数据、未来一段时间里的天气变化制定应急方案与养护计划，这样既能有效应对突发天气，又能够落实养护工作，避免因水分蒸发快、混凝土内外温差大等情况产生混凝土裂缝；施工人员要加强温度监控，根据施工区域、混凝土内外的温度数据调整养护措施。如果施工区域的温度较低，可将草垫、塑料薄膜铺设在混凝土上方做好保温工作。如果施工区域比较干燥，要及时在混凝土表面喷洒冷水，尽快缩小混凝土内外的温差。为了得到准确的测温数据，施工人员要在混凝土内部的90mm处设置测温孔，在混凝土外部1.5m处放置温度计。尽量设置3个及以上温度计，通过取平均值的方式得到最准确的测量温度。测温工作分3个阶段开展，混凝土浇筑后1~3天，每3个小时测温1次。混凝土浇筑后的4~15天，每5个小时测温1次。混凝土浇筑的15~30天，每10个小时测温1次。施工人员要根据图纸其建设标准提出的混凝土强度要求调整养护时间，确认混凝土强度达到要求后即可停止养护，常规养护时间为14天以上。^[6]

四、地铁土建施工中的混凝土裂缝处理方法

在施工过程中可以用以下方法处理混凝土裂缝。

第一，涂抹封闭法。在处理宽度不足0.2mm的裂缝时可以应用这种方法，作业前需做好基层处理工作，清除混凝土表面的泥沙、油污等污物，之后将水与水泥基渗透结晶型防水材料按照一定配比拌和分层涂刷底层、主层以及涂罩面层即可。在具体作业时应当参考“水泥基渗透结晶型防水材料”的使用说明。这种方式能够有效封闭细微裂缝，防止水分与空气进入混凝土内部；第二，灌浆法。这是一种常见的加固技术，能够处理稍大的裂缝。根据裂缝的位置与大小，利用钢丝球清理基层表面

浮灰使裂缝表面露出原状混凝土面，利用压缩空气清理裂缝内部的粉尘，确保裂缝表面与内部干净。之后利用灌浆泵将水泥、化学浆液等注入裂缝，确保这些浆液逐步占据孔隙并与裂缝周围的岩土体结合形成固结体。还要在表面涂刷刚性环氧砂浆，进一步提升混凝土的耐久性与防水性；第三，填充法。在处理宽度较大的裂缝时可应用这种方式。在确定裂缝位置后，要将裂缝与周围的区域清理干净。沿着裂缝的痕迹凿出U型或V型槽，可利用酒精或丙酮清洗裂缝浅表层，之后利用水泥砂浆、环氧树脂等材料填充缝隙，待材料固化后抹平处理并黏贴一些碳纤维材料即可。这有利于提高混凝土结构的耐久性与稳定性。如果混凝土裂缝中有锈蚀钢筋，要沿着裂缝展宽加深凿槽，直至锈蚀部位完全裸露为止，对锈蚀钢筋进行除锈防锈处理后在填充环氧砂浆等材料即可。为了确保填充材料能够完全填充缝隙，施工人员可以埋设注浆嘴，填充结束后再进行灌浆处理。^[7]

结语

在地铁土建施工过程中必须重视混凝土裂缝问题，加强混凝土裂缝的成因分析，归纳引发混凝土裂缝的主要原因才能够针对性入手，优化施工工艺、优化材料配比、加强混凝土的温度控制、落实养护工作等。这有利于提高施工的规范性，提高地铁施工质量与运营安全性。

参考文献

- [1] 王佳. 地铁土建施工中的混凝土裂缝控制分析[J]. 中华建设, 2021(18): 254-255.
 - [2] 黄芑. 地铁土建施工中的混凝土裂缝控制分析[J]. 电脑高手, 2020(3): 1689-1690.
 - [3] 鲍青林. 城市地铁工程土建施工中的混凝土裂缝控制要点分析[J]. 流体测量与控制, 2024, 5(2): 37-40.
 - [4] 马世洲. 地铁土建结构施工中的混凝土裂缝控制分析[J]. 装饰装修天地, 2023(17): 184-186.
 - [5] 卢森. 关于地铁土建工程施工混凝土裂缝控制研究[J]. 居业, 2020(5): 63-64.
 - [6] 牛亚昆. 地铁土建施工中的混凝土裂缝控制[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(4): 149-151.
 - [7] 郝雨. 地铁土建施工中的混凝土裂缝控制[J]. 砖瓦世界, 2022(24): 37-39.
- 作者简介: 张键(1987-), 男, 汉族, 湖北天门, 中级工程师, 大学本科, 从事地铁土建施工管理研究方向。