

# 混凝土裂缝产生的原因及处理方法探究

林红乐

山东滨州城建集团有限公司

**摘要：**混凝土裂缝被视为混凝土构件的主要缺陷之一。穿透型及深度型的裂痕可能会削弱构造的完整度并转变其承载能力，进而可能导致部分或全部构建出现损坏，对建筑物的高品质与运作的安全性造成重大威胁。初始阶段表面的混凝土裂纹在后续冷热变化产生的压力及外部力量的影响下，有可能演变为具备破坏性质的贯通式及深层次的裂痕。混凝土结构裂缝产生的原因错综复杂，千变万化，甚至很多因素相互影响，但每个裂缝都有一个或多个重要原因引起。而裂缝的出现使工程耐久性受到严重损害，影响了工程的使用寿命。文章对普通混凝土裂缝的产生的原因进行了详细的论述，并对其进行了系统分析和总结，为设计和施工提供参考依据；对裂缝产生后的处理方法进行系统的总结，针对不同的问题找到合适的处理方法。

**关键词：**混凝土；裂缝；原因；方法

**【DOI】** 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.05.020

## 一、混凝土裂缝产生的原因分析

### （一）荷载引起的裂缝

针对常规静、动荷载和次应力所引起的裂纹，可以总结为两种类型：一是受到直接应力作用而产生的裂纹，二是由于外部荷载引起的次应力作用而形成的裂纹。直接应力裂缝是指因外部荷载的直接作用而引起的断裂缝隙；次应力裂纹则是在外部荷载作用下产生的次生应力导致的断裂缝隙。荷载裂缝的荷载的不同，表现出不同的特点。这类裂缝通常在受到拉伸、剪裁或剧烈震动的区域出现。然而，需要强调的是，如果压力区域出现皮肤脱落或者沿着压力方向出现短裂纹，这通常是结构达到承载能力极限的象征，也是结构被破坏的预兆，其原因往往是断面大小较小。

### （二）温度变化引起的裂缝

水泥的热胀冷缩特性使其在外界或内部结构温度发生变化时，会引起形变这种形变是受限制的，从而在构件内部形成应力，当此应力超过水泥的抗拉硬度，就会造成高温裂纹的产生。由于水泥水化过程中形成的高温会使施工阶段的大体积混凝土（厚度超过2.0m）内部温度升高，这些高温变化可能会使表面产生裂缝。温度应力可能对构件造成破坏，如裂缝、错台等。由于混凝土收缩膨胀，构件的大小、形状、材料性能都可能发生变化，从而造成结构不同程度的破坏。因此，分析和计算温度应力是非常重要的。在一些大型桥梁上，温度压力有可能达到甚至超过活动载荷的压力。最显著的特性就是随着温度升高而扩张或者收缩。例如温度的变化会对桥体结构形成重大影响，特别是垂直运动。为解决这一

问题，可采取一些措施，如设置桥面伸缩缝、支座位移或使用柔性墩等，以减缓温度变化带来的影响。然而，当结构的位移受到限制时，例如在拱形桥和刚性梁桥上，可能会出现温度裂缝<sup>[1]</sup>。

在日照条件下，有些地区的气温明显高出其他地区，形成了一种非线性的温度梯度分配。由于这种分布受到自制力的局部的拉应力就会增大，从而造成裂纹的形成。受温差影响，混凝土表面出现微裂缝并逐渐扩大，最终造成结构损伤。阳光照射导致的温度下面温度的突然降低，是结构温度裂缝最常见的诱发因素。

混凝土结构温度场分布受浇筑过程和养护条件的影响，在施工阶段应根据具体情况采取适当措施，如选用水化热较低的混凝土控制混凝土质量、降低入模骨料水温、降低、降低下降速度等。如果需要，可以通过循环冷却系统实现室内空气的散热，也可以通过连续的薄层浇筑，加快热量的散发，控制混凝土产生裂纹。

### （三）收缩引起的裂缝

在实际工程中，由于混凝土收缩而产生裂缝的现象比较普遍。对于水泥来说，紧缩的类型有很多，其中塑性收缩和干缩是尺寸变化的重要原因，但自生紧缩对结构也会造成一定程度的影响。

塑性收缩是指砂浆在施工过程中，由于外力作用而产生的内部气孔和微裂缝受到压缩或拉裂，从而产生空腔的现状。这种情况一般发生在浇筑后的4~5时间内，这时水泥水化反应会变得剧烈，分子链也会随之产生，并伴有积水现象。当水分蒸发速度加快时，由于自重，混凝土会失去水份，造成骨料沉降。由于此时钢筋混凝土结构不再硬化，故称塑性紧固。塑性收缩是一种非弹性的应变过程，它和时间没有任何关系。混凝土内部的大量毛细孔造成水泥石膨胀，从而造成体积变形，产生裂纹。这使塑性收缩成为建筑构件受力的最危险来源之一。塑性收缩变化幅度较大，可达1%左右。为了减少或防止混凝土中的微细缺陷、空洞等，水泥在浇筑前需要进行表面处理。通过采取适当的预防措施，有助于减少混凝土结构中因塑性收缩而造成的潜在危险。

干缩收缩是在特定的外部条件下发生的不可逆变化过程，例如气温下降、湿度上升和空气流速增加。由于混凝土达到一定的龄期，强度逐渐增强，发生塑性收缩过程，这时就叫“干缩”。由于水泥变硬，表层水份开始挥发，温度也会随之下降，导致混凝土体积缩小，这一过程被称为干缩收缩。通常认为，早期裂缝的产生主要是由干缩力引起的。为避免干缩造成的裂缝，施工时应应对混凝土进行水分管理，保证适当的钢筋布置和混凝土抗压能力。这些建议的实施有助于减轻混凝土构件

在干缩和收缩作用下产生的潜在危害。水泥在变硬过程中会出现自生紧缩性与内外温湿度无关,可为正,如一般的水泥混凝土;也可为负值,如矿渣水泥混凝土等。这些收缩是由于水泥遇水发生水化反应引起的。

#### (四) 地基基础变形引起的裂缝

因为基础的沉降和倾斜不平均,使得结构上的附加应力增强,超过混凝土的承载能力,导致结构开裂破坏。

#### (五) 钢筋锈蚀引起的裂缝

因为混凝土品质欠佳或者防护层过薄,二氧化碳可能会导致混凝土外壳变黑,从而大幅减少钢筋混凝土的碱值。此外,如果氯化物的进入量增加,那么钢筋混凝土附近的氯离子含量也会随之上升,这可能损害到钢筋混凝土的外部防氧化膜,使得铁元素能与混凝土内部的氧化物发生化学反应,生成的氢氧化铁大约是原始浓度的两至四倍,然后会对周边的混凝土施加扩张压力,最终导致保护层混凝土出现裂纹和脱落,威胁着钢筋混凝土的安全性和使用年限。因锈蚀的影响,钢筋的实际截面积被缩小,影响了钢筋与混凝土之间的黏附强度,也降低了建筑结构的承重能力,并且有可能引发其他的裂缝问题,进一步加速钢筋的锈蚀过程,最后导致整个建筑结构的损坏。为了预防钢筋锈蚀,我们需要按照规定来调整钢筋的保护层厚度,确保有足够厚的保护层,但也不宜过于厚,以免构件的高度受到限制,而当承受负荷的时候会导致裂缝扩大;另外,还需要注意施工过程中要控制好混凝土的水灰比例,增强震动力度以保持混凝土的密度,阻止空气渗透进去,同时也需严控含有氯盐等具有强烈腐蚀性的气体及水源的接触,以避免钢筋遭受锈蚀。

#### (六) 施工材料质量及外加剂用量造成的裂缝。

混凝土是由水泥、沙子和骨料混合而成,并添加了多种添加剂。由于这些成分都具有一定的水化活性,因此它们共同组成了一个复杂的系统。混凝土在受到冻害时,由于内部水分的挥发,体积膨胀导致裂缝的出现和发育,使工程结构受到损害是一个重要因素。

在水泥中,游离氧化钙在水泥中的含量过高。由于这些成分都具有一定的水化活性,因此它们共同组成了一个复杂的系统。如果在制作混凝土的过程中,使用的原材料质量未能达到预定的标准,或者配比不恰当,都会对混凝土的性能产生影响。此外,在施工过程中,如果不注意养护管理,也容易使混凝土早期受冻,碳化和钢筋锈蚀等氧化钙的水化速度较慢,但在水泥混凝土凝固的情况下,仍能起到水化作用,使硬化后的水泥石受损,造成建筑物抗拉能力明显下降。由于施工中不注意维护措施和环境状况的变化,也容易出现各种不同程度的损坏,使混凝土失去应有的作用,从而引发工程事故的发生。混凝土在外界因素作用下收缩变形,就会出现裂缝。在施工中,水泥和水的亲和力很强,由于混凝土出厂时硬度不够,再加上受潮或过期等影响,可能会导致混凝土硬度不够,出现开裂现象。如果水泥中含有较

多的钙离子,就容易产生石膏,使水泥石产生裂纹、剥落等现象,甚至在水化热的作用下,造成钢筋腐蚀或碳化。

混凝土的耐久性和使用年限主要受到砂石颗粒尺寸、级配程度以及杂质含量等因素的影响,而原材料和半成品由于各种因素导致其质量不稳定。它们都会对混凝土产生不利的影 响,导致其性能下降,甚至遭到破坏。在准备混凝土的时候,一定要严格控制砂石的质量。如果砂石不均匀,将导致钢筋锈蚀而降低使用寿命。如果砂石粒度过小、级配不当、孔隙率过大,将会引起混凝土和拌和水的用量大幅增加,从而极大影响混凝土的硬度,并加剧混凝土的紧缩,如果应用超出标准的特细砂,危害将更加突出<sup>[5]</sup>。

拌和水和添加剂。由于水泥品种和标号的不同,对砂子的要求也有所差异。它是衡量混凝土性能优劣的主要标志。所以,要想保证混凝土的强度,就必须控制混凝土中的氯离子含量。随着氯化物等元素的增多,对钢筋混凝土腐蚀的负面作用也将更为明显。另外,用湖水或含碱泉水混合混凝土,或用含碱外加剂,都能对碱骨料产生不良作用<sup>[2]</sup>。

#### (七) 施工工艺质量引起的裂缝

在混凝土结构构建的过程中,由于缺乏适当的浇筑、震动和保养措施可能导致其强度降低并引发开裂。而对于预制的部件来说,如若生产过程中的操作失误或者品质欠佳,可能会引起诸如纵向、横向、斜向、垂直、水平及正面等多种形式的裂纹,并且这些裂纹有可能深入至各个部位,特别是在那些较窄且长的薄壁构件上更为明显。

### 二、混凝土裂缝的处理方法

#### (一) 表面处理法

1. 覆盖技术:当混凝土表面的裂缝较多且明显时,可以采取手动或者机器喷涂的方式,把修复物质均匀地抹在混凝土的表面以达到封堵的效果。这种方式下的涂层厚度通常在0.3至2.5毫米之间,其厚度的增加能增强对裂缝变动的适应力。选择修复物质的时候需要考虑到使用的场景(包括室内外、气温与湿度的波动、化学侵蚀的环境因素)及裂缝的活动状态等等,例如对于高耐磨性的地面可以选择环氧沥青漆等;而针对易于变形的裂缝则适合用聚氨酯弹性体、弹性质感涂料或是丙烯酸涂料等来进行修复。

2. 当混凝土表面的裂纹广泛分散时,通常会选择添加一到两层的水泥砂浆或者细石混凝土来解决这个问题。大多数时候,我们会在这些新加的一层中加入双向的钢筋网络。如果可能的话,建议使用喷涂方法,以实现水泥砂浆和混凝土整体面层的喷涂式施工。

3. 对于裂缝数量不多且分布不均匀的情况,如果裂缝宽度大于0.1mm,我们可以使用3压抹环氧胶泥的方法进行处理。

4. 使用环氧浆液将玻璃网格布固定在裂缝表面,通常会选择环氧树脂胶料或者环氧焦油胶料,将1~2层玻

璃网格布粘贴在其上。

5. 表面修复：在裂缝两侧进行钻孔或凿槽，然后将U型钢筋或金属板放入洞内或槽中。最后用环氧树脂砂浆灌注到洞内或槽里以固定其位置，从而实现裂缝的修补效果。

### （二）压力灌浆法

灌浆法是利用喷浆机将预先配制好的水泥（砂）浆和环氧树脂（砂）浆按设定压力注入结构缝隙，以填充裂缝、防止钢筋锈蚀，并提高结构整体强度。灌浆法加固法通常应用于处理桥梁上、下部结构的裂缝。灌浆的类型包括水泥浆、水泥砂浆、环氧树脂和环氧树脂砂浆等，具体选择应根据实际情况，不能一概而论。一般来说，水泥（砂）浆多适用于石砌墩台和拱圈裂缝，注浆用浆液是否掺砂取决于裂缝的大小，使用水泥（砂）浆的成本较低且效果良好。而在钢筋混凝土结构中，一般使用环氧树脂浆填充，因为钢筋混凝土构件产生的裂缝较小且易于填充，同时具有良好的黏结性<sup>[3]</sup>。

常规的裂缝灌浆操作包括以下步骤：首先以1:1的水泥沙混合物填充裂缝，在此过程中需要预先设置直径约为6mm至8mm的灌浆孔，其间隔取决于裂缝的大小，对于较大的裂缝，每隔0.6米到1.0米设一孔；而对于较小的裂缝，则需每隔0.4米至0.6米设立一孔。待砂浆硬化并具备一定的强度之后，即可开始注入浆液。如果遇到的是钢筋混凝土梁上的细微裂缝，采用环氧树脂来填补更为合适，所有超过0.2毫米的裂缝都需要钻孔灌浆，且每个孔之间的距离建议保持在0.25米至0.30米之间，灌浆的方式大体上类似于灌水泥浆的过程。在对旧桥梁进行强化的过程中，塞缝灌浆是一种常见的综合解决方案，广泛被运用，经过实验验证及实际使用的反馈来看，这种方式的效果相当不错。

### （三）降低结构应力

降低结构应力常用的方法是减小荷载或控制建筑物的荷载，通过设置卸荷结构、增加支撑力等方式对建筑物的裂缝进行加固和控制。

### （四）结构补强法

当因过负荷导致的长期未修复导致的混凝土抗老化性能下降和由火源引发的裂纹时，可以通过实施建筑构件增强策略以提升其承载能力。这可能涉及如切割加固技术、预应力工程等多种方式对混凝土裂痕的管理与评估，其中还包含了对于填充物质量的检验；通过核心样本抽查的方式获取数据；利用压力泵测定水的渗透率；使用气体压力测量器具等方式进行试验。当结构物出现较大裂缝时，常用的方法是加大厚板，将钢筋包在原结构外，浇筑混凝土；外包钢材、贴钢板、预应力补强等方法。

### （五）改变结构方案

如果框架结构出现裂缝，可以采用加强整体刚度的方法如加隔板深梁的方法加固。

### （六）混凝土置换法

就把坏掉的混凝土取代掉，再倒新的混凝土或其他材料，这样就可以很好地解决宽大裂缝的问题。经常使用的可替代材料包括普通混凝土、水泥高分子水泥砂浆、改性高分子混凝土或砂浆<sup>[4]</sup>。

### （七）电化学防腐法

通过引入电化学反应来影响介质内的电化学效应，可以实现对混凝土周围环境的转变，进而达到对钢铁制品的钝化效果以防止其被腐蚀。其中，阴极保护技术、氯盐提取技术及碱性还原技术作为常用的且有效的方法，广泛应用于化学抗腐措施之中。此种方式的主要优势在于它能相对不受环境条件限制地实施保护，适合长时间使用以应对钢筋与混凝土的防腐问题，无论是针对已经出现裂缝的建筑还是新建项目都能适用。

### （八）仿生自愈法

仿生自我修复技术作为一类新型的破损处治手段，其原理是模拟自然界中的生物体如何通过自身产生的特定化合物来实现伤口处的自我修复功能。在此种水泥基材料的标准成分里添加一些特殊的元素（例如液态核心纤维或者包含黏着剂的小球），可以使得这种水泥基材料内产生一种具有智能性的仿生自我恢复网络体系。一旦该水泥基材料发生开裂现象，其中的一部分液态核心纤维会释放出来，从而促成裂痕的再度闭合。

### （九）其他方法

其他应对策略包括重新设计、改变构造使用环境、通过实验或分析证明不进行处理等。

## 三、结论

由于混凝土材料具有可塑性强、抗拉强度高、抗渗能力强、不易风化等特点，但在使用过程中易发生变形或不同程度的破坏，受施工条件、环境条件和外界因素的影响较大。施工前要制定相应的技术方案防止混凝土结构裂缝的出现，裂缝处理方法要通过具体分析选择合适的方法，弥补因裂缝原因造成的结构物损坏。经过深入研究，我们可以发现，设计的缺陷、施工质量的低下、原材料质量差、施工环境不满足要求等因素都可能导致混凝土出现裂痕。

## 参考文献

- [1] 刘永强, 胡玉娟, 王磊. 探究混凝土裂缝产生原因及治理预防措施[J]. 建筑与装饰, 2023(15): 115-117.
- [2] 张济聪. 浅谈混凝土裂缝产生原因及预防措施[J]. 建材与装饰. 2020, (18).
- [3] 朱丽梅. 建筑混凝土裂缝的类型、成因及预防措施[J]. 四川水泥. 2022, (5): 61-63.
- [4] 张卫卫. 建筑工程混凝土裂缝的产生原因及控制措施[J]. 新材料新装饰. 2021, (17).
- [5] 郭大勇. 大体积混凝土裂缝的防治[J]. 房地产导刊. 2016, (20): 54.

作者简介：林红乐（1987.6-），男，汉族，山东滨州，大学本科，研究方向：建设工程。