

# 混凝土中钢筋的腐蚀

作者：赖玟璇博士 | 2022年9月29日

钢筋腐蚀被定义为钢筋由于环境影响在混凝土中产生化学反应而引起的退化过程。当钢与水或氯化物发生化学反应，将导致钢筋周围形成一层氧化膜，称为锈。随着时间推移逐渐形成铁锈的后果是钢筋的体积增加，同时混凝土中会产生内应力，导致混凝土开裂、剥落和分层<sup>[1]</sup>。钢筋将随着时间的流逝失去其功能。钢腐蚀是一个主要的建筑结构问题，经常会牵涉到结构的耐久性。如果不及时对钢筋进行有效处理，整个钢筋都会生锈。因此，在钢腐蚀演变成部分结构坍塌或建筑完全倒塌之前，必须立即采取措施对钢筋进行维护或固化。



图 1: 混凝土中钢筋的腐蚀<sup>[2]</sup>

## 为什么混凝土中的钢筋会发生腐蚀？

### a. 混凝土的潮湿度

混凝土受潮的原因可能是透水、渗水和漏水。混凝土受潮通常发生在含水量过高和湿度较大的厕所和地下室。当结构上有裂缝形成时，无论其大小，都有可能造成渗水现象。当水渗入混凝土结构，潮湿会导致生锈，从而削弱混凝土的强度。另外，裂缝可能会使钢筋暴露在大气中，加速碳化进程<sup>[3]</sup>。此外，当水灰比过高时，就会出现潮湿现象，而多余的水亦被称为“自由水”。混凝土中多余的水分会加速钢筋生锈的过程。另外，潮湿也可能是由于不恰当的设计造成的，它使混凝土结构直接暴露在恶劣的天气条件下。

### b. 混凝土覆盖层不充分

混凝土覆盖层在保护钢筋免受环境影响的腐蚀方面起着关键性的作用。混凝土覆盖层的不足可能是由于粗制滥造的建筑施工，没有使用足够的间隔物，或者钢筋在浇筑和压实混凝土的过程中发生位移。当混凝土覆盖层不充分时，会允许水分进入，从而导致钢筋生锈和腐蚀。此外，混凝土覆盖层不足会加速碳化和氯化的过程，特别是在靠近大海的建筑中，水分和氯化物的暴露量最大。因此，工程师需要辨别混凝土覆盖层不足的迹象，并根据环境条件设计正确的修复方法以延长钢筋混凝土的寿命。

### c. 建筑用水中的杂质

建筑水中杂质的例子有悬浮颗粒、各种各样的无机盐、矿物油、糖和藻类<sup>[4]</sup>。当有杂质的水在混凝土搅拌或混凝土养护过程中被加入时，会导致杂质与混凝土混合。糖可以根据不同的含量加速或延缓水泥的凝结时间。水中藻类的存在会减少建筑粒料和水泥浆之间的结合，从而减少混凝土强度。此外，水中的杂质可能会降低混凝土的碱度，而碱度对保护钢

筋是至关重要的。当用于保护钢筋的混凝土碱度降低时，水中的杂质（如硫酸盐）将导致钢筋生锈，造成钢筋退化和混凝土变质。

#### d. 化学物质的攻击

化学物质能对钢筋造成各种攻击。例如，混凝土碳化和氯化。碳化发生在混凝土的碱性成分被空气中的二氧化碳中和，导致碳酸钙的形成。在这种中和的环境中，钢筋变得不再受混凝土碱度的保护。随着时间的推移，碳化的表面区域达到了钢筋的深度，这可能会引发严重的腐蚀，从而导致混凝土收缩并造成裂缝。氯化物的存在将导致氯化，这会增加钢筋的电化学过程。氯化不仅会增加混凝土的裂缝，而且还会让混凝土作为阴极，而钢作为阳极受腐蚀。这将产生一个电化学过程，最终导致钢筋生锈。作为这些化学攻击的结果，钢的腐蚀率将增加，从而导致钢筋退化和混凝土变质。

### 腐蚀是如何与混凝土中的钢筋相联系的？

钢筋的持续性腐蚀可造成混凝土开裂甚至剥落，对结构的适用性造成不利影响。它还可能降低混凝土的承载能力，影响结构安全。当钢筋的腐蚀明显加重，铁锈随着时间的推移不断积累，会导致钢筋的体积膨胀，并对钢筋周围的混凝土表面产生内部压力。生锈的钢筋对混凝土产生的压力将导致混凝土开裂。腐蚀越严重，形成的裂缝就越宽，由于混凝土和钢筋之间失去了附着力，可能会出现混凝土剥落。这将导致混凝土形成多层、结垢和剥离。当混凝土剥落发生时，钢筋会直接与大气接触。因此，钢筋会变得很脆并断裂，这往往伴随着钢筋的弯曲。如果没有及时和有效的补救措施，被腐蚀的钢筋最终会失去其原有的强度，建筑物的倒塌是不可避免的。

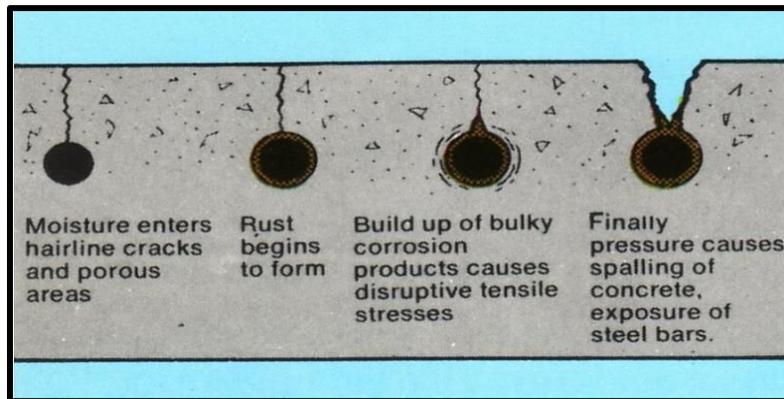


图2：混凝土中腐蚀的影响<sup>[3]</sup>

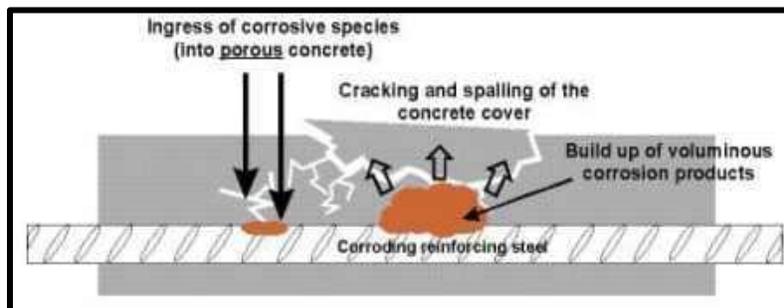


图3：混凝土剥落<sup>[5]</sup>

## 如何对混凝土中的钢筋实施腐蚀控制？

钢筋的腐蚀控制对于防止混凝土结构的变质和失效有着关键的作用。钢筋的腐蚀主要与环境影响、混凝土的质量以及施工方法的质量有关。作为钢筋腐蚀控制的第一步，应建立施工规范，以确保良好的混凝土质量。所使用的混凝土材料的质量必须符合规定的标准。使用高质量的混凝土对于保持适当的碱性以保护钢筋是至关重要的<sup>[3]</sup>。此外，混合、放置和压实混凝土等建筑工程应以良好的工艺来完成以控制钢筋的腐蚀。此外，确保有足够的混凝土涂层和混凝土覆盖层是很重要的。适当和足够的混凝土覆盖层可以保护钢筋免受氯化物和碳化等有害影响。此外，应对混凝土进行防水处理，以避免混凝土表面受潮，并防止或至少减少水渗入钢筋。

## 总结

混凝土中钢筋的腐蚀会导致钢筋的退化和混凝土的变质。混凝土变质到某种程度会造成混凝土强度下降，混凝土剥落，在极端情况下，结构会失效。因此，必须认真对待混凝土中钢筋的腐蚀问题，因为钢筋混凝土是关键的建筑部分，在建筑结构中承担着支撑负荷的作用。为了防止和减少混凝土中钢筋的腐蚀，应该实施腐蚀控制。一旦发现钢筋有腐蚀的迹象，有必要找到根本原因并立即采取行动，在情况恶化之前进行有效处理。

## 赖玟璇博士

首席执行官/ 创始人

IPM 环球集团

### 参考文献：

[1] Desai, M. (2020). Causes of Corrosion of Reinforcement Steel in Concrete. GharPedia. Retrieved on 29 th Sept 2022 from

<https://gharpedia.com/blog/causes-of-corrosion-of-reinforcement-steel/>

[2] Facilitator, C. (2021). Corrosion Protection methods for Steel Reinforcement in Concrete. Constro Facilitator. Retrieved on

29 th Sept 2022 from <https://www.constrofacilitator.com/corrosion-protection-methods-for-steel-reinforcement-in-concrete/>

[3] Happhoadmin, H. (2020). Corrosion of Steel Reinforcement: Causes, Effects and Remedies. Happho. Retrieved on 29 th Sept

2022 from <https://happho.com/corrosion-steel-reinforcement-causes-effects-remedies/>

[4] Neenu. (n.d.) The Constructor Building Idea. Retrieved on 29 th Sept 2022 from [https://theconstructor.org/concrete/effect-](https://theconstructor.org/concrete/effect-water-impurities-concrete-properties/17123/)

[water-impurities-concrete-properties/17123/](https://theconstructor.org/concrete/effect-water-impurities-concrete-properties/17123/)

[5] Madeh Izat. (n.d.). What is spalling concrete? Their causes and repair. The Constructor Building Idea. Retrieved on 29 th Sept

2022 from <https://theconstructor.org/practical-guide/spalling-concrete-causes-repair/26027/>

\*\*本中文译本仅供参考之用。如中文译本之文义与英文原文有歧义，概以英文原文为准。