



www.sxjz.org

陕西土木建筑网™

SHAANXI CIVIL CONSTRUCTION SOCIETY  
陕西省土木建筑学会

搜索

[土建学会](#)  
[新闻资讯](#)  
[专家学者](#)  
[陕西建筑](#)  
[学术活动](#)  
[学会动态](#)  
[毕业设计](#)  
[资料下载](#)

## 1493陕西建筑

44[建筑文化](#)  
91[环境规划](#)  
184[建筑设计](#)  
134[工程结构](#)  
493[建筑施工](#)  
136[地基基础](#)  
260[建筑管理](#)  
151[建筑经济](#)



## 关注排行

26547 [1 联系我们...](#)  
18725 [2 级配压实砂石垫层在西安地区的施...](#)  
17459 [3 低碳城市建设在西安的探索与实践...](#)  
15314 [4 圆弧车道施工时标高控制的等分直...](#)  
13034 [5 先进集体、先进个人事迹选登...](#)  
12802 [6 CFG桩复合地基质量检测中的若干...](#)  
12709 [7 陕西土木建筑网简介...](#)  
12278 [8 宝鸡市青少年科技活动中心设计...](#)  
12138 [9 建筑材料二氧化碳排放计算方法及...](#)  
11089 [10 陈旭教授谈6A类布线安装与维护系...](#)  
10975 [11 柴油发电机房的火灾危险性类别分...](#)  
10972 [12 西安交通大学人居生态楼建筑设计...](#)  
10753 [13 某工程十字钢柱与箱型钢梁外包钢...](#)  
10597 [14 短肢剪力墙的配筋要求...](#)

10404 [15 浅谈水平固定管的单面焊双面成型...](#)[土木建筑网首页](#) > [陕西建筑](#) > [工程结构](#) > 混凝土碳化问题的分析研究

# 阅读 2834 次 混凝土碳化问题的分析研究

**摘要：**本文对混凝土碳化的定义、机理进行简要的介绍，然后从混凝土自身、环境条件等方面研究了混凝土碳化的影响因素，最后给出了相应的防碳化措施，从而提高混凝土结构的耐久性。...

## 混凝土碳化问题的分析研究

李博 商钰 王龙海

- (1.天津港津建筑设计工程有限公司 天津 300450)  
 (2.西安建筑科技大学 土木学院 陕西 西安 710055)  
 (3.长安大学 公路学院 陕西 西安 710064)

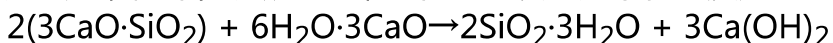
### 前言

空气、土壤或地下水等环境中的酸性物质如CO<sub>2</sub>、HCl、SO<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>深入混凝土表面，与混凝土中的碱性物质发生反应，使混凝土中的PH值下降的过程称为混凝土的中性化，其中由大气环境中的CO<sub>2</sub>引起的中性化过程称为混凝土的碳化。由于大气中有一定含量的CO<sub>2</sub>，故碳化是最普遍的混凝土中性化过程。

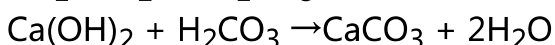
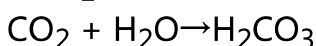
混凝土在空气中的碳化是空气中二氧化碳与混凝土中的碱性物质相互作用，使其机能下降的一种复杂的物理化学过程。在某些条件下，混凝土的碳化会增加其密实性，提高混凝土的抗化学腐蚀能力。但由于碳化会降低混凝土的碱度，破坏钢筋表面的钝化膜，使混凝土失去对钢筋的保护作用，给混凝土中钢筋锈蚀带来不利的影响。同时，混凝土碳化还会加剧混凝土的收缩，这些都可能导致混凝土的裂缝和结构的破坏。由此可见，混凝土的碳化对钢筋混凝土结构的耐久性有很大的影响。因此，分析混凝土的碳化机理、影响因素及其控制是很有必要的。

### 一、混凝土的碳化机理

混凝土的基本组成材料为水泥、水、砂和石子，其中硅酸盐水泥熟料矿物主要由硅酸三钙和硅酸二钙组成，在拌和混凝土时，它们与水发生如下化学反应：



由上可知，硅酸盐水泥的主要水化产物为水化硅酸钙和Ca(OH)<sub>2</sub>，其中Ca(OH)<sub>2</sub>在水中的溶解度极低，少量溶于孔隙液中，使孔隙液成为饱和碱性溶液，它的PH值为12.5-13.5，这种高碱性的环境有利于保护钢筋，相当于在钢筋周围产生了一层“保护膜”，使其免遭锈蚀。由于施工过程中的种种原因，混凝土内部存在许多大小不一的毛细孔、孔隙、气泡，甚至缺陷，因此形成的混凝土实际是一个含固相、液相、气相的非均匀物质，于是环境中的二氧化碳气体便通过这些无法避免的缺陷，渗透到毛细孔和孔隙中，与其中的孔隙液所溶解的Ca(OH)<sub>2</sub>进行中和反应，其化学方程式如下：



反应后，毛细孔周围混凝土中的羟钙石补充溶解为Ca<sup>2+</sup>和OH<sup>-</sup>，反向扩散到孔隙液中，与继续扩散进来的CO<sub>2</sub>反应，一直到孔溶液中的PH值降为8.5-9.0时，这层毛细孔才不再进行这种中和反应，即所谓“已碳化”。混凝土表层碳化后，大气中的CO<sub>2</sub>继续沿混凝土中未完全充水的毛细孔道向混凝土深处气相扩散，更深入地进行碳化反应。这些反应使混凝土中的碱度降低，破坏钢筋周围的“保

护膜”，这样就会加速钢筋的锈蚀，因锈蚀就会引起体积膨胀使混凝土覆盖层遭受破坏，从而发生沿钢筋界面出现裂缝以及混凝土覆盖层剥落等现象。

## 二、影响混凝土碳化的因素

### 2.1影响混凝土碳化的内在因素

(1) 水灰比对碳化速度的影响。水灰比是决定混凝土性能的重要参数，对混凝土碳化速度影响极大。众所周知，水灰比基本上决定了混凝土的孔结构，水灰比越大，混凝土内部的孔隙率就越大。由于CO<sub>2</sub>扩散是在混凝土内部的气孔和毛细孔中进行的，因此，水灰比在一定程度上决定了CO<sub>2</sub>在混凝土中的扩散速度，水灰比越大，混凝土碳化速度也就越快。

(2) 水泥品种的影响。水泥品种不同，水泥水化产物中碱性物质的含量及混凝土的渗透性不同，故对混凝土碳化速度有一定影响。在快速试验条件下，矿渣水泥混凝土比同一水灰比的普通水泥混凝土碳化快10~20%，在室外暴露条件下，快50~90%。

(3) 水泥用量的影响。水泥用量直接影响混凝土吸收CO<sub>2</sub>的量，因此对混凝土碳化速度有一定影响。混凝土吸收CO<sub>2</sub>的量取决于水泥用量和混凝土的水化程度，水泥用量越大，其碳化速度越慢。

(4) 骨料的品种及颗粒级配。骨料的品种和颗粒级配影响混凝土的密实度，从而影响到碳化速度。粗骨料粒越大，越容易造成离析、泌水，影响稳定性，增加了透气性，降低密实度。而轻骨料本身气泡多，透气性大。所以骨料的品种及颗粒级配能影响混凝土的碳化速度。

(5) 混凝土掺合料对碳化的影响。在普通水泥混凝土中，掺加粉煤灰后，由于水泥中的熟料量相应地减少了，致使混凝土吸收CO<sub>2</sub>的能力降低，同时，由于粉煤灰混凝土的早期强度低，孔结构差，加速了CO<sub>2</sub>的扩散速度，从而使碳化速度加快。文献[3]指出，当粉煤灰掺量小于10%时，可不考虑粉煤灰的影响；当粉煤灰掺量超过20%时，则必须考虑粉煤灰对碳化的影响，并应控制粉煤灰掺量（不超过30%）。

(6) 混凝土抗压强度的影响。混凝土抗压强度是混凝土最基本的性能指标，也是衡量混凝土品质的综合参数，它与混凝土的水灰比有非常密切的关系，并在一定程度上反映了水泥品种、水泥用量与水泥强度、骨料品种、外加剂、以及施工质量与养护方法等对混凝土品质的影响，混凝土强度高，其抗碳化能力强。因此，很多学者都研究了混凝土抗压强度与碳化的关系。这些研究结果表明，混凝土碳化深度与抗压强度的倒数成正比。

(7) 施工质量及养护对碳化的影响。混凝土施工质量对混凝土的品质有很大影响，混凝土浇注、振捣不仅影响混凝土的强度，而且直接影响混凝土的密实性，因此，施工质量对混凝土碳化有很大影响。在其它条件相同时，施工质量好，混凝土强度高，密实性好，其抗碳化性能强；施工质量差，混凝土表面不平整，内部有裂缝、蜂窝、孔洞等，增加了CO<sub>2</sub>在混凝土中的扩散路径，使碳化速度加快。

混凝土养护状况对混凝土碳化也有一定影响。混凝土早期养护不良，水泥水化不充分，使表层混凝土渗透性增大，碳化加快。另外，混凝土养护方法对碳化速度也有一定影响。

### 2.2环境条件对碳化速度的影响

(1) 光照和温度。混凝土碳化与光照和温度有直接关系。温度升高，碳化反应和CO<sub>2</sub>扩散速度加快，所以碳化速度加快。阳光的直射，加速了其化学反应，也能使碳化速度加快。

(2) 相对湿度。相对湿度决定孔隙水的饱和程度。碳化是液相反应，在相对湿度低于45%的空气中(干燥状态)的混凝土很难碳化；在相对湿度大于95%的潮湿空气中或在水中的混凝土由于透气性

小,反而难以碳化。在45% - 95%的环境相对湿度范围,随着环境相对湿度的增大,混凝土的碳化速度降低<sup>[4]</sup>。

(3) 环境中CO<sub>2</sub>浓度。CO<sub>2</sub>浓度越高,碳化速度就越快。一般认为,混凝土的碳化速度与CO<sub>2</sub>浓度的平方根成正比。

### 2.3其他因素对碳化的影响

(1) 不同应力状态对混凝土碳化的影响。混凝土施加应力之后对内部的微细裂缝起到了抑制或扩散作用。微细裂缝的存在使CO<sub>2</sub>容易渗透,引起碳化速度加快,但施加了压应力之后,使混凝土的大量微细裂缝闭合或宽度减小,CO<sub>2</sub>的渗透速度减慢,从而减弱了混凝土的碳化速度。当然,混凝土中的压应力过大时,也可使混凝土产生微观裂缝,加速碳化过程;相反,施加拉应力后,混凝土的微裂缝扩展,加快了混凝土的碳化速度。另外,碳化速度随时间的增长也越来越慢。

(2) 裂缝对混凝土碳化的影响。混凝土的碳化破坏过程,多是由于各种有害物质从外部向内部的渗透或迁移作用。因而混凝土结构的抗渗性是反应其耐久性的一个综合性指标。裂缝的存在将直接影响到混凝土的渗透性与耐久性,并且由于碳化能够通过裂缝较快的渗入到混凝土内部,因而裂缝处混凝土的碳化速度要大于无裂缝处。

## 三、混凝土的碳化规律

国内外学者对混凝土碳化进行了深入的研究,在分析碳化实验结果的基础上,提出了碳化深度D与时间t的关系式:

$$D = a\sqrt{f_c t}$$

$$D_2 = D_1 \sqrt{\frac{t_2}{t_1}}$$

式中a, 为碳化速度系数, D1、D2分别为测得的和要预测的混凝土碳化深度, t1、t2为测定D1和预测D2时的碳化时间。

碳化系数体现了混凝土的抗碳化能力,它不仅与混凝土的水灰比、水泥品种、水泥用量、养护方法、孔尺寸与分布有关,而且还与环境的相对湿度、温度及CO<sub>2</sub>浓度有关。

混凝土构件角部的双向碳化使得角部的钢筋锈蚀比较严重,文献[5]试图经过简化得到它的解析解,但有待实验的进一步验证。文献[6]把混凝土的抗压强度视为服从正态分布的变量,并且均值与方差随着碳化时间的变化而变化,通过总结国内外暴露实验的数据,提出了均值与方差的具体表达式,这对了解混凝土构件的抗力变化是十分有益的。

## 四、混凝土碳化的防止措施

(1) 设计方面。根据建筑物混凝土所处不同的构件、强度等级和环境类别,分别对混凝土的保护层采取不同的厚度,设计单位在保护层厚度上应考虑碳化对保护层作用的影响,要构件应适当加大保护层厚度。

(2) 施工方面。混凝土质量好施工是关键。

一是要认真选择建筑材料。水泥选用抗碳化能力强的硅酸盐水泥;集料选用质地硬实和级配良好的砂和石料;施工中除砂要筛、石要选外,还要特别注意剔除集料中的有害物质。二是在混凝土中可掺入优质适宜的外加剂,如减水剂、阻水剂等,以改善混凝土的某些性能,提高其强度和密实性、抗渗性、抗冻性。三是要严格控制混凝土的水灰比,要求是小水灰比、低塌落度,要把水的用

量控制在满足配料和施工需要的最低范围内，尽量减少混凝土的自由水。四是振捣和养护，振捣一定要充分并严格按照规定标准进行，必要时可作表面处理；养护一定要及时，一旦混凝土达到初凝时，就应立即进行养护，并坚持按不同水泥品种所要求的时间养护，控制好环境的温度和湿度，以使混凝土在适宜的环境中进行养护。五是钢筋混凝土保护层厚度，施工时要将钢筋用事先预制好的高标号砂浆垫块垫好，使钢筋的混凝土保护层厚度满足设计要求。若混凝土发生碳化深度较大，最好采用环氧材料修补，也可凿除混凝土松散部分，将混凝土衔接面凿毛，用优质混凝土重做钢筋保护层使用方面。

(3) 使用方面。对于建筑物在使用上不要随意改变原设计的使用条件。因为建筑物使用条件的改变，直接关系到外界气体、温度、湿度等因素变化所引起的混凝土内部某些情况的变化。

## 五、结束语

本文在查阅大量国内外参考文献的基础上，简要分析了混凝土的碳化原理及危害，逐一详细介绍了影响混凝土的碳化深度和碳化速度的各种因素。由于混凝土结构的耐久性是一个影响着混凝土寿命长期而重要的因素。但混凝土的碳化耐久性寿命与混凝土结构环境条件、混凝土保护层厚度以及混凝土强度等诸因素有关，我们仍需进行大量的实验和研究，才能对混凝土结构的耐久性寿命进行科学的、综合的评估。

## 参考文献：

- [1] 张誉, 蒋利学, 张伟平, 屈文俊. 混凝土结构耐久性概论[M].上海：上海科学技术出版社，2003.
- [2] 金伟良, 赵羽习. 混凝土结构耐久性[M].北京：科学出版社，2002
- [3] 侯聪霞. 浅析影响混凝土碳化的因素[J].中国科技财富，2009，2
- [4] 王国海. 混凝土碳化机理及影响因素[J].经营管理者，2009,10
- [5] 屈文俊. 既有混凝土桥梁的耐久性评估及寿命预测[D].博士学位论文.西南交通大学，1995.
- [6] 牛荻涛, 王庆霖. 一般大气环境下混凝土强度经时变化模型[J].工业建筑，1995(6).
- [7] 张鹏. 小议混凝土的碳化[J].福建建材，2009(110)：78-79.
- [8] 扬帆. 混凝土碳化的影响因素研究[J].广东建材，2009,6：36-40.

(本文来源：陕西省土木建筑学会 文径网络：文径 尹维维 编辑 刘真 审核)

关于 [混凝土碳化分析研究](#) 的相关文章

·[2018中国建筑学会工程管理研究分会年会在浙江大学隆重召开](#) 2018-11-30

·[中国建筑设计研究院帮扶的青海湟中县黑城村村史馆落成开馆](#) 2018-11-14

·[分析钢筋混凝土工程主体施工质量控制与管理](#) 2018-2-9

·[现浇混凝土楼板非受力裂缝浅谈](#) 2018-2-6

·[现浇钢筋混凝土结构板裂缝预防及处理措施](#) 2018-1-19

·[外加剂与混凝土适应性的分析研究](#) 2018-1-9

上一篇：[试析高层建筑结构抗震设计理念及方法](#)

下一篇：[房屋建筑结构设计常见问题分析](#)

[关于我们](#) [版权隐私](#) [联系我们](#) [友情链接](#) [网站地图](#) [合作伙伴](#) [陕ICP备09008665号-1](#) 页首标识为文径网络注册商标 ©2018 文径网络投资有限公司持有

版权所有 ©2018 文径网络保留一切权力 土木建筑网2.0版由CCRRN在中国西安设计 数据支持文径网络数据中心 技术支持文径网络技术中心



工商网监

 陕公网安备 61010302000391号