

铁路隧道防腐抗渗支护混凝土试验结构工程师考试 PDF转换  
可能丢失图片或格式，建议阅读原文

[https://www.100test.com/kao\\_ti2020/524/2021\\_2022\\_\\_E9\\_93\\_81\\_E8\\_B7\\_AF\\_E9\\_9A\\_A7\\_E9\\_c58\\_524184.htm](https://www.100test.com/kao_ti2020/524/2021_2022__E9_93_81_E8_B7_AF_E9_9A_A7_E9_c58_524184.htm)

摘要：大多数土壤中都含有一些硫酸盐，若其硫酸盐浓度低，则对混凝土不会产生显著的影响；若硫酸盐浓度高，则可对其建筑物或构筑物的地下部分，如桥梁、隧道、涵洞和房屋的基础产生显著的破坏作用。这种破坏可能以膨胀形式出现而导致结构位移。例如，前东德M a g d e b u r g城泉水的S O<sub>4</sub>-24含量达2040m g / L，在4年内由于混凝土膨胀使E l b e河桥桩升高8 c m，造成严重开裂，导致拆除并重建这些桥桩。硫酸盐膨胀也可使混凝土中的水泥水化产物丧失胶凝性，呈酥松状或糊状。

关键词：隧道防腐 抗渗 支护 1. 水泥混凝土防腐抗渗技术研究的进展 1.1 水泥混凝土抗硫酸盐侵蚀技术的基本情况及其进展

大多数土壤中都含有一些硫酸盐，若其硫酸盐浓度低，则对混凝土不会产生显著的影响；若硫酸盐浓度高，则可对其建筑物或构筑物的地下部分，如桥梁、隧道、涵洞和房屋的基础产生显著的破坏作用。这种破坏可能以膨胀形式出现而导致结构位移。例如，前东德M a g d e b u r g城泉水的S O<sub>4</sub>-24含量达2040m g / L，在4年内由于混凝土膨胀使E l b e河桥桩升高8 c m，造成严重开裂，导致拆除并重建这些桥桩。硫酸盐膨胀也可使混凝土中的水泥水化产物丧失胶凝性，呈酥松状或糊状。例如，加拿大西部大草原土壤含碱的硫酸盐浓度高达15%（地下水经常含有硫酸盐4000 g m / L ~ 9000m g / L），由于硫酸盐侵蚀，混凝土呈多孔和酥松，最终成为无粘结力的物质。我国隧道工程中也常遇到

硫酸盐浓度高的地质环境。例如青藏铁路要经过硫酸盐浓度相当高的盐湖地区，云贵高原的山地。虽然我国已有抗硫酸盐水泥的标准，但对如何配制和浇筑抗硫酸盐混凝土仍缺乏足够的施工技术和经验。中国水科院西北科研所曾对不同品种水泥（及粉煤灰掺量）的抗硫酸盐性能进行了对比性试验（《西北水电》1994，NO1，p49）。试验采用了被认为具有较高抗硫酸盐性的4种水泥：抗硫酸盐硅酸盐水泥，抗硫酸盐矿渣水泥，中热硅酸盐水泥，低热微膨胀水泥。抗腐蚀性试验采用GB749-65（慢蚀法）及GB2420-80（快蚀法），并采用抗蚀系数K进行抗硫酸盐性能的评价。甘肃省八盘峡水电站与中国水科院合作，于96年对该水电站大坝左平洞内的支护混凝土硫酸盐腐蚀问题进行了现场试验（《混凝土与水泥制品》1997，NO2，p10）。洞内地下水的SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>含量6000~15000mg/L，Mg<sup>2+</sup>含量900~2100mg/L，属高浓度的硫酸盐与镁盐综合腐蚀环境。经材料对比性试验及平洞内的现场浇筑混凝土验证，与抗硫酸盐水泥相比，采用低热矿渣水泥配制的混凝土具有优良的抗硫酸盐性能。南京水科院于99年对新疆“635”水利枢纽发电引水竖井内支护混凝土的硫酸盐腐蚀问题进行了试验研究与现场换填混凝土施工（《水利水电工程学报》2002.3，NO1，p31）。竖井内地下水的SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>含量8645~12487mg/L，Mg<sup>2+</sup>含量2675mg/L，pH3~4，属高浓度硫酸镁腐蚀环境。换填混凝土采用抗硫酸盐硅酸盐水泥和矿渣粉配料，竖井壁的支护混凝土按分段换填法施工。防渗砂浆采用丙烯酸乳液与砂组成的聚合物砂浆用于漏水孔缝的堵漏。该防腐堵漏工程完成2年后回访，防腐堵漏效果显著而无任何新的渗漏和腐蚀问题。

### 1.2 水泥混凝土抗裂、抗

渗技术的基本情况及进展。建筑结构裂缝控制是个系统工程，近十年多来，我国工民建向长大化、复杂化发展，商品混凝土普及应用，混凝土强度等级从C30向C50发展，这些因素导致钢筋混凝土结构开裂的机率增多。掺膨胀剂的补偿收缩混凝土在防止和大大减轻混凝土开裂作出了积极贡献。经十多年来的开发应用，我国混凝土膨胀剂得到较广泛的应用，累计总量约200万吨，以膨胀剂平均掺量 $40\text{kg}/\text{m}^3$ 计，折合补偿收缩混凝土近5000万 $\text{M}^3$ 。其中UEA膨胀剂约占总量的80%左右。在各种抗裂防渗工程应用中总的效果是良好的。膨胀剂主要功能是补偿混凝土硬化过程中的干缩和冷缩。为减免收缩开裂，它可以应用于各种抗裂防渗混凝土，尤其适用于与防水有关的地下、水工、海工、地铁、隧道和水电等钢筋混凝土结构工程。选用膨胀剂时，首先检验它是否达到《混凝土膨胀剂》建材行业JC476-2001标准。我国膨胀剂有三种类型：硫铝酸钙类（如UEA、AEA、PNC、FS、PPT等）氧化钙-硫铝酸钙类（如CEA）和氧化钙类。由于钙矾石（ $\text{C}_3\text{A}\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ）的化学稳定性和耐水性优良，国内外绝大多数生产硫铝酸钙类膨胀剂。CaO水化生成 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 可以产生膨胀，但 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 在压力水下易溶解，所以GBJ119规范中规定，含CaO膨胀剂不得使用在地下，海工等防水工程中，目前只有北京市有两家生产CEA。用户应根据不同性质的工程，选用恰当类型的膨胀剂。

## 2. 混凝土结构裂缝产生的原因

结构裂缝产生的原因很复杂，根据国内外的调查资料，引起裂缝有两大类原因，一种由外荷载（如静、动荷载）的直接应力和结构次应力引起的裂缝，其机率约20%；一种是结构因温度、膨胀、收缩、徐变和不均匀沉降等因

素由变形变化引起的裂缝，其机率约80%。

## 2.1 材料缺陷你好

在变形裂缝中收缩裂缝占有80%的比例，从砼的性质来说大概有：

### 2.1.1 干燥收缩你好

研究表明，水泥加水后变成水泥硬化体，其绝对体积减小。每100克水泥水化后的化学减缩值为7~9ml，如砼水泥用量为350kg/m<sup>3</sup>，则形成孔缝体积约25~30升/m<sup>3</sup>之巨。这是砼抗拉强度低和极限拉伸变形小的根本原因。研究表明，每100克水泥浆体可蒸发水约6ml，如砼水泥用量为350kg/m<sup>3</sup>，当砼在干燥条件下，则蒸发水量达21升/m<sup>3</sup>。毛细孔缝中水逸出产生毛细压力，使砼产生“毛细收缩”。由此引起水泥砂浆的干缩值为0.1~0.2%；砼的干缩值为0.04~0.06%。而砼的极限拉伸值只有0.01~0.02%，故易引起干缩裂缝。

### 2.1.2 温差收缩你好

水泥水化是个放热过程，其水化热为165~250焦耳/克，随砼水泥用量提高，其绝热温升可达50~80℃。研究表明，当砼内外温差10℃时，产生的冷缩值  $c = \Delta T / 1000 = 10/1000 = 0.01\%$ ，如温差为20~30℃时，其冷缩值为0.02~0.03%，当其大于砼的极限拉伸值时，则引起结构开裂。

### 2.1.3 塑性收缩你好

砼初凝之前出现泌水和水份急剧蒸发，引起失水收缩，此时骨料与水泥之间也产生不均匀的沉缩变形，它发生在砼终凝之前的塑性阶段，故称为塑性收缩。其收缩量可达1%左右。在砼表面上，特别在抹压不及时和养护不良的部位出现龟裂，宽度达1~2mm，属表面裂缝。水灰比过大，水泥用量大，外加剂保水性差，粗骨料少，振捣不良，环境温度高，表面失水大等都能导致砼塑性收缩而发生表面开裂现象。

### 2.1.4 自生收缩你好

密封的砼内部相对湿度随水泥水化的进展而降低，称为自干燥。自干燥造成毛细孔中的水分不饱和而产生负压，因而引起砼的自生

收缩。高水灰比的普通硅（OPC）由于毛细孔隙中贮存大量水分，自干燥引起的收缩压力较小，所以自生收缩值较低而不被注意。但是，低水灰比的高性能硅（HPC）则不同，早期强度较高的发展率会使自由水消耗较快，以至使孔体系中的相对湿度低于80%。而HPC结构致密，外界水很难渗入补充，在这种条件下开始产生自干收缩。研究表明，龄期2个月水胶比为0.4的HPC，自干收缩率为0.01%，水胶比为0.3的HPC，自干收缩率为0.02%。HPC的总收缩中干缩和自收缩几乎相等，水胶比越小自收缩所占比例越大。由此可知，HPC的收缩性与OPC完全不同，OPC以干缩为主，而HPC以自干收缩为主。问题的要害是：HPC自收缩过程开始于水化速率处于高潮阶段的头几天，湿度梯度首先引发表面裂缝，随后引发内部微裂缝，若硅变形受到约束，则进一步产生收缩裂缝。这是高标号硅容易开裂的主要原因之一。

### 2.1.5 减水剂的影响

人们发现，自八十年代中期推广商品（泵送）硅以来，结构裂缝普遍增多，这是为什么呢？除了与硅的水泥用量和砂率提高有关外，人们忽视了减水剂引起的负面影响。例如过去干硬性及预制硅的收缩变形约为 $4 \sim 6 \times 10^{-4}$ ，而现在泵送硅收缩变形约为 $6 \sim 8 \times 10^{-4}$ ，使得硅裂缝控制的技术难度大大增加。研究表明，在硅配合比相同情况下，掺入减水剂的坍落度可增加100~150mm，但是它与基准硅的收缩值相比，却增加120~130%。所以，在《硅减水剂》规范GB138076-97中规定掺减水剂的硅与基准硅的收缩比135%。研究表明，掺入不同类型的减水剂硅的收缩比是不相同的，一般是：木钙减水剂gt.三聚氰胺减水剂gt.聚丙烯酸减水剂。这说明商品硅浇筑的结构开裂机率大与减水剂带来负面

影响有关。其机理尚不清楚。2.1.6 砼后期膨胀出现裂缝，主要是：（1）水泥中游离CaO过高，Ca(OH)<sub>2</sub>体积膨胀所致；（2）水泥中MgO过高，Mg(OH)<sub>2</sub>体积膨胀所致；（3）水泥和外加剂碱含量过高，与集料中活性硅等发生碱-集料反应所致；（4）有害离子Cl<sup>-</sup>、Mg等侵入砼内部，导致钢筋锈蚀或形成二次钙矾石膨胀破坏所致。

2.1.7 徐变你好结构物在任意内应力作用下，除瞬间弹性变形外，其变形值随时间的延长而增加的现象称为徐变变形。砼拉徐变时对抗裂有利，一般可以提高钢筋砼极限拉伸值50%左右。而砼压徐变很小，一般把收缩变形与徐变变形的计算一并加以考虑。

2.2 设计问题你好钢筋砼结构是由砼和钢筋共同承担极限状态的承载力，结构设计师根据地基情况，静、动荷载、环境因素、结构耐久性等控制荷载裂缝。这里不作讨论。从国内外有关规范可知，对结构变形作用引起的裂缝问题，客观上存在两类学派：你好第一类，设计规范规定很灵活，没有验算裂缝的明确规定，设计方法留给设计人员自由处理。基本上采取“裂了就堵、堵不住就排”的实际处理手法。你好第二类，设计规范有明确规定，对于荷载裂缝有计算公式并有严格的允许宽度限制。对于变形裂缝没有计算规定，只按规范留伸缩缝，即留缝就不裂的设计原则。你好大量工程实践证明，留缝与否，并不是决定结构变形开裂与否的唯一条件，留缝不一定不裂，不留缝不一定裂，是否开裂与许多因素有关。我们认为，控制裂缝应该防患于未然，首先尽量预防有害裂缝，重点在防。我国结构工程向长大化、复杂化发展，砼设计强度等级向C40~C60发展，设计师多注重结构安全，而对变形裂缝控制考虑不周，这也是结构裂缝发生增多

的原因之一。2.3 施工管理问题你好砼配合比设计是否科学合理，水泥与外加剂是否相适应，砂石级配及其含泥量是否符合规范要求，砼坍落度控制是否合理，这些都影响到砼的质量及其收缩变形。砼浇筑震捣不均匀密实，施工缝和细部处理马虎，会带来结构开裂的后患；过震则使浮浆过厚，抹压又不及及时，则砼表面出现塑性裂缝，十分难看。边墙拆模板过早（1~3d），砼水化热正处于高峰，内外温差最大；砼易“感冒”开裂。你好砼养护十分重要，但许多施工单位忽视这一环节，尤其是墙体和柱梁的保温保湿养护不到位，容易产生收缩裂缝。某些露天构筑物尽管当地湿度很大，但由于吹风影响，加速了砼水分蒸发速度，亦即增加干缩速度，容易引起早期表面裂缝。这也许是夏季比秋冬季，南方比北方出现结构裂缝较多的原因。从已建工程调查中发现，底板养护较好，出现裂缝概率较低，而底板上外墙裂缝概率很高约占80%，这与保温保湿养护不足有很大关系。你好除上述技术因素外，施工管理不严，赶进度，偷工减料，工人素质差，施工马虎等也是造成结构裂缝的人为因素。2.4 对维护缺乏认识你好我们发现不少结构是在浇筑完3~6月，甚至在1~2年内出现裂缝。除荷载问题外，主要是环境温度和风速引起的收缩变形所致。有些地下室不及时复土；上部结构不及时做好封闭；出入口长期敞开，屋面防水层破坏不及时修补等。这些与施工和业主对结构维护缺乏认识有关。钢筋砼结构与其他物件一样都存在“热胀冷缩”的特征，尤其超长结构更为明显，所以，应重视已浇结构的保温保湿维护工作。

100Test 下载频道开通，各类考试题目直接下载。详细请访问  
[www.100test.com](http://www.100test.com)