

hun ning tu jie gou :
xiu bu、fang shui
yu fang hu

混凝土结构： 修补、防水与防护

[英]菲利浦H.珀金斯 著 杜文华 蔡行健 译



中国建筑工业出版社

水电部科技情报所	
图书总号	中10988
分类号	

电力部科技情报研究所	
图书总号	820102
分类号	

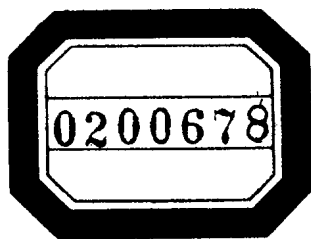
混凝土结构：修补、 防水与防护



[英]菲利浦H.珀金斯 著

006239 水利部信息所

杜文华 蔡行健 译



中国建筑工业出版社

本书着重论述混凝土结构的各种物理损坏和化学侵蚀的原因和修补的普遍原则，详细论述各种混凝土结构（包括房屋、贮液池、海洋结构、下水道等）的修补方法和先进技术。书中还论述了贮水结构和地下室的防水以及各种混凝土结构的防护问题。

**Concrete Structures,
Repair, Waterproofing and Protection**
Philip H. Perkins
Applied Science Publishers Ltd 1976

* * *

混凝土结构：修补、防水与防护

杜文华 蔡行健 译

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：10¹/₈。字数：228千字

1982年2月第一版 1982年2月第一次印刷

印数：1—24,100册 定价：0.82元

统一书号：15040·4090

前 言

虽然在十九世纪末和二十世纪初已经有建成的钢筋混凝土结构的实例，混凝土作为一种普通建筑材料只是在第一次世界大战后才开始在更广泛的范围内得到应用。第二次世界大战的军事需要及战后大规模的发展和重建计划，奠定了混凝土作为一种主要建筑材料的地位。在本书的许多读者记忆中的二十年代和三十年代建造的结构，至今已经历四、五十个春秋了。

比较新的建筑材料的应用不可避免地带来原先未预料到的问题，令人扫兴的事普遍出现。钢筋混凝土也不例外，随着早期建成的结构使用年限的增长，修补和更换的需求也在增加。

尽管建筑物的建筑和结构设计随各个国家而有很大的不同，但修补的原则却可以更普遍地应用。因此，作者但愿本书的内容对于负责各类混凝土结构维修的各方面各专业的人们会有所帮助。

在书中所谈的都是作者的意见和建议，但作者要衷心感谢水泥与混凝土协会的同事们以及专门从事各类混凝土结构的修补、防水和防护的主要公司的协助。作者还要感谢澳大利亚、新西兰和南非的水泥与混凝土协会协助编写附录一和三的有关章节。

菲利浦H. 珀金斯

绪 言

在各类钢筋混凝土结构的修补工作中有一些共同的基本原则，作者愿先予以扼要叙述，然后再将这些原则应用到本书所论及的各类结构中。

钢筋混凝土建筑损坏的最初迹象经常是微裂缝和锈渍，后者又可能使混凝土随之出现散裂。混凝土的锈渍和散裂是由钢筋腐蚀（生锈）所引起，而裂缝则可能是由其他原因造成的。

对海洋结构，除直接或间接受到海浪物理损坏的部位外，上述混凝土的损坏情况可按同样次序发生。对其他一些结构，混凝土又可能遭受化学侵蚀，在极端情况下会使结构很快损毁。

由钢筋腐蚀而引起的混凝土锈渍和散裂在钢筋深入腐蚀之前早已出现，这是因为腐蚀时的生成物（主要是铁的氧化物）的体积较原有金属的体积为大，因此在生锈时产生膨胀而使保护层混凝土裂缝和剥落。也就是说，这些损坏在钢筋腐蚀的早期就可发现，而且要经历很长一段时间后才能使钢筋腐蚀至危及结构安全的程度，只要不是过分马虎，这些损坏总是可以及时发现的。

对已损坏的钢筋混凝土结构，在考虑其修理时首先要查明其损坏原因。根据作者的经验，绝大多数结构在损坏初期都不会倒塌，而且以后也不至于发生危险，长期拖延不予修理的情况自当别论。

结构的损坏通常是由于钢筋保护层厚度不足，混凝土质量不好，温度收缩和干缩裂缝，以及裂缝出现后又听其存在，不予修补而造成的。在少数情况下，这些缺陷又因混凝土中氯化钙之存在而更为加重，因为氯离子有助于钢筋的腐蚀。在某些环境下，混凝土中的氯化物也会严重影响修补部分的耐久性。

本书中所用术语“混凝土结构”的材料是指用硅酸盐水泥制成的混凝土，但在某些修理工作中作者推荐用高铝水泥。由于高铝水泥已不再是建筑规程之D部分所“认为满意”的材料，而且有关高铝水泥的资料已从建筑研究中心第174号文摘（Building Research Establishment Digest No. 174）《在含硫酸盐的地基土和地下水中的混凝土》中全部删去，因此在这里再推荐用高铝水泥似乎会使人感到奇怪。但作者认为，在某些特殊类型的修理工作中，采用高铝水泥可以得到完全满意的结果，并感到建筑规程和其他一些官方出版物中对有关高铝水泥方面的变更似乎过分仓促，希望现在进行的试验和研究工作会使这些禁令得到改变。

目 录

第一章 用于修补各类混凝土结构的主要材料	1
1-1 水泥	2
1-1-1 普通和快硬硅酸盐水泥	2
1-1-2 抗硫酸盐硅酸盐水泥	2
1-1-3 白色和彩色硅酸盐水泥	3
1-1-4 超高早强硅酸盐水泥	4
1-1-5 高铝水泥 (HAC)	4
1-1-6 各种耐化学侵蚀水泥	8
1-2 英国和美国硅酸盐水泥的对照	8
1-3 钢筋	9
1-3-1 镀锌钢筋	9
1-3-2 不锈钢	9
1-4 非铁金属	11
1-4-1 铝	11
1-4-2 铜	11
1-4-3 磷青铜和炮铜	11
1-5 骨料	12
1-6 混凝土外加剂	14
1-6-1 促凝剂	15
1-6-2 缓凝剂	15
1-6-3 加气剂	16
1-6-4 塑化剂或和易性增效剂	16
1-6-5 混凝土用超塑化剂	17
1-6-6 粉煤灰	19

1-7 填缝材料和密封材料	21
1-7-1 填缝材料	21
1-7-2 密封材料	21
1-7-2-1 预制材料	22
1-7-2-2 现制材料	23
1-8 有机聚合物	25
1-8-1 环氧树脂	26
1-8-2 聚氨基甲酸酯	27
1-8-3 聚酯树脂	28
1-8-4 聚醋酸乙烯 (PVA)	28
1-8-5 苯乙烯丁二烯和丙烯树脂	29
1-9 聚合混凝土	29
1-10 异丁橡胶薄膜	30
1-11 聚异丁烯	31
1-12 玻璃纤维增强塑料	32
第二章 混凝土结构中混凝土、钢筋和其它金属	
损坏的控制因素	34
2-1 混凝土的耐久性和抗渗性	35
2-1-1 耐久性	35
2-1-2 抗渗性	36
2-1-3 碳化	37
2-2 混凝土的化学侵蚀	38
2-3 金属的化学侵蚀	39
2-3-1 软钢和高强度钢	39
2-3-2 钢筋除锈	41
2-3-3 镀锌钢筋	42
2-3-4 不锈钢	43
2-3-5 铝	43
2-3-6 铜	44

2-3-7 磷青铜和炮铜	44
2-4 混凝土结构的物理侵蚀	44
2-4-1 冰冻和融化	45
2-4-2 热震	45
2-4-3 混凝土的磨损	45
2-4-4 高速水对混凝土的损坏	46
2-4-4-1 穴蚀	46
2-4-4-2 含砂水的磨损	47
2-4-4-3 高速射流水的冲击	49
2-5 用海水拌合硅酸盐水泥混凝土和砂浆	50
第三章 混凝土房屋结构的修补	55
3-1 对调查的一般建议	57
3-1-1 根据合同文件招标	59
3-1-2 设计与施工(一揽子)合同	59
3-2 混凝土构件中裂缝的成因和处理	61
3-2-1 裂缝的成因	63
3-2-2 非结构裂缝的种类和修补方法	64
3-2-2-1 塑性裂缝	64
3-2-2-2 温度收缩裂缝	67
3-2-2-3 干缩裂缝	71
3-2-3 非结构裂缝的修补	72
3-3 一般性修补	74
3-4 蜂窝和未捣实混凝土的修补	83
3-5 贮存粗粒材料的料仓和料斗的修补	85
3-6 混凝土房屋结构的风化	87
3-7 防水混凝土砌块和预制板材墙	90
3-8 人造石的修补	92
3-9 拌合料中氯化钙引起混凝土的腐蚀	95
3-10 混凝土屋面的修补	96

3-11 混凝土楼地面的修补	100
3-11-1 小块修补和一般修补	100
3-11-2 接缝的修补	102
3-11-3 裂缝的修补	103
3-11-4 在现有楼地面中做隔汽层	104
3-11-5 粘结式和不粘结式罩面层	105
3-11-6 采用预制混凝土板修补楼地面	108
3-11-7 其他修补方法	109
3-12 混凝土结构加固和修补	109
3-12-1 灌缝法	111
3-12-1-1 裂缝处理	112
3-12-1-2 确定灌注点位置并进行表面密封	112
3-12-1-3 灌注树脂	112
3-12-1-4 灌注后的收尾工作	115
3-12-2 加固与修补	115
3-12-3 贮存细粒材料的筒仓、料仓和料斗的 修补和加固	119
3-13 遭火灾破坏的房屋修补	121
3-13-1 对破坏的估计	122
3-13-2 高温对硅酸盐水泥的影响	124
3-13-3 高温对高铝水泥的影响	125
3-13-4 高温对骨料的影响	125
3-13-5 高温对钢筋的影响	125
3-13-6 修补前的调查和试验	126
3-13-7 用喷射砂浆修补遭火灾破坏的结构	127
3-13-8 火灾破坏修复工作实例	130
3-14 极低温度下混凝土的修补	136
3-15 室外瓷砖、马赛克和釉面砖的修补	138
3-15-1 室外瓷砖和马赛克	138

3-15-1-1	损坏的原因	139
3-15-1-2	估计修补工作量所需的调查工作	142
3-15-1-3	修补方法与技术	143
3-15-1-4	瓷砖和马赛克中的接缝	146
3-15-1-5	验收试验	146
3-15-2	釉面砖	146
第四章	混凝土贮水结构和隔水结构的修补	152
4-1	贮水结构的充水试验	153
4-2	漏水点的探查	156
4-3	结构从里向外渗漏的修补	158
4-3-1	裂缝的修补	159
4-3-2	疏松和蜂窝混凝土的修补	165
4-3-2-1	剔除	165
4-3-2-2	蜂窝混凝土的表面封闭	170
4-3-2-3	蜂窝混凝土的压力灌浆	171
4-3-3	有缺陷接缝的修补	171
4-3-4	贮水结构的一般修补和衬里方法	178
4-3-4-1	已腐蚀表面的修补	179
4-3-4-2	已腐蚀结构的全面衬里	180
4-3-4-3	用加筋喷射砂浆从外部加固贮液池	191
4-4	结构从外向里渗漏的修补	193
4-4-1	地下室漏水的修补	194
4-4-2	顶板漏水的修补	198
4-5	隧道和管道的一般防水做法和修补方法	203
4-6	遭穴蚀破坏的混凝土的修补	213
4-7	遭含砂水磨损的混凝土的修补	215
第五章	混凝土海洋结构的修补	219
5-1	修补的一般原则	221
5-2	低水位水下修补	223

5-2-1	导管法浇灌混凝土	224
5-2-2	底卸式料斗法浇灌混凝土	224
5-2-3	袋装混凝土	225
5-2-4	在预铺好的骨料中灌浆	225
5-2-5	低水位水下修补的一般原则	226
5-2-6	采用环氧树脂修补	228
5-3	潮间部分及高水位以上部分包括溅水区的修补	232
5-4	遭砂石磨损的海洋结构的修补	236
5-5	混凝土上的海洋生物	239
5-6	修补前用高速射流水清理混凝土表面及切除混凝土	241
5-6-1	表面清理	241
5-6-2	切除混凝土	242
5-7	钢筋混凝土结构的阴极保护	243
5-7-1	阴极保护的一般原理	246
第六章	混凝土结构化学侵蚀的防护	253
6-1	侵蚀性化学物质与硅酸盐水泥混凝土	255
6-2	侵蚀性土和地下水中的结构	258
6-2-1	地下水中的酸	258
6-2-2	地下水中溶解的硫酸盐	261
6-2-3	工业垃圾场	263
6-2-4	桩基	267
6-2-5	筏基、条形基础及柱基	269
6-3	贮存轻度侵蚀性液体的结构	271
6-3-1	蓄水池	271
6-3-2	反应池和工业废水池	274
6-3-3	污泥消化池	276
6-3-3-1	漏气	277
6-3-3-2	混凝土的化学侵蚀	277

6-3-4	烟气除尘器	278
6-4	穿过工业垃圾场的隧道	279
6-5	下水管道与附属构筑物	281
6-5-1	下水系统中两阶段细菌作用产生的 侵蚀性环境	281
6-5-1-1	新下水系统	284
6-5-1-2	现有下水系统	289
6-6	脱盐厂的废水	291
6-7	海水蒸馏厂的热盐水和馏出物	293
6-8	排污坑	294
6-9	工业烟囱的防护衬里	295
6-9-1	加筋喷射砂浆	296
6-9-2	专利的粘结式衬里	297
6-10	化学反应池的衬里	300
6-10-1	环氧树脂衬里	303
6-10-2	增塑聚氯乙烯薄膜衬里	306
6-11	存放工业冷却水的结构	307
6-12	厂房楼地面的防护	308

第一章

用于修补各类混凝土结构 的主要材料

为了使混凝土结构在修补后能够耐久，修补用材料的范围是很有限的。最大量应用的材料是与原结构中相同的混凝土和砂浆，其水泥和骨料的品种则力求与原有混凝土所用者相同。如结构是因化学侵蚀而损坏，则可能要改用其他品种的水泥和保护涂层。

如果结构的损坏部分没有修补好，则在大多数情况下都是由于新、旧混凝土之间局部或全部未粘结好，而两者之间所产生的粘结力则直接与底层混凝土是否经过妥善处理有关。为此，近年来对粘结剂之发展已很重视。

绝大部分需要修补的混凝土结构都是钢筋混凝土的，其中钢筋的腐蚀是结构损坏的主要因素。当钢铁金属受到腐蚀时，其生成物的体积较原有金属体积为大，而膨胀的结果会使钢筋周围的一部分混凝土产生散裂。

原有混凝土使钢筋钝化的性质对保持钢筋和整个结构的长期耐久性是极为重要的。质量良好的硅酸盐水泥混凝土和砂浆能保护钢筋使之永不腐蚀，主要是因为水泥浆能在钢筋周围形成碱性环境，这一重要事实在第二章中将再讨论。

混凝土损坏后，必须将有缺陷和已散裂的部分除去，并

用合适的材料加以修补，以便在钢筋周围重新形成能持久的保护性环境。在这里，材料的选择非常重要。

1-1 水 泥

由于需要，本书中将水泥分为硅酸盐水泥和非硅酸盐水泥两类。

在英国，用于建筑工业的硅酸盐水泥，其数量远远超出所有其他各种用途的水泥，在1973年达到二千万吨左右。

1-1-1 普通和快硬硅酸盐水泥

这两种水泥都包括在英国标准 BS12 内。在英国，用于修补混凝土结构的硅酸盐水泥以这两种水泥为主，其中尤以普通硅酸盐水泥用量最多。

这两种水泥的根本差别在于强度增长之速度不同。快硬水泥的强度增长快，主要是由于水泥颗粒磨得更细，其比表面积约为4300平方厘米/克。在混凝土浇灌后15~40小时内，当混凝土较快硬化时，其水化热的发散速度亦同时增加，因而使硬化中的混凝土提高温度。这里必须注意，混凝土的硬化速度和水化热的发散速度并非仅仅受到水泥颗粒细度的影响，而与水泥的化学成分也有关系。

1-1-2 抗硫酸盐硅酸盐水泥

有关这种水泥的英国标准是 BS4027。这种水泥在强度和其他物理性能方面与普通硅酸盐水泥相似，其颜色则较大多数普通硅酸盐水泥和快硬硅酸盐水泥为深，但主要区别在于这种水泥的铝酸三钙（ C_3A ）的含量有所限制，最高不得超过3%。

硅酸盐水泥中的铝酸三钙易受硫酸盐溶液的侵蚀，这一

化学反应的结果是生成钙矾石，它能使混凝土的外形尺寸改变和强度降低，所以有破坏作用。当采用抗硫酸盐硅酸盐水泥时，如须掺入任何外加剂，最好是先征求水泥生产者的意见，但不可掺入氯化钙，否则会使抗硫酸盐的性质长期降低。

和所有的硅酸盐水泥一样，抗硫酸盐硅酸盐水泥也容易遭受酸的侵蚀。

1-1-3 白色和彩色硅酸盐水泥

白色硅酸盐水泥是符合于英国标准 BS12《普通和快硬硅酸盐水泥》的一种硅酸盐水泥。这种水泥的特点是所用原料经过专门选择，粘土采用白瓷土，其锰、铁含量均控制在最小值。

各种彩色硅酸盐水泥（白色和轻淡之色除外），一般是由普通硅酸盐水泥熟料中加入颜料一起粉磨制成。所用颜料的英国标准是 BS1014《水泥和混凝土中的颜料》。这些水泥现在亦已包括在标准 BS12 之内。

彩色硅酸盐水泥只宜用于需使已有混凝土得到颜色协调之处。可是由于大气影响，时间久了颜色会改变，如能通过配合比试验将颜料直接拌入混凝土中，似会得到最好的效果。

由于彩色硅酸盐水泥中掺有颜料，这样就产生一个问题：在混凝土和砂浆的配合比中是否要增加水泥用量？这个问题要看具体情况，不能简单地回答。作者认为，如果混凝土的耐久性和（或）抗渗性居于首要地位，则应增加水泥用量以补偿水泥中的颜料重量；如混凝土由强度控制，则惟一的满意办法是进行混凝土的配合比试验，因为普通硅酸盐水泥的强度在某一范围内变动。

在作者写本书的时候，少量的彩色硅酸盐水泥已不易在英国市场上买到。

1-1-4 超高早强硅酸盐水泥

这种水泥属于硅酸盐品种，几年前以商标名称“飞快混凝土”（Swiftcrete）出现在英国市场。在作者写本书时，对这种水泥尚未制定标准，只颁发了第73/170号许可证。据这种水泥的生产者说，它是一种磨得极细的硅酸盐水泥，其石膏含量则较普通硅酸盐水泥为高，但其他方面则符合BS12标准而不含任何混合材料。

这种水泥的比表面积是7000~9000平方厘米/克。相比之下，普通硅酸盐水泥的平均比表面积是3400平方厘米/克，快硬硅酸盐水泥的是4300平方厘米/克。

许可证颁发部门所做的试验，进一步证实用这种水泥制成的混凝土在24小时的强度不小于用快硬硅酸盐水泥按同样配合比所制成的混凝土7天的强度。许可证的内容包括关于这种水泥使用上的一些说明和这种水泥与普通及快硬硅酸盐水泥三者之间的详细对比。

这种水泥的价格约较普通硅酸盐水泥贵50~60%，但在需要超高早强的情况下，采用这种水泥是合算的。

1-1-5 高铝水泥（HAC）

当作者写本书时，由于一个学校的两根混凝土屋面梁不幸损坏，因此对于高铝水泥能否用于房屋结构曾在英国引起很大争论。一些国营报刊和技术杂志曾发表了许多不恰当的评论。为此，作者认为有必要对高铝水泥混凝土作出一个简要而公正的评价，指出高铝水泥混凝土和硅酸盐水泥混凝土在那些重要方面存在差别。

高铝水泥的英国标准是BS915。全世界（苏联除外）对