

劣化混凝土结构的管理

MANAGEMENT OF DETERIORATING CONCRETE STRUCTURES

[英] 乔治·萨默维尔 著

贡金鑫 何化南 译

商怀帅 校

中国建筑工业出版社

劣化混凝土结构的管理

**Management of Deteriorating
Concrete Structures**

[英] 乔治·萨默维尔 著
贡金鑫 何化南 译
商怀帅 校

中国建筑工业出版社

著作权合同登记图字：01-2012-0762号

图书在版编目(CIP)数据

劣化混凝土结构的管理/(英)萨默维尔著;贡金鑫,何化南译.—北京:中国建筑工业出版社,2012.7
ISBN 978-7-112-14322-1

I. ①劣… II. ①萨… ②贡… ③何… III. ①劣化—混凝土结构—技术管理 IV. ①TU37

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第100826号

Management of Deteriorating Concrete Structures/George Somerville, ISBN-13 978-0415435451

Copyright © 2008 George Somerville

All rights reserved. Authorized translation from the English language edition published by Taylor & Francis Group.

Chinese Translation Copyright © 2012 China Architecture & Building Press

China Architecture & Building Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体字翻译版由英国 Taylor & Francis Group 出版公司授权中国建筑工业出版社独家出版并在中国销售。未经出版者书面许可,不得以任何方式复制或发行本书的任何部分

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal.

本书贴有 Taylor & Francis Group 出版公司的防伪标签,无标签者不得销售

本书由乔治·萨默维尔(George Somerville)著,介绍了关于混凝土劣化的原理、劣化的机制及诊断、结构评估、结构修复及改造等方面的内容。本书集中了西班牙、瑞典和英国的科学家、工程师、研究人员和承包商在过去十年的工作经验,着重指明了劣化混凝土结构的整体管理方式,以一种新的角度,给结构加固改造技术人员以指导,希望帮助他们来理解业主的真实需要,以及如何来满足业主的这种需要。

本书可供政府部门、设计单位、检测机构等与既有建筑管理、检测、改造工作相关的单位及人员参考。

责任编辑:郇锁林 董苏华 万 李

责任设计:赵明霞

责任校对:姜小莲 王雪竹

劣化混凝土结构的管理

[英] 乔治·萨默维尔 著

贡金鑫 何化南 译

商怀帅 校

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

华鲁印联(北京)科贸有限公司制版

北京凌奇印刷有限责任公司印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:14 字数:343千字

2012年8月第一版 2012年8月第一次印刷

定价:46.00元

ISBN 978-7-112-14322-1

(22401)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

编写本书的灵感来自作者曾在 10 年间参与的 3 个欧洲委员会基金项目，项目的内容全部与劣化混凝土结构的耐久性、评估、修补和管理有关。这 3 个项目的缩写分别为 BRITE 4062、CONTECVET 和 REHABCON，在本书中均有提及。BRITE 4062 涉及的内容是有关劣化原理方面的，CONTECVET 论述了劣化影响的评估，REHABCON 论及的是新信息怎样符合现有资产管理系统。随着工作的开展，队伍不断壮大，合作伙伴为来自西班牙、瑞典和英国的科学家、工程师、研究人员和承包商。当然，这 10 年的合作还带来了意想不到的好处，那就是使技术专家正确理解了业主的真实需要以及满足这些需要的方式。

本书首次使用了“逐层评估”的概念。应用此概念的方法既简单又贴近实际，与大多数评估所使用的信息的数量和质量相对应。此方法本质上是确定性的，为考虑劣化，本书对设计公式进行了修改并引入了最近相关的研究结果。业主们对此方法都很重视，因为此方法提供了当前和未来状况与初始设计状况的直接比较。

在过去几年中，相继出现了不同的资产管理系统以满足不同国家、不同结构类型的需要，而这些系统一般都是孤立的，很少有技术转移，本书对此列举了一些实例。这些系统的迅速发展促使了更为精确的计算机管理系统的诞生，从而可从更准确的测量技术中获得输入信息。同时，劣化学科的研究已从过去了解基本机理发展为正确评价这些机制对结构性能的影响方面，在这里，基本趋势是以可靠度理论和概率方法为基础的首要原则。尽管这是可接受和可控制的，但仍然存在缺乏足够实际资料的问题，因为劣化对所有主要作用影响的真实评价只能来自物理试验。简言之，研究成果尚未达到满足业主进行管理真实需要的理想形式，管理方面是指可确定是否有必要采取补救措施，如果有必要，最好的选择是什么样的。修复和补救措施的范围很广，有多种方案可供选择，因此选择也是一个问题。不过，目前有一种更加科学的方法可用来评估各种修补方案，使这种情况正在逐步好转。本书重点放在欧洲标准 EN 1504 的方法和有关现场补救措施性能的反馈上。

总之，我们需要填补上述空白并使整个资产管理过程在有效性和实际水平上一体化。本书开辟了未来发展的道路，所涉及课题的范围很宽，重点放在原则和方法上，在某些细节方面涉及一些已经发布的指南。

乔治·萨默维尔 (George Somerville)

于旧温莎，伯克郡

2007 年 5 月

致 谢

出版本书的想法源于作者过去 10 年中参与的三个连续的 EC 基金资助项目，参加人员还有来自西班牙、瑞典和英国的同行。书中重要的技术资料来自西班牙的 Geocisa 公司和 IETcc 研究所；瑞典的 CBI、Skanska、Cementa AB 等研究所及公司，以及 Lund 技术大学，还有英国的英国水泥协会、英国建筑研究院（BRE）和英国交通研究所（TRL）。有价值的资料也来自这三个国家的主要业主，包括桥梁、建筑、停车场等结构，以及各种土木工程施工。参与者众多，不能一一列举。作者对参与的所有个人及组织 10 年来积极友好的合作表示感谢，他们不仅为业主-合作伙伴提供了及时有用的信息，还提出了连续监测的概念，这一概念是本书的中心内容。

很多组织在评估管理的不同方面编制了指南。作者论述了其中的许多详细内容，特别是混凝土协会、国际预应力混凝土联合会（fib）、美国混凝土协会（ACI）、英国建筑研究院（BRE）、英国标准化协会（BSI）、混凝土修复协会和混凝土桥梁发展协会。本书列出了上述所有参考文献，对引用的图和表表示感谢。因为有了这些详细的资料，作者才能致力于研究其中的原理和方法。

由于需要感谢的人太多，不能将每个人的名字一一列出。但有些名字不得不提。如过去 40 年中，英国水泥协会及水泥和混凝土协会以前的同事们，特别是与我在 EC 基金项目期间密切合作的同事 Mike Webster 博士。他后来在伯明翰大学 L. A. Clark 教授的指导下进一步深造完成博士论文，他在伯明翰的研究团队中在劣化的工程研究方面作出了重要贡献。他的论文与先前 C&CA 和 TRL 同事编写的报告，是本书第 5 章和第 6 章的基础。

最后也同样重要的一点，是本书出版过程中的分工协作。Jackie Fitch 准确理解了我的手稿，并将其录入为电子文件。Isabel Harvey 将粗糙的草图制作成为精美的图片。在 Taylor & Francis 出版社工作的 Katy Low 对本书的出版提供了很大帮助。

目 录

前言	VII
致谢	IX
第 1 章 概论	1
1.1 背景	1
1.2 本书简介	2
1.2.1 概况	2
1.2.2 范围及要点	2
第 2 章 有关劣化的观点和反馈	9
2.1 调查资料	9
2.2 环境和局部微气候	12
2.3 设计、细部和施工质量的影响	17
2.4 现场补救/修补系统的性能	21
2.5 结构问题	23
2.5.1 历史背景	23
2.5.2 “失效”原因	28
2.5.3 结构敏感度和储备强度	29
2.6 本章总结	30
本章参考文献	31
第 3 章 管理和维护系统	34
3.1 简介和发展史	34
3.2 目前资产管理指南的例子	36
3.2.1 第 1 类: 国内和国际指南	36
3.2.2 第 2 类: 特定结构——桥梁	39
3.2.3 第 2 类: 特定结构——其他结构	44
3.2.4 第 3 类: 侵蚀作用	48
3.2.5 第 4 类: 检查和试验方法	50
3.3 总原则和目标	51
3.3.1 概述	51
3.3.2 资产管理系统中的单元/因素	52
3.3.3 “行动模式”的含义	53
本章参考文献	57

第 4 章 缺陷、劣化机制和诊断	60
4.1 引言	60
4.2 缺陷及原因识别	63
4.2.1 概述	63
4.2.2 开裂	64
4.2.3 引起缺陷的其他原因	65
4.3 侵蚀作用	66
4.3.1 引言	66
4.3.2 整体观点	66
4.3.3 材料因素	67
4.3.4 腐蚀	73
4.3.5 硫酸盐侵蚀	75
4.3.6 碱骨料反应 (ASR)	77
4.3.7 冻融作用	77
4.3.8 溶蚀	78
4.3.9 酸侵蚀	79
4.3.10 其他物质	79
4.4 环境和微气候的影响	80
4.5 检测、试验和初步诊断	85
4.5.1 研究背景和方法	85
4.5.2 试验选择	85
4.5.3 试验场地和取样	86
4.5.4 确认临时性诊断结果的试验选择	86
4.6 解释和评估：初步评估的前期准备	87
本章参考文献	92
第 5 章 初步结构评估	94
5.1 概述	94
5.2 对试验数据的解释	95
5.2.1 概述	95
5.2.2 数据收集和分类	95
5.2.3 试验数据解释	97
5.3 有关破坏类型的工程观点	99
5.3.1 概述	99
5.3.2 总体情况	99
5.3.3 结构分析	101
5.3.4 结构敏感性与隐含强度	105
5.3.5 腐蚀的工程前瞻	105

5.4 初步评估：一般原则和方法	108
5.5 碱骨料反应的初步评估	108
5.5.1 概述	108
5.5.2 自由膨胀和约束膨胀	109
5.5.3 残余力学性能	110
5.5.4 结构细部	111
5.5.5 失效后果	112
5.5.6 结构构件损坏程度评估：SISD	112
5.5.7 局部微气候：湿度	113
5.5.8 外加荷载和静荷载引起的应力	113
5.5.9 下一步决策	113
5.6 冻融作用的初步评估	115
5.6.1 概述	115
5.6.2 失效后果的分类	115
5.6.3 内部力学性能损伤	116
5.6.4 盐冻剥落	117
5.6.5 下一步决策	118
5.6.6 联合作用	118
5.7 腐蚀的初步评估	119
5.7.1 概述	119
5.7.2 失效后果	119
5.7.3 腐蚀中 SISD 评估的基础	119
5.7.4 简化腐蚀指数 (SCI)	120
5.7.5 简化结构指数 (SSI)	121
5.7.6 腐蚀情况下结构构件的损坏程度评价 (SISD)	123
5.8 干预的性质和时间	123
本章参考文献	124

第 6 章 详细结构评估	125
6.1 引言	125
6.2 劣化的物理影响	126
6.3 最低技术性能	127
6.3.1 概述	127
6.3.2 适用性因素	128
6.3.3 安全等级	129
6.4 设计中材料力学性能的使用	131
6.4.1 概述	131
6.4.2 混凝土的力学性能	131

6.4.3	钢筋和预应力钢筋的力学性能	133
6.5	结构分析	134
6.6	劣化对构件和截面强度的影响概述	136
6.6.1	受弯	137
6.6.2	受压	138
6.6.3	受剪	140
6.6.4	受冲切	146
6.6.5	粘结和锚固	147
6.7	开裂	153
	本章参考文献	154
第7章	保护、预防、修补、翻修和改造	157
7.1	概述	157
7.2	已修补结构的性能要求	158
7.3	混凝土保护、修补、翻修和改造方案的分类	161
7.4	修补及补救措施的性能要求	165
7.4.1	概述	165
7.4.2	采用隔离进行外加固	165
7.4.3	结构修补	166
7.4.4	隔离污染物进入和湿度控制	168
7.4.5	电化学技术	169
7.5	工程规范	169
7.5.1	概述	169
7.5.2	加固方案	170
7.5.3	隔离方法	170
7.5.4	专业技术	170
7.6	选择过程	170
7.7	使用过程中修补的性能	172
7.7.1	概述	172
7.7.2	从混凝土修复网 (CONREPNET) 调查得出的结论	172
7.7.3	从混凝土修复网 (CONREPNET) 项目中得出的一般结论	176
7.8	干预时间	177
7.9	修补方案选择的一般原则	179
7.9.1	概述	179
7.9.2	辅助选择工具	180
7.10	欧洲标准 EN 1504 在选择过程中的作用	187
7.11	实践中修补方案的选择	188
7.11.1	图 7-7 中的水准 3——结构性或非结构性干预的确定	189

7.11.2 图 7-7 中的水准 4——结构性修补	189
7.11.3 图 7-7 中的水准 4——非结构性修补	194
7.11.4 图 7-7 中的水准 4——电化学技术	196
7.12 本章总结	199
本章参考文献	203
第 8 章 展望未来	205
8.1 动力	205
8.1.1 顾客/业主的需求	205
8.1.2 可持续发展	205
8.2 设计问题	205
8.2.1 “荷载”评估	205
8.2.2 建筑和结构细部	206
8.2.3 整体思想	206
8.3 修补系统的发展——EN 1504 的影响	206
8.4 试验技术	206
8.5 资产管理系统的的发展	208
8.6 本章总结	209
本章参考文献	209
译后记	210

第 1 章 概 论

1.1 背景

我们每个人往往都不是用系统化的方式进行思考，通常在日常生活中都要作决定，这些可看做是管理和维护。对于个人物品，如鞋、家具或家用车辆等，一般都涉及修补、维护或更新。这些物品大部分寿命比较短，市场上出现新一代或更有吸引力的产品时，我们往往会弃旧换新。这种购买新物品的趋势日益增加，形成了所谓的“丢弃型社会”文化。

甚至在我们自己的家中，这种态度也在改变。过去家家户户通常使用刷过油漆的木门或窗，现在逐渐用塑料来代替，很显然这样更换需要的维护更少了。随着家庭需要的改变，以分隔或扩建的方式进行改造变得越来越普及，这种改变其实就是人们的期望或性能要求的改变。

至少在目前，当我们迈进更广泛的结构领域时，所看到的画面却是非常不同的。人们期望结构的寿命更长久（但定义不明确），但最初的设计并没有考虑使用寿命及维护需要；而对时间因素的考虑大部分都是根据材料及结构规范进行的。在实践中人们也无法解释为什么如此。50 多年前，英国规范给出了不同类型结构的设计寿命，但绝大多数都被忽略了。在同一时期，人们试图用一种一般的方法来形成一个合理的维护制度，这一点非常重要，因为 40 年前维护工作约占建筑业预算的 30%，而现在已经上升到 50% 以上。

混凝土结构的现状由于耐久性问题变得更复杂了，人们已经了解了一些类型的侵蚀作用，如硫酸盐侵蚀，现在还出现了一些新的形式，如硅灰石膏。物理方面的侵蚀包括磨蚀及冻融作用，人们正试图通过规范来处理这方面的问题。碱骨料反应（ASR）也算是一种可怕的侵蚀作用，人们正在努力研究并逐渐了解这种作用。不过，主要的危险还是腐蚀，其原因是混凝土的碳化或各种因素产生的氯化物作用，尤其是路面上使用除冰盐产生的氯化物。

从研究的角度看，耐久性处理已经成为一个迅速发展的行业，其目标主要是理解所涉及的机理及其产生的效应。这些效应对结构性能及强度的影响尚不是很明确；研究人员在此领域倾向于以风险分析及概率法为基础，采取一种普遍的方法进行处理。

当我们正努力理解并使用新的科学信息时，业主却每天面对着日趋劣化的结构及对其进行管理的需求，还要随时想着功能、安全性及适用性。总的来说，合理决策的依据还没有明确。是先预防或至少延缓劣化速率还是先修补、改造、加固或重建？当我们要在全寿命成本（WLC）和维持令人满意的技术性能之间取得一个较好的平衡时，什么是最有效的措施？何时应该采取措施？

为了满足这一要求，修补及预防措施的发展已成为一个迅速发展的行业。根据不同原理已经形成了具有各种不同目标的补救措施，针对每种措施，市场上有大量可供选用的方案。从发展和实验室测试方法可以看出，过去人们强烈依赖制造商的资料，只是最近才出

台了一些主要以欧洲标准化协会（CEN）标准及欧洲标准 EN 1504（参见第 7 章）为依据的标准。尽管有关修补后长期性能的可靠资料仍然不足，但越来越多的反馈表明了人们的期望和实际状态。因此，修补业依据更为科学的基础，已经发展得更具有组织性了。

资产管理和维护的重要性在未来将会越来越高。混凝土会永久保持原状的传统观点已经证明是错误的，因为混凝土会受到不可预见的或被忽略的侵蚀作用。另外，设计和施工过程远不能达到完美的地步。维持结构性能需同时注意功能性淘汰问题，使人们对性能要求和荷载增加的期望越来越高。而且，资产管理已变得越来越具有前瞻性并更加注重亲身实践，对风险管理方法的依赖也越来越小。另外，可持续性也将扩大现有基础设施使用的需要。

总的来说，需要从全寿命性能和全生命成本方面进行思考的观点已获得认同，但如何最好地实现这种需要尚未明确。业主已尽其所能来处理，至少在某一类型的结构上已有所进步。混凝土桥梁就是一个具体的例子，因为它们受到除冰盐的威胁最大。这是一个变化和发展的动态年代，本书提供了一个全方位视角，着重于简单的工程方法。

1.2 本书简介

1.2.1 概况

在前言中我们已经了解到，我们所要讨论的主题范围很宽，因此很难在所有方面都作介绍。本书着重于介绍原理、实践和方法，书后的参考文献对此提供了必要的详细资料。

本书所要表达的思想是使方法尽可能简单，与所获得资料的质量和可靠性一致。对混凝土结构的评估，永远也不会是一门精确的学科，需要对其风险进行管理，但因具有不确定性，所以当为所选方案设定临界状态时，无论是对其自身评估还是对修补策略进行评估，都需要进行工程鉴定。另外，本书还以连续评估的概念为依据，尽可能通过调查来制定有足够把握的措施。图 1-1 的流程图对此进行了阐述，该图在第 3 章和第 4 章中还会再次提到。随着调查的进行，在 4 个阶段的任一阶段都可以获得充足的信息，调查一般包括初步调查和详细调查，如图 1-2 所示。初步调查是很有必要的，详细调查取决于什么样的信息较容易获得及劣化的特点和严重性。

第 2 章～第 6 章与图 1-1 密切相关，同时也为初步调查和详细调查之间提供了平衡，这种平衡在每一阶段都很有必要，第 6 章对详细评估作了较多的论述 [图 1-1 的阶段 (4)]，第 7 章给出了有关最合适补救措施选择方面的指导。

第 1.2.2 节概括了每一章的要点。

1.2.2 范围及要点

1.2.2.1 第 2 章 有关劣化的观点和反馈

第 2 章简单介绍了结构使用性能的反馈，同时确定了不同类型结构主要劣化机理的相对重要性，与此同样重要的是劣化的主要原因，因为这里有值得我们吸取的教训，不仅要重视对现有结构的调查和评估，还要对用于新建工程的现行规范作出调整。

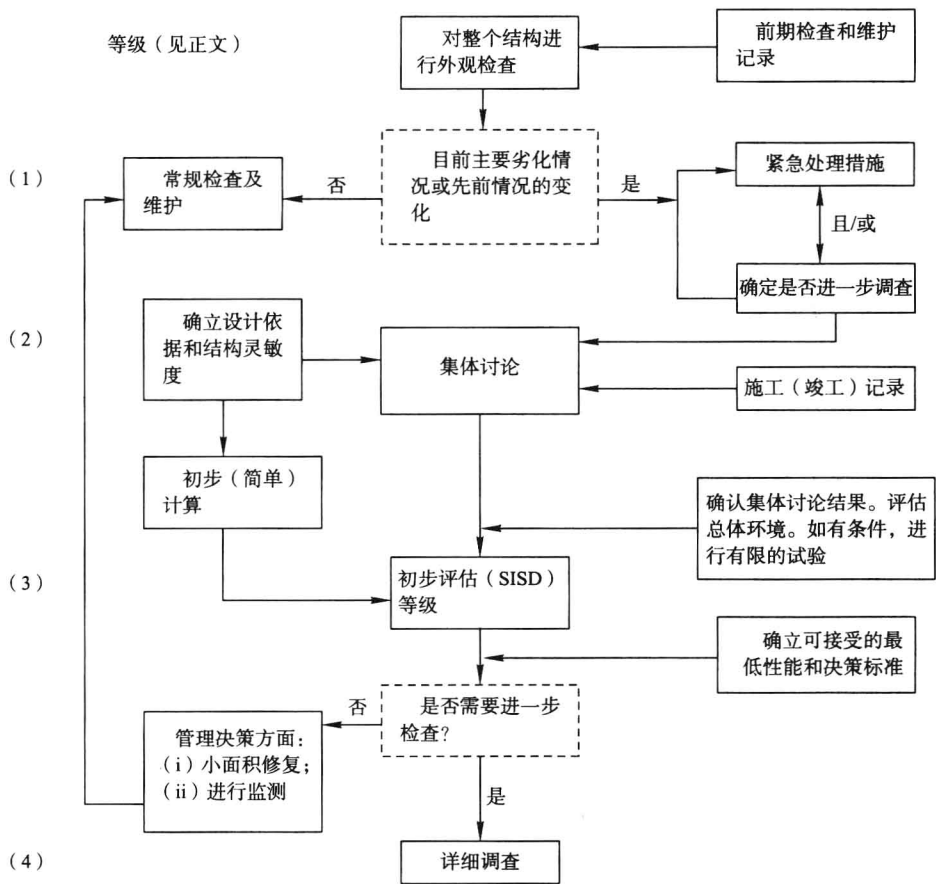


图 1-1 描述采取措施的 4 阶段连续评估流程图

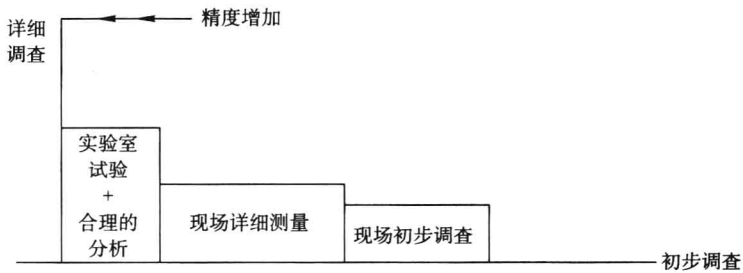


图 1-2 评估中初步调查与详细调查的平衡

影响劣化的主要因素有一般环境及局部微气候，尤其在潮湿的条件下，水是侵蚀作用的运输工具。具有有效接缝及排水系统的结构在任何环境下都表现出良好的性能，这表明在任何补救措施中，改善对水的控制会起到很大作用。同时还可以看到，细部和施工缺陷是主要原因。混凝土保护层及结构不同部位混凝土的质量有很大差别。从反馈中我们看到，在 21 世纪，人们在向更高耐久性方向努力的同时，主要的推动力仍然是材料方面。

相对而言，结构很少由于劣化而发生倒塌。倒塌的原因很多，不是一种因素导致的。评估时要认真考虑结构灵敏度，需要明确可接受的最低技术性能。另一方面，许多结构都

有储备的强度，以承担初始设计中不可预见的荷载。

1.2.2.2 第3章 管理和维护系统

在英国，收集管理和维护成本资料的工作始于20世纪50年代中期，当时这项工作直接导致了高成本维护的技术问题，因此永远不会进入到新建工程的规范中。从20世纪60年代中期开始，此项工作转变为资产管理的方式，尤其用于房屋建筑，在最近一系列英国及国际标准中应用更多。从20世纪70年代开始，随着除冰盐引起的破坏现象越来越明显，桥梁也成为人们专门需要考虑的问题，其中主要的推动力就是由高速公路管理局发布的一系列指导文件。

混凝土结构劣化不仅仅是英国面对的问题，本章在以下4个主要方面列举了不同类型结构的管理系统和指导文件：

- (1) 一般国内和国际指南；
- (2) 特定结构的指南；
- (3) 与特定侵蚀作用有关的指南；
- (4) 检测和试验方法。

根据上述指南可以确立一些原则和目标，也为第4~6章要介绍的方法奠定了基础，这些方法以连续评估（图1-1）的原理为依据。

1.2.2.3 第4章 缺陷、劣化机制和诊断

第5章和第6章介绍的初步和详细评估方法侧重于腐蚀、冻融作用和碱骨料反应。本章介绍了其他的侵蚀作用及可能发生的部位（表4-4）。

本章在介绍劣化机理之前，先介绍了一般缺陷的类型。查明劣化的主要原因是很关键的，因为这会影响到劣化速率的预测及采用的补救措施，另外，局部微气候的影响也很重要。

有的试验方法已经得到了验证，并说明了在诊断阶段如何（及何时）更好地使用这些方法。其中最关键的一点是事先要确定各种类型破坏的最低可接受性能，因为这会影响所选用的试验方法及整体调查深度。

从根本上讲，本章是关于调查和诊断的，必要时审视和使用图1-1中的所有内容，以获得初步评估状态（第3阶段）所需的输入资料。

1.2.2.4 第5章 初步结构评估

本章以针对破坏类型的标准数值方法为基础，这些方法在CONTECVET指南^[5.1]中有介绍。CONTECVET项目已经证明，早期为碱骨料反应提出的基本评估方法经修改也可用于腐蚀和冻融作用评估。

在这一关键阶段，将图1-1所有方格中搜集的信息集中到一起进行评估，这需要采用系统的方法，不只是根据调查资料，还要将其进行分类并仔细选择试验。对资料的理解也很重要，不过这需放在特定环境中考虑。此方法是破坏分类的一个标准版本（第3章给出的几种可能性之一），但必须融入结构的工程观点。该方法及理念在第5章中有介绍，具体体现在以下小节：

- 5.1 概述
- 5.2 对试验数据的解释
- 5.3 有关破坏类型的工程观点
- 5.4 初步评估：一般原理和方法
- 5.5 碱骨料反应的初步评估
- 5.6 冻融作用的初步评估
- 5.7 腐蚀的初步评估
- 5.8 干预*的性质和时间

最后的第 5.8 节给出了有关将干预时间同结构严重性等级联系起来的指导，第 7 章从补救措施方面对此做了更为详细的介绍。

表 1-1 针对碱骨料反应可采取的措施与结构严重性等级的关系

原结构安全等级	硅酸盐反应环境下的状况	措施	备注
N D	满意	除进行常规检测外，不采取其他措施	容易确定
C B	临界	保守的选择： ①详细评估 ②有限的措施 ③监测 ④荷载试验	难以确定采取什么措施，需要做更多调查
A	可能不恰当	取决于详细评估结果，进行补救及进行荷载试验	相对容易确定

注：1. 第 1 列的等级值（SISDs）是参照文献 [3. 39] 中有关碱骨料反应等级列出的，这里只是示意性的。所有侵蚀作用的详细情况在第 5 章和第 6 章中进行论述。
2. 大多数结构都包含有不同等级值 SISDs 的构件，SISDs 相近的构件应划为一类，以便于管理。
3. 采取措施的时间取决于结构的状况、未来的使用和寿命要求，广义上说都与 SISDs 有关。
4. 任何策略都应确保结构性能适当，使其寿命延长并改善外观，这一阶段是比较保守的。
5. 在确定管理方案之前，必须要进行详细评估。

应该承认的是，此过程既不是一门精确的学科也不是简单的线性回归。数据也许不恰当，存在某些不确定性，这都需要进一步调查。一个简单方法是将严重性分为满意、临界和可能不恰当 3 个等级，表 1-1 中碱骨料反应（硅酸盐反应）方面的内容对此进行了论述。第 1 组和第 3 组的措施相对简单，第 2 组需要进一步调查。第 2 组和第 3 组最常见的后续措施是进行详细评估（第 6 章）。

1.2.2.5 第 6 章 详细结构评估

第 6 章论述的详细结构评估方法从本质上说是确定性的，使用传统的与设计有关的方法，利用测量的或评估的数据更新材料的力学特性和截面特性，确定劣化效应。其中包括风险评估，但更多的是分项系数的使用和最低技术性能的再评估。评估时采用越来越少的假设（如真实荷载和截面特性可通过测量获得），表明可采用较低的安全系数而不影响整

* 本书中“干预”指采取措施——译者注。

体可靠性。总的设计依据为欧洲规范 2。

简单来说,结构分析与临界部位残余强度评估是分开进行的,因为与强度相比,劣化影响更明显的是构件刚度。

劣化对不同的作用效应如受弯、受压、受剪、粘结和锚固有一定影响,对利用改进的设计公式计算这些作用效应的方法也有影响,而这些影响有足够的空间来评估。受弯和受压性能的预测相对容易,受剪和粘结性能预测则较为困难,需要更为关注,需要参考大量的试验数据。对碱骨料反应,作者有幸获得了伯明翰大学、运输研究实验室(TRL)和英国水泥协会前任同事提供的数据库。有关冻融作用效应的相关数据非常有限,这反映在第 6 章所做的尝试性建议中。

对于腐蚀,试验数据主要来自 3 个渠道:运输研究实验室、伯明翰大学和作为 CON-TECVET 项目一部分的西班牙的 Geocisa。在分析这些数据时,作者尤为感谢英国水泥协会的前任同事 M. P. Webster,其博士论文^[6,11]对此作出了很大贡献。

对于第 5 章的初步评估,没有一部分内容是精确的,也不可能精确。不过,原理比较全面,随着越来越多数据的积累,措施将会进一步改进。

1.2.2.6 第 7 章 保护、预防、修补、翻修和改造

这是一个庞大的课题,所有方面的详细处理都远远超出了本书的范围,然而,这仍是混凝土结构评估管理的基本部分,所涉及的原理及过程是很重要的,同时也给出了详细的参考。

本章各节的范围和方法如下:

- 7.1 概述
- 7.2 已修补结构的性能要求
- 7.3 混凝土保护、修补、翻修和改造方案的分类
- 7.4 修补及补救措施的性能要求
- 7.5 工程规范
- 7.6 选择过程
- 7.7 使用过程中修复的性能
- 7.8 干预时间
- 7.9 修补方案选择的一般原则
- 7.10 欧洲标准 EN 1504 在选择过程中的作用
- 7.11 实践中修补方案的选择
- 7.12 本章总结

在对已有方案进行分类时(第 7.3 节),采用的是欧洲标准 EN 1504 的体系^[7,13],涉及所有可能的情况并建立了修补的 11 项原则,作者相信这份文件会决定修补业的未来。另外还以其他多个标准(附表 7-1 和附表 7-2)为依据,其显著特点是不仅强调了施工和质量控制,还强调了监督和后续管理的需要。

在特定的情况下,选择修补方案之前,一定要明确从性能的角度看需要什么,不仅是对需要修补的结构(第 7.2 节),也对所选择的补救方案(第 7.4 节)。不管是哪个阶段,

都要注重性能，因为众所周知，过去所遵循的规范方法导致很多情况下实际结果与人们所期望的不符。

选择过程本身可能涉及遵循如图 1-3 所示的流程图。该图是从混凝土修复协会网站 (CONREPNET) 下载的，其中涉及欧洲标准 EN 1504 中的原则 (M1 - M11)。

第 7 章的第 7.7 节很重要，对混凝土修复协会网 (CONREPNET) 项目中有关使用中修补性能的资料进行了总结，并将以研究和试验为基础的人们所期望的结果与现场可能出现的结果作了比较，另外还强调了环境影响真实性能的重要性。在影响补救措施的选择方

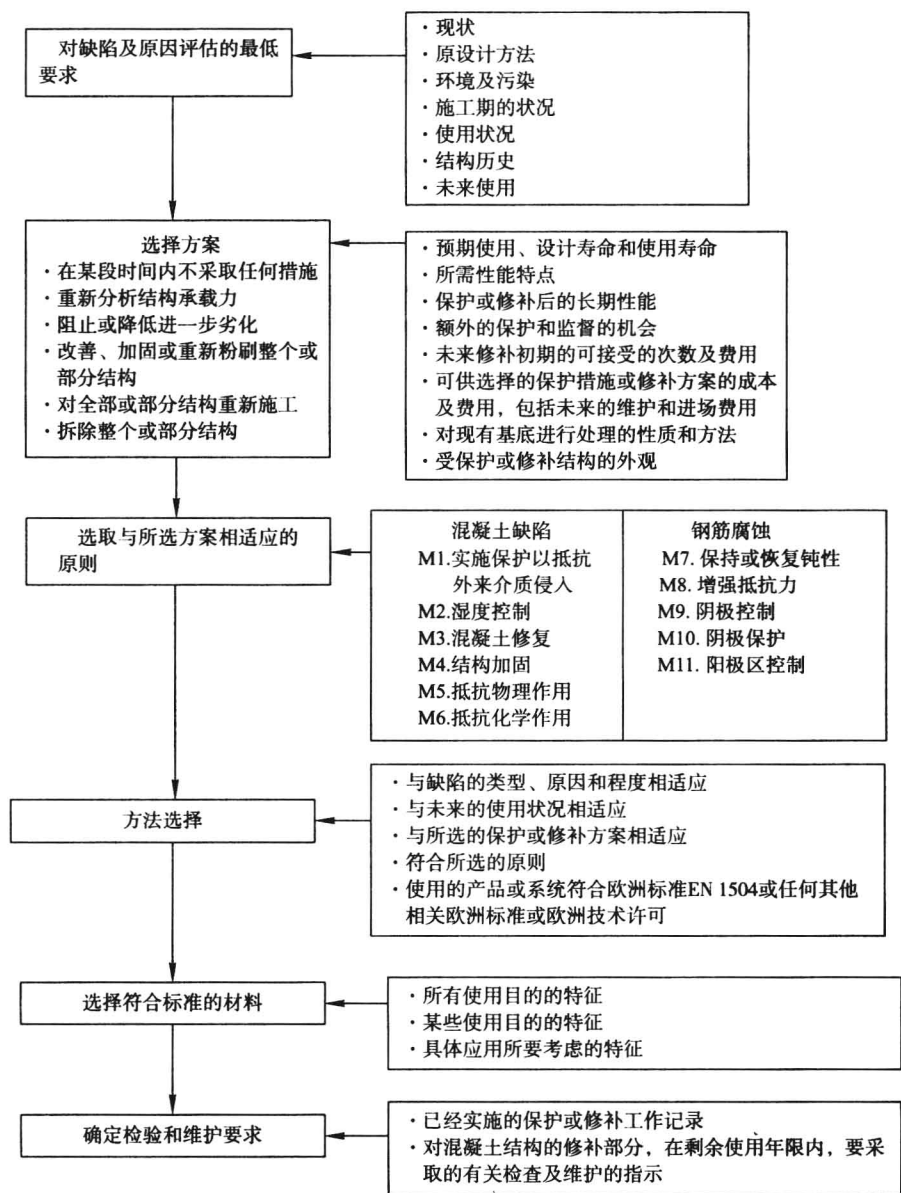


图 1-3 欧洲标准 EN 1504 将连续的评估过程融合为一体的方式 (CONREPNET^[7, 16])