

BUILDING PATHOLOGY

建筑病理学

——建筑物常见病害诊断与对策

王元久 姚少臣 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

BUILDING

PATHOLOGY

建筑病理学

——建筑物常见病害诊断与对策

王立久 姚少臣 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书综合了建筑材料、建筑施工管理、建筑监理和材料设计与工艺学等诸多学科的科学方法,研究建筑病害的成因、机理、发展及其转归规律,针对建筑物常见的几种病害——损伤、裂缝、腐蚀、冻害、渗漏、老化、倒塌等,分析了常见建筑病害的形态、特征及其动态变化,阐明常见建筑病害的本质,各种病害的鉴别方法、诊断技术,从而相应提出根治或原生避免这些常见建筑物病害的对策,保障建筑物正常运用。

本书是建筑施工管理、建筑监理及建筑质量监督等部门技术人员的实用手册,是从事建筑设计、施工、科研等有关技术人员的重要参考资料,也是大专院校有关专业师生理想的教材和资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑病理学: 建筑物常见病害诊断与对策/王立久, 姚少臣编著. —北京: 中国电力出版社, 2001

ISBN 7-5083-0837-9

I. 建… II. ①王…②姚… III. ①建筑物-检查②建筑物-保养③建筑物-维修 IV. TU746

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 074835 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2002 年 2 月第一版 2002 年 2 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.75 印张 252 千字

印数 0001—4000 册 定价 25.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

编者的话

《建筑病理学》(Building pathology)是研究建筑病害发生、发展和转归规律的一门科学。它的任务是运用科学方法研究建筑物病害的成因、机理,研究建筑病害形态、特征、功能和动态变化,并研究各种病害的鉴别方法,从而阐明建筑病害本质,为根治或原生避免病害和保障建筑物正常使用提供理论基础。

《建筑病理学》是一门建筑基础学科,又是一门建筑应用学科。它是近几年新发展起来的新型学科,也是王立久教授汇集建筑领域专家学者前期及作者本人研究成果后首次提出的。它的创立和发展与其它建筑基础学科,如建筑材料学、施工管理学、建筑监理学、材料工艺学的发展和土木建筑领域建筑事故屡屡发生是分不开的,它也是和当代先进检测技术发展密切相关的。建筑病理学为正确认识建筑病害提供理论依据,为正确处理建筑病害提供有效方法,同时也为正确诊断建筑病害提供科学检测手段。然而,建筑病害本质上又涉及到建筑材料、建筑施工管理、建筑监理和材料设计与工艺学诸多学科。因此,对于研究者来说,懂得建筑病理学可以指导如何开发高技术建筑材料;对于施工管理和监理者来说,懂得建筑病理学可以更好地管理和监理;对于建筑质量监督者来说,懂得建筑病理学有利于准确公正地监督执法和仲裁。

因此,《建筑病理学》是本实用性和学术性技术专著。既是大专院校、科研院所理想的教材和参考资料,也是建筑施工管理和监理部门的实用手册,既是建筑质量监督部门监督仲裁的依

目 录

编者的话

第一章	建筑病害概论	1
第一节	建筑病害定义及分类	1
第二节	建筑病害现状	3
第三节	建筑病害评价方法	6
第四节	建筑病害处理通论	13
	参考文献	14
第二章	损 伤	15
第一节	损伤的类型与检测	15
第二节	结构损伤	18
第三节	表面损伤	62
	参考文献	73
第三章	裂 缝	75
第一节	裂缝基本类型、特征与鉴别	75
第二节	裂缝成因	93
第三节	裂缝处理的界限与原则	102
第四节	裂缝的预防和处理方法	108
	参考文献	125

第四章

127

第一节	腐蚀基本类型、特征与鉴别	127
第二节	化学腐蚀	131
第三节	物理腐蚀	147
第四节	生物腐蚀	150
第五节	防腐措施	152
	参考文献	159

第五章

160

第一节	冻害基本类型、特征及鉴别	160
第二节	冻害机理	162
第三节	防冻剂与抗冻剂	164
第四节	防冻害的基本措施	171
	参考文献	179

第六章

180

第一节	防水工程渗漏特征与鉴别	180
第二节	渗漏基本类型	181
第三节	防渗漏机理	187
第四节	密封、防水和堵漏材料	195
第五节	渗漏病害处理	209
	参考文献	214

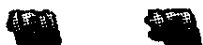
第七章

215

第一节	老化基本类型、特征与鉴别	215
第二节	老化机理	218
第三节	防老化措施	231

参考文献	240
------------	-----

第八章



242

第一节 倒塌基本类型、特征与鉴别	242
第二节 倒塌成因	249
第三节 局部倒塌处理	255
第四节 基础变形引起倒塌处理	258
第五节 结构物倒塌处理	261
参考文献	271

第九章



272

第一节 概述	272
第二节 强度检测	279
第三节 结构检测	294
第四节 耐久性检测	305
参考文献	310

第十章



311

第一节 结构损伤案例	311
第二节 裂纹案例	323
第三节 腐蚀案例	344
第四节 冻害案例	353
第五节 渗漏案例	363
第六节 老化案例	368
第七节 倒塌案例	370
参考文献	397



建筑病害概论

第一节 建筑病害定义及分类

一、工程质量事故与缺陷

建筑工程是一种特殊产品,不仅应具有环境优美、结构合理、功能齐全、装饰典雅的室内外空间,而且还必须使其结构具有一定的可靠性、安全性及耐久性等性能,否则就会出现“建筑病害”,过去曾把其称之为“缺陷”或“事故”,而这种缺陷和事故的概念只是从宏观上对其评定,并没有涉及本质,不得不依经济损失作为事故的界线。我国建设部规定:凡质量达不到合格标准的工程,必须进行返修、加固或报废,由此造成经济损失在 5000 元(含 5000 元)以上的称为工程质量事故,不足 5000 元列为质量问题。建设部 1989 年第 3 号令又把事故分为重大和一般两类,凡造成重伤 2 人以下或直接经济损失在 10 万元以下者为一般事故,而造成死亡 1 人以上或重伤 3 人以上或直接经济损失在 10 万元以上者为重大事故。所谓“质量达不到合格标准”是指按国家标准 GBJ301《建筑工程质量检验评定标准》进行检查验收不合格者,同时其建筑结构功能达不到 GBJ68《建筑结构设计统一标准》规定者,统称“质量事故”。GBJ68 具体要求是:

- 1) 能承受正常施工和正常使用时可能出现的各种作用;
- 2) 在正常使用时具有良好的工作性能;

3) 在正常维护下具有足够的耐久性;

4) 在偶然事件发生时及发生后,仍能保持必要的整体稳定性。

“缺陷”不等于“事故”，缺陷一般是指工程通病，主要指建筑工程中经常发生的和普遍存在的一些工程质量问题。但缺陷容易被忽视，随着时间推移缺陷逐步发展，就有可能演变为事故。缺陷往往是产生事故的直接或间接原因，而事故往往是缺陷的质变或对缺陷经久不加处理的发展结果。

二、建筑病害与建筑病理学

所谓建筑病害是建筑工程质量事故和质量缺陷的统称，但并非两种概念的简单归纳，而是理性的综合。建筑物也可与人进行类比，人体各种残疾实际上就是人体质量事故，它不能用经济损失来衡量，因为这种残疾已严重影响人类的正常生活、工作和学习，而人体外表的一些缺陷和疾病例如皮肤病也可称之为人体质量缺陷，但残疾和皮肤病统称为病，为此人们为认识这些病害本质并为其根治或原生避免，保障人类健康进行大量研究，这就是“病理学”。

建筑病理学 (Building Pathology) 是研究建筑病害发生、发展和转归规律的一门科学。它的任务是运用科学方法研究建筑病害的成因、机理，研究建筑病害形态、特征、功能和动态变化，并研究各种病害的鉴别方法，从而阐明建筑病害本质，为其根治或原生避免和保障建筑物正常使用提供理论基础。

三、建筑病害分类

建筑病害分类方法很多，例如按病害原因、发生时期、造成危害的等级，以及处理方法等进行分类。

本书按病害性质进行分类。

(1) 损伤：指材料制造工艺过程或使用过程中因荷载、湿度、环境等作用，使材料的微细结构发生变化，导致材料宏观力学性能或装饰及使用功能的劣化。

(2) 裂缝：指固体材料中的某种不连续现象，其形态主要表现为“开裂”。

(3) 腐蚀：指腐蚀介质对材料的物理和化学的破坏作用。

(4) 冻害：指在饱和水或潮湿状态下，因温度正负变化，使材料内部孔隙中的水结冰膨胀或渗透膨胀——融解松弛，从此反复循环产生疲劳应力，所造成的破坏。

(5) 渗漏：指防水工程的漏水、渗水和潮湿。

(6) 老化：指有机高分子材料或制品逐渐失去弹性，出现裂纹、变硬、变脆或变软、发黏、变色等现象。

(7) 倒塌：指建筑物整体或局部坍塌。

第二节 建筑病害现状

一、我国建筑业现状

经过建国 50 年的发展建设，建筑业生产规模至 1997 年底全国建筑法人单位 12.6 万个，产业活动单位 15.1 万个，从业人数 2370 万人。不仅完成了国家巨大的经济建设任务，同时改造了数以万计的大小城镇，兴建了大量的城市道路、自来水、供电和市政公用、文教体育等设施。50 年间，建筑业共创造总产值 86397 亿元，净产值 18683 亿元。“八五”期间，建筑业完成增加值 11547 亿元，占同期国内生产总值的 6.1%。“九五”期间，1998 年全国四级或四级以上建筑业企业完成建筑业总产值 10062.0 亿元，完成建筑业增加值 2783.8 亿元。其中国有企业完成建筑业总产值 4571.4 亿元，建筑业增加值 1309.9 亿元，与 1980 年相比均增加了 19 倍以上，平均年递增 20% 左右。建筑业增加值占 GDP 的比重连续多年超过 6.0%，见 1952~1998 年建筑业 GDP 增长趋势图（图 1-1）。

从改革开放初期到 1998 年，建筑业完成建筑安装工程量超过 100000 亿元，完成房屋竣工面积 49 亿多米²，其中住宅 23 亿多

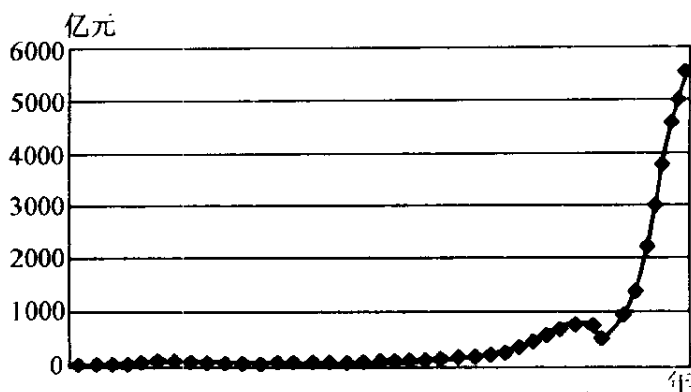


图 1-1 1952~1998 年建筑业 GDP 增长趋势图

米²，为前 30 年的近 4 倍。

二、建筑工程质量现状

1. 建筑业三次高潮

建筑业第一次高潮出现在 1958~1960 年“大跃进”时期。由于解放初期的努力,我国财政状况基本好转,建筑业掀起向前苏联学习高潮,但我国工程技术人员尚缺乏把握工程质量的实践经验,致使工程事故不断发生。据建设部不完全统计,1958 年发生重大事故 18 起,而 1959~1960 年就有 16 起,其中尤以杭州某钢铁厂钢筋混凝土排架结构工程倒塌最为严重。主要原因是设计上不恰当地套用前苏联设计节点太多、刚度较差的预制拱形组合屋架标准图集,不经实际使用荷载复核,施工中采用半边吊装,且混凝土所用水泥标号不足,屋架焊接质量低劣,使用锈蚀严重的钢板等。

建筑业第二次高潮出现在 1972~1976 年“文革”期间。在此期间,1975~1976 年重大倒塌事故有 20 起,1977 年一年有 21 起。1972 年湖北鄂城新建百货大楼倒塌较典型,该工程为四层砌体结构,建筑面积 2460m²,施工中东部倒塌 1100m²。主要原因是设计变更造成的:将 370mm 厚实心砖承重墙改为 240mm 空斗砖承重墙; M2.5 水泥混合砂浆改为 M0.4 白灰砂浆;并擅自取消扶壁柱。另一原因就是施工质量低劣,表现在轴线偏移、墙体倾斜以及混凝土强度严重不足等。

建筑业第三次高潮发生在近年来建筑业经济体制改革以后。在此期间，据不完全统计，1985年上半年共发生倒塌事故21起，死亡21人，重伤35人。其中最典型是北京某厂转运站工程，该工程是装配式钢筋混凝土框架结构，高40m，某晚刮大风时突然整体倒塌，经查是施工过程中没有及时将预制梁柱接头连接，未形成整体结构所致。

2. 建筑工程质量现状

我国建筑代表性工程质量均达到国际标准，但总体水平仍然偏低，且不稳定。

(1) 工程合格率低

工程质量的优劣，主要依据我国现行的GBJ300《建筑安装工程质量检验评定统一标准》进行衡量。尽管此标准与国际标准相比仍有较大差距，但目前合格率还是比较低。进入90年代后，我国建筑工程的优良品率始终在40%以下，1993年达到38.8%，以后逐年下降，1998年仅为30.3%。

(2) “劣质工程”增多

劣质工程是指结构不能保证安全性要求，或者工程功能、质量达不到基本使用要求，或者单位工程观感得分率在50%及50%以下的建筑工程。主要是由设计、施工、管理和使用劣质建筑材料造成的。1994年在29个省会城市抽检462栋住宅中，就有17栋是劣质工程。

(3) 倒塌事故屡屡发生

据统计，我国三次建筑高潮也是倒塌事故最多时期。从收集到的220起具有代表性的倒塌事故中，钢屋架倒塌最多，占17.3%；柱、垛、墙等垂直结构首先破坏造成房屋倒塌的占13.6%，居第二位。除此以外依次是钢筋混凝土屋架、钢木屋架、悬臂结构等倒塌。

(4) 存在严重事故隐患

在我国现有建筑队伍中，90%以上是农民工，真正能在现场从事操作的施工企业内部技工仅占4%。大部分没有经过专门培

训，既缺乏建筑基本知识，又缺乏基本操作技能。显然，在这种情况下很难保证工程质量。

建筑市场行为极不规范。主要表现在无证或超级承担设计与施工任务，层层转包或以包代管，投标中肆意压价，使用不合格建筑材料，偷工减料等。

所有这些都给建筑工程带来严重的事故隐患。

(5) 质量通病普遍存在

目前，由于不少建设单位不具备相应的工程管理能力，又不委托监理单位对工程进行有效的监督和管理，一些建筑施工企业不按标准、规范施工，加上材料质量问题和政府监督机制不健全等，致使渗、漏、堵、空、裂等质量通病长期得不到根治。

第三节 建筑病害评价方法

一、建筑工程产品质量特性与技术标准

1. 质量特性

按 ISO9000《质量管理和质量保证标准选择和使用指南》的定义，质量就是指产品、过程或服务满足规定或潜在要求的特征和特性的总和。产品是指设计生产出来的实体，它包括成品、半成品以及再制品等。过程是指产品的形成过程，亦即建筑产品的设计、施工、检测和验收等过程。服务是指项目确定前后过程为实施、维修而进行的工作。

从用户的观点出发，质量特性可概括为“使用适宜性”，或称使用价值，即产品满足社会或个人需要所具备的自然属性。产品适用性是通过质量特性具体表现的，质量特性是适用性的基础。从经济学观点看，产品的质量就是产品的使用价值，一般包括性能、寿命、安全性、可靠性和经济性。对建筑行业来说，一般体现为设计质量、施工质量、产品功能和售后服务四个方面。

2. 技术标准

技术标准是工程质量控制的尺度和依据，是确保工程质量的基本条件，是各类工程建设的勘察、设计、施工和验收、工程质量检验评定的法规。依其作用的不同可分为基础标准、控制标准、方法标准和产品标准四大类：阐明名词术语、图例符号、模数、主要参数等为基础标准；满足安全、防火、卫生、环保等要求以及工期、造价、劳动、材料等定额的限制要求为控制标准；试验检验、设计计算、施工操作、安全技术、检查验收、评定等为方法标准；确定工程材料、构配件、设备、建筑机具、模具等性能为产品标准。

为促进企业加强管理,确保工程质量,统一建筑安装工程质量检验评定方法,依据标准有 GBJ300《建筑安装工程质量检验评定统一标准》,GBJ301《建筑工程质量检验评定标准》,GBJ302《建筑采暖卫生与煤气工程质量检验评定标准》等等,共同组成工业及民用建筑工程质量检验评定的方法标准系列。

二、质量检验评定等级

1. 分项、分部和单位工程的划分

依据 GBJ300 规定，建筑安装工程质量按分项、分部和单位工程划分进行检验评定。

分项工程一般按主要工种进行划分，如砖砌工程、钢筋工程、模板工程、混凝土工程等多项。分部工程按建筑物主要部位进行划分，如建筑工程的地基与基础工程、主体工程、地面与楼面工程、门窗工程、装饰工程、屋面工程六个分部工程。建筑设备安装工程有建筑采暖卫生煤气工程（简称暖卫工程）、建筑电气安装工程（简称电气工程）、通风与空调工程、电梯安装工程 4 个分部工程。单位工程由建筑工程和建筑设备安装工程共同组成，一般包括 10 个分部工程。但在具体单位工程中，不一定都有这些分部工程，如一般住宅工程大多由建筑工程的 6 个分部工程和建筑设备安装工程的暖卫工程、电气工程 2 个分部工程，共 8 个分部工程组成。

2. 评定等级

按国家标准，分项、分部和单位工程质量均分为合格和优良两个等级。

在分项工程质量检验评定标准中，按保证项目、基本项目和允许偏差项目进行等级评定。保证项目是指关系到结构或构造的安全性能和使用功能的关键环节和重要检验项目，是必须达到的条文，一般用“必须”或“严禁”等词表示，保证项目必须达到优良标准要求。基本项目是保证工程安全或使用性能的最基本要求，一般用“应”或“不应”词表示，其指标要划分出“合格”及“优良”二个等级。基本项目允许有一定范围的偏差和缺陷。

评定分部工程质量时，所有分项工程都必须达到合格标准，不允许不合格的分项工程存在。优良分项工程占分部工程总计项目的 50% 及以上时，分部工程质量等级才可评为优良等级。如评定的优良分项工程达不到 50%，只能评为合格分部工程。

单位工程合格质量等级条件是所含分部工程的质量全部合格和质量保证资料应符合标准的规定(见表 1-1)以及观感质量的评定得分率应达到 70% 及其以上(见表 1-2)。优良等级条件是所含分部工程质量全部合格且有 50% 及其以上为优良，同时质量保证资料基本齐全和观感质量评定的得分率达到 85% 及其以上。以建筑工程为主的单位工程必须含主体和装饰分部工程，而以建筑设备安装工程为主的单位工程，其指定的分部工程必须达到优良等级。

表 1-1 质量保证资料核查表

序号	项 目 名 称	份 数	检查情况
1	钢材出厂合格证, 试验报告		
2	焊接试(检)验报告, 焊条(剂)合格证		
3	水泥出厂合格证或试验报告		
4	砖出厂合格证或试验报告		
5	防水材料合格证、试验报告		
6	构件合格证		
7	混凝土试块报告		
8	砂浆试块试验报告		
9	土工试验、打(试)桩记录		
10	地基验槽记录		
11	结构吊装、结构验收记录		

续表

序号	项 目 名 称		份 数	检查情况
12	建与 筑煤 采气 暖工 程卫 生	材料、设备出厂合格证		
13		管道、设备强度、焊口检查和严密性试验记录		
14		系统清洗记录		
15		排水管灌水、通水试验记录		
16		锅炉、烘、煮炉,设备试运转记录		
17	建安 筑装 电工 程气	主要电气设备、材料合格证		
18		电器设备试验、调整记录		
19		绝缘、接地电阻测试记录		
20	通调 风工 程与 程空	材料、设备出厂合格证		
21		空调调试报告		
22		制冷管道试验记录		
23	电装 梯工 安程	绝缘、接地电阻测试记录		
24		空、满、超载运行记录		
25		调整、试验报告		

检查结果:

企业技术部门
或监督部门 负责人

公司

年 月 日

表 1-2

单位工程观感质量评定表

序号	项 目 名 称	标 准 分	评 定 等 级					备 注	
			一级	二级	三级	四级	五级		
			100%	90%	80%	70%	0		
1	建 筑 工 程	室外墙面	10						
2		室外大角	2						
3		外墙面横竖线角	3						
4		散水、明沟、台阶	2						
5		滴水槽(线)	1						
6		变形缝、水落管	2						
7		屋面坡向	2						
8		屋面防水层	3						
9		屋面细部	3						
10		屋面保护层	1						
11		室内顶棚	4/5						
12		室内墙面	10						
13		地面与楼面	10						
14		楼梯、踏步	2						

续表

序号	项目名称	标准分	评定等级					备注	
			一级 100%	二级 90%	三级 80%	四级 70%	五级 0		
15	建 筑 工 程	厕浴、阳台泛水	2						
16		抽气、垃圾道	2						
17		细木、护栏	2/4						
18		门安装	4						
19		窗安装	4						
20		玻璃	2						
21		油漆	4/6						
22	室 内 排 水	管道坡度、接口、支管、支架、管件	3						
23		卫生器具、支架、阀门、配件	3						
24		检查口、扫除口、地漏	2						
25	室 内 采 暖	管道坡度、接口、支架、弯管	3						
26		散热器及支架	2						
27		伸缩器、膨胀水箱	2						
28	室 内 煤 气	管道坡度、接口、支架	2						
29		煤气管与其它管的距离	1						
30		煤气表、阀门	1						
31	室 内 电 气 安 装	线路敷设	2						
32		配电箱(盘、板)	2						
33		照明器具	2						
34		开关、插座	2						
35		防雷、动力	2						
36	通 风 空 调	风管、支架	2						
37		风口、风阀、风罩	2						
38		风机	1						
39		风管支架	2						
40		风口、风阀	2						
41	空气处理室、机组	1							
42	电 梯 工 程	运行、平层、开关门	3						
43		层门、信号系统	3						
44		机房	1						
合计	应得	分	实得	分	得分率	%			
检查人员:									