



住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

工程质量事故 分析与处理

Civil Engineering

李 飞 主 编
梁化强 单春明 副主编
张季超 主 审

中国建筑工业出版社

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

工程质量事故 分析与处理

李 飞 主 编
梁化强 单春明 副主编
张季超 主 审



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程质量事故分析与处理/李飞主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017.12

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材. 高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材
ISBN 978-7-112-21436-5

I. ①工… II. ①李… III. ①建筑工程-工程质量事故-事故分析-高等学校-教材②建筑工程-工程质量事故-事故处理-高等学校-教材 IV. ①TU712.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 262681 号

本书由中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会组织编写。本书根据普通高等学校培养应用型人才的要求及现行的规范、标准和法规编写。本书为住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材。

本书参考了大量工程质量事故分析与处理方面的相关教材和文献资料, 引用国内外许多典型工程质量事故案例, 分析了各种常见工程质量事故产生的原因和预防处理措施。全书共分为 10 章, 包括: 概述, 工程质量事故的常用检测方法, 岩土工程、混凝土结构工程、钢结构工程、砌体结构工程、道路与桥梁工程的质量事故分析与处理, 防水工程、装饰工程质量缺陷分析与处理, 最后还介绍了工程灾害事故分析与处理。

本书可作为土建类相关专业本科生和高职学生教材, 可根据学时和不同专业选学相关内容, 还可供相关工程技术人员参考。

为方便教学, 本书作者还编制了配套的教学文件, 有需要的读者可发送邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

* * *

责任编辑: 聂伟 吉万旺 仕帅 王跃

责任设计: 韩蒙恩

责任校对: 王瑞 王雪竹

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

工程质量事故分析与处理

李飞 主编

梁化强 单春明 副主编

张季超 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21¼ 字数: 526 千字

2018 年 1 月第一版 2018 年 1 月第一次印刷

定价: 44.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-21436-5

(31123)

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)

高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材 编委会成员名单 (按姓氏笔画排序)

顾 问：吕恒林 刘伟庆 吴 刚 金丰年 高玉峰

主任委员：李文虎 沈元勤

副主任委员：华 渊 宗 兰 荀 勇 姜 慧 高延伟

委 员：于清泉 王 跃 王振波 包 华 吉万旺

朱平华 张 华 张三柱 陈 蓓 宣卫红

耿 欧 郭献芳 董 云 裴星洙

出版说明

近年来,我国高等教育教学改革不断深入,高校招生人数逐年增加,对教材的实用性和质量要求越来越高,对教材的品种和数量的需求不断扩大。随着我国建设行业的大发展、大繁荣,高等学校土木工程专业教育也得到迅猛发展。江苏省作为我国土木建筑大省、教育大省,无论是开设土木工程专业的高校数量还是人才培养质量,均走在了全国前列。江苏省各高校土木工程专业教育蓬勃发展,涌现出了许多具有鲜明特色的应用型人才培养模式,为培养适应社会需求的合格土木工程专业人才发挥了引领作用。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会(以下简称江苏分会)是经中国土木工程学会教育工作委员会批准成立的,其宗旨是为了加强江苏省具有土木工程专业的高等院校之间的交流与合作,提高土木工程专业人才培养质量,促进江苏省建设事业的蓬勃发展。中国建筑工业出版社是住房和城乡建设部直属出版单位,是专门从事住房和城乡建设领域的科技专著、教材、标准规范、职业资格考试用书等的专业科技出版社。作为本套教材出版的组织单位,在教材编审委员会人员组成、教材主参编确定、编写大纲审定、编写要求拟定、计划出版时间以及教材特色体现和出版后的营销宣传等方面都做了精心组织和协调,体现出了其强有力的组织协调能力。

经过反复研讨,《高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材》定位为以普通应用型本科人才培养为主的院校通用课程教材。本套教材主要体现适用性,充分考虑各学校土木工程专业课程开设特点,选择20种专业基础课、专业课组织编写相应教材。本套教材主要特点为:抓住应用型人才培养的主线;编写中采用先引入工程背景再引入知识,在教材中插入工程案例等灵活多样的方式;尽量多用图、表说明,减少篇幅;编写风格统一;体现绿色、节能、环保的理念;注重学生实践能力的培养。同时,本套教材编写过程中既考虑了江苏的地域特色,又兼顾全国,教材出版后力求能满足全国各应用型高校的教学需求。为满足多媒体教学需要,我们要求所有教材在出版时均配有多媒体教学课件。

本套《高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材》是中国建筑工业出版社成套出版区域特色教材的首次尝试,对行业人才培养具有非常重要的意义。今年正值我国“十三五”规划的开局之年,本套教材有幸整体入选《住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材》。我们也期待能够利用本套教材策划出版的成功经验,在其他专业、其他地区组织出版体现区域特色的教材。

希望各学校积极选用本套教材,也欢迎广大读者在使用本套教材过程中提出宝贵意见和建议,以便我们在重印再版时得以改进和完善。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会
中国建筑工业出版社
2016年12月

前 言

土木建筑工程与人类社会发展和人民生活水平密切相关。土木建筑工程建设发展到现在，一方面，以我国为代表的发展中国家，建设规模和建设速度都是空前的，从而出现大量的工程中的意外事故，造成大量经济损失和人员伤亡；另一方面，建设事业已经趋向饱和的发达国家，正面临着空前的工程结构老化裂损，存在亟待进行大范围加固处理的压力。因此，学习土建工程事故，掌握土建工程破损分析与处理技术，是土木工程类专业学生及土木工程师们应该具有的职业素养。本书主要包括土建工程中的质量事故分析与处理，还包括既有建筑物的裂损分析与加固处理两方面的内容。

本书着眼于培养土木工程专业应用型本科和高等职业技术人才要求，注重基本原理与典型事故案例紧密结合，图文并茂，实用性强。本书主要内容包括：概述、工程质量事故的常用检测方法，岩土工程、混凝土结构工程、钢结构工程、砌体结构工程、道路与桥梁工程的质量事故分析与处理，防水工程、装饰工程质量缺陷分析与处理，最后还介绍了工程灾害事故分析与处理。

本书由盐城工学院、江苏双强工程有限公司、江苏保利来工程科技有限公司李飞教授任主编，徐州工程学院梁化强、盐城市建筑工程学校单春明任副主编。参加本书编写的还有：盐城工学院李占印、林芹、张飞，徐州工程学院吴静晰，江苏双强工程有限公司葛爱兵，江苏保利来工程科技有限公司邱青、张国栋、葛晓梅。本书由广州大学张季超教授任主审。

本书的工程案例大多来自论文资料、教材、专著等，虽尽可能在参考文献中列出，但难免挂一漏万，在此一并表示衷心感谢！

由于我国土木工程建设发展迅速，新材料、新工艺、新技术不断出现，工程事故内容繁多，加上编者经验、水平所限，书中不妥之处，敬请读者批评指正！

编 者

目 录

第 1 章 概述	1	第 3 章 岩土工程质量事故分析与处理	45
本章要点及学习目标	1	本章要点及学习目标	45
1.1 工程质量的观念及影响因素	1	3.1 地基与基础工程	45
1.1.1 工程质量的观念	1	3.1.1 地基工程	45
1.1.2 工程质量的影响因素	2	3.1.2 基础工程	49
1.2 工程质量事故的观念及分类	2	3.1.3 地基与基础加固与纠偏技术	54
1.2.1 工程质量事故的观念	2	3.2 边坡与基坑工程	64
1.2.2 工程质量事故的分类	3	3.2.1 边坡工程事故	64
1.3 工程质量事故分析与处理的程序 和一般方法	5	3.2.2 边坡工程质量事故原因分析与 处理	71
1.3.1 工程质量事故分析与处理的 程序	5	3.2.3 建筑边坡加固的常用方法	73
1.3.2 工程质量事故分析与处理的 一般方法	11	3.2.4 基坑工程	74
本章小结	17	3.3 隧道与地铁工程	76
思考与练习题	17	3.3.1 隧道工程	76
第 2 章 工程质量事故的常用检测方法 方法	18	3.3.2 地铁工程	87
本章要点及学习目标	18	本章小结	90
2.1 概述	18	思考与练习题	91
2.2 工程质量事故的鉴定方法	19	第 4 章 混凝土结构工程质量事故 分析与处理	92
2.2.1 经验鉴定法	19	本章要点及学习目标	92
2.2.2 实用鉴定法	20	4.1 混凝土结构的裂缝及表层 缺陷	92
2.2.3 可靠度鉴定法	21	4.1.1 混凝土结构的裂缝及原因分析	92
2.3 工程质量事故常用检测技术	21	4.1.2 混凝土结构的表层缺损	94
2.3.1 混凝土结构检测	21	4.1.3 裂缝及表层破损的修补	95
2.3.2 砌体结构检测	32	4.2 混凝土结构质量事故分析	96
2.3.3 钢结构检测	38	4.2.1 设计失误引起的事故	96
2.3.4 工程变形观测	42	4.2.2 施工不当引起的事故	99
本章小结	44	4.2.3 结构使用、改建不当引起的 事故	107
思考与练习题	44	4.3 混凝土构件的加固方法	109

4.3.1 增大截面加固法	109	6.1 砌体裂缝	151
4.3.2 置换混凝土加固法	109	6.1.1 砌体裂缝主要原因	151
4.3.3 预应力加固法	110	6.1.2 常见裂缝处理的具体原则	153
4.3.4 改变受力体系加固法	111	6.1.3 砌体裂缝常用处理方法	153
4.3.5 粘贴钢板加固法	113	6.1.4 砌体裂缝案例分析	155
4.3.6 碳纤维加固法	114	6.1.5 砖混结构裂缝定性分析及防治措施	158
4.3.7 锚结钢板加固法	116	6.1.6 温差裂缝的防治措施	160
4.3.8 增补钢筋或钢板加固法	117	6.2 砌体强度、刚度和稳定性不足	161
4.3.9 其他加固方法	117	6.2.1 事故种类及原因分析	161
本章小结	118	6.2.2 常用处理方法的选择	162
思考与练习题	118	6.2.3 案例分析	163
第5章 钢结构工程质量事故分析与处理	120	6.3 砌体局部损伤或倒塌	164
本章要点及学习目标	120	6.3.1 原因分析	165
5.1 钢结构的缺陷	120	6.3.2 处理方法	165
5.1.1 钢材的性能及可能的缺陷	120	6.3.3 案例分析	165
5.1.2 钢结构加工制作中可能存在的缺陷	125	6.4 混凝土砌块砌体工程	167
5.1.3 钢结构的运输、安装和使用维护中可能存在的缺陷	127	6.4.1 混凝土小型空心砌块砌体工程	167
5.2 钢结构的质量事故及其原因分析	127	6.4.2 加气混凝土砌块砌体工程	169
5.2.1 钢结构承载力和刚度的失效	128	6.4.3 案例分析	171
5.2.2 钢结构的失稳	129	本章小结	171
5.2.3 构件的疲劳破坏	130	思考与练习题	171
5.2.4 钢结构的脆性断裂	131	第7章 道路与桥梁工程质量事故分析与处理	174
5.2.5 钢结构的腐蚀破坏	132	本章要点及学习目标	174
5.3 钢结构质量事故的实例分析	134	7.1 道路工程	174
5.3.1 钢屋架结构事故	134	7.1.1 路基工程	174
5.3.2 钢网架结构事故	137	7.1.2 路面工程	181
5.3.3 轻钢结构事故	139	7.2 桥梁工程	190
5.4 钢结构的加固	140	7.2.1 桥梁下部结构常见质量缺陷和事故	191
5.4.1 钢结构加固的基本要求	141	7.2.2 桥梁上部结构常见质量缺陷和事故	193
5.4.2 钢结构的加固方法	142	7.2.3 桥梁事故预防及处理措施	199
本章小结	149	7.2.4 桥梁工程裂缝事故评估	201
思考与练习题	149	本章小结	204
第6章 砌体结构工程质量事故分析与处理	151	思考与练习题	205
本章要点及学习目标	151		

第8章 防水工程质量缺陷分析与处理 206

本章要点及学习目标 206

8.1 屋(楼)面防水工程 206

8.1.1 卷材防水屋面 206

8.1.2 涂膜防水屋面常见质量缺陷及其处理 211

8.1.3 刚性防水屋面常见质量缺陷及其处理 212

8.1.4 厕浴厨房间防水工程常见质量缺陷及其处理 213

8.2 地下防水工程 215

8.2.1 渗漏检查的方法 216

8.2.2 确定渗漏处理方案、方法 216

8.2.3 地下防水工程常见的质量缺陷及其处理方法 216

8.3 工程实例分析 228

8.3.1 屋面防水工程渗漏实例分析 228

8.3.2 地下设施防水工程渗漏实例分析 229

本章小结 231

思考与练习题 232

第9章 装饰工程质量缺陷分析与处理 233

本章要点及学习目标 233

9.1 地面工程 233

9.1.1 水泥地面和细石混凝土地面 233

9.1.2 水磨石地面 238

9.1.3 板块面层 241

9.1.4 木板面层 245

9.2 抹灰工程 247

9.2.1 一般抹灰工程 247

9.2.2 装饰抹灰工程 254

9.3 门窗工程 256

9.3.1 木门窗安装工程 256

9.3.2 金属门窗安装工程 258

9.3.3 塑料门窗工程 261

9.4 饰面工程 262

9.4.1 饰面砖 262

9.4.2 饰面板 263

9.5 涂饰工程 265

本章小结 268

思考与练习题 268

第10章 工程灾害事故分析与处理 270

本章要点及学习目标 270

10.1 火灾事故 270

10.1.1 概述 270

10.1.2 火灾对建筑的影响 273

10.1.3 火灾后结构鉴定 278

10.1.4 火灾受损结构修复加固 287

10.2 地震灾害事故 298

10.2.1 概述 299

10.2.2 工程结构的抗震加固 302

10.2.3 抗震加固实例分析 306

10.3 燃爆事故 312

10.3.1 概述 312

10.3.2 燃爆灾害事故 315

10.3.3 燃爆事故分析与处理 316

本章小结 324

思考与练习题 324

参考文献 326

第 1 章 概 述

本章要点及学习目标

本章要点：

本章阐述了工程质量的定义、工程质量事故的分类以及事故处理的方法，分析了影响工程质量的五大因素（人、材、机、法、环，简称 4M1E 因素）。学习中应结合自己的实践，加深对工程质量事故分析的认识，进一步摸索、总结影响工程质量的主要因素和处理这些事故的方法规律，为以后接触质量事故奠定基础并能灵活地运用于实践。

学习目标：

1. 理解本章的基本概念，如质量、工程质量、工程事故。
2. 理解工程事故的分类。
3. 掌握影响工程质量的因素。
4. 掌握工程质量事故分析与处理的一般方法。
5. 了解工程事故的分类。
6. 了解工程质量事故分析与处理的程序。

1.1 工程质量的定义及影响因素

1.1.1 工程质量的定义

质量（Quality）的内涵随着社会经济和科学技术的发展而不断充实、完善和深化，人们对质量概念的认识也经历了一个不断发展和深化的历史过程。《质量管理体系、基础和术语》GB/T 19000—2008 对质量的定义是一组固有特性满足要求的程度。对建筑产品而言，如工业厂房、居住建筑，其固有特性必须满足人们生产、居住的需要或期望。

建筑产品的特性是指适用性、安全可靠性和耐久性的总和。要求工程在规定的时间内（设计基准期）、在规定的条件（正常设计、正常施工、正常使用维护）下具有完成预定功能（安全性、适用性和耐久性）的能力，体现在安全性、适用性和耐久性三个方面。

工程质量是国家现行的有关法律、法规、技术标准、设计文件及工程合同中对工程的安全、使用、经济、美观等特性的综合要求。

建筑工程产品是人们生活、生产、工作的活动场所，是人们赖以生存和发展的物质基础之一。建设工程质量，关系到人民的生命及财产的安全。一些民用建筑工程特别是住宅工程，影响正常使用功能的质量事故或质量缺陷屡屡出现，多发性、普遍性已成为人们关注投诉的热点。所以，建筑工程勘察、设计、施工的质量必须符合国家有关建筑工程安全

标准的要求。

《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300—2016对建筑工程质量这一术语,从其标准的角度赋予其涵义是:反映建筑工程满足相关标准规定或合同约定的要求,包括其在安全、使用功能及其在耐久性能、环境保护等方面所有明显和隐含的能力特性。

建筑工程产品具有单件性、建成的一次性和寿命长期性的特点,一次性投入大,建设周期长。工程项目质量波动、质量变异、质量隐蔽、质量终检在工程建设的各个阶段,存在着许多影响质量的不确定因素。其中,施工阶段是建设工程“过程的结果”,对工程质量的影响起到举足轻重的作用。

1.1.2 工程质量的影响因素

影响工程质量的因素很多,归纳起来主要有五个方面,即人(Man)、材料(Material)、机械(Machine)、方法(Method)和环境(Environment),简称为4M1E因素。

1. 人员素质

工程项目质量要达到设计和合同规定的要求,首先须分析人的因素对工程质量的影响。在施工阶段,关键岗位管理者的理论水平、技术水平对工程质量起到关键作用。

2. 工程材料

工程材料选用是否合理、材质是否经过检验、保管使用是否得当等,都将直接影响建筑工程的质量。如新型防水材料的使用,使长期困扰房屋渗漏的问题得到了治理;新型外加剂的使用,提高了混凝土的强度和耐久性;深基坑支护技术的推广运用,确保了边坡稳定,满足了变形控制要求。

3. 机械设备

施工机械设备对工程质量也有重要的影响。工程用机具设备的产品质量优劣,直接影响工程使用功能质量。施工机具设备的类型是否符合工程施工特点,性能是否先进稳定,操作是否方便安全等,都会影响工程项目的质量。

4. 工艺方法

在工程施工中,施工方案是否合理,施工工艺是否先进,施工操作是否正确,都将对工程质量产生重大的影响。大力推进采用新技术、新工艺、新方法,不断提高工艺技术水平,是保证工程质量稳定提高的重要因素。

5. 环境条件

环境条件是指对工程质量特性起重要作用的环境因素,主要包括工程地质环境、水文地质环境、工程作业环境、工程管理环境、工程技术环境等条件。环境条件往往对工程质量产生特定的影响。加强环境管理,改进作业条件,把握好技术环境,辅以必要的措施,是控制环境对质量影响的重要保证。

1.2 工程质量事故的概念及分类

1.2.1 工程质量事故的概念

1. 工程质量事故与工程质量缺陷的区别

工程质量事故，指工程产品质量没有满足国家技术标准或质量达不到合格标准要求。

工程质量缺陷，指工程产品质量没有满足设计文件或合同中某个预期的使用要求或合理的期望（包括适用性与安全性的要求）。

在工程建设整个活动过程中，质量事故是应该防止发生的，是能够防止发生的。质量缺陷却存在发生的可能性。

建筑物在施工和使用过程中，经常会有各种缺陷。有些质量缺陷会随着时间的推移、环境的变化，趋向严重性，甚至出现局部或整体倒塌的重大事件。当遇到这些现象时，建筑师应该善于分析、判断其产生的原因，提出预防和治理的措施。要做到这些，必须对它们有一个准确的认识。

工程质量事故表现为建筑结构局部或整体的临近破坏、破坏和倒塌；工程质量缺陷表现为影响正常使用，承载力、耐久性、完整性的种种隐藏的和显性的不足。但是，工程质量缺陷和工程质量事故又是同一类事物的两种程度不同的表现；工程质量缺陷往往是产生事故的直接或间接原因；而工程质量事故往往是缺陷的质变或经久不加处理的发展。

2. 工程质量事故的界定

我国住房和城乡建设部规定：凡工程质量达不到合格标准的工程，必须进行返修、加固或报废，由此而造成的直接经济损失在 10 万元以上的称为重大质量事故；直接经济损失在 10 万元以下、5000 元（含 5000 元）以上的为一般工程质量事故；经济损失不足 5000 元的称为质量缺陷。

质量事故是指建筑工程不符合国家有关法规、技术标准的要求进行勘察、设计和施工，或者实际存在严重的错误；或者施工的工程（分项、分部和单位工程），按照《建筑工程施工质量验收统一标准》进行检验，评为不合格的工程，泛称为质量事故（图 1-1～图 1-3）。



图 1-1 上海景苑小区住宅楼整体倒塌



图 1-2 河北省黄骅市枫景华城小区危楼

1.2.2 工程质量事故的分类

工程质量事故具有复杂性、严重性、可变性和多发性的特点。为了准确把脉工程质量事故的症结所在，精确分析其原因，总结带有共性的规律，了解和掌握质量事故的分类方法是非常必要的。

1. 按造成损失严重程度分类

住房和城乡建设部 2010 年发布的《关于做好房屋建筑和市政基础设施工程质量事故报告和调查处理工作的通知》建质 [2010] 111 号，根据工程质量事故造成的人员伤亡或者



图 1-3 现浇钢筋混凝土柱蜂窝、露筋、缺棱掉角

直接经济损失，工程质量事故分为特别重大事故、重大事故、较大事故和一般事故 4 个等级。

(1) 特别重大事故

造成 30 人以上死亡；或者 100 人以上重伤；或者 1 亿元以上直接经济损失的事故。

(2) 重大事故

造成 10 人以上 30 人以下死亡；或者 50 人以上 100 人以下重伤；或者 5000 万元以上 1 亿元以下直接经济损失的事故。

(3) 较大事故

指造成 3 人以上 10 人以下死亡；或者 10 人以上 50 人以下重伤；或者 1000 万元以上 5000 万元以下直接经济损失的事故。

(4) 一般事故

造成 3 人以下死亡；或者 10 人以下重伤；或者 100 万元以上 1000 万元以下直接经济损失的事故。

本等级划分所称的“以上”包括本数，所称的“以下”不包括本数。

2. 按事故产生的原因分类

(1) 管理原因

从事建设工程活动，没有严格执行基本建设程序，没有坚持先勘察、后设计、再施工的原则。在基本建设一系列规定程序中，勘察、设计、施工是保证工程质量最关键的三个阶段。

(2) 技术原因

地质情况估计错误；结构设计计算错误；采用的技术不成熟或采用没有得到实践检验充分证实可靠的新技术；采用的施工方法和工艺不当等。

(3) 社会原因

社会上存在的弊端和不正之风导致腐败，腐败引发建设中的错误行为恶性循环。近年来，不少重大工程质量事故的确与社会原因有关。

3. 按事故形态和性质分类

(1) 倒塌事故。建筑物局部或整体倒塌。

(2) 开裂事故。承重结构或围护结构等出现裂缝。

(3) 错位偏差事故。建筑物上浮或下沉，平面尺寸错位，地基及结构构件尺寸、位置偏差过大以及预埋洞（槽）等错位偏差事故。

(4) 变形事故。建（构）筑物倾斜、扭曲或过大变形等事故。

(5) 材料质量不合格事故。钢材质量不合格，混凝土强度等级、砌体强度等级不合格等。

(6) 构配件质量不合格事故。预制构件质量不合格，构件的尺寸、型号不配套等。

- (7) 承载能力不足事故。主要指地基、结构或构件承载力不足而留下隐患的事故。
- (8) 建筑功能事故。主要指房屋漏雨、渗水、隔热、保温、隔声功能不良等。
- (9) 环保问题。装修材料含有放射性，或含有有害元素会对人造成危害等。
- (10) 其他事故。塌方、滑坡、火灾、天灾等事故。

4. 按事故发生的部位分类

按事故发生的部位分类，工程质量事故可分为地基基础事故、主体结构事故、装修工程事故等。

5. 按结构类型分类

按结构类型分类，工程质量事故可分为砌体结构事故、混凝土结构事故、钢结构事故、组合结构事故等。

1.3 工程质量事故分析与处理的程序和一般方法

1.3.1 工程质量事故分析与处理的程序

工程质量事故发生后，应围绕事故主体进行调查，分析原因，提出处理措施，增强防范意识。工程事故分析流程图如图 1-4 所示。

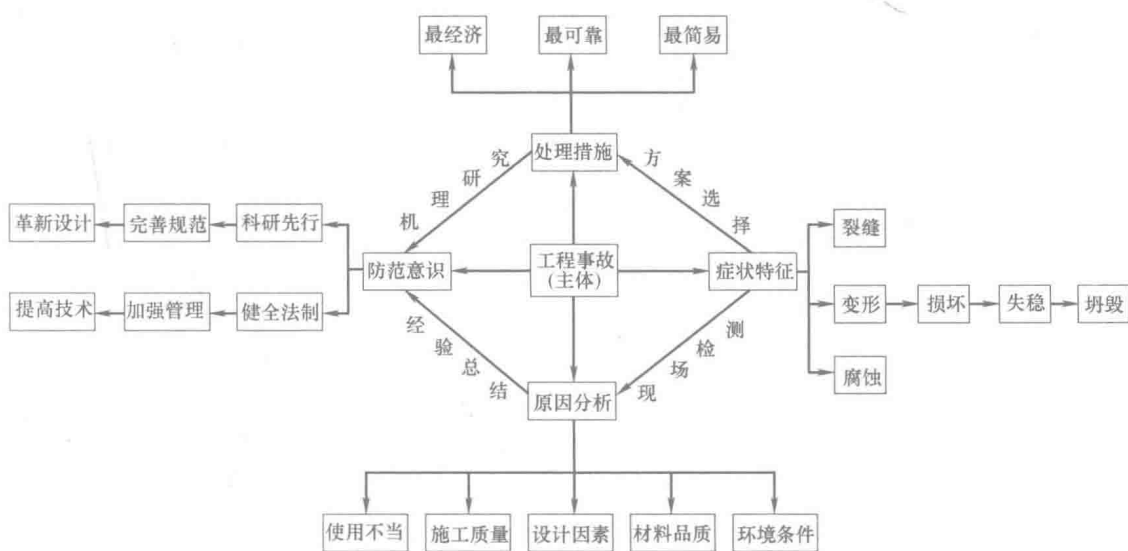


图 1-4 工程事故分析流程图

根据国务院发布的《特别重大事故调查程序暂行规定》要求，一般处理程序见图 1-5。

1. 事故调查

事故调查的内容包括勘察、设计、施工、使用以及环境条件等方面的调查，一般可分为初步调查、详细调查和补充调查。

(1) 初步调查

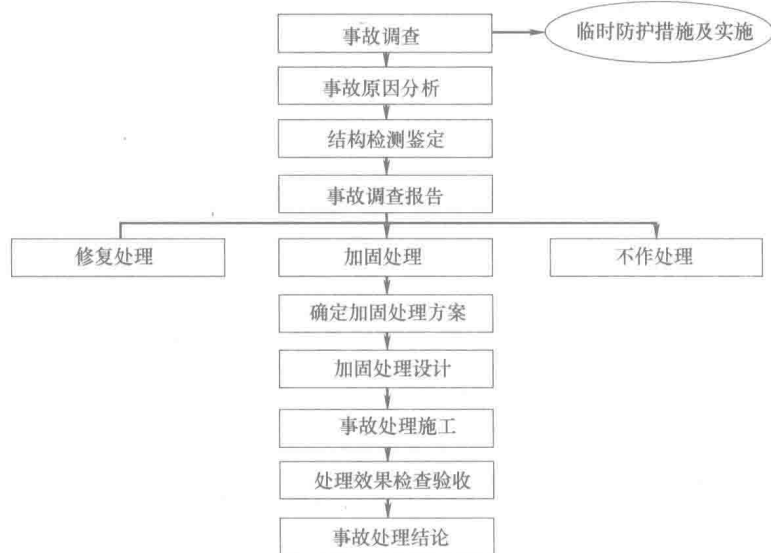


图 1-5 工程质量事故处理的一般程序

初步调查的内容包括：

1) 工程情况。即建筑物所在场地的特征（如邻近建筑物情况、使用历史以及有无腐蚀性环境条件等）、建筑结构主要特征、事故发生时工程的现场情况或工程使用情况等。

2) 事故情况。其包括发生事故的时间和经过，事故现况和实测数据，从发生到调查时的事故发展变化情况，人员伤亡和经济损失，事故的严重性（是否危及结构安全）和迫切性（不及时处理是否会出现严重后果）以及是否对事故做过处理等。

3) 图样资料检查。其包括设计图纸（建筑、结构、水电、设备）和说明书，工程地质和水文地质勘测报告等。

4) 施工内业资料检查。检查建筑材料、成品和半成品的出厂合格证和试验报告；施工中的各项原始记录和检查验收记录，如施工日志、打桩记录、混凝土施工记录、预应力张拉记录、隐蔽工程验收记录等。

5) 使用情况调查。对已交工使用的工程应作此专项调查，其内容包括房屋用途、使用荷载、腐蚀条件等方面的调查。

(2) 详细调查

详细调查是在初步调查的基础上，认为有必要时，进一步对设计文件进行计算复核与审查，对施工进行检测，确定是否符合设计文件要求，以及对建筑物进行专项观测与测量。详细调查应包括以下内容：

1) 设计情况。设计单位资质情况，设计图纸是否齐全，设计构造是否合理，结构计算简图和计算方法以及结果是否正确等。

2) 环境调查。它是指气象条件、地质条件、操作条件、设备条件、建筑物变形情况及原因、结构连接部位的实际工作状况、与其他周围建筑物的互相影响等。

3) 地基基础情况。地基实际状况、基础构造尺寸与勘察报告、设计要求是否一致,必要时应开挖检查或进行试验检验。此外还应查清地基开挖的实际情况,材料、半成品、构件的质量,施工顺序与进度,施工荷载,施工日志,隐蔽工程验收记录等。

4) 结构上各种作用的调查。主要调查结构上的作用及其效应以及作用效应组合的分析,必要时进行实测统计。

5) 结构实际状况。其包括结构布置、结构构造、连接方式方法、结构构件状况、支撑系统及连接构造的检查等。

6) 施工情况。应检查是否按图施工,有关工种的施工工艺、施工方法是否符合施工规范的要求,施工进度、施工荷载值的统计分析,施工日志,隐蔽工程验收记录,质量检查验收有关数据资料等。

7) 建筑变形观测。其包括沉降观测记录,结构或构件变形观测记录等。

8) 裂缝观测。其包括裂缝形状与分布特征,裂缝宽度、长度、深度以及裂缝的发展变化规律等。

9) 房屋结构功能、结构附件与配件的检查。结构材料性能的检测与分析,结构几何参数的实测,结构构件的计算分析,必要时应进行现场实测或结构试验。

10) 使用调查。若事故发生在使用阶段,则应调查建筑物用途有无改变,荷载是否增大,已有建筑物附近是否有新建工程,地基状况是否变化。对生产性建筑物还应调查生产工艺有无重大变更,是否增设了振动大或温度高的机械设备,是否在构件上附设了重物、缆绳等。

(3) 补充调查

补充调查是在已有调查资料还不能满足工程事故分析处理时,需增加某些试验、检验和测试工作,通常包括以下六方面内容:

1) 对有怀疑的地基进行补充勘察。当原设计的工程地质资料不足或可疑时,应进行补充勘察,重点要查清持力层的承载能力,不同土层的分布情况与性能,建(构)筑物下有无古墓、大的空洞,建筑场地的地震数据等。

2) 设计复查。重点包括设计依据是否可靠,计算简图与设计计算是否正确无误,连接构造有无问题,新结构、新技术的使用是否有充分的根据。

3) 测定建筑物中所用材料的实际强度与有关性能。对构件所用的原材料(如水泥、钢材、焊条、砌块等)可抽样复查;考虑到施工中采用混凝土强度等级及预留的试块未必能真实反映结构中混凝土的实际强度,可用回弹法、声波法、取芯法等非破损或微破损方法测定构件中混凝土的实际强度。对于钢筋,可从构件中截取少量样品进行必要的化学成分分析和强度试验。对砌体结构要测定砖或砌块及砂浆的实际强度。

4) 建筑结构内部缺陷的检查。可用锤击法、超声探伤仪、声发射仪器等检查构件内部的孔洞、裂纹等缺陷。可用钢筋探测仪测定钢筋的位置、直径和数量。对砌体结构应检查砂浆饱满程度、砌体的搭接错缝等情况。

5) 载荷试验。对结构或构件进行载荷试验,检查其实际承载能力、抗裂性能与变形情况。

6) 较长时期的观测。对建筑物已出现的缺陷(如裂缝、变形等)进行跟踪观测,并做好记录,进一步寻找其发展变化的规律等。

综上所述,初步调查和详细调查可称为基本调查,是指对建(构)筑物现状和已有资料的调查,根据初步调查的结果,判别事故的危害程度,分析事故发生最可能的原因,对事故提出初步处理意见,并决定进一步调查及必要的检测项目。

补充调查的内容随工程与事故情况的不同有很大差别,实践经验表明,许多事故往往依靠补充调查的资料,才可以分析与处理,所以补充调查的重要作用不可忽视。

需要注意的是,有些严重的质量事故可能不断发展而恶化,有的甚至可能造成建筑物倒塌或人员伤亡。在事故调查与处理中,一旦发现存在有这类危险性时,应采取有效的临时防护措施,并立即组织实施。通常有以下两类情况:

1) 防止建筑物进一步损坏或倒塌。常用的措施有卸荷与支护两种。比如,发现大梁或屋架的柱、墙承载能力严重不足时,及时在梁或屋架下增设支撑,采取有效的支护措施。

2) 避免人员伤亡。有些质量事故已达到濒临倒塌的危险程度,在没有充分把握时,切勿盲目抢险支护,导致无谓的人员伤亡。此时应划定安全区域,设置围栏,防止人员进入危险区。

2. 事故原因分析

事故原因的分析应建立在事故调查及实际测试的基础上,其主要目的是分清事故的性质、类别及其危害程度,同时为事故处理提供必要的依据。原因分析是事故处理工作程序中的一项关键工作,其主要的分析方法有:

(1) 理论计算分析

它是对旧建筑物评定的重要手段之一,通过对建筑物的检测和查阅有关资料,运用结构理论加以分析和计算,从而分析结构的受力特征和出现异常现象(包括挠度、裂缝和其他变形等)的原因。分析计算须结合结构实际受力状态进行,需注意以下几点:

- 1) 采用实际荷载进行计算。
- 2) 材料强度和截面尺寸应以实测结果为准,而不是直接引用设计图规定的强度等级。
- 3) 计算简图、支座约束、计算公式等应符合实际情况。
- 4) 注意计算所依据的规范。

(2) 荷载试验

当计算分析缺乏依据,其准确性不能满足要求时,或发生质量事故(如火灾、爆炸、撞伤等情况)后材料变质,或采用新材料、新技术、新理论、新工艺进行设计和施工时,或进行综合评定有争议时,往往采用试验的方法加以论证和澄清。

在进行原因分析时,应注意以下事项:

- 1) 确定事故原点。事故原点是事故发生的初始点,能反映出事故的直接原因。
- 2) 正确区别同类型事故的不同原因。从大量的事故分析中可发现,同类型事故的原因有时差别甚大。只有经过严谨的分析后,才能找到事故的主要原因。
- 3) 注意事故原因的综合性。不少事故原因往往涉及设计、施工、材料质量和使用等方面。在事故分析中,必须全面估计各项原因对事故的影响,以便采取综合治理措施。

3. 结构检测鉴定

结构可靠性是指结构在规定的时间内、规定的条件下完成预定功能的能力,包括安全