

SIMPLIFIED SERIES OF
CIVIL ENGINEERING

清华大学土木工程系组编

丛书主编 崔京浩

谢征勋 编著

简明土木工程系列专辑

工程事故与安全

· 典型事故实例



中国水利水电出版社 
www.waterpub.com.cn

知识产权出版社 
www.cnipr.com

Simplified Series of Civil Engineering

清华大学土木工程系组编

丛书主编 崔京浩

谢征勋 编著

简明土木工程系列专辑

工程事故与安全

· 典型事故实例

中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn
知识产权出版社
www.cnipr.com



内容提要

本书是由清华大学土木工程系组编的“简明土木工程系列专辑”中的一本。书中对半个多世纪以来发生在国内外的若干重大工程事故的报道进行了搜集,对事故分类方法进行了研究。对事故分析流程进行了探索。对事故特征、事故机理、事故危害性作了分析,对重大事故原因进行了追查,以求总结经验、吸取教训。

本书适用于应用型大学本科,作为《工程事故分析与工程安全》课程的辅助教材,也可作为工程设计、施工、监理工作岗位上从业工程师的参考书籍使用。

选题策划: 阳 淼 张宝林 E-mail: yangsanshui@vip.sina.com; z_baolin@263.net

责任编辑: 阳 淼 张宝林

文字编辑: 董拯民

图书在版编目(CIP)数据

工程事故与安全·典型事故实例/谢征勋编著. —北京:
中国水利水电出版社: 知识产权出版社, 2007
(简明土木工程系列专辑/崔京浩主编)
ISBN 978-7-5084-4259-4

I. 工... II. 谢... III. 建筑工程—工程事故—事
故分析 IV. TU712

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 143326 号

简明土木工程系列专辑

工程事故与安全·典型事故实例

谢征勋 编著

中国水利水电出版社 出版发行 (北京市西城区三里河路 6 号; 电话: 010-68331835 68357319)
知识产权出版社 (北京市海淀区马甸南村 1 号; 电话、传真: 010-82000893)

北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京市兴怀印刷厂印刷

850mm×1168mm 32 开 11.375 印张 306 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷

印数: 0001—4000 册

定价: 24.00 元

ISBN 978-7-5084-4259-4

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题,可寄中国水利水电出版社营销中心调换

(邮政编码 100044, 电子邮件: sales@waterpub.com.cn)

土木工程是一个历史悠久、生命力强、投入巨大、对国民经济具有拉动作用、专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科和大型综合性产业，为它编一套集新颖性、实用性和科学性为一体的“简明系列专辑”，既是社会的召唤和需求，也是我们的责任和义务。

新颖性——反映新标准、新规程、新规范、新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法

实用性——深入浅出，让人一看就懂，一懂能用，不是手册，胜似手册

科学性——编写内容均有出处

——摘自《简明土木工程系列专辑》总序

出版者的话

尊敬的读者：

为适应国家建设发展的需要，为及时反映有关“新标准、新规程、新规范、新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法”，为有志于在土木工程领域传播和推广科学技术知识的人士构筑学术出版平台，为渴求知识的读者在工作实践中的学习交流和继续教育创造机会，由中国水利水电出版社和知识产权出版社与清华大学土木工程系联手，倾力推出的“简明土木工程系列专辑”中的第一批出版物正式与您见面了。

在此，我们特别感谢您对本套专辑的热切关注。

为使您对本套专辑有更多的了解，以下一并列出2006年和2007年两年内本套专辑即将陆续出版的图书。如果您有什么要求，有什么意见和建议，真诚地希望和欢迎您随时与我们联系。具体联系方式详见版权页上的E-mail地址。

再次感谢您对本套专辑的支持与厚爱！

“简明土木工程系列专辑”

系列出版物

- | | |
|---------------|--------------------|
| 伟大的土木工程 | 结构原理与结构概念设计 |
| 原位测试 | 桥梁施工技术及质量控制 |
| 客运站设计与智能化客运站 | 城市污水处理及回用技术 |
| 建筑消防系统 | 预应力加固法理论与实践 |
| 土坡稳定分析 | 土力学与地基基础应试要点 |
| 建筑装饰材料 | 高层建筑基础实用设计方法 |
| 建筑工程结构荷载学 | 新型建筑防水材料实用手册 |
| 品味钢筋混凝土 | 预应力混凝土圆池结构设计 |
| 轻钢结构新技术 | 拱坝整体地质力学模型试验 |
| 土力学与地基基础 | 建筑施工常见质量问题及对策 |
| 空间钢结构新技术 | 混凝土结构加固实用技术手册 |
| 高性能膨胀混凝土 | 抗氯盐高性能混凝土技术手册 |
| 水泥混凝土及外加剂 | 区域性特殊土的地基处理技术 |
| 水电站设计的新进展 | PKPM 系列程序在土木工程中的应用 |
| 建筑抗震鉴定与加固 | 结构工程师常用计算数据速查手册 |
| 多高层钢结构住宅设计 | 房屋建筑加固实用方法及其新技术 |
| 浅基础设计及程序设计 | 高层建筑结构地震响应的时程分析法 |
| 弹性地基梁板实用计算 | 公路桥涵钢筋混凝土受弯构件的计算 |
| 建筑的灾害与安全设防 | 工程事故与安全·结构裂损机理 |
| 钢-混凝土组合梁设计 | 工程事故与安全·后桩基础时代 |
| 自密实混凝土技术手册 | 工程事故与安全·结构加固技术 |
| 城市生活垃圾处理工程 | 工程事故与安全·典型事故实例 |
| 框架结构的计算与构造 | 工程事故与安全·结构方案论证 |
| 房屋改造工程原理与应用 | 在役桥梁检测、可靠性分析与寿命 |
| 火灾后建筑物鉴定与加固 | 预测 |
| 基础隔震结构设计及施工指南 | 平面结构弹塑性地震响应分析软件 |
| 剪力墙结构的分析与设计 | NDAS2D 及其应用 |
| 钢筋混凝土圆形容器设计 | |

清华大学土木工程系组编

简明土木工程系列专辑

编 委 会

名誉主编 陈肇元 袁 驷

主 编 崔京浩

副 主 编 石永久 宋二祥

编 委 (按汉语拼音排序)

陈永灿 胡和平 金 峰 李庆斌

刘洪玉 钱稼茹 王志浩 王忠静

武晓峰 辛克贵 阳 森 杨 强

余锡平 张建民 张建平

编 辑 办 公 室

主 任 阳 森

成 员 张宝林 董拯民 彭天赦 莫 莉

张 冰 邹艳芳

总 序

国务院学位委员会在学科简介中为土木工程所下的定义是：“土木工程（Civil Engineering）是建造各类工程设施的科学技术的统称。它既指工程建设的对象，即建造在地上、地下、水中的各种工程设施，也指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养、维修等专业技术”。土木工程是一个专业覆盖面极广的一级学科。

英语中“Civil”一词的意义是民间的和民用的。“Civil Engineering”一词最初是对应于军事工程（Military Engineering）而诞生的，它是指除了服务于战争设施以外的一切为了生活和生产所需要的民用工程设施的总称，后来这个界定就不那么明确了。按照学科划分，地下防护工程、航天发射塔架等设施也都属于土木工程的范畴。

土木工程是国家的基础产业和支柱产业，是开发和吸纳我国劳动力资源的一个重要平台，由于它投入大、带动的行业多，对国民经济的消长具有举足轻重的作用。改革开放后，我国国民经济持续高涨，土建行业的贡献率达到 1/3；近年来，我国固定资产的投入接近甚至超过 GDP 总量的 50%，其中绝大多数都与土建行业有关。随着城市化的发展，这一趋势还将继续呈现增长的势头。

相对于机械工程等传统学科而言，土木工程诞生得更早，其发展及演变历史更为古老。同时，它又是一个生命力极强的学科，它强大的生命力源于人类生活乃至生存对它的依赖，甚至可以毫不夸张地说，只要有人类存在，土木工程就有着强大的社会需求和广阔的发展空间。

随着技术的进步和时代的发展，土木工程不断注入新鲜血液，呈现出勃勃生机。其中工程材料的变革和力学理论的发展起

着最为重要的推动作用。现代土木工程早已不是传统意义上的砖瓦灰砂石，而是由新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法武装起来的为众多领域和行业不可或缺的大型综合性学科，一个古老而又年轻的学科。

综上所述，土木工程是一个历史悠久、生命力强、投入巨大、对国民经济具有拉动作用、专业覆盖面和行业涉及面极广的一级学科和大型综合性产业，为它编写一套集新颖性、实用性和科学性为一体的“简明系列专辑”，既是社会的召唤和需求，也是我们的责任和义务。

清华大学土木工程系是清华大学建校后成立最早的科系之一，历史悠久，实力也比较雄厚，有较强的社会影响和较广泛的社会联系，组编一套“简明土木工程系列专辑”，既是应尽的责任也是一份贡献，但面对土木工程这样一个覆盖面极广的一级学科，我们组编实际起两个作用：其一是组织工作，组织广大兄弟院校及设计施工部门的专家和学者们编写；其二是保证质量的作用，我们有一个较为完善的专家库，必要时请专家审阅、定稿。

简明土木工程系列专辑包括以下几层含义：简明，就是避免不必要的理论证明和繁琐的公式推导，采用简洁明快的表述方法，图文并茂，深入浅出，浅显易懂；系列，指不是一本书而是一套书，这套书力争囊括土木工程涵盖的各个次级学科和专业；专辑，就是以某个特定内容编辑成册的图书，每本书的内容可以是某种结构的分析与计算，某个设计施工方法，一种安装工艺流程，某种监测判定手段，一个特定的行业标准，等等，均可独立成册。

这套丛书不称其为“手册”而命名为“系列专辑”，原因之一是一些特定专题不易用手册的方法编写；原因之二是传统的手册往往“大而全”，书厚且涉及的技术领域多，而任何一个工程技术人员在某一个阶段所从事的具体工作又是针对性很强的，将几个专业甚至一个项目的某个阶段集中在一本“大而全”的手册势必造成携带、查阅上的不方便，加之图书的成本过高，编写机构臃肿，组织协调困难，出书及再版周期过长，以致很难反映现

代技术飞速发展、标准规范规程更新速度太快的现实。考虑到这些弊端，这套系列专辑采用小开本，在选题上尽量划分得细一些，视专业、行业、工种甚至流程的不同，能独立成册的绝不合二为一，每本书原则上只讨论一个专题，根据专题的性质和特点有的书名仍冠以“手册”两字。

这套系列专辑的编写严格贯彻“新颖性、实用性、科学性”三大原则。

新颖性，就是充分反映有关新标准、新规程、新规范、新理论、新技术、新材料、新工艺、新方法，老的、过时的、已退出市场的一律不要。体现强劲的时代风貌。

实用性，就是避免不必要的说理和冗长的论述，尽可能从实用的角度用简洁的语言以及数据、表格、曲线图形来表述；深入浅出，让人一看就懂，一懂能用；不是手册，胜似手册。

科学性，就是编写内容均有出处，参考文献除国家标准、行业标准、地方标准必须列出以外，尚包括引用的论文、专著、手册及教科书。

这套系列专辑的读者对象是比较宽泛的，它包括大专院校师生，土木工程领域的管理、设计、施工人员，以及具有一定阅读能力的建筑工人。它既可作为土建技术人员随身携带及时查阅的手册，又可选作大专院校、高职高专的教材及专题性教辅材料。

崔京浩

2005年10月于清华园

崔京浩，男，山东淄博人。1960年清华大学土建系毕业，1964年清华大学结构力学研究生毕业，1986~1988年赴挪威皇家科学技术委员会做博士后，从事围岩应力分析的研究。先后发表论文150多篇，编著专业书4本，参加并组织编写巨著《中国土木工程指南》，任编辑办公室主任，并为该书撰写绪论；主持编写由清华大学土木工程系组编的“土木工程新技术丛书”和“简明土木工程系列专辑”，并任主编。曾任清华大学土木系副系主任，现为中国力学学会理事，《工程力学》学报主编，享受国务院特殊津贴。

序 一

1996年蒙谢征勋先生见赠所著《建筑工程事故分析及方案论证》一书，反复阅读，爱不释手，且感慨万千。我与谢先生均经历并参加了新中国成立后祖国伟大社会主义建设，作为建设大军的普通一兵，都曾度过了那终生难忘的日日夜夜，解放后，鞍钢恢复生产三大工程吹响了我国社会主义建设的号角，此后长春汽车厂等重点建设工程相继开工、建成和投产，奠定了我国的工业基础。改革开放以来，我国建设工程规模更加宏伟，但近年来，随着我国建设事业的飞速发展，工程质量事故时有发生，有的甚至是致使人员伤亡的恶性事故，在社会上引起了强烈的反响，国家对此十分重视。继国务院于2000年1月发布《建设工程质量管理条例》之后，建设部又于2000年4月发布了《工程建设标准强制性条文》（房屋建筑部分）。时任建设部部长的俞正声同志曾指出：《建设工程质量管理条例》的发布实施，为保证工程质量提供了法律武器。而《工程建设标准强制性条文》的编制，则是在具体贯彻落实《建设工程质量管理条例》上，迈出的坚实一步。

在2006年8月全国建筑物坚定与加固改造学术交流会上，建设部王铁宏总工程师在讲话中曾指出：“到目前为止的初步统计，我国既有建筑物的总量（包括城镇房屋建筑、工业建筑等）约400多亿 m^2 。一些专家估计，约有30%~50%的建筑物出现安全性失效或进入功能退化期。”最近的研究表明，所以出现这种情况，主要是由于过去较少注意从建筑物全寿命周期的角度，确保建筑物的质量安全所致，具体表现在以下诸方面：

（1）总体来看，过去的主导思想是“重建设，轻维护”。建

筑物建成后只着重使用，又由于缺少有关法规、制度、机构和专业人员，对建筑物的定期质量安全鉴定、维修、加固与改造等重视不够。建设部目前正考虑建立这方面的制度与法规，以确保既有建筑物的质量安全。

(2) 由于建国初期百废待兴，限于经济条件，使得建设工程前期决策阶段一般不考虑建筑物建成后的使用维修对投资、环境保护、可持续性发展乃至效益的影响，造成使用阶段的隐患。

(3) 二次世界大战后不少国家面临经济紧张而又需要建造大量房屋解决工厂开工与居民居住的问题。德国在战后近 20 年中建造的一些房屋，就因设计标准低，设备简陋，追求施工速度快，逐渐暴露出水能和能耗高、工程质量低，质量安全隐患多，导致事故层出不穷。他们不滥行大拆大建，而是通过修订规范、标准及采取积极的维修改造措施，使这些房屋延长了寿命，发挥了应有的使用功能。我国自然也不例外，迄今仍存在类似问题，现在是仔细分析质量安全缺陷事故产生的机理，科学地进行既有建筑物安全鉴定和维修加固的时候了。此书问世，适逢其时。

(4) 工程事故的发生，也反映出设计与施工规范中存在问题。总的来说，我国设计规范在荷载标准值、抗灾能力和整体牢固性等方面，与发达国家相比，存在差距。以办公室楼面均布活载标准值为例，我国规范自 1959 年以来均规定按 150kgf/m^2 考虑（2003 年起新规范已改为 200kgf/m^2 ），而美国和英国规范分别为 240kgf/m^2 和 250kgf/m^2 。在同一构件上，承受恒载与活载的安全储备实际上是互补的。由于我国规范在活载标准值及活载与恒载安全系数的设置水准较低，所以当一构件的活载占到全部荷载的很大部分，或者反过来，当自重（恒载）占到全部荷载的很大部分时，这两种情况就可能特别危险。2006 年早春的一场大雪，就压垮了山东和东北的大片轻型钢结构。这类结构的自重特轻，当外加的可变荷载（雪载）较大时，恒载上的安全储备也就难以起到弥补作用了。

1967 年，英国伦敦 Ronan Point 地区的一栋 23 层的装配式

混凝土大板公寓发生煤气爆炸，造成大楼一个角区从上到下的连续倒塌，以此次事故为契机，欧洲和北美等国家开展了广泛的研究并在结构设计规范中提出了结构整体牢固性的要求。英国首先在 20 世纪 70 年代的规范中提出结构必需能够承受一定量值的假想水平荷载，要求 5 层及其以上的建筑物在去除任何一个梁、板或墙、柱构件后只能出现局部破坏而不会引起连续倒塌。而我国规范只要求建筑结构能够抵抗规定的某一地震烈度的作用，至今尚未提出结构整体牢固性的具体要求，以应对更大烈度的地震、爆炸、恐怖分子破坏和重大人为错误可能带来的灾难性后果。

(5) 我国地域辽阔，各地的水文地质和气候条件等往往有很大差别。设计和施工人员不能墨守规范规定，应根据自己的经验、具体情况，具体分析，做出合理的判断与决策。规范和标准一般规定某一事项应满足的最低要求。例如英国标准的前言中都**用黑体字母明确宣告**：“遵守英国标准本身并不给予豁免法律责任”。使用英国标准的人要对自己是否正确使用该标准负责。位于寒冷地区的钢筋混凝土桥梁的钢筋保护层厚度就要比标准规定值合理地增加，才能保证桥梁不致因冬季洒盐水消除路面冰雪而导致钢筋锈蚀。正是因为撒盐溶雪，北京某立交桥建成后仅 18 年就拆除重建。又如现浇钢筋混凝土结构中的构造配筋，在我国南方地区，随着空调设备的采用，房屋顶层的室内外温差增大，就应对规范规定的板角处上部构造配筋酌予增加。又如道路钢筋混凝土桥梁多采用两侧设悬挑板的箱形截面结构，但当桥梁跨度较大时，悬挑板下部纵向配筋不能按构造筋配置，必须经过计算，以免出现裂缝。地基基础的设计与施工，如不考虑具体地质构造和土壤性质，就可能造成难以挽回的重大事故。我国规范对钢筋混凝土结构的钢筋保护层厚度本来就小于发达国家规范的规定值，再加上滥用未经冲洗的海砂，沿海地区（包括港台地区）房屋楼板底面保护层成片脱落的“海砂屋”事故，层出不穷。总之，设计施工人员应当善于使用规范，不要当规范的奴隶。

(6) 防范和减少建设工程事故的发生，除结构本身外，还应

使用合格的材料、构配件和设备。如切勿使用不合格的水泥，特别是安定性不合格的水泥。对与水接触的结构，必须严格控制所用骨料的碱性。国际上已发生过由于碱性骨料破坏水泥结构而危及水坝、水闸等安全的事例，值得国内重视。自 20 世纪 80 年代引进玻璃幕墙以来，上海市现有玻璃幕墙建筑约有 2300 栋，玻璃幕墙面积约 1000 万 m^2 ，其中 10 年以上龄期的“中老年”玻璃幕墙是在 1997 年“上海市建筑物使用安装安全玻璃规定”实施前进行设计、生产、安装和验收的，存在隐患。今年夏季，南京西路商圈，一块面积 2.6m^2 的玻璃幕墙因高温而“自爆”，下了 75 分钟的玻璃雨。上海市有关机构因此开展了对现有玻璃幕墙的隐患的“会诊”和“医治”，将逐步形成一套玻璃幕墙质量安全管理的长效机制，这种做法是值得其他城市借鉴的。

此书编撰的主旨在于：把新中国成立以来工程建设取得的一部分经验、教训和所付出的代价总结整理出来，以便今后少走弯路，少付出代价，其内容覆盖典型事故案例，结构方案论证，结构破损机理，加固技术和后桩基时代，既全面又深入，的确是一本有创见和有价值的著作。

规范应当随着国家经济的发展和建设的需求不断改进完善，但还需要有人去贯彻，去推行，只有认真执行从投资决策、设计、施工、竣工验收、使用维修、到加固改造的全寿命周期质量安全管理，才能保证预防和减少事故，有效地做好抗灾减灾的工作。因此，通过学校教育、实践磨练和不断总结经验教训，培养忠于职守、奉公守法、敢于负责、理论联系实际并勇于创新的“人”，可能是执行贯彻规范标准、消除工程隐患和保证工程质量的一个重要方面。征勋先生编写的此书，就是培养这种人才的一套合适的教材，谨向读者推荐。

卢 谦

2006 年 11 月 于深圳

序 二

“百年大计、质量第一”，这始终是党和国家在基本建设上一直坚持的重要方针。但是，在实际工程中，也始终存在着较普遍的质量问题。近年来，由于大兴土木，建筑队伍中鱼目混珠，良莠不齐，因而，“豆腐渣”工程时有发生，给国家和人民造成了巨大损失。

工程质量不合格甚至建（构）筑物破坏、倒塌等问题的原因是多方面的，有政治方面、社会方面、法制方面、管理方面和教育方面等，但科学技术方面的原因也占有很大的比重。例如，设计规范不完善、技术标准不健全、勘察技术不到位、有的设计与施工技术人员水平不高、合格的技术工人不足，以及材料与设备质量达不到要求等。因此，改进和提高技术水平，确是一个需要不断高度关注的事情。

要提高工程质量及技术水平，认真、刻苦的学习钻研，正确分析、判断已发生的工程质量事故，无疑是一条重要的、特别有效的途径——“失败是成功之母”。

谢征勋先生 1952 年毕业于原西北工学院土木工程系。毕业后从事建筑工程的设计、施工和管理等方面工作近 50 年，经验丰富。曾就其亲身所参与的部分工程进行了方案论证和事故分析，发表了许多论文。一些论文已汇总成集，由地震出版社于 1996 年出版了《建筑工程事故分析及方案论证》一书，书中文章都言之有物、实事求是、分析周详、观点可信。出版后，很受读者欢迎，获得了广泛好评。现在，他又于百忙中收集和整理了自己另外的有关文章近百篇，其中涉及地基与基础方面的就有 30 多篇。这些文章明显反映了谢征勋先生科学思想活跃、有所

发现、敢于创新的精神。以这些文章为基础，将汇编成《工程事故与安全》诸书出版。

本书的出版具有下列重要意义：

(1) 这些论文都是针对实际工程，有的放矢。有关工程事故的处理办法或对设计、施工方案的论证意见，大部分已付诸实践，受到实践的检验，获得了良好的效果。因此，论文的思路与具体建议，对处理同样或类似问题具有很大的参考价值，也有助于开拓思路、促进创新。

(2) 从工程事故分析中可以看到技术标准、设计或施工规范存在着不足或问题。技术标准、设计或施工规范是随着国家经济实力的加强，科研水平的提高和工程实践经验的积累而不断修改与完善的。及时发现技术标准和规范存在的不足或问题，并提出改进意见，对建设科技的发展有十分重要的意义。

(3) 土木建筑工程的可靠度是个很复杂的问题，绝不仅仅是个力学计算和结构分析的问题，它涉及环境、管理、使用和经济等诸多方面。从本书所涉及的事实及问题可以看到，研究建筑工程的可靠度需要把视野放得更大一些。

(4) 地基与基础是建筑物与构筑物的根基，它的勘察、设计与施工质量关系着建（构）筑物的安危。由于地基情况常常十分复杂，岩土的性质变化多端，而勘察、试验手段在某些条件下又难于确定地基的真实性状，再加上学科的现有水平还不够十分成熟，设计规范不完善，在很多情况下，地基与基础的施工难度也很大。所以，在建筑工程的重大事故中，以地基基础方面的事故为最多，而且处理起来困难也最大。从工程造价及施工工期看，基础工程在建（构）筑物中所占比例很大，许多工程可达 $1/3$ 甚至更多。因此，深入研究工程中存在的地基基础问题，就成了一个突出的重要任务。本书有大量篇章涉及地基基础（特别是桩基础），分析深入、观点明确、权衡利弊、建议可行。实施后，效果也很好。这为规范的修改和完善，为地基基础的勘察、设计与施工提供了宝贵的参考意见。

(5) 由书中所讨论的问题我们还可以认识到，加强工程建设中的管理工作是多么重要。要抓好工程质量而不抓科学的、动态的管理是绝对不行的。

钱鸿缙 郭志恭