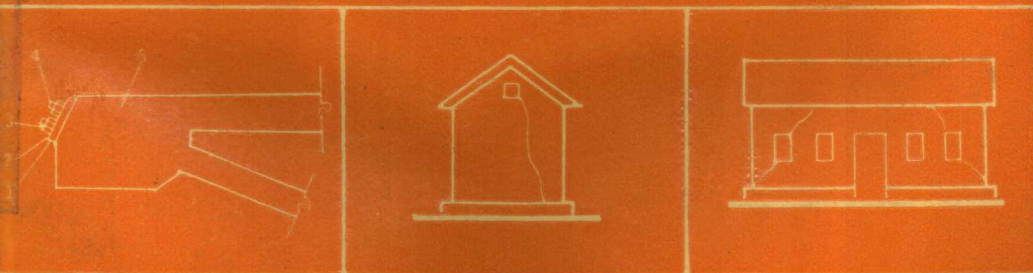


建筑施工工程师技术丛书

建筑工程质量 事故分析

王 赫 全玉琬 贺玉仙 编著



中国建筑工业出版社

建筑施工工程师技术丛书

建筑工程质量事故分析

王 赫 全玉琬 贺玉仙 编著



中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书较全面地分析了建筑工程中的各种质量事故,并叙述了处理的措施,重点是对地基基础与主体结构工程事故原因进行分析。书中1~6章按地基基础、砖石结构工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、钢木结构工程、特种结构工程,对各种工程质量事故从设计、施工各方面进行了分析,书中引用了近期国内外重大或典型事故数百例,并对一些有代表性的实例作了较详尽的计算分析。为了使工程技术人员能全面认识到造成工程质量事故的原因,并在工程施工中加以预防,第七章专门从设计、施工、材料等方面,对引起工程质量事故的原因作了综合的评述。

本书适合于从事建筑工程设计、施工与管理的技术人员学习,可作为建设干部继续教育的培训教材,也可供土木建筑类专业师生参考。

责任编辑 林婉华

建筑施工工程师技术丛书

建筑工程质量事故分析

王 赫 全玉琬 贺玉仙 编著

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京密云银河商标印刷厂印刷

开本:850×1168毫米 1/32 印张:11⁵/₈ 字数:311千字

1992年12月第一版 1997年4月第六次印刷

印数:28,801—32,800册 定价:15.00元

ISBN 7-112-01722-X

TU·1303 (6754)

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)

出版说明

当前，新技术革命浪潮冲击着一切经济部门，建筑业也不例外。许多现代化的科学技术方法和管理手段正逐步地应用在建筑业中，取得了越来越大的经济效益。党的十一届三中全会以来，我国的建筑事业得到了蓬勃发展，各种现代化的建筑如雨后春笋，逐年增多。常年奔波在施工生产第一线的建筑施工工程师们，担负着繁重而复杂的施工任务。他们渴望学习新技术，提高业务水平；渴望更新自己的知识以适应现代化的要求。从科学技术的发展和四化建设的需要考虑，对在职科技人员进行继续教育的重要性和迫切性也日益突出。为此，我们组织出版了这套丛书，希望这套书能对他们有所裨益，并在工程实践中广泛应用新技术，建造出更多优良的工程，取得更佳的经济效益。

城乡建设环境保护部曾委托同济大学、重庆建筑工程学院、哈尔滨建筑工程学院从1981年开始举办建筑施工工程师进修班。这套丛书就是根据这些班的教学内容，结合当前施工技术的发展，将施工新技术、新材料、新结构的课题适当加多，以同济大学的老师为主组织编写的。可作为工程师进修班的教材，也可作为建筑施工工程师和有关人员自学丛书。计划列题十余种，三年左右出齐。成书时尽量做到内容完整系统，文字叙述深入浅出，以便于现场施工工程师和技术员自学。当然，书中的内容选材是否适当，能否满足读者的要求，还希望广大读者提出意见，以便我们改进。谢谢！

城乡建设环境保护部干部局
中国建筑工业出版社

1986年6月

前 言

对工程质量事故的分析与处理是每个建筑工程技术人员都可能遇到的问题。设计人员应该具备这方面的能力，因为设计质量是决定工程质量优劣的首要因素，只有杜绝设计中的错误，才可能建造优质工程；同时也只有正确分析和解决建设中所发生的问题，才能确保工程质量。施工技术人员更应该掌握这门技术，这是因为大多数质量事故都发生在施工阶段，正确分析与处理事故，不仅为了确保质量，而且为施工顺利进行创造条件，避免造成不必要的损失。管理技术人员也应了解这方面的知识，因为不少质量事故的发生与发展，都与管理不善或使用不当有关。

笔者长期从事建筑工程的设计、施工与教学工作，接触过不少工程质量事故。最近几年在分析、总结归纳大量事故实例后，发现有些事故之所以一再重复发生，其重要原因之一是对事故分析不清，不能从中得到教益；有些事故之所以处理不当，或留下隐患，或使事故进一步恶化，甚至导致建筑物倒塌，有一个重要原因就是対事故的性质、原因、危害等分析不清，甚至错误，导致处理不当，因而造成了不应有的损失。如果有一本事故分析方面的专著，既可用以指导正确分析事故，为事故处理与结论提供依据，确保建筑物的安全使用；又可作前车之鉴，以尽量减少建筑物倒塌等重大事故，并改变过去那种同类型事故一再重复发生的局面；同时还对改进设计与施工工作，提高技术人员的业务水平等方面起积极作用，这就是编写本书的目的。

工程质量事故种类很多，本书主要分析地基基础与主体结构工程方面的事故，重点是危及结构安全的有关问题。对同一表现

形态的事故（如裂缝），因性质、原因、危害与处理有很大差别，所以本书着重进行分析。从历年来统计资料分析，我国建筑物倒塌中的大多数都是无证设计、盲目施工而造成，为避免篇幅太大，这类原因简单的事故，本书不再编入。

本书编写期间设计规范正在修订，考虑到书中事故实例均系按原规范设计，对这些事故的评价只能以当时的规范为准，因此材料强度与安全度等指标均用原规范的规定值，对混凝土强度用括号注明新规范相应的强度等级。本书出版后，原规范可能已经废止，为了方便阅读和使用，对一些典型的实例附有用新设计规范验算分析，并在附录中编写了设计强度等级与标号的换算关系表等供参考。

本书由王赫主编，全玉琬编写第一章，贺玉仙编写部分事故实例，并对全书进行校对。编写过程中，得到全国许多设计、施工单位和政府有关部门的支持，为本书提供了大量的事故实例，编写时还适当引用了许多书刊和情报中的资料，全书完成后，又承赵志缙审校，提出了不少宝贵意见，特此一并致谢。

由于工程质量事故种类繁多，涉及技术领域广泛，因此编写很困难，更由于笔者的实际经验与理论水平有限，书中缺点错误难免，敬请读者批评指正。

目 录

绪论	1
第一章 地基工程	10
第一节 地基强度及稳定性问题	10
一、地基承载力不足或地基失稳	12
二、滑坡(斜坡失稳)	14
三、挡土墙失稳	18
第二节 地基变形问题	20
一、软土地基过大沉降及不均匀沉降	20
二、黄土地基湿陷	28
三、膨胀土地基胀缩	33
四、地基冻胀	38
第三节 地基的渗透性问题	45
一、地下水位变化造成的质量事故	46
二、地下水渗流造成的质量事故	48
第四节 人工地基和桩基问题	52
一、人工地基质量事故	52
二、桩基质量事故	57
第二章 砖石结构工程	70
第一节 砌体裂缝	70
一、砌体中各类裂缝的形态特征和鉴别	70
二、地基不均匀沉降裂缝	86
三、承载能力不足引起砌体裂缝	91
四、温度收缩裂缝	94
五、材料质量及施工问题造成砌体裂缝	98
六、建筑构造不良造成砌体裂缝	104

七、相邻建筑影响造成砌体裂缝	105
第二节 错位变形	106
一、错位	106
二、倾斜变形	108
第三节 倒塌事故	112
一、砖柱	112
二、窗间墙	116
三、墙及带壁柱墙	122
第三章 钢筋混凝土工程	126
第一节 钢筋混凝土裂缝原因、形态特征与鉴别	126
一、钢筋混凝土裂缝分类	126
二、钢筋混凝土裂缝原因	127
三、钢筋混凝土各类裂缝的形态特征与鉴别	133
第二节 现浇结构裂缝	137
一、框架工程裂缝	137
二、梁板工程裂缝	149
三、大体积混凝土裂缝	155
第三节 装配式结构裂缝	163
一、柱	164
二、屋架与屋盖梁	165
三、梁、板	169
第四节 错位偏差	175
一、基础错位	175
二、柱偏差过大	178
三、框架偏差	183
第五节 倒塌事故	186
一、梁板倒塌	186
二、悬挑结构倒塌	189
三、单层厂房倒塌	196
四、框架工程倒塌	201
五、其它倒塌事故	208
第六节 钢筋工程	211
一、钢筋脆断	211

二、钢筋裂纹	216
三、配筋错误	220
第七节 混凝土强度不足和空洞	224
一、混凝土强度不足	224
二、混凝土空洞	228
第四章 预应力混凝土工程	239
第一节 构件制作质量不良	239
一、屋架下弦预留孔道不直	239
二、屋架平面外弯曲过大	245
三、屋架端部裂缝	247
四、屋架下弦旁弯开裂	248
五、屋架倒塌	250
六、V形折板屋盖倒塌	252
第二节 张拉、灌浆、吊装阶段中的事故	253
一、屋架张拉应力过大	253
二、屋架混凝土未达到规定强度即张拉导致破坏	256
三、折线形吊车梁裂缝	258
四、孔道灌浆冻裂	259
五、屋架下弦撞裂	260
第三节 构件吊装后的事故	262
一、预应力空心板断塌	262
二、托架螺丝端杆锚具脆断	269
三、预应力钢筋断裂	270
四、悬挑踏步板裂缝	271
第五章 钢木结构工程	273
第一节 钢木结构质量事故综述	273
一、钢结构破坏的常见原因	273
二、木结构损坏的常见原因	274
第二节 钢结构工程质量事故	275
一、钢材裂缝	275
二、屋架变形和尺寸偏差	276
三、倒塌事故	279
第三节 木结构工程质量事故	290

一、木构件裂缝	290
二、倒塌事故	292
第六章 特种结构工程	294
第一节 裂缝	294
一、烟囱裂缝	294
二、水池裂缝	299
三、贮油罐裂缝	301
四、取水泵房深井裂缝	304
五、沉井裂缝	310
第二节 错位、偏差、变形	311
一、水池上浮错位	311
二、烟囱倾斜	313
三、水塔倾斜	314
第三节 倒塌事故	315
一、水池	315
二、烟囱	316
三、水塔	318
四、贮仓	319
第七章 建筑工程质量事故原因综合分析	321
第一节 事故原因概论	321
一、事故原因要素	321
二、直接原因与间接原因	322
三、事故链及其分析	322
四、事故原点和事故源点	323
第二节 违反基本建设程序	324
一、建设前期工作问题	325
二、违章承接工程任务	325
三、违反设计顺序	326
四、违反施工顺序	326
五、未经验收即使用	326
第三节 勘测设计方面的问题	326
一、工程地质勘测问题	326
二、设计方案不当	327

三、计算假定与计算简图问题	329
四、构造不合理	330
五、设计计算错误	330
第四节 建筑材料及制品质量问题	332
一、水泥	332
二、钢材	333
三、砂、石	334
四、砖	335
五、外加剂	335
六、防水、保温隔热及装饰材料	336
七、钢筋混凝土制品	336
第五节 施工方面的问题	337
一、施工顺序错误	337
二、施工结构理论问题	340
三、施工技术管理问题	344
四、操作质量低劣	348
第六节 使用不当与其他	350
一、使用不当	350
二、科研方面存在的问题	351
三、其他	352
附 录 设计规范的强度等级与标号的换算关系	353
参考资料	355

绪 论

建国40余年来，我国进行了空前规模的社会主义建设，取得了举世瞩目的伟大成就。但是，应该看到，由于设计和施工经验不足、管理不善、气候环境影响等原因，工程中的质量问题不少，有的还很严重。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，5千元（含5千元）以上的为一般工程质量事故；经济损失不足5千元的列为质量问题。

本书所谓的质量事故，含有两层意思，一是建筑工程质量，“是指在国家有关法规、技术标准和合同中规定的，对建筑工程的适用、安全、经济、美观等各项特性要求的总和”（摘自建设部文件《建筑工程质量责任暂行规定》）；二是“事故”系指意外的变故。为了阐述方便，对那些建筑安装工程不按国家有关法规、技术标准要求进行勘察、设计和施工，按照《建筑安装工程质量检验评定统一标准》（GBJ300—88），和《建筑工程质量检验评定标准》（GBJ301—88）进行检查，评定为不合格的工程，在本书中泛称为质量事故。因此，书中所述的质量事故与建设部规定的重大质量事故或一般质量事故的涵意是不同的。

工程如发生质量事故，往往造成停工、返工，甚至影响正常使用；有的质量事故会给工程留下隐患，影响安全使用，或降低耐久性；有的事故会不断发展恶化，导致建筑物倒塌，并造成重大的人身伤亡事故，这些都会给国家和人民造成不应有的损失。因此，准确分析事故，合理地处理事故，以及探讨预防事故再次

发生的措施，是当前建筑业亟待解决的一个大问题。

需要指出：不少事故开始往往只表现为一般的质量缺陷，容易被忽视，随着时间的推移而逐步发展，待认识到问题的严重性时，则往往处理困难，或无法补救，或导致建筑物倒塌。因此，除了明显地不会有严重后果的缺陷外，对其它的质量问题均应认真分析，进行必要的处理，并作出明确的结论。

一、工程质量事故的分类

质量事故的分类方法很多，下面介绍两种分类方法。

1. 按事故发生时间分类

- (1) 施工期；
- (2) 使用期。

从国内外大量的统计资料分析，绝大多数事故都发生在施工阶段到交工验收前这段时间内。

2. 按事故性质分类

- (1) 倒塌事故：建筑物整体或局部倒塌；
- (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：平面尺寸错位，建筑物上浮、下沉，地基尺寸形状错误等；
- (4) 变形事故：建筑物倾斜、扭曲、地基变形太大等；
- (5) 材料、半成品、构件不合格事故：水泥标号不足，安定性不合格，钢筋强度低、塑性差，混凝土强度低于设计要求等；
- (6) 地基或结构构件承载能力不足事故：钢筋混凝土结构漏筋，钢筋严重错位，混凝土孔洞，地基承载力不足等；
- (7) 建筑功能事故：房屋漏雨、渗水，隔热、隔声功能不良等；
- (8) 其他事故：塌方、滑坡、火灾、天灾等事故。

二、质量事故的特点

1. 工程质量事故的技术特点

- (1) 复杂性

为了满足各种特定的使用功能的要求，适应自然环境的需要，建筑工程的产品种类繁多；同类型的建筑，由于地区不同，施工条件不同，可形成诸多复杂的技术问题。尤其需要注意的是，造成质量事故的原因错综复杂，同一形态的事故，其原因有时截然不同，因此处理的原则和方法也不相同。此外，建筑物在使用中也存在各种问题，所有这些复杂的因素，必然导致工程质量事故的性质、危害和处理都很复杂。例如建筑物的开裂，原因是很多的，可能是设计构造不良，或计算错误，或地基沉降差过大，或是温度变形或干缩过大，也可能是建筑材料制品的质量问题，或施工质量低劣，以及周围环境变化或使用不当等等诸多原因中的一个或几个造成的。

（2）严重性

工程质量事故，有的会影响施工顺利地进行，有的会给工程留下隐患或缩短建筑物的使用年限，有的会使建筑物成为危房，影响安全使用甚至不能使用，最为严重的是使建筑物倒塌，造成人员伤亡和巨大的经济损失。所以对已发现的工程质量问题决不能掉以轻心，务必及时进行分析，作出正确的结论，提出恰当的处理措施，以确保安全。

（3）可变性

工程中的质量问题多数是随时间、环境、施工情况等而发展变化的。例如钢筋混凝土大梁上出现的裂缝，其数量、宽度和长度都随着周围环境温、湿度的变化而变化，或随着荷载大小和持荷时间而变化。甚至有的细微裂缝也可能逐步发展成构件的断裂，以致造成工程的倒塌。因此一旦发现工程的质量问题，就应及时调查、分析，作出判断，对那些不断变化，而可能发展成断裂倒塌性质的事故，要及时采取应急补救措施；对那些表面的质量问题，要进一步查清内部情况，确定问题性质是否会转化；对那些随着时间和温、湿度条件变化的变形、裂缝要认真观测记录，寻找事故变化的特征与规律，供分析与处理参考，如发现事故恶化，还应及时采取相应的措施。

(4) 多发性

事故多发性有两层意思，一是有些事故象“常见病”、“多发病”一样经常发生，而成为质量通病。例如混凝土、砂浆强度不足，预制构件裂缝等；二是有些同类型事故一再重复发生。例如悬挑结构断塌事故，近几年在江苏、湖南、贵州、云南、江西、湖北、甘肃、广西、上海、浙江等地先后发生了数十次，一再重复出现。

2. 分析工程质量事故的基本要求

分析工程质量事故的基本要求可用12个字概括，即“及时、客观、准确、全面、标准、统一”。“及时”是指事故发生后，应尽早调查分析；“客观”是指分析应以各项实际资料数据为基础；“准确”是指事故的性质和原因都要十分明确，不可含糊其词；“全面”是指事故范围、情况、原因和有关责任者都不能遗漏；“标准”是指事故分析应以当时所用的标准规范为根据；“统一”是指事故分析中的有关内容，各方面应取得一致的或基本一致的认识。

三、事故分析的重要性

1. 防止事故恶化

例如施工中发现现浇结构的混凝土强度不足，就应引起重视，如尚未拆模，则应考虑何时可拆模，拆模时应采取何种补救措施和安全措施，以防止发生结构倒塌。如已拆模，则应考虑控制施工荷载量，或加支撑，防止结构严重开裂或倒塌，同时及早采取适当的补救措施。

2. 创造正常的施工条件

例如发现预埋件等偏位较大，影响了后续工程的施工，必须及时分析与处理后，方可继续施工，以保证结构安全。

3. 排除隐患

例如砌体工程中，砂浆强度不足，砂浆饱满度很差，组砌方法不当等都将降低砌体的承载能力，给结构留下隐患，发现这些问题后，应从设计、施工等方面进行周密的分析和必要的计算，并

采取适当的措施，以及时排除这些隐患。

4. 总结经验教训，预防事故再次发生

例如承重砖柱毁坏，悬挑结构倒塌等类事故，在许多地区连年不断，因此应及时总结经验教训，进行质量教育，或作适当交流，将有助于杜绝这类事故的发生。

5. 减少损失

对质量事故进行及时地分析，可以防止事故恶化，及时地创造正常的施工条件，并排除隐患，可以取得明显的经济与社会效益，此外，正确分析事故，找准发生事故的原因，可为合理地处理事故提供依据，达到尽量减少事故损失的目的。

6. 有利于工程交工验收

施工中发生的质量问题，若能正确分析其原因和危害，找出正确的解决方法，使有关各方认识一致，可避免到交工验收时，发生不必要的争议，而延误工程的验收和使用。

7. 为制订和修改标准规范提供依据

例如通过对砖墙裂缝的分析，可为标准规范在制定变形缝的设置和防止墙体的开裂方面提供依据。

四、事故分析的一般步骤与基本要求

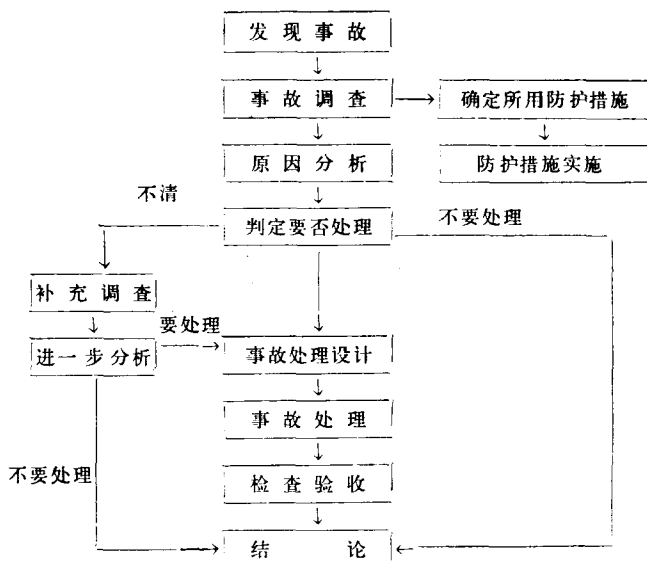
1. 事故分析的一般步骤

通常用框图表示，见下图。

2. 事故调查

主要是调查事故的内容、范围、性质，同时还要调查为进行事故原因的分析和确定处理方法所必须的资料。调查一般分为基本调查与补充调查两类。

基本调查是指对建筑物现状和已有资料的调查，主要内容有：事故发生的时间和经过，事故发展变化的情况，设计图纸资料的复查与验算，施工情况调查与技术资料检查。如果建筑物已经使用，还应调查使用情况与荷载等资料。调查中应重点查清该事故的严重性与迫切性，前者是指事故对结构安全的影响程度，后者是指若不及时处理，是否会导致事故恶化而产生严重后果。



补充调查的主要内容有：补充勘测地基情况，测定建筑物中所用材料的实际强度与有关性能，鉴定结构或构件的受力性能，以及对建筑物的裂缝和变形进行较长时间的观测检查等。

由于补充调查往往费钱、费事，有的还需要较长时间，因此只有在基本调查后，还不能正确分析事故时，才做补充调查。对地基基础和主体结构发生的质量事故，调查中应重点做好以下几项工作。

(1) 补充勘测

当原设计的工程地质资料不足或可疑时，应补勘测，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，建筑物下有无古墓、大的空洞等。对湿陷性黄土、膨胀土，应查清类别、等级或主要性能。有时还需核实建筑场地的地震数据。

(2) 设计复查

重点有以下四个，①设计依据是否可靠，如荷载取值是否准确；②计算简图与设计计算是否正确无误；③连接构造有无问