

书名：建筑工程质量事故的分析与处理

ISBN：978-7-307-12324-3

作者：张萍 李远航

出版社：武汉大学出版社

定价：39.80元

前 言

本书是高等教育“十二五”规划土建类系列教材之一,编者根据国家示范性高等教育项目式教学要求,围绕高职高专院校以培养应用型技术人才为目标这一宗旨,结合编者多年来从事这方面的教学工作和参与大量实际工程事故的处理经验编写而成。

“建筑工程质量事故的分析与处理”是建筑工程技术及相关专业的一门重要课程。本书根据大量实际工程和事故案例,参阅了大量相关书籍和有关资料,紧密结合我国最新的建筑相关规范进行编写。本书共分8个模块,主要介绍建筑工程质量事故的分类、建筑工程质量事故处理的一般程序、砌体工程事故、钢筋混凝土工程事故、地基工程事故、基础基坑工程事故、砌体结构现场检测方法、钢筋混凝土结构现场检测方法、地基工程处理方法、砌体加固方法、混凝土构件的加固方法、地基基础加固方法、地基基础事故的预防与补救、建筑物纠倾、建筑施工工艺标准、建筑工程质量预控等。

本书注重理论与实践结合,本着理论与实践并行、理论为实践服务的方针,以理论引导实践,再以实践来丰富理论,强调学习的针对性和实际性。同时,加强项目教学法的应用,通过典型工程案例分析,促进学生的认知能力和职业认同感,按照学习过程系统化的原则构建学习领域的课程模式。本书有很强的实用性特色,紧密结合当下工程的发展趋势,具有很好的实践指导性用途。

本书可作为高等职业院校土木工程专业教材或项目质量检查员培训教材,也可供施工企业项目质量检查员、技术负责人等专业技术人员参考。

由于时间仓促和作者水平有限,书中缺点和不当之处一定不少,恳请读者批评指正,不胜感谢。

高等教育教材编审委员会

目 录

CONTENTS

模块 1

绪论

- ◎ 项目一 课程学习目的 1
- ◎ 项目二 建筑工程质量事故的原因综述 2
- ◎ 项目三 建筑工程质量事故的分类 4
- ◎ 项目四 建筑工程质量事故处理的一般程序 5
- ◎ 项目五 结构可靠度的评判依据和原则 10
- ◎ 知识总结 12
- ◎ 复习思考题 12

模块 2

砌体工程事故

- ◎ 项目一 砌体裂缝事故 13
- ◎ 项目二 砌体强度不足事故 17
- ◎ 项目三 砌体加固方法 22
- ◎ 项目四 砌体结构现场检测方法 26
- ◎ 知识总结 31
- ◎ 复习思考题 31

模块 3

钢筋混凝土工程事故

- ◎ 项目一 混凝土裂缝事故 32
- ◎ 项目二 混凝土强度不足事故 37
- ◎ 项目三 钢筋工程事故 41
- ◎ 项目四 结构使用、改建不当事故 43
- ◎ 项目五 混凝土构件的加固方法 45
- ◎ 项目六 钢筋混凝土结构现场检测方法 56
- ◎ 知识总结 65
- ◎ 复习思考题 65

模块 4

地基工程事故

- ◎ 项目一 地基工程事故原因分析 66

◎ 项目二 地基失稳事故	67
◎ 项目三 地基沉降事故	70
◎ 项目四 地基工程处理方法	73
◎ 知识总结	82
◎ 复习思考题	82

模块 5

基础基坑事故

◎ 项目一 基础基坑工程事故原因分析	83
◎ 项目二 基础错位孔洞事故	85
◎ 项目三 基坑工程事故	88
◎ 知识总结	99
◎ 复习思考题	100

模块 6

既有建筑物地基基础事故

◎ 项目一 地基基础加固方法	101
◎ 项目二 地基基础事故的预防与补救	106
◎ 项目三 建筑物纠倾	108
◎ 知识总结	112
◎ 复习思考题	112

模块 7

建筑施工工艺标准

◎ 项目一 土方工程工艺标准	113
◎ 项目二 地基与基础工程工艺标准	124
◎ 项目三 钢筋混凝土结构工程工艺标准	139
◎ 项目四 砌体工程工艺标准	150
◎ 知识总结	156
◎ 复习思考题	156

模块 8

建筑工程质量预控

◎ 项目一 土方工程质量预控	157
◎ 项目二 地基与基础工程质量预控	160
◎ 项目三 地下防水工程质量预控	165
◎ 项目四 钢筋混凝土工程质量预控	181
◎ 项目五 砌体工程质量预控	187
◎ 项目六 地面与楼面工程质量预控	191
◎ 知识总结	194
◎ 复习思考题	195

参考文献

.....	196
-------	-----

绪 论



学习描述

教学内容

本章主要介绍了本课程学习目的；综述分析建筑工程质量事故的原因；对建筑工程质量事故进行分类，介绍事故等级的划分范围，以及在事故发生后，建筑工程质量事故处理的一般程序；为了使事故分析具有公正性和统一性，建筑物采用不同的方法去复核可靠度，介绍了单一安全系数的评测方法，直接加荷试验评定方法及按房屋可靠性评定标准检定。

教学要求

本章让学生了解课程学习的目的、建筑工程质量事故的概念、事故处理的一般程序、单一安全系数的评测方法，直接加荷试验评定方法；熟悉事故等级的划分；熟悉按房屋可靠性评定标准检定。

实践环节

熟悉相关法规和规范，能对事故的等级进行划分；熟练运用房屋可靠性评定标准对建筑物进行检定。



项目一 课程学习目的

建筑业是我国国民经济的支柱产业之一，它在我国国民经济中的地位日渐重要。伴随着建筑业的蓬勃发展，各种工程质量事故也频繁发生。因此，了解建筑工程质量事故发生的原因，掌握建筑工程质量事故处理的程序和方法，以及研究如何防范建筑工程质量事故，意义重大。

本课程的学习目的如下：

一、从工程事故中吸取教训

从工程事故中吸取教训，以改进设计、施工和管理工作，从而防止同类事故发生。尽管工程事故的破坏程度有可能不及自然灾害，但其造成的人员伤亡和经济损失却对人们的社会生活产生了严重的影响。自然灾害是天灾，但是工程事故却是人祸。从事故中吸取经验教训，可以最大限度地避免同类事故再次发生，也有利于对所学规律和知识加深记忆和理解，提高对知识的运用能力。

二、掌握事故处理的基本知识和方法

面对出现的事故，正确进行分析并正确处理的能力，在实际工程中显得十分必要和重要。学习和掌握这部分知识，是每位工程技术人员和管理者应具有的责任和义务。



阅读材料

我国建筑工程质量事故现状

来自国家统计局统计数据显示，2007年上半年，中国建筑企业完成建筑业总产值1.8亿元，同比增长22%。2001年以来，中国建筑业总产值年平均增长率为22.5%。中国建筑企业整体竞争力也正接近国际领先水平。2006年，中国建筑企业完成建筑业总产值突破4万亿元，为推动国民经济快速、持续发展做出了重要贡献。

新中国曾出现过3次大的建筑工程质量事故多发期：“大跃进”年代、“文革”时期和改革开放初期。在改革开放初期，全国平均每4天就有一栋房屋倒塌。随着房地产业的日益升温，新的建设高潮已经来临，建筑业规模逐年增加，已成为我国继工业、农业、贸易之后的第四大支柱产业，而近一段时间发生在我国建筑领域的事故和死亡人数正呈现上升趋势，在各行业事故中仅次于交通和矿山，居第三。建筑事故增加的死亡人数已经占到全国各类事故增加的总死亡人数的60%。根据建设部官方网站上公布的数据显示，2007年全国建筑事故共859起，死亡1012人。这一现象提醒我们，要防止第四次建设工程质量多发期的来临。

2007年11月12日10时，湖北省武汉市硚口区汉口中心嘉园4号楼发生一起高处坠落事故，1人死亡。

2007年11月15日15时，湖北省荆门市湖北金商实业集团9号危改楼发生一起高处坠落事故，1人死亡。

2007年11月17日0时，陕西省安康市新华书店新华文华大厦发生一起物体打击事故，1人死亡。

2007年11月18日7时，湖北省荆门市中天国际改造工程发生一起高处坠落事故，1人死亡。

2007年11月19日12时，山东省新城家园小区1#~4#楼发生一起高处坠落事故，1人死亡。

从以上时间来看，几乎每天都有建筑工地事故的发生。尽管波及面和经济损失不及自然灾害，但其造成的人员伤亡和经济损失给人们的社会生活产生了严重的影响。



项目二 建筑工程质量事故的原因综述

一、建筑工程质量事故的概念

按国家规范《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)规定，结构在规定的的设计使用年限内应满足下列功能要求：

- (1) 在正常施工和正常使用时，能承受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, 具有足够的耐久性能;
- (4) 在设计规定的偶然事件(如地震、爆炸、撞击等)发生时及发生后, 仍能保持必需的整体稳定性。

建筑工程质量事故是指由于质量不合格或质量缺陷, 而引发或造成一定的经济损失、工期延误或危及人的生命安全和正常秩序的事件。

二、建筑工程质量事故的原因综述

工程质量发生的原因多种多样, 往往是由多种因素构成的。从已有的事故分析, 归纳起来, 可以分为以下几个方面:

(一) 管理不善

管理不善是一个复杂而且涉及多方面的原因, 如“七无”工程: 无立项、无报建、无开工许可、无招投标、无资质、无监理、无验收; “三边”工程: 边勘察、边设计、边施工; 如违反法规, 无证或越级设计、施工, 有法不依, 违章不纠; 招投标中不公平竞争, 低价中标; 非法分包、转包、挂靠; 擅自修改设计; 监督不力, 马虎盖“合格”章; 申报手续不全, 违背建设程序, 未搞清地质情况; 无图施工; 不竣工验收就交付使用; 从业人员资质不够; 管理混乱, 信用低下; 等等。腐败和违反基本建设程序及地方保护等, 也是造成管理不善的原因之一。

(二) 勘察失误或地基处理不当

勘察失误有: 盲目套用临区勘测资料; 钻孔布置不足, 地质勘察过程中钻孔间距太大, 不能反映实际地质情况, 有些隐患未能查处; 勘察报告不准确、不详细, 未能明确诸如孔洞、墓穴、软弱土层等地层特征, 致使地基基础设计时采用不正确的方案, 造成地基不均匀沉降、结构失稳、上部结构开裂甚至倒塌等。地基处理不当, 如饱和土用强夯法; 打桩未达到持力层, 深基坑支护失当, 地基土受干扰又未能重新夯实等。

(三) 设计失误

目前, 设计院普遍存在任务急、时间紧现象, 设计人员为尽快完成设计任务, 容易造成一些人为的设计失误, 为工程质量事故埋下隐患。如计算简图与结构实际受力不符, 结构方案不正确; 荷载或内力分析计算有误, 忽视构造要求; 盲目套用图纸, 未做结构的抗倾覆、抗滑移验算, 计算中漏算荷载; 计算方案欠妥, 未考虑施工过程中会遇到的意外情况等。

(四) 施工质量差

施工单位为节约成本造价, 施工过程中有意偷工减料; 施工技术人员不了解项目设计意图, 不熟悉项目设计施工图, 甚至擅自修改设计; 施工中不遵守操作规范, 达不到质量控制的要求; 采用不合格的材料, 未进行材料进场检验; 技术工人未经培训, 缺乏基本的施工技术知识, 不具备上岗资质, 盲目蛮干; 不严格控制施工荷载, 造成构件超载开裂; 不控制砌体结构的自由高度(高厚比), 造成砌体在施工过程中失稳破坏; 模板与支架、脚

手架设置不当，发生破坏等。

(五) 使用、改建不当

使用时任意增大荷载，如把阳台当库房、办公室变机械设备房等；改建时随意改动结构，拆除承重构件，盲目开洞，任意加层等，都会造成严重的结构安全隐患。



项目三 建筑工程质量事故的分类

建筑工程质量事故的分类方法有很多种。依据事故发生的阶段划分，可分为施工过程中发生的事故、使用过程中发生的事故、改建时或改建后发生的事故；依据事故发生的部位划分，可分为地基基础事故、主体结构事故、装修工程事故等；依据结构类型划分，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。

2007年3月28日国务院第172次常务会议通过，2007年4月9日中华人民共和国国务院令493号公布的《生产安全事故报告和调查处理条例》，该条例于2007年6月1日起施行。国务院1989年3月29日公布的《特别重大事故调查程序暂行规定》和1991年2月22日公布的《企业职工伤亡事故报告和处理规定》同时废止。

按照《生产安全事故报告和调查处理条例》，根据生产安全事故（以下简称事故）造成的人员伤亡或者直接经济损失，事故一般分为以下等级：

- (1) 特别重大事故：是指造成30人以上死亡，或者100人以上重伤（包括急性工业中毒，下同），或者1亿元以上直接经济损失的事故；
- (2) 重大事故：是指造成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：是指造成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：是指造成3人以下死亡，或者10人以下重伤，或者1000万元以下直接经济损失的事故。



知识链接

《生产安全事故报告和调查处理条例》颁布前，事故的划分等级

依据事故的严重程度划分，可将建筑工程质量事故分为：

- (1) 一般质量事故（凡具备下列条件之一者为一般质量事故）；
 - ① 直接经济损失在1万元（含1万元）以上，不满5万元的；
 - ② 影响使用功能和工程结构安全，造成永久质量缺陷的。
- (2) 严重施工质量事故（凡具备下列条件之一者为严重施工质量事故）；
 - ① 直接经济损失在5万元（含5万元）以上，不满10万元的；
 - ② 严重影响使用功能或工程结构安全，存在重大隐患的；
 - ③ 事故性质恶劣或造成2人以下重伤的。
- (3) 重大施工质量事故：造成经济损失10万元以上或重伤3人以上或死亡2人以上的事故。

重大施工质量事故分为以下四个等级：

一级：死亡人数 30 人以上，直接经济损失 300 万元以上。

二级：死亡人数 10~29 人，直接经济损失 100 万~300 万元。

三级：死亡人数 3~9 人，重伤 20 人以上，直接经济损失 30 万~100 万元。

四级：死亡人数 2 人以下，重伤 3~19 人，直接经济损失 10 万~30 万元。

(4) 特别重大事故：国务院发布的《特别重大事故调查程序暂行规则》中规定：一次死亡 30 人及其以上，或直接经济损失达 500 万元及其以上，或其他性质特别严重，满足其中之一即为特别重大事故。



项目四 建筑工程质量事故处理的一般程序

事故发生后，要进行调查和处理，尤其是重大事故。事故处理涉及多方面的关系，因此要排除各种因素的干扰，以事实为依据，秉承公正、公开、公平的原则进行。

事故调查一般按以下步骤进行：

一、基本情况调查

初步分析事故发生的原因，确定进一步调查和测试的项目。基本情况调查包括对建筑物的勘测、设计和施工资料的收集、对事故现场的调查及对相关人员的访问。为了避免发生调查问题的遗漏、提高调查工作的效率，在调查前要列好调查计划和提纲等，做好调查工作的前期准备，见表 1-1。

表 1-1 调查项目表

工程情况	建筑所在场地特征（如地形、地貌），气象，环境条件（酸、碱、盐腐蚀性条件等）。建筑结构主要特征（结构类型、层数、基础形式等）；事故发生时工程进度情况或使用情况
事故情况	发生事故的时间、经过、事故见证人及有关人员，人员伤亡和经济损失情况。可以采用照相、录像等手段取得现场实况资料
地质水文资料	主要看有关勘测报告，并重点查看勘察情况与实际情况是否相符，有无异常情况
设计图档	任务委托书、设计单位主要负责人及设计人员水平、资历，设计依据的有关规范、规程、设计文件及施工图。重点看计算简图是否妥当，各种荷载取值及不利组合是否合理，计算是否正确，构造处理是否合理
施工记录	施工单位及其等级水平，具体技术负责人水平及资历。施工时间、气温、风雨、日照等记录，施工方法，施工质检记录，施工日记（如打桩记录、地基处理记录、混凝土施工记录、预应力张拉记录、设计变更洽商记录、特殊处理记录等），施工进度，技术措施，质保体系
使用情况调查	房屋用途，使用荷载，腐蚀性条件，使用变更、维修记录，有无发生过灾害荷载等

二、结构及材料检测

在初步调查的基础上，进行深入调查和测试工作，甚至需要做模拟实验。包括以下几个方面：

(1) 地基基础补充勘测。对不能确定的地层剖面和地基应进行补充勘测。例如桩基要进行检测，查看是否有断桩、孔洞等不良缺陷。

(2) 材料检测。建筑物中所用材料（如水泥、钢材、焊条、砌块等）可抽样复查；对混凝土，可采用回弹法、声波法、取芯法等测定构件中的混凝土实际强度；钢筋可取少量样品进行化学成分分析和强度试验。

(3) 建筑物表面缺陷观测。对结构表面的裂缝，测量其宽度、长度和深度，并绘制裂缝分布图。

(4) 结构内部缺陷检查。可采用锤击法、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，应检查砂浆饱满度、砌体搭接错缝情况等。

(5) 模型试验或现场加载试验。通过试验检查结构或构件的实际承载力。

三、复合分析

在一般调查及实际测试的基础上，选择有代表性的或初步判断有问题的构件进行复核计算。按构件的实际强度、断面实际尺寸、结构实际所受荷载和外加作用等，根据工程实际情况选取合理的计算简图，按相关规定和规范进行复核计算。

四、专家会商

在调查、测试和分析的基础上，可召开专家会议进行会商，对事故发生原因进行认真分析、讨论，然后作出结论。会商过程中，专家应听取与事故有关单位人员的申诉和答辩，综合各方面意见后给出最后的结论。

五、调查报告

事故调查必须以事实为依据，以规范、规程为准绳，以科学分析为基础。调查报告要准确可靠，重点突出，抓住要害。调查报告的内容一般应包括：

- (1) 工程概况：重点介绍与事故有关的工程情况；
- (2) 事故情况：事故发生的时间、地点、事故现场情况及所采取的应急措施，与事故有关人员、单位情况；
- (3) 事故调查记录；
- (4) 现场检测报告（如有模拟实验，则还应有实验报告）；
- (5) 复核分析，事故原因推断，明确事故责任；
- (6) 对工程事故的处理建议；
- (7) 必要的附录（如事故现场照片、录像、实测记录、专家会协商的记录，复核计算书，测试记录，实验原始数据及记录等）。



知识链接

《生产安全事故报告和调查处理条例》中事故处理规定

(一) 事故报告

在事故发生后，事故现场有关人员应当立即向本单位负责人报告；单位负责人接到报告后，应当于1小时内向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。

情况紧急时，事故现场有关人员可以直接向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。

安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门接到事故报告后，应当依照下列规定上报事故情况，并通知公安机关、劳动保障行政部门、工会和人民检察院：

(1) 特别重大事故、重大事故逐级上报至国务院安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门；

(2) 较大事故逐级上报至省、自治区、直辖市人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门；

(3) 一般事故上报至设区的市级人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门。

安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门依照前款规定上报事故情况，应当同时报告本级人民政府。国务院安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门以及省级人民政府接到发生特别重大事故、重大事故的报告后，应当立即报告国务院。

必要时，安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门可以越级上报事故情况。安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门逐级上报事故情况，每级上报的时间不得超过2小时。

报告事故应当包括下列内容：

(1) 事故发生单位概况；

(2) 事故发生的时间、地点以及事故现场情况；

(3) 事故的简要经过；

(4) 事故已经造成或者可能造成的伤亡人数（包括下落不明的人数）和初步估计的直接经济损失；

(5) 已经采取的措施；

(6) 其他应当报告的情况。

事故报告后出现新情况的，应当及时补报。自事故发生之日起30日内，事故造成的伤亡人数发生变化的，应当及时补报。道路交通事故、火灾事故自发生之日起7日内，事故造成的伤亡人数发生变化的，应当及时补报。

事故发生单位负责人接到事故报告后，应当立即启动事故相应应急预案，或者采取有效措施，组织抢救，防止事故扩大，减少人员伤亡和财产损失。事故发生地有关地方人民政府、安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门接到事故报告后，其负责人应当立即赶赴事故现场，组织事故救援。

事故发生后，有关单位和人员应当妥善保护事故现场以及相关证据，任何单位和个人不得破坏事故现场、毁灭相关证据。因抢救人员、防止事故扩大以及疏通交通等原因，需要移动事故现场物件的，应当做出标志，绘制现场简图并做出书面记录，妥善保存现场重要痕迹、物证。

安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门应当建立值班制度，并向社会公布值班电话，受理事故报告和举报。

(二) 事故调查

特别重大事故由国务院或者国务院授权有关部门组织事故调查组进行调查。重大事故、较大事故、一般事故分别由事故发生地省级人民政府、设区的市级人民政府、县级人民政府负责调查。省级人民政府、设区的市级人民政府、县级人民政府可以直接组织事故调查组进行调查，也可以授权或者委托有关部门组织事故调查组进行调查。未造成人员伤亡的一般事故，县级人民政府也可以委托事故发生单位组织事故调查组进行调查。特别重大事故以下等级事故，事故发生地与事故发生单位不在同一个县级以上行政区域的，由事故发生地人民政府负责调查，事故发生单位所在地人民政府应当派人参加。

事故调查组的组成应当遵循精简、效能的原则。根据事故的具体情况，事故调查组由有关人民政府、安全生产监督管理部门、负有安全生产监督管理职责的有关部门、监察机关、公安机关以及工会派人组成，并应当邀请人民检察院派人参加。事故调查组可以聘请有关专家参与调查。事故调查组成员应当具有事故调查所需要的知识和专长，并与所调查的事故没有直接利害关系。事故调查组组长由负责事故调查的人民政府指定。事故调查组组长主持事故调查组的工作。

事故调查组履行下列职责：

- (1) 查明事故发生的经过、原因、人员伤亡情况及直接经济损失；
- (2) 认定事故的性质和事故责任；
- (3) 提出对事故责任者的处理建议；
- (4) 总结事故教训，提出防范和整改措施；
- (5) 提交事故调查报告。

事故调查组有权向有关单位和个人了解与事故有关的情况，并要求其提供相关文件、资料，有关单位和个人不得拒绝。事故发生单位的负责人和有关人员在事故调查期间不得擅离职守，并应当随时接受事故调查组的询问，如实提供有关情况。事故调查中发现涉嫌犯罪的，事故调查组应当及时将有关材料或者其复印件移交司法机关处理。

事故调查中需要进行技术鉴定的，事故调查组应当委托具有国家规定资质的单位进行技术鉴定。必要时，事故调查组可以直接组织专家进行技术鉴定。技术鉴定所需时间不计入事故调查期限。

事故调查组应当自事故发生之日起 60 日内提交事故调查报告；特殊情况下，经负责事故调查的人民政府批准，提交事故调查报告的期限可以适当延长，但延长的期限最长不超过 60 日。

事故调查报告应当包括下列内容：

- (1) 事故发生单位概况；
- (2) 事故发生经过和事故救援情况；
- (3) 事故造成的人员伤亡和直接经济损失；
- (4) 事故发生的原因和事故性质；
- (5) 事故责任的认定以及对事故责任者的处理建议；
- (6) 事故防范和整改措施。

事故调查报告应当附具有关证据材料。事故调查组成员应当在事故调查报告上签名。事故调查报告报送负责事故调查的人民政府后，事故调查工作即告结束。事故调查的

有关资料应当归档保存。

(三) 事故处理

重大事故、较大事故、一般事故，负责事故调查的人民政府应当自收到事故调查报告之日起15日内做出批复；特别重大事故，30日内做出批复。特殊情况下，批复时间可以适当延长，但延长的时间最长不超过30日。

有关机关应当按照人民政府的批复，依照法律、行政法规规定的权限和程序，对事故发生单位和有关人员进行行政处罚，对负有事故责任的国家工作人员进行处分。事故发生单位应当按照负责事故调查的人民政府的批复，对本单位负有事故责任的人员进行处理。负有事故责任的人员涉嫌犯罪的，依法追究刑事责任。

(四) 法律责任

事故发生单位主要负责人有下列行为之一的，处上一年年收入40%至80%的罚款；属于国家工作人员的，并依法给予处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

- (1) 不立即组织事故抢救的；
- (2) 迟报或者漏报事故的；
- (3) 在事故调查处理期间擅离职守的。

事故发生单位及其有关人员有下列行为之一的，对事故发生单位处100万元以上500万元以下的罚款；对主要负责人、直接负责的主管人员和其他直接责任人员处上一年年收入60%至100%的罚款；属于国家工作人员的，并依法给予处分；构成违反治安管理行为的，由公安机关依法给予治安管理处罚；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

- (1) 谎报或者瞒报事故的；
- (2) 伪造或者故意破坏事故现场的；
- (3) 转移、隐匿资金、财产，或者销毁有关证据、资料的；
- (4) 拒绝接受调查或者拒绝提供有关情况和资料的；
- (5) 在事故调查中作伪证或者指使他人作伪证的；
- (6) 事故发生后逃匿的。

事故发生单位对事故发生负有责任的，依照下列规定处以罚款：

- (1) 发生一般事故的，处10万元以上20万元以下的罚款；
- (2) 发生较大事故的，处20万元以上50万元以下的罚款；
- (3) 发生重大事故的，处50万元以上200万元以下的罚款；
- (4) 发生特别重大事故的，处200万元以上500万元以下的罚款。

事故发生单位主要负责人未依法履行安全生产管理职责，导致事故发生的，依照下列规定处以罚款；属于国家工作人员的，并依法给予处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

- (1) 发生一般事故的，处上一年年收入30%的罚款；
- (2) 发生较大事故的，处上一年年收入40%的罚款；
- (3) 发生重大事故的，处上一年年收入60%的罚款；
- (4) 发生特别重大事故的，处上一年年收入80%的罚款。

有关地方人民政府、安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门有下列行为之一的，对直接负责的主管人员和其他直接责任人员依法给予处分；构成犯罪的

的，依法追究刑事责任：

- (1) 不立即组织事故抢救的；
- (2) 迟报、漏报、谎报或者瞒报事故的；
- (3) 阻碍、干涉事故调查工作的；
- (4) 在事故调查中作伪证或者指使他人作伪证的。

事故发生单位对事故发生负有责任的，由有关部门依法暂扣或者吊销其有关证照；对事故发生单位负有事故责任的有关人员，依法暂停或者撤销其与安全生产有关的执业资格、岗位证书；事故发生单位主要负责人受到刑事处罚或者撤职处分的，自刑罚执行完毕或者受处分之日起，5年内不得担任任何生产经营单位的主要负责人。

为发生事故的单位提供虚假证明的中介机构，由有关部门依法暂扣或者吊销其有关证照及其相关人员的执业资格；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

参与事故调查的人员在事故调查中有下列行为之一的，依法给予处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任：

- (1) 对事故调查工作不负责任，致使事故调查工作有重大疏漏的；
- (2) 包庇、袒护负有事故责任的人员或者借机打击报复的。

有关地方人民政府或者有关部门故意拖延或者拒绝落实经批复的对事故责任人的处理意见的，由监察机关对有关责任人员依法给予处分。罚款的行政处罚，由安全生产监督管理部门决定。



项目五 结构可靠度的评判依据和原则

为了使事故分析具有公正性和统一性，事故的分析 and 评判应以现行的国家及有关部门颁布的标准（包括统一标准、设计规范、施工质量验收规范、施工操作规程、材料试验标准等）为依据，按照其规定的方法、步骤进行试验或计算。

对于不同历史时期的建筑物，采用不同的方法去复核可靠度。1990年以前的建筑物按照《钢筋混凝土结构设计规范》（TJ10—74）设计，采用单一安全系数，质量检验按《建筑安装工程质量检验评定标准》（TJ301—74）。1992年以后建造的建筑物采用概率极限状态设计原则，采用了分项系数方法，在质量检验评定方面，先有《建筑安装工程质量检验评定统一标准》（GB J300—88），又颁布了《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB 50300—2001）。

一、单一安全系数的评测方法

单一安全系数法因其简单直观，常被采用。按单一安全系数法或按旧规范设的建筑结构的强度验算，可按式进行：

$$K_{\text{实}} = \frac{R_{\text{实}}}{S_{\text{实}}} \geq \beta [K]$$

式中 $K_{\text{实}}$ ——实际构件强度验算的安全系数；

$R_{\text{实}}$ ——构件的实际抗力，采用实测强度按规范公式计算（材料实测强度应采用设计计算值，若实测材料强度的平均值为 \bar{f} ，均方差为 σ ，则设计计算值采用 $f = \bar{f} - 2\sigma$ ）；

$S_{\text{实}}$ ——构件实际承受的内力，可按事故发生时的实际荷载计算；

$[K]$ ——规范规定的安全系数，可按有关规范查用；

β ——强度检验的修正系数，与检测方法、检验精度有关。

二、直接加荷试验评定方法

对于非倒塌事故，或对于批量生产的承重构件有质量问题或事故疑问时，可进行实际加载试验，以决定结构是否可继续使用或加固。若实际荷载为 $q_{\text{实}}$ ，而设计需要的承载力的标准值为 $q_{\text{标}}$ ，如满足 $K_{\text{实}} = \frac{q_{\text{实}}}{q_{\text{标}}} \geq \beta [K]$ ，则可认为结构或构件可继续使用。

实际现场试验时，一般不加载到结构完全倒塌，这样做比较危险，并使结构不能再使用，甚至加固也不可能再使用。一般 $q_{\text{实}}$ 取某种极限值，如挠度达到了 $l/50$ (l 为跨度) 裂缝达到 1.5 mm 或 $q \geq (1.5 \sim 2.0) q_{\text{标}}$ ，就停止试验，取这时的荷载为 $q_{\text{实}}$ 。

三、按房屋可靠性评定标准检定

对于按现行规范设计的建筑物的复核，可按新规范有关条文进行。新规范要求结构的可靠度指标以分项系数的表达方式来实现。复核时应满足：

$$\gamma_0 S \leq R$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数，一般结构取 1.0，重要结构取 1.1，临时、次重要的结构取 0.9；

S ——作用效应，考虑了荷载分项系数、组合系数后的实际荷载作用、环境作用、约束变形的作用效应；

R ——结构的抗力，按实测材料强度计算，但要考虑材料分项系数。材料的强度由实测结构推断。

若实测强度的平均值为 f_m 、标准差为 σ ，则设计强度可取：

$$f = f_m (1 - 1.645\sigma) / \gamma$$

式中 γ ——为材料分项系数。

对砌体： $\gamma = 1.6$ ；

对混凝土： $\gamma_c = 1.4$ ；

对钢筋： $\gamma_s = 1.1$ (HPB300, HRB335, HRB400) = 1.2 (预应力钢筋)。

为了评定承载力的可靠度等级，可参考《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—1999) 和《工业厂房可靠性鉴定标准》(GB J 144—90)，它们均采用分层次、分等级评定的方法。民用建筑鉴定又分为安全性评定、使用性评定和可靠性评定三类。

安全性评定针对危房鉴定、房屋改建或有安全疑问时(如事故分析)采用。使用性鉴定则针对建筑物的日常维护及某些使用功能的评判。而可靠性鉴定则在安全性和使用性评定基础上，进一步作出全面评价。工业建筑鉴定规程则是以安全评定为主，兼顾重要使用功能的可靠性评定。



知识总结

本章首先介绍了本课程的学习目的。从工程事故中吸取教训，以改进设计、施工和管理工作的，从而防止同类事故的发生；掌握事故处理的基本知识和方法。

其次，综述分析了建筑工程质量事故的原因。工程质量发生的原因是管理不善，勘察失误或地基处理不当，设计失误，施工质量差和使用、改建不当。

再次，描述了如何对建筑工程质量事故进行分类，对事故进行等级划分。建筑工程质量事故的分类方法有很多种，应根据不同情况进行分类。根据生产安全事故（以下简称事故）造成的人员伤亡或者直接经济损失，对事故进行等级划分。

然后，讲述了在事故发生后，建筑工程质量事故处理的一般程序。事故发生后要进行调查和处理，尤其是重大事故。事故处理涉及多方面的关系，因此要排除各种因素的干扰，以事实为依据，秉承公正、公开、公平的原则。

最后，讲解了为使事故分析具有公正性和统一性，建筑物采用不同的方法去复核可靠度，介绍了单一安全系数的评测方法、直接加荷试验评定方法及按房屋可靠性评定标准检定。

复习思考题

1. 学习建筑工程质量事故的分析与处理的目的是什么？
2. 什么是建筑工程质量事故？
3. 建筑工程质量事故的原因有哪些？
4. 建筑工程质量事故的分类有哪些？
5. 根据生产安全事故造成的人员伤亡或者直接经济损失，事故一般分为哪几个等级？
6. 事故发生后，事故调查的一般程序是什么？
7. 结构可靠度评判的原则是什么？
8. 什么是单一安全系数评测方法？
9. 什么是直接加荷试验评定方法？
10. 新规范对房屋可靠性评定标准是什么？

砌体工程事故



学习描述

教学内容	
<p>本章主要介绍了砌体裂缝事故的主要原因，砌体裂缝事故处理的方法，砌体强度不足事故的主要原因，砌体强度不足事故的处理方法；分析了砌体加固方法；详细介绍了常用的砌体加固方法；讲解了砌体工程的现场检测方法。</p>	
教学要求	实践环节
<p>本章让学生了解砌体裂缝事故的原因和处理的方法、砌体强度不足事故的原因和处理方法；熟悉常用的砌体加固方法；熟悉砌体工程的现场检测方法。</p>	<p>熟悉相关法规和规范及行业标准，对砌体进行加固和对砌体工程进行现场检测。</p>

砌体结构是由块体和砂浆砌筑而成的墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构，是砖砌体、砌块砌体和石砌体结构的统称。砖砌体，包括烧结普通砖、烧结多孔砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖无筋和配筋砌体；砌块砌体，包括混凝土、轻骨料混凝土砌块无筋和配筋砌体；石砌体，包括各种料石和毛石砌体。



项目一 砌体裂缝事故

砌体裂缝事故是砌体事故中最常见的质量事故之一，裂缝是否需要处理，取决于裂缝的性质。很多情况由于分析失误，事故发生前不能做好认真分析和处理，导致了重大事故的发生。鉴别裂缝的性质很重要，如常见的温度裂缝一般不会危及结构安全；抗压强度不足导致的竖向裂缝必须要及时采取措施进行处理，因为它是结构达到承载力临界状态的重要表现之一。

一、砌体裂缝的主要原因

(1) 温度变形。由于温差变化和环境影响等因素，导致不同材料和不同部位的变形不一致，从而产生的砌体裂缝。例如房屋太长，又不设置伸缩缝，由于气温或环境温度差异太大，易产生竖向裂缝。

(2) 地基均匀沉降。部分砌体沉降过大与沉降过小的部分产生位移差，从而在砌体中产生附加拉力或剪力，当这种附加力超过砌体的强度时，砌体中便产生裂缝。

(3) 结构荷载过大或砌体截面过小。

- (4) 设计构造不当。
- (5) 材料质量不良。
- (6) 施工质量低劣。

砌体裂缝分为受力裂缝与非受力裂缝两大类。砌体在各种荷载直接作用下产生的裂缝称为受力裂缝；由于砌体收缩、温度变化等非荷载直接作用引起的裂缝则称为非受力裂缝。



知识链接

《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292—1999) 的部分规定

当砌体结构的承重构件出现下列受力裂缝时，应视为不适于继续承载的裂缝，并应根据其严重程度评为 c_u 级或 d_u 级：

- (1) 桁架、主梁支座下的墙、柱的端部或中部，出现沿块材（指砖或砌块）断裂（贯通）的竖向裂缝。
- (2) 空旷房屋承重外墙的变截面处，出现水平裂缝或斜向裂缝。
- (3) 砌体过梁的跨中或支座出现裂缝；或虽未出现肉眼可见的裂缝，但发现其跨度范围内有集中荷载。
- (4) 筒拱、双曲筒拱、扁壳等的拱面、壳面，出现沿拱顶母线或对角线的裂缝。
- (5) 拱、壳支座附近或支承的墙体上，出现沿块材断裂的斜裂缝。
- (6) 其他明显的受压、受弯或受剪裂缝。

当砌体结构、构件出现下列非受力裂缝时，应视为不适于继续承载的裂缝，并应根据其实际严重程度评为 c_u 级或 d_u 级：

- (1) 纵横墙连接处出现通长的竖向裂缝。
- (2) 墙身裂缝严重，且最大裂缝宽度已大于 5 mm。
- (3) 柱已出现宽度大于 1.5 mm 的裂缝，或有断裂、错位迹象。
- (4) 其他显著影响结构整体性的裂缝。

二、裂缝处理的方法

砌体出现了裂缝，首先要分析裂缝的性质和原因，并观察其发展状态。对于不危及安全的裂缝，可用灌缝、封闭的办法；对于危及安全的裂缝，则应该进行加固。

常见处理砌体裂缝的方法有：

(一) 填缝封闭

常用材料有水泥砂浆、树脂砂浆等，需要等砌体稳定后再进行修补，因为这类硬质填缝材料极限拉伸率很低，如果砌体尚未稳定，修补后可能再次开裂。

(二) 表面覆盖

为了美观，可在裂缝表面直接覆盖装饰材料即可。对于不影响建筑正常使用的裂缝，可以采用此类方法。

(三) 加筋锚固

砖墙两面开裂时，需在两侧每隔 5 皮砖剔凿一道长 1 m（裂缝两侧各 0.5 m）、深

50 mm的砖缝，埋入 $\phi 6$ 钢筋一根，端部弯直钩并嵌入砖墙竖缝，然后用强度等级为 M10 的水泥砂浆填缝严实，施工需要注意以下三点：

- (1) 两面不要剔同一条缝，最好隔两皮砖；
- (2) 必须处理好一面，并等砂浆有一定强度后再施工另一面；
- (3) 修补前剔开的砖缝要充分浇水湿润，修补后必须浇水养护。

(四) 水泥灌浆

针对砌体裂缝常用的方法有重力灌浆和压力灌浆两种。

(1) 重力灌浆：采用利用自重灌入砌体裂缝中达到补强的目的。施工中需要注意以下几点：

- ① 清理裂缝：避免堵塞，形成灌浆通路；
- ② 表面封缝：用 1 : 2 水泥砂浆（内加促凝剂）将墙面裂缝封闭，形成灌浆的空间；
- ③ 设置灌浆口：在灌浆口处凿去半块砖，设置灌浆口；
- ④ 冲洗裂缝：用灰水比为 1 : 10 的纯水泥浆冲洗，并检查裂缝内浆液流动的情况。

(2) 压力灌浆：对已开裂的墙体，可采用压力灌浆修补；对砌筑砂浆饱满度差且砌筑砂浆强度等级偏低的墙体，可用满墙灌浆加固。

(五) 钢筋水泥夹板墙

在墙体两面增加钢筋网，并用穿墙“∞”形筋拉结固定后，两面喷涂水泥砂浆进行固定。

(六) 外包加固

一般有外包角钢和外包钢筋混凝土两类，此法通常用来加固柱子。

(七) 加钢筋混凝土构造柱

该柱用于加强内外墙连系或提高墙身的承载能力或刚度。
根据裂缝的性质和裂缝处理的方法特点，可参考表 2-1 确定适用范围。

表 2-1 砌体裂缝处理方法选择参考

选择分类			处理方法											
			填缝 封闭	表面 覆盖	加筋 锚固	水泥 灌浆	钢筋网 水泥面层	外包 加固	加构 造柱	整体 加固	变换 结构 类型	改裂 缝为 伸缩缝	增设 梁垫	局部 除重
裂缝 性质	荷载	墙 柱				√	√	△ √	△		√		△ △	⊙ ⊙
	变形	墙 柱	√		√	△	△	√	△	△ △		⊙		△ △
处理 目的	防渗、耐久性		√		√	△	△			△				△
	提高承载能力				√	√	√				√		△	
	外观		√	√	√		△							√

注：√—首选；△—次选；⊙—必要时选。



应用案例2-1

【事故概况】

某工程出现：大梁底部的墙体产生局部竖直裂缝。

事故处理：应由设计与施工单位，结合结构形式、施工方法等，进行综合调查分析，然后采取措施加以处理。

【事故解析】

大梁处的温度裂缝的质量预控：

施工准备：砖的强度等级必须符合设计要求，用于砌筑清水墙、柱表面的砖，应保持整洁美观。砖应提前1~2天浇水湿润，普通砖、多孔砖含水率宜为10%~15%，灰砂砖、粉煤灰砖宜为5%~8%。实际施工中，所采用的水泥砂浆强度等级比原设计的水泥混合砂浆强度等级提高一个等级。基础施工前，应设置龙门板，在板上标明基础的轴线、底宽、墙身的轴线及厚度、底层地面标高等，并用准线和线坠将轴线及基础底宽放到垫层表面上。砌筑基础前，必须用钢尺校核放线尺寸，基础垫层表面用C15以上的细石混凝土找平后方可砌筑，不得用砂浆填平。用方木或角钢制作皮数杆，并在皮数杆上标明皮数及竖向构造的变化部位。

操作工艺：

(1) 砌筑前，应将砌筑部位清理干净，放出墙身中心线及边线，浇水湿润。

(2) 在砖墙的转角处及交接处立起皮数杆（皮数杆间距不超过15m，过长时应在中间加立），在皮数杆之间拉准线，依准线逐皮砌筑，其中，第一皮砖按墙身边线砌筑。

(3) 砌砖操作方法可采用铺浆法或“三一”砌砖法（即“一铲灰、一块砖、一挤揉”的操作方法），依各地习惯而定。采用铺浆法砌筑时，铺浆长度不得超过750mm；气温超过30℃时，铺浆长度不得超过500mm。

(4) 砖墙水平灰缝和竖向灰缝宽度宜为10mm，但不应小于8mm，也不应大于12mm。水平灰缝的砂浆饱满度不得小于80%；竖缝宜采用挤浆或加浆方法，不得出现透明缝，严禁用水冲浆灌缝。

(5) 砖墙的转角处，每皮砖的外角应加砌七分头砖。当采用一顺一丁砌筑形式时，七分头砖的顺面方向依次砌顺砖，丁面方向依次砌丁砖。

(6) 砖墙的丁字交接处，横墙的端头隔皮加砌七分头砖，纵墙隔皮砌通。当采用一顺一丁砌筑形式时，七分头砖丁面方向依次砌丁砖。

(7) 砖墙的十字交接处，应隔皮纵横墙砌通，交接处内角的竖缝应上下相互错开 $\frac{1}{4}$ 砖长。

(8) 每层承重墙的最上一皮砖，应是整砖丁砌。在梁或梁垫的下面及挑檐、腰线等处也应是整砖丁砌。

(9) 宽度小于1m的窗间墙应选用整砖砌筑，半砖和破损的砖应分散使用在受力较小的砖墙，小于 $\frac{1}{4}$ 砖块体积的碎砖不能使用。

(10) 砖墙的转角处和交接处应同时砌起，对不能同时砌起而必须留槎时，应砌成斜

槎，斜槎长度不应小于斜槎高度的 $\frac{2}{3}$ 。如留直槎确有困难，除转角处外，可留直槎，但直槎必须做成凸槎，并加设拉结钢筋，拉结筋的数量为每半砖厚墙放置1根直径6mm的钢筋，间距沿墙高不得超过500mm，埋入长度从墙的留槎处算起，每边均不小于500mm，钢筋末端应有90°弯钩，抗震设防地区不得留直槎。

(11) 隔墙与承重墙不能同时砌筑又留成斜槎时，可于承重墙中引出凸槎，并在承重墙的水平灰缝中预埋拉结筋，其构造与上述直槎相同，但每道墙不得少于2根。

(12) 砖墙中留置临时施工洞口时，其侧边离交接处的墙面不应小于500mm。洞口顶部宜设置过梁，也可在洞口上部采取逐层挑砖办法封口，并预埋水平拉结筋，洞口净宽不应超过1m。八度以上地震区的临时施工洞位置，应会同设计单位研究决定。临时施工洞口补砌时，洞口周围砖块表面应清理干净，并浇水湿润，再用与原墙相同的材料补砌严密。

(13) 砖墙工作段的分段位置，宜设在伸缩缝、沉降缝、防震缝、构造柱或门窗洞口处，相邻工作段的砌筑高度差不得超过一个楼层的高度，也不宜大于4m。砖墙临时间断处的高度差，不得超过一步脚手架的高度。

(14) 墙中的洞口、管道、沟槽和预埋件等应于砌筑时正确留出或预埋，宽度超过300mm的洞口应砌筑平拱或设置过梁。

(15) 砖墙每天砌筑高度以不超过1.8m为宜。

(16) 在下列部位不得留脚手架：

① 半砖墙；

② 过梁上按过梁净跨的 $\frac{1}{2}$ 高度范围内的墙体，以及与过梁成60°角的三角形范围内墙体；

③ 宽度小于1m的窗间墙；

④ 梁或梁垫下及其左右500mm范围内的墙体；

⑤ 门窗洞口两侧200mm和墙转角处450mm范围内的墙体。



项目二 砌体强度不足事故

砌体强度不足造成的事故，严重时结构甚至会倒塌。特别是没有明显外部缺陷的隐性事故，需要格外重视。

根据《建筑结构检测技术标准》(GB/T 50344—2004)的规定，砌体的强度可采用取样的方法或现场原位的方法检测。砌体强度的取样检测应遵守下列规定：

(1) 取样检测不得构成结构或构件的安全问题；

(2) 试件的尺寸和强度测试方法应符合《砌体基本力学性能试验方法标准》(GB/T 50129—2011)的规定；

(3) 取样操作宜采用无振动的切割方法，试件数量应根据检测目的确定；

(4) 测试前，应对试件局部的损伤予以修复，严重损伤的样品不得作为试件；

(5) 砌体强度的推定，可按规范规定确定砌体强度均值的推定区间或确定砌体强度标准值的推定区间，推定区间应符合相关规范的要求；

(6) 当砌体强度标准值的推定区间不满足要求时，也可按试件测试强度的最小值确定

砌体强度的标准值，此时试件的数量不得少于 3 件，也不宜大于 6 件，且不应进行数据的舍弃。

烧结普通砖砌体的抗压强度，可采用扁式液压顶法或原位轴压法检测；烧结普通砖砌体的抗剪强度，可采用原位双剪法或单剪法检测；检测操作应遵守《砌体工程现场检测技术标准》（GB/T 50315—2011）的规定。

一、砌体强度不足事故的主要原因

主要原因有：结构设计截面不足；水、电、暖、卫和设备的洞口留槽，使结构断面减小，导致承载能力降低；材料质量不合格；砌筑构件砌筑方法、留槎、砌筑偏差和灰缝质量等施工质量原因。

二、砌体强度不足事故的处理方法

（一）临时加固和应急措施

对于一些随时可能倒塌的建筑物，应及时支护，防止恶性事故的发生。例如，画出安全线，禁止无关人员出入；对于临时加固有危险的建筑物，不要贸然进行危险作业。

（二）校正砌体变形

先校正砌体变形，然后再使用加固等方法进行处理。砌体变形通常采用支撑压顶、钢丝或钢筋等进行校正。

（三）封堵孔洞

墙身留洞过大，容易导致事故发生，可在孔洞处增做钢筋混凝土框进行加强处理，恢复墙体的整体性。

（四）增设或扩大壁柱

壁柱有明设和暗设两类。壁柱材料可以采用同类砌体，也可采用钢筋混凝土或者钢结构等。通常采用砖砌和钢筋混凝土两种，主要用于提高砌体承载能力和稳定性。

（五）加大砌体截面

一般是独立砖柱、砖壁柱、窗间墙和其他承重墙的承载能力不足时，通过加大砌体截面，从而提高强度和刚度，也可根据需要配置钢筋。

（六）外包钢筋混凝土或钢

此法主要用来加固砖柱和窗间墙。根据实验，此法抗侧力可以大幅提高，甚至可以达到 10 倍以上，因此此法被广泛使用。

（七）改变结构方案

对于空旷房屋增加足够刚度的横墙，其间距不应超过规范规定，将房屋的静力计算方案从弹性改为刚性，从而改变结构方案。

(八) 增设卸荷结构

例如, 墙柱增设预应力补强撑杆。

(九) 预应力锚杆加固

例如, 重力式挡土墙用预应力锚杆加固后, 提高了抗倾覆与抗滑力等。

(十) 局部拆除重做

可参考表 2-2 确定处理方法。

表 2-2 砌体强度、刚度、稳定性不足处理方法选择

事故性质与特征		处理方法								
		校正变形	封堵孔洞	增设壁柱	加大截面	外包加固	改变结构方案	加设卸荷结构	加设预应力锚杆	局部拆换
强度不足	墙柱		△	△	△	√ √	△	△ △	⊙	△
变形	墙柱	√		√	△	△ △	√		⊙	△ √
刚度或稳定性不足房屋颤动			√	√			√		⊙	

注: √——首选; △——次选; ⊙——适用于挡土墙等。



应用案例2-2

【事故概况】

某车间跨度为 12 m, 为扩大车间, 接出一段厂房, 使车间呈 L 形, 见图 2-1。扩建厂房在施工过程中突然倒塌, 造成 4 位施工人员死亡。

厂房原车间及扩建部分均为单跨单层, 有轻型吊车 (起重量为 10 kN)。扩建部分跨度为 12 m, 采用钢筋混凝土双铰拱屋架 (标准构件), 屋架间距 4.5 m, 承重墙为 370 mm, 带 240 mm×300 mm 砖垛。屋面采用 4.5 m×1.5 m 槽形板, 屋面为普通做法, 即有平均厚 100 mm 水泥焦渣保温层, 20 mm 水泥砂浆找平层, 二毡三油防水层, 上撒小豆石, 吊车梁支于带砖垛的墙体上, 吊车梁顶标高为 4.25 m, 屋架下弦标高 5.8 m, 屋架支于托墙上, 托墙梁 240 mm×450 mm, 支于墙垛子上。扩建部分施工质量一般, 要求材料为 MU7.5 砖、M5 砂浆均合格。

事故处理: 应由设计与施工单位, 结合结构形式、施工方法等, 进行综合调查分析, 然后采取措施加以处理。

【事故解析】

托墙梁与吊车梁基本在同一高度, 如设计成整体, 则屋面荷载、屋架及上段墙体重可通过托墙梁传给带壁柱的墙体。但设计者将托墙梁与吊车梁分开, 中间空有 70 mm 间隙, 这样屋面传来的荷载与上段墙体只压在 240 mm×300 mm 的砖垛上, 形成局部承压。设计

人员疏忽了，并未进行局部承压验算。经复核，这部分局部承压强度严重不足，这是造成事故的直接原因。

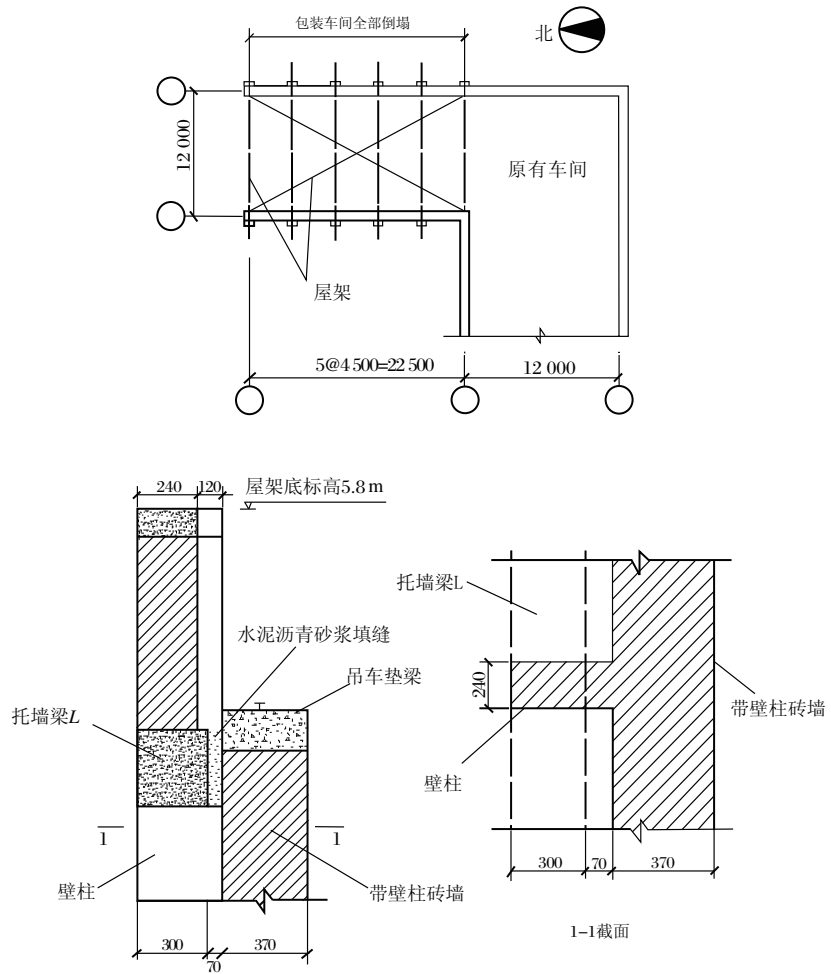


图 2-1 包装车间平面、局部剖面图

按设计荷载计算：

$$\text{MU7.5, M5 } f = 1.37 \text{ MPa} = 1.37 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{承压面积 } A_1 = 300 \times 240 = 72\,000 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{影响面积 } A_0 = \left(300 + \frac{240}{2} \right) \times 240 = 100\,800 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{局部承压提高系数 } \gamma = 1 + 0.35 \sqrt{\frac{A_0}{A_1}} - 1 = 1 + 0.35 \sqrt{\frac{100\,800}{72\,000}} - 1 = 1.22 < 1.25$$

$$\text{有吊车厂房强度调整系数 } \gamma_a = 0.9$$

$$\text{于是, 砌体局部承压强度 } f = 1.22 \times 0.9 \times 1.37 = 1.5 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\text{上部传来的荷载: } 1.2G_{\text{恒}} + 1.4Q_{\text{活}} = 182.3 \text{ kN}$$

$$\gamma_0 = \frac{R}{S} = \frac{1.5 \times 72\,000}{182\,300} = 0.59$$

可见，局部承压的承载力严重不足。

按倒塌时实际情况复核：

MU7.5、M5 砌体受压强度标准值取 $f_k=2.055 \text{ N/mm}^2$

则局部承压强度： $f_k=1.22 \times 0.9 \times 2.055=2.26 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

施工中倒塌时，上部传来的实际荷载为 168.6 kN。

由此可得 $\gamma_0 = \frac{R_K}{S} = \frac{2.26 \times 72\,000}{168\,600} = 0.96 \text{ (N/mm}^2\text{)}$

可见，局部承压强度仍不足，实际上因纵向力作用有偏心，因此，实际的承载力值还要小一些，出事故就难以避免了。

【事故结论】

墙体托墙梁下局部承载力严重不足是引起倒塌的主要原因。此外，考虑到扩大车间端部无山墙，应属弹性方案，而设计按刚性方案计算。在风荷作用下（倒塌那天刮七级东北风，并下雨），使本来不安全的墙体又产生了较大的附加弯矩，这就促使墙体倒塌。



知识链接

《危险房屋鉴定标准》(JGJ 125—99) (2004 年版) 的部分规定

砌体结构构件的危险性鉴定应包括承载能力、构造与连接、裂缝和变形等内容。

需对砌体结构构件进行承载力验算时，应测定砌块及砂浆强度等级，推定砌体强度，或直接检测砌体强度。实测砌体截面有效值，应扣除因各种因素造成的截面损失。

砌体结构应重点检查砌体的构造连接部位，纵横墙交接处的斜向或竖向裂缝状况，砌体承重墙体的变形和裂缝状况以及拱脚裂缝和位移状况。注意其裂缝宽度、长度、深度、走向、数量及其分布，并观测其发展状况。

砌体结构构件有下列现象之一者，应评定为危险点：

- (1) 受压构件承载力小于其作用效应的 85% (<0.85)；
- (2) 受压墙、柱沿受力方向产生缝宽大于 2 mm，缝长超过层高 1/2 的竖向裂缝，或产生缝长超过层高 1/3 的多条竖向裂缝；
- (3) 受压墙、柱表面风化、剥落，砂浆粉化，有效截面削弱达 1/4 以上；
- (4) 支承梁或屋架端部的墙体或柱截面因局部受压产生多条竖向裂缝，或裂缝宽度已超过 1 mm；
- (5) 墙柱因偏心受压产生水平裂缝，缝宽大于 0.5 mm；
- (6) 墙、柱产生倾斜，其倾斜率大于 0.7%，或相邻墙体连接处断裂成通缝；
- (7) 墙、柱刚度不足，出现挠曲且在挠曲部位出现水平或交叉裂缝；
- (8) 砖过梁中部产生明显的竖向裂缝，或端部产生明显的斜裂缝，或支承过梁的墙体产生水平裂缝，或产生明显的弯曲、下沉变形；
- (9) 砖筒拱、扁壳、波形筒拱、拱顶沿母线裂缝，或拱曲面明显变形，或拱脚明显位移，或拱体拉杆锈蚀严重，且拉杆体系失效；
- (10) 石砌墙（或土墙）高厚比：单层大于 14，两层大于 12，且墙体自由长度大于 6 m。墙体的偏心距达墙厚的 1/6。



项目三 砌体加固方法

砌体加固的方法多种多样，可根据事故的性质和原因进行选择：

一、当房屋抗震承载力不满足要求时的加固方法

(一) 拆砌或增设抗震墙

对局部的强度过低的原墙体，可拆除重砌；重砌和增设抗震墙的结构材料宜采用与原结构相同的砖或砌块，也可采用现浇钢筋混凝土。

(二) 修补和灌浆

对已开裂的墙体，可采用压力灌浆修补，对砌筑砂浆饱满度差且砌筑砂浆强度等级偏低的墙体，可用满墙灌浆加固。修补后墙体的刚度和抗震能力，可按原砌筑砂浆强度等级计算；满墙灌浆加固后的墙体，可按原砌筑砂浆强度等级提高一级计算。

(三) 面层或板墙加固

在墙体的一侧或两侧采用水泥砂浆面层、钢筋网砂浆面层、钢绞线网-聚合物砂浆面层或现浇钢筋混凝土板墙加固。

(四) 外加柱加固

在墙体交接处增设现浇钢筋混凝土构造柱加固。外加柱应与圈梁、拉杆连成整体，或与现浇钢筋混凝土楼、屋盖可靠连接。

(五) 包角或镶边加固

在柱、墙角或门窗洞边用型钢或钢筋混凝土包角或镶边；柱、墙垛还可用现浇钢筋混凝土套加固。

(六) 支撑或支架加固

对刚性差的房屋，可增设型钢或钢筋混凝土支撑或支架加固。

二、当房屋的整体性不满足要求时的加固方法

(1) 当墙体布置在平面内不闭合时，可增设墙段或在开口处增设现浇钢筋混凝土框形成闭合。

(2) 当纵横墙连接较差时，可采用钢拉杆、长锚杆、外加柱或外加圈梁等加固。

(3) 楼、屋盖构件支承长度不满足要求时，可增设托梁或采取增强楼、屋盖整体性等的措施；对腐蚀变质的构件应更换；对无下弦的人字屋架应增设下弦拉杆。

(4) 当构造柱或芯柱设置不符合鉴定要求时，应增设外加柱；当墙体采用双面钢筋网砂浆面层或钢筋混凝土板墙加固，且在墙体交接处增设相互可靠拉结的配筋加强带时，可不另设构造柱。

(5) 当圈梁设置不符合鉴定要求时,应增设圈梁;外墙圈梁宜采用现浇钢筋混凝土,内墙圈梁可用钢拉杆或在进深梁端加锚杆代替;当采用双面钢筋网砂浆面层或钢筋混凝土板墙加固,且在上下两端增设配筋加强带时,可不另设圈梁。

(6) 当预制楼、屋盖不满足抗震鉴定要求时,可增设钢筋混凝土现浇层或增设托梁加固楼、屋盖,钢筋混凝土现浇层。

三、对房屋中易倒塌的部位的加固方法

(1) 窗间墙宽度过小或抗震能力不满足要求时,可增设钢筋混凝土窗框或采用钢筋网砂浆面层、板墙等加固。

(2) 支承大梁等的墙段抗震能力不满足要求时,可增设砌体柱、组合柱、钢筋混凝土柱或采用钢筋网砂浆面层、板墙加固。

(3) 支承悬挑构件的墙体不符合鉴定要求时,宜在悬挑构件端部增设钢筋混凝土柱或砌体组合柱加固,并对悬挑构件进行复核。

(4) 隔墙无拉结或拉结不牢时,可采用镶边、埋设钢夹套、锚筋或钢拉杆加固;当隔墙过长、过高时,可采用钢筋网砂浆面层进行加固。

(5) 出屋面的楼梯间、电梯间和水箱间不符合鉴定要求时,可采用面层或外加柱加固,其上部应与屋盖构件有可靠连接,下部应与主体结构的加固措施相连。

(6) 出屋面的烟囱、无拉结女儿墙、门脸等超过规定的高度时,宜拆除、降低高度或采用型钢、钢拉杆加固。

(7) 悬挑构件的锚固长度不满足要求时,可加拉杆或采取减少悬挑长度的措施。

现将几种常用的加固方法介绍如下:

(一) 扩大砌体截面法

此法适用于砌体承载能力不足但有轻微裂缝,扩大面积不是很大的情况。一般柱和墙的承载能力不足时,可采用此法。

加固注意事项:

(1) 砌筑材料要求:加大砌体截面的砖,砖的强度等级常与原砌体相同,而砂浆应比原来的等级提高一级,且最小不得低于 M2.5。

(2) 连接构造方法:新旧砌体结合一般采用以下两种方法:

①钢筋连接:在原有砌体上每隔 5~6 皮砖,在灰缝内打入 $\phi 6$ 钢筋,或者在砖上用冲击钻打洞,然后插入 $\phi 6$ 钢筋,然后用 M5 砂浆灌入孔洞锚固钢筋。

②新旧咬槎结合:原有旧砌体上每隔 4 皮砖,剔凿出一个 120 mm 深的槽,扩大部分的砌体要与此预留槽连接仔细,新旧砌体要形成锯齿形咬槎。

(3) 施工注意事项:

①砌筑准备:无论是钢筋连接还是新旧咬槎结合,都需要将原砌体上的面层剔除掉,然后清洗干净凿口上的粉尘,最后经过润湿后再砌筑扩大的砌体部分。

②临时支撑:当原砌体承载能力不足时,加固时又需要进行部分剔凿,导致砌体有效截面变小,因此,应对结构卸荷,即对结构加设临时可靠支撑后再进行施工。

③砌体砌筑:新砌体含水率应为 10%~15%,砌筑砂浆应具有良好的和易性,砌筑时要保证新旧砌体接缝严密,水平及垂直灰缝的砂浆饱满度都要达到 90%以上。

(4) 承载力验算：扩大砌体截面后的承载力验算，一般可采用下述两种方法进行：

①简化计算：把新旧砌体作为一个整体，用原砌筑砂浆强度进行计算，按照《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)的有关规定进行验算。

②应力滞后：砌体扩大后承载力由两部分组成，一个是原砌体的承载能力，另一个是后加砌体的承载能力。当原砌体已处于承载状态，后加砌体存在应力滞后，即当原砌体达到极限应力状态时，后加砌体一般达不到强度设计值，因此，后加砌体的设计抗压强度值需乘以折减系数 0.9。可按下式进行计算：

$$N \leq \varphi (fA + 0.9f_1A_1)$$

式中 N ——荷载产生的轴向力设计值；

φ ——由高厚比及偏心距 e 查得的承载力影响系数；

f, f_1 ——原砌体和后加砌体的抗压强度设计值；

A, A_1 ——原砌体和后加砌体的截面面积。

注：验算加固后的高厚比及正常使用极限状态时，不必考虑新加砌体的应力滞后影响，可按一般砌体计算公式进行计算。

(二) 水泥砂浆和钢筋网砂浆面层加固

钢筋网应采用呈梅花状布置的锚筋、穿墙筋固定于墙体上，钢筋网外保护层厚度不应小于 10 mm；钢筋网四周应采用锚筋、插入短筋或拉结筋等与楼板、大梁、柱或墙体可靠连接；试验和现场检测发现，钢筋网竖筋紧靠墙面会导致钢筋与墙体无粘结，加固失效，采用 5 mm 间隙可有较强的粘结能力，因此，钢筋网片与墙面的空隙不应小于 5 mm；结合工程经验，当原砌筑砂浆强度等级高于 M2.5 时，面层加固效果不大，因此，原砌体实际的砌筑砂浆强度等级不宜高于 M2.5；对砌筑砂浆强度等级 M2.5 的墙体，试验结果表明，钢筋间距以 300 mm 为宜，过疏或过密都不能使钢筋充分发挥作用。

(1) 水泥砂浆面层和钢筋网砂浆面层加固的材料和构造应符合下列要求：

①面层砂浆强度等级，宜采用 M10；

②水泥砂浆面层的厚度宜为 20 mm，钢筋网砂浆面层的厚度宜为 35 mm；

③钢筋网的钢筋直径宜为 4 mm 或 6 mm；网格尺寸，实心墙宜为 300 mm×300 mm，空斗墙宜为 200 mm×200 mm；

④单面加面层的钢筋网应采用 $\phi 6$ 的 L 形锚筋，双面加面层的钢筋网应采用 $\phi 6$ 的 S 形穿墙筋连接；L 形锚筋的间距宜为 600 mm，S 形穿墙筋的间距宜为 900 mm；

⑤钢筋网的横向钢筋遇有门窗洞时，单面加固宜将钢筋弯入洞口侧边锚固，双面加固宜将两侧的横向钢筋在洞口闭合；

⑥底层的面层，在室外地面下宜加厚并伸入地面下 500 mm。

(2) 水泥砂浆面层和钢筋网砂浆面层加固的施工应符合下列要求：

①面层宜按下列顺序施工：原有墙面清底、钻孔并用水冲刷，孔内干燥后安设锚筋并铺设钢筋网，浇水湿润墙面，抹水泥砂浆并养护，墙面装饰。

②原墙面碱蚀严重时，应先清除松散部分并用 1:3 水泥砂浆抹面，已松动的勾缝砂浆应剔除。

③在墙面钻孔时，应按设计要求先画线标出锚筋（或穿墙筋）位置，并应采用电钻在砖缝处打孔，穿墙孔直径宜比 S 形锚筋大 2 mm，锚筋孔直径宜采用锚筋直径的 1.5~2.5

倍，其孔深宜为 100~120 mm，锚筋插入孔洞后可采用水泥基灌浆料、水泥砂浆等填实。

- ④铺设钢筋网时，竖向钢筋应靠墙面并采用钢筋头支起。
- ⑤抹水泥砂浆时，应先在墙面刷水泥浆一道再分层抹灰，且每层厚度不应超过 15 mm。
- ⑥面层应浇水养护，防止阳光曝晒，冬季应采取防冻措施。



提示 水泥基灌浆料由水泥为基本材料，适量的细骨料及加入少量的混凝土外加剂及其他材料组成的干混材料，加水拌和后具有大流动性、早强、高强、微膨胀的性能。

(三) 板墙加固

板墙应采用呈梅花状布置的锚筋、穿墙筋与原有砌体墙连接；其左右应采用拉结筋等与两端的原有墙体可靠连接；底部应有基础；板墙上下应与楼、屋盖可靠连接，至少应每隔 1 m 设置穿过楼板且与竖向钢筋等面积的短筋，短筋两端应分别锚入上下层的板墙内，其锚固长度不应小于短筋直径的 40 倍。

(1) 板墙的材料和构造应符合下列要求：

- ①混凝土的强度等级宜采用 C20，钢筋宜采用 HPB300 级或 HRB335 级热轧钢筋；
- ②板墙厚度宜为 60~100 mm；
- ③板墙可配置单排钢筋网片，竖向钢筋可采用 $\phi 12$ （对于 HRB335 级钢筋，可采用 $\phi 10$ ），横向钢筋可采用 $\phi 6$ ，间距宜为 150~200 mm；
- ④板墙与原有墙体的连接，可沿墙高每隔 0.7~1.0 m 在两端各设 1 根 $\phi 12$ 的拉结钢筋，其一端锚入板墙内的长度不宜小于 500 mm，另一端应锚固在端部的原有墙体；
- ⑤单面板墙宜采用 $\phi 8$ 的 L 形锚筋与原砌体墙连接，双面板墙宜采用 $\phi 8$ 的 S 形穿墙筋与原墙体连接；锚筋在砌体内的锚固深度不应小于 120 mm；锚筋的间距宜为 600 mm，穿墙筋的间距宜为 900 mm；
- ⑥板墙基础埋深宜与原有基础相同。

(2) 板墙加固的施工应符合下列要求：

- ①板墙加固施工的基本顺序、钻孔注意事项同“面层加固”的要求。
- ②板墙可支模浇筑或采用喷射混凝土工艺，应采取措施使墙顶与楼板交界处混凝土密实，浇筑后应加强养护。

(四) 增设抗震墙加固

重砌和增设抗震墙的结构材料宜采用与原结构相同的砖或砌块，也可采用现浇钢筋混凝土。

(1) 增设砌体抗震墙加固房屋的材料和构造应符合下列要求：

- ①砌筑砂浆的强度等级应比原墙体实际强度等级高一级，且不应低于 M2.5；
- ②墙厚不应小于 190 mm；
- ③墙体中宜设置现浇带或钢筋网片加强，可沿墙高每隔 0.7~1.0 m 设置与墙等宽、高 60 mm 的细石混凝土现浇带，其纵向钢筋可采用 3 $\phi 6$ ，横向系筋可采用 $\phi 6$ ，其间距宜为 200 mm；当墙厚为 240 mm 或 370 mm 时，可沿墙高每隔 300~700 mm 设置一层焊接钢筋

网片，网片的纵向钢筋可采用 $3\phi 4$ ，横向系筋可采用 $\phi 4$ ，其间距宜为150mm；

④墙顶应设置与墙等宽的现浇钢筋混凝土压顶梁，并与楼、屋盖的梁（板）可靠连接；可每隔500~700mm设置 $\phi 12$ 的锚筋或M12锚栓连接；压顶梁高不应小于120mm，纵筋可采用 $4\phi 12$ ，箍筋可采用 $\phi 6$ ，其间距宜为150mm；

⑤抗震墙应与原有墙体可靠连接，可沿墙体高度每隔500~600mm设置 $2\phi 6$ 且长度不小于1m的钢筋与原有墙体用螺栓或锚筋连接；当墙体内有混凝土带或钢筋网片时，可在相应位置处加设 $2\phi 12$ （对钢筋网片为 $\phi 6$ ）的拉筋，锚入混凝土带内长度不宜小于500mm，另一端锚在原墙体或外加柱内，也可在新砌墙与原墙间加现浇钢筋混凝土内柱，柱顶与压顶梁连接，柱与原墙应采用锚筋或螺栓连接；

⑥抗震墙应有基础，其埋深宜与相邻抗震墙相同，宽度不应小于计算宽度的1.15倍。

⑦增设砌体抗震墙施工中，配筋的细石混凝土带可在砌到设计标高时浇筑，当混凝土终凝后方可在其上砌砖。

（2）采用增设现浇钢筋混凝土抗震墙加固砌体房屋时，应符合下列要求：原墙体砌筑的砂浆实际强度等级不宜低于M2.5，现浇混凝土墙沿平面宜对称布置，沿高度应连续布置，其厚度可为140~160mm，混凝土强度等级宜采用C20；可采用构造配筋；抗震墙应设基础，与原有的砌体墙、柱和梁板均应有可靠连接。

（五）外加圈梁、钢筋混凝土柱加固

外加柱应在房屋四角、楼梯间和不规则平面的对应转角处设置，并应根据房屋的设防烈度和层数在内外墙交接处或每开间设置；外加柱应由底层设起，并应沿房屋全高贯通，不得错位；外加柱应与圈梁（含相应的现浇板等）或钢拉杆连成闭合系统。外加柱应设置基础，并应设置拉结筋、压浆锚杆或锚筋等与原墙体、原基础可靠连接；当基础埋深与外墙原基础不同时，不得浅于冻结深度。

增设的圈梁应与墙体可靠连接；圈梁在楼、屋盖平面内应闭合，在阳台、楼梯间等圈梁标高变换处，圈梁应有局部加强措施；变形缝两侧的圈梁应分别闭合。



项目四 砌体结构现场检测方法

砌体结构构件的检测内容主要包括：材料（砖材、石材或其他块材及砂浆）强度、砌筑质量（如砌筑方法，砌体中砂浆饱满度、截面尺寸及垂直度等）、砌体裂缝及砌体的承载力，而关于砌筑质量的检查，可按有关施工规程的要求进行，这里不作介绍。

砌体工程的现场检测方法，按测试内容可分为下列几类：

（1）检测砌体抗压强度：原位轴压法、扁顶法。

（2）检测砌体工作应力、弹性模量：扁顶法。

（3）检测砌体抗剪强度：原位单剪法、原位单砖双剪法。

（4）检测砌筑砂浆强度：推出法、筒压法、砂浆片剪切法、回弹法、点荷法、射钉法。



采用扁式液压千斤顶在墙体上进行抗压测试，检测砌体的受压应力、弹性模量、抗压强度的方法，简称扁顶法。

下面简单介绍一下砌体抗压强度及砌筑砂浆强度的几种检测方法：

一、原位轴压法检测砌体抗压强度

本方法适用于推定 240 mm 厚普通砖砌体的抗压强度。检测时，在墙体上开凿两条水平槽孔，安放原位压力机。

测试部位应具有代表性，并应符合下列规定：

(1) 测试部位宜选在墙体中部距楼地面 1m 左右的高度处，槽间砌体每侧的墙体宽度不应小于 1.5 m。

(2) 同一墙体上，测点不宜多于 1 个，且宜选在沿墙体长度的中间部位，多于 1 个时，其水平净距不得小于 2.0 m。

(3) 测试部位不得选在挑梁下、应力集中部位以及墙梁的墙体计算高度范围内。

在测点上开凿水平槽孔时，应避免扰动四周的砌体，槽间砌体的承压面应修平整。上下水平槽孔应对齐，两槽之间应相距 7 皮砖。上、下水平槽的尺寸应符合表 2-3 的要求。

表 2-3 水平槽尺寸

名称	长度 (mm)	厚度 (mm)	高度 (mm)	适用机型
上水平槽	250	240	70	—
下水平槽	250	240	≥110	450
	250	240	140	600

原位压力机由手动油泵、扁式千斤顶、反力平衡架等组成，其工作状态如图 2-2 所示。

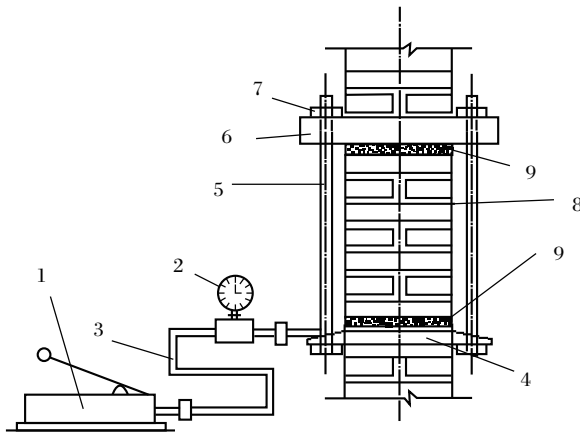


图 2-2 原位压力机测试工作状态

1—手动油泵；2—压力表；3—高压油管；4—扁压千斤顶；

5—拉杆（共 4 根）；6—反力板；7—螺母；8—槽间砌体；9—砂垫层

原位压力机的力值，每半年应校验一次。原位压力机主要技术指标，应符合表 2-4 的要求。

表 2-4 原位压力机主要技术指标

项 目	指 标	
	450 型	600 型
额定压力 (kN)	400	500
极限压力 (kN)	450	600
额定行程 (mm)	15	15
极限行程 (mm)	20	20
示值相对误差 (%)	±3	±3

在槽孔间安放原位压力机 (图 2-2) 时, 应符合下列规定:

(1) 在上槽内的下表面和扁式千斤顶的顶面, 应分别均匀铺设湿细砂或石膏等材料的垫层, 垫层厚度可取 10 mm。

(2) 将反力板置于上槽孔, 扁式千斤顶置于下槽孔, 安放 4 根钢拉杆, 使两个承压板上下对齐后, 拧紧螺母并调整其平行度, 4 根钢拉杆的上下螺母间的净距误差不应大于 2 mm。

(3) 正式测试前, 应进行试加荷载试验, 试加荷载值可取预估破坏荷载的 10%。检查测试系统的灵活性和可靠性以及上下压板和砌体受压面接触是否均匀密实。经试加荷载, 测试系统正常后卸荷, 开始正式测试。

(4) 正式测试时, 应分级加荷。每级荷载可取预估破坏荷载的 10%, 并应在 1~1.5 min 内均匀加完, 然后恒载 2 min。加荷至预估破坏荷载的 80% 后, 应按原定加荷速度连续加荷, 直至槽间砌体破坏。当槽间砌体裂缝急剧扩展和增多, 油压表的指针明显回退时, 槽间砌体达到极限状态。

(5) 试验过程中, 如发现上下压板与砌体承压面因接触不良, 致使槽间砌体呈局部受压或偏心受压状态, 则应停止试验。此时, 应调整试验装置, 重新试验, 无法调整时, 应更换测点。试验过程中要仔细观察槽间砌体初裂裂缝与裂缝开展情况, 记录逐级荷载下的油压表读数、测点位置、裂缝随荷载变化情况简图等。

槽间砌体的抗压强度, 应按下式计算:

$$f_m = [N/A] / \xi_1$$

式中 f_m ——砌体抗压强度的推定值 (MPa);

A ——受压砌体截面积 (mm^2);

N ——试验的破坏荷载 (N);

ξ_1 ——强度换算系数, $\xi_1 = 1.36 + 0.54\sigma_0$;

σ_0 ——被测试砌体上部结构引起的压应力值 (MPa), 其值可按墙体实际所承受的荷载标准值计算。

二、推出法检测砌筑砂浆强度

这是利用小型推出装置对砖砌体中的丁砖施加水平推力, 用以间接推算出砂浆抗压强度的一种方法。这种方法适用于 240 mm 砖墙, 被推出的丁砖的顶面及两侧的砂浆层均已予清除。

该方法的测试步骤包括三个方面: 测区选择, 清砂浆缝, 推出。

测区选择原则是, 尽量做到有代表性和可操作性。测区宜在墙体上均匀布置, 应该避开施工中预留的各种孔洞, 被检测砖的端面应平整, 砖下的水平砂浆层的厚度应在 9~11 mm 之间。测区大小以能进行 6 块推出砖的检测工作为宜。对于抽样评定的墙体, 随机抽样数量应不少于该总量的 30%, 且不小于 3 片墙体。

清砂浆缝开洞是为了使推出装置安装就位 (图 2-3), 并保证被测砂浆层处于同一的边界条件。具体做法: 先用冲击钻及特制金刚石锯将被推砖顶部的砂浆层锯掉; 然后用扁铲插入上一层砂浆中, 轻轻撬动, 使被推砖上部的两块顺砖脱落取下, 形成一个断面为 240 mm×60 mm 的孔洞, 最后再用锯将被推砖两侧缝砂浆清除掉, 为推出检测做准备。

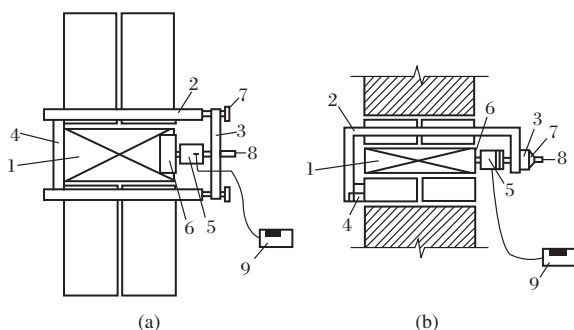


图 2-3 推出仪及测试安装示意图

(a) 平剖面; (b) 纵剖面

1—被推出丁砖; 2—支架; 3—梁; 4—后梁;

5—传感器; 6—垫片; 7—调平螺丝; 9—加荷螺杆; 10—推出力峰值测定仪

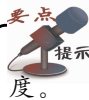
最后的步骤是推出。待清好砂浆缝后, 把推出装置安装在已处理好的孔洞中, 接好传感器与仪表并清理归零, 用专用扳手旋转加载螺杆对准出砖加载, 观察传感器仪表, 记录下砖被推出时最大的推出值, 随即取下被推出砖测量并记录砂浆饱满度值。

得极限推出力 P 后, 即可由下式算得砂浆的抗压强度 f_c (当测区的砂浆饱满度平均值不小于 0.65 时):

$$f_c = 0.3 (P/\xi_1)^{1.19}$$

式中 ξ_1 ——推出法的砂浆饱满度修正系数, $\xi_1 = 0.45B^2 + 0.9B$;

B ——测区砂浆饱满度平均值。



提示 当测区的砂浆饱满度平均值小于 0.65 时, 宜选用其他方法推定砂浆强度。

三、回弹法检测砌筑砂浆强度

这是根据表面硬度与强度之间有一定关系而建立的一种非破损式检法。这种方法在现场混凝土强度的测量中已得到广泛应用。应用于砂浆的回弹仪与混凝土回弹仪相似, 但探头要小一些。有专门用于测量砂浆强度的回弹仪, 外形尺寸为 $\phi 60 \times 280$, 冲击动能为 0.196J。

在测定前, 应将砖墙上的抹灰或饰面清除干净, 当清水墙已用水泥砂浆勾缝时, 应将勾缝砂浆清除干净, 然后用小砂轮小心地将灰缝磨平。选择的测点, 砂浆与砖应粘结良好, 缝厚适中 (9~11 mm)。

测定方法：将回弹仪对准平缝的砂浆缝，回弹仪应与被侧面垂直，保持水平位置然后连续弹击 5 次，头 2 次为预弹，不读取。以第 3、4、5 次的回弹值为准，取其平均数。同时，将弹击点击出的小圆坑的坑深量出，准确到 0.1 mm。

测位处应按下列要求进行处理：

- (1) 粉刷层、勾缝砂浆、污物等应清除干净。
- (2) 弹击点处的砂浆表面，应仔细打磨平整，并应除去浮灰。
- (3) 磨掉表面砂浆的深度应为 5~10 mm，且不应小于 5 mm。

由回弹值 N 及坑的深度 d ，即可由有关图表（预先标定过的，如图 2-4）查出砂浆强度。表的用法是：由回弹数 N 向上作垂线与强度曲线相交，由交点向相应坑深的直线作垂线。由与坑深线的交点向左引水平线，即可读得砂浆强度值。若 $N=23$ ， $d=0.7$ mm，则可查出，如图 2-4 的虚线所示。

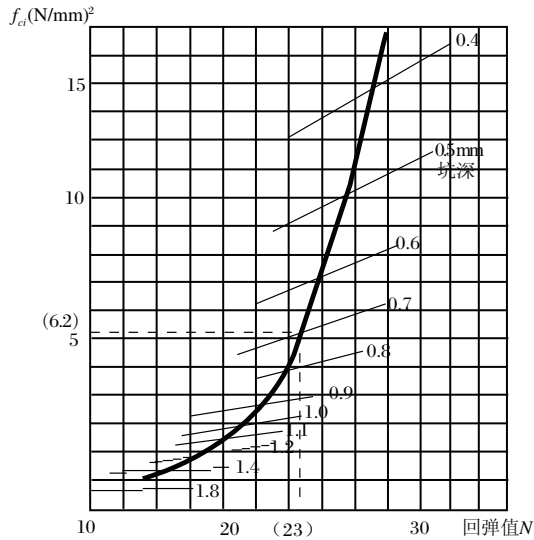


图 2-4 砌体砂浆强度曲线

根据碳化深度 d 的不同，也可按下列公式计算：

$$f_c = 13.97 \times 10^{-5} R^{3.57} \quad (d \leq 1.0 \text{ mm})$$

$$f_c = 4.85 \times 10^{-4} R^{3.04} \quad (1.0 \text{ mm} < d < 3.0 \text{ mm})$$

$$f_c = 6.34 \times 10^{-5} R^{3.60} \quad (d \geq 3.0 \text{ mm})$$

式中 f_c ——测区砂浆强度值 (MPa)；
 d ——测区的平均碳化深度 (mm)；
 R ——测区的平均值回弹值。

由于砂浆强度的离散性较大，对每一测区至少应取 5 个点做回弹检测，然后取其平均值作为评判强度的依据。

回弹法的优点是操作简单，测试速度快，仪器便于携带，又是非破损的，因而可以多测。其缺点是测试结果离散度较大，因而常与冲击法等结合应用。



知识总结

本章首先介绍了砌体裂缝事故的主要原因、砌体裂缝事故处理的方法。砌体裂缝的主要原因是温度变形、地基均匀沉降、结构荷载过大或砌体截面过小、设计构造不当、材料质量不良、施工质量低劣。常见处理砌体裂缝的方法有填缝封闭、表面覆盖、加筋锚固、水泥灌浆、钢筋水泥夹板墙、外包加固、加钢筋混凝土构造柱。

其次，讲述了砌体强度不足事故的主要原因、砌体强度不足事故的处理方法。砌体强度不足事故的主要原因是由于结构设计截面不足；水、电、暖、卫和设备的洞口留槽，使结构断面减小，导致承载力能力降低；材料质量不合格；砌筑构件砌筑方法、留槎、砌筑偏差和灰缝质量等施工质量原因。砌体强度不足事故的处理方法有临时加固和应急措施，校正砌体变形，封堵孔洞，增设或扩大壁柱，加大砌体截面，外包钢筋混凝土或钢，改变结构方案，增设卸荷结构，预应力锚杆加固，局部拆除重做。

再次，讲述分析了砌体加固方法，详细介绍了常用的砌体加固方法。常用的砌体加固方法有扩大砌体截面法，水泥砂浆和钢筋网砂浆面层加固，板墙加固，增设抗震墙加固，外加圈梁、钢筋混凝土柱加固。

最后，讲解了砌体工程的现场检测方法。砌体抗压强度及砌筑砂浆强度的检测方法有原位轴压法检测砌体抗压强度、推出法检测砌筑砂浆强度、回弹法检测砌筑砂浆强度。

复习思考题

1. 砌体裂缝的主要原因有哪些？
2. 砌体裂缝处理的方法有哪些？
3. 砌体强度不足事故的主要原因有哪些？
4. 砌体强度不足事故的处理方法有哪些？
5. 当房屋抗震承载力不满足要求时，宜选择哪些加固方法？
6. 房屋的整体性不满足要求时，应选择哪些加固方法？
7. 对房屋中易倒塌的部位，宜选择哪些加固方法？
8. 请详细讲解几种常用的砌体加固方法。
9. 试述原位轴压法检测砌体抗压强度的适用范围。
10. 回弹法检测砌筑砂浆强度的优缺点是什么？