

建筑工程事故 处理与加固技术

○ 孙增寿 李 天 方温中 陈 淮 编著



TU746
6575
1

建筑工程事故处理 与加固技术

李增寿 李天 方温中 陈淮 编著

孙增寿 李天 方温中 陈淮 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书内容包括建筑工程倒塌事故分析、钢筋混凝土结构工程事故处理、砌体结构工程事故处理、钢结构工程事故处理、地基与基础工程事故处理、预应力补强加固技术、水泥压浆补强、化学灌浆补强、喷射混凝土补强加固、粘钢补强加固、结构鉴定等。本书可供建筑类专业学生及有关工程技术人员学习、参考。

建筑工程事故处理与加固技术

孙增寿 李天 方温中 陈淮 编著

责任编辑 谭敏

*

重庆大学出版社出版发行

新华书店经销

重庆通信学院印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:232千

1996年10月第1版 1996年10月第1次印刷

印数:1—1200

ISBN 7-5624-1291-X/TU·32 定价:12.50元

(川)新登字 020 号

前 言

建筑是人类文明的产物,是人类物质生活的基本条件之一。建筑物在人类的生活中和生产中起着重要的作用,无论在远古时期还是在科学技术高度发展的今天,任何人、任何行业的生活和生产都离不开建筑。建筑也是人类社会发展的见证,各个历史发展时期的建筑都带有各个历史时期的烙印。

建国以来,我国进行了大规模的社会主义建设,特别是实行改革开放政策以来建造的一些建筑物,在时间上虽然没有超过使用年限,但由于设计上的失误,施工质量较差,使用不合理,管理不善,环境因素等原因,使得一些建筑物提前出现了老化,不能完成预定的功能,有的建筑物虽为近年来才建成,也出现了质量事故,存在有很多隐患,有的已经成为“危房”而无法继续使用,有的甚至倒塌,造成了重大人员伤亡事故,给国家财产和人民生命造成了损失。据1985年某省的房屋普查数据,该省被调查的房屋中,倒危房屋占2.16%,严重损坏的房屋占6.99%,一般损坏的房屋占18.85%,三项合计达28%。鉴于这些原因,对于建筑物可靠性的鉴定和对于已有建筑物的加固改造的重要性和紧迫性已越来越受到工程界的重视,这项工作也将是今后一定时期的重要工作之一。我国在近些年对于已有建筑物的维修、改造和加固方面也进行了大量的研究工作和实际工程,取得了一批丰硕的成果,相继颁布了一些“标准”、“规程”,并且成立了全国建筑物可靠性鉴定与加固技术委员会,对于推动建筑物的维修、改造和加固技术的发展,提高建筑物寿命,节约投资等起到了积极的作用。

本书作者长期从事建筑结构的试验、建筑结构现状分析和建筑工程事故处理方面的研究和教学工作。近些年来对国内十几座城市和一批大型企业的建筑物进行了大量的现状调查,感到几年来在一些企业和城市中人们已开始重视对于已有建筑物的维修、改造和加固方面的工作。但在实际工作中却存在着对于工程事故分析不清,处理不当,以及所采用的处理技术欠合理等情况。这样不仅会造成不应有的经济损失,也给工程留下了新的隐患。本书在分析和总结国内外研究成果和实践经验的基础上,较系统地介绍了对于已有的各类结构形式建筑物的检验和工程事故处理等有关的实用技术。本书是在近些年作为本科生选修课的讲稿基础上,经多次修改而成。由于工程事故处理与加固技术是一个正在发展的学科,且所包括的内容非常多,本书侧重于介绍建筑结构的加固与维修技术。

由于笔者的水平所限,难免有错误和不足之处,望读者批评指正。

作 者

1996年3月

13-127/07

目 录

第一章 绪论	1
§ 1.1 建筑工程的可靠性鉴定	1
§ 1.2 建筑工程的加固方法	9
第二章 建筑工程倒塌事故分析	12
§ 2.1 概述	12
§ 2.2 建筑工程倒塌事故分析	14
习题	22
第三章 钢筋混凝土结构工程事故处理	23
§ 3.1 钢筋混凝土结构缺陷分类和原因分析	23
§ 3.2 钢筋混凝土结构事故处理方法	25
§ 3.3 钢筋混凝土结构的加固设计	29
§ 3.4 工程实例	34
习题	36
第四章 砌体工程事故处理	38
§ 4.1 砌体工程事故分析	38
§ 4.2 砖石砌体的表面修补与拆修	40
§ 4.3 砖石结构的加固	45
习题	50
第五章 钢结构工程事故处理	51
§ 5.1 钢结构的局部加固	51
§ 5.2 钢结构的全面加固	53
§ 5.3 钢结构加固设计计算	54
§ 5.4 钢结构加固的施工	57
§ 5.5 加固计算实例	58
习题	62
第六章 地基与基础工程事故处理	63
§ 6.1 地基基础工程事故及原因	63
§ 6.2 建筑物地基基础评估	64
§ 6.3 地基加固	67
§ 6.4 基础加固及处理	70
§ 6.5 工程加固实例	75
习题	77
第七章 预应力补强加固技术	78
§ 7.1 预应力补强拉杆体系	78
§ 7.2 预应力加固效应及内力计算	82
§ 7.3 预应力拉杆加固梁承载力计算	84
§ 7.4 预应力补强拉杆体系的设计	86

§ 7.5 柱子的预应力加固	91
第八章 水泥压浆补强	98
§ 8.1 水泥压浆设备与浆液	98
§ 8.2 水泥压浆补强	100
第九章 化学灌浆补强	103
§ 9.1 化学灌浆材料与设备	103
§ 9.2 化学灌浆补强	106
第十章 喷射混凝土补强加固	111
§ 10.1 概述	111
§ 10.2 喷射混凝土配合比和原材料	112
§ 10.3 喷射混凝土加固的喷补设备	113
§ 10.4 喷射混凝土补强加固	114
§ 10.5 工程加固实例	116
第十一章 粘钢补强加固	119
§ 11.1 粘钢补强法的力学性能	119
§ 11.2 粘钢补强设计计算	120
§ 11.3 结构粘合剂的配方及性能	123
§ 11.4 粘钢补强加固施工	124
第十二章 结构鉴定	130
§ 12.1 混凝土强度的非破损检验	130
§ 12.2 裂缝观测	136
§ 12.3 钢筋混凝土结构中钢筋的检测	137
附表 7-1 预应力水平补强拉杆内力的计算公式	139
附表 7-2 预应力下撑式补强拉杆内力的计算用表	140
附表 7-3 计算补强拉杆静不定拉力时,混凝土换算弹性模量 E 值	142
参考文献	143

第一章 绪 论

所谓建筑工程事故是指在建筑工程中,由于设计、施工、使用、管理和灾害等方面的原因,使得在建筑工程中出现了不符合国家有关法规、技术标准和合同中规定的对于建筑工程的适用、安全、经济、美观等各项特性要求的问题。发生建筑工程事故,有的会造成停工、返工,有的影响正常使用、降低结构的耐久性,有的会出现事故的不断恶化,有的甚至发生建筑物倒塌,严重损失国家和人民生命财产的事故。我国自建国以来,进行了大规模的社会主义建设,总建筑面积已超过 51 亿平方米。但由于各种原因,在不同时期的建筑都存在有一定程度的质量、影响正常使用甚至危及安全的问题。因此,进行建筑工程可靠性鉴定、工程加固和改造处理已是当今建筑工程发展的一个重要方面。

对于建筑工程的事故处理工作主要包括两个方面:一是对于已有建筑物的质量检验和可靠性评定。该项工作主要是在对已有建筑物进行全面、系统和科学的检查的基础上,对建筑结构进行合理的分析和判断,评定建筑物的可靠性,为建筑物的维修和加固提供技术依据。另一方面就是对于建筑物的加固处理。这需要根据对建筑物评定的结果,根据需要,选择合适的维修和加固方法,进行加固处理。另外对于工程事故处理还存在对于事故责任人或责任单位的处理问题,这需要依据国家的有关法律、法规和有关的文件进行,本书不再进行讨论。

§ 1.1 建筑工程的可靠性鉴定

在《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)中对建筑结构的可靠性已作了明确规定,是指结构在规定的时间内,在规定的条件下完成预定功能的能力。所谓规定时间,是指建筑结构的设计基准期一般为 50 年。所谓规定条件,是指正常设计、正常施工、正常维护。所谓预定功能,是指结构的安全性、适用性和耐久性。《建筑结构设计统一标准》的结构可靠性规定决定了在对建筑结构进行可靠性评定时,在对结构的安全性、适用性和耐久性进行评定的同时,还需要考虑建筑结构的使用年限,建筑结构的设计、使用和维护管理情况。

建筑结构的可靠性评定首先需要对建筑结构的现状进行基本调查,根据调查情况进行必要的实测或补充试验,进行必要的分析计算,依据有关的技术标准对建筑结构进行评定。

一、建筑工程基本现状调查

建筑工程基本现状调查主要是对建筑现状和有关资料的调查,包括:

(1)事故情况 了解工程概况,调查发生了什么问题,初步判定问题的性质及可能的影响,并决定是否需作进一步的调查;

(2)设计图纸 检查原始的设计图纸、计算书、工程更改情况;

(3)工程地质和水文地质 了解工程地质和水文地质的原始勘探资料,了解近年来地下水位的变化情况;

(4)施工情况 调查原始施工记录,原材料进货及使用记录。如:隐蔽工程验收记录,质量

检查验收有关资料,沉降观测记录等;

(5)使用情况 调查事故发生时的使用情况,检查实际使用有否与原设计不同,使用中是否有更改原结构,以及使用环境及变化。如:更改使用,不合理的装修,生产性建筑的工艺有无重大变更等等。

(6)维护情况 建筑结构使用的基准期是以正常维护为保证的,因此,在对建筑现状调查时,还需了解对建筑的维修情况。对于钢结构类结构更需调查对于建筑的维护和维修记录。

需要指出,并非所有的工程事故均需进行上述的各项内容全面调查,应根据实际工程特点和事故的性质,根据需要进行调查。

二、补充勘测或测试

根据对于建筑结构的调查结果决定补充勘测或测试的项目,一般可能测试的项目包括:

(1)地基基础 由于大量实际工程地基基础变化往往是建筑结构发生故障的重要原因,因此在发生工程事故时,常需进行一些必要的补充勘测,测试实际工程的地质特性,环境变化等;

(2)材料强度 对于材料强度进行补充实测,判断实际结构的强度与设计要求的差别,及经实际使用后材料强度的变化情况;

(3)材料性质 主要对于结构材料施工质量的实测和经过一定时间使用后结构材料性能发生的变化。如:实测混凝土结构的钢筋位置的变化、材料的内部缺陷、开裂、变形、受外界因素影响,材料可能受到的侵蚀情况等等。

当结构复杂或受力复杂,难以用材料的特性了解实际结构的力学特性时,还需要对建筑结构或构件进行有关的模型试验,以确定建筑结构的实际受力以及建筑结构的受力变形、裂缝开展及破坏的过程。

三、建筑结构的评价

建筑结构的评价即是在对建筑物的调查和补充实测的基础上,根据实际需要,对建筑物或有关构件进行分析计算,并依据国家有关的规范、标准和文件对建筑物作出评价。

1. 评定依据

对建筑结构评定应以现行规范和标准为依据。根据现行规范规定的有关参数取值和计算,但应注意规范体系的统一,及规范的配套使用。如:《混凝土结构设计规范》应与《混凝土结构工程施工及验收规范》相应使用,等等。

现行的规范和标准主要有:

(1)统一标准和工程质量检验方面:

《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84);

《建筑结构荷载规范》(GBJ9—87);

《建筑抗震设计规范》(GBJ11—88);

《建筑安装工程质量检验评定统一标准》(GBJ300—88);

《建筑结构质量检验评定标准》(GBJ301—88);

《网架工程质量检验评定标准》(JGJ78—91);

《混凝土强度检验评定标准》(GBJ107—87)等。

(2)设计、施工及验收规范方面:

《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89);
 《混凝土结构工程施工及验收规范》(GBJ);
 《钢结构设计规范》(GBJ17—88);
 《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ203—83);
 《砌体结构设计规范》(GBJ3—88);
 《砌体结构工程施工及验收规范》(GBJ)等。

(3)工程结构鉴定及加固标准:

《工业厂房可靠性鉴定标准》;
 《危险房屋鉴定标准》;
 《混凝土结构加固技术规范》;
 《工业与民用建筑抗震鉴定标准》;
 《工业构筑物抗震鉴定标准》等等。

另外对于建筑工程中的各个专项、分部工程的工程质量检验和评定,以及建筑结构测试或试验也有相应的规范和标准。

2. 必要的分析计算

计算主要根据建筑结构的调查和补充实测结果,计算建筑物在实际荷载下的受力状态。计算中需要考虑在不同时期设计的建筑物具有不同设计方法,如:50年代到60年代中采用的是破坏阶段设计方法,1966年到1974年采用的是多系数极限状态设计方法,1974年到1991年采用的是单系数极限状态设计方法,而现行设计规范一般为近似概率设计方法。各种设计方法的表达形式不一样,可靠性水准也有一定的差别。因此,在进行相应的结构分析计算中应考虑不同年代的差别。对于结构的分析及验算,一般应考虑采用现行规范的计算方法进行。但鉴于70年代的规范体系执行时期较长,与现行规范具有相同水准的可靠度。因此,在进行结构验算时也可以根据具体情况,采用70年代规范的计算方法进行计算。

(1)现行规范的计算方法

现行的建筑结构设计规范均采用近似概率极限状态设计方法,在进行结构复核计算中的表达式为:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (1-1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数,一般结构为1.0,重要结构取1.1,次要的或临时结构取0.9;

S ——作用效应,按实际荷载组合进行计算;

R ——结构的抗力,按实测材料强度、材料特性和实际结构的几何尺寸计算。

(2)74规范的计算方法

74规范的计算方法采用的是单系数表达的近似概率设计方法,在结构构件的强度验算中用结构的安全系数表示:

$$K = \frac{R}{S} \geq [K] \quad (1-2)$$

式中 K ——结构构件的实际安全系数;

R ——结构构件的实际抗力,按材料的实测强度和实际几何尺寸计算;

S ——结构构件实际承受的内力,按结构实际荷载和实际几何尺寸计算;

$[K]$ 是74规范中所规定的安全系数,根据各种规范的要求,需同时考虑结构构件的基

本安全系数和附加安全系数。

现行规范中混凝土和砌体的强度等级与 74 规范中的换算见表 1-1 和表 1-2。

74 规范混凝土标号与强度等级的关系

表 1-1

混凝土标号	100	150	200	250	300	400	500	600
混凝土强度等级	C8	C13	C18	C23	C28	C38	C48	C58

74 规范砖砌体标号与强度等级的换算关系

表 1-2

砖标号	75	100	150	200	250	300
砖强度等级	MU7.5	MU10	MU15	MU20	MU25	MU30

3. 评价方法

对于建筑结构的可靠性评定,应根据实际结构的状况,如:使用年数、发生事故时的使用状态以及事故状态调查的结果等进行评价。评价应尽可能给出定量的结果,对于比较复杂的情况,难以给出定量结果,可以采用定性的评价结果。在实际工作中,一般可以采用如下两种方法:

(1) 验算校核评定法

这种方法就是采用前面对于结构或构件的计算结果,对结构物进行评定。这种评定方法对于结构形式简单,结构构件受力明确,结构物所发生的事故比较简单,易于明确结构的实际材料特性和几何特性的建筑物是适用的。但当建筑结构的形式较为复杂,受力不明确,或者所发生事故的建筑物的材料性能或几何特性难以把握时,则可以采用分级综合评定的方法。

(2) 分级综合评定法

分级综合评定法是目前我国的建筑结构可靠性鉴定标准所采用的方法,如:《工业厂房可靠性鉴定标准》和将要颁布的《民用建筑可靠性鉴定标准》。这种评定方法首先将建筑物分为子项(包括构件的单项参数,如:承载能力、变形、构造等)、项目或组合项目(包括结构单元内的承重系统、结构布置和支撑系统、围护结构)、评定单元(建筑物整体、区段或结构系统划分的单元)3个层次,然后分4级给出评定。根据是否满足国家有关标准和满足使用情况对于子项给出a、b、c、d 4个等级,对于项目或组合项目给出A、B、C、D 4个等级,对于评定单元给出一、二、三、四4个等级。分级评定的一般标准见表1-3。

首先进行建筑物的各个子项评定,对于各类建筑结构的子项,强度、变形和裂缝的评定等级为:

混凝土结构或构件的强度、裂缝宽度及变形的评定等级如表1-4~1-8:

分级评定的一般标准和处理原则

表 1-3

评定等级	分级标准		处理原则
	与国家现行规范和标准符合情况	满足功能要求程度	
1. A、a	符合	安全适用	可正常使用
2. B、b	略低于	基本安全适用	可不必采取措施或简单处理
3. C、c	不符合	影响安全或影响正常使用	必须采取措施,变更使用或加固
4. D、d	严重不符合	危及安全或不能正常使用	需立即采取措施停止使用,进行加固

混凝土结构或构件承载能力评定等级

表 1-4

结构或构件种类	承 载 能 力			
	$R/\gamma_s S$			
	a	b	c	d
屋架、托架、屋面梁、平台主梁、柱和中级、重级工作制吊车梁	≥ 1.0	< 1.0 ≥ 0.92	< 0.92 ≥ 0.87	< 0.87
一般构件(包括楼盖、现浇板、梁等)	≥ 1.0	< 1.0 ≥ 0.90	< 0.90 ≥ 0.85	< 0.85

注:1. 表中 γ_s 是结构重要性系数;

2. 当混凝土结构受拉构件的受裂缝宽度小于 0.15mm 及受弯构件的受裂缝宽度小于 0.20mm, 构件可不作承载能力验算。

I、II、III 级钢筋配筋的混凝土结构或构件裂缝宽度评定等级

表 1-5

结构或构件的工作条件		裂 缝 宽 度/mm			
		a	b	c	d
室内正常环境	一般构件	≤ 0.40	$> 0.40, \leq 0.45$	$> 0.45, \leq 0.70$	> 0.70
	屋架、托架吊车梁	≤ 0.20	$> 0.20, \leq 0.30$	$> 0.30, \leq 0.50$	> 0.50
		≤ 0.30	$> 0.30, \leq 0.35$	$> 0.35, \leq 0.50$	> 0.50
露天或室内高湿度环境		≤ 0.20	$> 0.20, \leq 0.30$	$> 0.30, \leq 0.40$	> 0.40

Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ级钢筋配筋的预应力混凝土结构或构件裂缝宽度评定等级 表 1-6

结构或构件的工作条件		裂 缝 宽 度/mm			
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
室内正 常环境	一般构件	≤0.20	>0.20, ≤0.35	>0.35, ≤0.50	>0.50
	屋架、托架吊车梁	≤0.05	>0.05, ≤0.10	>0.10, ≤0.30	>0.30
		≤0.05	>0.05, ≤0.10	>0.10, ≤0.30	>0.30
露天或室内高湿度环境		≤0.02	>0.02, ≤0.05	>0.05, ≤0.20	>0.20

碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋、冷拔低碳钢丝配筋的
预应力混凝土结构或构件裂缝宽度评定等级

表 1-7

结构或构件的工作条件		裂 缝 宽 度/mm			
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
室内正 常环境	一般构件	≤0.02	>0.02, ≤0.10	>0.10, ≤0.20	>0.20
	屋架、托架吊车梁	≤0.02	>0.02, ≤0.05	>0.05, ≤0.20	>0.20
		—	≤0.05	>0.05, ≤0.20	>0.20
露天或室内高湿度环境		—	≤0.02	>0.02, ≤0.10	>0.10

混凝土结构或构件变形评定等级

表 1-8

结构或构件类别		裂 缝 宽 度/mm			
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
单层厂房托架、屋架		$\leq I/500$	$> I/500, \leq I/450$	$> I/450, \leq I/400$	$> I/400$
多层框架主梁		$\leq I/400$	$> I/400, \leq I/250$	$> I/250, \leq I/200$	$> I/250$
其他: 屋盖、 楼盖及楼梯 构件	$I > 9\text{m}$	$\leq I/300$	$> I/300, \leq I/350$	$> I/350, \leq I/250$	$> I/200$
	$7\text{m} \leq I \leq 9\text{m}$	$\leq I/250$	$> I/250, \leq I/200$	$> I/200, \leq I/175$	$> I/175$
	$I < 7\text{m}$	$\leq I/200$	$> I/200, \leq I/175$	$> I/175, \leq I/125$	$> I/125$
吊车梁	电动吊车	$\leq I/600$	$> I/600, \leq I/500$	$> I/500, \leq I/400$	$> I/400$
	手动吊车	$\leq I/500$	$> I/500, \leq I/450$	$> I/450, \leq I/350$	$> I/350$
风荷载下多 层厂房	框架层间 水平变形	$\leq h/400$	$> h/400, \leq h/350$	$> h/350, \leq h/300$	$> h/300$
	框架总体 水平变形	$\leq H/500$	$> H/500, \leq H/450$	$> H/450, \leq H/400$	$> H/400$
单层厂房排架柱平面外倾斜		$\leq H/1000$ 且 $H > 10\text{m}$ 时 $\leq 20\text{mm}$	$> H/1000, \leq H/750$ 且 $H > 10\text{m}$ 时 $> 20\text{mm}, \leq 30\text{mm}$	$> H/750, \leq H/500$ 且 $H > 10\text{m}$ 时 $> 30\text{mm}, \leq 40\text{mm}$	$> H/500$ 且 $H > 10\text{m}$ $> 40\text{mm}$

注: 1. 表中 I 为构件的计算跨度, H 为柱或框架总高, h 为框架层高。

2. 本表所列值为按长期荷载效应组合的变形值, 应减去或加上制作反拱或下挠值。

对于钢结构或构件的强度、裂缝宽度及变形的评定等级如表 1-9、1-10:

钢结构或构件承载能力评定等级

表 1-9

结构或构件种类	承 载 能 力			
	$R/\gamma_0 S$			
	a	b	c	d
屋架、托架、梁、柱、中、重级制吊车梁、一般构件及支撑、连接、构造	≥ 1.0	$< 1.00, \geq 0.95$	$< 0.90, \geq 0.95$	< 0.90
	≥ 1.0	$< 1.00, \geq 0.95$	$< 0.90, \geq 0.95$	< 0.90
	≥ 1.0	$< 1.00, \geq 0.92$	$< 0.92, \geq 0.87$	< 0.87
	≥ 1.0	$< 1.00, \geq 0.95$	$< 0.95, \geq 0.90$	< 0.90

注:1. 凡杆件或连接构造有裂缝或锐角切口者,根据其对承载能力的影响程度,可按基本评级原则评为 c 级或 d 级。

2. 对于焊接吊车梁,当上翼缘连接焊接及其近旁出现疲劳裂,或受拉区腹板在加颈肋端部或受拉翼缘的横向焊缝处出现疲劳开裂时,或受拉翼缘焊有其他钢件者,应按基本评定原则评为 c 级或 d 级。

钢结构或构件的变形评定等级

表 1-10

钢 结 构		变 形			
		a	b	c	d
標	轻屋架	$\leq I/150$	$> a$ 级变形, 功能无影响	$> a$ 级变形, 功能有局部影响	$> a$ 级变形, 功能有影响
	其他屋架	$\leq I/200$			
桁架、 屋架及 托架		$\leq I/400$	$> a$ 级变形, 功能无影响	$> a$ 级变形, 功能有局部影响	$> a$ 级变形, 功能有影响
实腹梁	主梁	$\leq I/400$	$> a$ 级变形, 功能无影响	$> a$ 级变形, 功能有局部影响	$> a$ 级变形, 功能有影响
	其他梁	$\leq I/250$			
吊 车 梁	轻级和 $Q < 50t$ 中级桥式吊车	$\leq I/600$	$> a$ 级变形, 吊车运行有 影响	$> a$ 级变形, 吊车运行有 局部影响,可 补救	$> a$ 级变形, 吊车运行有 影响,不可补 救
	重级和 $Q > 50t$ 中级桥式吊车	$\leq I/750$			
柱	厂房柱横向变形	$\leq H_r/1250$	$> a$ 级变形, 吊车运行无 影响	$> a$ 级变形, 吊车运行有 局部影响,可 补救	$> a$ 级变形, 吊车运行有 影响,不可补 救
	露天栈桥的横向变形	$\leq H_r/2500$			
	厂房和露天栈桥的纵向变形	$\leq H_r/4000$			
墙 架 结 构	支承砌体的横梁(水平向)	$\leq I/300$	$> a$ 级变形, 功能无影响	$> a$ 级变形, 功能有局部影响	$> a$ 级变形, 功能有影响
	压型钢板、瓦楞铁等轻墙皮横梁(水平向)	$\leq I/200$			
	支柱	$\leq I/400$			

注:1. 表中 I 为构件受弯构件的跨度, H_r 为柱脚面到吊车梁或吊车桁架上顶面的高度。柱变位为一台吊车水平荷载作用下的水平变位值。

2. 本表所列为按长期荷载效应组合的变形值,应减去或加上制作反拱或下挠值。

对于砌体结构或构件的强度、裂缝宽度及变形的评定等级如表 1-11、1-12。

砌体结构或构件承载力评定等级

表 1-11

构件种类	承 载 能 力			
	$R/\gamma_s S$			
	a	b	c	d
砌体结构或构件	≥ 1.0	< 1.0 ≥ 0.92	< 0.92 ≥ 0.87	< 0.87

注：1. 当砌体结构或构件已出现明显的受压、受弯、受剪等受力裂缝时，应根据其严重程度评定为 c 级或 d 级。

2. 验算结构或构件承载力时，应考虑由于留洞、风化剥落、各种变形裂缝和倾斜引起的有效截面的削弱和附加内力。

砌体结构或构件变形裂缝宽度评定等级

表 1-12

结构或 构 件	变 形 裂 缝			
	a	b	c	d
墙、有 壁柱墙	无裂缝	墙体产生轻微裂缝，最大 裂缝宽度 $W_f < 1.5\text{mm}$	墙体裂缝较严重，最大裂缝 宽度 W_f 在 $1.5\text{mm} \sim 10\text{mm}$ 范围内	墙体裂缝严重，最大裂 缝宽度 $W_f > 10\text{mm}$
独立柱	无裂缝	无裂缝	最大裂缝宽度 $W_f < 1.5\text{mm}$ ， 且未贯通柱截面	柱断裂或产生水平错 位

注：本表仅适用于粘土砖、硅酸盐砖以及粉煤灰砖砌体。

以上只是给出了部分子项的分级评定等级，对于建筑结构的其它部分，如：结构支撑系统的杆件、低级基础的沉降、裂缝，支撑系统的杆件，以及围护结构部分等均有相应的评定等级标准。在实际操作中，需根据具体的情况按照相应的要求进行评定。

在对各个子项的评定基础上进行各个项目或组合项目的评定。如：对厂房的承重系统组合项目的评定，应首先根据承重系统的传力树（即构件与系统失效间的逻辑关系），确定可能引起其它构件失效的基本构件和不会导致其他构件失效的非基本构件，并对基本构件和非基本构件进行评定等级，然后由确定传力树等级，再评定承重系统的等级。

(1) 基本构件的等级

A 级 含 B 级且不大于 30%；不含 C 级、D 级；

B 级 含 C 级且不大于 30%；不含 D 级；

C 级 含 D 级且小于 10%；

D 级 含 D 级且大于或等于 10%。

(2) 非基本构件的等级

A 级 含 B 级且小于 50%；不含 C 级、D 级；

B 级 含 C 级、D 级之和小于 50%，且含 D 级小于 5%；

C级 含D级且小于35%;

D级 含D级且大于或等于35%。

传力树等级按基本构件的最低等级确定,当非基本构件等级低于基本构件等级二级,则传力树降一级,低于基本构件三级时,传力树降二级。

承重系统的等级评定一般:

A级 含B级传力树且不大于30%;不含C级和D级传力树;

B级 含C级传力树且不大于15%;不含D级传力树;

C级 含D级传力树且小于5%;

D级 含D级传力树且大于或等于5%;

在对于厂房的项目或组合项目,即承重结构系统、结构布置和支撑系统、围护系统的等级评定基础上,综合评定结构单元:

(1)当结构布置和支撑系统、围护结构系统比承重结构系统的评定等级相差不大于一级时,可以承重结构系统的等级作为该评定单元的评定等级;

(2)当结构布置和支撑系统、围护结构系统比承重结构系统的评定等级结构低二级时,可以承重结构系统的等级降一级作为该评定单元的评定等级;

(3)当结构布置和支撑系统、围护结构系统比承重结构系统的评定等级结构低三级时,可根据上述原则和具体情况,以承重结构系统的等级降一级或降低二级作为该评定单元的评定等级;

在对于结构单元评定中,应综合考虑单元的重要性、耐久性、使用状况等条件,并进行适当调整。

§ 1.2 建筑工程的加固方法

在对建筑结构进行全面的鉴定的基础上,选择合适的加固方法,进行加固。这也是本教材主要介绍的内容。

一、地基基础的加固

地基基础的事故往往比较复杂,由于地下水位的变化、软弱土层的沉降、上部作用的变化、滑坡、地震引起的地质变化、地基土受侵蚀及邻近施工的影响等等,都可能影响建筑物功能,而需要对地基基础进行加固处理。对于地基基础的处理实际上包括了地基处理、基础处理、上部结构处理和防护处理等类型,对于不同的类型应采用不同的方法。对于地基和基础的处理方法主要包括有:

1. 地基处理方法

地基处理或加固的主要目的是改良土体的强度和压缩性,改善土结构的透水性等。根据加固的目的可以分别采用:

(1)挤密加固法:包括砂桩挤密、石灰桩挤密、夯实法等;

(2)土体固化法:包括石灰浆加固,化学加固、旋喷法、深层搅拌法等;

(3)换土法:采用性能较好的土替换软弱土,如换砂垫层、碎石垫层等。

2. 基础加固处理方法

基础的加固应与地基的处理相适应,应根据实际情况采用增大承载能力、减小变形、纠偏处理及损坏基础的修复等。

- (1)加宽基础底面方法:包括直接加宽、增设筏基、外增基础等;
- (2)加桩加固方法:包括树根桩、人工挖孔灌注桩等;
- (3)基础修复方法:包括基础增强、灌浆加固;
- (4)基础纠偏方法:包括卸荷处理、局部掏土、水泥灌浆等。

二、上部结构的加固

对于不同类型的结构以及结构发生损伤或破坏的程度不同,需要采用不同的加固方法。在对于上部结构的处理中,应当根据对工程事故分析的结果,首先对事故发生的根源进行彻底处理,然后再对具体的事故现象进行处理。如:由于地基基础的变形造成的上部结构开裂,在查清地基变形的原因后首先进行地基基础的处理,然后再进行上部结构的加固处理。如果是建筑物的使用更改,而造成的事故,则应当根据具体情况,改变不合理的使用,再进行加固处理。如果不能更改使用,则需对建筑物进行全面的鉴定后,再进行加固。常用的加固方法有:

1. 用混凝土和配筋混凝土加厚层或外包层加固

这是一种应用范围较广的加固方法。这种方法是通过在构件外加一层现浇混凝土层增大构件截面,增加强度。这种加固方法,可以对混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构进行加固。可以加固墙体、柱、梁、板屋架、连接节点等等。对于钢结构,这种加固方法不仅可以提高构件的强度和刚度,而且可以增加钢结构构件的耐火性、抗锈蚀能力以及提高构件的稳定性。

2. 外包钢加固

外包钢加固也比较简单,可以直接在需加固构件表面处贴钢板或型钢。适用于截面尺寸相等、截面相对较小的构件,如混凝土梁、柱、屋架、砖柱等。从施加钢板的受力形式,可以分为:非预应力外包钢加固和预应力外包钢加固两种方法。

3. 增设预应力拉杆加固

增设预应力拉杆的加固方法主要用于加固受弯为主的构件,钢筋混凝土梁、板、桁架和钢梁、钢桁架等。也可以用来加固受压构件。张拉预应力的方式可以是纵向水平张拉、下撑式张拉和组合式张拉等。

4. 改变结构主要传力途径加固

改变结构主要传力途径的加固方法是通过增设支点改变结构的计算模型。一般常可以通过增设支座、增加支撑或斜撑的方法,改变结构的计算简图。增设支座或斜撑常用在梁、板的跨中,减小梁或板的跨度,从而有效地减小梁、板的实际荷载效应,大大地减小梁、板的变形。

5. 粘钢补强加固

粘钢补强加固方法是通过在结构表面粘补钢板或钢筋来增大结构的抗力。这种方法与外包钢的方法相近,所不同的是粘钢补强加固方法不需要将结构构件完全包起来,而是通过胶粘、焊接等方法提高构件的承载能力。粘钢补强方法常用于混凝土结构或钢结构的受弯构件。可进行局部加固,也可进行整跨加固。

6. 喷射混凝土补强加固

喷射混凝土补强加固法是借助于高压喷射机械,将混凝土喷射到结构表面,在凝固后与原结构共同工作的方法,此法不仅可以提高结构的强度刚度,而且还可以弥合结构上的裂缝、空

洞,增加结构的耐久性。根据需要还可以在喷射混凝土前附设钢丝网,以更大提高结构的强度和刚度。这种方法常用于较大面积的加固,如墙面、板底面等,也可以用于梁柱的加固。

三、裂缝的修补方法

在建筑工程中,由于种种原因,混凝土结构或砌体结构会出现开裂、孔洞蜂窝等现象,这些缺陷可能对建筑结构的强度和刚度没有严重影响(如果有影响,可以采用上面介绍的一些加固方法进行处理),但可能影响结构的正常使用,影响结构的耐久性。因此也需对于这类事故(或缺陷)进行加固处理,一般需考虑用料省、施工方便,能起到防渗、防漏效果,对结构的特性改变较小的方法,常用的有:

1. 水泥压浆修补法

水泥压浆修补法是将水泥浆,通过压力机械注入混凝土或砌体结构的裂缝或孔洞内,以起到封闭的作用。这种方法具有用料省、价格低的特点。

2. 化学灌浆修补法

化学灌浆修补法是用化学灌浆材料,如:环氧树脂类、甲基丙烯酸脂等类材料,通过压浆机灌入混凝土或砌体结构的裂缝缝隙或孔洞内。因为这类化学材料具有粘接力强、强度较高、化学稳定性好等特点,因此可以有效地修补裂缝,恢复或部分恢复构件的整体性,提高构件的抗侵蚀能力,但成本相对较高。

3. 表面修补法

对于表面有细微裂缝的混凝土或砌体结构,也可以在裂缝表面涂抹水泥浆、环氧胶泥等材料。用于防渗、防腐以保证结构的耐久性。

本章主要介绍建筑结构在一般事故情况下的分析鉴定和加固方法,对于建筑物受到灾难性事故后,如:火灾、地震等,以及在腐蚀环境作用下的建筑结构鉴定,还需根据各种灾害和环境的特点,依据相应的鉴定标准和加固规范,进行处理。