

◆ 建 筑 结 构 加 固 改 造 设 计 与 施 工



建筑 结构 工程 系列 丛书

建筑结构 加固改造设计与施工（续）

◆ 卜良桃 陈大川 毛晶晶 编著

◆ 湖南大学出版社

建筑结构加固改造设计与施工(续)

卜良桃 陈大川 毛晶晶 编著

湖南大学出版社

2004年·长沙

内 容 提 要

本书分为建筑结构可靠性检测与鉴定、地基基础的加固设计与施工、房屋增层技术及构筑物加固设计与施工四章。介绍了相应结构的鉴定、检测与加固设计、改造设计及施工的质量控制要点。全书注重理论联系实际,紧密结合加固技术规范及建筑结构加固改造施工质量验收规范,并且反映了工程结构中鉴定、检测、补强加固等方面的科研成果和工程经验。

本书可作为高等院校土木工程类专业参考教材,也可供设计单位和施工企业的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构加固改造设计与施工(续)/卜良桃,陈大川,毛晶晶编著.

—长沙:湖南大学出版社,2004.11

ISBN 7-81053-871-3

I. 建... II. ①卜... ②陈... ③毛... III. ①建筑结构—

加固—结构设计②建设结构—加固—工程施工 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 105651 号

建筑结构加固改造设计与施工(续)

Jianzhu Jiegou Jiagu Gaizao Sheji Yu Shigong(xu)

编 著:卜良桃 陈大川 毛晶晶

责任编辑:卢 宇

特约编辑:何 晋

封面设计:张 毅

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山 邮 编:410082

电 话:0731-8821691(发行部),8821315(编辑室),8821006(出版部)

传 真:0731-8649312(发行部),8822264(总编室)

电子邮箱:press@hnu.net.cn

网 址: <http://press.hnu.net.cn>

印 装:长沙环境保护学校印刷厂

总 经 销:湖南省新华书店

开本:787×1092 16开 印张:16.75

字数:428千

版次:2004年11月第1版

印次:2004年11月第1次印刷

印数:1~3000册

书号:ISBN 7-81053-871-3/TU·25

定价:28.00元

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

前 言

我国经济正处于迅速发展时期，为保证和满足人民日益增长的居住、市政、交通等方面的需求，保证各类工程结构的安全性、适用性和耐久性，必须贯彻“百年大计、质量第一”的方针。但是由于建设阶段可能发生的设计疏忽和施工失误，正常使用阶段可能出现的自然和人为灾害，以及老化阶段可能产生的各种损伤积累，导致结构在使用寿命期内承载能力下降、耐久性降低，产生各种风险。为揭示工程结构的潜在危险，避免事故发生，延长使用寿命，需对现存结构的作用效应、结构抗力及相应关系进行检测、分析、鉴定与评价，并在科学鉴定的基础上，对结构进行加固或采取补强措施，或组合新的要求进行改造与维修。

本书针对勘察、设计、施工、使用等方面存在的工程质量事故，结构随服役时间的增长而发生的老化现象，紧密结合我国现行鉴定标准、加固设计规范及加固改造施工质量验收规范，提出了结构检测、可靠性鉴定、加固补强方法、设计与施工质量控制要点等，并尽量结合实例，分别讨论了建筑结构可靠性检测与鉴定；地基基础的加固设计与施工；房屋增层技术；构筑物加固设计与施工等。在编写进程中，作者结合了多年来检测、鉴定与加固方面的教学经验和工程实践，并吸取了国内外的有关科研成果。

本书由卜良桃、陈大川、毛晶晶编著，在编写过程中，研究生王月红、高伟、叶葵等参加了具体的工程检测、鉴定加固改造的设计工作，为全书的资料积累、图表绘制做了许多工作。湖南大兴加固改造工程有限公司提供了许多加固改造工程施工实例。

由于编者水平有限，书中不妥和疏漏之处，敬请读者指正。

卜良桃

2004年8月

目 次

第 1 章 建筑结构可靠性检测与鉴定

- 1.1 建筑结构可靠性鉴定的类型和等级 (1)
- 1.2 建筑结构构件安全性鉴定评级 (6)
- 1.3 构件正常使用性鉴定评级 (15)
- 1.4 子单元安全性鉴定评级 (20)
- 1.5 子单元使用性鉴定评级 (26)
- 1.6 鉴定单元安全性及使用性评级 (29)
- 1.7 可靠性评级 (29)
- 1.8 适修性评估 (30)
- 1.9 鉴定报告编写的内容和要求 (30)

第 2 章 地基基础的加固设计与施工

- 2.1 基础托换 (32)
- 2.2 基础扩大托换设计计算 (34)
- 2.3 地基基础加深基础加固法 (36)
- 2.4 地基基础锚杆静压桩加固法 (38)
- 2.5 石灰桩、石灰砂桩加固 (44)
- 2.6 地基基础树根桩加固法 (56)
- 2.7 地基基础静压注浆加固 (67)
- 2.8 地基基础高压喷射注浆加固 (69)
- 2.9 建筑物地基基础常见问题及原因分析 (69)
- 2.10 鉴定与加固工程实例 (71)

第 3 章 房屋增层技术

- 3.1 房屋增层合理结构形式的选择 (92)
- 3.2 建筑物增层合理层数的探讨 (103)
- 3.3 多层砖混结构直接增层设计与施工 (104)
- 3.4 底层框架上部多层砖混结构的直接增层设计与施工 (114)
- 3.5 砖混结构外套式增层改造 (126)
- 3.6 房屋增层改造中若干问题的探讨 (141)
- 3.7 加层工程实例 (150)

第 4 章 构筑物加固设计与施工

- 4.1 挡土墙加固设计与施工 (172)
- 4.2 水塔加固设计与施工 (201)
- 4.3 筒仓检测加固设计与施工 (220)
- 4.4 烟囱检测与加固 (243)

参考文献..... (260)

第 1 章 建筑结构可靠性检测与鉴定

1.1 建筑结构可靠性鉴定的类型和等级

1.1.1 鉴定的类型

1. 结构可靠性分类

结构功能的安全性、适用性和耐久性能否达到规定要求,是以结构的两种极限状态来划分的,其中承载能力极限状态主要考虑安全性功能,正常使用极限状态主要考虑适用性和耐久性功能,这两种极限状态均规定有明确的标志和限值。

(1) 承载能力极限状态

承载能力极限状态对应于结构或构件达到最大承载力或不适于继续承载的变形,当结构或构件出现下列状态之一时,即认为超过了承载能力极限状态:

- ①整个结构或结构的一部分作为刚体失去平衡(如倾覆等);
- ②结构构件或连接因材料强度被超过而破坏,或因过度的塑性变形而不适于继续承载;
- ③结构转变为机动体系;
- ④结构或结构构件丧失稳定(如压屈等)。

(2) 正常使用极限状态

正常使用极限状态对应于结构或构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。当结构或构件出现下列状态之一时,即认为超过了正常使用极限状态:

- ①影响正常使用或外观的变形;
- ②影响正常使用或耐久性能的局部破坏(包括裂缝);
- ③影响正常使用的振动;
- ④影响正常的其他特定状态。

2. 鉴定的类别及适用范围

按照结构功能的两种极限状态,结构可靠性鉴定可以分为两种鉴定内容——安全性鉴定(或称承载力鉴定)和使用性鉴定(或称正常使用鉴定)。根据不同的鉴定目的和要求,安全性鉴定与使用性鉴定可分别进行,或选择其一进行,或合并为可靠性鉴定。各类别的鉴定有不同的使用范围,按不同要求,选用不同的鉴定类别:

(1) 可进行安全性鉴定的情况

- ①危房鉴定及各种应急鉴定;
- ②房屋改造前的安全检查;
- ③临时性房屋需要延长使用期的检查;
- ④使用性鉴定中发现有安全问题。

(2) 可进行使用性鉴定的情况

- ①建筑物日常维护的检查；
- ②建筑物使用功能的鉴定；
- ③建筑物有特殊使用要求的专门鉴定。

(3) 应进行可靠性鉴定的情况

- ①建筑物大修前的全面检查；
- ②重要建筑物的定期检查；
- ③建筑物改变用途或使用条件的鉴定；
- ④建筑物超过设计基准期继续使用的鉴定；
- ⑤为制定建筑群维修改造规划而进行的普查。

当鉴定评为需要加固处理或更换构件时,根据加固或更换的难易程度、修复价值及加固修复对原建筑功能的影响程度,补充构件的适修性评定,作为工程加固修复决策时的参考或建议。

当要确定结构继续使用的寿命时,还可进一步作结构的耐久性鉴定。

1.1.2 鉴定评级的层次与等级划分

将建筑结构体系按照结构失效的逻辑关系,划分为相对简单的三个层次,即构件、子单元和鉴定单元。

构件是鉴定的第一层次,也是最基本的鉴定单位,它可以是一个单元,如一根梁或柱,也可以是一个组合件,如一层桁架,也可以是一个片断,如一片墙。子单元由构件组成,是鉴定的第二层次。子单元层次一般包括地基基础、上部承重结构和围护系统三个子单元。鉴定单元由子单元组成,是鉴定的第三层次;根据建筑物的构造特点和承重体系的种类,将建筑物划分为一个或若干个可以独立进行鉴定的区段,则每一个区段就是一个鉴定单元。

对安全性和可靠性鉴定,每个层次划分为四个等级;对使用性鉴定,每个层次划分为三个等级。鉴定从第一层次开始,根据构件各检查项目的评定结果,确定单个构件等级;根据子单元各检查项目及各种构件的评定结果,确定子单元等级;再根据子单元的评定结果,确定鉴定单元等级。

构件或子单元的检查项目是针对影响其可靠性的因素所确定的调查、检测或验算项目,如混凝土构件的安全性鉴定,涉及承载能力、构造、不适于继续承载的位移及裂缝四个检查项目。检查项目的评定结果最为重要,它不仅是各层次、各组成部分鉴定评级的依据,而且还是处理所查出问题的主要依据。子单元和鉴定单元的评定结果,由于经过了综合,只能作为被鉴定建筑物进行科学管理和宏观决策的依据,而不能据以处理问题。

1. 安全性鉴定

民用建筑安全性鉴定按构件、子单元和鉴定单元三个层次,每个层次分成四个等级进行鉴定。构件的四个安全等级用 a_u 、 b_u 、 c_u 、 d_u 表示,子单元的四个安全性等级用 A_u 、 B_u 、 C_u 、 D_u 表示,鉴定单元的四个安全等级用 A_{su} 、 B_{su} 、 C_{su} 、 D_{su} 表示。安全性鉴定评级的层次、等级划分及工作内容如表 1-1。

表 1-1 安全性鉴定评级的层次、等级划分及工作内容

层次	第一层次	第二层次		第三层次
层名	构件	子单元		鉴定单元
等级	a_u, b_u, c_u, d_u 级	A_u, B_u, C_u, D_u 级		$A_{su}, B_{su}, C_{su}, D_{su}$ 级
地基基础	—	按地基变形或承载力、地基稳定性(斜坡)等检查项目评定地基等级	地基基础评级	鉴定单元安全性评级
	按同类材料构件各检查项目评定单个基础等级	每种基础评级		
上部承重结构	按承载能力、构造、不适于继续承载的位移或残损等检查项目评定单个构件等级	每种构件评级	上部承重结构评级	
	—	结构侧向位移评级		
围护系统承重部分	按上部承重结构检查项目及步骤评定围护系统承重部分各层次安全性等级	按结构布置、支撑、圈梁、结构间联系等检查项目评定结构整体性等级		

已有建筑物在鉴定后,通过采用加固措施一般还要继续使用,不论从保证其下一个目标使用期所必需的可靠度,或是从标准规范的适用性和合法性来说,均不能采用已被废止的原设计、施工规范作为鉴定的依据。现行的设计、施工规范可以作为鉴定的依据之一,但其针对的是拟建工程,不可能系统地考虑已有建筑物所能遇到的各种问题。鉴定工作应该依据的是鉴定标准,鉴定标准概括了现行设计、施工规范中的有关规定;也体现原设计、施工规范中尚行之有效,而由于某种原因已被现行规范删去的有关规定;此外,根据已有建筑物的特点和工作条件,鉴定标准还有专门的规定。

鉴定标准用文字统一表述各类结构各层次评级标准的分级原则,对有些不能用具体数量指标界定的分级标准,也需要依靠它来解释其等级的含义。民用建筑安全性鉴定评级各层次的分级标准如表 1-2。

表 1-2 安全性鉴定分级标准

鉴定对象	等级	分级标准	处理要求
构件	a_u 级	安全性符合鉴定标准对 a_u 级的要求,具有足够的承载能力	不必采取措施
	b_u 级	安全性略低于鉴定标准对 a_u 级的要求,尚不显著影响承载能力	可不采取措施
	c_u 级	安全性不符合鉴定标准对 a_u 级的要求,显著影响承载能力	应采取的措施
	d_u 级	安全性极不符合鉴定标准对 a_u 级的要求,已严重影响承载能力	必须及时或立即采取措施
子单元	A_u 级	安全性符合鉴定标准对 A_u 级的要求,不影响整体承载	可能有个别一般构件应采取的措施
	B_u 级	安全性略低于鉴定标准对 A_u 级的要求,尚不显著影响整体承载	可能有极少数构件应采取的措施
	C_u 级	安全性不符合鉴定标准对 A_u 级的要求,显著影响整体承载	应采取的措施,且可能有极少数构件必须立即采取措施
	D_u 级	安全性极不符合鉴定标准对 A_u 级的要求,严重影响整体承载	必须立即采取措施
鉴定单元	A_{su} 级	按 A_{su} 级的要求,各等级表述同“子单元”相应等级	各等级表述同“子单元”相应等级
	B_{su} 级		
	C_{su} 级		
	D_{su} 级		

2. 使用性鉴定

民用建筑使用性鉴定按构件、子单元和鉴定单元三个层次,每个层次分成三个等级进行鉴定。由于使用性鉴定中不存在类似安全性严重不足、必须立即采取措施的情况,所以使用性鉴定分级的档数比安全性和可靠性鉴定少一档。

构件的三个使用性等级用 a_1 、 b_1 、 c_1 表示,子单元的三个使用性等级用 A_1 、 B_1 、 C_1 表示,鉴定单元的三个使用性等级用 A_{11} 、 B_{11} 、 C_{11} 表示。使用性鉴定评级的层次、等级划分及工作内容如表 1-3,各层次分级标准如表 1-4。

表 1-3 使用性鉴定评级的层次、等级划分及工作内容

层次	第一层次	第二层次		第三层次
层名	构件	子单元		鉴定单元
等级	a_1 、 b_1 、 c_1 级	A_1 、 B_1 、 C_1 级		A_{11} 、 B_{11} 、 C_{11} 级
地基基础	—	按上部承重结构和围护系统工作状态评估地基基础等级		鉴定单元正常使用性评级
上部承重结构	按位移、裂缝、风化、锈蚀等检查项目评定单个构件等级	每种构件评级	上部承重结构评级	
		结构侧向位移评级		
围护系统功能	—	按屋面防水、吊顶、墙、门窗、地下防水及其他防护设施等检查项目评定围护系统功能等级	围护系统评级	
		按上部承重结构检查项目及步骤评定围护系统承重部分各层次使用性等级		

表 1-4 使用性鉴定分级标准

鉴定对象	等级	分级标准	处理要求
构件	a_1 级	使用性符合鉴定标准对 a_1 级的要求,具有正常的使用功能	不必采取措施
	b_1 级	使用性略低于鉴定标准对 a_1 级的要求,尚不显著影响使用功能	可不采取措施
	c_1 级	使用性不符合鉴定标准对 a_1 级的要求,显著影响使用功能	应采取的措施
子单元	A_1 级	使用性符合鉴定标准对 A_1 级的要求,不影响整体使用功能	可能有极少数一般构件应采取的措施
	B_1 级	使用性略低于鉴定标准对 A_1 级的要求,尚不显著影响整体使用功能	可能有极少数构件应采取的措施
	C_1 级	使用性不符合鉴定标准对 A_1 级的要求,显著影响整体使用功能	应采取的措施
鉴定单元	A_{11} 级	按 A_{11} 级的要求,各等级表述同“子单元”相应等级	各等级表述同“子单元”相应等级
	B_{11} 级		
	C_{11} 级		

3. 可靠性鉴定

建筑结构可靠性鉴定按构件、子单元和鉴定单元三个层次,每个层次分为四个等级进行鉴定。各层次的可靠性鉴定评级,以该层次的安全性和使用性等级的评估结果为依据综合确定。

构件的四个可靠性等级用 a 、 b 、 c 、 d 表示,子单元的四个可靠性等级用 A 、 B 、 C 、 D 表示,鉴定单元的四个可靠性等级用 I 、 II 、 III 、 IV 表示。可靠性鉴定评级的层次、等级划分及工作内容如表 1-5,各层次分级标准如表 1-6。

表 1-5 可靠性鉴定评级的层次、等级划分及工作内容

层次	第一层次	第二层次	第三层次
层名	构件	子单元	鉴定单元
等级	a、b、c、d 级	A、B、C、D 级	I、II、III、IV 级
地基基础	以同层次安全性和使用性等级评定结果并列表达,或按鉴定标准规定的原则确定其可靠性等级		鉴定单元可靠性评级
上部承重结构			
围护系统			

表 1-6 可靠性鉴定分级标准

鉴定对象	等级	分级标准	处理要求
构件	a 级	可靠性符合鉴定标准对 a 级的要求,具有正常的承载功能和使用功能	不必采取措施
	b 级	可靠性略低于鉴定标准对 a 级的要求,尚不显著影响承载功能和使用功能	可不采取措施
	c 级	可靠性不符合鉴定标准对 a 级的要求,显著影响承载功能和使用功能	应采取的措施
	d 级	可靠性极不符合鉴定标准对 a 级的要求,已严重影响安全	必须及时或立即采取措施
子单元	A 级	可靠性符合鉴定标准对 A 级的要求,不影响整体承载功能和使用功能	可能有极少数一般构件应采取的措施
	B 级	可靠性略低于鉴定标准对 A 级的要求,尚不显著影响整体承载功能和使用功能	可能有极少数构件应采取的措施
	C 级	可靠性不符合鉴定标准对 A 级的要求,显著影响整体承载功能和使用功能	应采取的措施,且可能有极少数构件必须立即采取的措施
	D 级	可靠性极不符合鉴定标准对 A 级的要求,已严重影响安全	必须立即采取措施
鉴定单元	I 级	按 I 级的要求,各等级表述同“子单元”相应等级	各等级表述同“子单元”相应等级
	II 级		
	III 级		
	IV 级		

4. 适修性鉴定

所谓适修性,是指一种能反映残损结构适修程度与修复价值的技术与经济的综合特性。对于这一特性,建筑物所有或管理部门尤为关注。因为残损结构的鉴定评级固然重要,但鉴定评级后更需要关于结构能否修复及是否值得修复的评价意见。

民用建筑适修性各层次按四个等级进行评定,子单元或其中某组成部分的四个适修性等级用 A'、B'、C'、D' 表示,鉴定单元的四个适修性等级用 A、B、C、D 表示,各层次适修性的评级标准应按表 1-7 及表 1-8 的规定采用。

表 1-7 每种构件适修性分级标准

等级	分级标准
A' 级	构件易加固或易变换,所涉及的相关构造问题易处理,适修性好,修后可恢复原功能
B' 级	构件稍难加固或稍难更换,所涉及的相关构造问题尚可处理,适修性尚好,修后尚能恢复原功能或接近恢复原功能
C' 级	构件难加固,也难更换,或所涉及的相关构造问题较难处理。适修性差,修后对原功能有一定影响
D' 级	构件很难加固,或很难更换,或所涉及的相关构造问题很难处理。适修性极差,只能从安全性出发采取必要的措施,可能损害建筑物的局部使用功能

表 1-8 子单元或鉴定单元适修性分级标准

等级	分级标准
A _i /A _i 级	易修,或易改造,修后能恢复原功能,或改造后的功能可达到现行设计标准的要求,所需费用远低于新建的造价,适修性好,应予修复或改造
B _i /B _i 级	稍难修,或稍难改造,修后尚能恢复或接近恢复原功能,或改造后的功能尚可达到现行设计标准的要求,所需费用不到新建造价的 70%。适修性尚好,宜于修复或改造
C _i /C _i 级	难修,或难改造,修后或改造后需降低使用功能或限制使用条件,或所需费用为新建造价的 70%以上。适修性差,是否有保留价值,取决于其重要性和使用要求
D _i /D _i 级	该鉴定对象已严重残损,或修后功能极差,已无利用价值,或所需费用接近甚至超过新建的造价。适修性很差,除纪念性或历史性建筑外,宜于拆除或重建

1.2 建筑结构构件安全性鉴定评级

构件是可靠性鉴定最基本的鉴定单位。这里所指的构件可以是一个单件,如一根梁或某层的单根柱;也可以是一个组合件,如一榀屋架;还可以是一个片断,如一片墙或一段条形基础。鉴定时划分的单个构件,应包括构件自身及其连接、节点。

1. 混凝土构件安全性评级

混凝土构件的安全性涉及多方面因素,主要是构件的承载能力、构造、位移(或变形)和裂缝四种因素,鉴定标准将这四个因素作为四个检查项目,分别规定了安全等级标准。混凝土构件的安全性鉴定,就是先评定该构件各个检查项目的安全性等级,然后取其中最低的等级作为该构件的安全性等级。

(1) 承载能力评定

混凝土构件的承载能力评定,是在对构件的抗力 R 和作用效应 S 按现行规范进行计算的基础上,考虑结构重要性系数 γ_0 按表 1-9 评定混凝土构件的承载能力等级。

表 1-9 混凝土结构构件承载能力评级标准

构件种类	$R/\gamma_0 S$			
	a _u 级	b _u 级	c _u 级	d _u 级
主要构件	≥ 1.0	≥ 0.95	≥ 0.90	< 0.90
一般构件	≥ 1.0	≥ 0.90	≥ 0.85	< 0.85

在进行承载能力验算时,材料强度的取值应以检测试验为基础,结构或构件的几何参数应采用实测值,并考虑构件截面的损伤、偏差以及结构构件过度变形的影响。

各种材料结构构件鉴定中的承载能力验算,不同于新建结构的设计计算。新建结构设计时涉及的参数,如结构上的作用、材料强度等,由设计者选定,当试算发现不合理时,还可重选。已建结构鉴定中的各种验算参数客观存在,鉴定人员只能通过调查和检测确定,使验算参数符合实际。

对已有结构上的荷载标准的取值,应符合现行的荷载规范。结构和构件的自重标准值,应根据构件和连接的实际尺寸,按材料或构件单位自重的标准值计算确定,对不便实测的某些连接构造尺寸,允许按结构详图估算。当规范规定的荷载标准值有上、下限时,其效应对结构不

利的,取上限值;反之,取下限值。

当荷载规范没有规定或材料自重变异较大时,材料和构件的自重标准值应按现场抽样称量确定,抽取的试样数量不应少于5个,按下式计算材料或构件自重的标准值:

当自重效应对结构不利时

$$g_{k,\text{sup}} = m_g + \frac{t}{\sqrt{n}} S_g$$

式中: $g_{k,\text{sup}}$ ——材料或构件自重的标准值;

m_g ——试样称量结果的平均值;

S_g ——试样称量结果的标准差;

n ——试样数量;

t ——考虑抽样数量影响的计算系数,按表1-10采用。

当自重效应对结构有利时

$$g_{k,\text{sup}} = m_g - \frac{t}{\sqrt{n}} S_g$$

表1-10 计算系数 t 值

n	t	n	t	n	t	n	t
5	2.13	8	1.89	15	1.76	30	1.70
6	2.02	9	1.86	20	1.73	40	1.68
7	1.94	10	1.80	25	1.71	≥ 60	1.67

对已有建筑物进行可靠性鉴定或加固设计验算时,其基本雪压值、基本风压值和楼面活荷载的标准值,除应按现行荷载规范的规定采用外,尚应按下一个目标使用年限,乘以表1-11的修正系数 K_t 予以修正。下一个目标使用年限,应由建筑物管理部门与鉴定方共同商定。

表1-11 基本雪压值、基本风压值和楼面活荷载的修正系数 K_t

下一个目标使用年限 t (年)	10	20	30~50
雪荷载或风荷载	0.85	0.95	1.0
楼面活荷载	0.85	0.90	1.0

注:对表中未列出的中间值允许按插值确定,当 $t < 10$ 年时,按 $t = 10$ 年确定。

《建筑结构设计统一标准》(GBJ68—84)对建筑结构规定了两种质量界限,即设计要求的质量和下限质量,前者为材料和构件的质量应达到或高于目标可靠指标要求的期望值。由于目标可靠指标是根据我国材料和构件性能的统计参数的平均值校准得到的,因此,它所代表的质量水平相当于全国平均水平,实际的材料和构件性能可能在此质量水平上下波动。建筑结构设计统一标准规定质量波动的下限,是按目标可靠指标减0.25确定的。表1-11中承载能力分级与可靠指标的关系可表述如下:

a_u 级:符合现行设计规范对目标可靠指标 β_0 的要求,实物完好,其验算表征为 $R/\gamma_0 S \geq 1$; 分级标准表述为:安全性符合鉴定标准对 a_u 级的要求,不必采取措施。

b_u 级:略低于现行设计规范对 β_0 级的要求,但尚可达到或超过相当于工程质量下限的可靠度水平,即可靠指标 $\beta \geq \beta_0 - 0.25$ 。此时,实物状况可能比 a_u 级稍差,但仍可继续使用,验算表征为 $0.95 \leq R/\gamma_0 S < 1$; 分级标准表述为:安全性略低于鉴定标准对 a_u 级的要求,可不采取

措施。

c_u 级:不符合现行设计规范对 β_0 的要求,其可靠指标下降已超过工程质量下限,但未达到随时有破坏可能的程度,因此,其可靠指标 β 的下浮可按构件的失效概率增大一个数量级估计,即 $\beta_0 - 0.5 \leq \beta < \beta_0 - 0.25$ 。此时,构件的安全性等级比现行规范要求下降了一个档次,显然,对承载能力有不容忽视的影响。对于这种情况,验算表征为 $0.9 \leq R/\gamma_0 S < 0.95$;分级标准表述为:安全性不符合鉴定标准对 a_u 级的要求,显著影响构件承载,应采取措施。

d_u 级:严重不符合现行设计规范对 β_0 的要求,其可靠指标下降已超过0.5,这意味着失效概率大幅度提高,实物可能处于危险状态。此时,验算表征为 $R/\gamma_0 S < 0.9$;分级标准表述为:安全性极不符合鉴定标准对 a_u 级的要求,已严重影响构件承载,必须立即采取措施,才能防止事故发生。

(2) 构造评定

装配式钢筋混凝土结构是由许多单一构件通过预埋件、焊缝或螺栓连接起来的,在外荷载作用下,通过节点传递和分配内力。连接节点的破坏将直接导致结构的破坏,因此,连接构造也是建筑结构安全性评定的重要内容之一。当混凝土结构构件的安全性按构造评定时,应按表1-12的规定,分别评定连接(或节点)构造、受力预埋两个检查项目的等级,然后取其中较低等级作为该构件构造的安全等级。

表 1-12 混凝土结构构件构造评级标准

检查项目	a_u 或 b_u 级	c_u 或 d_u 级
连接(或节点)构造	连接方式正确,构造符合国家现行设计规范要求,无缺陷,或仅有局部的表面缺陷,工作无异常	连接方式不当,构造有严重缺陷,已导致焊缝或螺栓等发生明显变形、滑移、局部拉脱、剪坏或裂缝
受力预埋件	构造合理,受力可靠,无变形、滑移、松动或其他损坏	构造有严重缺陷,已导致预埋件发生明显变形、滑移、松动或其他损坏

注:1. 评定结果取 a_u 或 b_u 级,可根据其实际完好程度确定;评定结果取 c_u 或 d_u 级,可根据其实际严重程度确定。

2. 构件支承长度的检查结果不参加评定,但若有问题,应在鉴定报告中说明,并提出处理意见。

(3) 位移评定

结构由于受荷载、温度、徐变及地基不均匀沉降等因素的影响,产生挠度或位移,影响观感和使用,产生附加应力。结构过度变形是结构刚度不足或稳定性不足的标志,虽然不直接反映结构的强度,但影响结构变形的因素,如截面尺寸、跨度、荷载、支承约束、材料强度、配筋情况等,也影响结构的强度。过度的变形一般对应大的裂缝,因此变形与裂缝应结合起来测量。

评定混凝土结构构件的位移,受弯构件评定的是挠度和侧向弯曲,柱子评定的是柱顶水平位移,受弯构件的挠度或施工偏差造成的侧向弯曲,按表1-13的规定评级。

表 1-13 混凝土受弯构件不适于继续承载的变形评级标准

检查项目	构件类型	c_u 或 d_u 级	
挠度	主要受弯构件——主梁、托梁等	$>L_0/250$	
	一般受弯构件	$L_0 \leq 9\text{ m}$	$>L_0/150$ 或 45 mm
		$L_0 \leq 9\text{ m}$	$>L_0/200$
侧向弯曲的矢高	预制屋面梁、桁架或深梁	$>L_0/500$	

注:1. 表中 L_0 为计算跨度。

2. 评定结果取 c_u 或 d_u 级,可根据其实际严重程度确定。

对于混凝土桁架式构件,如屋架或托架,当实测挠度大于 $L_0/400$ 时,其变形的评级应结合承载能力验算,验算时应考虑由位移产生的附加应力的影响,当承载能力验算结果不低于 b_u 级时,位移项目可评定为 b_u 级,但宜附加观察使用一段时间的限制,以判别变形是稳定的还是发展的,变形稳定或发展很慢是正常的,若变形发展速度突然加大,通常预示结构可能破坏,应评定为 c_u 级或 d_u 级,并立即采取安全措施。当承载能力验算结果低于 b_u 级时,可根据其实际严重程度定为 c_u 级或 d_u 级。

柱顶水平位移的评级,按子单元层次中上部承重结构的安全性评级标准,并结合分析柱顶水平侧移与整个结构的关系及侧移发展状况确定。具体地,当柱顶水平位移大于表 1-39 的限值时,若该位移与整个结构有关,则取与上部承重结构相同的级别作为该柱的水平位移等级;若该位移只是孤立事件,则应在其承载能力验算中考虑此附加位移的影响,当承载能力验算结果不低于 b_u 级时,柱顶位移项目可评定为 b_u 级,但宜附加观察使用一段时间的限制,以判别变形是稳定的还是发展的。当承载能力验算结果低于 b_u 级时,可根据其实际严重程度定为 c_u 级或 b_u 级。若该位移尚在发展,应直接评定为 b_u 级。

(4) 裂缝评定

钢筋混凝土结构出现裂缝的原因很多,裂缝对结构影响程度的差异也很大,根据裂缝产生的原因的不同,可将裂缝分为两大类,即受力裂缝和非受力裂缝。受力裂缝由荷载引起,是材料应力大到一定程度的标志,是结构破坏开始的特征或强度不足的征兆。从出现受力裂缝到承载力破坏的过程有两种,即脆性破坏和延性破坏。脆性破坏具有突然性,构件一旦开裂,就已接近破坏,属于这种破坏的裂缝主要有剪切裂缝、受压裂缝、受弯构件的压区裂缝等。所以,当分析认为属于剪切裂缝时,只要裂缝存在,就应评定为 c_u 级或 d_u 级;当受压区混凝土有压坏迹象时,不论其裂缝宽度大小,其安全性应直接评定为 c_u 级或 d_u 级。

延性破坏的特点是从开裂到承载力破坏有一个较长的过程,在这个过程中,裂缝的宽度、长度会有很大的发展,挠度变形明显,这个过程作为破坏前的征兆,使人们能够及时采取加固措施。属于这种破坏的裂缝主要有弯曲裂缝、受拉构件裂缝、大偏心受压构件的拉区裂缝等。普通混凝土结构构件一般是允许带裂缝工作的,构件开裂时,尚有相当大的承载潜力,如果裂缝已趋于稳定,且最大裂缝宽度未超过规定的限值,则可不采取措施,但当出现表 1-14 所列的受力裂缝时,应视为不适于继续承载的裂缝,并根据其实际严重程度定为 c_u 级或 d_u 级。

表 1-14 混凝土构件不适于继续承载的裂缝宽度评级标准

检查项目	环境	构件类别		c_u 级或 d_u 级
受力主筋处的弯曲(含一般弯剪)裂缝和轴拉裂缝宽度(mm)	正常湿度环境	钢筋混凝土	主要构件	>0.50
			一般构件	>0.70
		预应力钢筋混凝土	主要构件	>0.20(0.30)
			一般构件	>0.30(0.50)
	高湿度环境	钢筋混凝土	任何构件	>0.40
		预应力钢筋混凝土		>0.10(0.20)
剪切裂缝(mm)	任何湿度环境	钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土		出现裂缝

注:1. 高湿度环境系指露天环境、开敞式房屋易遭飘雨部位、经常受蒸汽或冷凝水作用的场所(如厨房、浴室、寒冷地区不保暖屋盖等)以及与土壤直接接触的部位等。

2. 表中括号内的限值适用于冷拉 II、III、IV 级钢筋的预应力混凝土构件。

非受力裂缝往往由构件自身应力引起,一般对结构的承载力影响不大,但钢筋锈蚀造成的沿主筋方向的裂缝,意味着钢筋与混凝土之间握裹力降低,直接影响构件的安全性。因此,鉴定标准规定,因钢筋锈蚀产生的沿主筋方向的裂缝,当其裂缝宽度已大于1 mm时,也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;当主筋锈蚀导致构件掉角以及混凝土保护层严重脱落时,不论裂缝宽度大小,应直接评定为 d_u 级。

对于其他非受力裂缝,如温度裂缝或收缩裂缝,鉴定标准也规定,当其宽度超过表1-14规定的弯曲裂缝宽度值的50%,且分析表明已显著影响结构的受力时,视其为不适于继续承载的裂缝,并根据其实际严重程度评定为 c_u 级或 d_u 级。

2. 钢结构构件安全性评级

钢结构构件的安全性评定,是在其承载能力、构造及变形三个检查项目逐个评定的基础上,取最低一个等级作为该构件的安全性等级。

对于冷弯薄壁型钢结构、轻钢结构和钢桩,以及处于有腐蚀性介质的工业区或高湿、临海地区的钢结构,由于钢材锈蚀发展很快,以致在很短的时间内便会危及结构构件的承载安全,尤其是冷弯薄壁型钢结构和轻钢结构,自身截面尺寸小,对锈蚀十分敏感,因此增加锈蚀作为一个检查项目,使锈蚀不仅列为钢结构使用性鉴定的检查项目,同时也成为安全性鉴定的检查项目。

(1) 承载能力评定

钢结构构件(含连接)安全性的承载能力评定,是在对构件的抗力 R 和作用效应 S 按现行规范进行计算的基础上,考虑结构重要性系数 γ_0 ,按表1-15的规定,分别评定每一验算项目的等级,然后取其中最低一级作为构件承载能力的安全性等级。

表1-15 钢结构构件(含连接)承载能力评级标准

构件类别	$R/\gamma_0 S$			
	a_u 级	b_u 级	c_u 级	d_u 级
主要构件及其连接	≥ 1.0	≥ 0.95	≥ 0.90	< 0.90
一般构件	≥ 1.0	≥ 0.90	≥ 0.85	< 0.85

注:当构件或连接出现脆性断裂或疲劳开裂时,应直接定为 d_u 级。

(2) 构造评定

钢结构构造的正确性与可靠性是其承载能力的重要保证,构造与连接不当将直接危及结构构件的安全。在钢结构的安全事故中,由于构件连接问题引起的破坏,如失稳、应力集中及次应力造成的破坏,均占有较大比例。当钢结构构件的安全性按构造评定时,应按表1-16的规定评级。

表1-16 钢结构构件构造安全性评级标准

检查项目	a_u 级或 b_u 级	c_u 级或 d_u 级
连接构造	连接方式正确,构造符合国家现行设计规范要求,无缺陷,或仅有局部的表面缺陷,工作无异常	连接方式不当,构造有严重缺陷(包括施工遗留缺陷);构造或连接有裂缝或锐角切口;焊缝、铆钉、螺栓有变形、滑移或其他损坏

注:1. 评定结果取 a_u 级或 b_u 级,可根据其实际完好程度确定;评定取 c_u 级或 d_u 级,可根据其实际严重程度确定。

2. 施工遗留的缺陷,对焊缝是指夹渣、气泡、咬边、烧穿、漏焊、未焊透以及焊脚尺寸不足等;对铆钉或螺栓是指漏铆、漏栓、错位、错排及掉头等;其他施工遗留的缺陷可根据实际情况确定。

(3) 位移评定

钢结构构件的位移或变形评定,对于受弯构件是指其挠度、侧向受弯或侧向倾斜等;对于柱子是指其柱顶水平位移或柱身弯曲。受弯构件除桁架外,其挠度或偏差造成的侧向弯曲,应按表 1-17 的规定进行安全性评定。

表 1-17 钢结构受弯构件不适于继续承载的变形评级标准

检查项目	构件类别		c _u 级或 d _u 级	
挠度	主要构件	网架	屋盖(短向)	>L _s /200,且可能继续发展
			楼盖(短向)	>L _s /250,且可能继续发展
	一般构件	主梁、托梁		>L ₀ /300
		其他梁		>L ₀ /180
		檩条等	>L ₀ /120	
侧向弯曲矢高	深梁		>L ₀ /660	
	一般实腹梁		>L ₀ /500	

注:表中 L₀ 为构件计算跨度;L_s 为网架短向计算跨度。

钢桁架,如屋架或托架,其挠度界限值在不同情况下差别较大,进行安全性评定时应验算其承载能力,验算时应考虑位移产生的附加应力的影响。具体地,当实测挠度大于 L₀/400 时,若构件的承载能力验算结果不低于 b_u 级,变形等级可评定为 b_u 级,但宜附加观察使用一段时间的限制,以判别变形是稳定的还是发展的,若变形发展速度突然加大,通常预示结构可能破坏,应评为 c_u 或 d_u 级,并立即采取安全措施。当承载能力验算结果低于 b_u 级时,可根据其实际严重程度定为 c_u 级或 d_u 级。

钢结构柱顶水平侧移的评级,应参照子单元层次中上部承重构件的评级标准,并结合对该位移与整个结构关系的分析进行。具体评级原则同混凝土柱顶水平位移的评级。

对偏差或其他使用原因引起的柱子弯曲,当弯曲矢高大于柱子自由长度的 1/660 时,应在承载能力的验算中考虑其所引起的附加弯矩的影响,承载能力等级不低于 b_u 级的,变形等级可评定为 b_u 级,承载能力等级低于 b_u 级的,可根据其实际严重程度定为 c_u 级或 d_u 级。

(4) 锈蚀评定

若钢结构构件的锈蚀已达到一定深度,则其危害将不单纯是截面削弱,还会造成钢材深处的晶间断裂或穿透,加剧应力集中。因此,当以截面削弱为标志来划分影响继续承载的锈蚀界限时,有必要考虑这种微观结构破坏的影响。当钢结构构件的安全性按不适于继续承载的锈蚀评定时,除应按剩余的完好截面验算承载力外,还应按表 1-18 的规定评级。

表 1-18 钢结构构件不适于继续承载的锈蚀评级标准

等级	评定标准
c _u 级	在结构的主要受力部位,构件截面平均锈蚀深度 Δt 大于 0.05t,但不大于 0.1t
d _u 级	在结构的主要受力部位,构件截面平均锈蚀深度 Δt 大于 0.1t

注:表中 t 为锈蚀部位构件原截面的壁厚,或钢板的板厚。

3. 砌体结构构件安全性评级

砌体结构构件的安全性鉴定,应按承载力、构造、不适于继续承载的位移、裂缝四个检查项