

现行 建筑 结构 规范 条文 说明 大全

(缩印本)

中国建筑工程工业出版社

现行建筑规范条文说明大全

(缩印本)

本社 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现行建筑结构规范条文说明大全 (缩印本) / 中国建筑工业出版社编. — 北京: 中国建筑工业出版社, 2009

ISBN 978-7-112-11201-2

I. 现… II. 中… III. 建筑结构-建筑规范-说明-中国
IV. TU3-65

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 151607 号

责任编辑: 李 阳

责任设计: 赵明霞

**现行建筑结构规范条文说明大全
(缩印本)**

本社 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 103 1/4 字数: 4130 千字

2009 年 10 月第一版 2010 年 4 月第二次印刷

定价: **198.00** 元

ISBN 978-7-112-11201-2

(18485)

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

《现行建筑设计规范大全》、《现行建筑结构规范大全》、《现行建筑施工规范大全》缩印本（以下简称《大全》），自1994年3月出版以来，深受广大建筑设计、结构设计、工程施工人员的欢迎。但是，随着科研、设计、施工、管理实践中客观情况的变化，国家工程建设标准主管部门不断地进行标准规范制订、修订和废止的工作。为了适应这种变化，我社将根据工程建设标准的变更情况，适时地对《大全》缩印本进行调整、补充，以飨读者。

鉴于上述宗旨，我社近期组织编辑力量，全面梳理现行工程建设国家标准和行业标准，参照工程建设标准体系，结合专业特点，并在认真调查研究和广泛征求读者意见的基础上，对设计、结构、施工三本《大全》的2005年修订缩印版进行了调整、补充。新版《大全》重新划分了章节并进行科学排序，更加方便读者检索使用。

《现行建筑设计规范大全》共收录标准规范142本。

《现行建筑结构规范大全》共收录标准规范99本。

《现行建筑施工规范大全》共收录标准规范163本。

为使广大读者更好地理解规范条文，我社同时推出与三本《大全》配套的《条文说明大全》。因早期曾有少量的标准未编写过条文说明，为便于读者对照查阅，《条文说明大全》中仍保留了《大全》的目录，对于没有条文说明的标准，目录中标为“无”。

需要特别说明的是，由于标准规范处在一个动态变化的过程中，而且出版社受出版发行规律的限制，不可能在每次重印时对《大全》进行修订，所以在全面修订前，《大全》中有可能出现某些标准规范没有替换和修订的情况。为使广大读者放心地使用《大全》，我社在网上提供查询服务，读者可登录我社网站查询相关标准规范的制订、全面修订、局部修订等信息。

为不断提高《大全》质量、更加方便查阅，我们期待广大读者在使用新版《大全》后，给予批评、指正，以便我们改进工作。请随时登录我社网站，留下宝贵的意见和建议。

中国建筑工业出版社

2009年8月

欲查询《大全》中规范变更情况，或有意见和建议：
请登录中国建筑工业出版社网站(www.cabp.com.cn)“规范大全园地”。登录方法见封底。

1

通用标准

目 录

1 通用标准

工程结构可靠性设计统一标准 GB 50153—2008	1—1—1
建筑结构可靠度设计统一标准 GB 50068—2001	1—2—1
建筑结构设计术语和符号标准 GB/T 50083—97	1—3—1
建筑模数协调统一标准 GBJ 2—86	1—4—1
房屋建筑制图统一标准 GB/T 50001—2001	1—5—1
建筑结构制图标准 GB/T 50105—2001	1—6—1
建筑结构荷载规范（2006 年版）GB 50009—2001	1—7—1

2 砌体和钢木结构

砌体结构设计规范 GB 50003—2001	2—1—1
混凝土小型空心砌块建筑技术规程 JGJ/T 14—2004	2—2—1
多孔砖砌体结构技术规范（2002 年版）JGJ 137—2001	2—3—1
蒸压加气混凝土建筑应用技术规程 JGJ/T 17—2008	2—4—1
钢结构设计规范 GB 50017—2003	2—5—1
高层民用建筑钢结构技术规程 JGJ 99—98	2—6—1
冷弯薄壁型钢结构技术规范 GB 50018—2002	2—7—1
网架结构设计与施工规程 JGJ 7—91	2—8—1
网壳结构技术规程 JGJ 61—2003	2—9—1
铝合金结构设计规范 GB 50429—2007	2—10—1
木结构设计规范（2005 年版）GB 50005—2003	2—11—1
木骨架组合墙体技术规范 GB/T 50361—2005	2—12—1

3 混凝土结构

混凝土结构设计规范 GB 50010—2002	3—1—1
高层建筑混凝土结构技术规程 JGJ 3—2002	3—2—1
混凝土结构耐久性设计规范 GB/T 50476—2008	3—3—1
钢筋混凝土升板结构技术规范 GBJ 130—90（无）	3—4—1
装配式大板居住建筑设计和施工规程 JGJ 1—91（无）	3—5—1
轻骨料混凝土结构技术规范 JGJ 12—2006	3—6—1
冷拔钢丝预应力混凝土构件设计与施工规程 JGJ 19—92	3—7—1

无粘结预应力混凝土结构技术规程 JGJ 92—2004	3—8—1
冷轧带肋钢筋混凝土结构技术规程 JGJ 95—2003	3—9—1
冷轧扭钢筋混凝土构件技术规程 JGJ 115—2006	3—10—1
钢筋焊接网混凝土结构技术规程 JGJ 114—2003	3—11—1
混凝土结构后锚固技术规程 JGJ 145—2004	3—12—1
混凝土异形柱结构技术规程 JGJ 149—2006	3—13—1

4 特种结构和混合结构

高耸结构设计规范 GB 50135—2006	4—1—1
烟囱设计规范 GB 50051—2002	4—2—1
混凝土电视塔结构技术规范 GB 50342—2003	4—3—1
钢筋混凝土筒仓设计规范 GB 50077—2003	4—4—1
架空索道工程技术规范 GB 50127—2007	4—5—1
钢筋混凝土薄壳结构设计规程 JGJ/T 22—98	4—6—1
型钢混凝土组合结构技术规程 JGJ 138—2001	4—7—1

5 地 基 基 础

岩土工程基本术语标准 GB/T 50279—98	5—1—1
岩土工程勘察规范（2009 年版）GB 50021—2001	5—2—1
高层建筑岩土工程勘察规程 JGJ 72—2004	5—3—1
软土地区工程地质勘察规范 JGJ 83—91（无）	5—4—1
冻土工程地质勘察规范 GB 50324—2001	5—5—1
土工试验方法标准 GB/T 50123—1999	5—6—1
工程岩体试验方法标准 GB/T 50266—99	5—7—1
建筑地基基础设计规范 GB 50007—2002	5—8—1
动力机器基础设计规范 GB 50040—1996	5—9—1
建筑桩基技术规范 JGJ 94—2008	5—10—1
载体桩设计规程 JGJ 135—2007	5—11—1
高层建筑箱形与筏形基础技术规范 JGJ 6—99	5—12—1
三岔双向挤扩灌注桩设计规程 JGJ 171—2009	5—13—1
建筑基坑支护技术规程 JGJ 120—99	5—14—1
建筑地基处理技术规范 JGJ 79—2002	5—15—1
建筑边坡工程技术规范 GB 50330—2002	5—16—1
膨胀土地区建筑技术规范 GBJ 112—87	5—17—1
湿陷性黄土地区建筑规范 GB 50025—2004	5—18—1
湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程 JGJ 167—2009	5—19—1
冻土地区建筑地基基础设计规范 JGJ 118—98	5—20—1

6 建筑抗震

工程抗震术语标准 JGJ/T 97—95	6—1—1
建筑抗震试验方法规程 JGJ 101—96	6—2—1
建筑工程抗震设防分类标准 GB 50223—2008	6—3—1
建筑抗震设计规范 (2008 年版) GB 50011—2001	6—4—1
构筑物抗震设计规范 GB 50191—93	6—5—1
核电厂抗震设计规范 GB 50267—97	6—6—1
室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范 GB 50032—2003	6—7—1
预应力混凝土结构抗震设计规程 JGJ 140—2004	6—8—1
镇 (乡) 村建筑抗震技术规程 JGJ 161—2008	6—9—1
隔振设计规范 GB 50463—2008	6—10—1
多层厂房楼盖抗微振设计规范 GB 50190—93	6—11—1
古建筑防工业振动技术规范 GB/T 50452—2008	6—12—1

7 检测鉴定和加固

砌体基本力学性能实验方法标准 GBJ 129—90 (无)	7—1—1
木结构试验方法标准 GB/T 50329—2002	7—2—1
混凝土结构试验方法标准 GB 50152—92 (无)	7—3—1
回弹法检测混凝土抗压强度技术规程 JGJ/T 23—2001	7—4—1
贯入法检测砌筑砂浆抗压强度技术规程 JGJ/T 136—2001	7—5—1
混凝土中钢筋检测技术规程 JGJ/T 152—2008	7—6—1
建筑变形测量规范 JGJ 8—2007	7—7—1
建筑基桩检测技术规范 JGJ 106—2003	7—8—1
地基动力特性测试规范 GB/T 50269—97	7—9—1
建筑结构检测技术标准 GB/T 50344—2004	7—10—1
砌体工程现场检测技术标准 GB/T 50315—2000	7—11—1
危险房屋鉴定标准 (2004 年版) JGJ 125—99	7—12—1
建筑抗震鉴定标准 GB 50023—2009	7—13—1
民用建筑可靠性鉴定标准 GB 50292—1999	7—14—1
工业建筑可靠性鉴定标准 GB 50144—2008	7—15—1
工业构筑物抗震鉴定标准 GBJ 117—88 (无)	7—16—1
建筑抗震加固技术规程 JGJ 116—2009	7—17—1
混凝土结构加固设计规范 GB 50367—2006	7—18—1
既有建筑地基基础加固技术规范 JGJ 123—2000	7—19—1
古建筑木结构维护与加固技术规范 GB 50165—1992 (无)	7—20—1

8 其 他

(给水排水·人防·幕墙·屋面)

给水排水工程构筑物结构设计规范 GB 50069—2002	8—1—1
给水排水工程管道结构设计规范 GB 50332—2002	8—2—1
人民防空地下室设计规范 GB 50038—2005	8—3—1
玻璃幕墙工程技术规范 JGJ 102—2003	8—4—1
金属与石材幕墙工程技术规范 JCJ 133—2001	8—5—1
屋面工程技术规范 GB 50345—2004	8—6—1
V形折板屋盖设计与施工规程 JGJ/T 21—93	8—7—1
种植屋面工程技术规程 JGJ 155—2007	8—8—1

中华人民共和国国家标准

工程结构可靠性设计统一标准

GB 50153—2008

条 文 说 明

目次

1 总则	1—1—3	A.3 公路桥涵结构的专门规定	1—1—14
2 术语、符号	1—1—4	A.4 港口工程结构的专门规定	1—1—15
2.1 术语	1—1—4	附录 B 质量管理	1—1—16
3 基本规定	1—1—5	B.1 质量控制要求	1—1—16
3.1 基本要求	1—1—5	B.2 设计审查及施工检查	1—1—17
3.2 安全等级和可靠度	1—1—6	附录 C 作用举例及可变作用代表	
3.3 设计使用年限和耐久性	1—1—6	值的确定原则	1—1—17
3.4 可靠性管理	1—1—6	C.1 作用举例	1—1—17
4 极限状态设计原则	1—1—6	C.2 可变作用代表值的确定	
4.1 极限状态	1—1—6	原则	1—1—17
4.2 设计状况	1—1—6	附录 D 试验辅助设计	1—1—18
4.3 极限状态设计	1—1—7	D.3 单项性能指标设计值的统	
5 结构上的作用和环境影响	1—1—7	计评估	1—1—18
5.1 一般规定	1—1—7	附录 E 结构可靠度分析基础和可	
5.2 结构上的作用	1—1—7	靠度设计方法	1—1—19
5.3 环境影响	1—1—9	E.1 一般规定	1—1—19
6 材料和岩土的性能及几何		E.2 结构可靠指标计算	1—1—19
参数	1—1—9	E.3 结构可靠度校准	1—1—20
6.1 材料和岩土的性能	1—1—9	E.4 基于可靠指标的设计	1—1—20
6.2 几何参数	1—1—10	E.5 分项系数的确定方法	1—1—21
7 结构分析和试验辅助设计	1—1—10	E.6 组合值系数的确定方法	1—1—21
7.1 一般规定	1—1—10	附录 F 结构疲劳可靠性验算	
7.2 结构模型	1—1—10	方法	1—1—21
7.3 作用模型	1—1—10	F.1 一般规定	1—1—21
7.4 分析方法	1—1—10	F.2 疲劳作用	1—1—21
7.5 试验辅助设计	1—1—11	F.3 疲劳抗力	1—1—22
8 分项系数设计方法	1—1—11	F.4 疲劳可靠性验算方法	1—1—22
8.1 一般规定	1—1—11	附录 G 既有结构的可靠性评定	1—1—22
8.2 承载能力极限状态	1—1—11	G.1 一般规定	1—1—22
8.3 正常使用极限状态	1—1—13	G.2 安全性评定	1—1—23
附录 A 各类工程结构的专门		G.3 适用性评定	1—1—23
规定	1—1—13	G.4 耐久性评定	1—1—24
A.1 房屋建筑结构的专门规定	1—1—13	G.5 抗灾害能力评定	1—1—24
A.2 铁路桥涵结构的专门规定	1—1—14		

1 总 则

1.0.1 本标准是我国工程建设领域的一本重要的基础性国家标准,是制定我国工程建设其他相关标准的基础。本标准对包括房屋建筑、铁路、公路、港口、水利水电在内的各类工程结构设计的基本原则、基本要求和基本方法做出了统一规定,其目的是使设计建造的各类工程结构能够满足确保人的生命和财产安全并符合国家的技术经济政策的要求。

近年来,“可持续发展”越来越成为各类工程结构发展的主题,在最新的国际标准草案《房屋建筑的可持续性——总原则》ISO/DIS 15392 (Sustainability in building construction—General principles) 中还对可持续发展(sustainable development)给出了如下定义:“这种发展满足当代人的需要而不损害后代人满足其需要的能力”。有鉴于此,本次修订中增加了“使结构符合可持续发展的要求”。

对于工程结构而言,可持续发展需要考虑经济、环境和社会三个方面的内容:

一、经济方面

应尽量减少从工程的规划、设计、建造、使用、维修直至拆除等各阶段费用的总和,而不是单纯从某一阶段的费用进行衡量。以墙体为例,如仅着眼于降低建造费用而使墙体的保暖性不够,则在使用阶段的采暖费用必然增加,就不符合可持续发展的要求。

二、环境方面

要做到减少原材料和能源的消耗,减少污染。建筑工程对环境的冲击性很大。以工程结构中大量采用的钢筋混凝土为例,减少对环境冲击的方法有提高水泥、混凝土、钢材的性能和强度,淘汰低性能和强度的材料;提高钢筋混凝土的耐久性;利用粉煤灰等作为水泥的部分替代用品(生产水泥时会大量产生二氧化碳),利用混凝土碎块作为骨料的部分替代用品等。

三、社会方面

要保护使用者的健康和舒适,保护建筑工程的文化价值。可持续发展的最终目标还是发展,工程结构的性能、功能必须好,能满足使用者日益提高的要求。

为了提高可持续性的应用水平,国际上正在做出努力,例如,国际标准化组织正在编制的国际标准或技术规程有《房屋建筑的可持续性——总原则》ISO 15392、《房屋建筑的可持续性——建筑工程环境性能评估方法框架》ISO/TS 21931 (Sustainability in building construction—Framework for methods of assessment for environmental performance of construction work) 等。

我国需要制定标准、规范,以大力推行可持续发展的房屋及土木工程。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围。本标准作为

我国工程结构领域的一本基础标准,所规定的基本原则、基本要求和基本方法适用于整个结构、组成结构的构件及地基基础的设计;适用于结构的施工阶段和使用阶段;也适用于既有结构的可靠性评定。

1.0.3 我国在工程结构设计领域积极推广并已得到广泛采用的是以概率理论为基础、以分项系数表达的极限状态设计方法,但这并不意味着要排斥其他有效的结构设计方法,采用什么样的结构设计方法,应根据实际条件确定。概率极限状态设计方法需要以大量的统计数据为基础,当不具备这一条件时,工程结构设计可根据可靠的工程经验或通过必要的试验研究进行,也可继续按传统模式采用容许应力或单一安全系数等经验方法进行。

荷载对结构的影响除了其量值大小外,荷载的离散性对结构的影响也相当大,因而不同的荷载采用不同的分项系数,如永久荷载分项系数较小,风荷载分项系数较大;另一方面,荷载对地基的影响除了其量值大小外,荷载的持续性对地基的影响也很大。例如对一般的房屋建筑,在整个使用期间,结构自重始终持续作用,因而对地基的变形影响大,而风荷载标准值的取值为平均 50 年一遇值,因而对地基承载力和变形影响均相对较小,有风组合下的地基容许承载力应该比无风组合下的地基容许承载力大。

基础设计时,如用容许应力方法确定基础底面积,用极限状态方法确定基础厚度及配筋,虽然在基础设计上用了两种方法,但实际上也是可行的。

除上述两种设计方法外,还有单一安全系数方法,如在地基稳定性验算中,要求抗滑力矩与滑动力矩之比大于安全系数 K 。

钢筋混凝土挡土墙设计是三种设计方法有可能同时应用的一个例子:挡土墙的结构设计采用极限状态法,稳定性(抗倾覆稳定性、抗滑移稳定性)验算采用单一安全系数法,地基承载力计算采用容许应力法。如对结构和地基采用相同的荷载组合和相同的荷载系数,表面上是统一了设计方法,实际上是不正确的。

设计方法虽有上述三种可用,但结构设计仍应采用极限状态法,有条件时采用以概率理论为基础的极限状态法。欧洲规范为极限状态设计方法用于土工设计,使极限状态方法在工程结构设计中得以全面实施,已经做出努力,在欧洲规范 7《土工设计》(Eurocode 7 Geotechnical design)中,专门列出了土工设计状况。在土工设计状况中,各分项系数与持久、短暂设计状况中的分项系数有所不同。本标准因缺乏这方面的研究工作基础,因而未能对土工设计状况做出明确的表述。

1.0.4、1.0.5 本标准是制定各类工程结构设计标准和其他相关标准应遵守的基本准则,它并不能代替各类工程结构设计标准和其他相关标准,如从结构设计

看,本标准主要制定了各类工程结构设计所共同面临的各种基本变量(作用、环境影响、材料性能和几何参数)的取值原则、作用组合的规则、作用组合效应的确定方法等,结构设计中各基本变量的具体取值及在各种受力状态下作用效应和结构抗力具体计算方法应由各类工程结构的设计标准和其他相关标准作出相应规定。

2 术语、符号

本章的术语和符号主要依据国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》GBJ 132—90、国际标准《结构可靠性总原则》ISO 2394:1998和原国家标准《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153—92,并主要参考国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001和欧洲规范《结构设计基础》EN1990:2002等。

2.1 术 语

2.1.2 结构构件

例如,柱、梁、板、基桩等。

2.1.5 设计使用年限

在2000年第279号国务院令颁布的《建设工程质量管理条例》中,规定了基础设施工程、房屋建筑的地基基础工程和主体结构工程的最低保修期限为设计文件规定的该工程的“合理使用年限”;在1998年国际标准《结构可靠性总原则》ISO 2394:1998中,提出了“设计工作年限(design working life)”,其含义与“合理使用年限”相当。

在国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068—2001中,已将“合理使用年限”与“设计工作年限”统一称为“设计使用年限”,本标准首次将这一术语推广到各类工程结构,并规定工程结构在超过设计使用年限后,应进行可靠性评估,根据评估结果,采取相应措施,并重新界定其使用年限。

设计使用年限是设计规定的一个时段,在这一规定时段内,结构只需进行正常的维护而不需进行大修就能按预期目的使用,并完成预定的功能,即工程结构在正常使用和维护下所应达到的使用年限,如达不到这个年限则意味着在设计、施工、使用与维护的某一或某些环节上出现了非正常情况,应查找原因。所谓“正常维护”包括必要的检测、防护及维修。

2.1.6 设计状况

以房屋建筑为例,房屋结构承受家具和正常人员荷载的状况属持久状况;结构施工时承受堆料荷载的状况属短暂状况;结构遭受火灾、爆炸、撞击等作用状况属偶然状况;结构遭受罕遇地震作用状况属地震状况。

2.1.11 荷载布置

荷载布置就是布置荷载的位置、大小和方向。只有自由作用有荷载布置的问题,固定作用不存在这个问题。荷载布置通常被称为图形加载。荷载布置的一个最简单例子,如对一根多跨连续梁,有各跨均加载、每隔一跨加载或相邻二跨加载而其余跨均不加载等荷载布置。

2.1.12 荷载工况

荷载工况就是确定荷载组合和每一种荷载组合下的各种荷载布置。假设某一结构设计共有3种荷载组合,荷载组合①有3种荷载布置,组合②有4种荷载布置,组合③有12种荷载布置,则该结构设计共有19种荷载工况。设计时对每一种荷载工况都要按式(8.2.4-1)或式(8.2.4-2)计算出荷载效应,结构各截面的荷载效应最不利值就是按式(8.2.4-1)或式(8.2.4-2)计算的基本组合的效应设计值。

除有经验、有把握排除对设计不起控制的荷载工况外,对每一种荷载工况均需要进行相应的结构分析。分析的目的是要找到各个截面、各个构件、结构各个部分及整个结构的最不利荷载效应。只要达到这个目的,任何计算过程都是可以的。

当荷载与荷载效应为线性关系时,叠加原理适用,荷载组合可转换为荷载效应叠加,即用式(8.2.4-2)取代式(8.2.4-1),此时,可先对每一种荷载(的每一种布置),计算出其荷载效应,然后按式(8.2.4-2)进行荷载效应叠加。

2.1.18 抗力

例如,承载力、刚度、抗裂度等。

2.1.19 结构的整体稳固性

结构的整体稳固性系指结构在遭遇偶然事件时,仅产生局部的损坏而不致出现与起因不相称的整体性破坏。

2.1.22 可靠度

对于新建结构,“规定的时间”是指设计使用年限。结构的可靠度是对可靠性的定量描述,即结构在规定的时间内,在规定的条件下,完成预定功能的概率。这是从统计数学观点出发的比较科学的定义,因为在各种随机因素的影响下,结构完成预定功能的能力只能用概率来度量。结构可靠度的这一定义,与其他各种从定值观点出发的定义是有本质区别的。

2.1.24 可靠指标 β

对于新建结构,与可靠度相对应的可靠指标 β ,是指设计使用年限的 β 。

2.1.28 统计参数

例如,平均值、标准差、变异系数等。

2.1.30 名义值

例如,根据物理条件或经验确定的值。

2.1.35 作用效应

例如,内力、变形和裂缝等。

2.1.49 设计基准期

原标准中设计基准期,一是用于可靠指标 β ,指设计基准期的 β ,二是用于可变作用的取值。本标准中设计基准期只用于可变作用的取值。

设计基准期是为确定可变作用的取值而规定的标准时段,它不等同于结构的设计使用年限。设计如需采用不同的设计基准期,则必须相应确定在不同的设计基准期内最大作用的概率分布及其统计参数。

2.1.53 可变作用的伴随值

在作用组合中,伴随主导作用的可变作用值。主导作用:在作用的基本组合中为代表值采用标准值的可变作用;在作用的偶然组合中为偶然作用;在作用的地震组合中为地震作用。

2.1.54 作用的代表值

作用的代表值包括作用标准值、组合值、频遇值和准永久值,其量值从大到小的排序依次为:作用标准值>组合值>频遇值>准永久值。这四个值的排序不可颠倒,但个别种类的作用,组合值与频遇值可能取相同值。

2.1.56 作用组合(荷载组合)

原标准《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153—92在术语上都是沿用作用效应组合,在概念上主要强调的是在设计时对不同作用(或荷载)经过合理搭配后,将其在结构上的效应叠加的过程。实际上在结构设计中,当作用与作用效应间为非线性关系时,作用组合时采用简单的线性叠加就不再有效,因此在采用效应叠加时,还必须强调作用与作用效应“可按线性关系考虑”的条件。为此,在不同作用(或荷载)的组合时,不再强调在结构上效应叠加的涵义,而且其组合内容,除考虑它们的合理搭配外,还应包括它们在某种极限状态结构设计表达式中设计值的规定,以保证结构具有必要的可靠度。

2.1.63~2.1.69 一阶线弹性分析~刚性-塑性分析

一阶分析与二阶分析的划分界限在于结构分析时所依据的结构是否已考虑变形。如依据的是初始结构即未变形结构,则是一阶分析;如依据的是已变形结构,则是二阶分析。

事实上结构承受荷载时总是要产生变形的,如变形很小,由结构变形产生的次内力不影响结构的安全性和适用性,则结构分析时可略去变形的影响,根据初始结构的几何形体进行一阶分析,以简化计算工作。

3 基本规定

3.1 基本要求

3.1.1 结构可靠度与结构的使用年限长短有关,本标准所指的结构的可靠度或失效概率,对新建结构,是指设计使用年限的结构可靠度或失效概率,当结构

的使用年限超过设计使用年限后,结构的失效概率可能较设计预期值增大。

3.1.2 在工程结构必须满足的5项功能中,第1、4、5项是对结构安全性的要求,第2项是对结构适用性的要求,第3项是对结构耐久性的要求,三者可概括为对结构可靠性的要求。

所谓足够的耐久性能,系指结构在规定的工作环境中,在预定时期内,其材料性能的劣化不导致结构出现不可接受的失效概率。从工程概念上讲,足够的耐久性能就是指在正常维护条件下结构能够正常使用到规定的设计使用年限。

偶然事件发生时,防止结构出现连续倒塌的设计方法有二类:1 直接设计法;2 间接设计法。

1 直接设计法

对可能承受偶然作用的主要承重构件及其连接予以加强或予以保护,使这些构件能承受荷载规范规定的或业主专门提出的偶然作用值。当技术上难以达到或经济上代价昂贵时,允许偶然事件引发结构局部破坏,但结构应具备荷载第二传递途径以替代原来的传递途径。前者有的称之为关键构件设计法,后者有的称之为荷载替代传递途径法。

直接设计法比通常用的设计方法复杂得多,代价也高。

2 间接设计法

实际上就是增强结构的整体稳固性。结构的整体稳固性是我国规范需要重点解决的问题。以房屋建筑为例,最简易可行的方法是将房屋捆扎牢固,如对钢筋混凝土框架结构,在楼盖和屋盖内部,设置沿柱列纵、横两个方向的系杆,系杆均需要通长设置,并且在楼盖和屋盖周边设置整个周边通长的系杆,将柱与整个结构连系牢固;房屋稍高时,除设置上述水平向系杆外,在柱内设置从基础到屋盖通长的竖直向系杆。系杆设置的具体要求和应遵守相关技术规范的规定。而对钢筋混凝土承重墙结构,将承重墙与楼盖、屋盖连系牢固,组成“细胞状”结构。结构的延性、体系的连续性,都是设计时应予以注意的。

间接设计法的优点是易于实施,虽然这种方法不是建立在偶然作用下对结构详细分析的基础上,但是混凝土结构中连续的系杆和钢结构中加强的连接,可以使结构在偶然作用下发挥出高于其原有的承载力。虽然水平的系杆不能有效承受竖向荷载,但是原来由受损害部分承受的荷载有可能重分配至未受损害部分。

由于连续倒塌的风险对大多数建筑物而言是低的,因而可以根据结构的重要性采取不同的对策以防止出现结构的连续倒塌;

对于次要的结构,可不考虑结构的连续倒塌问题;

对于一般的结构,宜采用间接设计法;

对于重要的结构,应采用间接设计法,当业主要求时,可采用直接设计法;

对于特别重要的结构,应采用直接设计法。

3.1.3、3.1.4 为满足对结构的基本要求,使结构避免或减少可能的损坏,宜采取的若干主要措施。

3.2 安全等级和可靠度

3.2.1 本条为强制性条文。在本标准中,按工程结构破坏后果的严重性统一划分为三个安全等级,其中,大量的一般结构宜列入中间等级;重要的结构应提高一级;次要的结构可降低一级。至于重要结构与次要结构的划分,则应根据工程结构的破坏后果,即危及人的生命、造成经济损失、对社会或环境产生影响等的严重程度确定。

3.2.2 同一工程结构内的各种结构构件宜与结构采用相同的安全等级,但允许对部分结构构件根据其重要程度和综合经济效果进行适当调整。如提高某一结构构件的安全等级所需额外费用很少,又能减轻整个结构的破坏从而大大减少人员伤亡和财物损失,则可将该结构构件的安全等级比整个结构的安全等级提高一级;相反,如某一结构构件的破坏并不影响整个结构或其他结构构件,则可将其安全等级降低一级。

3.2.4、3.2.5 可靠指标 β 的功能主要有两个:其一,是度量结构构件可靠性大小的尺度,对有充分的统计数据的结构构件,其可靠性大小可通过可靠指标 β 度量与比较;其二,目标可靠指标是分项系数法所采用的各分项系数取值的基本依据,为此,不同安全等级和失效模式的可靠指标宜适当拉开档次,参照国内外对规定可靠指标的分级,规定安全等级每相差一级,可靠指标取值宜相差 0.5。

3.3 设计使用年限和耐久性

3.3.1 本条为强制性条文。设计文件中需要标明结构的设计使用年限,而无需标明结构的设计基准期、耐久年限、寿命等。

3.3.2 随着我国市场经济的发展,迫切要求明确各类工程结构的设计使用年限。根据我国实际情况,并借鉴有关的国际标准,附录 A 对各类工程结构的设计使用年限分别作出了规定。国际标准《结构可靠性总原则》ISO 2394:1998 和欧洲规范《结构设计基础》EN 1990:2002 也给出了各类结构的设计使用年限的示例。表 1 是欧洲规范《结构设计基础》EN 1990:2002 给出的结构设计使用年限类别的示例:

表 1 设计使用年限类别示例

类别	设计使用年限 (年)	示 例
1	10	临时性结构
2	10~25	可替换的结构构件

续表 1

类别	设计使用年限 (年)	示 例
3	15~30	农业和类似结构
4	50	房屋结构和其他普通结构
5	100	标志性建筑的结构、桥梁和其他土木工程结构

3.4 可靠性管理

3.4.1~3.4.6 结构达到规定的可靠度水平是有条件的,结构可靠度是在“正常设计、正常施工、正常使用”条件下结构完成预定功能的概率,本节是从实际出发,对“三个正常”的要求作出了具有可操作性的规定。

4 极限状态设计原则

4.1 极 限 状 态

4.1.1 承载能力极限状态可理解为结构或结构构件发挥允许的最大承载能力的状态。结构构件由于塑性变形而使其几何形状发生显著改变,虽未达到最大承载能力,但已彻底不能使用,也属于达到这种极限状态。

疲劳破坏是在使用中由于荷载多次重复作用而达到的承载能力极限状态。

正常使用极限状态可理解为结构或结构构件达到使用功能上允许的某个限值的状态。例如,某些构件必须控制变形、裂缝才能满足使用要求。因过大的变形会造成如房屋内粉刷层剥落、填充墙和隔断墙开裂及屋面积水等后果;过大的裂缝会影响结构的耐久性;过大的变形、裂缝也会造成用户心理上的不安全感。

4.2 设计 状 况

4.2.1 原标准规定结构设计时应考虑持久设计状况、短暂设计状况和偶然设计状况等三种设计状况,本次修订中增加了地震设计状况。这主要由于地震作用具有与火灾、爆炸、撞击或局部破坏等偶然作用不同的特点:首先,我国很多地区处于地震设防区,需要进行抗震设计且很多结构是由抗震设计控制的;其二,地震作用是能够统计并有统计资料的,可以根据地震的重现期确定地震作用,因此,本次修订借鉴了欧洲规范《结构设计基础》EN 1990:2002 的规定,在原有三种设计状况的基础上,增加了地震设计状况。结构设计应分别考虑持久设计状况、短暂设计状况、偶然设计状况,对处于地震设防区的结构尚应考虑地震设计状况。

4.3 极限状态设计

4.3.1 当考虑偶然事件产生的作用时,主要承重结构可仅按承载能力极限状态进行设计,此时采用的结构可靠指标可适当降低。

4.3.2~4.3.4 工程结构按极限状态设计时,对不同的设计状况应采用相应的作用组合,在每一种作用组合中还必须选取其中的最不利组合进行有关的极限状态设计。设计时应针对各种有关的极限状态进行必要的计算或验算,当有实际工程经验时,也可采用构造措施来代替验算。

4.3.5 基本变量是指极限状态方程中所包含的影响结构可靠度的各种物理量。它包括:引起结构作用效应 S (内力等)的各种作用,如恒荷载、活荷载、地震、温度变化等;构成结构抗力 R (强度等)的各种因素,如材料性能、几何参数等。分析结构可靠度时,也可将作用效应或结构抗力作为综合的基本变量考虑。基本变量一般可认为是相互独立的随机变量。

极限状态方程是当结构处于极限状态时各有关基本变量的关系式。当结构设计问题中仅包含两个基本变量时,在以基本变量为坐标的平面上,极限状态方程为直线(线性问题)或曲线(非线性问题);当结构设计问题中包含多个基本变量时,在以基本变量为坐标的空间中,极限状态方程为平面(线性问题)或曲面(非线性问题)。

4.3.6、4.3.7 为了合理地统一我国各类材料结构设计规范的结构可靠度和极限状态设计原则,促进结构设计理论的发展,本标准采用了以概率理论为基础的极限状态设计方法。

以往采用的半概率极限状态设计方法,仅在荷载和材料强度的设计取值上分别考虑了各自的统计变异性,没有对结构构件的可靠度给出科学的定量描述。这种方法常常使人误认为只要设计中采用了某一给定的安全系数,结构就能百分之百的可靠,将设计安全系数与结构可靠度简单地等同了起来。而以概率理论为基础的极限状态设计方法则是以结构失效概率来定义结构可靠度,并以与结构失效概率相对应的可靠指标 β 来度量结构可靠度,从而能较好地反映结构可靠度的实质,使设计概念更为科学和明确。

5 结构上的作用和环境影响

5.1 一般规定

5.1.1 本章内容是对结构上的外界因素进行系统的分类和规定。外界因素包括在结构上可能出现的各种作用和环境影响,其中最主要的是各种作用,就作用形态的不同,还可分为直接作用和间接作用,前者是指施加在结构上的集中力或分布力,习惯上常称为荷

载;不以力的形式出现在结构上的作用,归类为间接作用,它们都是引起结构外加变形和约束变形的原因,例如地面运动、基础沉降、材料收缩、温度变化等。无论是直接作用还是间接作用,都将使结构产生作用效应,诸如应力、内力、变形、裂缝等。

环境影响与作用不同,它是指能使结构材料随时间逐渐恶化的外界因素,随影响性质的不同,它们可以是机械的、物理的、化学的或生物的,与作用一样,它们也要影响到结构的安全性和适用性。

5.2 结构上的作用

5.2.1 结构上的大部分作用,例如建筑结构的楼面活荷载和风荷载,它们各自出现与否以及出现时量值的大小,在时间和空间上都是互相独立的,这种作用在计算其结构效应和进行组合时,均可按单个作用考虑。某些作用在结构上的出现密切相关且有可能同时以最大值出现,例如桥梁上诸多单独的车辆荷载,可以将它们以车队形式作为单个荷载来考虑。此外,冬季的雪荷载和结构上的季节温度差,它们的最大值有可能同时出现,就不能各自按单个作用考虑它们的组合。

5.2.2 对有可能同时出现的各种作用,应该考虑它们在时间和空间上的相关关系,通过作用组合(荷载组合)来处理对结构效应的影响;对于不可能同时出现的作用,就不应考虑其同时出现的组合。

5.2.3 作用按随时间的变化分类是作用最主要的分类,它直接关系到作用变量概率模型的选择。

永久作用的统计参数与时间基本无关,故可采用随机变量概率模型来描述;永久作用的随机性通常表现在随空间变异上。可变作用的统计参数与时间有关,故宜采用随机过程概率模型来描述;在实用上经常可将随机过程概率模型转化为随机变量概率模型来处理。

作用按不同性质进行分类,是出于结构设计规范化的需要,例如,车辆荷载,按随时间变化的分类属于可变荷载,应考虑它对结构可靠性的影响;按随空间变化的分类属于自由作用,应考虑它在结构上的最不利位置;按结构反应特点的分类属于动态荷载,还应考虑结构的动力响应。

在选择作用的概率模型时,很多典型的概率分布类型的取值往往是无界的,而实际上很多随机作用的量值由于客观条件的限制而具有不能被超越的界限值,例如水坝的最高水位,具有敞开泄压口的内爆炸荷载等。选用这类有界作用的概率分布类型时,应考虑它们的特点,例如可采用截尾的分布类型。

作用的其他分类,例如,当进行结构疲劳验算时,可按作用随时间变化的低周性和高周性分类;当考虑结构徐变效应时,可按作用在结构上持续期的长短分类。

5.2.4~5.2.7 作为基本变量的作用,应尽可能根据它随时间变化的规律,采用随机过程的概率模型来描述,但由于对作用观测数据的局限性,对于不同问题还可给以合理的简化。譬如,在设计基准期内结构上的最不利作用(最大作用或最小作用),原则上也应按随机过程的概率模型,但通过简化,也可采用随机变量的概率模型来描述。

在一个确定的设计基准期 T 内,对荷载随机过程作一次连续观测(例如对某地的风压连续观测 30~50 年),所获得的依赖于观测时间的数据就称为随机过程的一个样本函数。每个随机过程都是由大量的样本函数构成的。

荷载随机过程的样本函数是十分复杂的,它随荷载的种类不同而异。目前对各类荷载随机过程的样本函数及其性质了解甚少。对于常见的活荷载、风荷载、雪荷载等,为了简化起见,采用了平稳二项随机过程概率模型,即将它们的样本函数统一模型化为等时段矩形波函数,矩形波幅值的变化规律采用荷载随机过程 $\{Q(t), t \in [0, T]\}$ 中任意时点荷载的概率分布函数 $F_Q(x) = P\{Q(t_0) \leq x, t_0 \in [0, T]\}$ 来描述。

对于永久荷载,其值在设计基准期内基本不变,从而随机过程就转化为与时间无关的随机变量 $\{G(t) = G, t \in [0, T]\}$,所以样本函数的图像是平行于时间轴的一条直线。此时,荷载一次出现的持续时间 $\tau = T$,在设计基准期内的时段数 $r = \frac{T}{\tau} = 1$,而且在一时段内出现的概率 $p = 1$ 。

对于可变荷载(活荷载及风、雪荷载等),其样本函数的共同特点是荷载一次出现的持续时间 $\tau < T$,在设计基准期内的时段数 $r > 1$,且在 T 内至少出现一次,所以平均出现次数 $m = pr \geq 1$ 。不同的可变荷载,其统计参数 τ 、 p 以及任意时点荷载的概率分布函数 $F_Q(x)$ 都是不同的。

对于活荷载及风、雪荷载随机过程的样本函数采用这种统一的模型,为推导设计基准期最大荷载的概率分布函数和计算组合的最大荷载效应(综合荷载效应)等带来很多方便。

当采用一次二阶矩极限状态设计法时,必须将荷载随机过程转化为设计基准期最大荷载:

$$Q_T = \max_{0 \leq t \leq T} Q(t)$$

因 T 已规定,故 Q_T 是一个与时间参数 t 无关的随机变量。

各种荷载的概率模型必须通过调查实测,根据所获得的资料和数据进行分析后确定,使之尽可能反映荷载的实际情况,并不要求一律选用平稳二项随机过程这种特定的概率模型。

任意时点荷载的概率分布函数 $F_Q(x)$ 是结构可靠度分析的基础。它应根据实测数据,运用 χ^2 检验或 $K-S$ 检验等方法,选择典型的概率分布如正态、

对数正态、伽马、极值 I 型、极值 II 型、极值 III 型等来拟合,检验的显著性水平可取 0.05。显著性水平是指所假设的概率分布类型为真而经检验被拒绝的最大概率。

荷载的统计参数,如平均值、标准差、变异系数等,应根据实测数据,按数理统计学的参数估计方法确定。当统计资料不足而一时又难以获得时,可根据工程经验经适当的判断确定。

虽然任何作用都具有不同性质的变异性,但在工程设计中,不可能直接引用反映其变异性的各种统计参数并通过复杂的概率运算进行设计。因此,在设计时,除了采用能便于设计者使用的设计表达式外,对作用仍应赋予一个规定的量值,称为作用的代表值。根据设计的要求,可规定不同的代表值,以使能更确切地反映它在设计中的特点。在本标准中参考国际标准对可变作用采用四种代表值:标准值、组合值、频遇值和准永久值,其中标准值是作用的基本代表值,而其他代表值都可在标准值的基础上乘以相应的系数后来表示。

作用标准值是指其在结构设计基准期内可能出现的最大作用值。由于作用本身的随机性,因而设计基准期内的最大作用也是随机变量,尤其是可变作用,原则上都可用它们的统计分布来描述。作用标准值统一由设计基准期最大作用概率分布的某个分位值来确定,设计基准期应该统一规定,譬如为 50 年或 100 年,此外还应对该分位值的百分数作明确规定,这样标准值就可取分布的统计特征值(均值、众值、中值或较高的分位值,譬如 90% 或 95% 的分位值),因此国际上也称标准值为特征值。

对可变作用的标准值,有时可以通过平均重现期的规定来定义,见附录第 C.2.1 条第 3 款。

在实际工程中,有时由于无法对所考虑的作用取得充分的数据,也不得不从实际出发,根据已有的工程实践经验,通过分析判断后,协议一个公称值或名义值作为作用的代表值。

当有两种或两种以上的可变作用在结构上要求同时考虑时,由于所有可变作用同时达到其单独出现时可能达到的最大值的概率极小,因此在结构按承载力极限状态设计时,除主导作用应采用标准值为代表值外,其他伴随作用均应采用主导作用出现时段内的最大量值,即以小于其标准值的组合值为代表值(见附录第 C.2.4 条)。

当结构按正常使用极限状态的要求进行设计时,例如要求控制结构的变形、局部损坏以及振动时,应从不同的要求出发,来选择不同的作用代表值;目前规范提供的除标准值和组合值外,还有频遇值和准永久值。频遇值是代表某个约定条件下不被超越的作用水平,例如在设计基准期内被超越的总时间与设计基准期之比规定为某个较小的比率,或被超越的频率