



执业资格考试丛书

# 二级注册结构工程师 专业考试复习教程

(第三版)

天津大学土木工程系 编

执业资格考试丛书

# 二级注册结构工程师专业考试 复习教程

(第三版)

天津大学土木工程系 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

二级注册结构工程师专业考试复习教程/天津大学土木工程系编. —3版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006  
(执业资格考试丛书)  
ISBN 7-112-08183-1

I. 二... II. 天... III. 建筑结构—工程师—资格  
考核—自学参考资料 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 039562 号

本考试辅导教程以现行标准、规范为基础,在编写委员会多年举办注册结构工程师资格专业考试辅导培训班的经验基础上,对规范进行了重点突出的分析和讲解,并附有典型例题题解和点评,每章后还附有较多的习题和思考题。本书主要由在校多年任教、同时又具有丰富设计经验的专家教授编写,重点突出,针对性强,特别适合作考前复习材料。

本书可作为参加二级注册结构工程师资格专业考试的考前辅导书,也可供结构工程专业技术人员、在校师生参考。

\* \* \*

责任编辑: 咸大庆 王 跃 刘瑞霞

责任设计: 崔兰萍

责任校对: 张景秋 张树梅

执业资格考试丛书  
二级注册结构工程师专业考试复习教程  
(第三版)  
天津大学土木工程系 编

\*

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

北京天成排版公司制版

印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 47 $\frac{3}{4}$  字数: 1157 千字

2006 年 6 月第三版 2006 年 6 月第三次印刷

印数: 13001—000, 000 册 定价: 88.00 元

ISBN 7-112-08183-1

(14137)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

## 编写委员会

主任：顾晓鲁

副主任：郑刚(常务) 姜忻良 王铁成 李砚波

委员：康谷贻 刘锡良 戴自强 李忠献 窦远明 丁阳

王成华 雷华阳 张晋元 谢剑 陈志华 韩庆华

丁红岩 刘津明 陆培毅 梁建文 赵彤 杨建江

秘书：谷岩 周伟毅

总顾问：康谷贻

## 编写人员分工名单

第1章 主编：姜忻良 主审：康谷贻

参编：丁红岩 谷岩

第2章 主编：王铁成 主审：康谷贻

参编：戴自强

第3章 主编：丁阳 主审：刘锡良

参编：陈志华 韩庆华 潘延东

第4章 主编：李砚波 主审：康谷贻

参编：龙均 张晋元

第5章 主编：王成华 主审：顾晓鲁

参编：郑刚 窦远明 雷华阳 刘畅 刘晓立

第6章 主编：张晋元 主审：戴自强

# 前 言

随着我国各方面与国际的接轨，实行个人执业制度在土木工程勘察设计领域成为大势所趋，个人执业制度将极大地发挥广大土木工程技术人员的工作能力和创造力。因此，通过注册土木工程师执业资格考试并取得个人执业资格成为土木工程技术人员关注的一件大事。

自实行注册土木工程师执业资格考试以来，天津大学受天津市建委的委托，连续多年举办了注册土木工程师(结构)执业资格考试辅导培训班，集中了天津大学优秀师资力量，对考生进行考前集中培训与辅导，参加培训过的考生的考试通过率大大高于全国平均水平。因此，近年来，陆续有河北、山东等其他外省市的考生来参加天津大学举办的培训班。经过多年的经验积累，并应广大考生的呼吁，天津大学决定组织多次参加考前培训辅导班授课的教师，并邀请了天津市校外专家，组成编写委员会，将其辅导材料进行系统的总结与完善，编写了《二级注册结构工程师专业考试复习教程》，为广大土木工程技术人员顺利通过考试起到了一定的作用。此次是在第二版教程的基础上进行了修订，对各部分根据新规范作了相应改动，并增加了部分习题。

本书的特点是，参加编写人员多次参加了多个省市举办的考前辅导班的授课，对近年来考题有深入研究，根据参加过辅导班的考生考试情况多次修订与完善授课讲义，在此基础上，结合2006年考试依据的规范，对规范进行了重点突出的分析与讲解，并附有典型例题题解和点评，每章后还附了较多测试题，特别适于考生进行考前复习。

本书的编写过程中得到了多位勘察设计大师的指点与帮助，本书编委会在此表示衷心感谢。

# 目 录

1 总则 .....	1
1.1 结构极限状态设计的基本原理 .....	1
1.1.1 结构的功能要求及其可靠度 .....	1
1.1.2 极限状态 .....	1
1.1.3 可靠度与可靠指标 .....	2
1.1.4 极限状态设计表达式 .....	4
1.2 建筑结构的作用和荷载的分类与组合 .....	5
1.2.1 作用和荷载 .....	5
1.2.2 荷载的代表值 .....	6
1.2.3 荷载效应组合 .....	6
1.2.4 常用荷载 .....	8
1.2.5 地震作用 .....	10
1.3 各种结构的材料性能、试验方法和选用 .....	11
1.3.1 材料性能的含义 .....	11
1.3.2 钢结构的材料性能、试验方法和选用 .....	13
1.3.3 钢筋混凝土结构的材料性能、试验方法和选用 .....	18
1.3.4 木结构的材料性能、试验方法和选用 .....	20
1.3.5 砌体结构的材料性能、试验方法和选用 .....	22
1.4 建筑结构的经济技术 .....	27
1.4.1 建筑工程技术经济分析 .....	27
1.4.2 设计与施工方案技术经济分析概述 .....	27
1.4.3 建筑设计方案技术经济分析 .....	28
1.4.4 施工方案的技术经济分析 .....	30
1.5 建筑结构的基本施工技术 .....	31
1.5.1 土方工程 .....	31
1.5.2 基坑支护工程 .....	31
1.5.3 桩基础工程 .....	32
1.5.4 钢筋混凝土工程 .....	32
1.5.5 预应力钢筋混凝土工程 .....	32
1.5.6 结构安装工程 .....	33
1.5.7 结构工程施工 .....	33
1.5.8 装饰工程 .....	34
1.6 结构防火、防腐蚀、防虫的基本要求 .....	34
1.6.1 防火 .....	34
1.6.2 防腐蚀 .....	37
1.6.3 防虫 .....	37
1.7 防水工程的材料质量要求、施工要求及施工质量标准 .....	37
1.7.1 防水材料的质量要求 .....	38

1.7.2	防水材料的施工要求	40
1.7.3	防水材料施工质量检查	43
	习题与思考题	43
2	钢筋混凝土结构	45
2.1	结构材料的性能和基本设计原则	45
2.1.1	结构材料的物理力学性能	45
2.1.2	结构计算的基本原则	50
2.2	正截面承载力计算	54
2.2.1	受弯构件正截面受弯承载力	54
2.2.2	受压构件正截面受压承载力	63
2.2.3	偏心受压构件正截面承载力	65
2.2.4	受拉构件正截面承载力计算	73
2.3	斜截面受剪承载力计算	85
2.3.1	受弯构件斜截面受剪承载力	85
2.3.2	偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	91
2.3.3	双向受剪承载力计算	92
2.3.4	深受弯构件的斜截面受剪承载力	93
2.4	扭曲截面承载力计算	101
2.4.1	扭转与扭转破坏	101
2.4.2	纯扭构件的扭曲截面承载力	102
2.4.3	弯剪扭构件的扭曲截面承载力	103
2.4.4	轴向压力和弯剪扭共同作用下矩形截面框架柱的承载力计算	106
2.5	冲切、局部受压承载力计算和疲劳验算	110
2.5.1	受冲切承载力	110
2.5.2	局部受压承载力	112
2.5.3	疲劳强度验算	114
2.6	正常使用极限状态的变形和裂缝宽度验算	116
2.6.1	钢筋混凝土结构构件对变形和裂缝控制的要求	116
2.6.2	裂缝宽度计算	117
2.6.3	受弯构件的挠度验算	119
2.6.4	混凝土结构的耐久性	121
2.7	构造设计	126
2.7.1	伸缩缝	126
2.7.2	混凝土保护层	129
2.7.3	钢筋的锚固	130
2.7.4	钢筋的连接	134
2.7.5	纵向钢筋最小配筋率	136
2.7.6	预埋件及吊环	137
2.8	常用结构设计	141
2.8.1	楼盖结构设计	141
2.8.2	框架结构设计	168
2.8.3	排架结构设计	181

2.9	预应力混凝土简介	195
2.9.1	预应力混凝土概念	195
2.9.2	张拉预应力钢筋的方法	195
2.9.3	张拉控制应力及预应力损失	196
2.9.4	超静定结构的预应力次弯矩与次剪力	201
2.9.5	预应力混凝土轴心受拉构件的计算	201
2.9.6	预应力混凝土构件的材料选用与构造要求	205
2.10	钢筋混凝土结构构件的抗震设计	206
2.10.1	一般规定	206
2.10.2	框架结构	210
2.10.3	排架结构	222
2.11	预制构件的制作、检验、运输与安装	225
2.11.1	预制构件的制作	225
2.11.2	预制构件的检验	226
2.11.3	预制构件的运输与堆放	230
2.11.4	预制构件的安装	230
	习题与思考题	232
3	钢结构	243
3.1	钢结构布置原则、构件选型和主要构造措施	243
3.1.1	单层厂房钢结构的布置原则、构件选型和主要构造措施	243
3.1.2	多层钢结构的布置原则、构件选型和主要构造措施	252
3.1.3	高层钢结构的布置原则、构件选型和主要构造措施	253
3.2	受弯构件的计算	257
3.2.1	梁的强度计算	257
3.2.2	梁的整体稳定	260
3.2.3	梁的局部稳定和腹板加劲肋设计	263
3.2.4	考虑腹板屈曲后强度组合梁承载力的计算	269
3.2.5	型钢梁和焊接梁的设计	271
3.3	轴心受力构件和拉弯、压弯构件的计算	277
3.3.1	轴心受拉构件的计算	278
3.3.2	轴心受压构件的计算	279
3.3.3	格构式轴心受压构件的计算	281
3.3.4	轴心受压构件的构造要求	284
3.3.5	拉弯和压弯构件的破坏形式	286
3.3.6	拉弯和压弯构件的强度计算和刚度验算	287
3.3.7	实腹式单向压弯构件的整体稳定计算	288
3.3.8	实腹式压弯构件的局部稳定	289
3.3.9	格构式压弯构件的计算	291
3.3.10	构件的计算长度	292
3.4	钢结构的连接	301
3.4.1	钢结构的连接方法	301
3.4.2	焊缝连接的特性	301

3.4.3	对接焊缝的构造和计算	302
3.4.4	角焊缝的构造和计算	303
3.4.5	普通螺栓连接的构造和计算	307
3.4.6	高强度螺栓连接的构造和计算	310
3.5	钢结构的制作、运输和安装	314
3.5.1	钢结构的制作	314
3.5.2	钢结构的运输和安装	317
3.6	钢结构的防腐和防火	318
3.6.1	钢结构防腐	318
3.6.2	钢结构的防火	320
	习题与思考题	323
4	砌体结构与木结构	334
4.1	砌体的基本力学性能	334
4.1.1	块体材料	334
4.1.2	砂浆	335
4.1.3	选用块体和砂浆的基本原则	336
4.1.4	砌体的种类	336
4.1.5	砌体的抗压强度	338
4.1.6	砌体抗拉、抗弯和抗剪强度	341
4.1.7	砌体强度设计值取用时应注意的问题	342
4.1.8	砌体的变形性能	343
4.2	无筋砌体构件设计计算	344
4.2.1	受压构件的承载力计算	344
4.2.2	砌体局部受压的承载力计算	349
4.2.3	砌体构件的受拉、受弯和受剪承载力计算	351
4.3	配筋砌体构件设计计算	355
4.3.1	网状配筋砖砌体	355
4.3.2	组合砖砌体	357
4.3.3	砖砌体与钢筋混凝土构造柱组合墙的承载力	360
4.3.4	配筋砌块砌体构件	361
4.4	过梁、挑梁、墙梁	365
4.4.1	过梁	365
4.4.2	挑梁	369
4.4.3	墙梁	375
4.5	砌体结构房屋静力计算方法	388
4.5.1	砌体结构房屋静力计算方案	388
4.5.2	单层房屋在竖向荷载和风荷载作用下墙体的计算	392
4.5.3	竖向荷载和风荷载作用下墙体的计算	397
4.6	多层砌体房屋的构造要求	405
4.6.1	总体布置	405
4.6.2	墙、柱的高厚比	406
4.6.3	变形缝	408

4.7	砌体结构的抗震设计与抗震构造措施	409
4.7.1	水平地震作用的计算	409
4.7.2	楼层水平地震剪力在各抗侧力墙体间的分配	411
4.7.3	墙体抗震承载力验算	413
4.7.4	抗震构造措施	415
4.7.5	防止或减轻墙体开裂的构造措施	420
4.8	木结构	426
4.8.1	木材作为结构材料的特性	426
4.8.2	木材的力学性能	427
4.8.3	木结构基本构件的计算	428
4.8.4	木结构构件的连接	434
4.8.5	木屋架	437
4.8.6	施工质量要求	440
	习题与思考题	445
5	地基及基础	451
5.1	岩土工程勘察	451
5.1.1	建筑工程勘察阶段及基本要求	451
5.1.2	岩土工程勘察的方法	451
5.1.3	勘察技术的提出和勘察报告	453
5.2	地基岩土的工程特性及分类	454
5.2.1	土的结构与构造	454
5.2.2	土的组成	454
5.2.3	土的物理性质指标	455
5.2.4	黏性土的状态指标	458
5.2.5	无黏性土的密实度	458
5.2.6	土的压实性	459
5.2.7	土的渗透性	459
5.2.8	地基岩土的分类	459
5.2.9	土的压缩性	460
5.2.10	抗剪强度理论与抗剪强度指标的测定	462
5.3	地基承载力的确定及验算	466
5.3.1	地基承载力的确定	466
5.3.2	地基承载力验算	471
5.4	地基变形验算	475
5.4.1	地基变形特征及其允许值	475
5.4.2	土中自重应力及附加应力	476
5.4.3	地基变形计算方法	477
5.5	边坡工程与挡土墙	485
5.5.1	建筑边坡与挡土墙的类型	485
5.5.2	边坡与挡土墙工程设计原则	485
5.5.3	边坡工程设计与施工	486
5.5.4	边坡稳定性评价	487

5.5.5	滑坡计算与治理 .....	490
5.5.6	挡土墙土压力计算 .....	491
5.5.7	重力式挡土墙设计 .....	493
5.6	基础结构设计 .....	496
5.6.1	无筋扩展基础 .....	497
5.6.2	扩展基础 .....	498
5.6.3	柱下条形基础 .....	503
5.6.4	联合基础 .....	505
5.6.5	筏形与箱形基础 .....	510
5.7	地基处理 .....	523
5.7.1	概述 .....	523
5.7.2	复合地基基本理论 .....	527
5.7.3	换填垫层法 .....	531
5.7.4	预压法 .....	535
5.7.5	强夯法和强夯置换法 .....	541
5.7.6	振冲法 .....	545
5.7.7	砂石桩法 .....	548
5.7.8	水泥粉煤灰碎石桩法 .....	550
5.7.9	夯实水泥土桩法 .....	553
5.7.10	水泥土搅拌法 .....	554
5.7.11	高压喷射注浆法 .....	557
5.7.12	灰土挤密桩法和土挤密桩法 .....	560
5.7.13	石灰桩法 .....	562
5.7.14	柱锤冲扩法 .....	564
5.7.15	单液硅化法和碱液法 .....	565
5.8	桩基础 .....	567
5.8.1	桩基础设计原则 .....	567
5.8.2	桩的分类与选型 .....	570
5.8.3	确定桩数与布桩 .....	572
5.8.4	桩基础竖向承载力 .....	574
5.8.5	桩基础水平承载力 .....	575
5.8.6	桩基础变形计算 .....	579
5.8.7	桩身结构构造设计 .....	581
5.8.8	承台结构构造设计 .....	582
5.9	土体液化 .....	591
5.9.1	土体液化问题 .....	591
5.9.2	土体液化的判别 .....	592
5.9.3	抗液化的工程措施 .....	595
	习题与思考题 .....	597
6	高层建筑结构、高耸结构与横向作用 .....	615
6.1	高层建筑结构设计的一般规定 .....	615
6.1.1	高层建筑的结构特点 .....	615

6.1.2	高层建筑的结构体系与适用范围	616
6.1.3	抗震结构的概念设计	619
6.1.4	高层建筑结构布置原则	620
6.1.5	高层建筑结构的设计要求	624
6.2	结构计算分析原则	631
6.2.1	计算分析方法和模型	631
6.2.2	计算参数	633
6.2.3	计算简图处理	633
6.3	荷载、作用及效应组合	634
6.3.1	竖向荷载	634
6.3.2	风荷载	635
6.3.3	地震作用	638
6.3.4	影响风荷载和地震作用的因素	646
6.3.5	效应组合	646
6.4	框架结构设计	655
6.4.1	结构布置	655
6.4.2	内力与位移计算	656
6.4.3	截面设计与构造	668
6.5	剪力墙结构设计	683
6.5.1	结构布置	683
6.5.2	内力与位移计算	683
6.5.3	截面设计与构造	690
6.6	框架-剪力墙结构设计	700
6.6.1	结构布置	700
6.6.2	内力与位移计算	702
6.6.3	截面设计与构造要求	707
6.7	筒体结构设计	708
6.7.1	筒体结构的特点和一般规定	708
6.7.2	筒体结构的构造要求	710
6.8	高耸结构	712
6.8.1	一般规定	713
6.8.2	高耸结构的荷载与作用	714
6.8.3	水塔结构的设计	717
6.8.4	烟囱结构的设计	724
6.8.5	例题题解	732
	习题与思考题	733
	主要参考文献	749

# 1 总 则

## 1.1 结构极限状态设计的基本原理

结构极限状态设计基本原理的主要内容已反映在《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)(以下简称《统一标准》)内,《统一标准》是制订或修订有关建筑结构各类设计规范或规程的共同准则,是实现采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,是统一各类材料的建筑结构设计的基本原则。

### 1.1.1 结构的功能要求及其可靠度

#### 1.1.1.1 结构的功能要求

建筑结构在规定的设计使用年限内必须满足下列各项功能要求:

- (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发生时及发生后,仍能保持必需的整体稳定性。

上述四项要求是指结构在安全性、适用性和耐久性等方面的要求,也可以说是结构可靠性的要求。

#### 1.1.1.2 结构可靠度

结构可靠度是指结构在规定的时间内,在规定的条件下,完成预定功能的概率。“规定的时间内”是指计算可靠度采用的设计使用年限,即结构或结构构件不需进行大修便可按其预定目的使用的时期,按照《统一标准》第 1.0.5 条采用;“规定的条件”是指正常设计、正常施工和正常使用;“预定功能”是指上述四项功能要求,即安全性、适用性和耐久性等要求,并用概率度量进行定量描述。

结构能够完成预定功能的概率也称为可靠概率  $p_s$ ,相反,结构不能够完成预定功能的概率称为失效概率  $p_f$ ,而与两者具有下列互补关系:

$$p_s + p_f = 1 \quad (1.1-1)$$

因此,结构的可靠性也可采用结构失效概率进行度量。

### 1.1.2 极 限 状 态

#### 1.1.2.1 极限状态的定义和分类

##### 1. 定义

整个构件或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求,此特定状态称为该功能的极限状态。因此,极限状态也可称为临界状态,超过这一界限,则结构进入失效状态。

## 2. 分类

结构极限状态分为下列两类

(1) 承载能力极限状态——指结构或结构构件达到最大承载能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 结构构件或连接因超过材料强度而破坏(包括疲劳破坏)，或因过度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)；
- ⑤ 地基丧失承载能力而破坏(如失稳等)。

(2) 正常使用极限状态——指结构或结构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(如构件的挠度及裂缝)；
- ② 影响正常使用或耐久性能的局部损坏(包括裂缝)；
- ③ 影响正常使用的振动；
- ④ 影响正常使用的其他特定状态(如结构的侧移、基础的沉降及倾斜)。

### 1. 1. 2. 2 极限状态方程及三种状态的标志

#### 1. 极限状态方程

结构的极限状态方程采用式 1. 1-2 描述：

$$Z = g(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0 \quad (1. 1-2)$$

式中  $Z = g(\cdot)$ ——结构功能函数；

$X_i (i=1, 2, \dots, n)$ ——基本变量，指结构上的各种作用和材料性能、几何参数等。

当功能函数仅有作用效应  $S$  和结构抗力  $R$  两个基本变量时，结构的承载能力极限状态应符合下列极限状态方程：

$$Z = R - S \geq 0 \quad (1. 1-3)$$

#### 2. 承载能力状态(图 1. 1-1)

当  $Z > 0$  时， $R > S$ ，结构处于可靠状态；

当  $Z < 0$  时， $R < S$ ，结构处于失效状态；

当  $Z = 0$  时， $R = S$ ，结构处于极限状态(临界状态)。

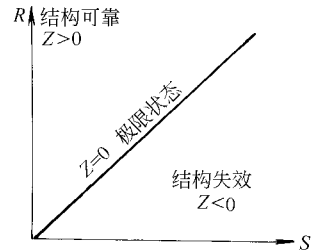


图 1. 1-1 结构的三种状态

### 1. 1. 3 可靠度与可靠指标

实际作用于结构上的作用和材料强度等的分布规律均具有一定的随机性，数值大小不是定值，所以式(1. 1-3)中荷载效应  $S$  和结构抗力  $R$  均为随机变量，结构功能函数  $Z$  则是随机变量的函数，相应地结构可靠性的定量势必要基于概率分析基础上予以确定。

#### 1. 1. 3. 1 失效概率

设结构抗力  $R$  和荷载效应  $S$  均为正态分布的随机变量，则结构功能函数  $Z$  也是正态

分布(图 1.1-2)。图中当  $Z < 0$  时所围成的面积即为失效概率  $p_f$ ，并可用品式 1.1-4 表达：

$$p_f = P(Z = R - S < 0) = \int_{-\infty}^0 f(z) dz \quad (1.1-4)$$

按上式计算失效概率  $p_f$  时，要通过多维积分，数学上比较复杂，因此，《统一标准》采用可靠指标代替失效概率  $p_f$  来具体度量结构可靠性。

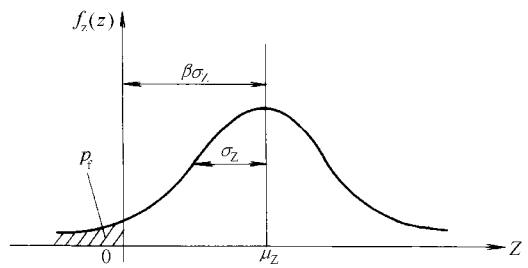


图 1.1-2 失效概率  $p_f$  与可靠指标  $\beta$  之间的关系

### 1.1.3.2 可靠指标

设  $\mu_s$ 、 $\sigma_s$  为结构构件作用效应的平均值和标准差， $\mu_R$ 、 $\sigma_R$  为结构构件抗力的平均值和标准差，则结构功能函数  $Z$  的平均值  $\mu_z$  和标准差  $\sigma_z$  分别为：

$$\mu_z = \mu_R - \mu_s \quad (1.1-5)$$

$$\sigma_z = \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_R^2} \quad (1.1-6)$$

设  $\beta$  是功能函数  $Z$  的平均值  $\mu_z$  与标准差  $\sigma_z$  的比，即

$$\beta = \frac{\mu_z}{\sigma_z} = \frac{\mu_R - \mu_s}{\sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_R^2}} \quad (1.1-7)$$

式中标准差  $\sigma_z$  反映正态分布曲线的离散程度，在几何上表示曲线顶点至曲线反弯点之间的水平距离(图 1.1-2)。

由图 1.1-2 可知，可靠指标与失效概率  $p_f$  在数值上存在对应关系，也具有与  $p_f$  相对应的物理意义， $\beta$  越大， $p_f$  就越小，则结构越可靠。因此， $\beta$  和失效概率一样可作为衡量结构可靠度的指标，称为可靠指标。

对于承载能力极限状态，结构构件规定的可靠指标  $[\beta]$  值应根据结构构件的破坏类型(延性破坏型或脆性破坏型)以及安全等级按表 1.1-1 确定，实际构件的可靠指标  $[\beta]$  值应符合式 1.1-8：

$$\beta \geq [\beta] \quad (1.1-8)$$

结构构件承载能力极限状态的可靠指标  $[\beta]$

表 1.1-1

破坏类型	安全等级		
	一级	二级	三级
延性破坏	3.7	3.2	2.7
脆性破坏	4.2	3.7	3.2

表 1.1-1 中可靠指标  $[\beta]$  值是各类材料结构设计规范应采用的最低  $\beta$  值，而且是针对结构构件而言，其他部分在设计时采用的  $[\beta]$  值，应由各类材料的结构设计规范另作规定。

延性破坏是指结构构件在破坏前有明显的变形或其他预兆；脆性破坏是指结构构件在破坏前无明显变形或其他预兆，因此对于脆性破坏，《统一标准》规定了要具有更高的  $[\beta]$  值。

### 1.1.4 极限状态设计表达式

以结构的失效概率  $p_f$  来定义结构可靠度, 并以与失效概率相对应的可靠指标  $\beta$  来度量结构可靠度, 这一方法称为以概率理论为基础的极限状态设计法。这种方法是考虑结构极限状态方程中基本变量概率分布类型的一次二阶矩极限状态设计法。

概率极限状态设计法一般要已知各种基本变量的统计特性, 然后根据预先规定的可靠指标  $[\beta]$  值, 求出所需的结构构件的抗力平均值和选择截面。实际设计中, 直接根据给定的  $[\beta]$  值进行设计, 目前还难以切实可行, 因此《统一标准》给出了以概率极限状态设计法为基础的实用设计表达式。

#### 1.1.4.1 承载能力极限状态

对于承载能力极限状态, 结构构件应采用荷载效应的基本组合和偶然组合进行设计。

##### 1. 基本组合

(1) 对于基本组合, 应按下列极限状态设计表达式中最不利值确定:

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R(\gamma_R, f_k, \alpha_k, \dots) \quad (1.1-9a)$$

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik}) \leq R(\gamma_R, f_k, \alpha_k, \dots) \quad (1.1-9b)$$

式中  $\gamma_0$ ——结构重要性系数, 按照《统一标准》(GB 50068—2001)第 7.0.3 条采用;  
 $\gamma_G$ ——永久荷载分项系数, 按照《统一标准》(GB 50068—2001)第 7.0.4 条采用;  
 $\gamma_{Q1}$ 、 $\gamma_{Qi}$ ——第 1 个和第  $i$  个可变荷载分项系数, 按照《统一标准》(GB 50068—2001)第 7.0.4 条采用;

$S_{Gk}$ ——永久荷载标准值的效应;

$S_{Q1k}$ ——在基本组合中起控制作用的一个可变荷载标准值的效应;

$S_{Qik}$ ——第  $i$  个可变荷载标准值的效应;

$\psi_{ci}$ ——第  $i$  个可变荷载的组合值系数, 其值不应大于 1;

$\gamma_R$ ——结构构件抗力分项系数;

$f_k$ ——材料性能的标准值;

$\alpha_k$ ——几何参数的标准值。

新规范增加了式(1.1-9b)与式(1.1-9a)同时使用, 可以保证以永久荷载为主的结构构件的可靠指标符合规定值, 式(1.1-9b)对以永久荷载为主的结构起控制作用。

(2) 对于一般排架、框架结构, 可以采用简化的极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 (\gamma_G S_{Gk} + \psi \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} S_{Qik}) \leq R(\gamma_R, f_k, \alpha_k, \dots) \quad (1.1-10)$$

式中  $\psi$ ——简化设计表达式中采用的荷载组合系数, 一般情况下取  $\psi=0.9$ , 当只有一个可变荷载时, 取  $\psi=1.0$ 。

##### 2. 偶然组合

对于偶然组合, 一般只考虑一种偶然作用与其他荷载的组合, 在极限状态设计表达式中, 偶然作用的代表值不乘以分项系数, 与偶然作用同时出现的可变荷载, 应当根据观测资料和工程经验采用适当的代表值。

### 1.1.4.2 正常使用极限状态

对于正常使用极限状态，结构构件应分别采用荷载效应的标准组合、频遇组合和准永久组合进行设计，使变形、裂缝等荷载效应的设计值不超过规定的相应限值。

#### (1) 标准组合

$$S_d = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1.1-11a)$$

#### (2) 频遇组合

$$S_d = S_{Gk} + \psi_{fl} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1.1-11b)$$

#### (3) 准永久组合

$$S_d = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1.1-11c)$$

式中  $\psi_{fl} S_{Q1k}$ ——在频遇组合中起控制作用的一个可变荷载频遇值效应；

$\psi_{qi} S_{Qik}$ ——第  $i$  个可变荷载准永久值效应。

对于正常使用极限状态的结构设计，在考虑短期效应时，根据不同的设计要求，分别采用荷载的标准组合或频遇组合；在考虑长期效应时，可采用准永久组合。频遇组合指永久荷载标准值、主导可变荷载的频遇值与伴随可变荷载的准永久值的效应组合。可变荷载的准永久值系数按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(以下简称《荷载规范》)第 4.1.1 条的规定采用；频遇值系数是按工程经验经判断后给出。

## 1.2 建筑的作用和荷载的分类与组合

### 1.2.1 作用和荷载

#### 1.2.1.1 涵义

施加在结构上的一组集中力或分布力，或引起结构外加变形的原因。均称为结构上的作用。

施加在结构上的集中力或分布力，称为直接作用，即荷载。引起结构外加变形或约束变形的原因，称为间接作用，系指地震、基础沉降、温度变化、焊接等作用。

结构上的各种作用，若在时间上或空间上互相统计独立，则每一种作用可按对结构的单独作用考虑。

#### 1.2.1.2 分类

##### 1. 按随时间的变异分类

(1) 永久作用：在设计基准期内量值不随时间变化的作用，或其变化与平均值相比可忽略不计的作用。例如，结构自重、土压力、预加应力、基础沉降、焊接等。其中，直接作用亦称恒荷载。

(2) 可变作用：在设计基准期内量值随时间变化且其变化与平均值相比不可以忽略的作用。例如，楼面活荷载、风荷载、雪荷载、安装荷载、吊车荷载、温度变化、地震等。其中，直接作用亦称为活荷载。