



2019 执业资格考试丛书

一级注册结构工程师 基础考试应试指南

(第十一版) (下册)

兰定筠 杨利容 主编

●按《钢结构设计标准》GB50017-2017编写

中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

一级注册结构工程师 基础考试应试指南

(第十一版)

(下 册)

兰定筠 杨利容 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

一级注册结构工程师基础考试应试指南/兰定筠等主编. —11版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2019. 1
(执业资格考试丛书)
ISBN 978-7-112-22967-3

I. ①一… II. ①兰… III. ①建筑结构-资格考试-自学参考资料 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 264452 号

本书是依据 2009 年新《考试大纲》的规定和《钢结构设计标准》(GB 50017—2017)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010) (2016 年版) 等编写而成的, 本书全面系统、简明扼要地复习了基础考试大纲要求的考试科目的重点内容, 讲述了如何复习、理解各考试科目的基础理论、新规范, 并准确地应用于考试题目的解答, 阐述了考试题目的详细解答过程、解题规律和计算技巧。全书共二十一章, 第一章至第十九章包括基础考试各科目的考试大纲规定、重点内容、解题指导、应试题解; 第二十章和第二十一章为历年真题和模拟试题、答案与详细解答过程。

本书可供参加一级注册结构工程师基础考试的考生考前复习使用, 也可供高校土建专业学生学习、参考。

* * *

责任编辑: 刘瑞霞 辛海丽
责任校对: 王雪竹

执业资格考试丛书
一级注册结构工程师基础考试应试指南
(第十一版)
兰定筠 杨利容 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 89½ 字数: 2172 千字
2019 年 1 月第十一版 2019 年 1 月第十四次印刷

定价: 230.00 元 (上、下册)

ISBN 978-7-112-22967-3

(33055)

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)

目 录

(上 册)

第一章 高等数学	1
第一节 空间解析几何	1
第二节 微分学	8
第三节 积分学	19
第四节 无穷级数	29
第五节 常微分方程	34
第六节 概率与数理统计.....	37
第七节 线性代数	45
第八节 答案与解答	51
第二章 普通物理	78
第一节 热学	78
第二节 波动学	89
第三节 光学	95
第四节 答案与解答	103
第三章 普通化学	112
第一节 化学反应速率与化学平衡.....	112
第二节 溶液	118
第三节 氧化还原反应与电化学	125
第四节 物质的结构和物质状态	130
第五节 有机化学	136
第六节 答案与解答	140
第四章 理论力学	150
第一节 静力学	150
第二节 运动学	163
第三节 动力学	172
第四节 答案与解答	187
第五章 材料力学	205
第一节 拉伸、压缩、剪切和挤压	205

第二节	扭转和截面几何性质	212
第三节	弯曲	218
第四节	应力状态	231
第五节	组合变形和压杆稳定	237
第六节	答案与解答	244
第六章	流体力学	261
第一节	流体的主要物理性质	261
第二节	流体静力学	263
第三节	流体动力学基础	268
第四节	流动阻力和能量损失	274
第五节	孔口、管嘴和管道流动	279
第六节	明渠恒定流	283
第七节	渗流、相似原理和量纲分析	285
第八节	答案与解答	289
第七章	信号与信息 and 计算机基础	300
第一节	信号与信息	300
第二节	模拟信号	304
第三节	数字信号	311
第四节	计算机系统	319
第五节	信息表示	325
第六节	常用操作系统和计算机网络	329
第七节	答案与解答	339
第八章	电工电子技术	341
第一节	电磁学概念与电路知识	341
第二节	正弦交流电路、变压器和电动机	349
第三节	$R-C$ 和 $R-L$ 电路频率特性	361
第四节	模拟电子技术	365
第五节	数字电子技术	373
第六节	答案与解答	381
第九章	工程经济	396
第一节	资金的时间价值和财务效益与费用估算	396
第二节	财务分析和经济费用效益分析	403
第三节	不确定性分析	415
第四节	方案经济比选	419
第五节	价值工程	423
第六节	答案与解答	426
第十章	土木工程材料	432

第一节	材料科学与物质结构基础知识	432
第二节	无机胶凝材料	439
第三节	混凝土	449
第四节	沥青及改性沥青	462
第五节	建筑钢材	465
第六节	木材	470
第七节	石材和黏土	471
第八节	答案与解答	473
第十一章	结构力学	476
第一节	平面体系的几何组成分析	476
第二节	静定结构受力分析和特性	480
第三节	静定结构位移计算	487
第四节	超静定结构(力法)	495
第五节	超静定结构(位移法)	503
第六节	影响线	514
第七节	结构动力特性及动力反应	519
第八节	答案与解答	523
第十二章	土力学与地基基础	540
第一节	土的物理性质及工程分类	540
第二节	土中应力与地基变形	548
第三节	土的抗剪强度	554
第四节	土压力、地基承载力和边坡稳定	558
第五节	地基勘察、浅基础和深基础	565
第六节	地基处理	584
第七节	计算型选择题	586
第八节	答案与解答	591
第十三章	工程测量	599
第一节	测量基本概念	599
第二节	水准测量	601
第三节	角度测量	605
第四节	距离测量	607
第五节	测量误差基本知识	610
第六节	控制测量	614
第七节	地形图测绘	618
第八节	地形图应用与建筑工程测量	620
第九节	答案与解答	623

(下 册)

第十四章 钢筋混凝土结构	629
第一节 材料性能与基本设计原则	629
第二节 承载能力极限状态计算	643
第三节 正常使用极限状态验算	682
第四节 预应力混凝土	690
第五节 构造要求	709
第六节 梁板结构与单层厂房	714
第七节 多层及高层房屋	731
第八节 抗震设计要点	742
第九节 答案与解答	762
第十五章 钢结构	765
第一节 基本设计规定和材料	765
第二节 轴心受力构件	772
第三节 受弯构件、拉弯和压弯构件	782
第四节 连接	795
第五节 钢屋盖	810
第六节 答案与解答	815
第十六章 砌体结构	822
第一节 材料性能与设计表达式	822
第二节 砌体结构房屋静力计算和构造要求	829
第三节 构件受压承载力计算	840
第四节 砌体结构房屋部件设计	854
第五节 抗震设计要点	867
第六节 答案与解答	880
第十七章 土木工程施工与管理	882
第一节 土石方工程与桩基工程	882
第二节 混凝土工程与预应力混凝土工程	889
第三节 砌体工程与结构吊装工程	900
第四节 施工组织设计、网络计划技术及施工管理	904
第五节 答案与解答	911
第十八章 结构试验	913
第一节 结构试验的试件设计、荷载设计与观测设计	913
第二节 结构试验的加载设备和量测仪器	919
第三节 结构单调加载静力试验	926

第四节	结构低周反复加载试验	930
第五节	结构动力试验	934
第六节	结构试验的非破损检测技术	937
第七节	结构模型试验	942
第八节	答案与解答	945
第十九章	法律法规和职业法规	947
第一节	《建筑法》、《建设工程勘察设计管理条例》和《建设工程质量管理条例》	947
第二节	《安全生产法》和《建设工程安全生产管理条例》	967
第三节	《招标投标法》	981
第四节	《合同法》	989
第五节	《环境保护法》和《节约能源法》	1000
第六节	《行政许可法》	1009
第七节	职业法规	1016
第八节	答案与解答	1023
第二十章	一级注册结构工程师基础考试历年真题和模拟试题	1024
	2010 年真题 (上午卷)	1024
	2011 年真题 (上午卷)	1041
	2012 年真题 (上午卷)	1059
	2013 年真题 (上午卷)	1076
	2014 年真题 (上午卷)	1092
	2016 年真题 (上午卷)	1109
	模拟试题 (一) (上午卷)	1127
	模拟试题 (一) (下午卷)	1142
	模拟试题 (二) (上午卷)	1150
	模拟试题 (二) (下午卷)	1165
	模拟试题 (三) (上午卷)	1172
	模拟试题 (三) (下午卷)	1187
	模拟试题 (四) (上午卷)	1194
	模拟试题 (四) (下午卷)	1209
	模拟试题 (五) (上午卷)	1216
	模拟试题 (五) (下午卷)	1231
	模拟试题 (六) (上午卷)	1238
	模拟试题 (六) (下午卷)	1254
第二十一章	一级注册结构工程师基础考试历年真题和模拟试题答案与解答	1261
	2010 年真题 (上午卷) 答案与解答	1261
	2011 年真题 (上午卷) 答案与解答	1268
	2012 年真题 (上午卷) 答案与解答	1274
	2013 年真题 (上午卷) 答案与解答	1280

2014年真题(上午卷)答案与解答	1292
2016年真题(上午卷)答案与解答	1303
模拟试题(一)(上午卷)答案与解答	1315
模拟试题(一)(下午卷)答案与解答	1325
模拟试题(二)(上午卷)答案与解答	1328
模拟试题(二)(下午卷)答案与解答	1338
模拟试题(三)(上午卷)答案与解答	1341
模拟试题(三)(下午卷)答案与解答	1352
模拟试题(四)(上午卷)答案与解答	1355
模拟试题(四)(下午卷)答案与解答	1366
模拟试题(五)(上午卷)答案与解答	1369
模拟试题(五)(下午卷)答案与解答	1380
模拟试题(六)(上午卷)答案与解答	1383
模拟试题(六)(下午卷)答案与解答	1395
附录一:一级注册结构工程师执业资格考试基础考试大纲	1398
附录二:一级注册结构工程师执业资格考试基础试题配置说明	1408
参考文献	1409
增值服务	1411

第十四章 钢筋混凝土结构

第一节 材料性能与基本设计原则

一、《考试大纲》的规定

材料性能：钢筋、混凝土、粘结。

基本设计原则：结构功能、极限状态及其设计表达式、可靠度。

二、重点内容

1. 钢筋

混凝土结构用的线材有钢筋、钢丝和钢绞线三类。钢筋可分为热轧钢筋、冷加工钢筋、热处理钢筋和预应力螺纹钢筋。钢丝是指直径较细并经过冷加工处理的线材，其按加工方法可分为中强度预应力钢丝和消除应力钢丝。钢绞线是指由多根高强钢丝扭结而成，再经过低温回火消除内应力。根据钢筋的力学性能可分为有明显屈服点和明显流幅的软钢、无明显屈服点和无明显流幅的硬钢。其中，热轧钢筋属于软钢。热处理钢筋及消除应力钢丝则为硬钢。

钢筋性能指标主要是屈服强度、极限强度、伸长率、冷弯试验、钢筋疲劳强度等。

屈服强度，该指标对于软钢是作为标准强度取值的依据；对于硬钢因无明显屈服点，一般常取残余应变为 0.2% 时所对应的应力值作为假定的屈服强度，称为条件屈服强度，用 $\sigma_{0.2}$ 表示。对于热处理钢筋、消除应力钢丝和钢绞线，《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(2015 年版)(以下简称《混规》)统一取 0.85 倍极限抗拉强度作为 $\sigma_{0.2}$ 。

极限强度或抗拉强度，该指标对于硬钢是作为强度标准值取值的依据；对于软钢，对其有一个最低限值的要求。

伸长率，该指标衡量钢筋塑性性能，是钢筋标准试件拉断时的残余应变，用 δ 表示。国内取应变量测标距 L 为 $5d$ 或 $10d$ (d 为钢筋直径)，其相应的伸长率用 δ_5 和 δ_{10} 表示，标距不同其伸长率也不同，标距越短，平均残余变形越大。

总伸长率 δ_{gt} (也称均匀伸长率)，是指钢筋最大力下的总伸长率。 δ_{gt} 不受断口-颈缩区域局部变形的影响，反映了钢筋拉断前达到最大力(极限强度)时的均匀应变。根据我国钢筋标准，将 δ_{gt} 作为控制钢筋延性的指标。《混规》规定，普通钢筋、预应力筋在最大力下的总伸长率 δ_{gt} 不应小于表 14-1-1 规定的数值。

普通钢筋及预应力筋在最大力下的总伸长率限值

表 14-1-1

钢筋品种	普通钢筋			预应力筋
	HPB300	HRB335、HRB400、HRBF400、HRB500、HRBF500	RRB400	
δ_{gt} (%)	10.0	7.5	5.0	3.5

冷弯试验，它是检验钢筋塑性性能的一种方法，也可以检查钢筋的脆性。冷弯试验的

两个主要参数是弯心直径 D 和冷弯角度 α 。对不同强度等级的钢筋，其对应的弯心直径 D 和冷弯角度 α 的规定值是不同的。如 HPB300 级和 HRB335 级钢筋， $\alpha=180^\circ$ ， $D=(1\sim 4)d$ ；对 HRB400 级和 HRB500 级钢筋， $\alpha=90^\circ$ ， $D=(3\sim 6)d$ 。

钢筋疲劳强度，影响钢筋疲劳强度的主要因素为钢筋疲劳应力幅，即 $\sigma_{\max}^f - \sigma_{\min}^f$ ，《混规》中根据钢筋的疲劳强度设计值，给出了考虑疲劳应力比值的钢筋疲劳应力幅限值。

混凝土结构对钢筋性能的要求有：具有足够的强度和适当的屈强比；足够的塑性；可焊性；低温性能；与混凝土要有良好的粘结力。

《混规》对钢筋的选用规定是：纵向受力普通钢筋可采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500、HRB335、RRB400、HPB300 钢筋；梁、柱和斜撑构件的纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋；箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HRB335、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋；预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。此外，HRB335 钢筋的直径范围为 6~14mm。

普通钢筋、预应力筋及横向钢筋的强度设计值，《混规》规定：

4.2.3 普通钢筋的抗拉强度设计值 f_y 、抗压强度设计值 f'_y 应按表 4.2.3-1 采用；预应力筋的抗拉强度设计值 f_{py} 、抗压强度设计值 f'_{py} 应按表 4.2.3-2 采用。

当构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋应采用各自的强度设计值。

对轴心受压构件，当采用 HRB500、HRBF500 钢筋时，钢筋的抗压强度设计值 f'_y 应取 400N/mm^2 。横向钢筋的抗拉强度设计值 f_y 应按表中 f_y 的数值采用；但用作受剪、受扭、受冲切承载力计算时，其数值大于 360N/mm^2 时应取 360N/mm^2 。

普通钢筋强度设计值 (N/mm^2)

表 4.2.3-1

牌 号	抗拉强度设计值 f_y	抗压强度设计值 f'_y
HPB300	270	270
HRB335	300	300
HRB400、HRBF400、RRB400	360	360
HRB500、HRBF500	435	435

预应力筋强度设计值 (N/mm^2)

表 4.2.3-2

种 类	极限强度标准值 f_{ptk}	抗拉强度设计值 f_{py}	抗压强度设计值 f'_{py}
中强度预应力钢丝	800	510	410
	970	650	
	1270	810	
消除应力钢丝	1470	1040	410
	1570	1110	
	1860	1320	
钢绞线	1570	1110	390
	1720	1220	
	1860	1320	
	1960	1390	
预应力螺纹钢筋	980	650	410
	1080	770	
	1230	900	

注：当预应力筋的强度标准值不符合表 4.2.3-2 的规定时，其强度设计值应进行相应的比例换算。

普通钢筋的弹性模量 E_s 可取为：HPB300 的 $E_s = 2.10 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ；HRB335、HRB400、HRBF400、HRB500、HRBF500、RRB400 的 $E_s = 2.00 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 。预应力钢筋的弹性模量 E_s 可取为：消除应力钢丝、中强度预应力钢丝的 $E_s = 2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ ；钢绞线的 $E_s = 1.95 \times 10^5 \text{N/mm}^2$ 。

2. 混凝土

(1) 混凝土的强度

混凝土的强度包括立方体抗压强度、轴心抗压强度、轴心抗拉强度。

立方体抗压强度，《混规》规定混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值 ($f_{cu,k}$) 确定，它指按标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体试件在 28d 龄期或设计规定龄期，用标准方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。试件的养护环境定为温度在 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $\geq 90\%$ ，试验时标准的加荷速度为 $0.15 \sim 0.25 \text{N/mm}^2/\text{s}$ 。当用边长为 200mm 和 100mm 的试块时，所得数值要分别乘以强度换算系数 1.05 和 0.95 加以校正。

《混规》规定，素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15；钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20，当采用强度等级 400MPa 及以上的钢筋时，混凝土强度等级不应低于 C25；承受重复荷载的钢筋混凝土构件，其混凝土强度等级不应低于 C30；预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30。

轴心抗压强度标准值 (f_{ck})，能更好地反映混凝土的实际抗压能力，其试件往往取 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 450\text{mm}$ 、 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 600\text{mm}$ 等尺寸。 f_{ck} 与 $f_{cu,k}$ 的关系表达式：

$$f_{ck} = 0.88\alpha_{c1}\alpha_{c2}f_{cu,k}$$

式中 α_{c1} ——当混凝土强度等级 $\leq \text{C}50$ 时， $\alpha_{c1} = 0.76$ ；当为 C80 时， $\alpha_{c1} = 0.82$ ，中间按线性插入；

α_{c2} ——高强度混凝土脆性折减系数，当混凝土强度等级 $\leq \text{C}40$ 时， $\alpha_{c2} = 1.0$ ；当为 C80 时， $\alpha_{c2} = 0.87$ ，中间按线性插入。

轴心抗拉强度标准值 (f_{tk})，其大小约为 $1/17 \sim 1/8$ 的立方体抗压强度标准值。 f_{tk} 与 $f_{cu,k}$ 的关系表达式为：

$$f_{tk} = 0.88 \times 0.395 f_{cu,k}^{0.55} (1 - 1.645\delta)^{0.45} \times \alpha_{c2}$$

其中 δ 为变异系数。

混凝土的轴心抗压、抗拉强度标准值及设计值，《混规》规定：

4.1.3 混凝土轴心抗压强度的标准值 f_{ck} 应按表 4.1.3-1 采用；轴心抗拉强度的标准值 f_{tk} 应按表 4.1.3-2 采用。

混凝土轴心抗压强度标准值 (N/mm^2)

表 4.1.3-1

强度	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{ck}	10.0	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2

混凝土轴心抗拉强度标准值 (N/mm^2)

表 4.1.3-2

强度	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{tk}	1.27	1.54	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11

4.1.4 混凝土轴心抗压强度的设计值 f_c 应按表 4.1.4-1 采用；轴心抗拉强度的设计值 f_t 应按表 4.1.4-2 采用。

混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm^2)

表 4.1.4-1

强度	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_c	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9

混凝土轴心抗拉强度设计值 (N/mm^2)

表 4.1.4-2

强度	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_t	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

此外，混凝土的剪切变形模量 G_c 可按相应的弹性模量值 E_c 的 40% 采用。混凝土的泊松比 ν_c 可按 0.2 采用。

(2) 复合受力状态的混凝土强度

双向受力混凝土试件的试验结果，可知：当双向受压时，两个方向的抗压强度比单轴受压时有所提高，最大的抗压强度发生在两个方向的压应力比约为 0.5~2.0 之间时；当一个方向受压，另一个方向受拉时，其抗压或抗拉强度都比单轴抗压或抗拉时的强度低，当双向受拉时，其抗拉强度与单轴受拉时无明显差别。

受平面法向应力和剪应力的试验结果，可知：混凝土的抗压、抗拉强度都将有所降低。当压应力 $\sigma \leq 0.6f_{ck}$ 时，其抗剪强度将随 σ 的增大而提高；但 $\sigma > 0.6f_{ck}$ 时，其抗剪强度将随 σ 的加大而下降； σ 趋近于 f_{ck} 时，将降至小于纯剪强度。

三向受压强度，当试件三向受压，变形受到制约，形成约束混凝土，则强度有较大的增长。

$$f'_{cc} = f'_c + (4.5 \sim 7.0)\sigma$$

其中 f'_{cc} 为有侧向压力约束试件的轴心抗压强度； f'_c 为无侧向压力约束试件的轴心抗压强度； σ 为侧向约束压力应力。在工程实际中，可用间距较小的螺旋钢筋柱，或用于构件的节点区来提高承载力、延性和抗震性能。

(3) 混凝土的变形

混凝土的变形可分为在荷载下的受力变形和与受力无关的体积变形。

1) 混凝土在单调、短期加荷作用下的变形性能

通过试验可得到混凝土的应力应变曲线，该曲线是研究钢筋混凝土构件的强度、变形、延性和受力全过程分析的依据。在整个曲线中，最大应力值 f_{ck} 、与 f_{ck} 相应的应变值 ϵ_0 、破坏时的极限应变值 ϵ_u 是曲线的三个特征值。应变 ϵ_0 的平均值一般取为 0.002，对于非均匀受压的情况， ϵ_u 值约为 0.002~0.006，甚至更高。

混凝土受压时的横向应变与纵向应变的关系，即混凝土的泊松比 ν_c ，可采用 0.2。

混凝土的弹性模量，《混规》对弹性模量数值的规定：取棱柱试件，加荷至不超过适当的应力 $\sigma = 0.5f_{ck}$ 为止，重复 5~10 次，所得应力应变直线的斜率作为混凝土弹性模量的试验值。

混凝土的受拉变形，由于混凝土抗拉性能弱，对于 C15~C40 强度等级的混凝土，其

极限拉应变可取为 $(1\sim 1.5)\times 10^{-4}$ 。根据试验资料，混凝土受拉时应力应变曲线上切线的斜率与受压时基本一致(即两者的弹性模量相同)，当拉应力为 f_{tk} 时，弹性系数 $\nu' = 0.5$ ，所以相应于 f_{tk} 时的变形模量为 $0.5E_c$ 。

2) 混凝土在重复荷载下的变形性能

混凝土在重复荷载下的变形性能，即混凝土的疲劳性能。一般将试件承受 200 万次(或更多次数)重复荷载时发生破坏的压应力值，称为混凝土的疲劳强度(f_{ck}^f)。疲劳强度还与对试件所加重复作用应力的变化幅度有关，即按疲劳应力比值(ρ_c^f)对强度予以修正，当 $\rho_c^f \geq 0.5$ 时，可不修正；当 $\rho_c^f < 0.5$ 时，比值愈小则修正得也愈多，即疲劳强度修正系数愈小。疲劳应力比值为构件作疲劳验算时，截面同一纤维上的混凝土最小应力与最大应力之比($\sigma_{\min}^f / \sigma_{\max}^f$)。疲劳强度要比棱柱体抗压强度低很多，大体上取为 $0.5f_c$ 。

《混规》规定，混凝土轴心抗压疲劳强度设计值 f_c^f 、轴心抗拉疲劳强度设计值 f_t^f 应分别按其强度设计值乘以疲劳强度修正系数 γ_p 确定。当混凝土承受拉-压疲劳应力作用时，取 γ_p 为 0.60。

3) 混凝土在荷载长期作用下的变形性能

在荷载的长期作用下，即使荷载大小维持不变，混凝土的变形随时间而增长的现象称为徐变。混凝土徐变的影响因素主要是混凝土中未晶体化的水泥胶凝体。混凝土的徐变对钢筋混凝土构件的内力分布及其受力性能有所影响。如钢筋混凝土柱的徐变，使混凝土的应力减小，使钢筋的应力增加，最后影响柱的承载力，但徐变对结构也有有利方面，如能缓和应力集中现象、降低温度应力、减少支座不均匀沉降引起的结构内力等。

影响徐变的因素很多，如受力大小、外部环境、内在因素等。试验表明，长期荷载作用应力大小是影响徐变的一个主要因素，当应力 $\sigma \leq 0.5f_c$ 时，徐变与应力成正比，此时可称之为线性徐变，线性徐变在加荷初期增长很快，至半年徐变大部分完成，一年后趋于稳定。当应力较大时，即当 $\sigma = 0.5\sim 0.8f_c$ 时，塑性变形剧增，徐变与应力不成正比，称为非线性徐变。当应力 $\sigma > 0.8f_c$ 时，非线性徐变变形骤然增加，变形是不收敛的，将导致混凝土破坏，应用上取 $\sigma = 0.8f_c$ 作为混凝土的长期抗压强度。荷载持续作用的时间愈长，徐变愈大。

混凝土龄期越短，徐变愈大；养护环境湿度越大、温度越高，徐变愈小，但在使用期处于高温、干燥条件下，构件的徐变将增大；构件的尺寸越大，则徐变越小；水灰比越大，徐变愈大，在常用的水灰比(0.4~0.6)情况下，徐变与水灰比呈线性关系；水泥用量越多，徐变愈大；此外，水泥品种、骨料的力学性质也影响徐变。

4) 混凝土的收缩和膨胀

收缩和膨胀是混凝土在结硬过程中本身体积的变形，与荷载无关。结硬初期收缩变形发展得很快，半个月大约可完成全部收缩的 25%，一个月可完成约 50%，两个月可完成约 75%，一年左右即渐稳定。在钢筋混凝土构件中，钢筋混凝土收缩受到阻碍，其收缩值较素混凝土小一半，收缩值取为 1.5×10^{-4} 。

通常认为产生收缩变形的主要原因是混凝土结硬过程中，特别是结硬初期，水泥水化凝结作用引起体积的凝缩，以及混凝土内游离水分蒸发逸散引起的干缩。减少收缩变形的措施有：增大湿度、高温的养护环境；增大体表比；提高混凝土的密实度；减少水泥用量、水灰比取小值；避免用强度高的水泥；采用弹性模量高、粒径大的骨料等。

3. 粘结

(1) 粘结力的组成

粘结力是指钢筋和混凝土接触界面上沿钢筋纵向的抗剪能力，即分布在界面上的纵向剪应力。钢筋与混凝土的粘结作用：①混凝土凝结时，水泥胶的化学作用，使钢筋和混凝土在接触面上产生的胶结力；②由于混凝土凝结时收缩，握裹住钢筋，在发生相互滑动时产生的摩阻力；③钢筋表面粗糙不平或变形钢筋凸起的肋纹与混凝土的咬合力。

(2) 粘结力的破坏机理及影响粘结强度的因素

光圆钢筋的粘结破坏，由于光圆钢筋与混凝土之间的粘结力主要由胶结力形成，光圆钢筋粘结强度低、滑移量大，其破坏形态可认为是钢筋与混凝土相对滑移产生的，或钢筋从混凝土中被拔出的剪切破坏。

变形钢筋的粘结破坏，由于变形钢筋与混凝土之间的粘结力主要是机械咬合力，其大小往往占粘结力一半以上。根据试验，变形钢筋的粘结强度高出光圆钢筋的2~3倍。

影响粘结强度的因素：①混凝土的质量，如水泥性能好、骨料强度高、配比得当、振捣密实、养护良好的混凝土对粘结力非常有利；②钢筋的形式；③钢筋保护层厚度，一般应取保护层厚度 $c \geq$ 钢筋的直径 d ，以防止发生劈裂裂缝；④横向钢筋对粘结力起有利影响，如设置箍筋可将纵向钢筋的抗滑移能力提高25%；⑤钢筋锚固区有横向压力对粘结力起有利影响；⑥反复荷载对粘结力起不利影响。

4. 建筑结构功能与可靠度

建筑结构必须满足安全性、适用性、耐久性的功能要求。

可靠性，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。

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。所以，结构可靠度是结构可靠性的一种定量描述（概率度量）。

所谓规定的时间，是指设计时所规定的设计使用年限，具体的设计使用年限应按现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》确定。所谓规定的条件，是指结构正常的设计、施工、使用和维护条件，不考虑人为的过失。预定的功能是指强度、刚度、稳定性、抗裂性、耐久性能等。

5. 基本设计原则

混凝土结构设计应包括的内容：①结构方案设计；②作用及作用效应分析；③结构的极限状态设计；④结构及构件的构造与连接措施；⑤耐久性及施工的要求。

《混规》仍遵照国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》、《建筑结构可靠度设计统一标准》所确定的原则，对建筑物和构筑物进行结构设计时，采用以概率理论为基础的极限状态设计法，以可靠指标度量结构构件的可靠度，并采用分项系数的设计表达式。

(1) 结构的极限状态

若整个结构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，则这个特定状态就称为该功能的极限状态，其可分为两类：承载能力极限状态和正常使用极限状态。

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

①结构构件或连接因超过材料强度而破坏，或因过度变形而不适于继续承载；

- ②整个结构或是一部分作为刚体失去平衡；
- ③结构转变为机动体系；
- ④结构或结构构件丧失稳定；
- ⑤结构因局部破坏而发生连续倒塌；
- ⑥地基丧失承载力而破坏；
- ⑦结构或结构构件的疲劳破坏。

正常使用极限状态，是指对应于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的状态。当结构或结构构件出现下列状态之一时，应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损坏；
- ③影响正常使用的振动；
- ④影响正常的其他特定状态。

对于正常使用极限状态，在可靠度的保证程度上，它可以定得稍低些。

(2) 结构功能函数与极限状态方程

结构的极限状态可由下述极限状态方程描述：

$$Z = g(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0$$

式中 $Z = g(\cdot)$ 为结构功能函数； $X_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 为基本变量。

这些基本变量如结构上的各种作用、材料性能、几何参数等均为随机变量。当将基本变量综合为荷载效应 S 和结构抗力 R 两个基本变量时，则结构按极限状态设计应符合下式要求：

$$Z = g(S, R) = R - S \geq 0$$

当 $Z > 0$ 时，结构处于可靠状态；当 $Z < 0$ 时，结构处于失效状态；当 $Z = 0$ 时，结构处于极限状态。

(3) 可靠概率、失效概率与可靠指标

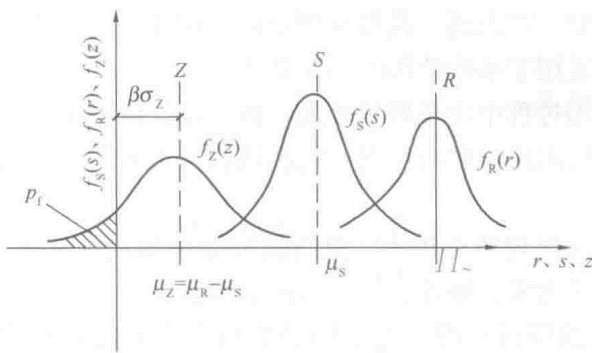


图 14-1-1

S 、 Z 的概率密度函数图如图 14-1-1 所示，则：

结构能够完成预定功能的概率称为可靠概率，用 p_s 表示；反之，结构不能完成预定功能的概率称为失效概率，用 p_f 表示。可靠概率与失效概率为互补的关系，即：

$$p_s + p_f = 1$$

结构构件的可靠指标应该根据基本变量的平均值、标准差及其概率分布类型进行计算。如果功能函数中的基本变量 R 、 S 均为正态分布，而且极限状态是线性的 R 、

$$p_f = P(Z = R - S \leq 0) = \int_{-\infty}^0 f_Z(z) dz$$

尽管用失效概率度量结构构件的可靠度，概念合理，意义明确，但在计算上较繁，可

以用与失效概率有相应关系的可靠指标 β 来度量：

$$\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}$$

式中 μ_R 、 μ_S 为 R 、 S 的平均值； σ_R 、 σ_S 为 R 、 S 的标准值。

(4) 可靠指标 β 的确定与结构安全等级

可靠指标 β ，是指度量结构可靠度的数值指标。对于新建建筑结构，与可靠度相对应的可靠指标 β ，是指设计使用年限的 β 。我国对房屋建筑结构构件承载能力极限状态设计的可靠指标，不应小于表 14-1-2 的规定。

房屋建筑结构构件的可靠指标 β

表 14-1-2

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

房屋建筑结构构件正常使用极限状态设计的可靠指标，宜根据其可逆程度取 0~1.5。

根据建筑结构破坏可能产生的后果的严重性，我国将建筑结构划分为三个安全等级：

一级：破坏后果很严重，重要的工业与民用建筑；

二级：破坏后果严重，一般的工业与民用建筑；

三级：破坏后果不严重，小型的或临时性贮存建筑等。

对有特殊要求的建筑物，其安全等级应根据具体情况而定。设计时，应针对建筑物的重要性选用安全等级。

(5) 四种设计状况

设计状况是指代表一定时段内实际情况的一组设计条件，设计应做到在该条件下结构不超越有关的极限状态。设计状况可分为下列四种：

①持久设计状况，是指在结构使用过程中一定出现，且持续期很长的设计状况，其持续期一般与设计使用年限为同一数量级。它适用于结构使用时的正常情况。

②短暂设计状况，是指在结构施工和使用过程中出现概率较大，而与设计使用年限相比，其持续期很短的设计状况。它适用于结构出现的临时情况，包括结构施工和维修时的情况等。

③偶然设计状况，是指在结构使用过程中出现概率很小，且持续期很短的设计状况。它适用于结构出现的异常情况，包括结构遭受火灾、爆炸、撞击时的情况等。

④地震设计状况，是指结构遭受地震时的设计状况。它适用于结构遭受地震时的情况，在抗震设防地区必须考虑地震设计状况。

(6) 承载能力极限状态计算

混凝土结构的承载能力极限状态计算的内容如下：

①结构构件应进行承载力（包括失稳）计算；

②直接承受重荷载的构件，应进行疲劳验算；

③有抗震设防要求时，应进行抗震承载力计算；