

工程结构通用规范

（征求意见稿）

目 次

1	总 则.....	1
2	基本规定.....	2
2.1	设计要求.....	2
2.2	安全等级与设计工作年限.....	2
2.3	结构分析和试验.....	4
2.4	作用和作用组合.....	4
2.5	材料和岩土的性能及几何参数.....	6
3	结构设计方法.....	7
3.1	一般规定.....	7
3.2	极限状态的分项系数设计方法.....	7
3.3	其他设计方法.....	10
4	结构作用.....	12
4.1	永久作用.....	12
4.2	楼面和屋面活荷载.....	12
4.3	人群荷载.....	16
4.4	起重机荷载.....	16
4.5	雪荷载.....	17
4.6	风荷载.....	18
4.7	地震作用.....	19
4.8	温度作用.....	20
4.9	偶然作用.....	20
4.10	水流力和冰压力.....	21
4.11	其他作用.....	21
附:	起草说明.....	23

1 总 则

1.0.1 为在工程建设中保障人身健康和生命财产安全、国家安全、生态环境安全，满足经济社会管理基本需要，依据有关法律、法规，制定本规范。

1.0.2 房屋建筑、铁路工程、公路工程、港口工程、水工结构和市政工程等工程结构的设计必须遵守本规范的规定。

1.0.3 本规范是工程结构设计总原则和作用取值的基本要求。当工程结构采用的设计方法和作用取值与本规范的规定不一致时，应进行合规性评估并符合本规范第 2 章的规定。

1.0.4 工程结构设计除应遵守本规范的规定外，尚应遵守国家现行有关规范的规定。

2 基本规定

2.1 设计要求

2.1.1 结构设计应包括以下内容：

- 1 结构方案设计，包括结构选型、构件布置及传力途径等；
- 2 作用及作用效应分析；
- 3 结构及构件的承载力设计和正常使用条件下的验算；
- 4 结构及构件的构造、连接措施；
- 5 对耐久性的要求；
- 6 对施工可行性和控制性的要求；
- 7 满足特殊要求的结构的性能化设计。

2.1.2 结构在规定的设计工作年限内，应以合理、经济的方式满足下列要求：

- 1 能够承受在正常施工和使用期间可能出现的各种作用；
- 2 能够满足结构和结构构件的预定使用要求；
- 3 材料的劣化不会影响结构的安全和正常使用。

2.1.3 结构体系应提供完整的传力路径，能够将结构可能承受的各种作用从受力点传递到抗力构件。当发生爆炸、撞击、罕遇地震、人为错误等偶然事件时，结构应保持整体稳固性，避免出现与起因不相称的破坏后果。

2.1.4 当发生火灾时，结构应在规定的时间内保持足够的承载力和整体稳固性。

2.1.5 结构设计时，应根据下列要求采取适当措施，使结构不出现或少出现可能的损坏：

- 1 减少结构可能遭遇的危险因素；
- 2 采用对可能存在的危险因素不敏感的结构类型；
- 3 采用局部构件被移除或损坏时，仍能继续承载的结构体系；
- 4 避免采用无破坏预兆的结构体系；
- 5 使结构具有整体稳固性。

2.1.6 结构设计时，应评估环境条件对耐久性的影响，并对结构材料保护做出适当规定。

2.1.7 结构应按设计规定的用途使用，并应定期检查结构状况，进行必要的维护和维修。在设计工作年限内未经技术鉴定或设计认可，不得改变结构用途和使用环境。

2.2 安全等级与设计工作年限

2.2.1 结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果（危及人的生命、造成经济损失、对社会或环境产生影响等）的严重性，采用不同的安全等级。结构安全等级的划分应符合表 2.2.1 的规定。

表 2.2.1 安全等级的划分

安全等级	破坏后果
一级	很严重
二级	严重
三级	不严重

2.2.2 结构部件与结构的安全等级不一致的，应在设计文件中明确标明。结构部件的安全等级不得低于三级。

2.2.3 工程结构设计时，应规定结构的设计工作年限。各类工程结构的设计工作年限应符合下列规定：

- 1 房屋建筑工程的设计工作年限不应低于表 2.2.3-1 的规定。

表2.2.3-1 房屋建筑工程的设计工作年限

类别	设计工作年限（年）	示例
1	5	临时性建筑结构
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋和构筑物
4	100	标志性建筑和特别重要的建筑结构

- 2 铁路工程结构设计工作年限应按 100 年、60 年和 30 年分级。

- 3 公路工程结构设计工作年限不应低于表 2.2.3-2 的规定。

表2.2.3-2 公路工程结构设计工作年限（年）

公路等级			高速公路、 一级公路	二级 公路	三级 公路	四级 公路
结构类别						
路面	沥青混凝土路面		15	12	10	8
	水泥混凝土路面		30	20	15	10
桥涵	主体结构	特大桥、大桥	100	100	100	100
		中桥	100	50	50	50
		小桥、涵洞	50	30	30	30
	可更换 部件	斜拉索、吊索、 系杆等	20	20	20	20
		栏杆、伸缩装置、 支座等	15	15	15	15
隧道	主体结构	特长隧道	100	100	100	100
		长隧道	100	100	100	50
		中隧道	100	100	100	50
		短隧道	100	100	50	50

	可更换、修复构件	特长、长、中、 短隧道	30	30	30	30
--	----------	----------------	----	----	----	----

4 港口工程结构设计工作年限应按设计工作年限不应低于表 2.2.3-3 的规定。

表2.2.3-3 港口工程结构的设计工作年限

类别	设计工作年限（年）	示例
1	5~10	临时性港口建筑物
2	50	永久性港口建筑物

5 水工结构的设计工作年限应根据其级别，采用不同的设计工作年限。1 级~3 级主要建筑物结构的设计工作年限应采用 100 年，其他永久性建筑物结构应采用 50 年。临时建筑物结构的设计工作年限应根据预定的使用年限和可能滞后的时间采用 5 年~15 年。

2.2.4 工程结构的防水层、电气和管道等附属设施的设计工作年限，应根据主体结构的设计工作年限和附属设施的材料、构造和工作要求等因素确定。

2.2.5 结构部件与整体结构的设计工作年限不一致的，应在设计文件中明确标明。

2.3 结构分析和试验

2.3.1 结构构件及其连接的作用效应应通过考虑了平衡、稳定性、几何相容性以及短期和长期材料性质等因素的结构分析方法加以确定。

2.3.2 结构分析采用的计算模型应能合理描述在相关因素作用下的作用效应。分析所采用的简化或假定，应以理论和工程实践为基础，无成熟经验时应通过试验验证其合理性。分析时设置的边界条件应合理反映结构的实际情况。

2.3.3 当结构的变形可能使作用效应显著增大时，应在结构分析中考虑结构变形的影响。

2.3.4 动力作用对结构产生较大影响时，应对结构进行动力响应分析。计算动力作用的效应时，应考虑结构质量、强度、刚度和阻尼等特性的影响。

2.3.5 结构分析应根据结构类型、材料性能和受力特点等因素，采用线性、非线性或试验分析方法。

2.3.6 当结构的承载力由脆性破坏控制时，不应采用塑性理论进行分析。

2.4 作用和作用组合

2.4.1 结构上的作用根据时间变化特性应分为永久作用、可变作用和偶然作用。

2.4.2 结构上的作用按其他特性分类时，应符合下列规定：

- 1 按来源性质，应分为直接作用和间接作用；
- 2 按空间的变化，应分为固定作用和自由作用；
- 3 按结构的反应特点，应分为静态作用和动态作用。

2.4.3 结构设计时，应按下列规定对不同作用采用不同的代表值：

- 1 对永久作用，应采用标准值作为代表值；
- 2 对可变作用，应根据设计要求采用标准值、组合值、频遇值或准永久值作为代表值；
- 3 对偶然作用，应按结构设计使用特点确定其代表值。

2.4.4 本规范采用的设计基准期为 50 年。当工程结构采用其他设计基准期时，应按照可靠指标一致的原则，对本规范规定的可变作用量值进行调整。

2.4.5 工程设计所采用的各类生产工艺荷载，应由工艺及相关专业提供。所提条件必须全面、准确、明晰，应以文字、表格或图示正式提供荷载条件及资料。

2.4.6 应根据结构设计要求，按下列规定对各种作用进行组合。

- 1 基本组合：

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G_i} G_{ik} + \gamma_P P + \gamma_{Q_1} \gamma_{L1} Q_{1k} + \sum_{j > 1} \gamma_{Q_j} \psi_{cj} \gamma_{Lj} Q_{jk} \quad (2.4.6-1)$$

- 2 偶然组合：

$$\sum_{i \geq 1} G_{ik} + P + A_d + (\psi_{f1} \text{ 或 } \psi_{q1}) Q_{1k} + \sum_{j > 1} \psi_{qj} Q_{jk} \quad (2.4.6-2)$$

- 3 地震组合：应根据结构抗震设计要求确定。

- 4 标准组合：

$$\sum_{i \geq 1} G_{ik} + P + Q_{1k} + \sum_{j > 1} \psi_{cj} Q_{jk} \quad (2.4.6-3)$$

- 5 频遇组合：

$$\sum_{i \geq 1} G_{ik} + P + \psi_{f1} Q_{1k} + \sum_{j > 1} \psi_{qj} Q_{jk} \quad (2.4.6-4)$$

- 6 准永久组合：

$$\sum_{i \geq 1} G_{ik} + P + \sum_{j \geq 1} \psi_{qj} Q_{jk} \quad (2.4.6-5)$$

式中 G_{ik} ——第 i 个永久作用的标准值；

P ——预应力作用的有关代表值；

Q_{1k} ——第 1 个可变作用（主导可变作用）的标准值；

Q_{jk} ——第 j 个可变作用的标准值；

γ_{G_i} ——第 i 个永久作用的分项系数；

γ_P ——预应力作用的分项系数；

γ_{Q_1} ——第 1 个可变作用（主导可变作用）的分项系数；

γ_{Q_j} ——第 j 个可变作用的分项系数；

γ_{L1} 、 γ_{Lj} ——第 1 个和第 j 个考虑结构设计工作年限的荷载调整系数；

ψ_{cj} ——第 j 个可变作用的组合值系数；

A_d ——偶然作用的设计值；

ψ_{f1} ——第 1 个可变作用的频遇值系数；

ψ_{q1} 、 ψ_{qj} ——第 1 个和第 j 个可变作用的准永久值系数。

2.4.7 不同作用组合下的效应设计值，应按下式确定：

$$S_d = S(\sum_{i \geq 1} A_i) \quad (2.4.7)$$

式中 S_d ——作用组合的效应设计值；

$S(\cdot)$ ——作用组合的效应函数；

A_i ——作用组合中的第 i 个作用。

2.4.8 当把作用组合的效应函数简化为线性函数，即作用组合的效应设计值按下式确定时，作用与作用效应应当满足线性关系。

$$S_d = \sum_{i \geq 1} S_{A_i} \quad (2.4.8)$$

式中 S_{A_i} ——作用 A_i 的效应设计值。

2.5 材料和岩土的性能及几何参数

2.5.1 在选择结构材料、材料规格和进行结构概念及详细设计时，应考虑各种可能影响耐久性的环境因素。

2.5.2 材料特性应通过特定条件下的标准化测试方法确定。当实际应用条件与试验条件有差异时，应对试验值进行换算。

2.5.3 岩土性能指标和地基承载力、桩基承载力等，应通过原位测试、室内试验等直接或间接方法测定，并应考虑由于钻探取样、室内外试验条件与实际建筑结构条件的差别以及所采用计算公式的误差等因素的影响。

2.5.4 当试验数据不充分时，材料性能的标准值应根据可靠资料或工程经验确定。

2.5.5 结构连接部件几何参数的公差应相互兼容。

3 结构设计方法

3.1 一般规定

3.1.1 采用以分项系数表达的极限状态设计方法进行结构设计时，极限状态以及分项系数的取值应符合本规范第 3.2 节的规定；由于缺乏统计资料，需采用容许应力或安全系数等其它经验方法进行结构设计时，应符合本规范第 3.3 节的规定，并应有可靠的工程经验或必要的试验研究结果作为基础。

3.1.2 工程结构采用本规范规定之外的设计方法的，应进行专项研究和技术论证。

3.2 极限状态的分项系数设计方法

3.2.1 结构的极限状态分类应符合下列规定：

- 1 涉及到人身安全以及结构安全的极限状态应作为承载能力极限状态。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) 整个结构或其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) 地基承载力不足而破坏；
 - 7) 结构或结构构件发生疲劳破坏。
- 2 涉及到结构或结构单元的正常使用寿命、人员舒适性、建筑外观的极限状态应作为正常使用极限状态。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) 影响外观、使用舒适性或结构使用功能的变形；
 - 2) 造成人员不舒适或结构使用功能受限的振动；
 - 3) 影响外观、耐久性或结构使用功能的局部损坏。

3.2.2 结构设计时，应对起控制作用的极限状态进行计算或验算；当不能确定起控制作用的极限状态时，应对不同极限状态分别计算或验算。

3.2.3 结构设计时，应区分下列设计状况：

- 1 持久设计状况，适用于结构正常使用时的情况；
- 2 短暂设计状况，适用于结构施工和维修等临时情况；
- 3 偶然设计状况，适用于结构遭受火灾、爆炸、非正常撞击等罕见情况；
- 4 地震设计状况，适用于结构遭受地震时的情况。

3.2.4 结构设计时选定的设计状况，应涵盖正常施工和使用过程中的各种不利情况。各种设计状况均应进行承载能力极限状态设计，持久设计状况尚应进行正常使用极限状态设计。

3.2.5 对每种设计状况，都应考虑各种不同的作用组合，以确定作用控制工况和最不利的效应设计值。

3.2.6 进行承载力极限状态设计时采用的作用组合，应符合下列规定：

- 1 持久设计状况和短暂设计状况应采用作用的基本组合；
- 2 偶然设计状况应采用作用的偶然组合；
- 3 地震设计状况应采用作用的地震组合；
- 4 作用组合应为可能同时出现的作用的组合；
- 5 每个作用组合中应包括一个主导可变作用或一个偶然作用或一个地震作用；
- 6 当静力平衡等极限状态设计对永久作用的位置和大小很敏感时，该永久作用的有利部分和不利部分应作为单独作用分别考虑；
- 7 当一种作用产生的几种效应非完全相关时，应降低有利效应的分项系数取值。

3.2.7 结构设计时，应对可逆和不可逆的正常使用极限状态采用下列作用组合：

- 1 标准组合，用于不可逆正常使用极限状态设计；
- 2 频遇组合，用于可逆正常使用极限状态设计；
- 3 准永久组合，用于长期效应是决定性因素的正常使用极限状态设计。

3.2.8 设计基本变量的设计值的计算应符合下列规定：

- 1 作用的设计值 F_d 应按下列式确定：

$$F_d = \gamma_F F_r \quad (3.2.8-1)$$

式中 F_r ——作用的代表值；

γ_F ——作用的分项系数。

- 2 材料性能的设计值 f_d 应按下列式确定：

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} \quad (3.2.8-2)$$

式中 f_k ——材料性能的标准值；

γ_M ——材料性能的分项系数。

- 3 当几何参数的变异性对结构性能无明显影响时，几何参数的设计值 a_d 应取其标准值 a_k ；当有明显影响时，应按下列式确定：

$$a_d = a_k \pm \Delta_a \quad (3.2.8-3)$$

式中 Δ_a ——几何参数的附加量。

- 4 结构抗力的设计值 R_d 应按下列式确定：

$$R_d = R(f_k/\gamma_M, a_d) \quad (3.2.8-4)$$

3.2.9 结构或结构构件按承载力极限状态设计时，应符合下列要求：

- 1 结构或结构构件的破坏或过度变形的承载力极限状态设计，应符合下列式要求：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \quad (3.2.9-1)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数；

S_d ——与采用的作用组合相对应的效应设计值，如轴力、弯矩设计值或表示几个轴力、弯矩向量的设计值；

R_d ——结构或结构构件的抗力设计值。

- 2 整个结构或其一部分作为刚体失去静力平衡的承载能力极限状态设计，应符合下式要求：

$$\gamma_0 S_{d,dst} \leq S_{d,stb} \quad (3.2.9-2)$$

式中 $S_{d,dst}$ ——不平衡作用效应的设计值；

$S_{d,stb}$ ——平衡作用效应的设计值。

- 3 结构或结构构件的疲劳破坏的承载能力极限状态设计，应根据构件受力特性及疲劳设计方法采用不同的疲劳荷载模型和验算表达式。

3.2.10 结构或结构构件按正常使用极限状态设计时，应符合下式要求：

$$S_d \leq C \quad (3.2.10)$$

式中 S_d ——与采用的作用组合相对应的效应设计值，如变形、裂缝等的设计值；

C ——设计对变形、裂缝等规定的相应限值。

3.2.11 结构重要性系数 γ_0 不应小于表 3.2.11 的规定。

表3.2.11 结构重要性系数 γ_0

结构 重要性系数	对持久设计状况和短暂设计状况			对偶然设计状况 和地震设计状况
	安全等级			
	一级	二级	三级	
γ_0	1.1	1.0	0.9	1.0

3.2.12 结构的作用分项系数取值应符合下列规定：

- 房屋建筑结构的作用分项系数，应按下列规定取值：
 - 永久作用：当对结构不利时，应取 1.3；当对结构有利时，不应大于 1.0；
 - 预应力：当对结构不利时，应取 1.3；当对结构有利时，不应大于 1.0；
 - 除第 4) 项之外的可变作用，当对结构不利时应取 1.5；
 - 标准值大于 4kN/m^2 的工业房屋楼面活荷载，当对结构不利时应取 1.4。
- 公路桥涵结构永久作用的分项系数，应按表 3.2.12-2 采用。

表3.2.12-2 公路桥涵结构永久作用的分项系数

作用类别	当作用效应对结构的承载力不利时	当作用效应对结构的承载力有利时
混凝土和圬工结构重力 (包括结构附加重力)	1.2	1.0
钢结构重力(包括结构附加重力)	1.1~1.2	
预加力	1.2	

土的重力			
混凝土的收缩及徐变作用		1.0	
土侧压力		1.4	
水的浮力		1.0	
基础变位作用	混凝土和圬工结构	0.5	0.5
	钢结构	1.0	1.0

3 港口工程结构的作用分项系数，应按表 3.2.12-3 采用。

表3.2.12-3 港口工程结构的作用分项系数

荷载名称	分项系数	荷载名称	分项系数
永久荷载（不包括土压力、静水压力）	1.2	铁路荷载	1.4
五金钢铁荷载	1.5	汽车荷载	
散货荷载		缆车荷载	
起重机械荷载		船舶系缆力	
船舶撞击力		船舶挤靠力	
水流力		运输机械荷载	
冰荷载		风荷载	
波浪力（构件计算）		人群荷载	
一般件杂货、集装箱荷载	1.4	土压力	1.35
液体管道（含推力）荷载		剩余水压力	1.05

3.2.13 可变荷载考虑设计工作年限的调整系数 γ_L 应按下列规定采用：

- 1 对于荷载标准值随时间变化的楼面和屋面活荷载，考虑设计工作年限的调整系数 γ_L 应按表 3.2.13 采用。当设计工作年限不为表中数值时，调整系数 γ_L 不应小于按线性内插确定的值。

表 3.2.13 楼面和屋面活荷载考虑设计工作年限的调整系数 γ_L

结构设计工作年限（年）	5	50	100
γ_L	0.9	1.0	1.1

- 2 对雪荷载和风荷载，调整系数应按重现期与设计工作年限相同的原则确定。

3.3 其他设计方法

3.3.1 采用容许应力法进行结构设计时，结构在作用的标准组合或地震组合下的应力值应满足下式要求：

$$\sigma \leq [\sigma] \quad (3.3.1)$$

式中 σ —— 结构在标准组合或地震组合作用下的应力值；

$[\sigma]$ —— 材料的容许应力值。

3.3.2 采用安全系数法进行结构设计时，结构在作用的标准组合或地震组合下的效应值应满足下式要求：

$$KS_k \leq R_k \quad (3.3.2)$$

式中 K ——安全系数；

S_k ——结构在标准组合或地震组合作用下的效应值；

R_k ——结构或构件的抗力值。

3.3.3 结构或结构构件的疲劳破坏和正常使用条件下的设计，应根据设计需要采用相应的疲劳荷载模型和验算表达式。

4 结构作用

4.1 永久作用

4.1.1 结构自重的标准值应按结构构件的设计尺寸与材料容重计算确定。对于自重变异较大的材料和构件，对结构不利时自重标准值取上限值，对结构有利时取下限值。

4.1.2 位置固定的永久设备自重应采用设备铭牌重量值；当无铭牌重量时，应按实际重量计算。

4.1.3 隔墙自重作为永久作用处理时，应符合位置固定的要求；位置可灵活布置的隔墙自重应按可变荷载考虑。

4.1.4 土压力应按设计埋深与土的单位体积自重计算确定。土的单位体积自重应根据计算水位分别取天然容重、浮容重和饱和容重。

4.1.5 预加应力应考虑时间效应影响，采用有效预应力。

4.2 楼面和屋面活荷载

4.2.1 采用等效均布活荷载方法进行设计时，应保证其产生的荷载效应与最不利堆放情况等效；建筑楼面堆放物较多或较重的区域，应按实际情况考虑其荷载。

4.2.2 民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数的取值，不应小于表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数

项次	类 别		标准值 (kN/m ²)	组合值 系数 ψ_c	频遇值 系数 ψ_f	准永久值 系数 ψ_q	
1	(1)住宅、宿舍、旅馆、医院病房、托儿所、幼儿园		2.0	0.7	0.5	0.4	
	(2) 办公楼、教室、医院门诊室		2.5	0.7	0.6	0.5	
2	食堂、餐厅、试验室、阅览室、会议室、一般资料档案室		3.0	0.7	0.6	0.5	
3	礼堂、剧场、影院、有固定座位的看台、公共洗衣房		3.5	0.7	0.5	0.3	
4	(1)商店、展览厅、车站、港口、机场大厅及其旅客等候室、		4.0	0.7	0.6	0.5	
	(2)无固定座位的看台		4.0	0.7	0.5	0.3	
5	(1)健身房、演出舞台		4.5	0.7	0.6	0.5	
	(2)运动场、舞厅		4.5	0.7	0.6	0.3	
6	(1)书库、档案库、贮藏室		6.0	0.9	0.9	0.8	
	(2)密集柜书库		12.0	0.9	0.9	0.8	
7	通风机房、电梯机房		8.0	0.9	0.9	0.8	
8	汽车通道及客车 停车库	(1)单向板楼盖(板跨不小于 2m) 和 双向板楼盖 (板跨 3m×3m)	客车 (载 人少于 9	4.0	0.7	0.7	0.6

			人)				
			消 防 车 (满 载 总 重 小 于 300kN)	35.0	0.7	0.5	0.0
		(2) 双向板楼盖 (板跨不小于 6m×6m) 和无梁楼盖 (柱网不小于 6m×6m)	客车 (载 人少于 9 人)	2.5	0.7	0.7	0.6
			消 防 车 (满 载 总 重 小 于 300kN)	20.0	0.7	0.5	0.0
9	厨房	(1) 餐厅	4.0	0.7	0.7	0.7	
		(2)其他	2.0	0.7	0.6	0.5	
10	浴室、卫生间、盥洗室		2.5	0.7	0.6	0.5	
11	走廊、门厅	(1)宿舍、旅馆、医院病房、托儿所、 幼儿园、住宅	2.0	0.7	0.5	0.4	
		(2)办公楼、餐厅、医院门诊部	2.5	0.7	0.6	0.5	
		(3) 教学楼及其他可能出现人员密 集的情况	3.5	0.7	0.5	0.3	
12	楼梯	(1)多层住宅	2.0	0.7	0.5	0.4	
		(2)其他	3.5	0.7	0.5	0.3	
13	阳台	(1)可能出现人员密集的情况	3.5	0.7	0.6	0.5	
		(2) 其他	2.5	0.7	0.6	0.5	

4.2.3 当双向板楼盖板跨介于 $3\text{m} \times 3\text{m} \sim 6\text{m} \times 6\text{m}$ 之间时,消防车活荷载应根据第 4.2.2 条的规定,按跨度线性插值确定。当考虑覆土影响对消防车活荷载进行折减时,折减系数应根据可靠资料确定;设计基础时,应根据实际情况决定是否考虑消防车荷载。

4.2.4 工业建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数的取值,不应小于表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 工业建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数

项次	类 别	标准值 (kN/m^2)	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	电子产品加工	4.0	0.8	0.6	0.5
2	轻型机械加工	8.0	0.8	0.6	0.5
3	重型机械加工	12.0	0.8	0.6	0.5

4.2.5 设计楼面梁、墙、柱及基础时,本规范表 4.2.2 中楼面活荷载标准值的折减系数取值不应小于下列规定:

- 1 设计楼面梁时,
 - 1) 第 1(1)项当楼面梁从属面积超过 25m^2 时,应取 0.9;
 - 2) 第 1(2)~7 项当楼面梁从属面积超过 50m^2 时,应取 0.9;
 - 3) 第 8 项对单向板楼盖的次梁和槽形板的纵肋应取 0.8;
对单向板楼盖的主梁应取 0.6;
对双向板楼盖的梁应取 0.8;
 - 4) 第 9~13 项应采用与所属房屋类别相同的折减系数。
- 2 设计墙、柱和基础时,
 - 1) 第 1(1)项单层建筑楼面梁的从属面积超过 25m^2 时应取 0.9,其他情况应按表 4.2.5 规定采用;
 - 2) 第 1(2)~7 项应采用与其楼面梁相同的折减系数;
 - 3) 第 8 项的客车
对单向板楼盖应取 0.5;
对双向板楼盖和无梁楼盖应取 0.8;
 - 4) 第 9~13 项应采用与所属房屋类别相同的折减系数。

表 4.2.5 活荷载按楼层的折减系数

墙、柱、基础计算截面以上的层数	2~3	4~5	6~8	9~20	>20
计算截面以上各楼层活荷载总和的折减系数	0.85	0.70	0.65	0.60	0.55

4.2.6 房屋建筑的屋面,其水平投影面上的屋面均布活荷载的标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数的取值,不应小于表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 屋面均布活荷载标准值及其组合值系数、频遇值系数和准永久值系数

项次	类 别	标准值 kN / m^2	组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
1	不上人的屋面	0.5	0.7	0.5	0.0
2	上人的屋面	2.0	0.7	0.5	0.4
3	屋顶花园	3.0	0.7	0.6	0.5
4	屋顶运动场地	4.5	0.7	0.6	0.4
5	农业大棚	0.5	0.7	0.6	0.4

4.2.7 对于因屋面排水不畅、堵塞等引起的积水荷载，应采取构造措施加以防止；必要时，应按积水的可能深度确定屋面活荷载。

4.2.8 屋面直升机停机坪荷载应按下列规定采用：

- 1 屋面直升机停机坪荷载应按局部荷载考虑，或根据局部荷载换算为等效均布荷载考虑。局部荷载标准值应按直升机实际最大起飞重量确定，当没有机型技术资料时，局部荷载标准值及作用面积的取值不应小于表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8 屋面直升机停机坪局部荷载标准值及作用面积

类型	最大起飞重量 (t)	局部荷载标准值 (kN)	作用面积
轻型	2	20	0.20m×0.20m
中型	4	40	0.25m×0.25m
重型	6	60	0.30m×0.30m

- 2 屋面直升机停机坪的等效均布荷载标准值不应低于 $5.0\text{kN} / \text{m}^2$ 。
- 3 屋面直升机停机坪荷载的组合值系数应取 0.7，频遇值系数应取 0.6，准永久值系数应取 0。

4.2.9 施工和检修荷载应按下列规定采用：

- 1 设计屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐、悬挑雨篷和预制小梁时，施工或检修集中荷载标准值不应小于 1.0kN ，并应在最不利位置处进行验算；
- 2 对于轻型构件或较宽的构件，应按实际情况验算，或应加垫板、支撑等临时设施；
- 3 计算挑檐、悬挑雨篷的承载力时，应沿板宽每隔 1.0m 取一个集中荷载；在验算挑檐、悬挑雨篷的倾覆时，应沿板宽每隔 2.5m~3.0m 取一个集中荷载。

4.2.10 地下室顶板施工荷载不应小于 $5.0\text{kN} / \text{m}^2$ ，当有临时堆积荷载以及有重型车辆通过时，尚应按实际荷载验算。

4.2.11 楼梯、看台、阳台和上人屋面等的栏杆活荷载标准值，不应小于下列规定：

- 1 住宅、宿舍、办公楼、旅馆、医院、托儿所、幼儿园，栏杆顶部的水平荷载应取 $1.5\text{kN} / \text{m}$ ；

- 2 学校、食堂、剧场、电影院、车站、礼堂、展览馆或体育场、工业用房，栏杆顶部的水平荷载应取 1.5kN/m ，竖向荷载应取 1.2kN/m ，水平荷载与竖向荷载应分别考虑。

4.2.12 施工荷载、检修荷载及栏杆荷载的组合值系数应取 0.7，频遇值系数应取 0.5，准永久值系数应取 0。

4.2.13 将动力荷载简化为静力作用施加于楼面和梁时，应将活荷载乘以动力系数，动力系数不应小于 1.1。

4.3 人群荷载

4.3.1 铁路工程作业通道人行荷载标准值应按下列规定采用：

- 1 当桥面上布置有作业通道时，人行荷载标准值为 4.0kN/m^2 。
- 2 当作业通道上走行检查或维修小车时尚应考虑检查或维修小车竖向荷载。
- 3 在检算栏杆立柱及扶手时，作用在栏杆立柱顶上的水平推力标准值取 0.75kN/m ，作用在栏杆扶手上的竖向力标准值取 1.0kN/m 。

4.3.2 公路桥梁人群荷载标准值应按下列规定采用：

- 1 人群荷载标准值应根据表 4.3.2 采用，对跨径不等的连续结构，以最大计算跨径为准。

表4.3.2 人群荷载标准值取值

计算跨径 L_0 (m)	$L_0 \leq 50$	$50 < L_0 < 150$	$L_0 \geq 150$
人群荷载 (kN/m^2)	3.0	$3.25 - 0.005L_0$	2.5

- 2 非机动车、行人密集的公路桥梁，人群荷载标准值取上述标准值的 1.15 倍。
- 3 专用人行桥梁，人群荷载标准值为 3.5kN/m^2 。

4.3.3 作用于港口工程结构上的人群荷载标准值，应按表 4.3.3 采用，设计人行引桥、浮桥时，尚应以集中力 1.6kN 为标准值对人行通道板的构件进行验算。

表 4.3.3 人群荷载标准值

建筑物类别	人群荷载标准值 q (kPa)	说明
客班轮码头及引桥	4~5	
人行引桥或浮桥	3	人行通道宽度 $\geq 1.2\text{m}$
	2	人行通道宽度 $< 1.2\text{m}$

4.4 起重机荷载

4.4.1 起重机荷载应按竖向荷载和水平荷载（包括纵向水平荷载、横向水平荷载）分别计算。

4.4.2 起重运输机荷载标准值，应根据装卸工艺选用的机型和实际使用的起重量、幅度等确定。起重机竖向荷载标准值，应按不利原则采用起重机的最大轮压或最小轮压。

4.4.3 起重机纵向和横向水平荷载，应按下列规定采用：

- 1 起重机纵向水平荷载标准值，应按作用在一边轨道上所有刹车轮的最大轮压之和的 10% 采用；该项荷载的作用点位于刹车轮与轨道的接触点，其方向与轨道方向一致。

- 2 起重机横向水平荷载标准值，应取横行小车重量与额定起重量之和的一定比例（按表 4.4.3 的规定采用），再乘以重力加速度。

表4.4.3 计算起重机横向水平荷载标准值时的百分比

起重机类型	额定起重量 (t)	百分数 (%)
软钩起重机	≤10	12
	16~50	10
	≥75	8
硬钩起重机	—	20

- 3 起重机横向水平荷载应等分于桥架的两端，分别由轨道上的车轮平均传至轨道，其方向与轨道垂直，并应考虑正反两个方向的刹车情况。

4.4.4 起重机荷载的组合值、频遇值及准永久值系数可按表 4.4.4 中的规定采用。

表 4.4.4 起重机荷载的组合值、频遇值及准永久值系数

起重机工作级别		组合值系数 ψ_c	频遇值系数 ψ_f	准永久值系数 ψ_q
软钩起重机	工作级别A1~A3	0.70	0.60	0.50
	工作级别A4、A5	0.70	0.70	0.60
	工作级别A6、A7	0.70	0.70	0.70
硬钩起重机及工作级别A8的软钩起重机		0.95	0.95	0.95

4.4.5 安装有多台起重机的厂房，应根据实际情况计算参与组合的起重机数量，并对起重机荷载标准值进行折减。

4.5 雪荷载

4.5.1 屋面水平投影面上的雪荷载标准值应按下列公式计算：

$$s_k = C_e \mu_r s_0 \quad (4.5.1)$$

式中 s_k — 雪荷载标准值 (kN/m²)；

C_e — 暴露系数；

μ_r — 屋面积雪分布系数；

s_0 — 基本雪压 (kN/m²)。

4.5.2 基本雪压应采用适当的概率分布模型、按 50 年重现期进行计算。对雪荷载敏感的结构，应采用 100 年重现期的雪压。

4.5.3 确定基本雪压时，应以年最大雪压观测值为分析基础；当没有雪压观测数据时，可采用雪深数据和地区平均等效积雪密度，按下式计算年最大雪压值。

$$s = \rho_e g h \quad (4.5.3)$$

式中 s — 为年最大雪压计算值；

ρ_e — 为地区平均等效积雪密度，即年最大雪压观测值/年最大雪深观测值；

g — 为重力加速度，取 9.8m/s^2 ；

h — 为年最大雪深观测值。

4.5.4 屋面积雪分布系数应根据屋面形式确定，并应同时考虑均匀分布和非均匀分布两种情况。屋面积雪的滑落不受阻挡时，积雪分布系数在屋面坡度 $\geq 60^\circ$ 时应为 0。

4.5.5 暴露系数应按下列规定采用：

- 1 应根据建设地点气象资料和周边环境确定暴露系数，其最小值不应小于 0.85；
- 2 无可靠气象资料可供分析时，应取 1.0。

4.5.6 雪荷载的组合值系数应取 0.7，频遇值系数应取 0.6，准永久值系数应按雪荷载分区 I、II 和 III 的不同，分别取 0.5、0.2 和 0。

4.6 风荷载

4.6.1 垂直于建筑物表面上的风荷载标准值，应按下述公式计算：

$$w_k = C_d C_t \beta_z \mu_s \mu_z w_0 \quad (4.6.1)$$

式中 w_k — 风荷载标准值(kN/m^2)；

C_d — 风向影响系数；

C_t — 地形修正系数；

β_z — 风荷载放大系数；

μ_s — 风荷载体型系数；

μ_z — 风压高度变化系数；

w_0 — 基本风压(kN/m^2)。

4.6.2 当高层建筑和高耸结构符合下列情况之一时，应计算顺风向与横风向荷载同时作用的荷载效应：

- 1 结构外形高宽比大于 8；
- 2 结构高度大于 150m 且结构外形高宽比大于 5；
- 3 其他横风向效应显著的情况。

4.6.3 高层建筑或高耸结构的横风向荷载，应根据专门研究或可靠资料确定。

4.6.4 体型复杂、周边干扰效应明显或风敏感的建筑结构应通过风洞试验确定风荷载取值。

4.6.5 基本风压应采用适当的概率分布模型、按 50 年重现期进行计算，取值不得低于 0.3kN/m^2 。

4.6.6 风向影响系数应按下列规定采用：

- 1 当有 15 年以上符合观测要求且可靠的风气象资料时，应按照极值理论的统计方法计算不同风向的风向影响系数。所有风向影响系数的最大值不应小于 1.0，最小值不应小于 0.72；
- 2 其他情况，应取 1.0。

4.6.7 房屋建筑的地貌类别应当以其上风向一定距离范围内的地面植被特征和房屋高度、密集程度等因素确定。需要考虑的最远距离不应小于建筑高度的 20 倍且不小于 1000m。

4.6.8 风压高度变化系数应随高度增加而单调递增，且应符合下列规定：

- 1 田野、乡村等开阔平坦地貌，高度变化系数应按下列公式计算：

$$\mu_z = \begin{cases} 1.0 & 0 < z \leq 10m \\ \left(\frac{z}{10}\right)^{0.30} & 10m < z \leq 350m \end{cases} \quad (4.6.8)$$

式中 z —距地面高度(m)；

- 2 海岸、沙漠等空旷地貌，10m 和 300m 高度处的高度变化系数分别不应小于 1.28 和 2.91；
- 3 有密集建筑群的城市市区，15m 和 450m 高度处的高度变化系数分别不应小于 0.65 和 2.91；
- 4 有密集建筑群且房屋较高的城市市区，30m 和 550m 高度处的高度变化系数分别不应小于 0.51 和 2.91。

4.6.9 地形修正系数应按下列规定采用：

- 1 对于山峰和山坡等地形，应根据山坡全高、坡度和建筑物计算位置离建筑物地面的高度确定地形修正系数，其值不应小于 1.0；
- 2 对于山间盆地、谷地等闭塞地形，地形修正系数不应小于 0.75；
- 3 对于与风向一致的谷口、山口，地形修正系数不应小于 1.20；
- 4 其他情况，应取 1.0。

4.6.10 体型系数应根据建筑外形、周边干扰情况确定。

4.6.11 风荷载放大系数应按下列规定采用：

- 1 对于主要受力结构，风荷载放大系数应根据地形地貌、脉动风特性、结构周期、阻尼比等因素确定，其值不应小于 1.2；
- 2 对于围护结构，风荷载放大系数应根据地形地貌、脉动风特性和流场特征等因素确定，且应满足下列公式的要求：

$$\beta_z \geq 1 + \frac{0.7}{\sqrt{\mu_z}} \quad (4.6.11)$$

4.6.12 当根据可靠资料确定风荷载体型系数、放大系数或风荷载标准值时，应保证实际工程符合资料规定的适用条件，并应有可靠的工程经验或必要的试验验证作为基础。

4.6.13 风荷载的组合值系数、频遇值系数和准永久值系数应分别取 0.6、0.4 和 0。

4.7 地震作用

4.7.1 计算工程结构的地震作用时，设计地震动参数应根据其预期的设防目标、工程重要性等级确定，并应符合工程结构抗震设计要求。

4.7.2 对特别重要的工程结构，应根据批准的工程场地地震动安全性评价结果确定设计地震动参数，但不得低于第 4.7.1 条确定的结果。

4.7.3 按本规范第 4.7.1 条和第 4.7.2 条规定确定的地震动参数，尚应根据《建筑与市政工程抗震通用规范》的规定，考虑近场效应、局部地形效应、场地效应的影响进行调整。

4.7.4 工程结构的地震作用效应，应按调整后的设计地震动参数，并采用符合结构实际工作状况的计算模型进行计算。

4.7.5 地震作用效应的计算方法，应根据工程结构的工作状况、结构设计的实际需要等采用底部剪力法、振型分解反应谱法、时程分析法或其他更精确的方法。

4.7.6 按第 4.7.4 条计算的地震作用，尚应根据工程结构的规则性等特点按相关技术规范的抗震概念设计原则和要求进行调整。

4.7.7 工程设计时，地震作用标准值不得小于《建筑与市政工程抗震通用规范》的规定。

4.8 温度作用

4.8.1 温度作用应考虑气温变化、太阳辐射及使用热源等因素，作用在结构或构件上的温度作用应采用其温度的变化来表示。

4.8.2 计算结构或构件的温度作用效应时，应采用材料的线膨胀系数 α_T 。

4.8.3 基本气温应采用 50 年重现期的月平均最高气温 T_{\max} 和月平均最低气温 T_{\min} 。对金属结构等对气温变化较敏感的结构，尚应考虑极端气温变化的影响，适当增加或降低基本气温。

4.8.4 均匀温度作用的标准值应按下列规定确定：

- 1 对结构最大温升的工况，均匀温度作用标准值按下式计算：

$$\Delta T_k = T_{s,\max} - T_{0,\min} \quad (4.8.4-1)$$

- 2 对结构最大温降的工况，均匀温度作用标准值按下式计算：

$$\Delta T_k = T_{s,\min} - T_{0,\max} \quad (4.8.4-2)$$

式中 ΔT_k ——均匀温度作用标准值（℃）；

$T_{s,\max}$ ——结构最高平均温度（℃）；

$T_{0,\min}$ ——结构最低初始平均温度（℃）；

$T_{s,\min}$ ——结构最低平均温度（℃）；

$T_{0,\max}$ ——结构最高初始平均温度（℃）。

4.8.5 结构最高平均温度 $T_{s,\max}$ 和最低平均温度 $T_{s,\min}$ 应基于基本气温 T_{\max} 和 T_{\min} ，根据工程施工期间和正常使用期间的实际情况按热工学原理确定。

4.8.6 结构的最高初始平均温度 $T_{0,\max}$ 和最低初始平均温度 $T_{0,\min}$ 应根据结构的合拢或形成约束的时间确定，或根据施工时结构可能出现的温度按不利情况确定。

4.9 偶然作用

4.9.1 当采用偶然作用作为结构设计的主导作用时，在允许结构出现局部构件破坏的情况下，应保证结构不致因偶然作用引起连续倒塌。

4.9.2 按照静力方法计算爆炸荷载时，应以静力荷载与动荷载的荷载效应等效为原则。

4.9.3 常规炸药爆炸的等效静力荷载，应在动力荷载的基础上按照内力等效原则乘以动力放大系数。

4.9.4 燃气爆炸的等效静力荷载，应考虑通口板面积和爆炸空间体积等因素的影响，按最不利条件取值。

4.9.5 撞击荷载的计算应根据撞击物的质量、速度、撞击时间和作用点加以确定。

4.9.6 当按照可靠资料确定偶然作用时，应保证实际工程符合资料规定的适用条件，并应有可靠的工程经验或必要的试验验证作为基础。

4.10 水流力和冰压力

4.10.1 对于港口工程、桥梁等承受水流作用的结构物，应计算水流力的作用。水流力应按下式计算：

$$F_w = C_w \frac{\rho}{2} V^2 A \quad (4.10.1)$$

式中 C_w ——水流阻力系数；

ρ ——水密度(t/m^3)淡水取 1.0，海水取 1.025；

V ——选定设计状况对应的水流流速(m/s)；

A ——计算构件在与流向垂直平面上的投影面积(m^2)。

4.10.2 水流阻力系数应根据梁、桁架、墩、柱等结构的外形确定。当不同结构、构件之间间距较近时，尚应考虑互相影响。

4.10.3 当水流力的作用方向与水流方向一致时，合力作用点位置应按下列规定计算：

- 1 上部构件：位于阻水面积形心处；
- 2 下部构件：顶面在水面以下时，位于顶面以下 1/3 高度处；顶面在水面以上时，位于水面以下 1/3 水深处。

4.10.4 作用在港口工程结构物上的冰荷载应计入：冰排运动中被结构物连续挤碎或滞留在结构前时产生的挤压力，孤立流冰块产生的撞击力，并排在斜坡结构物和锥体上因弯曲破坏和碎冰堆积所产生的冰力，与结构冻结在一起的冰因水位升降产生的竖向力，冻结在结构内、外的冰因温度变化对结构产生的温度膨胀力。

4.10.5 冰荷载应根据当地冰凌实际情况及港口工程的结构型式确定，对重要工程或难以计算确定的冰荷载应通过冰力物理模型试验等专门研究确定。

4.10.6 静冰压力作用点应取冰面以下冰厚 1/3 处。

4.10.7 冰冻期冰层厚度内的冰压力与水压力不应同时考虑。

4.11 其他作用

4.11.1 铁路列车竖向作用应按铁路的列车荷载图式确定。列车的水平作用应考虑离心力、制动力、牵引力和横向摇摆力。港口使用的运输重件的特种车辆，应据梁的计算跨度和运输重件重量对列车竖向作用进行调整。

- 4.11.2 铁路列车引起的气动压力和气动吸力，应作为移动面荷载施加于受影响的建筑结构上。
- 4.11.3 公路路面、桥涵设计时，车辆荷载应根据公路等级、车辆技术指标和荷载图式确定。作用在港口工程结构上的汽车荷载，应按实际选用的车型确定，并按其可能出现的情况进行排列。
- 4.11.4 最冷月份平均气温低于 -15°C 地区的隧道，以及位于永冻土及冻胀土（季节冻胀深度大于2m）的结构，应考虑冻胀力作用。冻胀力应根据当地的自然条件、围岩冬季含水量及排水条件等通过研究确定。
- 4.11.5 作用在港口工程结构上的堆货荷载标准值应根据堆存货种、装卸工艺确定的堆存情况，结合码头结构型式、地基条件、结构计算项目并考虑港口发展等综合分析确定。
- 4.11.6 港口和水工建筑物承受的波浪力，应按照直墙式、斜坡式、桩基和墩柱、高桩码头面板等不同结构形式，结合波浪形态和作用方式分别计算确定。当结构或地形复杂时，结构上的波浪力应通过模型试验等专门研究确定。
- 4.11.7 作用在固定式系船、靠船结构上的船舶荷载应计入：由风、水流和波浪产生的系缆力，风、水流和波浪产生的挤靠力，船舶靠岸时产生的撞击力和系泊船舶在波浪作用下产生的撞击力。
- 4.11.8 港口工程结构计算剩余水压力所采用的剩余水头应根据水位的变化、码头排水条件、填料的渗透性能等因素确定。
- 4.11.9 水工建筑设计时，应根据设计状况对应的计算水位确定静水压力和扬压力。扬压力的分布图形，应根据不同的水工结构型式，上、下游计算水位，地基地质条件及防渗、排水措施等情况确定。
- 4.11.10 作用在水工建筑物上的动水压力，应区分不同的水流状态。当水流脉动影响结构的安全或引起结构振动时，尚应计及脉动压力的影响。
- 4.11.11 地下结构是由围岩及其加固措施构成的统一体，设计时应考虑围岩的自稳能力和承载能力。围岩作用应根据岩体结构类型及其特征确定。
- 4.11.12 挡土建筑物的土压力应根据挡土结构的特点，分别按照主动土压力和静止土压力计算。挡水建筑物的淤沙压力，应根据河流水文泥沙特性、水库淤积平衡年限或设计工作年限、枢纽布置情况经计算确定。
- 4.11.13 对于工程结构在施工和使用期间可能出现、而本规范未规定的各类作用，应根据结构的设计工作年限、设计基准期和保证率，确定其量值大小。

附：起草说明

一、起草过程

本规范根据《住房城乡建设部关于印发2017年工程建设标准规范制修订及相关工作计划的通知》（建标函[2016]248号）的要求，由中国建筑科学研究院、住房和城乡建设部强制性条文协调委员会牵头起草编制而成。

本规范在起草过程中，总结了长期以来我国结构可靠性设计、各行业结构作用的实践经验和研究成果，借鉴了有关国家技术法规和国外先进标准，开展了多项专题研究、深化研究，对具体内容进行了反复讨论、协调和修改，于2018年11月，正式提出了《工程结构设计通用规范》（草案）。

二、起草单位、起草人员

（略）

三、术语

1. 设计工作年限

设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按预定目的使用的年限。

2. 设计状况

代表一定时段内实际情况的一组设计条件，设计应做到在该组条件下结构不超越有关的极限状态。

3. 持久设计状况

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工作年限为同一数量级。

4. 短暂设计状况

在结构施工和使用过程中出现概率较大，而与设计工作年限相比，其持续期很短的设计状况。

5. 偶然设计状况

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。

6. 地震设计状况

结构遭受地震时的设计状况。

7. 荷载工况

为特定的验证目的，一组同时考虑的固定可变作用、永久作用、自由作用的某种相容的荷载布置以及变形和几何偏差。

8. 极限状态

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，此特定状态为该功能的极限状态。

9. 承载能力极限状态

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。

10. 正常使用极限状态

对应于结构或结构构件达到正常使用的某项规定限值的状态。

11. 不可逆正常使用极限状态

当产生超越正常使用要求的作用卸除后，该作用产生的后果不可恢复的正常使用极限状态。

12. 可逆正常使用极限状态

当产生超越正常使用要求的作用卸除后，该作用产生的后果可以恢复的正常使用极限状态。

13. 抗力

结构或结构构件承受作用效应和环境影响的能力。

14. 极限状态法

不使结构超越某种规定的极限状态的设计方法。

15. 容许应力法

使结构或地基在作用标准值下产生的应力不超过规定的容许应力的设计方法。

16. 安全系数法

使结构或地基的抗力标准值与作用标准值的效应之比不低于某一规定安全系数的设计方法。

17. 作用

施加在结构上的集中力或分布力和引起结构外加变形或约束变形的原因。前者为直接作用，也称为荷载；后者为间接作用。

18. 作用效应

由作用引起的结构或结构构件的反应。

19. 永久作用

在设计所考虑的时期内始终存在且其量值变化与平均值相比可以忽略不计的作用；或其变化是单调的并趋于某个限值的作用。

20. 可变作用

在设计工作年限内其量值随时间变化，且其变化与平均值相比不可忽略不计的作用。

21. 偶然作用

在设计工作年限内不一定出现，而一旦出现其量值很大，且持续期很短的作用。

22. 地震作用

地震动对结构所产生的作用。

23. 作用代表值

设计中用以验算极限状态所采用的作用量值。它可以是作用的标准值或可变作用的组合值、频遇值和准永久值。

24. 设计基准期

为确定可变作用代表值而选用的时间参数。

25. 标准值

作用的基本代表值，为设计基准期内最大荷载统计分布的特征值。可根据对观测数据的统计、作用的自然界限或工程经验确定。

26. 组合值

对可变作用，使组合后的作用效应在设计基准期内的超越概率，能与该作用单独出现时的相应概率趋于一致的作用值；或组合后使结构具有规定可靠指标的作用值。可通过组合值系数对作用标准值的折减来表示。

27. 频遇值

对可变作用，在设计基准期内被超越的总时间为规定的较小比率或超越频率为规定频率的作用值。可通过频遇值系数对作用标准值的折减来表示。

28. 准永久值

对可变作用，在设计基准期内被超越的总时间为规定的较大比率的作用值。可通过准永久值系数对作用标准值的折减来表示。

29. 作用设计值

作用代表值与作用分项系数的乘积。

30. 作用组合；荷载组合

在不同作用的同时影响下，为验证某一极限状态的结构可靠度而采用的一组作用设计值。

31. 基本组合

承载能力极限状态计算时，永久作用和可变荷载的组合。

32. 偶然组合

承载能力极限状态计算时永久作用、可变荷载和一个偶然荷载的组合，以及偶然事件发生后受损结构整体稳定性验算时永久作用与可变荷载的组合。

33. 标准组合

正常使用极限状态计算时，采用标准值或组合值为荷载代表值的组合。

34. 频遇组合

正常使用极限状态计算时，对可变荷载采用频遇值或准永久值为荷载代表值的组合。

35. 准永久组合

正常使用极限状态计算时，对可变荷载采用准永久值为荷载代表值的组合。

36. 等效均布荷载

结构设计时，楼面上不连续分布的实际荷载，一般采用均布荷载代替；等效均布荷载系指其在结构上所得的荷载效应能与实际的荷载效应保持一致的均布荷载。

37. 基本雪压

雪荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上积雪自重的观测数据，经概率统计得出 50 年一遇最大值确定。

38. 基本风压

风荷载的基准压力，一般按当地空旷平坦地面上 10m 高度处 10min 平均的风速观测数据，经概率统计得出 50 年一遇最大值确定的风速，再考虑相应的空气密度，按贝努利（Bernoulli）公式确定的风压。

39. 体型系数

与建筑外形和风向相关的，表征建筑物在给定风速下平均风压大小的系数。

40. 温度作用

结构或结构构件中由于温度变化所引起的作用。

41. 基本气温

气温的基准值，取 50 年一遇月平均最高气温和月平均最低气温，根据历年最高温度月内最高气温的平均值和最低温度月内最低气温的平均值经统计确定。

42. 均匀温度

在结构构件的整个截面中为常数且主导结构构件膨胀或收缩的温度。

四、条文说明

1 总则

1.0.1 本规范制定的目的。本规范是以工程结构设计的目标和功能性能要求为基础，并提供可接受方案（能够满足目标和功能性能要求的技术方法或措施）的全文强制标准。

1.0.2 本规范是国家工程建设控制性底线要求，具有法规强制效力，必须严格遵守。

1.0.2 本规范的主要内容包含了工程结构设计的通用原则和作用取值，并且明确超出本规范规定之外的设计方法和作用的操作方法。

1.0.4 本规范是工程结构设计应遵守的基本准则，必须和其他结构设计的强制性规范配套使用。

2 基本规定

2.1.1 本条规定了结构设计应当包含的内容。

2.1.2 本条规定了结构必须满足安全性、适用性和耐久性三方面的要求。

2.1.3 本条规定了结构体系应当具有完整性和一定的容错能力，避免因为局部构件的失效导致结构整体失效。在某些偶然事件发生时，通常会造成结构局部构件失效，但如果结构设计不当，则可能因为局部的失效导致结构整体破坏，造成重大损失。因此结构体系传力路径的合理性完整性和整体稳

固性是结构设计时必须考虑的重要因素。

2.1.4 火灾是直接威胁到公众生命财产安全的重要风险因素。发生火灾时，结构特性与一般的使用条件下有很大差异。因此在结构设计时，除了应当满足第2.1.2条的三项基本要求之外，还必须考虑在突发火灾的情况下，结构能够在规定时间内提供足够承载力和整体稳固性，为现场人员疏散、消防人员施救创造条件，并避免因结构失效导致火灾在更大范围的蔓延。

2.1.5 为了保证结构的整体稳固性，在结构设计时应当采取适当的措施，主要包括了本条所规定的几个方面。所谓减少危险因素，是指在结构设计阶段采取各种预防措施，如设置防撞保护、管道燃气系统合理布局、通过质量管理减小人为错误等；所谓对危险因素不敏感的结构类型，主要是指通过合理的结构布局和受力路径，使结构在可能的危险因素作用下，不至出现过大的作用效应。

2.1.6 结构的耐久性是保证结构在设计工作年限内，能够正常使用的必要条件。而环境条件对耐久性具有重要影响，因此在结构设计阶段就应当对结构所处的环境条件进行评估并采取适当措施。

2.1.7 不同使用用途的结构，其结构体系、建筑布局和荷载取值都有很大差异，因此结构必须按照设计规定的用途使用。如果确实有变更使用用途的要求，则必须经过设计复核，并采取必要措施。

2.2.1 安全等级分三级，分别对应重要结构、一般结构和次要结构。结构的重要性，主要是根据破坏后果和结构的使用频率进行判断。欧洲标准EN1990附录B则根据“结构破坏后果”和“结构可靠性水准要求”两个角度规定了结构分类，和中国规范的分类要求基本相同。国际标准ISO22111第7条将结构分为四类，前三类与中国相同，增加的第四类是特例，其安全度水准需要根据项目实际情况设定。IBC的1604.5则将建筑结构的风险分析划分为四类，并且详细列举了各个类别的建筑结构类型。由于本规范面向的是所有工程结构，因此各行业领域的重要等级划分，可以按照本条的要求做出更为具体明确的分类规定。

2.2.2 结构部件的安全等级可以和结构整体有所不同，但此时设计文件中应当明确标明。

2.2.3 结构设计工作年限是影响结构设计的重要因素。使用年限不仅影响可变作用的量值大小，也影响着结构主材的选择。对于业主而言，只有确定了设计工作年限，才能对不同的结构方案和主材选择进行比较，优化结构全生命周期的成本，获得最佳解决方案。本条给出了各行业工程结构的设计工作年限分类和示例。

2.2.5 并非结构的所有构件都满足相同的设计工作年限要求，结构中某些需要定期更换的组成部分，可以根据实际情况确定设计工作年限，但在设计文件中应当明确标明。

2.3.1 本条明确了作用效应的确定方法，规定了结构分析时需要考虑的重要因素。本条是对结构分析最基本的要求。

2.3.2 本条对结构分析中采用的计算模型、简化假定和边界条件做出规定。结构分析所建立的模型是结构体系的简化处理。为了使其能够反映结构的真实反映，以便为结构设计提供合理准确的指导，必须掌握影响结构响应的最重要的因素，而忽略某些次要因素。这些重要因素包括：外形尺寸、材料特性、外部作用等等。在此过程中引入的简化或者假定，都应当有所依据，避免无根据的简化或假定对结构分析造成重大影响。在结构分析中，边界条件与结构模型同样重要，尤其是对于复杂的有限元分析和受力复杂的结构体系而言，边界条件的准确性直接影响到分析结果和实际情况的相符

程度。

2.3.3 在许多情况下，结构变形会引起几何参数名义值产生显著变异。一般称这种变形效应为几何非线性或二阶效应。如果这种变形对结构性能有重要影响，应与结构的几何不完整性一样在设计中加以考虑。

2.3.4 所谓动力作用，是指导致结构或结构部件产生了显著加速度的作用类型。结构本身的质量、强度、刚度和阻尼对动力作用下的响应有直接影响，因此在计算模型中必须包含这些结构特性。

2.3.5 正确的分析方法和分析理论，对于结构分析结果有重要影响。本条规定了选用不同分析方法需要考虑的因素。当结构的材料性能处于弹性状态时，一般可假定力与变形(或变形率)之间的相互关系是线性的，可采用弹性理论进行结构分析，这种情况下，分析比较简单，效率也较高；而当结构的材料性能处于弹塑性状态或完全塑性状态时，力与变形(或变形率)之间的相互关系比较复杂，一般情况下都是非线性的，这时应当采用弹塑性理论或塑性理论进行结构分析。

2.3.6 当承载力由脆性破坏时，塑性理论不适用。

2.4.1 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。

永久作用可分为以下几类：结构自重；土压力；水位不变的水压力；预应力；地基变形；混凝土收缩；钢材焊接变形；引起结构外加变形或约束变形的各种施工因素。

可变作用可分为以下几类：使用时人员、物件等荷载；施工时结构的某些自重；安装荷载；车辆荷载；起重机荷载；风荷载；雪荷载；冰荷载；多遇地震；正常撞击；水位变化的水压力；扬压力；波浪力；温度变化。

偶然作用可分为以下几类：撞击；爆炸；罕遇地震；龙卷风；火灾；极严重的侵蚀；洪水作用。

某些作用（如地震作用和撞击）既可作为可变作用，也可作为偶然作用，取决于场地条件和结构的使用条件。

2.4.2 作用按照其他特性分类，主要是要求结构设计人员在设计过程中，根据作用的特性对其进行适当的分类组合，并合理准确的加载。

2.4.3 虽然任何荷载都具有不同性质的变异性，但在设计中，不可能直接引用反映荷载变异性的各种统计参数，通过复杂的概率运算进行具体设计。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，对荷载仍应赋予一个规定的量值，称为荷载代表值。荷载可根据不同的设计要求，规定不同的代表值，以使之能更确切地反映它在设计中的特点。本规范给出荷载的四种代表值：标准值、组合值、频遇值和准永久值。荷载标准值是荷载的基本代表值，而其他代表值都可在标准值的基础上乘以相应的系数后得出。

荷载标准值是指其在结构的使用期间可能出现的最大荷载值。由于荷载本身的随机性，因而使用期间的最大荷载也是随机变量，原则上也可用它的统计分布来描述。荷载标准值统一由设计基准期最大荷载概率分布的某个分位值来确定。因此，对某类荷载，当有足够资料而有可能对其统计分

布作出合理估计时，则在其设计基准期最大荷载的分布上，可根据协议的百分位，取其分位值作为该荷载的代表值，原则上可取分布的特征值(例如均值、众值或中值)，国际上习惯称之为荷载的特征值(Characteristic value)。实际上，对于大部分自然荷载，包括风雪荷载，习惯上都以其规定的平均重现期来定义标准值，也即相当于以其重现期内最大荷载的分布的众值为标准值。

目前，并非对所有荷载都能取得充分的资料，为此，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(Nominal value)作为代表值。在本规范中，对按这两种方式规定的代表值统称为荷载标准值。

与永久作用和可变作用不同，偶然作用没有充分的统计信息，因此偶然作用的代表值需要根据结构设计使用确定。建筑和市政工程的地震作用，在全文强制标准《建筑与市政工程抗震技术规范》中》规定，而其他工程的地震作用则需要根据结构设计使用特点确定。

2.4.4 在确定各类可变荷载的代表值时，会涉及出现荷载最大值的时域问题，该时域长度即为“设计基准期”。本规范采用的设计基准期为50年。如果“设计基准期”更长，而可变作用取值和其他设计条件不变，则结构的可靠指标就降低了。因此本条规定，当设计基准期不同时，应当按照可靠指标一致的原则，对可变作用量值进行调整。

2.4.5 工业建筑结构中的工艺荷载，根据工艺要求不同差异很大，对结构设计的影响较大。本条规定了对于工艺荷载的提资要求，以保证荷载取值的准确性。

2.4.6 本条规定了各种不同的作用组合。不同设计方法采用的作用组合也有所不同，但究其实质，都是考虑结构在设计工作年限内可能出现的不同类型、不同量值的荷载同时作用的各种情况。因此本条将各种作用组合进行统一规定，再配合不同的设计表达式和相关系数取值进行结构设计。

基本组合是可变作用起控制作用的组合，其中起控制作用的可变作用一般需要轮次计算方能确定。基本组合与“分项系数表达的极限状态设计法”相对应，用于承载极限状态设计。

偶然组合是考虑偶然作用时的组合。

抗震设计的设计方法与作用组合较为特殊，需按照抗震设计要求执行。

标准组合与“分项系数表达的极限状态设计法”相对应时，用于正常使用极限状态设计。在采用容许应力和安全系数法设计时，通常也采用标准组合，但组合系数的取值有所区别。此外，有的采用容许应力法的设计规范还对“主力”、“主力+附力”作用下的结构验算做出不同限值规定，也可视为标准组合的不同情况。

频遇组合和准永久组合都是和“分项系数表达的极限状态设计法”相对应的，用于不同状态的设计验算。

2.4.7 本条规定了结构效应设计值的函数表达式。作用组合中的符号“ Σ ”和“+”均表示组合，即同时考虑所有作用对结构的共同影响，而不表示代数相加。

2.4.8 作用效应的函数表达式是作用效应的一般性表达，在实际工程设计时往往根据实际情况有所简化。最为常见的是当作用和作用效应是线性关系时，作用组合的效应可以直接表示为作用效应的组合，这为结构设计带来极大方便。但在应用时，必须注意作用和效应是否满足线性关系这一前提条件。

2.5.1 环境因素（如二氧化碳、氯化物和湿度等）会对材料特性有明显影响，进而可能对结构的安全性和适用性造成不利影响。这种影响因材料而异，因此要求结构设计时对此加以考虑。

2.5.2 材料性能实际上是随时间变化的，有些材料性能，例如木材、混凝土的强度等，这种变化相当明显。因此本条规定了材料性能应通过特定条件下的标准化测试方法确定。

2.5.3 用材料的标准试件试验所得的材料性能 f_{spe} ，一般说来，不等同于结构中实际的材料性能 f_{str} ，有时两者可能有较大的差别。例如，材料试件的加荷速度远超过实际结构的受荷速度，致使试件的材料强度较实际结构中偏高；试件的尺寸远小于结构的尺寸，致使试件的材料强度受到尺寸效应的影响而与结构中不同；有些材料，如混凝土，其标准试件的成型与养护与实际结构并不完全相同，有时甚至相差很大，以致两者的材料性能有所差别。所有这些因素一般习惯于采用换算系数或函数 K_0 来考虑，从而结构中实际的材料性能与标准试件材料性能的关系可用下式表示：

$$f_{str} = K_0 f_{spe}$$

由于结构所处的状态具有变异性，因此换算系数或函数 K_0 也是随机变量。

2.5.4 本条规定了试验数据不充分时，材料性能标准值的取值途径。

2.5.5 连接部位的几何参数不兼容，可能导致结构无法正常施工等严重后果。因此本条对公差的兼容性做出规定。

3 结构设计方法

3.1.1~3.1.2 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，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，如永久作用分项系数较小，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，使极限状态方法在建筑结构设计中得到全面实施，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。

3.2.1 本条是对极限状态的规定。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。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。

这两种极限状态有显著的差异。超过了结构的承载能力极限状态，导致的结果是结构失效，需要拆除或大修；而超过了正常使用极限状态，通常不会导致结构的破坏，在消除外部不利因素之后，结构一般还能继续正常使用（不过需要区分可逆和不可逆的正常使用状态）。

3.2.2 结构设计时，应针对各种设计状况和相关的承载能力极限状态、正常使用极限状态进行分析。其目的是要验证在各种内外部因素的条件下（作用、材料特性、几何形状），结构不会超过极限状态。当有充分依据表明，结构满足其中一种极限状态，另一种极限状态自然满足时，可以只验算起控制作用的极限状态。如果不能确定，则必须对两种状态分别进行计算和验算。

3.2.3 结构的作用、环境影响以及自身特性都是随时间变化的，设计状况代表了在一定时间段内结构的内外环境状态。需要根据结构的实际情况（使用条件、环境条件等）选择与此相对应的设计状况。

地震设计状况需要和偶然设计状况区别开来，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。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。

3.2.4 为了保证结构的安全性和适用性，结构设计时选定的设计状况，应当涵盖所能够合理预见到的各种可能性。承载能力涉及到结构安全和人身安全，因此各种设计状况下均应加以验算；而持久设计状况适用于结构正常使用时的情况，因此还应当进行正常使用极限状态设计。其他设计状况是否进行正常使用极限状态设计不做强制要求，可根据实际情况确定。

3.2.5 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。

3.2.6 本条规定了承载能力极限状态作用组合的具体操作要求。

3.2.7 所谓可逆的正常使用极限状态，是指在导致超出极限状态的因素移除之后，结构可以恢复正常的极限状态，比如超出极限状态要求的振动或临时性的位移等；而不可逆的正常使用极限状态，则

是指一旦超出极限状态，则结构不能再恢复正常，比如永久性的局部损坏，或永久变形）。不可逆的正常使用极限状态所采用的设计准则，与承载能力极限状态类似；而可逆的正常使用极限状态，其设计准则可根据实际情况确定。

3.2.8 本条规定了各种基本变量设计的确定方法。作用的设计值 F_d 一般可表示为作用的代表值 F_r 与作用的分项系数 γ_F 的乘积。对可变作用，其代表值包括标准值、组合值、频遇值和准永久值。组合值、频遇值和准永久值可通过对可变作用标准值的折减来表示，即分别对可变作用的标准值乘以不大于1的组合值系数 ψ_c 、频遇值系数 ψ_f 和准永久值系数 ψ_q 。

3.2.9 本条规定了承载能力极限状态的设计表达式。

3.2.10 本条规定了正常使用极限状态的设计表达式。

3.2.11 结构重要性系数 γ_0 是考虑结构破坏后果的严重性而引入的系数，对于安全等级为一级和三级的结构构件分别取1.1和0.9。可靠度分析表明，采用这些系数后，结构构件可靠指标值较安全等级为二级的结构构件分别增减0.5左右。考虑不同投资主体对建筑结构可靠度的要求可能不同，故本条仅规定重要性系数的下限值。

3.2.12 荷载效应组合的设计值中，荷载分项系数应根据荷载不同的变异系数和荷载的具体组合情况(包括不同荷载的效应比)，以及与抗力有关的分项系数的取值水平等因素确定，以使在不同设计情况下的结构可靠度能趋于一致。对永久作用系数 γ_G 和可变荷载系数 γ_Q 的取值，分别根据对结构构件承载能力有利和不利两种情况，做出了具体规定。考虑到标准值大于 4kN/m^2 的工业楼面活荷载，变异系数通常比较小，其分项系数规定为1.4。

在倾覆、滑移或漂浮等有关结构整体稳定性的验算中，永久作用效应一般对结构是有利的，荷载分项系数应取小于1.0的值。虽然各结构标准已经广泛采用分项系数表达方式，但对永久作用分项系数的取值，如地下水荷载的分项系数，各地方有差异，目前还不可能采用统一的系数。因此，本规范仅原则规定永久作用分项系数取不大于1.0的值，但不规定具体数值。

在“以概率理论为基础、以分项系数表达的极限状态设计方法”中，将对结构可靠度的要求分解到各种分项系数设计取值中，作用（包括永久作用、可变作用等）分项系数取值越高，相应的结构可靠度设置水平也就越高，但从概率的观点看，一个结构可靠与否是随机事件，无论其可靠度水平有多高，都不能做到100%安全可靠，总会有一定的失效概率存在，因此不可避免地存在着由于结构失效带来的风险（危及人的生命、造成经济损失、对社会或环境产生不利影响等），人们只能做到把风险控制在可接受的范围内。一般来说，可靠度设置水平越高风险水平就越低，相应的一次投资的经济代价也越高；相反，可靠度设置水平越低风险水平就越高，而相应的一次投资的经济代价则越低。在经济发展水平较低的时候，对结构可靠度的投入受到经济水平的制约，在保证“基本安全”的前提下，人们不得不承受较高的风险；而在经济发展水平较高的条件下，人们更多会选择具有较高投入的结构可靠度从而降低所承担的风险。

由于历史原因，国内各行业领域采用的分项系数有所不同。本条根据不同行业领域给出了分项系数的取值要求。

3.2.13 本条规定了设计工作年限的调整系数。确定 γ_L 可采用两种方法：(1)使结构在设计工作年限 T_L 内的可靠指标与在设计基准期 T 的可靠指标相同，(2)使可变荷载按设计工作年限 T_L 定义的标准值 Q_{kL} 与按设计基准期 T （50年）定义的标准值 Q_k 具有相同的概率分位值。按第二种方法进行分析比较简单，当可变荷载服从极值Ⅰ型分布时，可以得到 γ_L 的表达式：

$$\gamma_L = 1 + 0.78k_Q\delta_Q\ln(T_L/T)$$

式中， k_Q 为可变荷载设计基准期内最大值的平均值与标准值之比； δ_Q 为可变荷载设计基准期最大值的变异系数。下表给出了部分可变荷载对应不同设计工作年限时的调整系数，比较可知规范的取值基本偏于保守。

表 1 考虑设计工作年限的可变荷载调整系数 γ_L 计算值

设计工作年限（年）	5	10	20	30	50	75	100
办公楼活荷载	0.839	0.858	0.919	0.955	1.000	1.036	1.061
住宅活荷载	0.798	0.859	0.920	0.955	1.000	1.036	1.061
风荷载	0.651	0.756	0.861	0.923	1.000	1.061	1.105
雪荷载	0.713	0.799	0.886	0.936	1.000	1.051	1.087

对于风、雪荷载，可通过选择不同重现期的值来考虑设计工作年限的变化。对温度作用，还没有太多设计经验，考虑设计工作年限的调整尚不成熟。因此，可变荷载调整系数的具体数据，仅限于楼面和屋面活荷载。

根据表 1 计算结果，对表 2 中所列以外的其他设计工作年限对应的 γ_L 值，按线性内插计算是可行的。

对于荷载标准值不会随时间明显变化的荷载，如楼面均布活荷载中的书库、储藏室、机房、停车库，以及工业楼面均布活荷载等。不需要考虑设计工作年限调整系数。

3.3.1~3.3.3 虽然目前工程结构设计大多采用以概率理论为基础、以分项系数表达的极限状态设计方法，但某些工程领域仍采用传统的容许应力法和单一安全系数进行设计。作为工程结构设计领域的强制性通用规范，必须对此做出规定。本节规定了容许应力法和安全系数法的设计表达式。

4 结构作用

4.1.1 本条规定了结构自重荷载的确定方法。对于自重变异性较大的材料(如现场制作的保温材料、混凝土薄壁构件，尤其是制作屋面的轻质材料等)，考虑到结构的可靠性，在设计中应根据该荷载对结构有利或不利，分别取其自重的下限值或上限值。此外，要注意的是建筑吊顶以及地面、墙面建筑做法也是决定结构自重的重要因素。

4.1.2 对于位置固定的永久设备，其随时间的变异性很小，因此也作为永久作用处理。

4.1.3 荷载类型的判断，直接影响到分项系数的取值，进而影响到结构安全性。位置可以灵活布置的隔墙，从时间变异性上看与可变荷载类似，应按照楼面活荷载处理。

4.1.4 本条规定了土压力的计算原则。

4.1.5 预应力作为永久作用时，应当采用永存预应力。

4.2.1 本条规定了楼面和屋面活荷载的处理原则。

4.2.2 本条规定了民用建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数。规定的取值为设计时必须遵守的最低要求。如设计中有特殊需要，荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数的取值可以适当提高。

条文规定的各项活荷载适用于一般使用条件，当使用荷载较大、情况特殊或有专门要求时，应按实际情况提高荷载取值。

4.2.3 本条补充规定了消防车荷载的取值方法。

4.2.4 本条规定了工业建筑楼面均布活荷载的标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数。规定的取值为设计时必须遵守的最低要求。如设计中有特殊需要，荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数的取值可以适当提高。

4.2.5 本条规定了设计楼面梁、墙、柱及基础时的楼面均布活荷载的折减系数，为设计时必须遵守的最低要求。

作用在楼面上的活荷载，不可能以标准值的大小同时布满在所有的楼面上，因此在设计梁、墙、柱和基础时，还要考虑实际荷载沿楼面分布的变异情况，也即在确定梁、墙、柱和基础的荷载标准值时，还应按楼面活荷载标准值乘以折减系数。

折减系数的确定比较复杂，采用简化的概率统计模型来解决这个问题还不够成熟。目前除美国规范是按结构部位的影响面积来考虑外，其他国家均按传统方法，通过从属面积来考虑荷载折减系数。对于支撑单向板的梁，其从属面积为梁两侧各延伸二分之一的梁间距范围内的面积；对于支撑双向板的梁，其从属面积由板面的剪力零线围成。对于支撑梁的柱，其从属面积为所支撑梁的从属面积的总和；对于多层房屋，柱的从属面积为其上部所有柱从属面积的总和。

停车库及车道的楼面活荷载是根据荷载最不利布置下的等效均布荷载确定，因此本条文给出的折减系数，实际上也是根据次梁、主梁或柱上的等效均布荷载与楼面等效均布荷载的比值确定。

应注意的是，本条并未包含对消防车的活荷载的折减系数要求。对于消防车荷载的折减由设计人员根据具体情况灵活掌握。

条文中楼面梁的从属面积按梁两侧各延伸二分之一梁间距的范围内的实际面积确定。

4.2.6 本条规定了民用建筑屋面均布活荷载的标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数。规定的取值为设计时必须遵守的最低要求。如设计中有特殊需要，荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数的取值可以适当提高。应当注意的是：当上人的屋面兼作其他用途时，应按相应楼面活荷载采用；屋顶花园活荷载不包括花圃土石等材料自重。

4.2.7 本条是关于屋面积水荷载的规定。

4.2.8 本条规定了屋面直升机停机坪的屋面活荷载取值。

4.2.9 设计屋面板、檩条、钢筋混凝土挑檐、雨篷和预制小梁时，除了按第4.2.6条单独考虑屋面均布活荷载外，还应另外验算在施工、检修时可能出现在最不利位置上，由人和工具自重形成的集中荷载。对于宽度较大的挑檐和雨篷，在验算其承载力时，为偏于安全，可沿其宽度每隔1.0m考虑有一

个集中荷载在验算其倾覆时，可根据实际可能的情况，增大集中荷载的间距，一般可取2.5~3.0m。

4.2.10 本条对地下室顶板的施工荷载做出规定。地下室顶板等部位在建造施工和使用维修时，往往需要运输、堆放大量建筑材料与施工机具，因施工超载引起建筑物楼板裂缝甚至破坏时有发生，应该引起设计与施工人员的重视。

4.2.11 楼梯、看台、阳台和上人屋面等的栏杆在紧急情况下对人身安全保护的重要作用，因此本规范强制规定了栏杆荷载的最低取值要求。

4.2.13 本条规定了动力荷载的处理原则。

4.3.1~4.3.3 本节规定了不同工程领域人群荷载的取值。

4.4.2 各工厂设计的起重机械，其参数和尺寸各不相同，设计时应直接参照制造厂的产品规格作为设计依据。采用最大轮压还是最小轮压，应当根据起重机竖向荷载是否结构有利而定，按照最不利条件来选用。

4.4.3 起重机的水平荷载分纵向和横向两种，分别由起重机的大车和小车的运行机构在启动或制动时引起的惯性力产生。惯性力为运行重量与运行加速度的乘积，但必须通过制动轮与钢轨间的摩擦传递给厂房结构。因此，起重机的水平荷载取决于制动轮的轮压和它与钢轨间的滑动摩擦系数，摩擦系数一般为0.14。

4.4.4 本条规定了起重机荷载的组合值、频遇值及准永久值系数。处于工作状态的起重机，一般很少会持续地停留在某一个位置上，所以在正常条件下，起重机荷载的作用都是短时间的。但当空载起重机经常被安置在指定的某个位置时，计算起重机梁的长期荷载效应按本条文规定的准永久值采用。

4.5.1 本条规定了雪荷载的计算方法。

4.5.2 规定了基本雪压的取值原则。基本雪压 s_0 是根据全国672个地点的基本气象台(站)的最大雪压或雪深资料，经统计得到的50年一遇最大雪压，即重现期为50年的最大雪压。对雪荷载敏感的结构，例如轻型屋盖，考虑到雪荷载有时会远超过结构自重，此时仍采用雪荷载分项系数为1.40，屋盖结构的可靠度可能不够，因此对这种情况，规定提高雪压的取值标准。

4.5.3 本条规定了雪压值的计算方法。

4.5.4 由于实际屋面型式多种多样、情况千差万别，本条仅规定了积雪分布系数的基本取值原则和考虑的因素，但对具体取值不做规定。

4.5.5 暴露系数是与屋面形状无关的，反映屋面积雪效应的普适系数。理论分析还是模型试验都表明，由于风对积雪的吹蚀作用，屋面积雪总的来说会比地面积雪更少。周边越空旷、高风速发生的频率越高，屋面积雪被吹落的就更多。此外，只有风速在达到一定阈值之后，积雪才会发生飘移。由于雪粒子的粘结力随着气温增高而增高，因此气温也是影响风速阈值的重要因素。鉴于暴露系数的复杂性，本条仅规定了暴露系数的考虑因素和最低取值要求。

4.5.6 本条规定了雪荷载的组合值、频遇值和准永久值系数。

4.6.1 本条规定了风荷载的计算公式。对主要受力结构和围护结构的风荷载计算统一表示，通过风荷载放大系数来反映其区别。

4.6.2 横风向风荷载往往是超高层建筑主体结构设计时的控制荷载。本条规定了必须同时考虑顺风向和横风向荷载的各种情况。前2款给出了明确的判断指标，但由于横风向荷载的复杂性，即使不满足

这2种情况，横风向效应也可能非常显著，仍然需要设计人员在结构设计中考虑横风向荷载。

4.6.3 高层建筑和高耸结构的横风向荷载，其平均值接近0，不便于按照4.6.1的公式进行计算。因此需要通过风洞试验等专门研究或可靠资料加以确定。

4.6.4 建筑结构的风荷载非常复杂，本条列举了应当进行风洞试验的三种情况。

1. 体型复杂。这类建筑物或构筑物的表面风压很难根据规范的相关规定进行计算，一般应通过风洞试验确定其风荷载。

2. 周边干扰效应明显。周边建筑对结构风荷载的影响较大，主要体现为在干扰建筑作用下，结构表面的风压分布和风压脉动特性存在较大变化，这给主体结构和围护结构的抗风设计带来不确定因素。

3. 对风荷载敏感。通常是指自振周期较长，风振响应显著或者风荷载是控制荷载的这类建筑结构，如超高层建筑、高耸结构、柔性屋盖等。当这类结构的动力特性参数或结构复杂程度超过了荷载规范的适用范围时，就应当通过风洞试验确定其风荷载。

应注意的是，本条仅针对风荷载试验列举了常见的需要进行风洞试验的三种情况，并不意味着其他情况就完全不需要进行风洞试验。在条件允许的情况下，通过风洞试验确定建筑结构的风荷载是最准确的取值方法。

4.6.5 基本风压 w_0 是根据全国各气象台站历年来的最大风速记录，按基本风压的标准要求，将不同风速仪高度和时次时距的年最大风速，统一换算为离地 10m 高，自记 10min 平均年最大风速(m/s)，作为当地的基本风速，再按照贝努利公式计算的到的风压值。

4.6.6 中国幅员辽阔，不同地区风气候特征差异明显，一些地区最大风的主导风向非常明确。建筑结构在不同风向的大风作用下风荷载差别很大，考虑风向影响系数是科学合理的处理方法。本条规定了风向影响系数的计算原则和最低限值要求。

4.6.7 地貌类别是确定风压高度变化系数的前提条件。本条规定了判断地貌类别的基本原则。由于大气边界层的发展是渐进过程，因此需要考虑的上风向范围和建筑高度有关。

4.6.8 本条规定了高度变化系数的取值。其中标准地貌类别给出了风压高度变化的计算式，其他地貌则只给出了2个高度的高度变化系数的最低取值。结合高度变化系数单调递增的要求，相当于控制了各高度位置风压高度变化系数取值的下限值。标准地貌是基准，因此必须明确给出其表达式，而完全符合其他3类风压高度变化曲线的地貌并不多（有各种地貌类别的转换等情况），若作为强制要求在工程上就很难根据实际情况处理，因此仅给出最低取值要求。

4.6.9 本条规定了地形修正系数的取值要求。

4.6.10 体型系数是计算风荷载时的重要参数，其取值大小直接影响到结构安全。但由于建筑外形多种多样，所处环境千差万别，因此本规范仅对规定体型系数的取值原则做出规定。

4.6.11 不管是对于主要受力结构还是围护结构，风荷载都是随时间变化的，不能直接使用风荷载平均值进行设计。对于主要受力结构，除了考虑风压本身的脉动之外，还需要考虑风引起结构振动所带来的附加荷载；而围护结构刚度一般比较大，结构效应中通常不需要考虑共振分量。因此荷载规

范对于“主要受力结构”和“围护结构”的计算，分别采用了风振系数和阵风系数作为平均风荷载的放大倍数。本规范将二者统一为“风荷载放大系数”，并规定了二者的取值原则。

对于主要受力结构来说，中国荷载规范风振系数采用了与国外不同的理论体系和计算方法，规定了基于“等效风振力”的高层和高耸结构的风振系数取值，但并不适用于大跨屋盖结构。本条文对主要受力结构的风荷载放大系数不强制要求采用的计算方法，只规定需要考虑的因素，并规定了其取值的下限值。应当注意的是，1.2的放大系数只是主要受力结构的最低取值标准，在很多情况下并不能完全保证结构安全，不能作为一般性的取值要求看待。

对于围护结构而言，由于不需要考虑结构振动的影响，因此只需要考虑风压本身脉动的特性，这又和地形地貌、脉动风特性和流场特征因素有关。本条规定的围护结构风荷载放大系数下限值，假定了湍流度剖面取为负指数，且指数绝对值与平均风剖面指数相同。考虑湍流度的离散性，以及屋盖边缘、幕墙边缘等区域分离流动的影响，实际的风荷载放大系数可能会大于该值。因此本条将其规定为围护结构风荷载放大系数的最低取值标准。

4.6.12 工程实践中，不可能每个项目都通过风洞试验确定风荷载取值。因此本条规定了在采用可靠资料确定风荷载值时的限制条件。首先是应当保证相关资料中的规定完全符合工程实际情况，其次资料的数据应当已经应用于大量工程的实际设计，经过了实践考验。

4.6.13 本条规定了风荷载的组合值系数、频遇值系数和准永久值系数。

4.7.1 明确设计地震动参数确定的基本原则。

4.7.2 明确特别重要工程结构设计地震地震动参数的取值规定。《中华人民共和国防震减灾法》第三十五条规定，“重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程，应当按照国务院有关规定进行地震安全性评价，并按照经审定的地震安全性评价报告所确定的抗震设防要求进行抗震设防”。《建筑工程抗震设防分类标准》GB50223-2008第3.0.3条规定，对于特殊设防类（甲类）建筑工程，其地震作用应按批准的地震安全性评价的结果且高于本地区抗震设防烈度的要求确定。本条规定综合了上述要求。

4.7.3 明确设计地震动参数的调整内容和原则。无论现行的《中国地震动参数区划图》、还是工程场地地震动安全性评价报告，其给出的地震动参数，均是基于平坦、开阔的一般场地条件确定的，因此，对于具体的工程结构来说，上应考虑工程场址距潜在活动断裂带的距离（近场效应）、局部地形条件的影响（局部地形效应）、场地条件（场地效应）的影响等因素进行调整。本条规定了调整的内容，具体的调整办法由相关通过规范详细规定。

4.7.4 明确地震作用效应计算的基本原则，即地震动参数应按规定进行调整，计算模型应能反映结构的实际工作状态。

4.7.5 明确地震作用效应计算方法选择的基本原则。

4.7.6 明确地震作用的抗震概念调整原则，具体调整方法应根据工程结构的特点（规则性等）按相关通用规范的规定执行。

4.7.7 明确设计地震作用的底线要求，具体的底线规定按相关通用规范的规定执行。

4.8.1 本条规定了确定温度作用的基本原则。

4.8.2 本条规定了计算温度作用时的热膨胀系数应当采用线膨胀系数。

4.8.3 基本气温是气温的基准值，是确定温度作用所需最主要的气象参数。基本气温一般是以气象台站记录所得的某一年极值气温数据为样本，经统计得到的具有一定年超越概率的最高和最低气温。采用什么气温参数作为年极值气温样本数据，目前还没有统一模式。欧洲规范EN1991-1-5:2003采用小时最高和最低气温；国内在建筑结构设计中的基本气温并不统一，钢结构设计有的采用极端最高最低气温，混凝土结构设计有的采用月平均最高最低气温，这种情况带来的后果是难以用统一尺度评判温度作用下结构的可靠性水准，温度作用分项系数及其他各系数的取值也很难统一。因此本条将基本气温定义为50年重现期的月平均最高气温和月平均最低气温。

对于热传导速率较慢且体积较大的混凝土及砌体结构，结构温度接近当地月平均气温，可直接取用月平均最高气温和月平均最低气温作为基本气温。对于热传导速率较快的金属结构或体积较小的混凝土结构，它们对气温的变化比较敏感，这些结构要考虑昼夜气温变化的影响，必要时应对基本气温进行修正。气温修正的幅度大小与地理位置相关，根据工程经验及当地极值气温与月平均最高和最低气温的差值酌情确定。

4.8.4 本条规定了均匀温度作用的计算方法。均匀温度作用对结构影响最大，也是设计时最常考虑的，温度作用的取值及结构分析方法较为成熟。对室内外温差较大且没有保温隔热面层的结构，或太阳辐射较强的金属结构等，应考虑结构或构件的梯度温度作用，对体积较大或约束较强的结构，必要时应考虑非线性温度作用，对梯度和非线性温度作用的取值及结构分析目前尚没有较为成熟统一的方法。因此，本规范仅对均匀温度作用作出规定，其他情况设计人员可参考有关文献或根据设计经验酌情处理。

以结构的初始温度（合拢温度）为基准，结构的温度作用效应要考虑温升和温降两种工况。这两种工况产生的效应和可能出现的控制应力或位移是不同的，温升工况会使构件产生膨胀，而温降则会使构件产生收缩，一般情况都应校核。

气温和结构温度的单位采用摄氏度，零上为正，零下为负。温度作用标准值的单位也是摄氏度，温升为正，温降为负。

4.8.5 本条规定了建筑结构温度的确定原则。结构最高或最低平均温度一般是指结构在夏季或冬季的平均温度。影响结构平均温度的因素较多，需要结合施工和正常使用期间的实际情况加以确定。比如对于有围护的室内结构，需要考虑室内外温差的影响；对于暴露于室外的结构或施工期间的结构，需要依据结构的朝向和表面吸热性质考虑太阳辐射的影响。而地下室与地下结构的温度，还需要考虑离地面深度的影响。

4.8.6 本条规定了结构的初始气温确定原则。混凝土结构的合拢温度一般可取后浇带封闭时的月平均气温。钢结构的合拢温度一般可取合拢时的日平均温度，但当合拢时有日照时，应考虑日照的影响。结构设计时，往往不能准确确定施工工期，因此，结构合拢温度通常是一个区间值。这个区间值应包施工可能出现的合拢温度，即应考虑施工的可行性。

4.9.1 本条规定了偶然荷载的设计原则。建筑结构设计中，主要依靠优化结构方案、增加结构冗余度、

强化结构构造等措施，避免因偶然荷载作用引起结构发生连续倒塌。在结构分析和构件设计中是否需要考虑偶然荷载作用，要视结构的重要性、结构类型及复杂程度等因素，由设计人员根据经验决定。

结构设计中应考虑偶然荷载发生时和偶然荷载发生后两种设计状况。首先，在偶然事件发生时应保证某些特殊部位的构件具备一定的抵抗偶然荷载的承载能力，结构构件受损可控。此时结构在承受偶然荷载的同时，还要承担永久作用、活荷载或其他荷载，应采用结构承载能力设计的偶然荷载效应组合。其次，要保证在偶然事件发生后，受损结构能够承担对应于偶然设计状况的永久作用和可变荷载，保证结构有足够的整体稳定性，不至因偶然荷载引起结构连续倒塌，此时应采用结构整体稳定验算的偶然荷载效应组合。

4.9.2~4.9.4 本条规定了爆炸荷载的计算原则。

4.9.5 本条规定了撞击荷载的计算原则。

4.9.6 本条规定了在采用可靠资料确定偶然荷载时的限制条件。首先是应当保证工程符合资料规定的前提条件，其次资料的数据应当已经应用于大量工程的实际设计经过了实践考验，或者有必要的试验验证作为佐证材料。

4.10.1~4.10.3 水流作用在港口工程和桥梁工程中常见荷载。本节规定了水流作用的计算公式和水流阻力系数的考虑因素。

4.10.4~4.10.7 这四条规定了港口工程结构物上的冰荷载应当考虑的各种情况以及确定其量值大小的原则。

4.11.1~4.11.12 本节规定了应用于专门行业领域的部分作用。主要包括铁路列车作用、公路汽车荷载、冻胀力、波浪力；水工领域常见的静水压力、扬压力、动水压力、围岩作用和淤沙压力等。

4.11.13 本条规定了确定作用量值大小的一般原则。