



第三章 近似概率理论的极限状态设计法

3.1 极限状态

3.2 极限状态设计法

3.3 实用设计法



3.1 极限状态

3.1.1 结构上的作用、效应、抗力

3.1.2 结构的功能

3.1.3 极限状态

3.1.4 极限状态方程



3.1.1 结构上的作用、效应、抗力

作用： 所有引起结构产生内力或变形的各种因素的总合。

分类： 直接作用（荷载）和间接作用（混凝土的收缩、温度变化、基础的差异沉降、地震等）。

效应： 作用在结构上产生的内力（如弯矩、剪力、轴向力、扭矩等）、变形、裂缝等统称为作用效应

抗力： 结构抵抗作用效应的能力。

随机性： 作用、效应和抗力都具有随机性。



3.1.2 结构的功能

结构的安全等级

安全等级	破坏后的影响程度	建筑物的类型
一级	很严重	重要的建筑物
二级	严重	一般的建筑物
三级	不严重	次要的建筑物

结构的设计使用年限

结构的设计使用年限是指设计规定的结构或结构构件不需要进行大修即可按其预定功能使用的时期。设计年限可按《建筑结构可靠度设计统一标准》确定，也可按经过主管部门批准的业主要求确定。一般建筑结构的设计使用年限为**50**年。

注意：区别建筑物的设计使用年限与建筑物的使用寿命



3.1.2 结构的功能

结构的功能要求

安全性：结构在正常施工和使用时应能承受可能出现的各种荷载及外部作用，以及在偶然事件发生时及发生后能保持必需的整体稳定性。

适用性：满足使用要求。不发生过大的变形、振动，或产生让使用者感到不安的过大的裂缝宽度。

耐久性：结构在正常维护下，结构的承载力和刚度不应随时间有过大的降低，能满足预定功能要求。



3.1.3 极限状态

极限状态定义

结构或其部分达到一个特定的状态就不能预定的某一功能要求，此特定状态就称为极限状态。

“规范”将极限状态分为二类：承载力极限状态、正常使用极限状态。

极限状态的特点：

- 1、极限状态与要求相关，不同要求对应不同的极限状态。
- 2、不同的结构或构件有不同的极限状态。



3.1.3 极限状态

承载力极限状态（对应安全性要求）

- 1、结构或构件达到最大承载力（包括疲劳）
- 2、结构整体或其中一部分作为刚体失去平衡（如倾覆、滑移）
- 3、结构塑性变形过大而不适于继续使用
- 4、结构形成几何可变体系（超静定结构中出现足够多塑性铰）
- 5、结构或构件丧失稳定（如细长受压构件的压曲失稳）



3.1.3 极限状态

正常使用极限状态（对应适用性、耐久性要求）

- 1、过大的变形、侧移（影响非结构构件、不安全感、不能正常使用（吊车）等）
- 2、过大的裂缝（钢筋锈蚀、不安全感、漏水等）
- 3、过大的振动（不舒适）
- 4、其他正常使用要求



3.1.4 极限状态方程

令：S—荷载效应；R—结构抗力；

Z—状态（功能）函数。

则： $Z=R-S$ 对应有：

$Z=R-S>0$ 时， 结构处于可靠状态

$Z=R-S=0$ 时， 结构达到极限状态

$Z=R-S<0$ 时， 结构处于失效（破坏）状态

注：1、结构设计的任务就是寻找 $Z>0$ 的最经济的方案。

2、计算或确定R、S的值是结构设计的主要工作，其中S由结构力学方法确定，本课程的主要任务是确定R的值。



3.2 极限状态设计法

3.2.1 结构的可靠性与可靠度

3.2.2 可靠指标



3.2.1 结构的可靠性与可靠度

结构可靠性

安全性、适用性和耐久性的总称就是指结构在规定的使用期限内（设计工作寿命=50年），在规定的条件下（正常设计、正常施工、正常使用和维护），完成预定结构功能的能力。

结构可靠度

由于作用、效应和抗力都具有随机性，结构可靠性需要采用概率来度量，称之为结构可靠度。

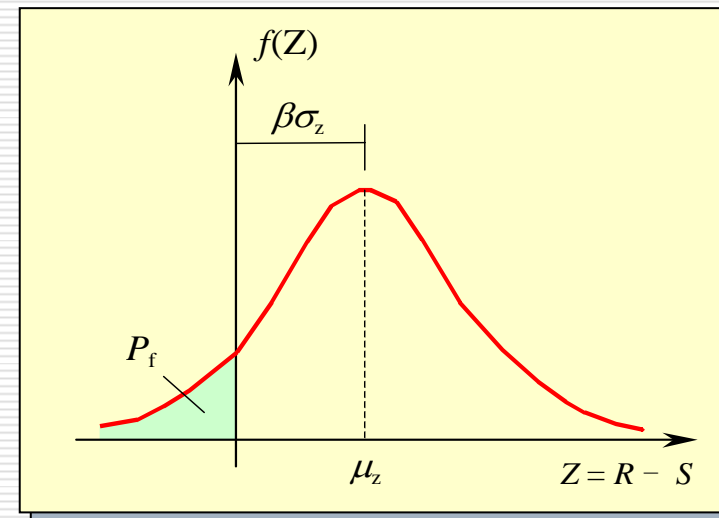


3.2.2 可靠指标

可靠指标

$$P_f = P(S > R) = P(Z < 0)$$

$$P_f \Leftrightarrow \beta = \frac{\sigma_Z}{\mu_Z}$$



β —可靠指标

β 值	2.7	3.2	3.7	4.2
失效概率 P_f	3.5×10^{-3}	6.9×10^{-4}	1.1×10^{-4}	1.3×10^{-5}



3.2.2 可靠指标

目标可靠指标

承载力极限状态的目标可靠指标 $[\beta]$

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



3.3 实用设计法

3.3.1 承载能力极限状态

3.3.2 正常使用极限状态

3.3.3 荷载代表值



3.3.1 承载能力极限状态

承载能力极限状态设计表达式

$$\gamma_0 S \leq R$$

式中 S —— 内力组合设计值，取基本组合

γ_0 —— 结构构件的重要性系数

对一、二、三级分别取1.1, 1.0, 0.9

R —— 结构构件的承载力设计值

$$R = R(\cdot) = R(f_c, f_s, \alpha_k, \dots)$$



3.3.2 正常使用极限状态

- 结构或构件超过正常使用极限状态时所造成的财产和生命损失小于超过承载力极限状态的后果，故其可靠度指标要低一些。在荷载效应及结构抗力计算中均 **采用标准值**
- 结构或构件在持荷作用下，其裂缝和变形会随时间的推移而发展，因此讨论其荷载组合时应考虑 **短期效应** 和 **长期效应** 的组合。



3.3.2 正常使用极限状态

- 荷载的标准组合 S_k :

$$S_s = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik}$$

- 荷载的准永久组合 S_q :

$$S_l = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik}$$

式中， ψ_{qi} ——第*i*个可变荷载的准永久值系数

$$\psi_{qi} = \frac{\text{可变荷载的准永久值}}{\text{可变荷载标准值}}$$



3.3.3 荷载代表值

荷载标准值、设计值

强度标准值、设计值

结构设计方法的进展