

公路工程结构可靠度 设计统一标准

Unified standard for reliability design of
highway engineering structures



1999-06-10 发布

1999-10-01 实施

国家质量技术监督局
中华人民共和国建设部 联合发布

中华人民共和国国家标准

公路工程结构可靠度
设计统一标准

**Unified standard for reliability design of
highway engineering structures**

GB/T 50283—1999

主编部门：中华人民共和国交通部

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1999年10月1日

1999 北 京

关于发布国家标准《公路工程结构 可靠度设计统一标准》的通知

建标〔1999〕151号

根据国家计委《一九八七年工程建设标准规范制订修订计划》（计综〔1986〕2630号文附件八）的要求，由交通部会同有关部门共同制订的《公路工程结构可靠度设计统一标准》，经有关部门会审，批准为推荐性国家标准，编号为 **GB/T 50283—1999**，自 1999 年 10 月 1 日起施行。

本标准由交通部负责管理，交通部公路规划设计院负责具体解释工作，建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国建设部

1999 年 6 月 10 日

前 言

本标准是根据国家计委计综〔1986〕2630号文的要求，由交通部负责主编，具体由交通部公路规划设计院会同交通部公路科学研究所等八个单位共同编制而成。经建设部1999年6月10日以建标〔1999〕151号文批准发布。

在本标准编制过程中，编制组在总结实践经验和科研成果的基础上，主要对结构功能要求、结构可靠度和结构设计安全等级，结构极限状态、设计状况、目标可靠指标，作用的分类、统计特性、代表值、效应组合，材料与岩土性能和结构几何参数的统计参数、标准值，结构分析与试验，极限状态设计表达式、分项系数，质量管理 and 控制等方面作了规定，并广泛征求了全国有关单位的意见。最后由交通部会同有关部门审查定稿。

鉴于本标准系初次编制，在执行过程中，希望各单位结合工程实践和科学研究，认真总结经验，注意积累资料，如发现需要修改和补充之处，请将意见和有关资料寄交通部公路规划设计院（地址：北京东四前炒面胡同33号，邮政编码：100010），以供今后修订时参考。

本标准主编单位、参编单位和主要起草人：

主 编 单 位：交通部公路规划设计院

参 编 单 位：交通部公路科研所

同济大学

交通部重庆公路科研所

西安公路交通大学

重庆交通学院

湖南大学

吉林省交通科研所

福建师范大学

主要起草人：郑绍珪 沙庆林 姚祖康 林忠民 李扬海
郭修武 鲍卫刚 逯一新 邹天一 程翔云
李玉良 徐光辉 邓卫东 张书廷 张士铎
黄征宇 陈祥宝 谈至明 李晓松 唐伯明
王旭东 李正熔 刘庆成 陈谦应

目 次

1 总 则 (1)

2 术语和符号 (3)

2.1 术 语 (3)

2.2 符 号 (5)

3 极限状态设计原则 (8)

3.1 一般规定 (8)

3.2 极限状态方程 (9)

3.3 结构的可靠指标 (10)

4 结构上的作用 (12)

4.1 一般规定 (12)

4.2 作用的分类 (12)

4.3 作用的随机特性和基本设计参数 (13)

4.4 作用效应及其组合 (14)

5 材料与岩土的性能和结构的几何参数..... (16)

5.1 材料与岩土的性能 (16)

5.2 结构的几何参数 (16)

6 结构分析与试验 (18)

7 极限状态设计方法 (19)

7.1 一般规定 (19)

7.2 极限状态设计表达式 (20)

8 质量管理和控制 (23)

本标准用词说明 (25)

1 总 则

1.0.1 为了统一公路工程结构设计的基本原则，使公路工程各类结构设计符合技术先进、安全可靠、适用耐久、经济合理的要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于公路桥梁整体结构及结构构件，高速、一级和二级公路路面等结构的设计，也适应于结构的施工阶段及使用阶段。其他道路工程结构可参照执行。

1.0.3 本标准按照国家标准《工程结构可靠度设计统一标准》GB50153—92的基本原则编制。本标准规定的设计原则和方法是编制公路工程各类结构规范应遵守的共同准则。

1.0.4 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称为结构可靠度。

1.0.5 公路工程结构的设计基准期 T 应采用：桥梁结构 100 年；水泥混凝土路面结构不大于 30 年，沥青混凝土路面结构不大于 15 年。

1.0.6 公路工程结构必须符合下列功能要求：

- 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 在预计的偶然事件发生时及发生后，仍能保持必需的整体稳定性。

1.0.7 公路工程结构的设计安全等级，应根据结构破坏可能产生的后果的严重程度划分为三个等级，并应符合表1.0.7的规

表 1.0.7 公路工程结构的设计安全等级

安全等级	路面结构	桥涵结构
一 级	高速公路路面	特大桥、重要大桥
二 级	一级公路路面	大桥、中桥、重要小桥
三 级	二级公路路面	小桥、涵洞

对于有特殊要求的公路工程结构，其安全等级可根据具体情况另行确定。

1.0.8 同一技术等级公路的路面结构宜取相同的安全等级；必要时部分地段的设计安全等级可降低一级。公路桥梁结构构件的安全等级宜与整体结构相同；必要时也可作部分调整，但调整后的级差不得超过一级。

1.0.9 公路工程结构均应具有规定的可靠度。在勘察、设计、施工及使用阶段应根据设计可靠度进行有效的质量管理和控制；相应的规范应按本标准的要求对质量管理和控制作出具体规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 可靠性 reliability

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。它包括结构的安全性、适用性和耐久性。

2.1.2 设计基准期 design reference period

在进行结构可靠性分析时，考虑持久设计状况下各项基本变量与时间关系所取用的基准时间参数。

2.1.3 安全等级 safety classes

为使结构具有合理的安全性，根据工程结构破坏所产生后果的严重程度而划分的设计等级。

2.1.4 设计状况 design situations

代表一定时段的一组物理条件，设计时必须做到使结构在该时段内不超越有关的极限状态。

2.1.5 极限状态方程 limit state equation

在结构或构件处于极限状态时，各有关基本变量的关系式。

2.1.6 基本变量 basic variables

影响结构可靠度的各主要变量。它们一般是随机变量。

2.1.7 结构功能函数 function of structural performance

用来描述结构完成功能状况的、以基本变量为自变量的函数。

2.1.8 校准法 calibration method

通过对现存结构或以往设计规范隐含可靠度水平的反演分析，以确定结构设计时采用的目标可靠指标的方法。

2.1.9 可靠指标 β reliability index β

度量结构可靠性的一种由 $\beta = -\Phi^{-1}(p_f)$ 定义的数量指标, 其中 $\Phi^{-1}(\cdot)$ 为标准正态分布反函数。标准规定的作为结构设计依据的可靠指标称为目标可靠指标。

2.1.10 随机过程 stochastic processes

随连续时间参数变化的随机变量。可用随机过程概率模型来描述。

2.1.11 概率分布 probability distribution

随机变量统计规律的描述, 一般用概率密度函数或概率分布函数表示。

2.1.12 统计参数 statistical parameter

一般指随机变量的数字特征, 如平均值、标准差、变异系数等。

2.1.13 分位值 fractile

与随机变量分布函数的某一概率相应的变量值。

2.1.14 作用代表值 representative value of actions

结构或结构构件设计时, 针对不同设计目的所采用的作用规定值, 它包括作用标准值、准永久值、频遇值等。

2.1.15 作用效应组合 combination for action effects

结构上几种作用分别产生的效应的随机叠加。

2.1.16 几何参数附加值 additive geometrical quantity

实际结构或结构构件的几何参数因与标准值存在偏差而采用的调整值。

2.1.17 抗力 resistance

结构或结构构件承受作用效应的能力, 包括承载能力、刚度、抗裂度等。

2.1.18 结构重要性系数 coefficient for importance of structure

对不同安全等级的结构，为使其具有规定的可靠度而采用的分项系数。

2.1.19 作用效应组合系数 coefficient for combination of action effects

在作用效应组合中，由于几个独立可变作用效应最不利值同时出现的概率较小而对作用采用的折减系数。

2.1.20 分项系数 partial safety factor

用概率极限状态设计法设计时，为保证所设计的结构具有规定的可靠度，而在设计表达式中采用的系数。分为作用分项系数和抗力分项系数两类。

2.1.21 可靠度系数 reliability coefficient

用概率极限状态设计法设计时，为保证所设计的结构具有规定的可靠度，而在设计表达式中采用的单一综合系数。

2.2 符 号

2.2.1 结构可靠性有关符号

p_f ——结构的失效概率

p_s ——结构可靠度（可靠概率）

R ——结构或结构构件的抗力

S ——作用效应

T ——结构的设计基准期

X_i ——第 i 个基本变量

Z ——结构的功能函数

β ——结构的可靠指标

μ_R ——结构或结构构件抗力的平均值

σ_R ——结构或结构构件抗力的标准差

δ_R ——结构或结构构件抗力的变异系数

μ_S ——作用效应的平均值

σ_s ——作用效应的标准差

δ_s ——作用效应的变异系数

2.2.2 作用及作用效应有关符号

F ——结构上的作用

G ——永久作用

G_k ——永久作用标准值

Q ——可变作用

Q_k ——可变作用标准值

S_k ——作用标准值效应

S_d ——作用设计值效应

2.2.3 材料、岩土性能和几何参数有关符号

a ——结构或结构构件的几何参数

a_k ——结构或结构构件几何参数标准值

a_d ——结构或结构构件几何参数设计值

f ——结构材料、岩土性能

f_k ——材料、岩土性能标准值

f_d ——材料、岩土性能设计值

μ_f ——材料、岩土性能的平均值

δ_f ——材料、岩土性能的变异系数

Δa ——结构或结构构件的几何参数附加值

μ_a ——结构或结构构件的几何参数平均值

δ_a ——结构或结构构件几何参数的变异系数

2.2.4 结构极限状态设计式有关符号

S_{Gik} ——第 i 个永久作用标准值的效应

S_{Gid} ——第 i 个永久作用设计值的效应

S_{Qik} ——含有冲击系数的汽车荷载标准值的效应

S_{Qid} ——含有冲击系数的汽车荷载设计值的效应

- S_{Qk} ——除汽车荷载外第 j 个其他可变作用标准值的效应
 S_{Qd} ——除汽车荷载外第 j 个其他可变作用设计值的效应
 S_{Qi} ——第 i 个可变作用标准值的效应
 γ_0 ——结构重要性系数
 γ_a ——结构或结构构件几何参数的分项系数
 γ_m ——作用的分项系数
 γ_f ——结构材料、岩土性能的分项系数
 γ_{Gi} ——第 i 个永久作用的分项系数
 γ_{Q1} ——汽车荷载的分项系数
 γ_{Qj} ——除汽车荷载外第 j 个其他可变作用的分项系数
 γ_s ——作用效应计算模式不定性系数
 γ_R ——结构或结构构件抗力计算模式不定性系数
 γ_r ——路面结构的可靠度系数
 Ψ_c ——除汽车荷载外，其他可变作用效应组合时的组合系数
 S_{sd} ——作用短期效应组合设计值
 S_{ld} ——作用长期效应组合设计值
 Ψ_{1j} ——第 j 个可变作用的频遇值系数
 Ψ_{2j} ——第 j 个可变作用的准永久值系数

3 极限状态设计原则

3.1 一般规定

3.1.1 整体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时,此特定状态为该功能的极限状态。

对结构的各种极限状态均应有明确的限制或规定。

3.1.2 公路工程结构宜按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。这两种极限状态应符合下列规定:

1 承载能力极限状态是指对应于结构、结构构件达到最大承载能力或出现不适于继续承载的变形或变位的状态。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) 结构或结构的一部分作为刚体失去平衡;
- 2) 结构、结构构件或其连接因超过材料强度而破坏,或因过度的塑性变形而不能继续承载;
- 3) 结构转变为机动体系;
- 4) 结构或结构构件丧失稳定。

2 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的某项限值的状态。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的局部损坏;
- 3) 影响正常使用的振动;
- 4) 影响正常使用的其他特定状态。

3.1.3 公路工程结构宜根据不同种类的作用及其对结构的影响和结构所处环境条件，分为以下三种设计状况：

1 持久状况。结构建成后承受自重、车辆荷载等持续时间很长的状况。

2 短暂状况。结构施工过程中承受临时性作用的状况。

3 偶然状况。在结构使用过程中偶然出现的状况。

3.1.4 公路工程结构应按各自情况确定设计状况，并据此选定极限状态和相应的结构计算模式、作用和材料性能设计值及结构目标可靠指标进行设计。

3.1.5 当需要考虑偶然设计状况时，可仅按承载能力极限状态对主要承重结构采用下列原则之一进行设计或采取防护措施：

1 主要承重结构不致因非主要承重结构发生破坏而导致丧失承载能力；

2 允许主要承重结构发生局部破坏，但其剩余部分在一段时间内不发生连续倒塌。

3.2 极限状态方程

3.2.1 结构的极限状态采用下列极限状态方程来描述：

$$Z = g(X_1, X_2, \dots, X_n) = 0 \quad (3.2.1-1)$$

式中 X_i ($i=1, 2, \dots, n$) ——影响结构的基本变量；

Z 或 $g(\cdot)$ ——结构的功能函数。

结构极限状态方程中的基本变量包括作用、材料和岩土性能、结构几何参数、计算模式不定性等随机变量。

极限状态方程中的若干变量也可组合为作用效应和结构抗力两个综合变量，此时极限状态方程可表达为：

$$Z = g(R, S) = R - S = 0 \quad (3.2.1-2)$$

式中 R ——结构或结构构件的抗力；

S ——作用的效应。

3.2.2 结构按极限状态设计时应符合下列要求：

$$Z = g(X_1, X_2, \dots, X_n) \geq 0 \quad (3.2.2-1)$$

或

$$Z = g(R, S) = R - S \geq 0 \quad (3.2.2-2)$$

3.3 结构的可靠指标

3.3.1 结构不能完成预定功能的概率称为失效概率。结构的失效概率可以下列公式表达：

$$p_t = P[g(X_1, X_2, \dots, X_n) < 0] \quad (3.3.1-1)$$

结构的可靠度（即可靠概率） p_s 与失效概率 p_t 有以下关系：

$$p_s = 1 - p_t \quad (3.3.1-2)$$

结构的可靠指标 β 与失效概率 p_t 有以下关系：

$$\beta = -\Phi^{-1}(p_t) \quad (3.3.1-3)$$

式中 $\Phi^{-1}(\cdot)$ ——标准正态分布的反函数。

3.3.2 结构和结构构件的可靠指标应根据基本变量的概率分布类型和统计参数进行计算。当极限状态方程仅含有作用效应和结构抗力两个相互独立的综合变量时，结构和结构构件的可靠指标 β 应按下列公式计算：

$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \quad (3.3.2)$$

式中 μ_R 、 σ_R ——结构或结构构件综合抗力的平均值与标准差；

μ_S 、 σ_S ——作用效应的平均值与标准差。

3.3.3 公路工程结构设计应以规定的目标可靠指标为依据。目标可靠指标按照“校准法”并结合工程经验和经济优化原则判断确定。

按持久状况进行承载能力极限状态设计时，公路桥梁结构的目标可靠指标应符合表 3.3.3-1 的规定；路面结构的目标可靠指标应符合表 3.3.3-2 的规定。

当有特殊要求时，结构的目标可靠指标可不受本条规定的限

制。
按偶然状况进行承载能力极限状态设计时，公路桥梁结构的目标可靠指标应符合有关规范的规定。

表 3.3.3-1 公路桥梁结构的目标可靠指标

结构安全等级 构件破坏类型	一级	二级	三级
延 性 破 坏	4.7	4.2	3.7
脆 性 破 坏	5.2	4.7	4.2

注：1 表中延性破坏系指结构构件有明显变形或其他预兆的破坏；脆性破坏系指结构构件无明显变形或其他预兆的破坏；
2 当有充分依据时，各种材料桥梁结构设计规范采用的目标可靠指标值，可对本表的规定值作幅度不超过±0.25 的调整。

表 3.3.3-2 路面结构的目标可靠指标

结构安全等级	一级	二级	三级
目标可靠指标	1.64	1.28	1.04

注：与表中目标可靠指标安全等级一级、二级、三级相应的目标可靠度，分别为 95%、90%、85%。

3.3.4 按正常使用极限状态设计时，公路工程结构的目标可靠指标可根据不同类型结构的特点和工程经验确定。

4 结构上的作用

4.1 一般规定

4.1.1 结构上的作用应分为直接作用和间接作用。直接作用为直接施加于结构上的集中力或分布力；间接作用为引起结构外加变形或约束变形的地震、基础变位、温度和湿度变化、混凝土收缩和徐变等。直接作用又称为荷载。

4.1.2 结构上的各种作用，若在时间上或空间上可认为相互随机独立，则每一种作用都可按对结构单独的作用分别考虑。若某些作用是随机相关的，且经常以它们的最大值同时出现，则可将它们按一种作用考虑。

4.2 作用的分类

4.2.1 作用按随时间变化可分为永久作用、可变作用和偶然作用三类，并应符合下列规定：

1 永久作用。在设计基准期内量值不随时间而变化，或其变化值与平均值比较可忽略不计，包括结构自重、土重和土侧压力、混凝土收缩和徐变、水位不变的水压力、浮力、基础变位、预加应力等。

2 可变作用。在设计基准期内量值随时间而变化，且变化值与平均值比较不可忽略，包括车辆荷载及其冲击力、离心力和制动力、人群荷载、车辆荷载产生的土侧压力、风荷载、温度和湿度变化、水位变化的水压力和冰压力等。

3 偶然作用。在设计基准期内出现的概率很小，一旦出现，其值很大且持续时间很短。例如罕遇地震、车辆或船舶撞击力等。

4.2.2 作用按空间位置变化可分为固定作用和自由作用两类，并应符合下列规定：

1 固定作用。在结构空间上具有固定位置的作用，包括结构自重、固定设备自重等。

2 自由作用。在结构空间的一定范围内可改变位置的作用，包括车辆荷载、人群荷载等。

4.2.3 作用按对结构的反应可分为静态作用和动态作用两类，并应符合下列规定：

1 静态作用。在结构上不产生加速度或产生的加速度可忽略不计的作用，包括结构自重等。

2 动态作用。在结构上产生不可忽略加速度的作用，包括汽车荷载、地震等。

4.3 作用的随机特性和基本设计参数

4.3.1 结构上的可变作用随时间变化的规律宜用随机过程概率模型来描述。汽车荷载随机过程可模型化为滤过泊松过程或伽马——更新过程。其他作用则可采用等时段的矩形波函数或合适的其他随机过程概率模型。

在结构的概率极限状态设计中，均可将随机过程概率模型转化为随机变量概率模型来描述。

4.3.2 作用的各种统计参数和概率分布类型应以实际观测或试验数据为基础，运用参数估计和概率分布假设检验方法确定。当受条件限制而统计资料不足时，也可结合工程经验分析判断确定。

4.3.3 结构应根据不同极限状态的设计要求，选用不同的作用代表值。

永久作用 G 的代表值采用标准值；可变作用的代表值应采用标准值、频遇值或准永久值。当设计上有特殊要求时，公路工程各类结构的设计规范尚可规定作用的其他代表值。

4.3.4 结构按承载能力极限状态设计时应采用作用标准值。

4.3.5 在一般情况下，结构自重标准值可由设计尺寸与材料重力密度标准值的乘积计算。对于某些自重变异较大的材料或结构构件，其自重标准值应经统计分析并取概率分布的某一分位值确定：当自重增大对结构不利时，取概率分布的高分位值；当自重减小对结构不利时，取概率分布的低分位值。

4.3.6 汽车车队荷载的标准值可用具有一定压力强度的分布力和集中力图式表示。按该图式计算的荷载效应，应与汽车车队经统计所得的荷载效应设计基准期最大值概率分布的 **0.95** 分位值等效。

设计路面结构时，应采用标准轴载作为标准值。

4.3.7 结构按正常使用极限状态下长期效应组合设计时，可变作用应采用准永久值。其值可根据作用在足够长的观测期内达到或超过该值的总持续时间与观测期的某一比值确定，该比值可取不大于 **0.5**；或按超过该值的平均跨越率确定。

4.3.8 结构按正常使用极限状态下短期效应组合设计时，可变作用应采用频遇值。其值可根据作用在足够长的观测期内达到或超过该值的总持续时间与观测期的较小比值确定，该比值可取 **0.05**；或按超过该值的平均跨越率确定。

4.3.9 偶然作用的标准值可根据历史记载、现场观测和试验，并结合工程经验经综合分析判断确定。

4.4 作用效应及其组合

4.4.1 结构对所受作用的反应，称为作用效应。作用效应应包括由作用产生的结构的轴力、弯矩、剪力、扭矩、应力、变形、裂缝、位移等。

4.4.2 作用效应组合时，可根据作用的统计规律近似确定作用效应的统计规律。汽车车队荷载效应及其统计特征，可在该荷载的统计基础上通过计算分析确定。

4.4.3 公路工程结构设计时，应按各种设计状况对可能同时产生的作用效应进行组合，并取其最不利组合的设计值。互不相容的作用，其效应不应进行组合。

多个同时出现的可变作用效应可采用塔克斯特拉 (Turkstra) 规则进行组合，以确定其在设计基准期最大值的统计特征。

4.4.4 公路工程结构按承载能力极限状态设计时，应根据各自的情况选用以下一种或两种作用效应组合：

1 基本组合。永久作用的设计值效应与可变作用设计值效应相组合；

2 偶然组合。永久作用标准值效应与可变作用某种代表值效应、一种偶然作用标准值效应相组合；

4.4.5 对于持久状况下承载能力极限状态设计，当有多个可变作用效应参与组合时，应根据可变作用的性质和数量，采用不同的分项系数和效应组合系数。

4.4.6 公路工程结构当需要按正常使用极限状态设计时，应根据结构不同的设计要求，选用以下一种或两种效应组合：

1 短期效应组合。永久作用标准值效应与可变作用频遇值效应相组合；

2 长期效应组合。永久作用标准值效应与可变作用准永久值效应相组合。

5 材料与岩土的性能和结构的几何参数

5.1 材料与岩土的性能

5.1.1 材料与岩土的性能系指其强度、弹性模量、变形模量、压缩模量、粘聚力、内摩擦角等物理力学性能。各种性能应按标准试验方法经试验确定。

5.1.2 材料性能 f 应采用随机变量的概率模型来描述。其概率分布类型和统计参数应以试验数据为基础，运用参数估计和概率分布的假设检验方法确定。

5.1.3 按标准试验方法确定的材料性能应通过换算系数或函数转换为实际结构的材料性能。结构中材料性能的不定性，可根据标准试验方法确定的材料性能不定性和换算系数或函数的不定性经计算确定。

5.1.4 材料性能的标准值 f_k 应根据符合规定质量的材料性能的概率分布的某一分位值确定。

当受条件限制而试验数据不足时，材料性能标准值可采用有关的规定值，也可结合工程经验分析判断确定。

当材料性能与时间因素有关或因环境条件而变化时，确定材料性能标准值宜考虑这些因素的影响。

5.1.5 岩土性能宜根据现场取样的试验结果，用随机变量概率模型来描述。其标准值应根据概率分布的某一分位值确定。当试验数据不足时，可采用有关的规定值。

5.2 结构的几何参数

5.2.1 当几何参数 α 的变异对作用效应和结构抗力的影响不可忽

略时，可采用随机变量概率模型来描述。其概率分布类型和统计参数应以正常生产的结构几何尺寸的测试数据为基础，运用参数估计和概率分布假设检验确定。当几何参数的变异对作用效应和结构抗力的影响可忽略时，可将其作为常量处理。

5.2.2 当测试数据不足时，几何参数的概率分布类型可采用正态分布，其统计参数可根据有关标准规定的公差经分析确定。

5.2.3 几何参数的标准值 α_k 应采用设计文件的规定值。

6 结构分析与试验

6.0.1 结构分析应包括确定结构及其连结中的作用效应及结构、结构构件的抗力和其他性能。

结构分析可采用计算、模型试验或原型试验等方法来完成。

6.0.2 结构分析采用的计算模式和基本假定，应考虑结构型式、支承条件、材料性能、作用情况、施工方法等特点，并应较确切地描述结构在所考虑的极限状态下的反应。

结构可根据具体情况按一维、二维或三维的计算模型分析。

6.0.3 对于承载能力极限状态，可根据材料、岩土和结构对作用的反应，采用线性、非线性、塑性或粘弹性理论进行分析。

对于正常使用极限状态，可采用线性理论，必要时也可采用非线性理论进行分析。

6.0.4 当结构承受自由作用时，应考虑每一作用可能出现的空间位置，确定作用对结构的最不利布置。

6.0.5 当结构按极限状态设计时，计算模式的不定性可在极限状态方程中引进一个或几个附加的基本变量来反映，其概率分布类型和统计参数可通过按计算模式的计算结果与按精确模式的计算结果或试验结果相比较，经统计分析估计，或根据工程经验判断确定。

计算模式不定性亦可在可靠度系数或分项系数中反映。

6.0.6 若环境条件对材料或岩土、结构和结构构件性能的影响不能忽略时，这种影响应在结构分析中考虑。

6.0.7 结构或结构的一部分可根据模型试验或原型试验进行设计。模型或原型试验应接近实际，所采用的试验和分析方法应能正确地预测实际结构的性能。

7 极限状态设计方法

7.1 一般规定

7.1.1 公路工程结构的极限状态设计表达式，可根据各类结构的设计要求，采用分项系数模式或可靠度系数模式表达。

7.1.2 极限状态设计表达式中的各分项系数，应根据基本变量的概率分布类型和统计参数，以及规定的目标可靠指标，按优化原则，通过计算分析并结合工程经验确定。

7.1.3 结构极限状态设计表达式中各基本变量应采用设计值。其值应按下列公式计算。

1 作用的设计值 F_d ：

$$F_d = \gamma_m F_k \quad (7.1.3-1)$$

式中 F_d ——作用的设计值；

F_k ——作用的标准值；

γ_m ——作用的分项系数。

2 结构或构件材料、岩土性能的设计值 f_d ：

$$f_d = f_k / \gamma_f \quad (7.1.3-2)$$

式中 f_d ——材料、岩土性能的设计值；

f_k ——材料、岩土性能的标准值；

γ_f ——材料、岩土性能的分项系数。

3 几何参数的设计值 a_d ：

$$a_d = a_k \pm \Delta a \quad (7.1.3-3)$$

式中 a_d ——几何参数的设计值；

a_k ——几何参数的标准值；

Δa ——几何参数的附加值。

7.1.4 公路工程结构设计，在极限状态设计表达式中可引入结构重要性系数，其值按结构安全等级确定。

7.2 极限状态设计表达式

7.2.1 公路工程结构的承载能力极限状态设计表达式应按下列规定采用：

1 作用效应基本组合：

$$\gamma_0 \gamma_s \left(\sum_{i=1}^m \gamma_{Gi} S_{Gik} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Qj} S_{Qjk} \right) \leq \frac{1}{\gamma_R} R(\gamma_f, f_k, a_k) \quad (7.2.1-1)$$

或

$$\gamma_0 \gamma_s \left(\sum_{i=1}^n S_{Gid} + S_{Q1d} + \psi_c \sum_{j=2}^n S_{Qjd} \right) \leq \frac{1}{\gamma_R} R(f_d, a_d) \quad (7.2.1-2)$$

对于路面结构，可采用下式：

$$\gamma_f \sum_{i=1}^n S_{Qik} \leq R(f_k, a_k) \quad (7.2.1-3)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数，对于公路桥梁，安全等级为一级、二级、三级时，分别取 1.1、1.0、0.9；

γ_s ——作用效应计算模式不定性系数，如已在作用分项系数中体现，可取 $\gamma_s=1.0$ ；

γ_R ——结构或结构构件抗力计算模式不定性系数，如已在抗力分项系数中体现，可取 $\gamma_R=1.0$ ；

γ_{Gi} ——第 i 个永久作用的分项系数，对于恒荷载（结构及附加物自重），取 $\gamma_G=1.2$ ；

S_{Gik} 、 S_{Gid} ——第 i 个永久作用标准值和设计值的效应；

γ_{Q1} ——汽车荷载分项系数，对于公路桥梁，根据作用效应的组合情况取 $\gamma_{Q1}=1.4$ 或 $\gamma_{Q1}=1.1$ ；

- S_{Q1k} 、 S_{Q1d} ——含有冲击系数的汽车荷载标准值和设计值的效应；
 γ_{Qj} ——除汽车荷载外第 j 个其他可变作用的分项系数；
 S_{Qjk} 、 S_{Qjd} ——除汽车荷载外第 j 个其他可变作用标准值和设计值的效应；
 Ψ_c ——除汽车荷载外其他可变作用效应的组合系数；
 γ_f ——结构材料、岩土性能的分项系数；
 f_k 、 f_d ——材料、岩土性能的标准值和设计值；
 a_k 、 a_d ——结构或结构构件几何参数的标准值和设计值；
 γ_r ——路面结构的可靠度系数；
 S_{Qik} ——路面结构第 i 个可变作用标准值的效应；
 $R(\bullet)$ ——结构或结构构件的抗力函数。

2 对于作用效应的偶然组合，极限状态设计表达式应按以下原则确定：

- 1) 偶然作用取标准值效应，其分项系数取 1.0；
- 2) 与偶然作用同时出现的可变作用，可根据观测资料和工程经验取适当的代表值效应；
- 3) 设计表达式及各项系数的取值，可按公路工程有关规范的规定采用。

7.2.2 采用分项系数表达式的结构承载能力极限状态设计，当永久作用效应的增大对结构的承载能力有利时，则其荷载分项系数 γ_G 应取不大于 1.0，对由结构及附加物自重组成的恒载，可取 $\gamma_G=0.9$ 。

7.2.3 公路工程结构按正常使用极限状态时，作用效应组合设计值应按下列规定采用：

1 作用短期效应组合：

$$S_{sd} = \gamma_s \left(\sum_{i=1}^m S_{Gik} + \sum_{i=1}^n \Psi_{ii} S_{Qik} \right) \quad (7.2.3-1)$$

式中 S_{sd} ——作用短期效应组合设计值；

ψ_{1i} ——第 i 个可变作用的频遇值系数。

2 作用长期效应组合：

$$S_{ld} = \gamma_s \left(\sum_{i=1}^m S_{Gik} + \sum_{i=1}^n \psi_{2i} S_{Qik} \right) \quad (7.2.3-2)$$

式中 S_{ld} ——作用长期效应组合设计值；

ψ_{2i} ——第 i 个可变作用的准永久值系数。

8 质量管理和控制

8.0.1 对公路工程结构必须严格实施质量管理和控制，以保证结构在设计基准期内具有规定的可靠度，达到预定的安全性、适用性和耐久性要求。同时应重视保护环境，以符合环保要求。

8.0.2 在质量管理和控制中应及时收集各种质量信息和数据，进行统计、分析和判断，对存在的问题采取措施。

8.0.3 公路工程结构质量管理和控制的范围应包括勘察、设计、施工、使用和养护，以及所涉及的材料和制品各有关的质量标准、保证措施和本标准的要求，均应在各相关的标准、规范中作出明确规定。

8.0.4 对公路工程勘察、设计的质量管理和控制，应贯穿于工程项目可行性研究和各设计阶段，应建立明确的责任制和严格的检查校核制度。每个项目均应执行与技术业务有关的质量管理规定或办法，以保证工程方案经济合理，方法正确无误，数据准确完整，结论全面可靠。

8.0.5 公路工程结构的施工质量应通过政府监督、社会监理和施工单位自检的多层次质量管理体系予以保证。质量管理和控制应符合下列要求：

1 工程结构的施工质量应按准备阶段、施工阶段和竣工阶段实行分阶段管理和控制。应对各阶段的合格质量水平、控制标准和具体实施办法提出要求，并作经常性检验或合格性验收。

2 在施工验收规范和质量检验评定标准规定的结构工程材料、制品等的合格质量水平，应以保证结构符合设计采用的目标可靠指标为依据。

3 材料、制品的质量检验，可采用抽样或全数检验的方法。当采用抽样方法检验时，其质量验收标准应按数理统计的方法制定。对抽样办法、样本容量、验收批量和验收界限等均应有明确的规定。当采用全数检验方法时，应规定符合质量要求的特征指标和容许偏差等。

8.0.6 结构的使用应符合设计文件给定的使用条件。工程管理部门应对使用状况进行必要的监测和检查。当结构的实际使用状况需超越设计给定的使用条件时，有关部门应预先组织进行专门验算和评定。

8.0.7 在结构使用期内应有规定的检查和养护制度，定期对结构的退化或损坏情况进行监测。结构不应长期存在削弱承载能力和妨碍正常使用的缺陷。

本标准用词说明

1. 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2. 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。