

民用机场飞机荷载桥梁设计指南

(征求意见稿)

《民用机场飞机荷载桥梁设计指南》编写组

二〇二一年六月

目 录

1 总则	1
2 术语和符号	3
2.1 术语	3
2.2 符号	5
3 基本规定	7
4 作用与作用组合	13
4.1 作用分类和作用组合	13
4.2 飞机荷载和汽车荷载	22
5 总体设计	34
5.1 一般规定	34
5.2 桥梁布置	35
5.3 桥梁净高及净宽	36
5.4 桥上线形及桥头引道	37
6 结构设计	38
6.1 一般规定	38
6.2 分析计算	41
6.3 细部构造	45
7 桥面系和安全设施	48
7.1 桥面铺装、防水和排水	48
7.2 安全设施	50
标准用词说明	52
引用标准名录	53

1 总则

1.0.1 为规范民用机场飞机荷载桥梁的设计，使其安全可靠、经济合理，按照安全、耐久、适用、环保、经济和美观的原则，制定本指南。

【条文说明】近年来，我国民用机场建设面临着新的形势。在建设要求上，机场作为现代综合交通运输体系的重要组成部分，需要与公路、铁路等融合发展；在建设规模上，航空运输需求不断增加，多跑道机场日益增多；在建设环境上，大型枢纽机场的扩建受到既有道路、铁路和水体等的限制。民用机场建设时，飞机运行与机场内外交通、河流等可能存在交叉问题，滑行道桥梁成为一种常用的结构形式。为了规范我国民用机场飞机荷载桥梁的设计，本指南结合已建滑行道桥梁的调研情况，规定了滑行道桥梁的基本设计标准、作用与作用组合、总体设计、结构设计、桥面系和安全设施等设计要求。

1.0.2 本指南适用于民用机场（含军民合用机场的民用部分）滑行道桥梁的设计。跑道桥梁的设计应进行专项研究，其结构设计方法可参照本标准执行。

【条文说明】飞机荷载桥梁可分为滑行道桥梁和跑道桥梁。跑道桥梁在欧洲、美国、日本等国家和地区都有成功应用的案例，但在国内尚未有应用实例。本指南适用于民用机场滑行道桥梁的设计。跑道桥梁特别是跑道接地带区域桥梁的荷载、安全设施等与滑行道桥梁不同，应进行专项研究。

按使用功能分类，我国滑行道桥梁可分为三类：

一是上跨进场道路的桥梁，如大型枢纽机场跨越陆侧道路而设置的桥梁。

二是绕滑系统的桥梁，如上海虹桥机场为减少穿越跑道数量、提升飞行区安全保障能力而设置的绕滑滑行道桥梁。

三是跨越飞行区道路或水域的桥梁。深圳机场三跑道扩建工程、澳门机场等跨越调蓄水池或海域而修建的桥梁。

1.0.3 滑行道桥梁应贯彻“创新、协调、绿色、开放、共享”的理念，考虑总体规划、使用功能、建设条件等因素，对梁板、墩台、基础等主体结构与支座、伸缩装置、桥面系、安全设施进行综合设计。本指南采用以概率理论为基础、按分项系数表达的极限状态法进行结构设计。

【条文说明】滑行道桥设计涉及结构安全、交通安全，在设计阶段需要注意总体设计，综合考虑各系统之间的相互影响，正确处理各系统之间的关系，保障施工和使用安全，实现全寿命成本-效益最优。

可靠性设计方法是工程结构设计的发展方向，现行《工程结构可靠性设计统一标准》（GB 50153）作为编制工程结构设计规范的指导性文件，为下位规范制定了一个共同遵守的准则。此外，推广应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，并不意味着要排斥其他有效的结构设计方法，可根据可靠的工程经验或通过必要的试验研究进行专项设计。

1.0.4 滑行道桥梁的设计除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 滑行道桥梁 taxiway bridge

位于机场滑行道、为跨越障碍物而修建的构筑物；简称滑行道桥。

2.1.2 设计使用年限 design working/service life

在正常设计、正常施工、正常使用和正常养护条件下，桥梁结构或结构构件不需进行大修或更换，即可按其预定目的使用的年限。

2.1.3 结构耐久性 structural durability

在设计确定的环境作用和维护、使用条件下，结构及其构件在设计使用年限内保持其安全性和适用性的能力。

2.1.4 极限状态 limit states

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。

2.1.5 极限状态法 limit state method

不使结构超越某种规定的极限状态的设计方法。

2.1.6 承载能力极限状态 ultimate limit states

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。

2.1.7 正常使用极限状态 serviceability limit states

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。

2.1.8 设计状况 design situations

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

2.1.9 作用 action

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

2.1.10 作用效应 effect of action

由作用引起的结构或结构构件的反应。

2.1.11 作用组合（荷载组合） combination of actions (load combination)

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。

2.1.12 作用基本组合 fundamental combination of actions

永久作用设计值与可变作用设计值的组合。

2.1.13 作用偶然组合 accidental combination of actions

永久作用标准值与可变作用某种代表值、一种偶然作用设计值的组合。

2.1.14 作用频遇组合 frequent combination of actions

永久作用标准值与主导可变作用频遇值、伴随可变作用准永久值的

组合。

2.1.15 作用准永久组合 quasi-permanent combination of actions

永久作用标准值与可变作用准永久值的组合。

2.1.16 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，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。

2.1.17 结构重要性系数 factor 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。

2.2 符号

L ——桥梁总长；

L_K ——桥梁单孔跨径；

G_{ik} ——第 i 个永久作用的标准值；

Q_{jk} ——第 j 个可变作用的标准值；

A_d ——偶然作用的设计值；

S_d ——作用组合的效应设计值；

S_{ud} ——作用基本组合的效应设计值；

S_{ad} ——作用偶然组合的效应设计值；

S_{fd} ——作用频遇组合的效应设计值；

S_{qd} ——作用准永久组合的效应设计值；

R_d ——结构或构件的抗力设计值；

C ——设计对变形、裂缝等规定的相应限值；

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_{Gi} ——第 i 个永久作用的分项系数；

γ_{Qj} ——第 j 个可变作用的分项系数；

ψ_c ——可变作用的组合值系数；

ψ_f ——可变作用的频遇值系数；

ψ_q ——可变作用的准永久值系数；

γ ——材料的重度；

W ——飞机轮印的宽度；

P_j ——飞机单轮轮载；

p ——飞机轮胎压力。

3 基本规定

3.0.1 滑行道桥应根据桥梁功能、飞行区技术指标及防洪抗灾要求，结合水文、地质、环境等条件进行综合设计，并应满足下列功能要求：

- 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 在正常养护下，具有足够的耐久性能。
- 4 在设计规定的偶然事件发生时和发生后，能保持必要的整体稳定性。

【条文说明】本条规定了桥梁结构必须满足的四项功能，其中，第 1、4 两项是对结构安全性的要求，第 2 项是对结构适用性的要求，第 3 项是对结构耐久性的要求，安全性、适用性、耐久性三者可概括为对桥梁结构可靠性的要求。

足够的耐久性能，是指结构在规定的工作环境中，在预定时间内，其材料性能的劣化不致导致桥梁结构出现不可接受的失效概率。从工程概念上讲，足够的耐久性能就是指在正常养护条件下桥梁结构能够正常使用到规定的期限。

整体稳定性，是指在偶然事件发生时，桥梁结构仅产生局部的损坏而不致发生连续或整体倒塌。

3.0.2 滑行道桥可分为特大桥、大桥、中桥、小桥，分类标准应符合表 3.0.2 的规定。

表 3.0.2 滑行道桥分类

桥梁分类	桥梁总长 $L(m)$	单孔跨径 $L_k (m)$
特大桥	$L > 500$	——
大 桥	$100 < L \leq 500$	$L_k \geq 40$
中 桥	$20 < L \leq 100$	$20 \leq L_k < 40$
小 桥	$L \leq 20$	$5 \leq L_k < 20$

注：梁式桥、板式桥的桥梁总长系指桥梁两端台背前缘之间的长度；刚构桥的桥梁总长系指顺跨度方向桥梁外缘之间的长度。

【条文说明】飞机荷载总重很大，且荷载主要集中在主起落架。综合考虑桥梁结构的安全、经济和美观，滑行道桥跨径一般不大。根据对我国已建及在建的 71 座滑行道桥的统计，桥梁跨径及总长分布见表 3-1。桥梁单孔跨径 L_k 一般为 10m~30m，最大跨径 39.4m；桥梁总长一般在 100m 以内。

表 3-1 我国已建及在建滑行道桥跨径及总长统计

桥梁总长 $L(m)$	桥梁数量 (座)	单孔跨径 $L_k(m)$	桥梁数量 (座)
$L \leq 20$	7	$L_k < 10$	3
$20 < L \leq 100$	57	$10 \leq L_k < 20$	24
$100 < L \leq 200$	6	$20 \leq L_k < 30$	36
$200 < L \leq 300$	1	$30 \leq L_k < 40$	8

本条中滑行道桥分类标准采用了两个指标：一个是多孔跨径总长 L ，用以反映建设规模；另一个是单孔跨径 L_k ，用以反映桥梁的技术复杂程度。在确定桥梁分类时，符合其中一个指标即可归类，存在差异时，可采取“就高不就低”的原则，如单孔跨径为 45m、总长为 90m 的滑行道桥划分为大桥，单孔跨径为 45m、总长为 600m 的滑行道桥划分为特大桥。

3.0.3 滑行道桥的设计洪水频率宜符合机场的总体规划要求。

3.0.4 滑行道桥应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行结构设计。

1 承载能力极限状态：结构或结构构件达到最大承载力、发生不适于继续承载的变形或因结构局部破坏而引发的连续倒塌；

2 正常使用极限状态：结构或结构构件达到正常使用的某项规定限值或耐久性能的某种规定状态。

3.0.5 结构设计应根据不同种类的作用及其对桥梁的影响、桥梁所处的环境条件，考虑以下四种设计状况，采用按分项系数表达的极限状态法。

1 持久状况应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。

2 短暂状况应进行承载能力极限状态设计，可根据需要进行正常使用极限状态设计。

3 偶然状况应进行承载能力极限状态设计。

4 地震状况应进行承载能力极限状态设计。

【条文说明】本条规定了桥梁结构设计的四种设计状况及其应进行的极限状态设计。

1 持久状况所对应的是桥梁的使用阶段。这个阶段持续的时间很长，要对结构的所有预定功能进行设计，即要进行承载能力极限状态和正常使用极限状态的计算。

2 短暂状况所对应的是桥梁的施工阶段和维修阶段。这个阶段的持续时间相对于使用阶段是短暂的，结构体系、结构所承受的荷载等与使用阶段也不同，设计要根据具体情况而定。在这个阶段，要进行承载能力极限状态计算，根据需要确定是否进行正常使用极限状态计算。

3 偶然状况所对应的是桥梁可能遇到的撞击等状况。这种状况出现的概率极小，且持续的时间极短。偶然状况一般只进行承载能力极限状态计算。

4 地震作用是一种特殊的偶然作用。与撞击等偶然作用相比，地震作用能够统计并有统计资料，可以确定其标准值。而其它偶然作用无法通过概率的方法确定其标准值，因此，两者的设计表达式是不同的。地震状况一般只进行承载能力极限状态计算。

3.0.6 滑行道桥主体结构的设计使用年限不应低于 100 年，隔离墩、栏杆、伸缩装置等构件的设计使用年限不应低于 15 年，支座的设计使用年限不应低于 20 年。

【条文说明】滑行道桥一般采用中小跨径桥梁。考虑到滑行道桥位于飞行区内，施工和维护难度较大，其主体结构的设计使用年限不低于 100 年，与我国北京大兴机场、上海浦东机场、广州白云机场等已建或在建滑行道桥的设计使用年限一致。对于桥梁附属构件的设计使用年限，根据构件材料、使用条件、可更换程度等因素，参照《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）确定。

3.0.7 滑行道桥的结构设计安全等级应采用现行《工程结构可靠性设计统一标准》（GB 50153）规定的一级。

【条文说明】工程结构设计时，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，见表 3-2。对重要的结构，其安全等级应取为一级；对一般的结构，其安全等级宜取为二级；对次要的结构，其安全等级可

取为三级。

表 3-2 工程结构的安全等级

安全等级	破坏后果
一级	很严重
二级	严重
三级	不严重

滑行道桥属于重要的结构，一旦破坏直接影响到机场的正常运营，可能造成非常大的经济损失，产生严重的社会影响，故其设计安全等级应采用一级。

3.0.8 滑行道桥应采用两水准抗震设防。地震作用按现行《中国地震动参数区划图》（GB 18306）的规定考虑多遇地震动和罕遇地震动，桥梁结构的抗震设防目标和抗震重要性系数应符合表 3.0.8 的规定。

表 3.0.8 滑行道桥的抗震设防要求

项目	E1 地震作用		E2 地震作用	
地震作用	现行《中国地震动参数区划图》（GB 18306）规定的多遇地震动		现行《中国地震动参数区划图》（GB 18306）规定的罕遇地震动	
抗震设防目标	可正常使用	结构总体反应在弹性范围，基本无损伤	不需修复或经简单修复可正常使用	可发生局部轻微损伤
抗震重要性系数	1.0		1.7	

【条文说明】本指南采用两水准设防、两阶段设计。抗震设防要求参照现行《公路桥梁抗震设计规范》（JTG/T 2231-01）中 A 类桥梁的相关规定执行。第一阶段的抗震设计，即对应 E1 地震作用的抗震设计，采用弹性抗震设计，保证桥梁结构在 E1 地震作用下处于弹性状态。第二阶段的抗震设计，即对应 E2 地震作用的抗震设计，要求在 E2 地震作用下桥梁

局部可发生开裂，裂缝宽度也可超过容许值，但混凝土保护层应保持完好，因地震过程的持续时间比较短，地震后，在结构自重作用下，地震过程中开展的裂缝一般可以闭合，不影响使用，结构整体反应还在弹性范围。

与抗震设防目标相协调，各类桥梁的抗震重要性系数对应的重现期列于表 3-3。严格地讲，抗震重要性系数 1.0 对应重现期 475 年是准确的，其余的对应关系是近似的。

表 3-3 抗震重要性系数和重现期对照表

抗震重要性系数	1.7	1.3	1.0	0.5	0.43	0.34	0.23
重现期（年）	2000	1000	475	100	75	50	25

4 作用与作用组合

4.1 作用分类和作用组合

4.1.1 滑行道桥设计采用的作用分为永久作用、可变作用、偶然作用和地震作用四类，规定见表 4.1.1。

表 4.1.1 作用分类

编号	分类	名称
1	永久作用	结构重力（包括结构附加重力）
2		预加力
3		土的重力
4		土侧压力
5		混凝土收缩、徐变作用
6		水浮力
7		基础变位作用
8	可变作用	飞机荷载
9		汽车荷载
10		飞机冲击作用
11		汽车冲击作用
12		飞机引起的土侧压力
13		汽车引起的土侧压力
14		飞机制动力
15		汽车制动力
16		风荷载
17		流水压力
18		冰压力
19		波浪力及浮托力
20		温度作用

编号	分类	名称
21		支座摩阻力
22	偶然作用	漂流物、船舶撞击作用
23		飞机撞击作用
24		汽车撞击作用
25	地震作用	地震作用

【条文说明】作用按随时间的变化分为永久作用、可变作用和偶然作用。这种分类是结构上作用的基本分类。永久作用是经常作用的、其数值不随时间变化或变化微小的作用；可变作用的数值是随时间变化的；偶然作用的作用时间短暂，且发生的几率很小；地震作用是一种特殊的偶然作用，这里将地震作用单列为一种类型。

4.1.2 滑行道桥设计时，作用的代表值应按下列规定取用：

1 永久作用的代表值应采用标准值。永久作用标准值可根据统计、计算，并结合工程经验综合分析确定。

2 可变作用的代表值应采用标准值、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可变作用的标准值分别乘以组合值系数 ψ_c 、频遇值系数 ψ_f 和准永久值系数 ψ_q 来确定。

3 偶然作用的代表值可根据历史记载、现场观测和试验，并结合工程经验综合分析判断确定，也可根据有关标准的专门规定确定。

4 地震作用的代表值宜采用标准值。地震作用的标准值可根据相关标准的规定确定。

【条文说明】作用具有变异性，但在结构设计时，不可能直接引用作用随机变量或随机过程的各类统计参数通过复杂的计算进行设计，作用代

表值就是为结构设计而给定的量值。设计的要求不同，采用的作用代表值也可不同，这样可以更确切、合理地反映作用对结构在不同设计要求下的特点。作用的代表值一般可分为标准值、组合值、频遇值和准永久值。

永久作用被近似地认为在设计基准期内是不变的，它的代表值只有一个，即标准值。可变作用按其在随机过程中出现的持续时间或次数的不同，可取标准值、组合值、频遇值和准永久值作为其代表值。

作用的标准值是结构设计的主要参数，关系到结构的安全问题，是作用的基本代表值。作用的标准值反映了作用在设计基准期内随时间的变异，其量值应取结构设计规定期限内可能出现的最不利值，一般按作用在设计基准期内最大值概率分布的某一分位值确定。

可变作用的组合值是指在主导可变作用（飞机荷载）出现时段内其它可变作用的最大量值，但它比可变作用的标准值小，实际上由标准值乘以小于 1 的组合值系数 ψ_c 得到。

可变作用的频遇值是指结构上较频繁出现的且量值较大的作用取值，但它比可变作用的标准值小，实际上由标准值乘以不大于 1 的频遇值系数 ψ_f 得到。

可变作用的准永久值是指在结构上经常出现的作用取值，但它比可变作用的频遇值又要小一些，实际上是由标准值乘以不大于 ψ_f 的准永久值系数 ψ_q 得到。

4.1.3 作用的设计值应取作用的代表值乘以相应的作用分项系数。

4.1.4 滑行道桥的结构设计应考虑结构上可能同时出现的作用，按承载力极限状态、正常使用极限状态进行作用组合，均应按下列原则取其最不利组合效应进行设计：

1 只有在结构上可能同时出现的作用，才进行组合。当结构或结构构件需做不同受力方向的验算时，则应以不同方向的、最不利的作用组合效应设计值进行计算。

2 当可变作用的出现对结构或结构构件产生有利影响时，该作用不应参与组合。实际不可能同时出现的作用或同时参与组合概率很小的作用，可按表 4.1.4 不考虑其参与组合。

表 4.1.4 可变作用不同时组合表

作用名称	不与该作用同时参与组合的作用
飞机冲击作用	汽车荷载及其冲击作用和制动力
飞机（汽车）制动力	流水压力、冰压力、波浪力及浮托力、支座摩阻力
流水压力	飞机（汽车）制动力、冰压力
波浪力及浮托力	飞机（汽车）制动力、冰压力
冰压力	飞机（汽车）制动力、流水压力、波浪力及浮托力
支座摩阻力	飞机（汽车）制动力

【条文说明】结构通常要同时承受多种作用。在进行结构设计时，无论是承载力极限状态还是正常使用极限状态，均应考虑可能同时出现的多种作用的组合，求其总的作用效应，同时考虑到作用出现的变化性质，包括作用出现与否及作用出现的方向，这种组合是多种多样的，应在考虑的所有可能的组合中，取其最不利的作用组合效应进行设计。

本指南只指出了作用组合要考虑的范围，其具体组合的内容，尚需由设计者根据实际情况确定，不宜规定过死。对于一部分不能同时组合的作用，以表的形式列出。飞机冲击作用与汽车荷载不同时组合，这是考虑到飞机滑行时桥梁上不允许同时出现汽车。飞机（汽车）制动力与支座摩阻力不同时组合，这是考虑到活动支座的最大摩阻力，当上部构造恒载一定、支座摩阻系数一定时是一个定值。任何纵向力，不能大于支座摩阻力，因此，制动力与支座摩阻力不同时存在。流水压力不与制动力、冰压力同时组合，这是考虑同时出现的可能性极小，或冰压力远大于流水压力，且实测中也难以分开。

4.1.5 桥梁结构按承载能力极限状态设计时，对持久设计状况和短暂设计状况应采用作用的基本组合，对偶然设计状况应采用作用的偶然组合，对地震设计状况应采用作用的地震组合，并应符合下列规定：

1 基本组合：永久作用设计值与可变作用设计值相组合。作用基本组合的效应设计值可按下式计算：

$$S_{ud} = S\left(\sum_{i=1}^m \gamma_{G_i} G_{ik}, \gamma_{Q_1} Q_{1k}, \psi_c \sum_{j=2}^n \gamma_{Q_j} Q_{jk}\right) \quad (4.1.5-1)$$

式中 S_{ud} ——承载能力极限状态下作用基本组合的效应设计值；

$S(\)$ ——作用组合的效应函数；

γ_{G_i} ——第 i 个永久作用的分项系数，应按表 4.1.5-1 的规定采用；

G_{ik} ——第 i 个永久作用的标准值；

γ_{Q_1} ——飞机荷载（含冲击作用）的分项系数，取 $\gamma_{Q_1}=1.4$ ；

Q_{1k} ——飞机荷载（含冲击作用）的标准值；

γ_{Q_j} ——在作用组合中除飞机荷载（含冲击作用）、风荷载外的其他第 j 个可变作用的分项系数，取 $\gamma_{Q_j}=1.4$ ，但风荷载的分项系数取 $\gamma_{Q_j}=1.1$ ；

Q_{jk} ——在作用组合中除飞机荷载（含冲击作用）外的其他第 j 个可变作用的标准值；

ψ_c ——在作用组合中除飞机荷载（含冲击作用）外的其他可变作用的组合值系数，取 $\psi_c=0.75$ 。

表 4.1.5-1 永久作用的分项系数

编号	作用类别		永久作用分项系数	
			对结构的承载能力不利时	对结构的承载能力有利时
1	混凝土结构重力 （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 或 1.2	
2	预加力		1.2	1.0
3	土的重力		1.2	1.0
4	混凝土的收缩及徐变作用		1.0	1.0
5	土侧压力		1.4	1.0
6	水的浮力		1.0	1.0
7	基础变位	混凝土结构	0.5	0.5

	作用	钢结构	1.0	1.0
--	----	-----	-----	-----

注：本表编号 1 中，当钢桥采用钢桥面板时，永久作用分项系数取 1.1；当采用混凝土桥面板时，取 1.2。

2 偶然组合：永久作用标准值与可变作用某种代表值、一种偶然作用设计值相组合；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用频遇值或准永久值。作用偶然组合的效应设计值可按下式计算：

$$S_{ad} = S \left(\sum_{i=1}^m G_{ik}, A_d, (\psi_{f1} \text{ 或 } \psi_{q1}) Q_{1k}, \sum_{j=2}^n \psi_{qj} Q_{jk} \right) \quad (4.1.5-2)$$

式中 S_{ad} ——作用偶然组合的效应设计值；

A_d ——偶然作用的设计值；

ψ_{f1} ——飞机荷载（含冲击作用）的频遇值系数，取

$\psi_{f1}=1.0$ ；

ψ_{q1} 、 ψ_{qj} ——飞机荷载（含冲击作用）和第 j 个可变作

用的准永久值系数，飞机荷载 $\psi_q=1.0$ ，风荷载

$\psi_q=0.75$ ，温度梯度作用 $\psi_q=0.8$ ，除汽车荷载外的其

他作用 $\psi_q=1.0$ 。

3 作用的地震组合应按表 4.1.5-2 中作用之和产生的最不利效应计算。作用分项系数可按式（4.1.5-2）的规定取用；当有专门规定时，作

用分项系数按相关规定取用。

表 4.1.5-2 作用的地震组合

作用类别	考虑的作用
永久作用	结构重力、预加力、混凝土的收缩及徐变作用、土压力、水压力
地震作用	地震动的作用和地震土压力、水压力等
可变作用	进行支座抗震验算时，计入 50%均匀温度作用

【条文说明】桥梁结构的承载能力极限状态设计，按照可能出现的作用，将其分为三种作用组合，即基本组合、偶然组合和地震组合。作用的基本组合是指永久作用设计值与可变作用设计值的组合，这种组合用于结构的常规设计，是所有桥梁结构都应该考虑的。作用的偶然组合是指永久作用标准值、可变作用代表值和一种偶然作用设计值的组合，视具体情况，也可不考虑可变作用参与组合。作用偶然组合和地震组合用于结构在特殊情况下的设计，所以不是所有桥梁结构都要采用的，一些结构也可采取构造或其他预防措施来解决。

可变作用的频遇值是在设计基准期内被超越的总时间占设计基准期的比率较小的作用值，或被超越的频率限制在规定频率内的作用值。可变作用的准永久值是在设计基准期内被超越的总时间占设计基准期的比率较大的作用值。对在结构上经常出现的部分可变作用，可将其出现部分的均值作为准永久值采用。对于飞机荷载，其标准值一般取所属滑行道的最不利机型的最大滑行重量取值。目前飞机荷载缺少足够的统计数据，考虑到在滑行道桥运营过程中，最不利机型最大滑行重量的飞机荷载有一定的概率出现，飞机荷载的频遇值系数和准永久值系数偏安全的取 1.0。

4.1.6 桥梁结构按正常使用极限状态设计时，应根据不同的设计要求，采用作用的频遇组合或准永久组合，并应符合下列规定：

1 频遇组合：永久作用标准值与飞机荷载（不计冲击作用）频遇值、其它可变作用准永久值相组合。作用频遇组合的效应设计值可按下式计算：

$$S_{fd} = S \left(\sum_{i=1}^m G_{ik}, \psi_{f1} Q_{1k}, \sum_{j=2}^n \psi_{qj} Q_{jk} \right) \quad (4.1.6-1)$$

式中 S_{fd} ——作用频遇组合的效应设计值。

ψ_{f1} ——飞机荷载（不计冲击作用）的频遇值系数，取

$\psi_{f1}=1.0$ ；

ψ_{qj} ——除飞机荷载外第 j 个可变作用的准永久值

系数，风荷载 $\psi_q=0.75$ ，温度梯度作用

$\psi_q=0.8$ ，汽车荷载 $\psi_q=0.4$ ，其他作用

$\psi_q=1.0$ 。

2 准永久组合：永久作用标准值与可变作用（飞机荷载不计冲击作用）准永久值相组合。作用准永久组合的效应设计值可按下式计算：

$$S_{qd} = S \left(\sum_{i=1}^m G_{ik}, \sum_{j=1}^n \psi_{qj} Q_{jk} \right) \quad (4.1.6-2)$$

式中 S_{qd} ——作用准永久组合的效应设计值。

ψ_{qj} ——第 j 个可变作用的准永久值系数，飞机荷载（不计冲击作用） $\psi_q=1.0$ ，其他作用的准永久值系数按式（4.1.6-1）的规定取用。

4.1.7 结构构件当需进行弹性阶段截面应力计算，或进行地基或基础承载能力计算时，除特别指明外，各作用应采用标准值，作用分项系数应取为 1.0。

4.1.8 构件在吊装、运输时，构件重力应乘以动力系数 1.2（对结构不利时）或 0.85（对结构有利时），并可视构件具体情况作适当增减。

4.1.9 除可变作用中飞机荷载和汽车荷载外，滑行道桥的其他作用及其代表值可按现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）的有关规定执行。

4.2 飞机荷载和汽车荷载

4.2.1 滑行道桥设计时，飞机荷载的标准值取用、加载方法应符合下列规定：

1 飞机荷载应按拟使用该滑行道的最不利机型的最大滑行重量确定。

2 单轮荷载的平面尺寸可假定为长方形，长方形轮印的长宽比取 1.5，宽度可按式计算：

$$W = \sqrt{\frac{P_j}{1500p}} \quad (4.2.1)$$

式中： W ——轮印的宽度（m）；

P_j ——单轮轮载（kN）；

p ——轮胎压力（MPa）。

【条文说明】滑行道桥结构设计时，飞机荷载产生的最不利效应与桥梁布置、结构形式、飞机总重、起落架荷载分配及起落架型式等有关。一般情况下，90%以上的飞机重量集中在主起落架上，根据主起落架的重量和型式不同，可以选定桥梁设计的最不利机型。

指南编写过程中，对不同飞行区指标的常用机型及其相关参数进行了调研，经分析确定了6种飞机荷载模型，可供滑行道桥的方案设计、初步设计等阶段参考使用。设计时，根据飞行区指标采用不同的飞机荷载模型，见表4-1和图4-1～图4-6。

表 4-1 飞机荷载模型及主要技术指标

飞机荷载模型	飞行区指标	设计机型	总重(kN)	轴重 (kN)						主起落架		
				前起落架	主起落架						轮印长度(m)	轮印宽度(m)
					P1	P2	P3	P4	P5	P6		
I	3C	B737-700	705	35	670	——	——	——	——	0.40	0.30	
II	4C	A321NEO	975	50	925	——	——	——	——	0.50	0.30	
III	4D	B767-300ER	1875	95	890	890	——	——	——	0.45	0.35	
IV	4E	B747-400	3990	190	950	950	950	950	——	0.50	0.35	
V		B777-300ER	3525	180	1115	1115	1115	——	——	0.50	0.35	
VI	4F	A380-800F	5965	290	1135	1135	1135	1135	1135	0.55	0.35	

注：4E 机场运行 B747-8 机型时，滑行道桥的设计应进一步考虑 B747-8 机型的飞机荷载。

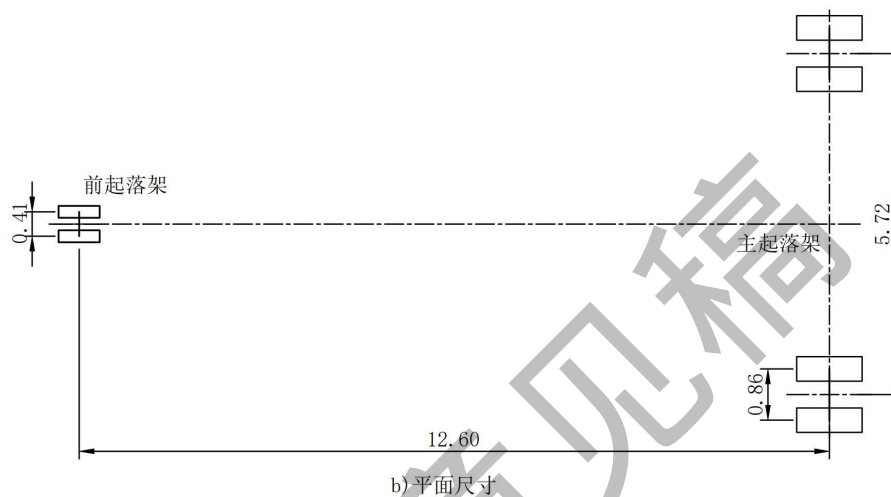
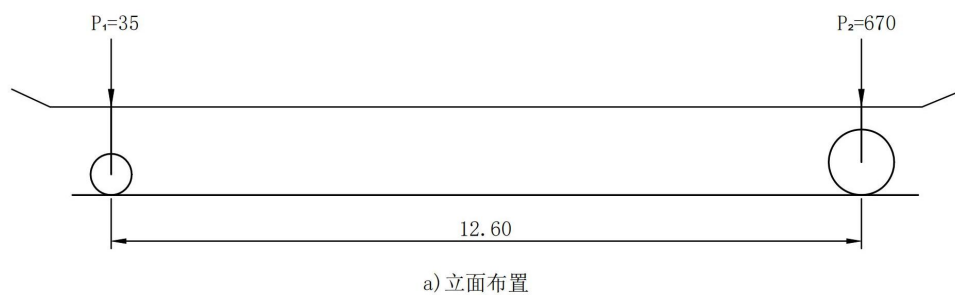


图 4-1 飞机荷载模型 I (尺寸单位: m; 荷载单位: kN)

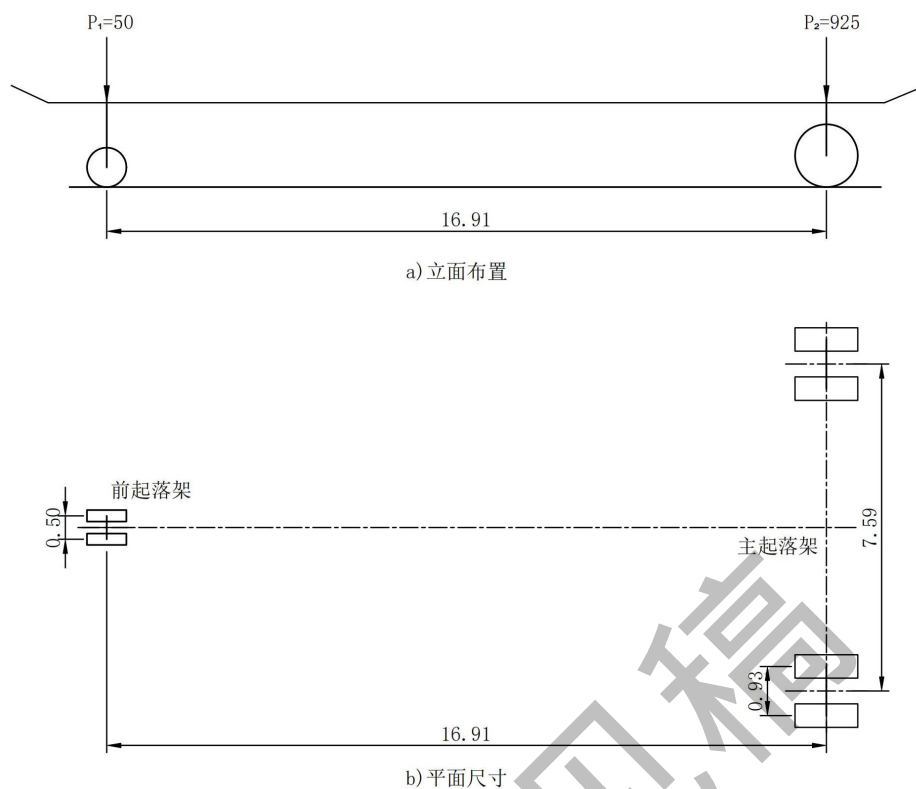


图 4-2 飞机荷载模型 II (尺寸单位: m; 荷载单位: kN)

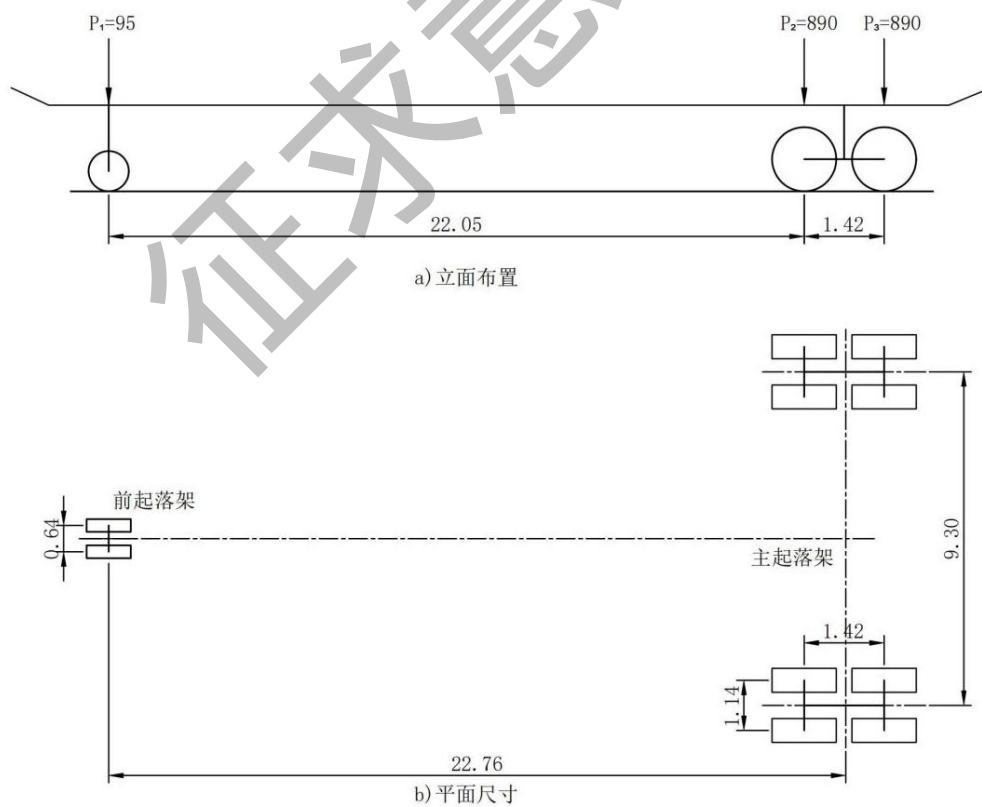


图 4-3 飞机荷载模型 III (尺寸单位: m; 荷载单位: kN)

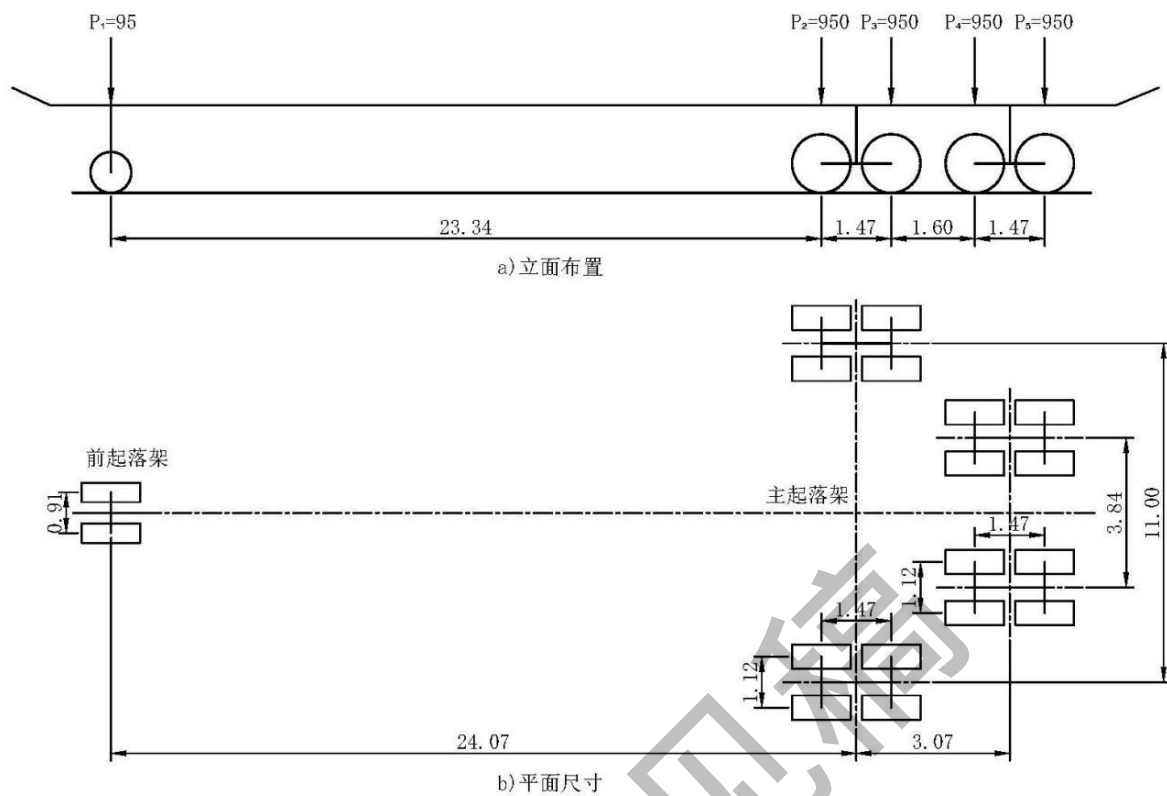


图 4-4 飞机荷载模型 IV (尺寸单位: m; 荷载单位: kN)

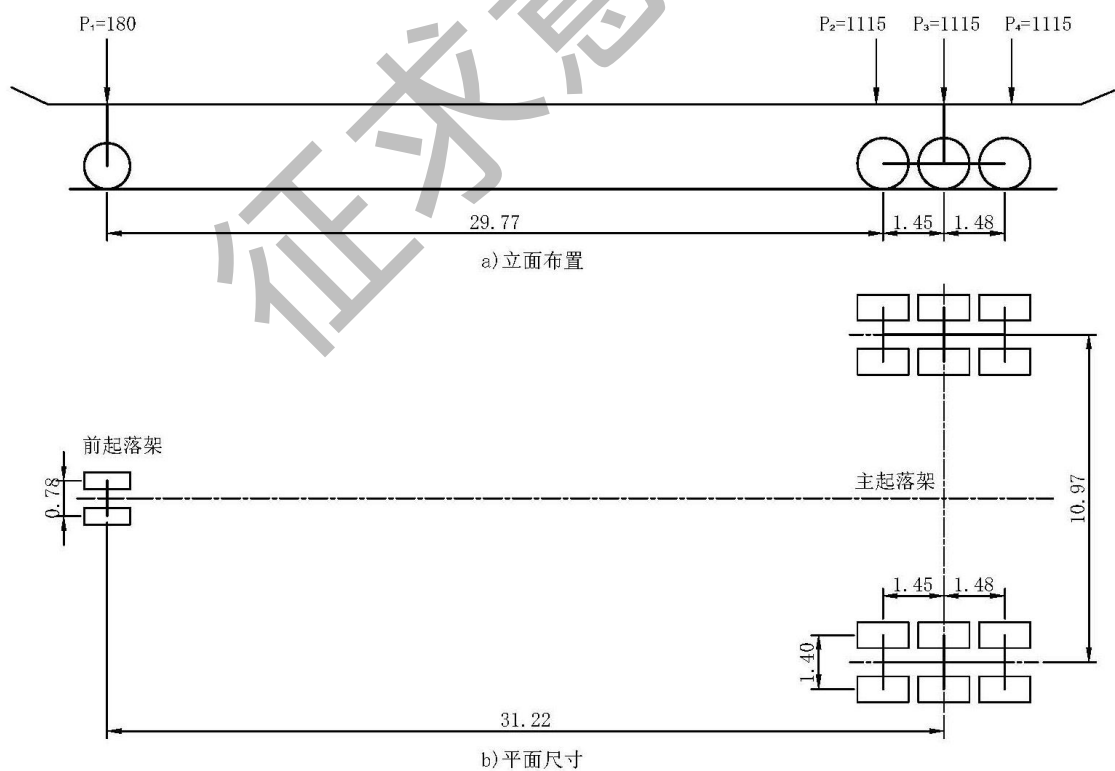


图 4-5 飞机荷载模型 V (尺寸单位: m; 荷载单位: kN)

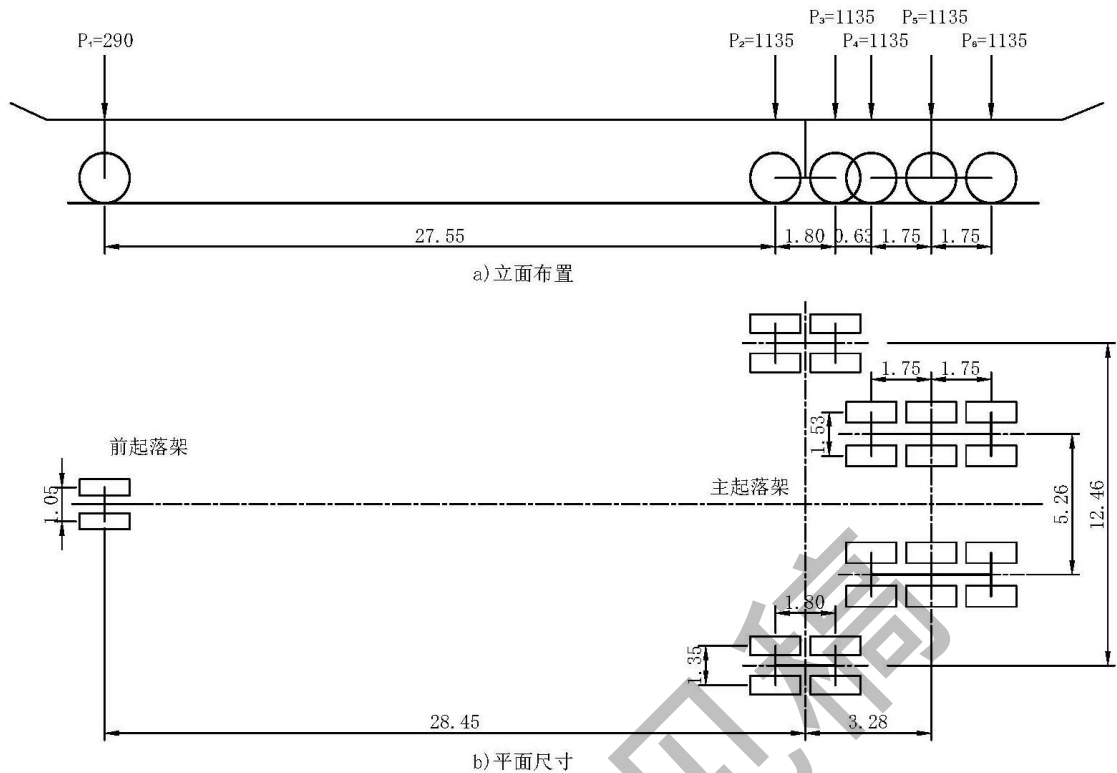


图 4-6 飞机荷载模型 VI (尺寸单位: m; 荷载单位: kN)

4.2.2 飞机荷载冲击作用应按下列规定计算:

1 钢筋混凝土及预应力混凝土桥、钢桥等上部构造和钢支座、板式橡胶支座、盆式橡胶支座及钢筋混凝土柱式墩台, 应计算飞机荷载的冲击作用。

2 重力式墩台不计冲击作用。

3 支座的冲击作用, 按相应的桥梁取用。

4 飞机荷载的冲击作用标准值为飞机荷载标准值乘以冲击系数 μ , μ 宜取 0.45。

【条文说明】飞机荷载的冲击系数是飞机在桥梁上滑行时对桥梁结构产生的竖向动力效应的增大系数。冲击作用有飞机机体的振动和桥跨结构自身的变形和振动。当飞机的振动频率与桥跨结构的自振频率一致时,

即形成共振，其振幅（即挠度）比一般的振动大许多。振幅的大小与桥梁结构的阻尼大小及共振时间的长短有关。桥梁的阻尼主要与材料和连接方式有关，且随桥梁跨径的增大而减小。所以，增强桥梁的纵、横向连接刚度，对于减小共振影响有一定的作用。

冲击影响一般都是用静力学的方法，即将飞机荷载作用的动力影响用飞机的重力乘以冲击系数来表达。

对于钢筋混凝土桥和钢桥的上部结构、钢或钢筋混凝土支座、板式橡胶支座、盆式橡胶支座、钢筋混凝土桩、柱式墩台等，因相对来说自重不大，冲击作用的效果显著，故应计算冲击作用。重力式墩台等，因自重大、整体性好，冲击影响小，故不计冲击作用。

结合国内外滑行道桥的调研结果（见表 4-2），飞机荷载冲击系数 μ 建议取 0.45。

表 4-2 国内外典型滑行道桥的冲击系数取值

序号	滑行道桥	冲击系数
1	罗纳尔多国际机场	0.40
2	北京首都国际机场	0.45
3	广州白云国际机场	0.45
4	成都双流国际机场	0.45
5	武汉天河国际机场	0.45
6	上海虹桥国际机场	0.40

4.2.3 飞机荷载引起的土压力采用飞机主起落架荷载加载。飞机荷载在桥台或挡土墙后填土的破坏棱体上引起的土侧压力，可按下式换算成等代均布土层厚度 h （m）计算：

$$h = \frac{\sum G}{Bl_0\gamma} \quad (4.2.3-1)$$

式中： γ ——土的重度（kN/m³）；

$\sum G$ ——布置在 $B \times l_0$ 面积内的机轮荷载之和（kN）；

l_0 ——桥台或挡土墙后填土的破坏棱体长度（m）；

B ——桥台横向全宽或挡土墙的计算长度（m）。

等效土压力的计算长度可按下列公式计算，但不应超过结构分段长度：

$$B = L + H \tan 30^\circ \quad (4.2.3-2)$$

式中： L ——飞机主起落架最前轴和最后轴的轴距（m）

H ——对顶部有填土的结构，为两倍填土厚度加结构高度。

【条文说明】飞机前起落架和主起落架间距较大，一般大于挡土墙、桥台的分段长度，且飞机重量主要集中在主起落架，因此，计算飞机荷载引起的土压力时，采用飞机主起落架的荷载。

4.2.4 由飞机荷载产生的制动力标准值应按飞机荷载标准值（不计冲击作用）在加载长度上计算的总重力的 70% 计算。

【条文说明】根据相关研究，飞机制动时，机轮与道面间的滑动摩擦系数 ϕ 的大小取决于道面结构形式、道面表面的状态、飞机的运动速度、轮胎花纹及磨损程度，见表 4-3。对于潮湿或干燥平滑的道面，滑动摩擦系数一般为 0.3~0.5；对于干燥而粗糙的道面，滑动摩擦系数高达 0.7~1.0。

表 4-3 滑动摩擦系数 ϕ

表面类型	ϕ	表面类型	ϕ
干燥而粗糙的道面	1.0~0.7	泥泞的道面	0.2
干燥平滑的道面	0.5	冰覆盖的道面	0.1
潮湿的道面	0.5~0.3	潮湿的草皮道面	0.1

美国 FAA 咨询通告 AC 150/5300-13A 中提出, 承受直接机轮荷载作用的桥面, 无滑动制动时, 制动力高达 0.7G。

通过调研, 收集国内外飞机滑行道桥飞机荷载制动力系数取值见表 4-4。美国各机场滑行道桥采用的飞机荷载制动力系数有所不同, 一般为 20%~70%。我国机场滑行道桥采用的飞机荷载制动力系数一般均采用 70%。

表 4-4 国内外典型滑行道桥的制动力系数取值

序号	国家	滑行道桥	制动力系数
1	美国	罗利-达拉姆国际机场	70%
2		休斯顿洲际机场	20%
3		天港国际机场	70%
4		奥兰多国际机场	70%
5		亚特兰大机场第五跑道	24%
6	中国	北京首都国际机场	70%
7		广州白云国际机场	70%
8		成都双流国际机场	70%
9		武汉天河国际机场	70%
10		上海虹桥国际机场	70%

综上, 本条建议滑行道桥飞机荷载制动力系数取 70%。

4.2.5 滑行道桥设计时，应根据需要考虑汽车荷载的作用。汽车荷载应按拟使用该滑行道的最不利车辆确定。汽车冲击作用、汽车引起的土侧压力、汽车制动力可按现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）的相关规定执行。

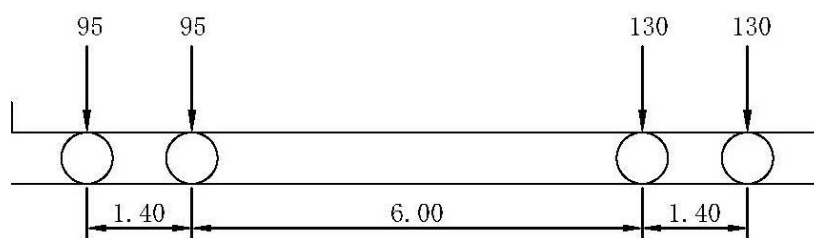
【条文说明】一般情况下，飞机在滑行道桥上通行时，不允许汽车同时出现，这种工况下桥梁设计考虑飞机荷载及其冲击作用、制动力，不考虑汽车荷载。特殊情况下，飞机在桥梁上发生紧急情况时，应急车辆需要到达飞机附近，此时桥梁上同时存在飞机荷载和汽车荷载，其中飞机荷载处于静止状态，无需考虑冲击作用和制动力。

对于D类、E类和F类滑行道桥，飞机荷载总重是汽车荷载总重的3~10倍，飞机荷载冲击作用标准值大于汽车荷载，桥梁设计时可不考虑飞机荷载与汽车荷载的组合。对于C类滑行道桥，飞机荷载与汽车荷载相差不大，需要考虑飞机荷载与汽车荷载组合的工况。

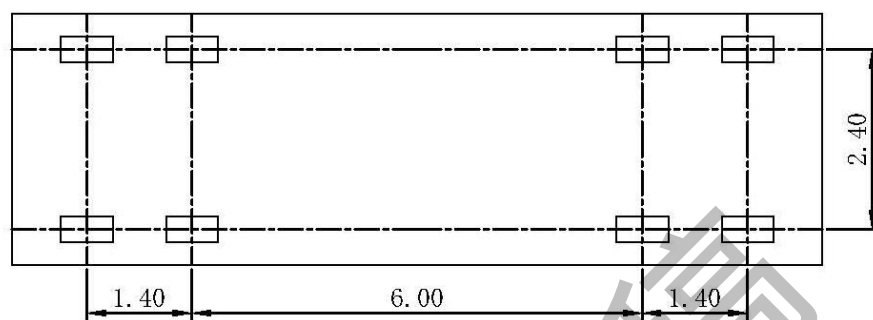
滑行道桥上可能通行的重车主要包括牵引车、消防车和油罐车。设计采用的汽车荷载及其布载位置根据拟使用该滑行道的车辆类别及重量、桥面布置等确定。当无特殊需求时，汽车荷载可根据具体桥梁特点，按表4-5和图4-7~图4-9选择最不利车辆计算。

表 4-5 汽车荷载的主要技术指标

序号	车辆名称	总重（kN）	轮胎着地宽度及长度（m）
1	消防车	450	0.45×0.45
2	牵引车	700	0.45×0.45
3	油罐车	800	0.45×0.45

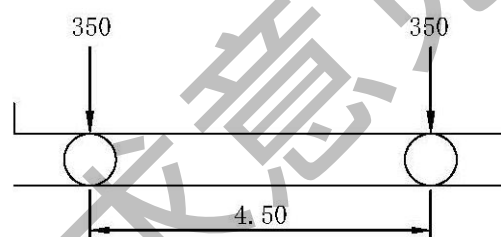


a) 立面布置

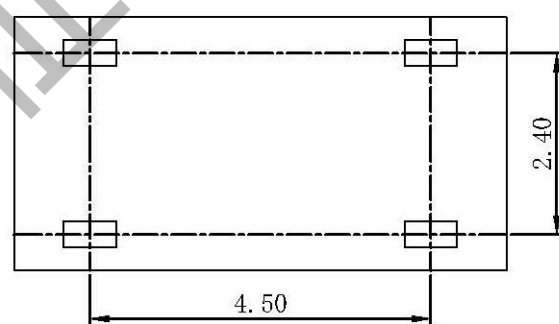


b) 平面尺寸

图 4-7 消防车荷载模型 (尺寸单位: m; 荷载单位: kN)



a) 立面布置



b) 平面尺寸

图 4-8 牵引车荷载模型 (尺寸单位: m; 荷载单位: kN)

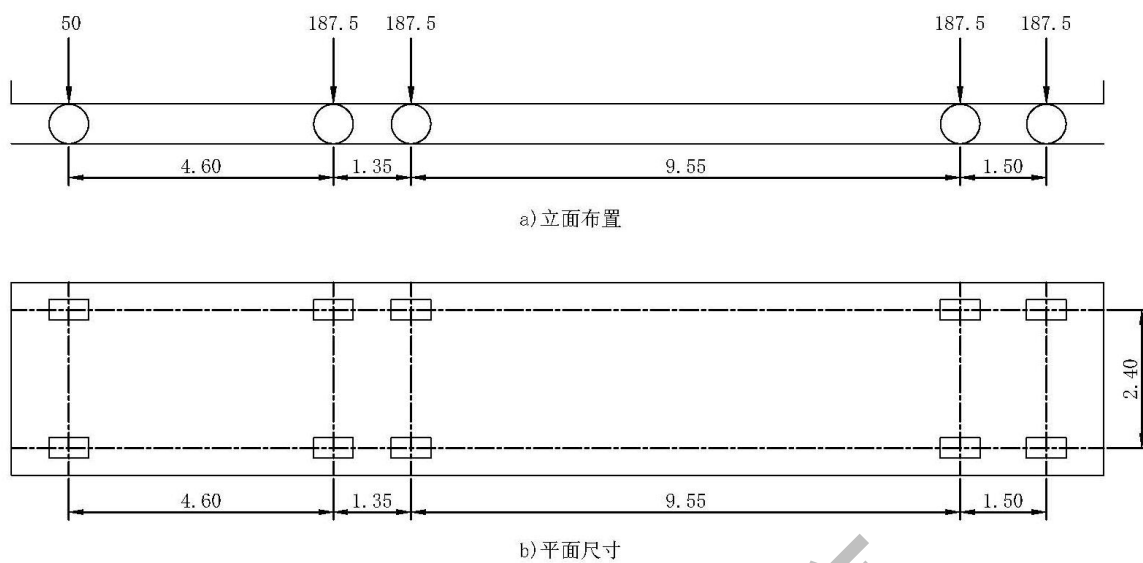


图 4-9 油罐车荷载模型（尺寸单位：m；荷载单位：kN）

5 总体设计

5.1 一般规定

5.1.1 滑行道桥的总体设计应符合机场总体规划，满足使用功能、结构受力、应急救援等要求，并符合下列规定：

1 滑行道桥的设计应避免对飞机滑行造成任何困难，结构强度、构造尺寸、坡度和净空应允许飞机不分昼夜，以及在不同的天气条件下进行不受限制的滑行。

2 滑行道桥的设计允许有飞机在桥上发生紧急情况时，应急车辆快捷进出。滑行道桥宜提供救援和消防车辆的通道，使消防车能在规定的应答时间内从两个方向到达滑行道桥上的飞机。

3 滑行道桥应根据跨越功能和设计机型，按照因地制宜、便于施工和养护等原则，进行总体设计。

5.1.2 滑行道桥及桥两侧防护设施设计时应考虑到滑行道维护、清洁和除雪的要求。

5.1.3 滑行道桥的桥上管线敷设应符合下列规定：

1 滑行道桥结构设计应与滑行道灯光布设及随桥管线预埋等统筹考虑。

2 排水设施、消防给水管线、灯光电缆、配电电缆、电讯电缆等管线借助滑行道桥结构布设时，管线敷设不应侵占滑行道净宽。

5.2 桥梁布置

5.2.1 滑行道桥的布置应满足下列要求：

1 为了便于飞机在接近滑行道桥时对准滑行道，滑行道桥宜设在滑行道直线段上，桥两端宜各有一段直线段，各段长度宜不小于飞机纵向轮距的两倍，且不小于表 5.2.1 中的规定值。

表 5.2.1 滑行道桥两端的直线段最小长度

飞行区指标 II	滑行道桥两端的直线段最小长度 (m)
A	15
B	20
C、D 或 E	50
F	70

2 快速出口滑行道上不宜布设滑行道桥。必须布设时，宜进行专题论证。

3 应避免桥的位置对机场的排水系统、管线、仪表着陆系统、助航灯光有不良影响。

5.2.2 跨河桥梁的布置可按现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）的相关规定执行。

5.2.3 跨线桥梁的布置应符合下列规定：

1 桥梁方案制定应充分考虑项目所在地规划情况，主要包括规划市政道路、轨道交通等。

2 滑行道桥纵轴线宜与被交道轴线正交。

【条文说明】改扩建项目现场管线复杂，且多为重要管线搬迁困难，因此准确的管线资料对设计方案影响较大，设计前应详细查明管线情况。

5.2.4 跨径不超过 40m 的桥梁宜采用标准化跨径。

5.2.5 桥梁横断面布置应符合下列规定：

1 桥梁宽度应不小于表 5.2.5 规定的滑行道直线段道面加道肩的最小总宽度。设置的全荷载承载宽度小于道面加道肩的最小总宽度时，应采用经证实有效的方法限制飞机侧向偏移。侧移限制设施应设在滑行道桥具有全荷载承载能力部分的边缘，以防止飞机滑出滑行道桥，且不应损害飞机。

表 5.2.5 滑行道直线段道面加道肩的最小总宽度

飞行区指标 II	滑行道直线段道面及道肩的最小总宽度 (m)
C	25
D	34
E	38
F	44

2 对于必须把滑行道弯道放在桥上的特殊情况，应设额外的因主起落架偏向内侧需增补的宽度补偿。

3 如果飞机的发动机悬于桥梁结构之外，桥梁两侧应采取防护措施。

5.3 桥梁净高及净宽

5.3.1 滑行道中线距物体的净距应符合现行《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）的规定。

5.3.2 桥下净高及净宽应根据桥下交通情况，按相关规范的规定确定。

5.3.3 桥下道路的照明灯杆不得侵占滑行带净空，照明灯光不应引起眩光或分散飞行员、机场控制塔人员的注意力。

5.4 桥上线形及桥头引道

5.4.1 桥上及桥头引道的线形应与滑行道布设相互协调，各项指标应符合现行《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）的规定。桥头两端引道线形应与桥上线形相配合。

5.4.2 桥梁坡度应符合下列规定：

- 1 滑行道桥桥面高程应符合场道设计要求，桥梁横纵坡宜尽量单一。
- 2 桥梁横坡和纵坡应符合现行《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）的规定，否则应采取措施使滑行道有足够的排水能力。
- 3 滑行道桥宜与附近的机场地势位于同一高度。如由于其它技术原因桥顶必须高于附近地势，滑行道的连接部分的纵坡应不超过 1.5%，变坡率每 30m 不超过 1%。

5.4.3 跨河桥桥头引道道肩高程可参考现行《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）的相关规定。

6 结构设计

6.1 一般规定

6.1.1 桥梁结构设计应包括下列内容：

- 1 结构方案设计，包括结构选型、构件布置及传力途径；
- 2 结构及构件的构造、连接措施；
- 3 作用及作用效应分析；
- 4 结构及构件的极限状态设计；
- 5 结构及构件满足特殊要求的专项设计。

6.1.2 滑行道桥的结构形式可采用梁式桥、刚构桥和闭合框架桥。

【条文说明】为解决飞机滑行与空陆侧车辆交通的平面干扰，我国广州白云机场、首都机场、上海浦东机场、澳门机场等已建成 60 余座滑行道桥。根据滑行道桥的特点，结构形式主要采用梁式桥、刚构桥和闭合框架桥三种，如图 6-1~图 6-3 所示。

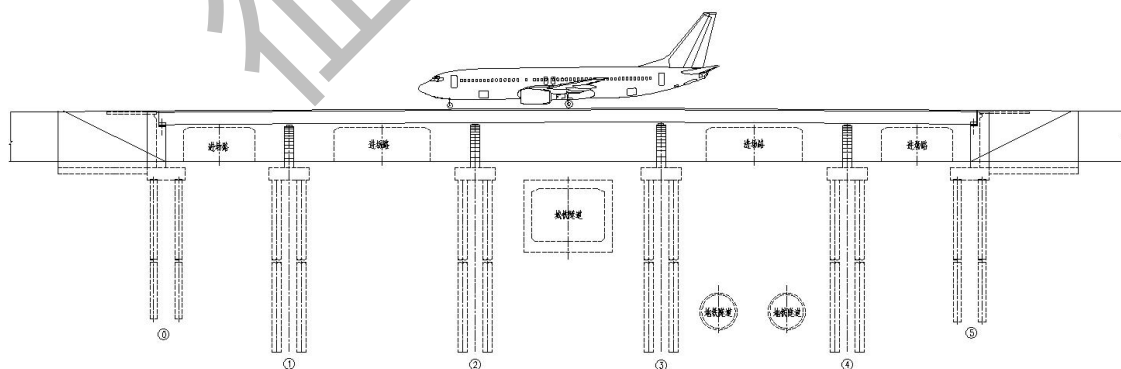


图 6-1 梁式桥典型立面布置

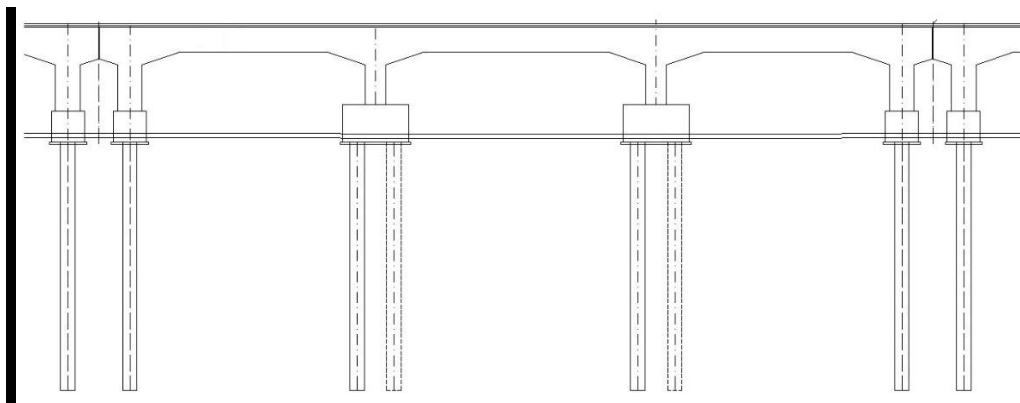
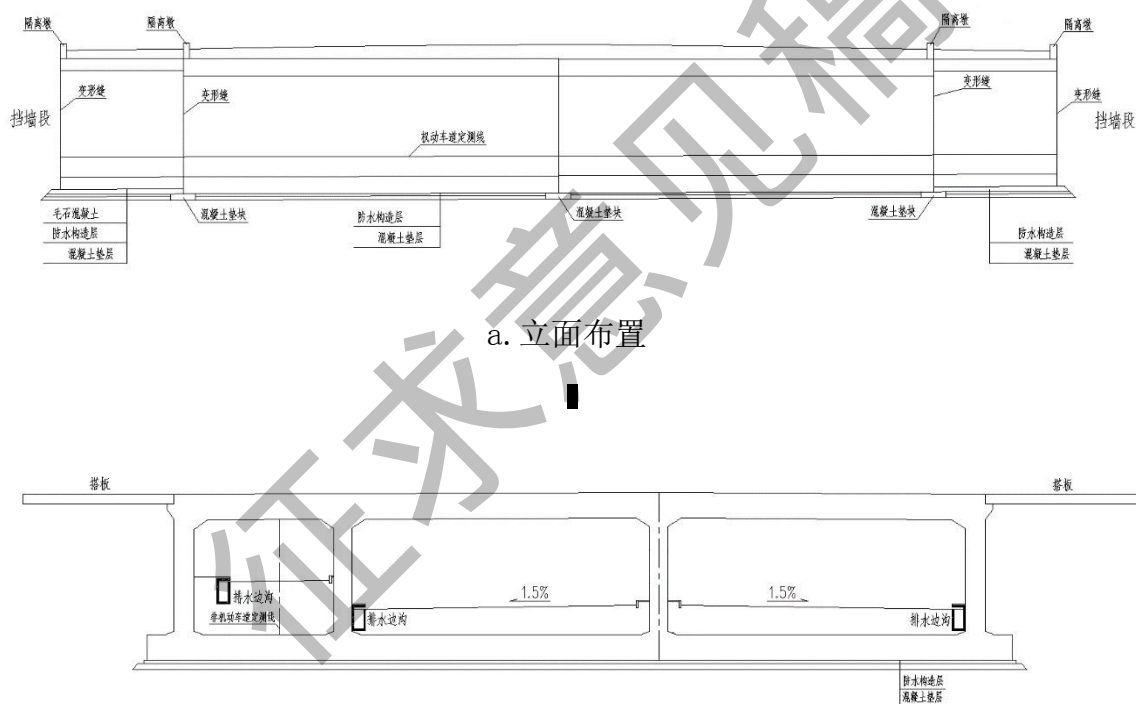


图 6-2 刚构桥典型立面布置



b. 横断面

图 6-3 闭合框架桥典型布置

6.1.3 桥梁结构构造设计应符合下列规定：

- 1 桥梁结构在制造、运输、安装和使用过程中，应具有规定的强度、刚度、稳定性和耐久性。
- 2 桥梁结构构造应使其附加应力、局部应力尽量减小。

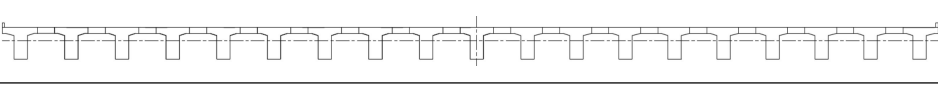
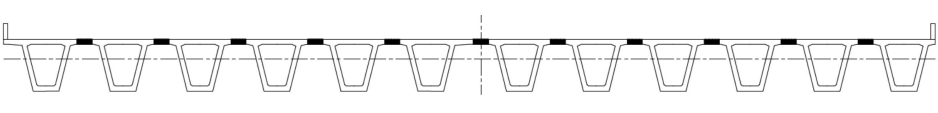
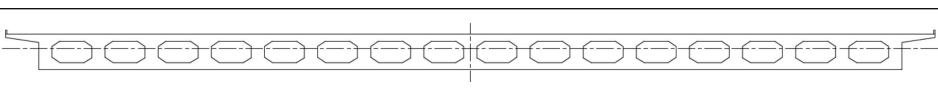
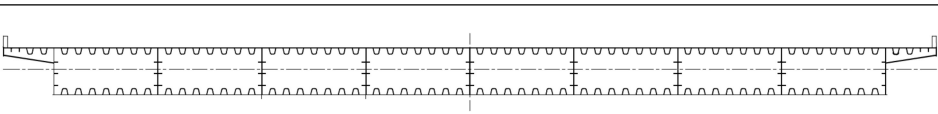
- 3 桥梁结构形式和构造应便于制造、施工和养护。
- 4 桥梁结构物所用材料的品质及其技术性能应符合相关现行标准的规定。

6.1.4 桥梁结构可按下列规定选用：

- 1 梁式桥和刚构桥的主梁可采用钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢结构和钢-混凝土组合结构。
- 2 闭合框架桥可采用钢筋混凝土结构。当水位较高时，应设置防水底板；防水底板设置需考虑与两侧结构的相接、抗浮等因素。

【条文说明】根据调研，我国已建的滑行道桥一般采用钢筋混凝土和预应力混凝土结构，也有少数桥梁采用钢结构。主梁采用钢筋混凝土结构或预应力混凝土结构时，截面形式主要为整体式实心板、T 梁、分离式箱梁和整体式箱梁；主梁采用钢结构时，截面形式采用钢箱梁。典型截面示意见表 6-1。

表 6-1 滑行道桥主梁主要截面形式

序号	构件名称	截面形式	典型截面示意
1	混凝土主梁	整体式实心板	
2		T 梁	
3		分离式箱梁	
4		整体式箱梁	
5	钢梁	钢箱梁	

6.1.5 桥梁的上、下部构造应视需要设置变形缝或伸缩缝，并配置适用的伸缩装置。变形缝或伸缩缝的数量宜尽量减少，并具有足够的耐久性。

6.2 分析计算

6.2.1 桥梁结构或构件（含基础结构）按承载能力极限状态设计时，应符合式（6.2.1）的要求：

$$\gamma_0 S_d \leq R_d \tag{6.2.1}$$

式中： γ_0 —— 结构重要性系数，对于持久状况，大桥、中桥和小桥的 γ_0

取 1.1，特大桥的 γ_0 可经专题论证后适当提高，对于短暂

状况、偶然状况和地震状况， γ_0 取 1.0；

S_d —— 作用组合的效应设计值，按 4.1.5 条的规定计算；

R_d —— 结构或构件的抗力设计值，应按有关桥梁结构设计规范的规定采用。

【条文说明】钢筋混凝土及预应力混凝土结构按承载能力极限状态设计时，主要验算内容及作用组合可按表 6-2 确定。

表 6-2 持久状况承载能力极限状态作用组合

构件类型	极限状态	验算内容	作用组合
钢筋混凝土结构	承载能力	正截面承载力	基本组合
		斜截面剪切承载力	基本组合
		剪扭承载力	基本组合

A 类和全预应力 混凝土结构	承载能力	正截面承载力	基本组合
		斜截面剪切承载力	基本组合
		剪扭承载力	基本组合
		应力验算	标准值组合

6.2.2 桥梁结构或构件按正常使用极限状态设计时，应符合式（6.3.2）的要求：

$$S_d \leq C \quad (6.3.2)$$

式中： S_d —— 作用组合的效应（如变形、裂缝等）设计值，按第 4.1.6 条的规定计算；

C —— 设计对变形、裂缝等规定的相应限值，应按有关桥梁结构设计规范的规定采用。

【条文说明】钢筋混凝土及预应力混凝土结构按正常使用极限状态设计时，主要验算内容及作用组合可按表 6-3 确定。

表 6-3 持久状况正常使用极限状态作用组合

构件类型	验算内容	作用组合
钢筋混凝土结构	裂缝宽度	频遇组合
	竖向挠度	频遇组合
A 类和全预应力 混凝土结构	抗裂性验算	频遇组合、准永久组合
	竖向挠度	频遇组合

6.2.3 地基或基础的承载能力和正常使用极限状态设计，可采用分项系数法进行，并应符合表 6.2.3 的要求。

表 6.2.3 地基或基础承载能力和正常使用极限状态作用组合

验算内容	持久状况	短暂状况	偶然状况	地震状况
稳定性	标准值组合		偶然组合	地震组合
承载力				
应力、偏心距				
沉降、变形	准永久组合。仅计结构重力、预加力、土的重力、土侧压力和飞机荷载	根据需要进行	—	—

【条文说明】以桩基础为例，基桩的桩身承载力验算按第 6.2.1 的规定进行，基桩的竖向承载和变形验算按本条的规定进行。

6.2.4 桥梁结构应进行整体作用效应分析，必要时尚应对结构中受力状况特殊部位进行更详细的分析。

6.2.5 桥梁结构的作用效应计算宜采用弹性理论，并应满足下列要求：

- 1 结构构件成桥状态的内力根据设计施工方案逐阶段计算确定。
- 2 结构构件成桥状态的应力根据设计施工方案，采用相应的净截面或换算截面逐阶段计算累加确定。

6.2.6 梁式桥、刚构桥应考虑空间受力特性，宜采用精细化有限元方法进行受力分析。

【条文说明】滑行道桥宽度大，且飞机荷载集中，桥梁结构具有明显的空间受力特征，计算时建议采用梁格模型或实体有限元等精细化分析方法。

梁格法将桥梁上部结构用一个等效的平面梁格或空间构架来模拟。将分散在板式或箱梁每一区段内的弯曲刚度和抗扭刚度集中于最邻近的

等效梁格内，实际结构的纵向刚度集中于纵向梁格构件内，而横向刚度则集中于横向梁格构件内。该方法能很好反应桥梁纵横梁的空间受力情况，计算精度基本可以满足设计要求。

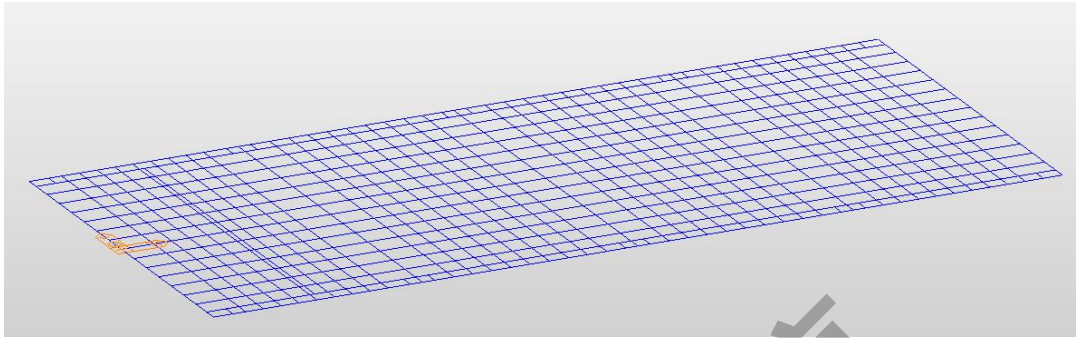


图 6-4 梁格模型

实体有限元法将桥梁上部结构各部分利用空间实体单元来模拟。该方法能较为真实的模拟出桥梁的纵横向受力情况，但建模复杂不便，计算结果不利于直接用于截面设计，适合于做桥梁局部分析。

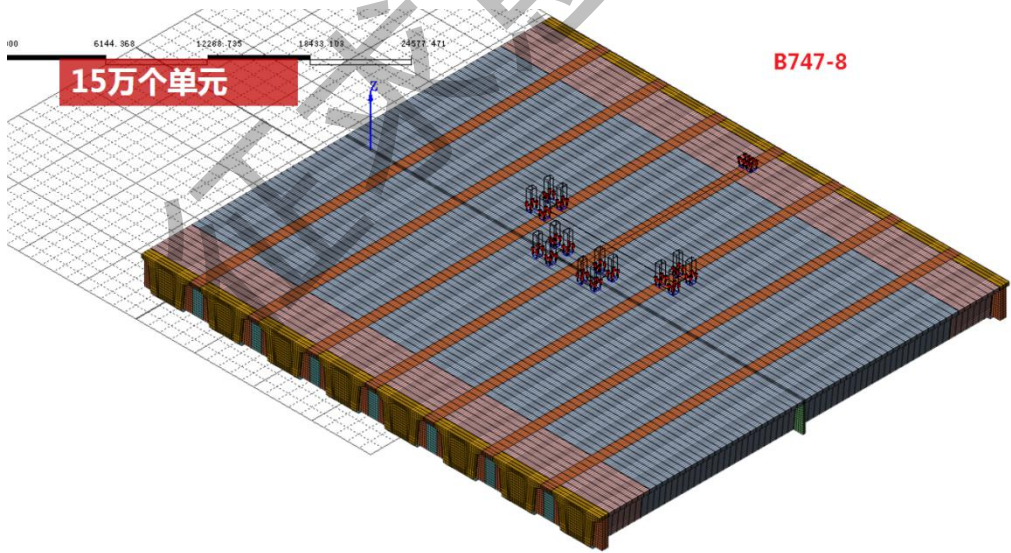


图 6-5 实体有限元模型

6.2.7 闭合框架桥的结构分析宜采用荷载-结构模型，其中主体结构采用梁单元或板壳单元，地层采用地基弹簧单元、并考虑基础的变异性和不确定性。

6.3 细部构造

6.3.1 滑行道桥桥头宜设置搭板，搭板设置应符合下列规定：

- 1 搭板长度不宜小于 5m；桥台高度不小于 5m 时，搭板长度不宜小于 8m。
- 2 搭板宽度宜与桥台侧墙内缘相齐，并用柔性材料隔离，最小宽度不应小于桥面净宽。
- 3 搭板厚度不宜小于 0.5m。

6.3.2 桥面伸缩装置设计应满足下列要求：

- 1 满足梁端自由伸缩、错位变形及使飞机和车辆平稳通过的要求。
- 2 具有良好的密水性和排水性，并易于检查和养护。
- 3 伸缩装置材料、成品等技术要求应符合国家现行相关标准的规定。
- 4 设计伸缩装置时，应考虑其安装的时间，伸缩量应根据温度变化及混凝土伸缩、徐变、受荷转角、梁体纵坡及伸缩装置更换所需的间隙量等因素确定。
- 5 选用伸缩装置类型时，应考虑主梁横向温度作用引起的横桥向错位。

【条文说明】桥梁伸缩装置安装的时间温度是计算伸缩量的依据，另外还要考虑条文中列举的多方面因素。

6.3.3 桥梁支座设计应满足下列要求：

1 桥梁支座可按其跨径、结构形式、反力值、支承处的位移及转角变形值选取不同的支座。桥梁宜选用盆式橡胶支座和球形钢支座。不宜采用带球冠的板式橡胶支座或坡形板式橡胶支座。

2 支座的材料、成品等技术要求应符合国家现行相关标准的规定。

3 桥梁纵桥向单个支承点宜设置一排竖向支座；横桥向竖向支座的设置应考虑支座脱空的影响。

4 支座的设计、安装要求应符合有关标准的规定，且应易于检查、养护、更换，并应有防尘、清洁、防止积水等构造措施。支座安装时应预留由于施工期间温度变化、预应力张拉以及混凝土收缩、徐变等因素产生的变形和位移，成桥后的支座状态应符合设计要求。支座上、下传力面应保持水平。

5 桥梁墩台应预留支座安装、维护、更换的工作空间和操作安全防护设施。

【条文说明】本条有关桥梁支座设计的规定，兹说明如下：

4 支座安装时要考虑施工时的温度，以及施工阶段的其他影响（如预应力张拉等），设计中若没有充分考虑这些因素，会使成桥后支座受力和变形“超量”，造成支座剪切变形过大，墩台顶面混凝土拉裂等现象。

为保证传力均匀，要求支座上下传力面水平，盆式支座和球型支座有纵坡时要调平梁底后方可安装。

5 支座的使用寿命低于主体结构的设计使用年限。因此，进行桥梁

结构设计时，要考虑桥梁在服役期间支座的维护和更换问题，设置支座的墩台应留有检查和更换支座的构造措施，并配以必要的操作安全防护设施。

6.3.4 主梁应在墩、台部位处设置横向限位构造。

【条文说明】一般情况下在主梁的墩、台部位处均需设置“横向限位”构造，限位设施的间隙和强度应根据计算确定。

6.3.5 在使用融雪剂地区，对栏杆底座、混凝土铺装以及桥梁伸缩装置以下的盖梁、墩台帽等处，应进行耐久性处理。

【条文说明】对北方使用融雪剂地区，由于腐蚀介质渗入钢筋混凝土，破坏了钢筋钝化膜使钢筋锈蚀，混凝土受损，所以在桥梁容易受到水侵蚀的部位，应进行耐久性处理如采用钢筋阻锈剂等。

7 桥面系和安全设施

7.1 桥面铺装、防水和排水

7.1.1 桥面铺装的结构形式宜与所衔接的场道道面相协调，可采用沥青混凝土铺装或水泥混凝土铺装。

7.1.2 桥面铺装应设置防水层，并符合下列规定：

1 沥青混凝土铺装与水泥混凝土整平层之间应设置柔性防水卷材或涂料，材料性能技术要求和设计应符合现行有关标准的规定。

2 水泥混凝土铺装可采用刚性防水材料，或底层采用不影响水泥混凝土铺装受力性能的防水涂料等。

【条文说明】水泥混凝土铺装建议采用渗透型或外掺剂型的刚性防水形式。在水泥混凝土铺装与桥面板之间设置防水层会影响铺装层的受力状态，对此设计应有切实的措施及对策。

7.1.3 滑行道桥桥面铺装宜采用沥青混凝土材料。沥青混凝土桥面铺装的粒料宜与沥青道面面层一致。水泥混凝土整平层强度等级应与梁体一致，厚度宜为 80mm~100mm，并应配有钢筋网。沥青混凝土混合料尚应符合现行《民用机场沥青道面设计规范》（MH/T 5010）的有关规定。

【条文说明】国内现有滑行道桥沥青混凝土桥面铺装厚度大部分为 150mm。沥青混凝土桥面铺装一般为两层，上层具有抗滑、耐磨、密实稳定的特性，下层具有传力、承重作用。飞机荷载的轮胎压力远高于汽车荷载，且飞机滑行路线相对固定，渠化明显，易发生轮辙等病害。用于

桥面铺装的沥青混合料应具有较高的高温稳定性、低温抗裂性及水稳定性。

7.1.4 水泥混凝土桥面铺装的面层厚度，飞行区指标Ⅱ为C时不宜小于180mm，飞行区指标Ⅱ为E、F时不宜小于200mm，混凝土强度等级不应低于C40，28d龄期弯拉强度不应低于5.0MPa。铺装层内应配有钢筋网，钢筋直径不应小于10mm，间距不宜大于100mm，宜采用纤维混凝土。

铺装表面纹理制作方法及深度等应符合现行《民用机场水泥混凝土道面设计规范》（MH/T 5004）的有关规定。

【条文说明】国内现有滑行道桥水泥混凝土桥面铺装厚度一般在150mm~250mm之间。目前桥梁较少采用水泥混凝土铺装，设计经验相对较少，因此水泥混凝土桥面铺装的设计与施工均应予以重视。

7.1.5 钢桥面沥青混凝土桥面铺装结构应根据桥梁结构形式及受力状态、桥面系的实际情况、当地气象与环境条件、铺装材料的性能、施工工艺等综合研究选用。

7.1.6 桥面排水应满足现行《民用机场排水设计规范》（MH/T 5036）的有关规定，排水设施可按现行《公路排水设计规范》（JTG/T D33）的规定进行设计，并应根据需要设置必要的桥面径流汇集引排设施。

7.2 安全设施

7.2.1 滑行道桥宽度小于其所在滑行带宽度时，在两侧设置的隔离墩高度宜为 35cm，并涂刷醒目的警告色。隔离墩上部宜设置易折警示棒，临空侧设置防坠落设施。

【条文说明】隔离墩对飞机有一定的侧向限制作用，国内外现有滑行道桥隔离墩高度在 20cm~60cm 之间，考虑在飞机偶然滑偏时，隔离墩不会损害飞机发动机，建议隔离墩高度宜为 35cm。目前为止没有收到过飞机滑出滑行道桥的报告。隔离墩高度较矮，建议在外侧设置水平防坠落设施。

7.2.2 桥梁在跨越陆侧道路部分应设置防护设施，防护设施应能遮挡其上通行的最大飞机翼展，桥梁与防护设施总宽度不应小于其所在滑行带平整范围最小宽度。防护设施尚应附合现行《民用运输机场安全保卫设施》（MH/T 7003）的有关规定。

【条文说明】防护设置的主要作用是防止飞机尾流吹袭桥下行人或车辆。当跨越陆侧道路的桥梁宽度不小于其所在滑行带平整范围最小宽度时，可不设置防护设施。目前对于飞机尾流竖向吹袭范围缺乏研究，国内大部分跨越空侧道路的桥梁外侧未设置防护设施，未收到飞机尾流吹袭影响桥下车辆运行影响的报告。

7.2.3 滑行道桥除了按照现行《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）的规定设置标志、灯光外，还应满足以下要求：

- 1 应在桥梁两侧边缘设置障碍物灯，每侧不少于 3 个；

2 道肩涂刷道肩标志,线条间距应不超过 7.5m,线条宽度应为 0.9m。

【条文说明】滑行道桥应有明显的标志,以减小飞机滑出桥梁的风险。

本条规定参考了美国 AC 150/5300-13A Airport Design 中关于机场桥隧中标志与灯光的有关规定。

7.2.4 滑行道桥可根据需要设置必要的结构监测设施。

征求意见稿

标准用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对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”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 本规范中指定按其他有关标准、规范或其他有关规定执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……的规定执行”。非必须按所指定的标准、规范和其他规定执行时，写法为“可参照……”。

引用标准名录

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- [1] 《中国地震动参数区划图》（GB 18306）
- [2] 《工程结构可靠性设计统一标准》（GB 50153）
- [3] 《民用机场飞行区技术标准》（MH 5001）
- [4] 《民用机场水泥混凝土道面设计规范》（MH/T 5004）
- [5] 《民用机场沥青道面设计规范》（MH/T 5010）
- [6] 《民用机场排水设计规范》（MH/T 5036）
- [7] 《民用运输机场安全保卫设施》（MH/T 7003）
- [8] 《公路排水设计规范》（JTG/T D33）
- [9] 《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60）