

Handbook for Civil Engineers in China

中国

孙更生 朱照宏 孙 钧
杨祖东 江欢成 杨文渊 等编著



土木工程师

手册 中册



上海科学技术出版社

中国土木工程师手册

(中 册)

Handbook for Civil Engineers in China

(Volume Two)

孙更生 朱照宏 孙 钧 等编著
杨祖东 江欢成 杨文渊

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国土木工程师手册. 中册 / 孙更生等编著. —上海:
上海科学技术出版社, 2001. 11

ISBN 7-5323-5845-3

I. 中... II. 孙... III. 土木工程—技术手册

IV. TU-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 082662 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所经销

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月第 1 次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 92 插页 4 字数 2177 千

印数 1—3 000 定价: 160.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

目 录

(中 册)

第 九 篇	房屋结构	9.1 ~ 9.216
第 十 篇	特种工程结构	10.1 ~ 10.145
第十一篇	土力学与基础工程	11.1 ~ 11.334
第十二篇	隧道与地下工程	12.1 ~ 12.214
第十三篇	道路工程	13.1 ~ 13.208
第十四篇	交通工程	14.1 ~ 14.152
第十五篇	机场工程	15.1 ~ 15.89
第十六篇	铁道工程	16.1 ~ 16.104

Contents

(Volume Two)

Section 9	Building Structure	9.1 ~ 9.216
Section 10	Special Structure	10.1 ~ 10.145
Section 11	Soil Mechanics and Foundation Engineering	11.1 ~ 11.334
Section 12	Tunnel and Underground Engineering	12.1 ~ 12.214
Section 13	Highway Engineering	13.1 ~ 13.208
Section 14	Traffic Engineering	14.1 ~ 14.152
Section 15	Airport Engineering	15.1 ~ 15.89
Section 16	Railway Engineering	16.1 ~ 16.104

第十五篇 机 场 工 程

姚祖康 同济大学教授

蔡东山 中国民用航空总局高级工程师

目 录

第一章 概述	15.5
第一节 航空运输系统	15.5
第二节 机场系统	15.5
第三节 民航组织机构及有关技术标准	15.6
第二章 机场规划	15.7
第一节 规划的目的、过程和内容	15.7
第二节 需求预测	15.9
第三节 容量和延误	15.11
第四节 净空要求	15.20
第五节 机场平面布置	15.25
第三章 飞行区几何设计	15.32
第一节 跑道设计	15.32
第二节 滑行道设计	15.40
第三节 机坪设计	15.44
第四章 道面和排水设计	15.49
第一节 交通因素	15.49
第二节 FAA 设计方法	15.52
第三节 道面强度报告系统	15.61
第四节 加铺层设计	15.64
第五节 排水设计	15.66
第五章 航站区设计	15.69
第一节 旅客航站系统	15.69
第二节 总体布局方案	15.71
第三节 方案设计	15.74
第六章 空中交通管制	15.78
第一节 空中交通管制系统	15.78
第二节 非目视助航设备	15.80
第三节 目视助航设备	15.82
参考文献	15.89

第一章 概 述

第一节 航空运输系统

航空运输系统由运载工具(飞机)、航路、机场和交通监控四部分组成。

1. 飞机

按运输类型不同可分为:①运输机——由航空公司定期或非定期航班使用;②通用航空飞机——各种专业飞行、教学飞行、商务飞行等所使用的飞机。

按发动机类型不同可分为:①活塞式(简称P);②涡轮螺旋式(TP);③涡轮喷气式(TJ);④涡轮风扇式(TF)。

2. 航路

航路为飞机在其间飞行的空域。由航线空域(连接各航站区的航路)和航站区空域(供飞机进出机场的空域)组成。

3. 机场

机场有军用、民用和军民合用三类。民用机场又可分为民用航空运输机场和通用航空机场两种,分别采用不同的技术标准。

4. 交通监控

为保障飞机在航路上和在航站区安全而有效地飞行和起降,沿航路和在航站区设置各种助航设备并设立交通管制机构,以监视和指挥飞机的飞行和起降。

第二节 机 场 系 统

机场系统由空侧和陆侧两部分组成(图 15-1-1)。空侧是飞机活动的区域,又称飞行区,主要包括跑道、滑行道、机坪、航站空域等。陆侧是旅客或(和)货物活动的区域,又称航站区,主要包括地面出入机场交通系统、航站楼等。

表 15-1-1 飞行区等级指标(机场基准代号)

指 标 I		指 标 II		
数 码	飞机基准场地长度(m)	字 码	翼 展(m)	主起落架外轮缘间距(m)
1	< 800	A	< 15	< 4.5
2	800 ~ < 1 200	B	15 ~ < 24	4.5 ~ < 6
3	1 200 ~ < 1 800	C	24 ~ < 36	6 ~ < 9
4	≥ 1 800	D	36 ~ < 52	9 ~ < 14
		E	52 ~ < 60	9 ~ < 14

为了使有关机场特性的许多技术标准相互关联,以便所提供的各项机场设施同在机场

上运行的飞机相适应,提出了一种简单的机场基准代号的方法,或称飞行区等级指标。代号由两部分组成。第一部分为数字,依据飞机的基准场地长度划分(基准场地长度的定义参见第三章)。第二部分为字母,依据飞机的翼展和主起落架外轮缘间距划分。分级的标准列于表 15-1-1。

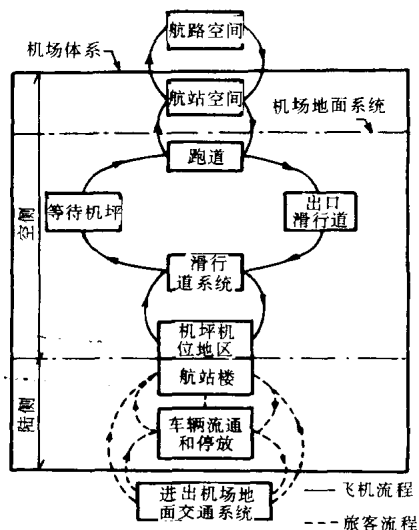


图 15-1-1 机场系统的组成部分

机场工程的内容为设计和修建各种供飞机起降、地面移动和停放、维修和保养、燃油储存以及处理旅客、行李和货物的设施。

第三节 民航组织机构及有关技术标准

同民航活动直接有关的各种组织机构,对机场工程发展和飞机飞行有着重要的影响。

1. 国际民用航空组织

国际民用航空组织(简称 ICAO)是 1944 年成立的一个国际机构,现在是联合国所属的一个专门机构。

ICAO 理事会依据国际民用航空公约第 37 条的规定,于 1951 年首次通过了机场的标准和建议措施,并定为公约的附件 14——机场。这个附件,随后作过多次修改,包含适用于国际机场的国际设计标准和建议措施。其标准被认为是国际安全和正常航行所必需的,各缔约国应予以遵守;而建议措施被认为是有利于国际航行,各缔约国宜力求予以遵守。

2. 美国联邦航空局

美国联邦航空局(简称 FAA)是美国政府管理和协调民用航空的机构。它所颁发的咨询通报(简称 AC)为指导机场设计和修建的标准文件,往往也是 ICAO 或各国民航组织有关机场标准的参考依据。

3. 中国民用航空局

中国民用航空局(简称 CAAC),是我国政府管理和协调民用航空运输的机构。它颁发了有关机场建设的局标准,以指导机场设计和修建。

第二章 机 场 规 划

第一节 规划的目的、过程和内容

一、目的

机场规划可用于新建和改建各项机场设施。其目的为提出一些指导原则,以达到下列要求:

- ① 确定机场各项设施的发展规模。
- ② 规划机场毗邻地区的土地使用。
- ③ 分析机场的修建和使用对周围环境的影响。
- ④ 提出对机场出入交通的要求。
- ⑤ 分析所提规划的经济和财政可行性。
- ⑥ 安排规划中所列各项设施的优先次序和分阶段实施计划。

二、过程和内容

整个规划可分为 4 个阶段。

(一) 确定机场的设施

规划的第一个阶段,主要是确定对机场新设施的要求,需要详细考察以下几个方面:

1. 现状

大量采集数据,为规划提供基础信息。所需收集的资料包括:现有机场的性质、规模和使用情况;空域结构和助航设施;场址的物理和环境特性;土地目前使用情况和规划;对环境的影响;公用设施和其他公共建筑物的位置;现有的和规划的地面交通系统;机场系统规划和地区发展规划;社会经济和人口统计;财政来源等。

2. 航空运输需求预测

准确的预测是制订出好规划的基础。主要预测项目为年和高峰小时旅客量,年货运量,年和高峰小时飞行次数,机队组成等。

3. 需求-容量分析

对场道、航站区、空域、地面出入道路和空中交通管制设施 5 个方面进行容量分析。

预测的飞行次数同场道、空域和空中交通管制设施的容量相比较;旅客预测量同旅客航站楼的容量相比较;货运量预测同货物航站楼的容量相比较;预测的地面交通量同地面出入道路的容量相比较。通过上述比较,确定需增加的容量。

4. 确定要求的设施

由需求-容量分析可得到大致的设施要求。规划人员可据此估计出新建或扩建机场所需的各项设施的规模和构形。

5. 环境影响研究

在场址选择和机场设计过程中要对环境的影响进行研究,以保证机场同环境的协调。环

境研究包括:机场毗邻地区噪声级位的变化;空气和水质污染情况;自然环境(生态、风景或游览区等)的改变;居民区的分割和迁移等。

(二) 场址选择

1. 可利用空域

飞机在机场附近进行的起飞、着陆以及盘旋等待等飞行活动,要求有足够大的空域以保证其安全。根据美国联邦航空局建议,一般小飞机在目视飞行规则条件下所需空域大小的平面尺寸为 $1.5n \text{ mile} \times 3.0n \text{ mile}$ ($1n \text{ mile} = 1852\text{m}$),而大型飞机在仪表飞行规则条件下所需空域大小的平面尺寸为 $10n \text{ mile} \times 25n \text{ mile}$ 。当附近有其他机场时,还应考虑新建机场与现有机场之间的间距,以确保在仪表飞行规则条件下新建机场附近的空域足以使飞行活动不受相邻机场飞行活动的干扰。

2. 净空要求

在“受保护空域”内是否有障碍物,即净空要求是否满足;在障碍物限制面(详见本章第四节)所规定的“受保护空域”内,不允许有物体突破诸假想面。选址时必须确保场址处无严重不满足障碍物限制面要求的物体存在,同时还要确保将来没有不满足以上要求的物体出现。

3. 对周围环境和发展的影响

选址时还要考虑机场开放使用以后对机场附近环境的影响,而这种影响又和机场附近目前和将来的土地使用类型密切相关,不同的土地使用类型对机场影响的适应程度是不同的。按其适应程度,机场附近最理想的是农业用地,依次下来分别为工业用地、住宅用地、办公室及商业用地、学校及医院等用地。

4. 机场的物理特性

机场最好建在地形平坦、地基条件良好的地方,以利于节省机场建设成本和避免对机场使用的不良影响。为了确保机场的利用率,场址应当选在受气候因素干扰(雾、阴霾、工业烟雾、风等)最小的地方。

5. 接近航空业务需求点

机场场址选择应当考虑使旅客出入机场的地面行程时间减至最小,即机场应当接近航空业务的需求点。机场与需求点的距离应视地面运输设施的条件和地面交通量大小等具体情况而定。

6. 现有地面出入交通系统

场址应尽量靠近现有的地面交通运输系统(公路、城市公共交通系统),以减少有关建设地面交通运输系统的投资。

7. 现有公用设施可利用程度

机场的场址最好选在能以较小代价获得电力、供水、通讯等公用设施的地方;同时还要从运输安全、可靠以及费用等方面,考虑航空燃油的输送。

8. 土地价格

要考虑土地征购、居民迁移和建筑物拆除等费用。

(三) 机场平面布置

机场平面图指用图示形式展现现有的和建议的各项机场设施,它们在机场的位置、尺寸和间距。

除平面图外,还应有土地使用图(机场场界内和毗邻地区目前和将来的土地使用计划),航站区设计图和机场出入交通路线图。

(四) 财务计划

机场规划按短期、中期和长期(约 5、10 和 20 年)的运输需求制订。因而,所建议的各项设施宜分阶段实施,需制订分期实施日程计划。

估算各阶段各项设施的费用,并进行经济可行性分析。最后,分析资金来源以判断财务可行性。

经过技术和经济可行性分析后订出的规划,得到公众和领导部门的认可和批准后,可付诸实施。然而,规划是个连续的过程,需不断收集和评价有关运输需求、机场运营环境影响和财务可行性方面的情况。

第二节 需求预测

预测是规划的核心。依据对运输需求的预测,确定所需的设施,这些设施的规模和需要的时间。

一、预测项目

机场规划所需预测的项目有:

① 年旅客、货物和邮件量,分别按国际和国内、固定航班和不定航班以及到达、出发、过境和中转分类。

② 典型高峰小时飞机运行次数及旅客、货物和邮件量,最好按到达、出发和综合分类。每一项和类的典型高峰小时出现在不同时刻。

③ 高峰月的平均日飞机运行次数及旅客、货物和邮件量,按第一项分类。

④ 使用该机场的航空公司数,它们的航线结构(按国际和国内分)。

⑤ 使用该机场的飞机类型,每一类的数量及其在繁忙时刻的比例。

⑥ 以机场为基地的飞机数,按固定航班、不定航班和通用航空分类。这些和其他飞机对基地和航线维护的要求。

⑦ 机场和服务地区之间出入交通系统的要求。

⑧ 机场工作人员和访问机场的人数。

上述项目中,基本预测项是年旅客和货物量。而对机场设施的要求,是按高峰期(典型高峰小时)的运输需求量确定的。通常,以第 30 或第 40 位繁忙小时作为典型高峰小时。基本预测(第一项)同典型高峰小时预测(第二项)之间的关系,随各机场具体情况(年内交通量的月、日和小时变化特性)而异。FAA 建议的高峰小时旅客容量同年登机旅客量之间的关系,如图 15-2-1 所示。

飞机运行次数同旅客量的关系,依赖于座位利用系数和机队组成。座位利用系数定义为旅客-公里除以座位-公里,也即每一可用座位平均实载旅客数。由机队内各类飞机的数量和各类飞机的座位数,可以确定机队每架飞机的平均座位数。

二、预测时考虑的因素

预测时要考虑的影响交通增长的因素有:

① 人口:机场服务地区的人口数量、结构(年龄、受教育程度和职业)和可能的增长率,

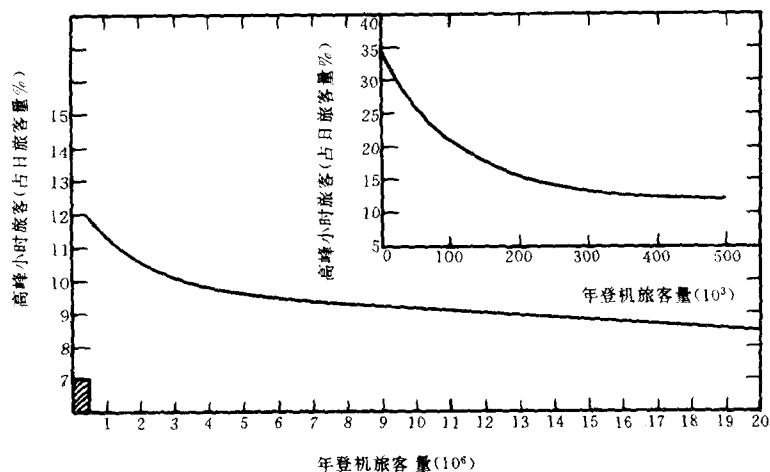


图 15-2-1 高峰小时旅客量(以日旅客量的%计)
同年登机旅客量的关系

它反映了空运市场的潜在大小。

- ② 人均个人收入。它反映了平均生活水平和旅行的支付能力。
- ③ 经济活动和工业发展情况。
- ④ 地理因素。机场服务地区人口和商业点之间的地理分布和距离、地形和气候差异。
- ⑤ 同其他运输方式竞争的地位。
- ⑥ 社会因素。人口流动性增加,城市化趋势,旅游发展等。
- ⑦ 政治因素,政府的支持。

三、预测的方法

(一) 经验判断

由有经验并能综合和平衡各方面影响因素的个别或小组预测人员,依据经验判断进行粗略估测。在增长量有限的情况下,可采用此法。

另一种经验法是特尔非(Delphi)分析法。向一组有经验人员调查他们的预期增长值,而后将小组统计结果告诉他们,再次征询他们的预测值,多次反复调整后得到较为一致的结果。

(二) 趋势预测

利用以往的交通资料,通过回归分析得到交通增长的历史趋势(回归方程)。假设过去决定交通变化的因素在今后将继续按相同方式发挥作用。因而,可利用回归方程通过外延得到预测年份的交通量。

回归方程可采用直线、指数或逻辑曲线的形式:

$$\text{直线(增量为常数)} \quad y = a + bx \quad (15-2-1)$$

$$\text{指数曲线(增长率递增)} \quad y = ab^x \quad (15-2-2)$$

$$\text{逻辑曲线(增长率递减)} \quad 1/y = a + be^x \quad (15-2-3)$$

式中 y ——预测量;

x ——时间序列。

(三) 计量经济模型

这一方法企图说明促使交通发展的基本原因。它应用统计技术(逐步回归分析),把影响运输需求的变量同预测需求量建立定量的统计关系称作需求模型,通过对敏感性较小的影响变量的预测,由需求模型得到预测量。其过程如图 15-2-2。

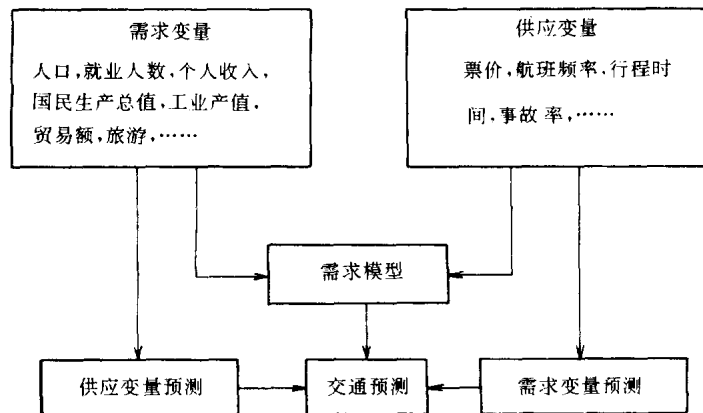


图 15-2-2 计量经济模型法预测的过程

影响变量,包括需求变量(如:人口、个人收入、国民生产总值或工业生产总产值、贸易额、旅游业发展等方面)和供应变量(如:票价、航班频率、事故率等方面)两方面,通过调查和分析后选定。

第三节 容量和延误

一、基本概念

机场系统各项设施在一定时段内(1h, 1d 或 1a)处理不同对象(飞机、旅客或货物等)的最大能力,称为容量或极限容量、饱和容量。在飞行区内,跑道或滑行道的容量为单位时段内可能容纳的最大飞机运行次数。

为实现极限容量,必须连续而均衡地供应服务对象。而实际上很难达到这一点。因而,在接近极限容量时服务对象必然会因等待服务而出现延误。平均延误时间,在需求量达极限容量时为最大,而随需求量下降(以占容量的比例计)而减少。相应于可容许的平均延误时间的容量,称为实际容量。

机场系统各项设施的容量,可独立地进行分析。而整个系统的容量决定于最受限制的设施,通常由跑道的容量所控制。

影响跑道容量的因素主要有:

1. 空中交通管制因素

为保证交通安全所作出的一些规定,如只容许一架飞机占用跑道,着落优先于起飞,飞机间间隔规则等。

2. 机队组成

FAA 把飞机分成 4 类,如表 15-2-1。

机队组成由机队指数 MI 表示。 MI 由 C 类飞机加 3 倍 D 类飞机(以占飞机总运行次数的百分率表示)组成:

表 15-2-1 飞机分类(FAA)

飞机类别	最大起飞重(kN)	发动机数	尾流涡流等级
A	< 55.6	单	小
B		多	
C	55.6 ~ 133.4	多	大
D	> 133.4	多	严重

$$MI = (C + 3D)\% \quad (15-2-4)$$

除了机队组成外,影响容量的飞机组成因素还有:在飞机总的运行次数中着陆和着陆-离地(飞行训练用)运行所占的比例。

$$\text{着陆百分率}(PA) = \frac{A + 0.5TG}{A + DA + TG} \times 100 \quad (15-2-5)$$

$$\text{着陆-离地百分率}(PTG) = \frac{TG}{A + DA + TG} \times 100 \quad (15-2-6)$$

式中 A 、 DA 和 TG ——相应为小时内着陆、起飞和着陆-离地飞机数。

3. 跑道布置和使用方案

跑道条数、间距、定向(平行或交叉)、各条跑道的使用规定(着陆、起飞或着陆兼起飞)、出口数目和位置等因素都影响跑道的容量。

FAA 按这些因素的不同组合,为远期规划估算容量划分成 19 种情况,为计算小时容量区分为 102 种情况。

4. 环境因素

最主要的环境因素是能见度、跑道表面状况、风和减除噪声要求。

FAA 在分析跑道容量时采用下述规定:

① 当云层高为地面以上 305m 以外,能见度至少为 4.83km 时,可采用目视飞行规则(VFR);

② 当云层高在 152m 以上 305m 以下和(或)能见度为 1.61 到 4.83km 时,需采用仪表飞行规则(IFR);

③ 云层高低于 152m 和(或)能见度少于 1.61km 时属能见度差(PVC)情况。

二、远期规划时容量和延误的计算

表 15-2-2 所采用的假设

MI ($C + 3D$)%	PA (%)	PTG (%)	需 求 比	
			年需求/平均日需求	平均日需求/平均高峰小时需求
0 ~ 20	50	0 ~ 50	290	9
21 ~ 50	50	0 ~ 40	300	10
51 ~ 80	50	0 ~ 20	310	11
81 ~ 120	50	0	320	12
121 ~ 180	50	0	350	14

注:平均日需求为高峰月中数值。