



21世纪交通版高等学校教材
机场工程系列教材

机场地势设计

Jichang Dishi Sheji

李光元 楼设荣 许巍 编著
岑国平 主审



人民交通出版社
China Communications Press

21世纪交通版高等学校教材
机 场 工 程 系 列 教 材

Jichang Dishi Sheji
机 场 地 势 设 计

李光元 楼设荣 许 巍 编 著
岑国平 主 审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为机场工程系列教材,主要介绍了机场地势的设计任务和方法、机场表面坡度对飞机活动的影响、断面法设计的基本过程、土方工程量的计算方法、机场地势局部设计方法和设计等高线的绘制方法、机场改扩建工程的地势设计以及机场地势 CAD 技术等内容。

本书可作为机场工程专业本科生的教材,也可供公路工程、城市道路工程、城市规划设计等相关专业师生和其他从事机场工程设计、研究及管理的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

机场地势设计 / 李光元,楼设荣,许巍编著. —北京:
人民交通出版社, 2014. 4

ISBN 978-7-114-10097-0

I. ①机… II. ①李… ②楼… ③许… III. ①机场 -
建筑设计 IV. ①TU248.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 221723 号

21世纪交通版高等学校教材

机 场 工 程 系 列 教 材

书 名: 机场地势设计

著 作 者: 李光元 楼设荣 许 巍

责任编辑: 李 喆

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 12

字 数: 285 千

版 次: 2014 年 4 月 第 1 版

印 次: 2014 年 4 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10097-0

定 价: 40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

出版说明

随着近些年来我国经济的快速发展和全球经济一体化趋势的进一步加强,科技对经济增长的作用日益显著,教育在科技兴国战略和国家经济社会发展中占有重要地位。特别是民航强国战略的提出和“十二五”综合交通运输体系发展规划的编制,使航空运输在未来交通运输领域的地位和作用愈加显著。机场工程作为航空运输体系中重要的基础设施之一,发挥着至关重要的作用。据不完全统计,我国“十二五”期间规划的民用改扩建机场达110余座,迁建和新建机场达80余座,开展规划和前期研究建设机场数十座,通用航空也迎来大发展的机遇,我国机场工程建设到了一个新的发展阶段。

国内最早的机场工程本科专业于1953年始建于解放军军事工程学院,设置的主要专业课程有:机场总体设计、机场道面设计、机场地势设计、机场排水设计和机场施工。随着近年机场工程的发展,开设机场工程专业方向的高校数量不断增多,但是在机场工程专业人才培养过程中也出现了一些问题和不足。首先,专业人才数量不能满足社会需求。机场工程专业人才培养主要集中在少数院校,实际人才数量不能满足机场工程建设的需求。其次,专业设置不完备,人才培养质量有待提高。目前很多院校在土木工程专业和交通工程专业下设置了机场工程专业方向,限于专业设置时间短、师资力量不足、培养计划不完善、缺乏航空专业背景支撑等各种原因,培养人才的专业素质难以达到要求。此外,我国目前机场工程专业教材总体数量少、体系不完善、教材更新速度慢等因素,也在一定程度上阻碍了机场工程专业的发展。为了更好地服务国家机场建设、推动机场工程专业在国内的发展,总结机场工程教学的经验,编写一套体系完善,质量水平高的机场工程教材就显得很有必要。

教材建设是教学的重要环节之一,全面做好教材建设工作是提高教学质量的重要保证。我国机场工程教材最初使用俄文原版教材,经过几年的教学实践,结合我国实际情况,以俄文原版教材为基础,编写了我国第一版机场工程教材,这批教材是国内机场工程专业教材的基础,期间经历了内部印刷使用、零星编写出版、核心课程集中编写出版等阶段。在历次机场工程教材编写工作的基础上,空军工程大学精心组织,选择了理论基础扎实、工程实践经验丰富、研究成果丰硕的专家组成编写组,保证了教材编写的质量。编写者经过认真规划,拟定编写提纲、遴选编写内容、确定了编写纲目,形成了较为完整的机场工程教材体系。本套教材共计14本,涵盖了机场工程的勘察、规划、设计、施工、管理等内容,覆盖了机场工程专业的全部专业课程。在编写过程中突出了内容的规范性和教材的特点,注意吸收了新技术和新规范的内容,不仅对在校学生,同时对于工程技术人员也具有很好的参考价值。

本套教材编写周期近三年,出版时恰逢我国机场工程建设大发展的黄金期,希望该套教材的出版能为我国机场工程专业的人才培养、技术发展有一些推动,为我国航空运输事业的发展做出贡献。

编写组

2014年于西安

前 言

《机场地势设计》是高等院校机场工程专业的必修课,也是公路工程、城市道路工程、城市规划设计等相关专业的选修课程。

2002年,为了讲授机场地势设计课程,曾编写了《机场地势设计优化与CAD技术》一书,供机场工程专业(本科)学生和从事机场工程设计、研究及管理的工程技术人员使用。近十年来,我国的航空事业得到了迅猛发展,一系列关于机场工程的标准和规范相继颁布实施;同时随着现代科学技术的发展,机场地势设计理论和方法的研究工作取得了巨大的进展,设计的手段和方法发生了很大的变化。因此,有必要在总结教学和工程设计实践经验的基础上,吸收近年来国内外的最新研究成果,重新编写本书。

本次编写内容和结构都有较大的变化,主要体现在:

增加了机场坡度确定原理方面的内容。由于近年科学技术的发展,在坡度确定原理上的研究取得了一些进展,本书将一些相关内容列入其中,使理论体系更加完善。

将原教材的机场公路和拖机道章节删除。由于机场公路设计和一般公路设计差别不大,不再编写该部分内容,把拖机道的技术要求列入地势技术要求的内容中,这样结构更清晰。

根据最近几年颁发的标准对数据进行了更新,体现与现行标准的一致性。

加强了机场局部地势设计的内容。由于局部地势设计在实际工作中情况千变万化,比较复杂,原有教材这方面内容不足,所以在本次编写中加强了这方面的内容。

增加了机场改扩建时机场地势设计的内容。随着机场改造的增多,改扩建机场的地势设计面临的技术要求也较多,在编写中增加了这部分内容。

全书共九章:第一章主要介绍机场地势设计的任务和方法;第二章主要介绍机场表面坡度对飞机活动的影响;第三章讲述地势设计的传统设计方法,即断面法设计的基本过程;第四章讲述土方工程量的计算方法;第五章主要介绍机场地势局部设计方法和设计等高线的绘制方法;第六章主要介绍机场土方最优调配的基本理论和方法;第七章主要介绍机场地势优化设计的方法;第八章主要介绍现有机场改扩建时的机场地势设计方法;第九章介绍了目前机场地势CAD技术的主要研究成果。

本书由李光元主编并负责全书统稿。第一、二、三、四、七章和附录由李光元编写;第五、六、八章由许巍编写;第九章由楼设荣编写。

本书可作为机场工程专业本科生的教材,也可供公路工程、城市道路工程、城市规划设计等相关专业师生和其他从事机场工程设计、研究及管理的工程技术人员参考使用。

编 者
2014年3月

目 录

第一章 概论	1
第一节 机场的组成	1
第二节 机场地势设计的任务	3
第三节 机场地势设计的方法	5
第四节 本课程内容特点	8
思考题与习题	8
第二章 机场地势技术要求	9
第一节 基本概念	9
第二节 跑道纵坡	10
第三节 跑道横坡	15
第四节 跑道变坡	18
第五节 滑行道和联络道的坡度	25
第六节 停机坪坡度	27
第七节 土面区坡度	29
第八节 拖机道地势技术要求	34
第九节 降水对机场坡度的技术要求	36
第十节 视距	38
第十一节 常用坡度规定	45
思考题与习题	45
第三章 断面法设计	47
第一节 原始资料	47
第二节 天然断面图	48
第三节 飞行场地表面控制点设计高程	52
第四节 设计断面图	53
第五节 断面法土方计算	56
思考题与习题	59
第四章 方格土方计算	60
第一节 方格土方计算的前期工作	60
第二节 飞行区方格土方计算	63
第三节 边坡土方计算	65
第四节 考虑地基处理时的土方计算	68
第五节 植物土的土方计算方法	69
第六节 机场的土方平衡	72

第七节 机场土方平衡的误差分析	75
思考题与习题	79
第五章 局部设计和设计等高线	80
第一节 过渡面设计	80
第二节 特殊部位的局部坡度设计	85
第三节 设计等高线的基本原理	87
第四节 机场设计表面等高线的绘制方法	88
第五节 联结面设计	92
思考题与习题	97
第六章 机场土方调配	98
第一节 土方调配设计的准备工作	98
第二节 常用机场土方调配方法	100
第三节 土方最优调配的数学模型	111
第四节 线性规划问题的基本理论	112
第五节 机场土方最优调配程序	115
思考题与习题	122
第七章 机场地势优化设计理论	123
第一节 优化设计的意义	123
第二节 飞行场地设计表面几何模型	124
第三节 机场地势优化设计的数学模型	126
第四节 机场地势优化设计的求解方法	135
第五节 机场地势优化设计的数值分析方法	139
思考题与习题	142
第八章 机场改扩建工程的地势设计	143
第一节 机场扩建的地势设计	143
第二节 机场道面加厚层的地势设计	144
第三节 机场加厚层的地势优化设计	146
思考题与习题	149
第九章 机场地势 CAD 技术	150
第一节 概况	150
第二节 AECAD 软件	152
第三节 数字地面模型	155
第四节 飞行场区位置优化设计数据准备	156
第五节 机场地势优化设计数据准备	160
第六节 机场地势设计算例	166
思考题与习题	173
附录一 非线性规划的基本概念及基本原理	174
附录二 等式约束条件下多变量函数的寻优方法	177
参考文献	180

第一章 概 论

第一节 机场的组成

一、军用机场组成

军用永备机场一般由飞机活动区、营房区和保障服务区等组成。飞机活动区供飞机起飞、着陆、滑行、停放和飞行训练用；营房区供人员办公和居住用；保障服务区供战勤保障和生活保障用。

飞机活动区主要由飞行场地、飞机防护区和机场空域组成。

1. 飞行场地

飞行场地是机场的主体，主要供飞机起飞、着陆、滑行以及停放等用，它由跑道、土跑道、平地区、端保险道、滑行道、联络道和停机坪等组成，见图 1-1。

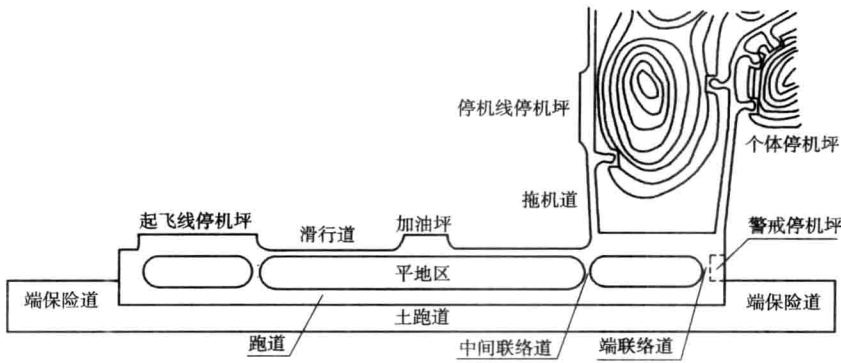


图 1-1 飞行场地的组成

2. 飞机防护区

供飞机疏散停放用的地区叫做飞机疏散区。洞库和飞机疏散区一起构成飞机防护区，通过拖机道与飞行场地相联结。

3. 机场空域

机场空域是飞机起飞、着陆和在机场周围进行各种科目训练所占的空间部分，它由起飞降落空域和训练飞行空域两部分组成。

二、民用运输机场组成

民用运输机场组成与军用机场有较大区别，主要由飞行区、旅客航站区、货运区等部分组

成。本节主要介绍机场飞行区的组成。

民用机场飞行区包括地面设施和净空区两部分。其中地面设施是机场的主体,由升降带、跑道端安全区、净空道、滑行道和各类机坪等组成,供飞机起飞、着陆、滑行和停放使用,见图 1-2。

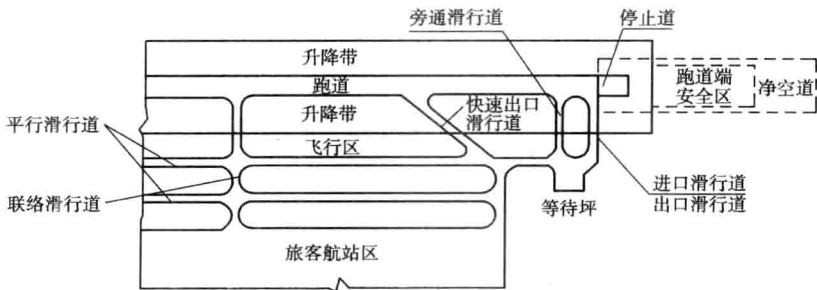


图 1-2 现代运输机场飞行区地面设施的组成(局部)

1. 升降带

升降带由跑道、停止道(如设置的话)、土质地区组成。

2. 跑道端安全区

跑道端安全区设在升降带两端,用来减少起飞着陆的飞机偶尔冲出跑道以及提前接地时遭受损坏的危险。其地面必须平整、压实,并且不能有危及飞行安全的障碍物。

3. 净空道

当跑道长度较短,只能保证飞机起飞滑行安全,而不能确保飞机完成初始爬升(10.7m高)安全时,机场应设置净空道,以弥补跑道长度的不足。净空道设在跑道两端,其土地应由机场当局管理,以便确保不会出现危及飞行安全的障碍物。

4. 滑行道

为使飞机安全而迅速地滑行,应按运行需要设置各种类型的滑行道,供飞机从飞行区的一部分通往其他部分用。

5. 各类机坪

(1) 机坪

民航机场的机坪分为站坪、货机坪、隔离机坪、除冰坪等。设在航站楼前的机坪称为站坪,供客机停放、上下旅客、完成起飞前的准备和到达后各项机务保障作业用。货机坪是供货机停放、装卸货物使用;隔离机坪是供反恐、反劫持、防危险品等应急状态下使用;除冰坪供飞机除冰使用。

(2) 等待坪

供飞机等待起飞或让路而临时停放用的一块特定场地,通常设在跑道端附近的平行滑行道旁边。

(3) 掉头坪

供飞机掉头用,当飞行区不设平行滑行道时应在跑道端设掉头坪,见图 1-3。

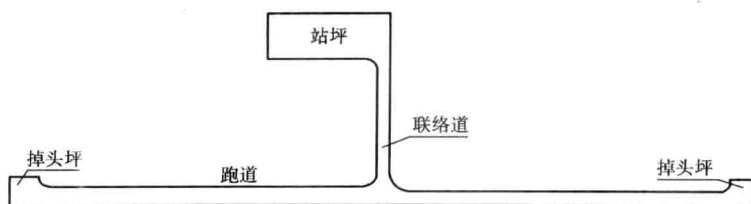


图 1-3 掉头坪

第二节 机场地势设计的任务

机场的各部分建设在地球表面,而大地表面是起伏不平的,显然原地面是不能供飞机直接使用的,需要改造得较为平坦,以符合飞机的使用要求。同时在机场净空范围内超高的山头也需要处理,在飞机起落航线(民航称为终端程序)沿线一定范围内的障碍物也需要按飞行程序的要求处理,以满足飞机起飞、着陆的要求。这些改造活动的场地平整设计工作就是机场地势设计的研究内容。

机场、公路、铁路、大型广场及工业场地等工程,均需改变天然地面,并满足一定的技术标准要求。这一设计工作在公路、铁路领域称为竖向设计,也称为垂直设计,在机场工程领域习惯称为机场地势设计。

一、地势设计的定义

1. 地势设计

地势设计是研究满足一定要求的地势表面设计特性和方法的一门学科。它包含两层意思。

(1) 地势设计是研究地势表面设计特性的。例如:设计表面的坡度取多大较合适,最大坡度容许大到多少,最小坡度又可以小到多少等。这个设计表面必须满足一定的使用要求。显然,不同的工程就会有不同的要求。公路表面是满足汽车的使用需求,铁路是满足火车的使用要求,同样的道理,机场的设计表面也有其特殊的要求,这就是地势设计原理的问题。

(2) 地势设计是研究设计方法的,即采用什么样的方法来设计比较合适。地势设计的方法必须能够满足地势设计的要求,达到完成设计任务的目的,同时还要简便实用,这样才能满足一线技术人员的需要,便于推广和使用。

2. 机场地势设计

机场地势设计是研究能满足飞机起飞、着陆和滑行安全要求的地势表面设计特性和方法的一门学科。

二、机场地势设计的任务和要求

1. 机场地势设计的任务

机场地势设计的任务,就是设计出一个合理的飞行场地地势表面,使得在满足飞机起飞、着陆和滑行的安全要求的前提下,土方工程费用最小。

简单地说,既要满足使用要求,又要节省土方工程投资。

对机场净空障碍物的处理,或者根据飞行程序的要求进行的空域障碍物处理也属于机场地势设计要解决的问题。

2. 机场地势设计的基本要求

机场地势设计的基本要求主要包括如下几个方面:

(1) 符合技术标准要求

机场主要是供飞机在地面上活动用的,因此,设计出来的飞行场地地势表面首先必须保证飞机起飞、着陆和滑行的安全。符合技术标准要求是保证飞机活动安全的必要条件。军用机场技术标准主要包含永备机场和公路跑道的标准,民用机场技术标准主要是符合《民用机场飞行区技术标准》(MH 5001—2013)的要求。

(2) 便于机场排水

在进行机场地势设计时,同时也应考虑到机场排水设计的问题,使场区内的水能够尽快地排除出去。其主要目的是为了保障不良天气条件下的飞行安全,也可以提高机场的使用效率。

(3) 尽量减少土方工程费用

在机场地势设计中,不仅挖填土方的总量要少,土方调运的平均运距要短,而且,要尽可能使场区内达到挖填平衡,减少弃、借土方数量,以降低工程造价。

(4) 考虑机场地基处理的需要

在修建机场时,往往会遇到各种各样的不良地质条件,需要进行特殊处理,或者存在高填方、高挖方的情况,这时机场地势设计就要考虑地基处理的特殊要求,确保飞行场地的地基稳定。

(5) 有利于草皮生长

一般情况下,机场的土质地区表层应保留或恢复一定厚度的植物土,以利于草皮的生长。这样,就可以减少机场的扬尘,提高机场的能见度,减少跑道上的异物,延长飞机发动机的寿命。

(6) 符合飞行程序的要求

机场建设的目的是供飞机飞行使用,在飞机进场和离场过程中对机场周围障碍物都有限制要求。由于机场周围超过机场净空标准的障碍物可能很多,哪些需要处理主要由飞行程序确定,具体如何进行设计是地势设计的内容。近年来,机场建设中侧净空的处理较常见,一般按规范处理可以达到要求,而端净空按照飞行程序的要求进行处理更多一些。

(7) 适当考虑机场发展的需要

将来该机场有可能发展成为更高等级的机场,就需要考虑未来发展的需要,例如跑道是否可能延长,飞行场地其他尺寸是否可能扩展,跑道延长后是否还能满足技术标准要求等,这些问题在进行机场地势设计时应适当考虑。由于机场投入运行后大规模的土方施工对飞行干扰太大,所以在条件许可时,土方平整工作尽可能在第一次工程建设时完成。

三、机场地势设计的特点

机场地势设计具有如下几个特点:

1. 面状设计

我们知道公路、铁路都是横向尺寸小,但纵向很长。它们的横向尺寸对工程的影响相对较

小。这种窄而长的设计,称之为线状设计。但是,机场的宽度相对于公路、铁路来说要宽得多,飞行场地的长度和宽度之比不太大,它的横向影响较大,这种设计称之为面状设计。因此,在进行机场地势设计时,应充分考虑横向尺寸的影响。

2. 土方工程量大

我国的国情是人口多,耕地少,人均占有的耕地面积很少。因此,为了节约耕地,少占良田,新建的机场往往都是靠山修建,这就势必增加土方工程投资。一个机场的土方工程量,少则几十万立方米,多则几百万立方米,甚至几千万立方米。土方工程投资费用约占场道工程总投资的 30% 左右(道面约占 60%,其他约占 10%),个别大型民用机场的土方量多达数亿立方米,这时候土方工程的费用占场道工程的费用比例就比较高了,可以达到 80% 以上。而地势设计的好坏很可能使土方工程投资费用相差几百万元,甚至上千万元。因此,地势设计的好坏对机场的投资影响较大。

3. 考虑因素较多

地势设计是整个机场设计的中心环节,飞行场地设计高程的确定不仅影响到机场的净空、机场的排水以及机场道面设计,而且还影响到机场助航灯光、通信导航以及航站楼等的设计。各相关专业设施的高程设计都依赖于机场地势设计,同时又相互影响。

4. 具体设计工作繁杂

在整个机场设计中,地势设计所花的时间是最多的,设计工作量也是最大的。从可行性研究阶段的土方工程量估算到施工图设计阶段的土方最优调配,地势设计几乎贯穿于整个机场设计的全过程。

第三节 机场地势设计的方法

一、机场地势设计的方法

从上述分析,我们不难看出:如果地势设计方案不好,不仅会给国家造成大量的经济损失,而且很可能会在机场的使用方面造成难以弥补的缺陷。因此,作为一个机场设计工作者,必须具有严肃认真的科学态度和一丝不苟的工作作风。同时,选用的设计方法也应适合机场地势设计的特点,既要简单明了,便于掌握,又必须保证具有足够的计算精度,并且要较容易得到最优设计方案。

国内外有关机场地势设计的方法主要有如下几种:

1. 断面法

断面法是我国公路、铁路部门一直沿用的竖向设计方法,也是目前军用和民用各机场设计部门普遍采用的机场地势设计方法。断面法是根据原始资料选取几个关键位置,将地面剖开,建立剖面。先假定几个点的高程,然后进行纵横坡度设计,绘制纵横断面图,分析原始地形,设计各部位坡度,经几次调整和计算,使土方工程量尽可能减少,且达到挖填基本平衡。

该方法的优点是简单直观、便于掌握、设计速度快。但是,正如前面所述,公路、铁路是线状设计,而机场是面状设计。因此,用断面法进行机场地势设计,难以对原始地形进行准确分析,方案的确定比较随意,在设计时,具有较大的盲目性。同时其土方量计算精度较低,尤其当

地形变化较为复杂时,其计算结果与实际情况的误差较大。因此,断面法比较适合于可行性研究阶段进行方案初步确定和土方工程量估算。

2. 轴测投影图解法

轴测投影图解法能比较全面地表现出机场地势设计这样的空间问题。该法是把纵横断面立体交叉绘在一张图上,形成三维空间方案,这样就保证了设计的明显性。但因轴测投影需要较多的辅助线条,绘图繁杂,且数字极易混乱,故难以推广使用。并且这种方法仍具有断面法主观判断的缺点,目前已经基本不再使用这种方法。

3. 等高线法

20 世纪 50 年代,我国有的部门采用前苏联的等高线法进行机场地势设计。等高线法是依据技术要求作出标准的设计等高线(平距透明方格片)来修正地形图上原有的天然等高线的相对位置。

由于标准的设计等高线是以圆柱面为原理而制作的平距透明方格片,故能较好的接近于天然表面。由于该法繁杂,加之后来机场向窄而长的方向发展,等高线法受到了极大的约束,因此,也没有被推广使用。该法同样存在主观判断的缺点。目前我国还有部分民航部门有在使用经过改进的这种方法,采用计算机技术,先确定设计等高线,后确定方格设计高程。

4. 高程法

高程法就是根据天然高程的大小进行地势设计,其原始资料为方格网平面图。用高程法进行地势设计时,是沿方格边相互垂直(纵、横)方向上,算出坡度值和折断值,将算得的值与允许的值进行比较,改正不符合技术标准的坡度和折断值。在技术设计阶段中,局部较小范围内,当天然地面坡度起伏不大,天然等高线很少,而且采用等高线法无能为力,此时可采用高程法配合使用。

5. 空间曲面法

直接运用曲面模型描述机场的三维表面,采用折面、扭曲面、孔斯曲面等表示机场的表面,通过设计一个连续空间曲面,分析其与天然地面的关系得到最佳设计表面,确定各部位的坡度设计方案,计算各个方格点的高程,从而求得工程量。目前大多数新建机场的设计采用空间曲面法。

在以上方法中,目前广泛使用的是断面法和空间曲面法。这些方法可以通过手工作图设计来实现,也可以通过计算机来实现。随着科学技术的发展,CAD 技术目前已广泛应用于包括机场设计在内的各个设计领域。该技术主要是根据最优化数学理论,利用电子计算机进行机场地势优化设计。所以,CAD 技术具有设计成果合理、土方工程量小、设计速度快、计算精度高等优点。但是,这种方法必须要求有比较准确的地面高程测量数据,因此,主要用于初步设计阶段和施工图设计阶段。

二、机场地势设计各阶段的设计内容

机场建设工作一般包含机场选址、预可行性研究、可行性研究、初步设计、施工图设计、现场施工、验收交付使用等几个阶段。其中与设计工作结合比较紧密的有三个阶段:可行性研究阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段。现仅就与地势设计有关的内容和所需要的资料介绍

如下。

1. 可行性研究阶段

根据场道规格平面图及地形图(1:5 000 或 1:10 000)资料,用断面法进行机场地势设计及土方计算,计算出全场的总挖方量和总填方量,为机场的选址及造价估算提供技术数据。

2. 初步设计阶段

初步设计根据上级主管部门批准的《可行性研究报告的批复》和工程设计任务书进行。进行初步设计的目的,在于进一步优化飞行场地的位置,初步确定飞行场地表面设计坡度及高程,计算出全场挖填土方的体积和造价,确定土方调配(弃借土)的基本原则。

在初步设计中,主要原始资料是由勘测定点、总体设计及道面设计等前期工作来提供的。

需要的主要原始资料包括:

- (1)地形图(1:1 000 ~ 1:2 000 或 1:5 000)。
- (2)场道规格平面图。
- (3)排水线路初步规划方案。
- (4)土质情况及水文地质资料。
- (5)机场道面厚度平面分布图。

地势初步设计阶段的设计成果主要包括下列内容:

- (1)绘制飞行场地设计表面高程坡度控制图(1:2 000)。
- (2)绘制跑道及滑行道纵断面图(水平比例尺为 1:2 000 ~ 1:5 000、垂直比例尺为 1:100 ~ 1:200)。
- (3)绘制飞行场地各控制断面的横断面图(水平比例尺为 1:1 000 ~ 1:3 000、垂直比例尺为 1:100 ~ 1:200)。
- (4)绘制飞行场地设计表面等高线图(1:2 000)。
- (5)绘制飞行场地方格网土方计算图(1:1 000)。
- (6)绘制飞行场地土方调配图(1:3 000 ~ 1:5 000)。
- (7)编制初步设计说明书(附设计方案比较表)。

3. 施工图设计阶段

在初步设计的基础上,根据上级主管部门批准的《初步设计的批复》,对初步设计方案作进一步的调整、优化,并进行比较详细而具体的设计,达到按图能够施工的目的。

地势施工图设计阶段的设计成果主要包括下列内容:

- (1)绘制飞行场地设计表面高程坡度控制图(1:2 000)。
- (2)绘制跑道及滑行道纵断面图(水平比例尺为 1:2 000 ~ 1:5 000、垂直比例尺为 1:100 ~ 1:200)。
- (3)绘制飞行场地设计表面等高线图(1:2 000)。
- (4)绘制飞行场地方格网土方计算图(1:1 000)及局部大样图(1:5 000)。
- (5)绘制飞行场地土方调配图(1:3 000 ~ 1:5 000)。
- (6)绘制机场地基处理及边坡设计图。
- (7)编制施工图设计说明书。

第四节 本课程内容特点

机场专业的设计课程主要由机场规划设计、机场道面设计、机场排水设计、机场地势设计等课程组成。其中机场规划设计主要解决选址和平面尺寸的问题,机场道面设计主要解决道面的结构组成和厚度问题,机场排水主要解决机场防洪和场地表面排水的问题,而机场地势设计要回答的就是机场表面每一个位置的坡度和高程的问题。

机场地势设计在整个机场设计中处于十分重要的地位,其他各设计都依赖于地势设计提供高程,所以地势设计在高程确定上处于中心位置,需要协调道面、排水等各专业的设计工作。

机场地势设计涉及的面较宽、影响因素较多,不仅涉及到机场总体设计、道面设计和排水设计方面的要求,而且还影响到机场灯光、通信导航等辅助设施的正常使用。因此,要搞好机场地势设计,除了必须掌握本课程的内容之外,还必须对其他相关课程的内容有一个比较全面的了解。尤其是机场排水设计,与地势设计是密切相关的,在进行地势设计时,必须充分考虑机场排水方面的要求。例如,出水口的位置和数量如何确定,场内排水线路如何布置,场外防洪设施如何配置等。此外,地基处理对机场地势设计有很大的影响,由于都是土方工程的设计内容,很多情况下都由地势设计的人员进行地基处理设计。这些因素在进行机场地势设计时必须充分考虑,否则,就有可能给建成后的机场造成使用和维护方面的困难。

本课程是机场工程专业的一门必修课程。本课程的学习要求如下:

(1)基本原理部分。理论上有一定的难度,主要掌握技术标准规定,了解力学原理。

(2)断面法设计部分。理论上比较简单,很容易掌握。但具体设计较为繁杂,要想得到一个较好的设计方案比较困难。尤其对初学者来说,实际操作时往往会感到无从入手。因此,要掌握这部分内容,重点必须放在实践环节上。

(3)优化法设计部分。理论上较难掌握,涉及应用数学基础较多。但实际工作中上机操作比较容易掌握,并且,很快就可以得到最优设计方案,自动绘制出相关的全部设计图纸。因此,要掌握这部分内容,重点应放在掌握其基本理论上。

思考题与习题

1. 试述机场地势设计的任务和要求。
2. 机场地势设计有哪些特点?
3. 国内外常用的机场地势设计方法都有哪些?
4. 机场地势设计各阶段都有哪些设计内容?

第二章 机场地势技术要求

第一节 基本概念

机场表面由具有不同高程的点构成,这些连续的高程点构成一个三维空间曲面。这个空间曲面的表面形状有一定的技术要求,主要可分为三大类,即:坡度、变坡和视距。

一、坡度

如图 2-1 所示,坡度 $i = \tan\alpha = y/x$ 。机场上的坡度角 α 都比较小,当 α 角很小时,如 $\alpha < 3^\circ = 0.0524 \text{ rad}$, $\tan 3^\circ = 0.05240$,与 3° 的弧度数 0.052358333 基本相等。所以用 α 角的弧度数来表示坡度。

一般情况下,把坡度用代数值来表示,包含正负值。

任意选定跑道一端,面向跑道,上坡规定为正,下坡规定为负,在停机坪等地区的坡度正负不好确定时,可以指定一个方向为正,相反方向为负。

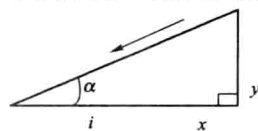


图 2-1 坡度示意图

二、变坡

当坡度改变时所形成的转折角叫做变坡,或叫做折断。如图 2-2 所示,变坡值大小等于相邻两坡度的代数值差的绝对值,即 $\Delta i = |i_1 - i_2|$ 。

当相邻两坡度方向相同时,则是两坡度的绝对值之差(大减小);当相邻两坡度方向相反时,则是两坡度绝对值之和。图 2-2a) 中,变坡值 $\Delta i = |i_1| + |i_2|$; 图 2-2b) 中, $\Delta i = |i_1| - |i_2|$ 。

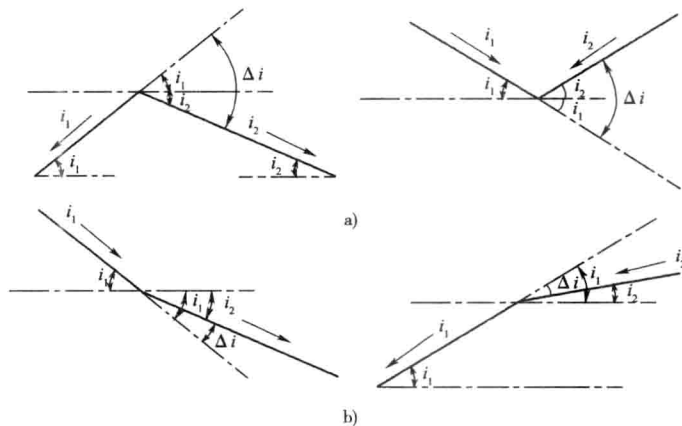


图 2-2 变坡值的计算

三、视距

飞行员坐在驾驶舱内所能看到的前方跑道上具有一定高度的障碍物的最远距离叫做视距。机场必须保证一定的视距长度,使飞行员视野良好,以保障飞机在地面运行的安全。

当纵断面线形全部是凹形时,不论军用机场还是民用机场,视距总能满足要求。当纵断面线形局部呈现凸形时,就可能存在视距问题,需要进行视距的检查判定,如果视距有问题就需要通过对坡度的调整以满足视距要求。

如图 2-3 所示的跑道纵断面上有不同坡度,这时就需要考虑视距问题。视距主要分为两种类型,一类是看前方一定高度的障碍物,主要是飞行员的互相通视,另一类是看前方道面,主要是为了看清地面标志等。军用机场和民用机场对视距的要求有所不同。

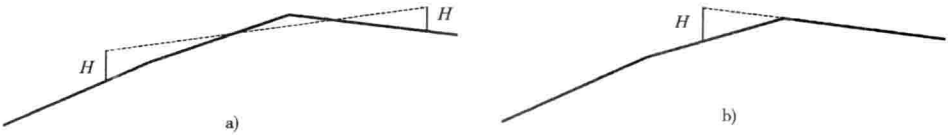


图 2-3 视距示意图
a) H 高视线看前方 H 高的障碍物;b) H 高视线看前方道面

第二节 跑道纵坡

一、平均纵坡

跑道的长度一般都在 2 000m 以上,在沿跑道全长范围内,由于地形的变化,为了减小土方量,总是会设计成多段坡度的纵断面,如图 2-4 所示,图中折线 $ABCDEF$ 是跑道的表面线,纵向共有 5 段坡。跑道端点的高程分别是 H_F 和 H_A ,纵断面上最低点 B 的高程 H_B 。

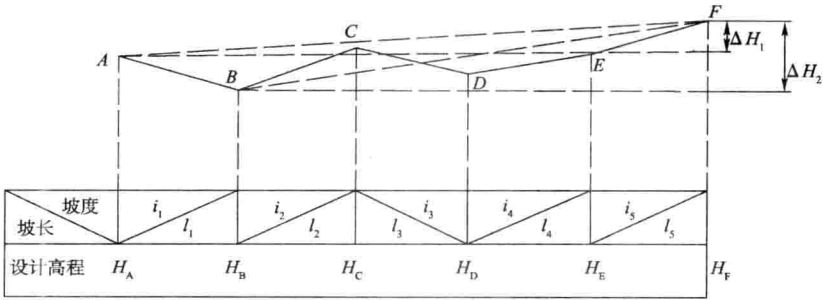


图 2-4 跑道纵断面图

跑道轴线上两端点的高程差除以跑道长度,称为平均纵坡。

$$\bar{i} = \frac{H_F - H_A}{L} = \frac{\Delta H_1}{L} \tag{2-1}$$

式中: ΔH_1 ——跑道两端点的高程差(m);