



机场跑道延伸设计技术

范忆平, 郑宇飞

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 通过总结境外某机场跑道延伸总体设计的思路, 提出根据环境条件因地制宜合理确定跑道延伸方案, 分析在满足规范规定和使用要求的前提下, 跑道长度、纵坡、调头坪、跑道端安全区和升降带等关键尺度的优化和确定, 为同类工程设计降低工程造价, 提高土地利用率提供了有益的尝试和借鉴。

关键词: 机场; 跑道延伸; 设计

中图分类号: U 412

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)10-0028-06

Technology of airport runway extension design

FAN Yi-ping, ZHENG Yu-fei

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: Based on the summarization of the overall design idea of an airport runway extension project abroad, the paper introduces the design concept of determining the runway extension scheme reasonably according to the local environmental condition, analyzes the measures to optimize the key dimensions concerning the runway length, longitudinal slope, turnpad, RESA and runway stripe under the premise of meeting the specification and requirements, which provides some helpful attempt and reference for reducing the project cost and increasing the land utilization of similar projects.

Key words: airport; runway extension; design

随着全球化进程的加快, 世界上很多国家的一批建成于20世纪90年代初的机场面临改扩建。很多机场位于海岛等土地利用受到限制的区域, 由于投资的原因, 机场初期建设规模受到控制。随着经济的发展, 人们出行愿望的增加和航空公司机队规模的发展, 原来的机场跑道无法满足远程飞机使用的需要, 需要对原跑道进行扩建。同时, 早期的机场建设标准对跑道端安全区设置的要求并不严格, 随着国际民用航空公约(ICAO)标准的提高, 在跑道延伸的同时, 需要增设跑道端安全区。

跑道延伸平面设计一般包括以下内容:

- 1) 确定建设目标和建设标准;
- 2) 分析需求和容量, 合理确定设施的要求;

- 3) 因地制宜, 合理制定建设方案;
- 4) 投资和效益评价;
- 5) 不停航施工计划的安排。

以某境外机场为例, 探讨机场跑道延伸平面设计中须研究的几个问题。

1 项目概况及自然条件

1.1 机场现状

该机场位于一个沿海平原地带, 距离海岸线约40 km。现机场飞行区所在位置处于一片地势较高的区域, 参考点高程29.119 m。现有2条交叉跑道。主跑道方位角为06-24, 呈西南-东北向; 06跑道为主降方向, I类仪表跑道; 24跑道为次降方向, 目视跑道。主跑道物理长度2 270 m, 宽

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 范忆平(1971—), 男, 高级工程师, 从事港口航道工程专业。

60 m。跑道纵坡呈西南向东北方向的降坡, 06[#]跑道入口处高程为29.12 m, 24[#]跑道入口处高程为21.64 m。次跑道方位角为11-29, 跑道物理长度1 525 m, 供小型飞机起降。

1.2 风况

本地区的风况风向分级见表1。

1.3 气温

该地区温度月特征见表2。

表1 本地区的风况风向分级

风向	风速/(m·s ⁻¹)								小计
	0.5~2.5	3~5	5.5~7.5	8~10	10.5~12.5	13~15	15.5~17.5	≥18	
Clam	42.90								42.90
36-35-01	1.86	1.43	0.26	0.11	0.02				3.68
02-03-04	2.02	2.71	0.72	0.27	0.03				5.75
05-06-07	4.38	5.73	2.16	0.86	0.09	0.01			13.23
08-09-10	7.16	9.25	3.97	2.12	0.32	0.06			22.88
11-12-13	1.22	1.68	0.51	0.26	0.04	0.01	0.01		3.73
14-15-16	0.55	0.78	0.27	0.08	0.01	0.01			1.70
17-18-19	0.62	0.69	0.14	0.06	0.01	0.02			1.54
20-21-22	0.61	0.34	0.03	0.01	0.01				1.00
23-24-25	0.41	0.24	0.02	0.02					0.69
26-27-28	0.62	0.42	0.05	0.02					1.11
29-30-31	0.31	0.20	0.06	0.01					0.58
32-33-34	0.58	0.50	0.11	0.02					1.21
合计	63.24	23.97	8.30	3.84	0.53	0.11	0.01		100.00

注: 风向按30°进行分区。

表2 该地区温度月特征 (1971—2010年)

类别	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
最高	29.5	29.8	30.5	30.8	30.4	30.2	30.7	31.4	32.1	32.0	31.2	29.7
最低	21.2	21.0	21.4	22.2	20.3	22.5	22.0	22.2	22.1	22.1	22.3	21.7
平均	25.4	25.4	26.0	26.5	25.4	26.4	26.4	26.8	27.1	27.0	26.8	25.7

1.4 地质

跑道两端为原始森林, 地势较低, 原始地面高程1~2 m。跑道末端附近为灰白色中细砂直接出露地段。跑道西南端沿跑道中心线延长线向外约300 m以外出现沼泽, 跑道东北端沿跑道中心线延长线向外约500 m以外出现沼泽。

沼泽地段的地质条件为, 表部分布有厚度约5.0 m的腐殖质, 含大量的植物根、茎和叶, 下部为厚度较大的淤泥质软土层。该两层土厚度不太稳定, 一般沿跑道延伸方向越远, 厚度越大。局部地区软土厚度较大, 最厚处厚度达27.25 m。该两层土的工程地质性质较差, 须进行适当的地基处理, 方能满足工程建设需要。

2 设计目标和原则

2.1 目标

1) 将主跑道长度延长到3 360 m, 满足波音

747-400飞机起降, 飞行区指标为4E;

2) 跑道末端增设跑道端安全区;

3) 设计水平年2030年达到年服务旅客数量70万人次。

2.2 原则

跑道延伸平面设计需满足以下原则:

1) 满足机场利用率的气象条件;

2) 满足目标水平年旅客吞吐量的需要;

3) 满足目标水平年空中交通量的需要;

4) 较低的工程造价, 以及对周边居民和环境影响较小。

3 跑道延伸总体设计

3.1 跑道长度和延伸方案

3.1.1 跑道的方位

根据国际民用航空公约《附件十四 国际标准和建议措施——机场, 卷I机场设计和运行》^[1] (简

称《附件十四》)的要求,跑道方位和条数应使用该机场的飞机的机场利用率不少于95%。

对于不同类型的飞机,规定了3个侧风分量限值。当侧风分量超过限值时,飞机不能起飞:

1) 对于基准飞行场地长度为1 500 m或以上的飞机(如B737, A320飞机),侧风分量为10 m/s。

2) 对于基准飞行场地长度为1 200 m至小于1 500 m的飞机(如ATR72飞机),侧风分量为6.5 m/s。

3) 对于基准飞行场地长度小于1 200 m的飞机(如DHC-8, ATR42飞机),侧风分量为5.0 m/s。

从机场场址的风向分级表来看,对于侧风分量限值为10 m/s的飞机的机场利用率为99.45%;对于侧风分量限值为6.5 m/s的飞机的机场利用率为94.16%;对于侧风分量限值为5.0 m/s的飞机的机场利用率为90.37%。因此,对于基准飞行场地长度小于1 500 m的飞机,机场利用率不足,需要次跑道11-29跑道来弥补。交叉跑道的构形,对于侧风分量限值为6.5 m/s的飞机的机场利用率达到97.14%;对于侧风分量限值为5.0 m/s的飞机的机场利用率达到96.43%。

跑道延伸后,主要增加可接纳的机型E类飞机,基准飞行场地长度大于1 500 m,因此可以利用原有跑道的构形,在原主跑道的方向上进行跑道延伸。

3.1.2 跑道延伸的尺度

机场主跑道06-24跑道计划延长1 090 m,总跑道长度延长到3 360 m。考虑海拔高度、温度和纵坡等的修正后,该跑道长度可以满足波音747-400飞机在最大起飞质量达到370 t时起飞,该起飞重量下远程飞机的航程可以达到8 000 km,满足洲际航班的航程需要。

3.1.3 跑道延伸的方案

跑道延伸的方案可以向东北方向延伸,也可以向西南方向延伸,也可以同时东北和西南2个方向延伸,延伸后跑道总长度为3 360 m,跑道两端设置调头坪。

跑道延伸的方案取决于土方填筑和软基加固的工程量。根据跑道两侧的地形和地质条件,本

工程提出3个跑道延伸方案。

1) 方案1: 跑道向东北方向延伸。

方案1为跑道向东北方向延伸1 090 m, 06跑道末端以外设置60 m防吹坪,防吹坪以外设240 m跑道端安全区。东北方向跑道面与原始地面高差较小,回填量较小,且跑道延伸部分的纵坡若延续现有跑道的降坡,飞行区的回填量可进一步减小。本方案跑道延伸区砂土直接回填(无需软基加固处理)跑道长度范围约500 m,须进行软基加固处理的跑道和安全区长度范围约900 m(图1)。

本方案仅需平移次降方向24跑道的入口,对机场运行影响较小。



图1 方案1跑道向东北方向延伸

2) 方案2: 跑道向西南方向延伸。

方案2为跑道向西南方向延伸1 090 m, 24跑道末端以外设置60 m防吹坪,防吹坪以外设240 m跑道端安全区。本方案跑道延伸区砂土直接回填(无需软基加固处理)跑道长度范围约300 m,须进行软基加固处理的跑道和安全区长度范围约1 100 m。由于西南方向跑道面与原始地面高差较大,回填量较大。由于全跑道视程要求,跑道延伸部分的纵坡须延续现有跑道的纵坡,飞行区的回填量须进一步增大(图2)。

本方案需平移主降方向06跑道的入口,且航站区不位于跑道中央位置,对机场运行影响较大。

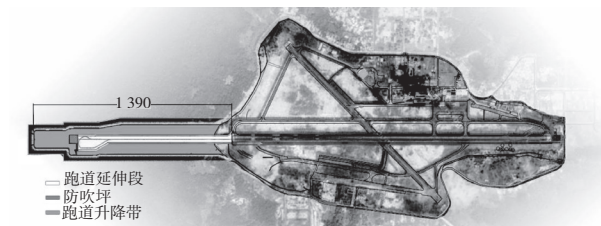


图2 方案2跑道向西南方向延伸

3) 方案3: 跑道同时向东北和西南2个方向延伸。

方案3为跑道向东北方向延伸790 m, 跑道向西南方向延伸300 m, 跑道末端以外设置60 m防吹坪, 防吹坪以外设240 m跑道端安全区。本方案跑道延伸区砂土直接回填(无需软基加固处理)跑道长度范围约800 m, 须进行软基加固处理的跑道和安全区长度范围约900 m。因全跑道视程要求, 跑道延伸部分的纵坡须延续现有跑道的纵坡, 飞行区的回填量介于方案1和方案2之间(图3)。



图3 方案3跑道同时向东北和西南两个方向延伸

本方案需同时平移06/24两个方向的跑道入口, 对机场运行影响较大。

经比较, 跑道向东北方向延伸的回填量和地基处理工程量均最小, 且对不停航施工有利, 因此推荐跑道延伸方案1。

3.2 跑道纵坡

原主跑道06-24跑道纵坡为自西南向东北方向降坡, 平均降坡为0.33%, 最大降坡为1.04%, 最大变坡点位于距06跑道末端250 m处, 该降坡已经超出《附件十四》对跑道纵坡的要求。

《附件十四》对飞行区指标I为4时的跑道纵坡的要求见表3。

表3 飞行区指标I为4的跑道纵坡的要求

跑道有效坡度	≤0.010
跑道两端各1/4长度内	≤0.008
跑道其他部分	≤0.012 5
相邻2个坡度的变化	≤0.015
变坡曲线的最小曲率半径/m	30 000
其曲面变率, 每30 m为	0.001

此外, 《附件十四》还规定了跑道视距的要求: 对飞行区指标II为E的跑道, 当跑道纵向变坡

不能避免时, 在高于跑道上任何一点3 m的位置应满足至少能够通视到半条跑道长度内高于跑道3 m的任何其他点。

跑道延伸后, 整条跑道的坡度须满足ICAO对跑道纵坡、变坡、视距和变坡间距离的要求, 同时考虑新旧跑道间的平顺衔接, 确定延伸区的纵坡见表4。

表4 跑道延伸区的高程及纵坡

里程	高程/m	坡度/%
K2+270	21.62	0.90
K2+370	20.72	0.90
K3+360	13.30	0.75

3.3 跑道容量

3.3.1 影响因素

有许多因素影响跑道的容量, 其中以下几个因素对本飞行场容量的影响较大:

- 1) 跑道体系的构形、条数和方位等;
- 2) 滑行道和跑道出口的构形、数量及其位置;
- 3) 到达飞机和出发飞机占用跑道的的时间;
- 4) 使用设施的飞机的大小和机型组合;
- 5) 通用航空飞机连续起飞的频繁次数;
- 6) 尾流涡流的存在及其发生的频繁程度;
- 7) 天气(如能见度、云高、风等)情况等。

3.3.2 估算原理

跑道容量估算的数学模型基于稳态排队理论。有2种形式: 一种针对专供飞机到达或专供飞机出发使用的跑道; 另一种是对飞机到达和出发混合使用的跑道。前者是一个按先来先用规定的简单泊松式长队; 后者增加了一个优先间隔到达的模式, 即到达飞机比出发飞机有使用跑道的优先权。

3.3.3 容量估算^[2]

本机场预测的设计目标水平年各机种分布比例见表5。

表5 设计机型分布比例

机种	分布比例/%	主要机型
B	23	DH8, CRJ
C	58	A320, 738, 733, 73G
D	15	757, 763, A300
E	4	777, A330, 744
合计	100	

利用既定跑道的飞机的组合指数 MI (Mix Index)可按式(1)得出:

$$MI=C+3D \quad (1)$$

式中: C 为使用跑道的飞机组合中 C 类飞机的百分数; D 为使用跑道的飞机组合中 D 类飞机的百分数。 $MI=58+3(15)=103$

不同的云幕高和能见度条件下,飞机间隔规则不同,需分为VFR(目视)和IFR(仪表)2种条件确定跑道小时容量。本机场交叉跑道理论上在VFR(目视)条件下和IFR(仪表)条件下的小时容量可达76和59架次,年服务容量可达225 000架次。但由于滑、跑之间的间距不满足《附件14》的要求,无法按平行滑行道运行,同时本工程扩建后,若E类飞机利用跑道运行,实际跑道小时容量按15架次左右,实际年服务容量约45 000架次。

根据吞吐量预测,设计水平年2030年时年飞机起降架次为17 710架次。按跑道的容量分析,本机场跑道年服务容量远远大于设计水平年需求的飞机起降架次。

3.4 跑道调头坪

年起降架次超过20 000架次时,需设置平行滑行道^[3]。根据目前的年起降架次预测水平,可以仅设置连接跑道和机坪的直角进出的滑行道,和在跑道末端设置调头坪,解决容量的需求。

本工程跑道2个末端按ICAO标准设置调头坪,以便于E类飞机调头。调头坪与跑道的交接角为30°。

3.5 升降带

本机场06跑道为I类精密进近仪表跑道,24跑道为非仪表跑道,由于仪表跑道升降带标准高于非仪表跑道,因此,升降带按照仪表跑道设置。根据《附件十四》的要求,飞行区指标I为4的仪表跑道,升降带宽度为自跑道中线及其延长线向每侧延伸各150 m,升降带长度为自跑道端向外延伸60 m。

飞行区指标I为4的精密进近跑道,升降带应进行较大范围的平整,平整范围见图4。

受地形、地质限制,从投资控制角度考虑,

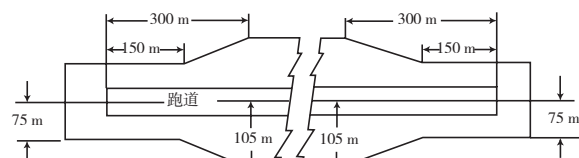


图4 飞行区指标I为4的精密进近跑道升降带平整范围

本工程跑道延伸区按精密进近跑道设置升降带平整范围。

3.6 跑道端安全区

根据《附件十四》的要求,飞行区指标I为4时,必须在升降带两端设置跑道端安全区。跑道端安全区自升降带端向外延伸240 m,宽度为与其相连的跑道宽度的2倍。

4 不停航施工管理^[4]

跑道延伸施工前,机场运营方应编制施工安全和分期计划,承包商应编制安全守则,提交空管部门批准。承包商在正式施工的公告发布前,安全守则须报机场运营方批准。跑道延伸施工应尽最大可能保证跑道和滑行道正常开放,识别受施工影响的区域,确定可能的安全问题,采取措施避免危及飞行安全。

机场运营方应与空管部门协调机场助航设施(如航向台、PAPI灯等)的搬迁和关闭重开的计划。助航设施重开前,需要委托专业飞行检查部门校验验证。

5 结语

1) 机场跑道延伸首先需根据对机场场址附近风况等自然条件的分析,研究现有跑道的方位是否可以通过跑道延伸满足机场扩建后的设计机型、交通量等发展的需要。若不能完全满足时,则需要增设交叉跑道等措施加以处理。同时,跑道延伸区范围的地形地质等自然条件对设计方案影响很大,本工程通过细致调研和分析,提出了工程量最小且对机场不停航运行影响最小的设计方案。

2) 其次根据扩建后的设计机型及其组合,连续起飞的频繁次数等,进行跑道容量分析,分析跑道和滑行道的构形,结合项目融资情况,提出

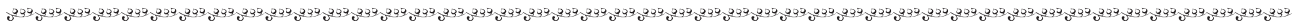
合理的分期实施计划。本工程通过容量分析, 认为设置跑道调头坪可以满足设计水平年的容量需求, 建议本期工程不增设平行滑行道, 既解决了机场运行中的瓶颈问题, 又大大降低了工程投资。

3) 机场跑道延伸方案的成功与否还取决于其实施的安全性和可靠性, 因此制定不停航施工的方案和实施步骤, 是机场跑道延伸设计的重要组成部分。

参考文献:

- [1] 国际民航组织. 国际民用航空公约附件十四 机场: I卷 机场设计和运行[R]. 蒙特利尔: 国际民航组织, 2013.
- [2] AC 150/5060-5 美国联邦航空局机场容量和延误[S].
- [3] DOC 9184-API/902 机场规划手册——总平面规划[S].
- [4] AC 150/5370-2 美国联邦航空局施工期间的机场运行安全[S].

(本文编辑 郭雪珍)



(上接第23页)

4 结论

随着江西省煤炭资源的衰竭, 火电装机的大幅增长, 煤炭供需缺口将进一步增大, 铁路调运成为必选运输方案。福建省沿海港口铁水联运调入方式和国内铁路大通道直接调入方式成为相互补充的运输方案, 分别辐射赣西和赣东及赣北地区。

罗源湾、湄洲湾是福建省重点发展的煤炭中转、储运基地, 随着向莆铁路的建成, 莆田港煤炭海铁联运条件最为优越。而蒙西至华中通道从服务对象、运输能力、运输经济、利用外贸煤炭资源等多方面来看, 都不会从根本上影响福建沿海港口煤炭的吞吐量。结合《福建省“十二五”现代物流业发展专项规划》、《福建省煤炭物流“十二五”发展规划》和《江西省煤炭物流“十二五”发展规划》综合预测, 2015年和2020年

福建沿海煤炭接卸量将达到9 500万t和1.2亿t。其中, 由向莆铁路等拉动的煤炭接卸量将分别达到1 500万t和2 000万t, 占福建沿海港口煤炭接卸总量的15.8%和16.7%。

参考文献:

- [1] 吴庆荣. 发挥莆田港优势做好海铁联运——利用向莆铁路开通来拓展港口经济腹地的探讨[J]. 中国港口, 2009(1): 15-17.
- [2] 蒋惠园, 汪浪, 谢奔一, 等. 蒙西新能源通道建设对长江煤炭水运格局的影响分析[J]. 铁道运输与经济, 2013(3): 48-53.
- [3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 国投湄洲湾煤炭码头一期完善工程工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2012.

(本文编辑 武亚庆)

