

上海空港

系列丛书

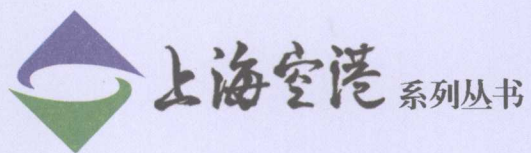
PUDONG GUOJI JICHANG

ERHAO
HANGZHANLOU
WUGAI XITONG



浦东国际机场 二号航站楼屋盖系统

主编 吴念祖
出版 上海科学技术出版社



PUDONG GUOJI JICHANG

ERHAO
HANGZHANLOU
WUGAIXITONG

浦东国际机场

二号航站楼屋盖系统

主编 吴念祖
出版 上海科学技术出版社

上海空港系列丛书
浦东国际机场二号航站楼屋盖系统

图书在版编目(CIP)数据

浦东国际机场二号航站楼屋盖系统/主编吴念祖. —上海: 上海科学技术出版社, 2008. 1

(上海空港系列丛书)

ISBN 978 - 7 - 5323 - 9204 - 9

I. 浦… II. 主… III. 国际机场—机场建筑物—屋顶—建筑工程—上海市 IV. TU248.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 180634 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海精英彩色印务有限公司印刷 新华书店上海发行所经销

开本 889×1194 1/16 印张 12.5 字数 310 千 插页 4

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印数 1—1 250

定价: 98.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

内容提要

上海空港系列丛书
浦东国际机场二号航站楼屋盖系统

本书是对浦东国际机场二号航站楼钢结构屋盖设计、制作和安装工作的总结。书中详细介绍了围绕钢结构屋盖建设所展开的一系列的科技攻关工作和取得的成果,同时对工程管理和质量控制方面开展的工作也进行了总结。

本书第一章总述了技术难点,第二章详细介绍了设计方面的研究工作,第三章介绍了施工方面的研究工作,第四章介绍了工程管理和质量控制方面的工作,第五章介绍了所取得的社会经济效益。

上海空港系列丛书
浦东国际机场二号航站楼屋盖系统

编委会

封面题字

杨国庆

主编

吴念祖

副主编

李德润 刘武君

顾问编委

杨国庆 李逸平 张光辉 宇仁录 寿子琪 刁永海 朱宁一 俞吾炎
陈 龙 汪光弟 肖金方 应根宝 曹文建 蔡 军 景逸鸣 王其龙
朱传松 胡建明 贾锐军 孙 立 徐玉龙 张永东 张 桦 沈 迪
徐 征 林锦胜 李永盛 姚亚波 蒋作舟 刘观昌 夏丽卿 叶可明
刘炳权 汪天翔 姚祖康 管式勤 Jeffrey Thomas Ben Hasselman
是枝孝 Tony Mills

编委

(按姓氏笔画为序)

马兴发 王 斌 王晓鸿 尹承林 冉祥来 西绍波 华志坚 刘 钢
刘宝树 许泽成 孙金科 李 强 李金良 邱威尔 汪大绥 张 泉
张海英 张敏珠 陈宏凯 纽晓鸣 范庆国 林建海 金德雄 周水森
赵 华 赵 青 洪上元 贺胜中 顾吉祥 柴震林 徐建初 高振锋
郭 强 郭建祥 唐洁耀 康 建 寇怡军 董红江

编写组

王其龙 沈新华 周 健 顾 军 董政民 张 兵 杨梦柳 施志深
竺可平 吴 轶 黎 杰 魏 蔚 刁 伟 高振锋

建设上海航空枢纽,是我国积极参与国际分工与国际竞争、推动我国由“民航大国”走向“民航强国”的一项国家战略,也是上海构建国际航运中心的重大举措,对于增强上海城市国际竞争力,更好地服务长三角地区以及全国经济和社会的发展具有重要的战略意义。

2005年12月22日,浦东国际机场扩建工程全面开工,标志着上海航空枢纽建设迈入了全面推进的新阶段。扩建工程主要包括二跑道工程、三跑道工程、T2航站区工程、综合配套工程、西货运区工程,其中第一阶段二跑道工程已于2005年3月竣工投运。扩建工程建成后浦东国际机场将成为年旅客吞吐量达6000万人次、货邮吞吐量达420万吨、年起降达49万架次的我国大型枢纽机场之一,并最终与虹桥国际机场共同建设成为亚太地区核心枢纽。

综观整个扩建工程,范围广、工期紧、难度大、任务重,经历了众多前所未有的考验,广大建设者发扬团结拼搏、无私奉献的精神,克服了种种困难,在保证机场不停航正常运营条件下,出色地完成了建设任务。同时,在建设过程中,广大建设者充分发挥他们的聪明才智,勇于创新、敢于实践,取得了大量具有重要理论和实践意义的创新成果。

扩建工程创造性地提出了“以运营为导向”的建设理念,全过程地吸收运营单位的意见,确保工程建设最大程度满足用户功能需求;管理模式上,大胆地采取了规划、设计、施工“一体化总承包”的方式,实现了指挥部、上海现代建筑设计集团与上海建工集团的“强强联手、共同推进”,为工程建设实施开创了良好局面,T2航站楼工程是首个由国内单位原创设计的大型航空枢纽建筑项目,实现了我国在枢纽机场建筑设计领域的历史性跨越;工程管理方面,在继承一期工程“工程

靠招标、管理靠合同、质量靠监理”成功经验的基础上,又进一步提出了“进度靠计划”的管理理念,实现了对工程质量、安全、进度和成本的系统控制;在质量管理方面,提出了“样板引路,方案先行”方针,并在工程中得到制度化实施,取得了良好效果,确保了工程质量全面受控。

面对大量的工程技术难题,指挥部以科研推进工程建设,组织开展了一系列科研课题攻关,建立了一套完善的推进机制,取得了一批突出的科技成果,并形成了完善的科技创新体系。指挥部成立伊始,就从工程建设需要出发,确定了21个专项课题进行深入研究,取得了一批技术成果,为前期策划和规划设计奠定了技术基础。在此基础上,结合上海市科委立项的三项重大课题任务,紧紧抓住工程建设的重点和难点,进行统一布局,对总体规划、航站区、飞行区、信息系统和项目管理等五个领域共23个专项课题进行了重点研究,在跑道建设关键技术、节能、机场信息系统、飞行区地下穿越等方面均取得突出的科技成果,共注册专利十余项。科技创新为扩建工程提供了全面有力的支撑,也为上海航空枢纽后续工程建设提供了技术储备,并通过指挥部组织出版的《上海机场》和《上海空港》两本刊物,在业界得到广泛传播。同时,依托工程建设和科研课题攻关,造就了大批优秀科技人才,突破了传统的人才培养模式,为上海机场的持续创新能力提供了保障,壮大了我国民航科技的生力军。

浦东国际机场扩建工程,开创了一条以管理创新和科技创新为引导,完全依靠国内设计、施工、管理建设世界一流枢纽机场的新路子,积累了许多新鲜经验,取得了众多的创新成果,希望能与广大民航机场和其他工程的建设者们共享。为此,我们组织编写了这套“上海浦东国际机场扩

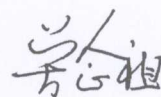
建工程建设系列丛书”，重点介绍浦东国际机场扩建工程在机场建设领域取得的先进管理理念和科技创新成果，以“上海空港系列丛书”的形式，分辑出版。

本书由上海机场(集团)有限公司科技委员会和上海机场建设指挥部组织编撰，得到各科研院校以及相关设计、施工和监理单位的大力支持和广大机场建设者的积极参与，并得到各级领导的关心和支持，谨致以诚挚的谢意。

是为序。

上海机场(集团)有限公司董事长、总裁

上海机场建设指挥部总指挥



2008年1月

第一章 工程概况和技术难点	1
第一节 工程概况	1
第二节 结构体系概述	4
一、钢筋混凝土结构部分	4
二、大跨度钢屋盖系统	5
第三节 技术难点和开展的研究工作	7
一、钢屋盖抗震性能的研究	7
二、钢屋盖稳定性研究	8
三、钢屋盖抗风设计研究	8
四、关键节点分析及试验研究	8
五、钢屋盖安装方案研究	9
六、安装施工机械的研制和改造研究	9
七、钢屋盖结构拼装工艺研究	9
八、关键节点的加工制作和安装研究	9
第二章 钢屋盖结构设计研究	11
第一节 整体结构弹性分析	11
一、分析模型	11
二、荷载及组合	11
三、弹性静力分析结果	14
四、结构模态分析结果	15
五、反应谱地震分析结果	15
六、弹性时程分析结果	18
七、小结	21
第二节 整体结构弹塑性时程分析	22

一、分析的目的和方法	22
二、计算参数	23
三、弹塑性时程分析模型	24
四、弹塑性时程分析结果	24
五、小结	25
第三节 钢屋盖稳定性研究	27
一、研究的目的和方法	27
二、线性整体稳定性分析	27
三、弹性几何非线性整体稳定性分析	29
四、弹塑性整体稳定性分析	32
五、Y形钢柱在竖向荷载下的弹塑性大位移稳定性分析	33
六、Y形钢柱在竖向和水平作用组合下的弹塑性大位移稳定性分析	39
七、小结	43
第四节 钢屋盖抗风设计研究	43
一、研究的目的和方法	43
二、刚性模型风洞试验	44
三、数值风洞模拟分析	48
四、等效静力风荷载计算	54
五、小结	56
第五节 关键节点的分析和实验研究	57
一、柱顶理想铰节点	57
二、下弦钢棒与腹杆连接节点	61
三、柱顶理想铰节点的试验研究	67
四、下弦钢棒与腹杆连接节点的试验研究	78
五、改进后向心关节轴承的试验研究	85
第六节 金属屋面设计	100
一、金属屋面的建筑特色	100
二、设计特点及难点	101
第三章 钢结构施工技术研究	105
第一节 施工限制条件和总体安装方案研究	105
一、现场场地限制条件	105
二、施工进度限制条件	105
三、总体吊装方案比选	106
四、现场总平面布置	107
第二节 钢屋盖结构安装施工方案研究	113
一、钢结构安装分区及相应的构件分段	113

二、候机长廊钢结构安装工艺	114
三、航站楼主楼钢结构安装工艺	116
四、临时支撑优化和变形控制	121
五、临时支撑荷载确定与混凝土结构承载措施	124
第三节 安装施工机械的研制和改造研究	124
一、研制改造的目的	124
二、大跨度自行式龙门吊的研制	125
三、自行式塔吊 M440D 改造	128
四、计算机同步控制自行轮轨式大型结构平移设备研制	129
五、计算机液压同步提升设备研制	130
第四节 钢结构拼装施工工艺研究	133
一、钢结构预拼装方案	133
二、钢结构现场拼装方案	139
第五节 关键节点的加工制作和安装研究	146
一、关键节点的加工制作研究	146
二、关键节点的安装工艺	148
第六节 金属屋面施工工艺研究	150
一、金属屋面正、反弧轧制机组的研究	150
二、金属屋面冷弯成型工艺的研究	152
三、金属屋面现场安装施工研究	154
第四章 工程管理和质量管理	159
第一节 钢结构工程实施前期管理	159
一、钢结构系统实施管理模式策划	159
二、钢结构进度管理策划	160
三、钢结构工程实施质量管理策划	160
第二节 钢结构工程管理难点和管理特色	161
一、管理难点	161
二、管理特色	162
第三节 钢屋盖结构施工质量管理	163
一、质量管理组织体系	163
二、《浦东国际机场二期航站楼钢结构制作安装质量验收标准》制定	164
三、原材料和特殊构配件质量管理	168
四、钢结构制作的质量管理	169
五、钢结构安装的质量管理	171
六、钢结构涂装的质量管理	175

第五章 技术创新和社会经济效益	177
第一节 技术创新	177
一、关键节点设计创新	177
二、关键节点足尺试验	177
三、先进结构分析技术	177
四、现代施工技术的集成应用	177
五、大跨度直行张弦式龙门吊的应用	177
六、大型张弦式屋架节间平移和整体提升的组合工艺	178
七、自行轮轨式大型结构平移设备的研制和应用	178
八、新型组合支撑的应用	178
第二节 社会效益	179
一、专利技术	179
二、新型结构形式的提出和结合施工技术集成应用	181
三、节约工程投资,保证建设工期	181
附录一 二号航站楼钢屋盖参建单位	182
附录二 二号航站楼钢屋盖实施大事记	183
后记	184

第一章 工程概况和技术难点

第一节 工程概况

新建的浦东国际机场二号航站楼位于一号航站楼对面,通过交通中心 6 m 层廊道及航站区高架道路将两楼相连,如图 1-1 所示。航站区还规划了位于两楼南侧的三号航站楼,与一号、二号航站楼两楼形成“U”字形相邻布置。中部的交通中心有效地衔接航站楼、停车库、轨道交通车站、机场大巴和长途客车等功能设施,形成“一体化航站楼”的设计理念。

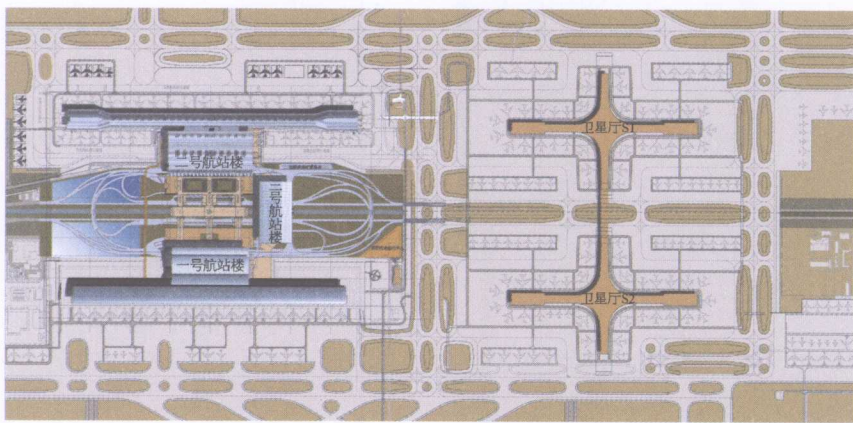


图 1-1 航站区规划

二号航站楼建筑面积 54.6 万 m^2 ,主要分为航站楼主楼和候机长廊两个部分。航站楼主楼地上三层,其中第三层主要是国际国内出发办票厅,第二层主要是行李到港提取厅及迎客大厅,地面层主要是行李处理机房;候机长廊地上三层,其中第三层是国际候机厅,第二层是国内候机厅,在第二层和第三层之间设有一个夹层,作为国际到达旅客的通道,地面层是设备机房和站坪服务用房。航站楼旅客流程示意图如图 1-2 所示。车道边效果图如图 1-3 所示。

二号航站楼的屋面是整个航站楼建筑造型中最重要的组成部分,对航站楼的建筑效果起到了至关重要的作用。建筑设计上以航站区对称布局为基础,通过曲线形的屋面构成了与一号航站楼的协调呼应关系(见图 1-4),共同组成了浦东国际机场新的门户形象。现有的一号航站楼阳刚而充满力度,二号航站楼则更加柔性与灵动,两者刚柔并济,构成了一种整体的美感。

弧形屋面从车道边到办票大厅,穿过联检区到达出发候机大厅,整个室内空间连续完整,视线畅通,一气呵成。连续大跨度的曲线钢屋架为主要造型元素,构成了二号航站楼的主旋律,Y 形钢柱支撑的曲线形梁沿旅客流线方向有节奏地开合,间或有梭形天窗点缀其间,室内空间简洁、明朗而富有很强的方向感,给旅客带来完全不同的新鲜体验。屋面的鸟瞰效果如图 1-5 所示。屋面的室内效果如图 1-6 所示。

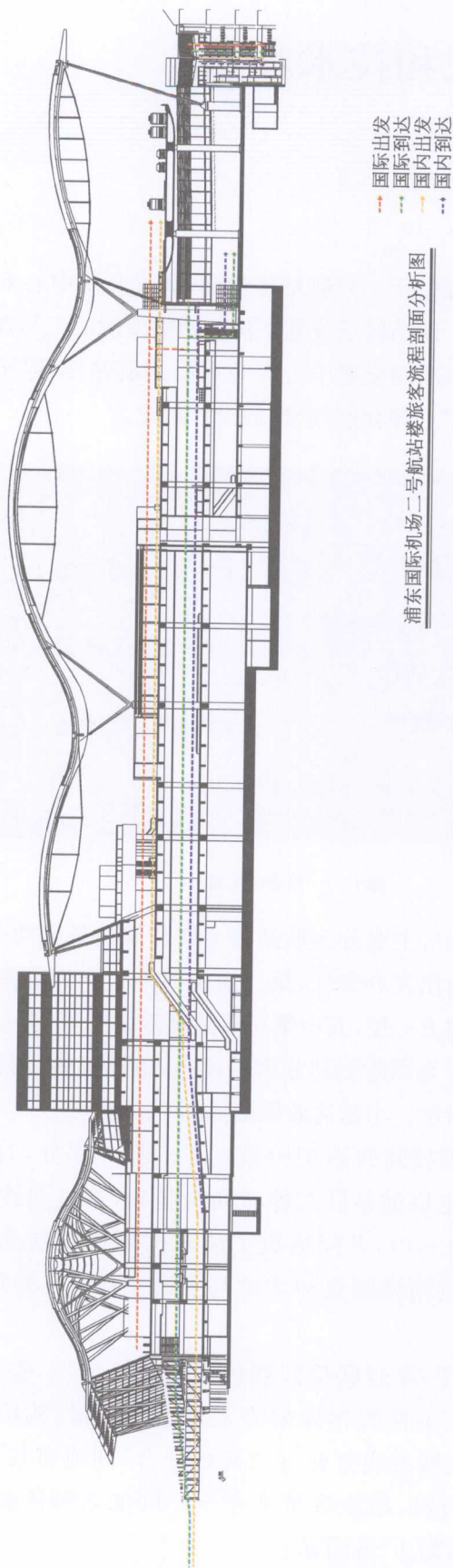


图 1-2 航站楼旅客流程示意图



图 1-3 车道边效果图

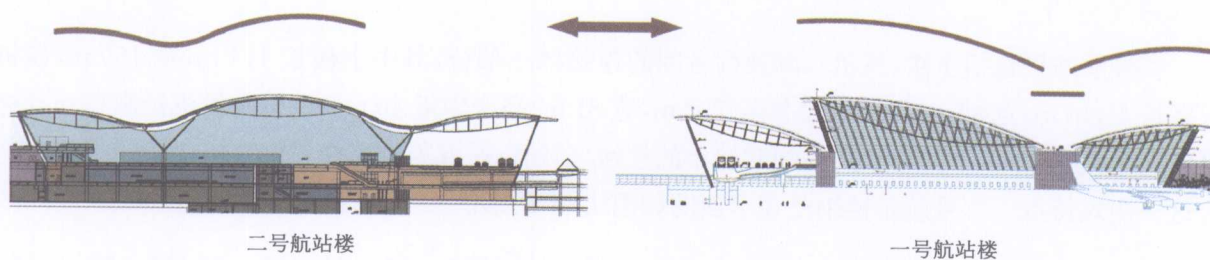


图 1-4 一号和二号航站楼的呼应

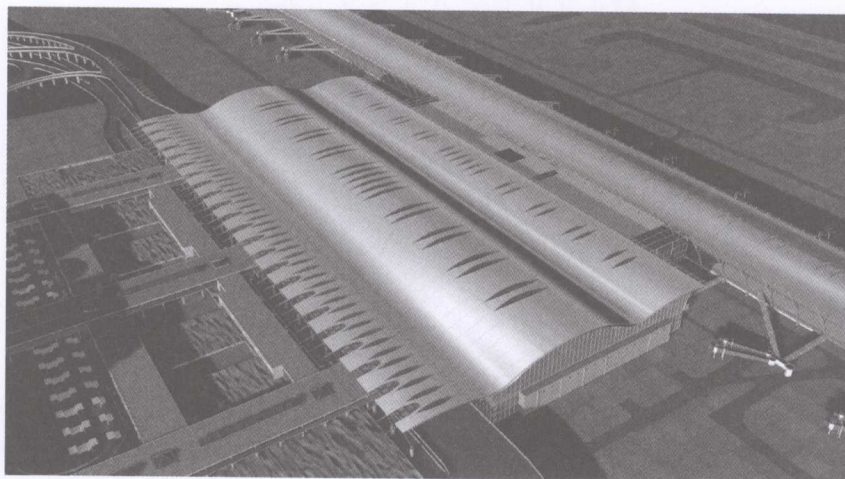


图 1-5 屋面的鸟瞰效果



图 1-6 屋面的室内效果

第二节 结构体系概述

二号航站楼包括主楼、候机长廊及两者间的连接体三部分,其中主楼长 414 m,宽 150 m,候机长廊长 1 414 m,宽 41~65 m,连接体长 292 m,宽 31 m,高度均近 40 m。主楼和候机长廊 13.6 m 标高以上为大空间,以下的空间则为相对较小的柱网,采用钢筋混凝土结构与钢结构混合的体系以适应这一建筑特点。二号航站楼钢屋盖平面图如图 1-7 所示。

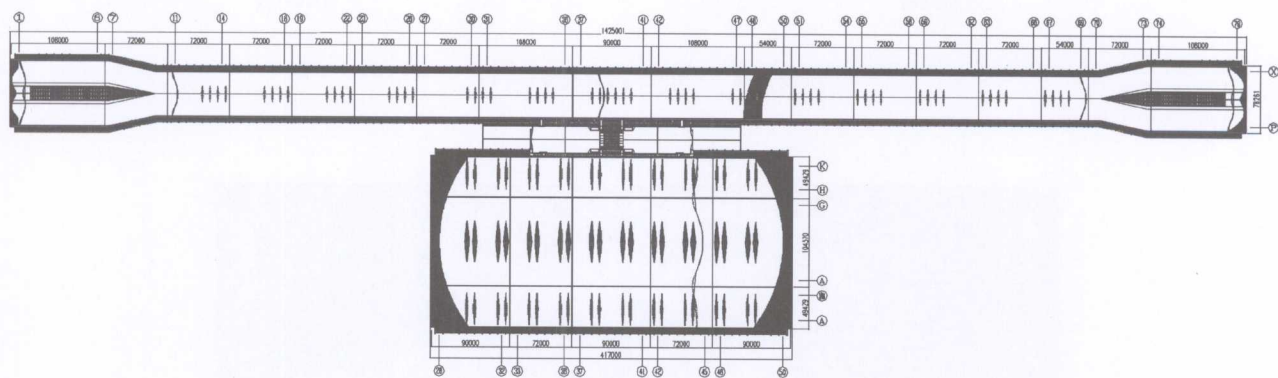


图 1-7 二号航站楼钢屋盖平面图

一、钢筋混凝土结构部分

二号航站楼采用了桩基加独立承台的基础形式,桩型为高强预应力 PHC 管桩和钢筋混凝土预制方桩两种,考虑到本工程(指浦东国际机场二号航站楼屋盖系统工程,下同)对地基沉降变形有严格要求,选择⑦₂层粉细砂层作为桩基持力层。由于古河道的切割,场地范围内持力层面标高变化极大,达 30.0 m 左右,桩长范围相应为 34~63 m。多种桩长使用于同一单体是本工程基础设计的特点之一。主楼混凝土结构平面局部示意图如图 1-8 所示。

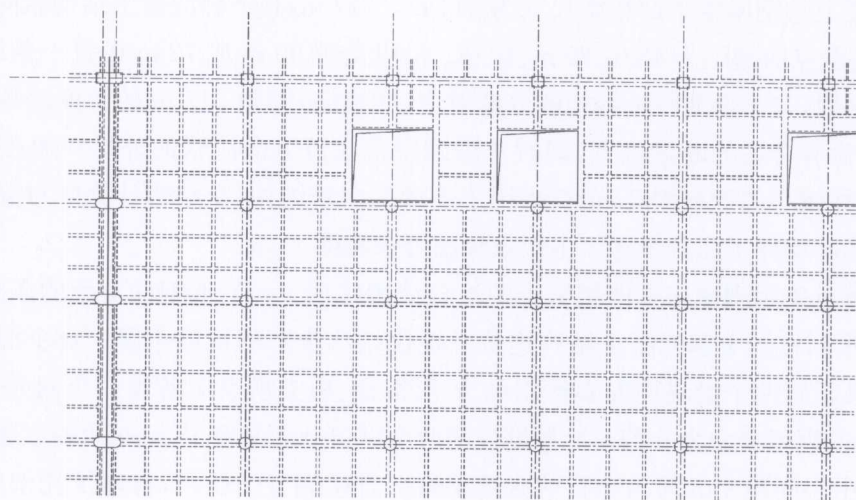


图 1-8 主楼混凝土结构平面局部示意图

整个二号航站楼基础面以上由结构缝划分为 28 个独立框架结构单元,结构缝兼作抗震缝及伸缩缝,单元平面尺寸一般为 $72\text{ m} \times 72\text{ m}$,最大单元平面尺寸为 $108\text{ m} \times 95\text{ m}$;对于较大的单元,通过施工阶段设置后浇带以减小混凝土收缩的不利影响。主楼结构的典型柱网尺寸为 $18\text{ m} \times 18\text{ m}$,在框架中普遍采用双向后张预应力梁,以尽可能减小梁高,利于布置设备管道及增加建筑净高,并改善结构抗裂性能。候机长廊和连接体也在 18 m 跨的大柱网方向设置了单向预应力梁。与一号航站楼相似,建筑外立面及部分室内立面大量采用了清水混凝土,以取得特定的装饰效果。

二、大跨度钢屋盖系统

整个二号航站楼包括两个外形协调、结构体系不同的波形钢屋盖,分别覆盖航站楼主楼和候机长廊,如图 1-9 所示。

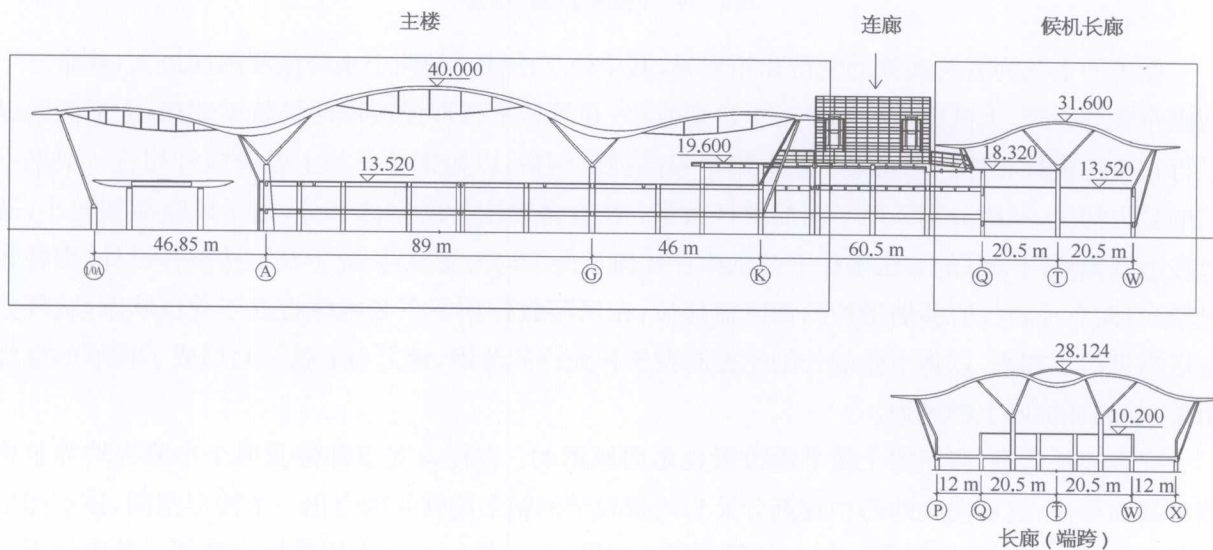


图 1-9 二号航站楼剖面图