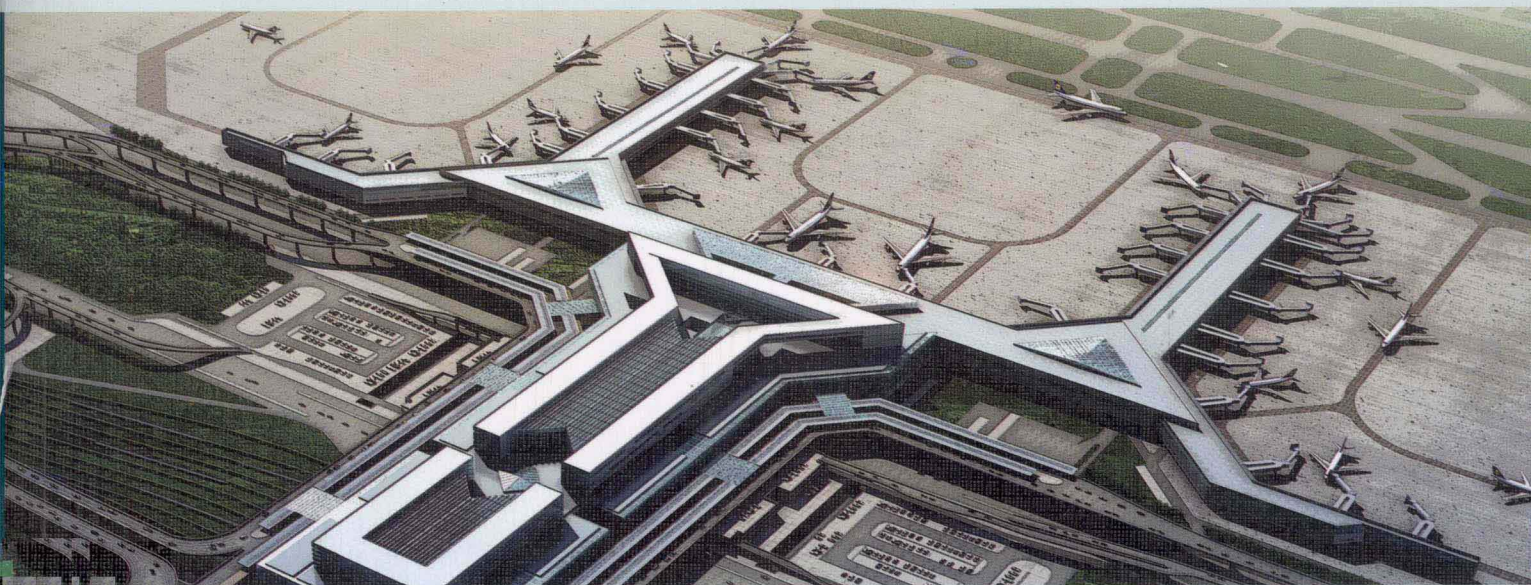


上海空港

虹桥系列丛书

HONGQIAO
ZONGHE JIAOTONG SHUNIU
ZONGHE FANGZAI YANJIU



虹桥综合交通枢纽

综合防灾研究

主编 吴念祖
出版 上海科学技术出版社



上海空港 虹桥系列丛书

HONGQIAO
ZONGHE JIAOTONG SHUNIU
ZONGHE FANGZAI YANJIU

虹桥综合交通枢纽综合防灾研究

主编 吴念祖

上海科学技术出版社

上海空港虹桥系列丛书

虹桥综合交通枢纽综合防灾研究

图书在版编目(CIP)数据

虹桥综合交通枢纽综合防灾研究/吴念祖主编. —上海:
上海科学技术出版社, 2010. 2

(上海空港虹桥系列丛书)

ISBN 978-7-5478-0132-1

I. 虹... II. 吴... III. 交通运输中心—防灾—上海市
IV. U115

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 002296 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)

苏州望电印刷有限公司印刷 新华书店上海发行所经销
开本 889×1194 1/16 印张 11.5 字数 241 千字 插页 2

2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-0132-1/TU · 18

印数:1—1 500

定价:98.00 元

本书如有缺页、错装或损坏等严重质量问题,
请向承印厂联系调换

内容提要

本书是关于“虹桥综合交通枢纽防灾关键技术研究与应用”工作的主要成果。作者在系统调研国内外大型综合交通枢纽防灾规划、设计、建设与运营管理情况的基础上,通过对虹桥综合交通枢纽工程的灾害分析、识别、评估,针对虹桥综合交通枢纽运营中潜在的火灾、恐怖袭击、水灾、风灾和地震等典型灾害,从规划、设计、施工、运营等方面入手,分析了大型交通枢纽工程运营典型灾害类型及发生机理,明确重点防范灾种和防控区域,提出从设计、施工到运营全生命周期的灾害工程防控措施,研究开发大型综合交通枢纽对五种典型灾害以及运营安全的实时监控与快速预警技术,建立了虹桥综合交通枢纽防灾预警监控平台,提出了突发事件下的大型交通枢纽人员快速疏散、救援和交通安全保障方案和措施。

本书对大型综合交通枢纽的防灾关键技术问题进行了研究,可为交通枢纽的规划、设计、建设、运营与灾害管理等专业人员提供一定的参考,也可供大专院校相关专业师生参考阅读。

上海空港虹桥系列丛书
虹桥综合交通枢纽综合防灾研究

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 寿子琪 张光辉 刁永海 肖立元 钮晓鸣 何卫国 朱宁一
俞吾炎 陈 龙 汪光弟 应根宝 曹文建 蔡 军 徐玉龙 景逸鸣
王其龙 朱传松 胡建明 贾锐军 孙 立 张永东 姚亚波 沈 迪
许首珽 秦 云 徐 征 李永盛 王中东 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(美)
Ben Hasselman(荷) 是枝孝(日) Tony Mills(英)

编委

(以姓氏笔画为序)

马兴发 王 杰 王 斌 王坤之 王晓鸿 冉祥来 付如刚 西绍波
华志坚 刘宝树 孙金科 李金良 吴庭毅 邱威尔 张志良 张海英
张敏珠 陈宏凯 范庆国 林 晨 林建海 金德雄 周水森 郑悦峰
赵 华 赵 青 姚 倩 贺胜中 秦灿灿 顾吉祥 柴震林 徐 晓
徐建初 郭 强 郭建祥 唐洁耀 康 建 章亚军 寇怡军 董红江

本书编著

贺胜中 周 健 周红波 朱忠隆 胡群芳 张海英 王 坚
陈 雷 徐 健 凌卫青 舒文春 米思兴 高文杰 苏 骏
蒋 宏 赵荣泳 张卓剑 蔡来炳 陈红宇 姬永红 凌昌荣
刘成清 邹伟国 王 冬 马云龙 吴文芳

上海虹桥综合交通枢纽是集民航机场、城际铁路、高速铁路、轨道交通、长途客运、市内公交等多种交通方式于一体的超大型、世界级综合交通枢纽。枢纽工程建成后,将把长三角的上海、南京、杭州、苏州、无锡和常州等重要发达城市连在一起,对长三角城市圈的整合与发展将产生深远的影响。作为城市交通功能集中体现的虹桥综合交通枢纽,具有设施规模巨大且建筑密度高、客流量巨大且高度集中、换乘种类复杂且方式众多、管理界面与产权区分交叉等诸多特点,在这样一个高密度、高速度、规模大、人流集中的复杂设施的工程建设中,防灾体系的构建和实施就显得十分紧迫而必要。

为了保障虹桥综合交通枢纽的顺利建设和安全运营,我们在 2006 年就启动了“虹桥综合交通枢纽防灾关键技术研究与应用”课题,系统分析研究了工程项目的防灾问题,并得到了上海市科委的重点资助(课题编号:082012019)。课题研究了虹桥综合交通枢纽运营中潜在的火灾、水灾、风灾、地震和恐怖袭击等典型灾害;分析了典型灾害类型、发生机理及多灾种相互作用过程,明确了重点防范灾种和防控区域;提出了从设计、施工到运营的全寿命周期灾害工程防控措施;开发了大型综合交通枢纽对五种典型灾害以及运营安全的实时监控与快速预警技术;搭建了虹桥综合交通枢纽防灾预警监控平台。同时,还考虑了不同灾害场景下的虹桥综合交通枢纽人员疏散与救援措施和交通安全保障措施,建立了适应多运营主体的应急救援体系,并对应急疏散进行了仿真研究验证,确保应急系统的可靠与高效。

课题研究成果为虹桥综合交通枢纽的规划设计和工程实施提供了全面有力的技术支撑,提高了枢纽建设和运行的安全性与经济性,为枢纽灾害防御水平提供了多方位的保障,具有较为重大的社会效应和经济价值。2010 年虹桥综合交通枢纽将基本建成,大部分设施在世博会前投入运营。作为一种大胆尝试与突破,虹桥综合交通枢纽首次将各种灾害防御分析及应用技术综合集成于项目建设中,可为国内外类似工程建设积累非常重要的建设管理经验,并为城市综合交通枢纽

防灾管理体系的构建提供实践依据。为此,我们将课题研究成果进行整理,以“虹桥综合交通枢纽综合防灾研究”为名正式出版,抛砖引玉,以求专家批评指正。

“虹桥综合交通枢纽防灾关键技术研究与应用”课题负责人为刘武君,课题组成员包括:贺胜中、周健、周红波、朱忠隆、胡群芳、张海英、王坚、陈雷、徐健、凌卫青、舒文春、米思兴、高文杰、苏骏、蒋宏、赵荣泳、张卓剑、蔡来炳、陈红宇、姬永红、凌昌荣、刘成清、邹伟国、王冬、马云龙、吴文芳等。课题研究过程中,得到了上海机场建设指挥部、上海建科建设监理咨询有限公司、华东建筑设计研究院有限公司、上海市政工程设计研究总院、同济大学、上海防灾救灾研究所等多家单位的鼎力支持和全力协助,谨致谢忱。此外,还要感谢上海市科委社会发展处、上海市建交委规划处、上海市发改委、上海市土地局、上海市规划局、上海市水务局、上海市消防局、上海市城交局以及上海申通集团、上海磁浮公司、上海长途汽车公司等有关部门,以及参加虹桥综合交通枢纽规划设计和相关科研开发的各规划、设计单位和科研院校;也感谢为本书编辑出版作出全面支撑的上海机场建设指挥部总工办、规划设计部、信息系统部的各位同事。

编 者

2009 年 10 月

第1章

虹桥综合交通枢纽概况与防灾规划

1

1.1 研究的背景和意义	2
1.1.1 研究背景	2
1.1.2 研究意义	6
1.2 虹桥综合交通枢纽防灾规划	7
1.3 国内外研究现状	15
1.3.1 国内外工程防灾研究现状	15
1.3.2 国内外重大交通枢纽案例分析	16
1.4 研究内容	17

第2章

虹桥综合交通枢纽灾害辨识与评估

19

2.1 上海地区及虹桥综合交通枢纽灾害概况	20
2.1.1 上海地区灾害调研	20
2.1.2 虹桥综合交通枢纽灾害调研	21
2.1.3 虹桥综合交通枢纽五种典型灾害辨识	22
2.2 虹桥综合交通枢纽防灾策略、架构及分级标准制订	24
2.2.1 虹桥综合交通枢纽防灾策略	24
2.2.2 虹桥综合交通枢纽防灾架构	25

2.2.3	虹桥综合交通枢纽灾害等级标准	26
2.3	虹桥综合交通枢纽灾害故障树分析	29
2.3.1	火灾故障树	31
2.3.2	恐怖袭击故障树	32
2.3.3	水灾故障树	34
2.3.4	风灾故障树	35
2.3.5	震灾故障树	35
2.3.6	灾害评价	37
2.4	虹桥综合交通枢纽灾害相互影响分析	43
2.4.1	灾害链概念与意义	43
2.4.2	灾害链分析	44
2.4.3	灾害链在灾害评估中的应用	45
2.5	虹桥综合交通枢纽灾害评估结论	45

第3章

虹桥综合交通枢纽灾害防御技术及应用

55

3.1	火灾	56
3.1.1	防火设计要求和目标	56
3.1.2	消防性能化设计研究与减灾技术措施	56
3.1.3	消防性能化设计具体应用	62
3.2	恐怖袭击	65
3.2.1	恐怖袭击对建筑结构及设施破坏影响评估	65
3.2.2	反恐设计要求和减灾技术措施	67
3.3	水灾	74
3.3.1	场地水灾风险分布	74
3.3.2	洪涝灾害防范设计要求	78
3.4	风灾	86
3.4.1	场地风气候特征和设防标准	86
3.4.2	风灾对建筑物危害分析	87
3.4.3	基本风压的确定和风洞试验	88
3.4.4	抗风设计要求和减灾技术措施	89
3.5	地震	95
3.5.1	设防等级和设防目标	95

3.5.2 抗震设计	97
3.5.3 先进抗震技术的研究与应用	99

第4章

虹桥综合交通枢纽灾害监测预警与指挥

103

4.1 虹桥综合交通枢纽灾害监测系统	104
4.1.1 灾害监测系统功能	104
4.1.2 灾害预警监测系统框架	104
4.1.3 灾害监测指标选定	106
4.1.4 灾害监测站网布设	112
4.1.5 灾害综合监测系统集成	118
4.2 虹桥综合交通枢纽多种灾害预警系统	120
4.2.1 灾害预警系统概述	120
4.2.2 多种灾害预警信息管理与信息发布	121
4.2.3 枢纽运营管理中心	122
4.2.4 枢纽防灾应急指挥中心	128
4.3 虹桥综合交通枢纽灾害应急预案	132
4.3.1 灾害管理应急预案编制	132
4.3.2 应急预案启动机制	133
4.3.3 突发事件应急总体及专项预案	133

第5章

虹桥综合交通枢纽灾害应急疏散与救援

135

5.1 枢纽应急交通疏散目的及内容	136
5.1.1 应急交通疏散目的及基本要素	136
5.1.2 应急交通疏散内容	137
5.2 枢纽应急交通疏散技术框架	138
5.2.1 基于枢纽信息化管理系统的先进应急交通疏散体系	138
5.2.2 基本策略及关键技术	139
5.3 火灾事件下应急人群疏散技术与模拟	140
5.3.1 设计理念	140
5.3.2 疏散策略	141

5.3.3	火灾消防性能化设计与模拟研究	142
5.4	枢纽灾害事件行人流建模技术研究	146
5.4.1	基本理论与方法	146
5.4.2	突发事件应急疏散仿真系统研发	147
5.4.3	应急疏散仿真	147
5.5	灾害事件下道路交通应急疏散策略研究	151
5.5.1	疏散范围及分区	151
5.5.2	应急避难所	152
5.5.3	应急疏散道路及疏散路径选择	153
5.5.4	疏散基本策略	155
5.5.5	灾害事件下枢纽疏散交通组织方案	155
5.5.6	应急疏散仿真模拟	158
5.6	灾害应急救援	160
5.6.1	救援系统构成	160
5.6.2	救援系统功能描述	161
5.6.3	救援行动运行机理	161

第6章 结 论

163

参 考 文 献

166

第 1 章

虹桥综合交通枢纽概况与防灾规划

1.1 研究的背景和意义

1.1.1 研究背景

上海虹桥综合交通枢纽是包括民航机场、城际铁路、高速铁路、磁浮线路、轨道交通、长途客运、市内公交等多种换乘方式于一体的庞大的交通枢纽项目,也是将来上海最大的铁路客运站。它在华翔路、北翟路、环西大道、沪青平高速四条主干道所围成的区域内,以现有虹桥机场为基础,拓展成集机场、铁路、地铁、磁浮列车、公交等交通方式及换乘广场于一身的大型换乘枢纽。初步估计,通过虹桥综合交通枢纽,每年大约3 000万名乘客乘坐飞机,高峰期每小时5万~6万名乘客乘坐磁浮,高峰期每小时约3.7万名乘客乘坐高速火车,每天约有20万名乘客乘坐地铁。虹桥综合交通枢纽工程建成后,将把长江沿岸的上海、南京、杭州、苏州、无锡和常州等重要发达城市连在一起,对长三角城市圈的整合与发展将产生深远的影响。

根据编制的规划确定核心区内各主要功能主体的平面布局(见图1-1),由东向西依次为:二号航站楼、东交通中心、磁浮虹桥站、高铁虹桥站、西交通中心。轨道交通进入枢纽的线路为2号线、10号线、17号线、5号线、青浦线。其中,2号线与10号线由东向西从地下二层穿越枢纽核心区,分别在两个交通中心位置设站;17号线与5号线南北向由地下交于高铁西侧,并与2号线及10号线形成换乘站;青浦线由西向东从轴线大道地下层进入枢纽西侧,与其余轨道线形成换乘站。

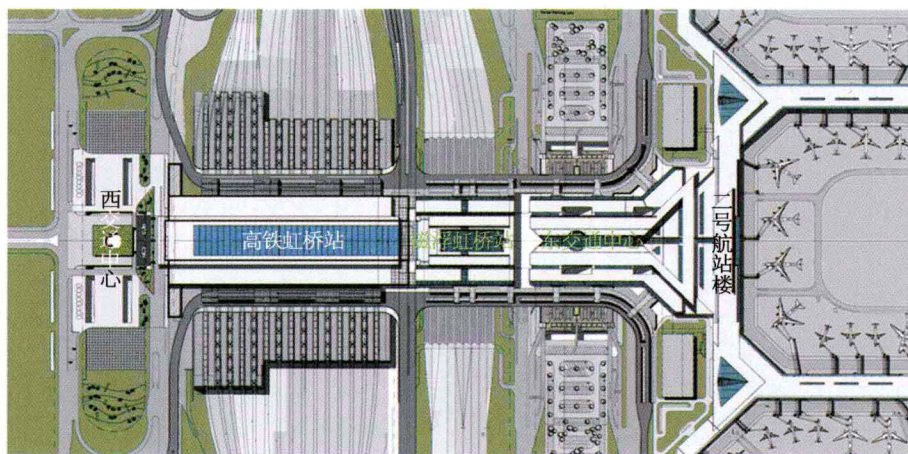


图1-1 核心区主要功能主体平面布局

虹桥综合交通枢纽全景效果如图1-2所示。

虹桥综合交通枢纽总规划面积约26 km²,包括5个单项工程,大部分为地上9层带有两层地下室。表1-1给出了每个单项工程的层数、大致建筑面积和高度。在标高±0.00 m和12.15 m层,分别有道路和高架桥把整个交通枢纽和车辆交通联系在一起。

1. 枢纽核心区平面布局

虹桥综合交通枢纽各场、站的合理布局和各种交通方式的融入,使之成为一个高效、有机、和谐的综合交通系统,东起虹桥国际机场二号航站楼,向西依次平行排列社会停车库/公交巴士东



图 1-2 虹桥综合交通枢纽全景效果图

表 1-1 单项工程介绍

单 项 工 程 名 称	层 数	建筑面积(万 m ²)	高度(m)
二号航站楼	10	25.7	45
东交通中心	11	28.6	45
磁浮虹桥站	11	16.6	45
高铁虹桥站	11	28.9	40
西交通中心	2	17.4	地下

站、磁浮车站、高速铁路车站/城际铁路车站、地下社会停车库/公交巴士西站等各类交通设施(见图 1-3),这样的布置充分体现了城市公共交通体系的共享原则。在该枢纽中,铁路、机场负责城市的对外交通,与负责市内客流集散的地铁、公交、机场快线等城市公共交通体系有机衔接。磁浮车站的站厅层与铁路、机场同层面对接,保证与对外交通的方便换乘。机动车量根据旅客流向分别设置在东西交通广场和高架车道边(交通中心),二者紧密联系,充分发挥各交通方式的优势,实现综合交通枢纽的系统功能。

2. 枢纽核心区竖向布局

虹桥综合交通枢纽核心区交通建筑共分为 4 个主要层面(见图 1-4、图 1-5)。

地上二层: 铁路、磁浮进站厅、高架车道边、公共通廊层,高程(吴淞)17.3 m。

地面层: 铁路轨顶高程(吴淞)6.1 m,站台高程(吴淞)7.35 m;磁浮轨顶高程(吴淞)7.15 m,站台高程(吴淞)7.9 m。

地下一层: 铁路、磁浮出站通道、轨道交通站厅、公共通廊层,高程(吴淞)-4.2 m。

地下二层: 2 号线、10 号线、20 号线站台层,高程(吴淞)-11.2 m。

3. 枢纽功能间的联系

基于对枢纽功能定位、内容和规模等的策划研究,各功能设施间的关系得以明确。其中,铁路

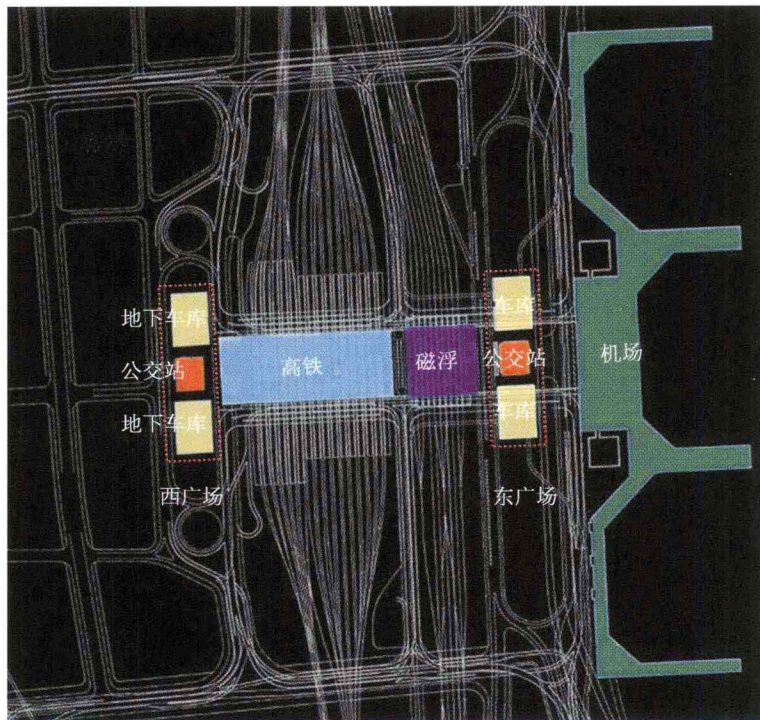


图 1-3 虹桥综合交通枢纽核心设施布局

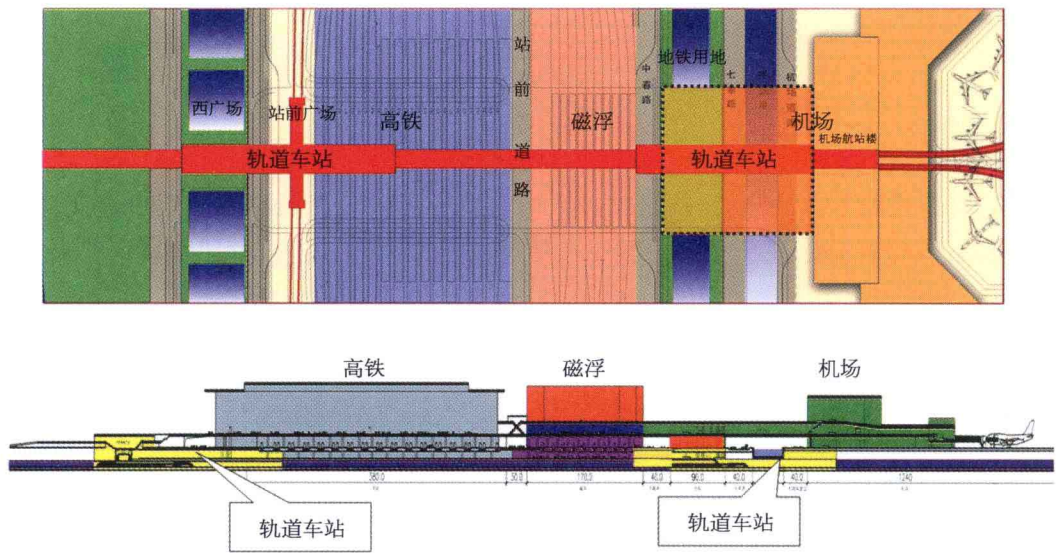


图 1-4 枢纽建筑体竖向层面布置图

车站、磁浮车站和机场航站楼三块设施互联互通,通过-9.35 m、6.6 m 和 12.15 m 三个换乘大通道紧密连接,方便换乘(见图 1-6)。

东交通中心服务机场二号航站楼和磁浮,并且作为上部商业设施和下部换乘人流的联系纽带,是虹桥综合交通枢纽的重要组成部分,东交通中心与交通枢纽其他部分(如航站楼、磁浮)功能互补,统一设计。

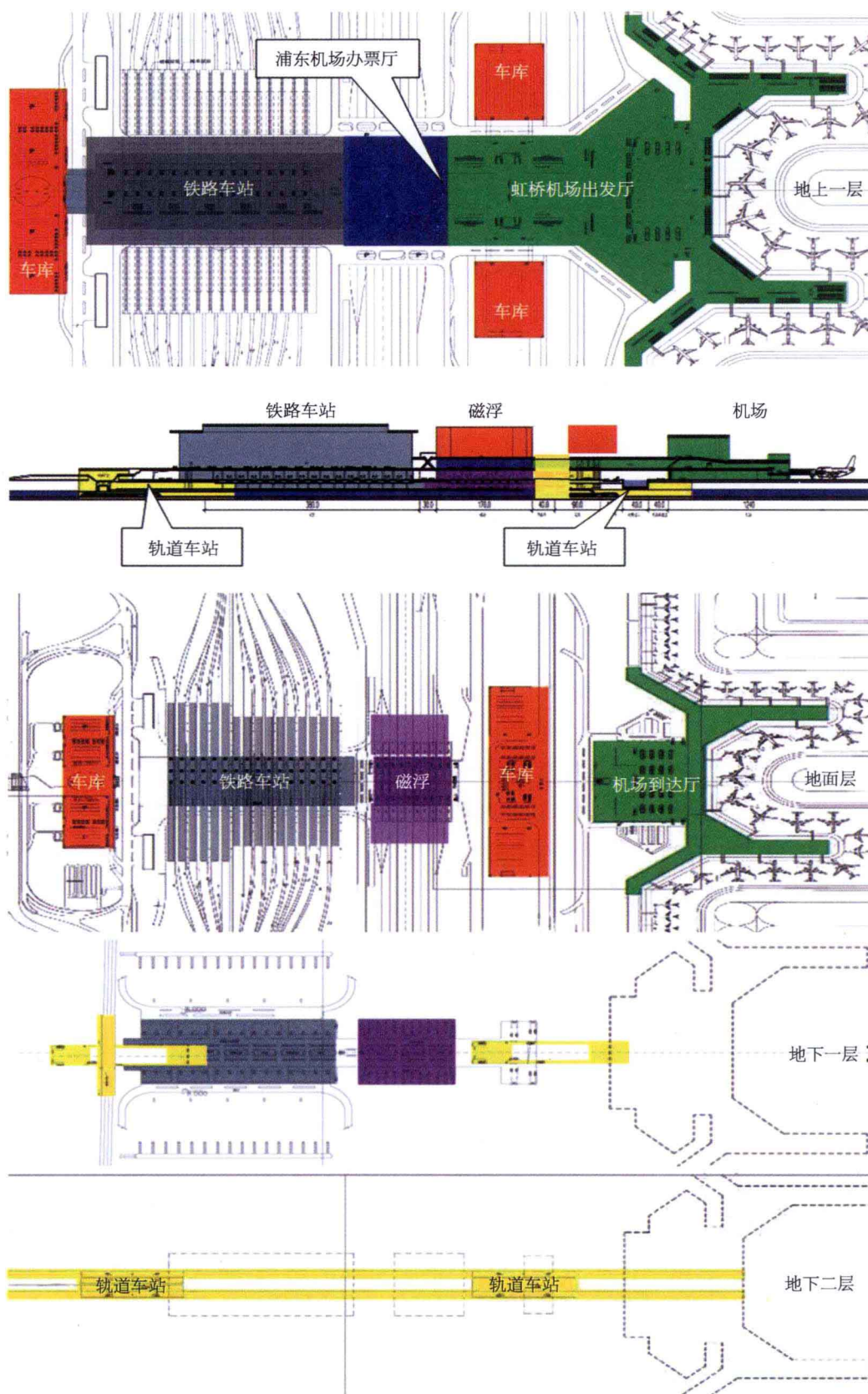


图 1-5 枢纽核心区不同层面的布局

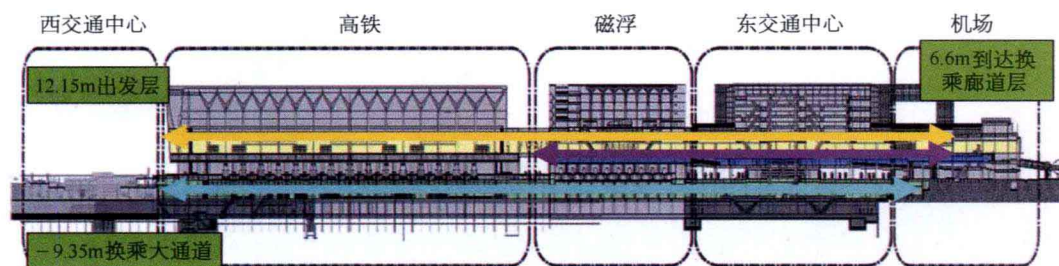


图 1-6 三大换乘通道

地铁站东站是轨道交通 2 号线、10 号线在东交通中心的下方设置的车站，直接服务于虹桥国际机场、磁浮车站和东交通中心。地铁车站的定位是快速、高效地疏导乘客，利用轨道交通的高输送量为枢纽服务。

磁浮虹桥站是我国首个大型磁浮客运站，定位为始发终到高速站，以满足上海机场联络线及沪杭上海支线的运营要求，并预留了北方延伸线的运营能力，是连接虹桥国际机场、浦东国际机场的高速轨道交通。

地铁西站引入 5 条轨道交通线(2 号线、10 号线、5 号线、17 号线及青浦线)，2 号线、10 号线在高速铁路站的下方和磁浮列车站的下方分别设置东、西两个站台，地铁西站服务于高速铁路及西交通中心的长途巴士。

西交通中心作为虹桥综合交通枢纽的一个重要组成部分，除了具有高速公路客运的到发功能外，还起着重要的内外交通衔接功能，为乘坐公交大巴、穿梭巴士及社会车辆到枢纽的乘客提供便捷的交通方式，提高运输效率，使乘客便利地到达出行的最终目的地。停车库的建设，将为虹桥综合交通枢纽西部提供充足的停车空间，满足区域静态交通需求。

因此，虹桥综合交通枢纽工程具有如下特点：

- (1) 体积庞大，内部人流量大。
- (2) 分布于几个楼层的多个大空间互相连通。对于高大空间，难以在不中断旅客在机场内自由通行的前提下防止灾害的发生与蔓延。
- (3) 大部分面积是人流通行和候机区域，在这些区域灾害因素多，灾害易发。
- (4) 地下空间复杂，人流众多，灾害救援困难。
- (5) 周边交通组织复杂，灾后疏散救援难度大。

1.1.2 研究意义

通过对虹桥综合交通枢纽工程的灾害分析、识别、评估，从规划、设计、施工、运营等方面提出灾害预控措施，建立灾害监测与预警体系和防灾应急系统，实现减小虹桥综合交通枢纽灾害发生几率，降低灾害损失，保障虹桥综合交通枢纽运营安全。本项目研究具有如下意义：

- (1) 项目研究成果将有效地指导虹桥综合交通枢纽的规划设计、工程实施和运营，确保其安全、健康运营，对虹桥综合交通枢纽作为国内外最大的综合交通枢纽工程，具有重大的社会效应和经济价值。
- (2) 项目研究首次将各种灾害分析及应用技术综合集成在虹桥综合交通枢纽建设中，作为一