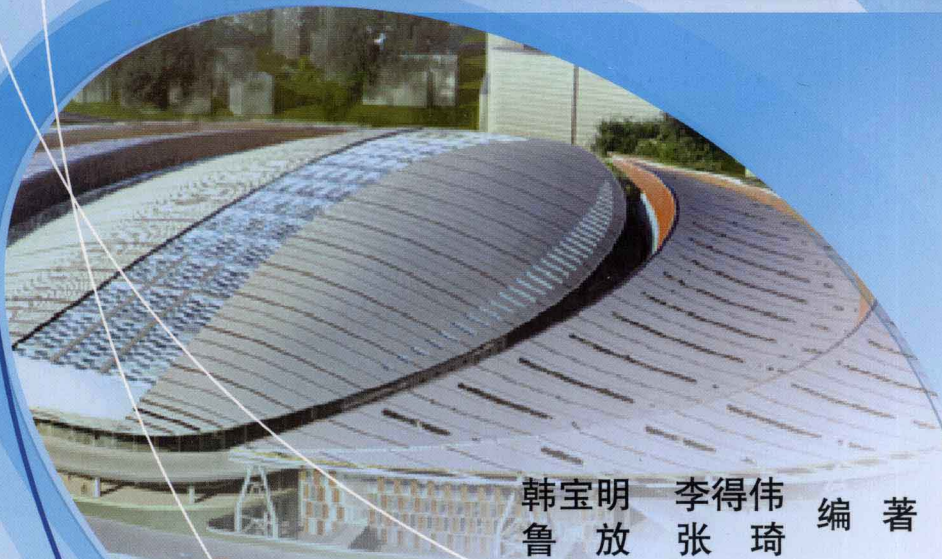


铁路客运专线换乘枢纽 交通设计理论与方法

TIELU KEYUN ZHUANXIAN HUANCHENG
SHUNIUI JIAOTONG SHEJI LILUN YU FANGFA



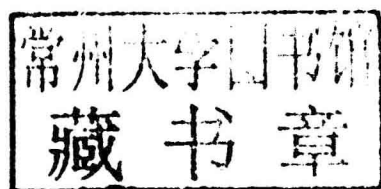
韩宝明 李得伟 编 著
鲁 放 张 琦



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

铁路客运专线换乘枢纽 交通设计理论与方法

韩宝明 李得伟 鲁放 张琦 编著



北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本书在总结国家自然科学基金项目“铁路客运专线换乘枢纽交通设计理论与方法”研究成果的基础上,系统地阐述了铁路客运专线换乘枢纽交通设计理念与方法,并给出了基于空间优化和时间优化的可行方法。包括换乘枢纽发展概述、换乘枢纽交通设计基础、旅客集散行为理论、枢纽空间布局设计、基于仿真的时间优化、枢纽动态评价等内容。本书的研究成果,不仅可用于铁路客运专线换乘枢纽的规划与设计,也可应用于城市轨道交通及其他综合交通枢纽的规划和设计。

本书既可作为铁路客运专线和其他交通枢纽设计人员、研究人员的参考书,也可作为铁路枢纽和综合枢纽规划者和管理者的参考用书。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

铁路客运专线换乘枢纽交通设计理论与方法/韩宝明等编著. —北京:北京交通大学出版社, 2009. 12

ISBN 978-7-81123-950-8

I. ① 铁… II. ① 韩… III. ① 铁路运输:旅客运输-铁路枢纽-设计 IV. ① U291.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 214648 号

责任编辑:杨正泽

出版发行:北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:11.75 字数:310 千字

版 次:2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-950-8/U·51

印 数:1~1 000 册 定价:32.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

高速铁路是一种速度快、运量大、舒适性高、污染小、能耗低的交通工具，是当代世界铁路现代化的重要标志。在一些发达国家，高速铁路已经成为支撑国民经济发展的重要因素。在我国，为了缓解既有铁路的供给和需求之间日益突出的矛盾、提高运输服务水平，铁道部适时提出了铁路跨越式发展思路，制定了《中长期铁路网发展规划》，规划到2020年建成以“四纵四横”为骨架的、覆盖国内主要城市的铁路客运专线网，规模达2.9万公里。要发挥铁路客运专线的速度优势，必须高度重视客运专线与其他交通方式换乘枢纽的建设，使乘客得到全程快速便捷的服务。然而，我国目前还没有完整的客运专线换乘枢纽设计理论，因此，有必要建立一套适合我国国情的枢纽设计理论和方法。

本书正是基于以上背景，受国家自然科学基金项目(60674012)的资助编写的，主要为客运专线换乘枢纽的规划和设计人员提供参考，同时为该方面的理论研究提供支撑。

本书由北京交通大学参与国家自然科学基金项目研究的有关同志共同编著。全书包括5篇，共14章，系统地介绍了我国客运专线换乘枢纽发展概况、枢纽类乘客集散行为理论、枢纽空间布局设计、基于仿真的换乘枢纽时间效益优化和枢纽交通设计评价等。其中，韩宝明负责第1章、第2章的编著工作，鲁放负责第3章~第8章的编著工作，李得伟负责第9章~第11章的编著工作，张琦负责第12章~第14章的编著工作。全书最后由韩宝明负责统稿。在编著过程中，北京交通大学的杨浩教授和赵鹏教授、北京轨道交通建设管理有限公司的魏怡高级工程师提出了不少宝贵意见；张建勋、韩宇、梁丽华、许婷、常丹、胡秀秀、刘娜等研究生也为本书做出很大贡献；铁道部有关部门和专家为本书提供了很大帮助，国家自然科学基金委员会提供了资金支持。在此谨向这些单位和专家学者致以诚挚的谢意！本书在编写过程中参考了大量的文献资料，在此对资料的编写者表示衷心的感谢。

我国还缺少铁路客运专线换乘枢纽方面的成熟经验，加上编写时间仓促和作者学识有限，书中难免存在疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者
于北京交通大学红果园

目 录

第 1 篇 概 述

第 1 章 铁路客运专线换乘枢纽发展概述	3
1.1 中国铁路客运专线发展概况	3
1.1.1 高速化是铁路客运的发展方向	3
1.1.2 我国客运专线的发展规划	3
1.2 国外高速铁路换乘枢纽的发展情况	5
1.3 国内铁路换乘枢纽的历史沿革	8
1.3.1 各种交通方式独立发展阶段	8
1.3.2 注重衔接的发展阶段	9
1.3.3 综合一体化发展阶段	9
1.4 客运专线换乘枢纽的发展趋势	10
1.4.1 我国客运专线换乘枢纽的建设规划	10
1.4.2 客运专线换乘枢纽设计的发展趋势	10
第 2 章 铁路客运专线换乘枢纽交通设计基础	12
2.1 换乘枢纽的概念	12
2.1.1 换乘枢纽的定义	12
2.1.2 换乘枢纽的分类	12
2.1.3 换乘枢纽的功能	14
2.1.4 换乘枢纽内设施分析	15
2.1.5 换乘枢纽交通方式分析	15
2.2 换乘枢纽交通设计的内涵	17
2.2.1 换乘枢纽交通设计的本质	17
2.2.2 换乘枢纽交通设计的指导思想和理念	17
2.2.3 换乘枢纽交通设计的基本流程	18
2.3 铁路客运专线换乘枢纽交通设计的核心内容	19
2.3.1 铁路客运专线换乘枢纽交通设计的特征	19
2.3.2 铁路客运枢纽常规换乘设计方法	19
2.4 基于仿真的铁路客运专线换乘枢纽设计原则	21
2.4.1 以旅客“三维影响模式”为核心的枢纽设计原则	21
2.4.2 枢纽交通时间效益最大化原则	21

2.4.3 基于设施协调的枢纽换乘空间布局最优化原则	22
----------------------------------	----

第2篇 铁路客运专线换乘枢纽旅客集散行为理论

第3章 旅客行为 EPB 分析基础理论	25
3.1 E 环境要素的研究	25
3.2 E-B 模式的研究	26
3.3 P-B 模式的研究	26
3.4 EPB 模式的构建	27
第4章 换乘枢纽内 EPB 模式构建及相关要素分析	29
4.1 换乘枢纽内 EPB 模式构建方法	29
4.2 换乘枢纽内环境要素分析	30
4.2.1 主体环境要素分析	30
4.2.2 客体环境要素分析	31
4.3 换乘枢纽内旅客需求分析	32
4.3.1 旅客空间需求分析	32
4.3.2 旅客时间需求分析	34
第5章 枢纽内旅客行为分析	35
5.1 枢纽内旅客基本行为分析	35
5.1.1 自组织行为	35
5.1.2 寻路行为	37
5.1.3 盲从行为	38
5.2 枢纽内时间环境影响下旅客心理行为分析	38
5.2.1 客流高峰时段下的旅客行为分析	39
5.2.2 客流平峰时段下的旅客心理行为分析	39
5.2.3 紧急情况下的旅客心理行为分析	40
5.3 枢纽内空间环境影响下旅客心理行为分析	40
5.3.1 站前广场	41
5.3.2 进出站口	43
5.3.3 售票区	44
5.3.4 检票区	46
5.3.5 通道	47
5.3.6 候车区域	48
5.3.7 站台	49
5.3.8 换乘大厅	50
5.3.9 商业服务区	52
第6章 基于行为的客流流线分析技术	54
6.1 客流流线划分方法	54

6.2 换乘枢纽流线划分	55
6.3 换乘枢纽流线分析	55

第3篇 铁路客运专线换乘枢纽空间布局设计

第7章 换乘枢纽的空间交通设计	59
7.1 枢纽空间交通设计原则	59
7.1.1 人性化原则	59
7.1.2 紧凑化原则	59
7.1.3 有序化原则	59
7.1.4 安全化原则	60
7.1.5 科学化原则	60
7.2 旅客交通系统设计	60
7.2.1 客流分析	60
7.2.2 内部旅客交通系统	61
7.2.3 内外旅客交通衔接系统	62
7.3 车行交通系统设计	62
7.3.1 车流分析	62
7.3.2 内部交通设计	63
7.3.3 外部交通设计	63
7.3.4 内外交通衔接设计	64
7.4 枢纽交通衔接设计	64
7.4.1 枢纽换乘方式分析	64
7.4.2 枢纽交通衔接的综合设计	68
第8章 换乘枢纽内部设施协调技术	71
8.1 换乘设施协调的基本原则	71
8.1.1 平均步行距离最短原则	71
8.1.2 公交优先原则	72
8.1.3 “树形”布局原则	72
8.1.4 弹性原则	72
8.2 换乘枢纽设施规模协调	72
8.2.1 站前广场平面布局	72
8.2.2 进出站口规模	73
8.2.3 售票设施规模	74
8.2.4 检票设施规模	75
8.2.5 集散设施规模	77
8.2.6 候车设施规模	78
8.2.7 站台设施规模	79

8.2.8 换乘大厅规模	80
8.3 换乘枢纽设施运能协调模型	81
8.3.1 单级换乘枢纽	81
8.3.2 多级换乘枢纽	82
8.4 换乘枢纽设施综合协调模型	83
8.4.1 排队论的引入	83
8.4.2 旅客服务系统排队分析	85
8.4.3 服务设施协调模型	86

第4篇 基于仿真的枢纽交通时间效益优化

第9章 铁路客运专线枢纽设计仿真概述	91
9.1 枢纽动态仿真的基础知识	91
9.1.1 系统仿真的基本内涵	91
9.1.2 离散事件系统仿真	92
9.1.3 连续事件系统仿真	95
9.1.4 仿真在枢纽交通设计中的作用	97
9.2 铁路客运专线枢纽旅客集散仿真原理	98
9.2.1 枢纽旅客集散及仿真机理分析	98
9.2.2 枢纽客流集散仿真的实体特性	99
9.2.3 枢纽客流集散仿真的特性分析	100
9.3 国内外旅客集散微观仿真模型	102
9.3.1 移动效益模型	103
9.3.2 元胞自动机模型	104
9.3.3 引力模型	105
9.3.4 气体动力学模型	106
9.3.5 社会力模型	108
9.3.6 排队网络模型	109
第10章 铁路客运专线枢纽旅客集散仿真模型	110
10.1 模型的构建和抽象	110
10.1.1 基于多智能体的模型构建	110
10.1.2 基于网格的模型抽象	113
10.2 旅客集散模型的设计	114
10.2.1 逆向改进型A*路径选择模型	114
10.2.2 旅客移动模型	119
10.2.3 碰撞规避模型	122
10.2.4 节点选择模型	123
10.2.5 模型的算法流程	123

10.3 四元模型校验法	125
10.3.1 基本图校验	125
10.3.2 自组织校验	126
10.3.3 比较分析校验	130
10.3.4 实际比较法	130
第 11 章 铁路客运专线枢纽设计的动态仿真系统	131
11.1 系统功能划分	131
11.1.1 地图导入和图形生成系统	131
11.1.2 基础数据输入和管理系统	133
11.1.3 客流生成系统	134
11.1.4 流程和流线设计系统	135
11.1.5 智能体运动仿真引擎	135
11.1.6 服务系统仿真引擎	136
11.1.7 指标计算与数据分析系统	136
11.1.8 数据回放系统	136
11.1.9 三维展示系统	136
11.2 北京南站仿真	136
11.2.1 系统输入	137
11.2.2 仿真实验一	138
11.2.3 仿真实验二	140
11.2.4 仿真初步结果及建议	141

第 5 篇 铁路客运专线换乘枢纽交通设计评价

第 12 章 客运专线换乘枢纽交通设计评价概述	147
12.1 枢纽评价的应用类型	147
12.2 枢纽评价的对象和目的	148
12.2.1 枢纽评价的对象	148
12.2.2 枢纽评价的目标	149
12.3 枢纽交通设计评价的影响因素	150
第 13 章 客运专线换乘枢纽交通设计评价指标体系	152
13.1 评价指标体系的构建原则	152
13.2 铁路客运专线换乘枢纽交通设计评价指标体系	153
第 14 章 换乘枢纽交通设计的动态评价	161
14.1 动态评价方法的含义	161
14.2 动态评价的实施步骤	161
14.3 评价指标的取值方法	162
14.4 动态评价的分析方法	163

14.5 动态评价的优势和局限	164
14.5.1 动态评价的优势	164
14.5.2 动态评价的局限	165
参考文献	167
后记	176

第1篇

概 述

第1章 铁路客运专线换乘枢纽发展概述

第2章 铁路客运专线换乘枢纽交通设计基础

第 1 章

铁路客运专线换乘枢纽发展概述

1.1 中国铁路客运专线发展概况

1.1.1 高速化是铁路客运的发展方向

中国地域辽阔，人口众多，资源分布不均，地区经济发展不平衡，铁路长期以来一直在中国交通运输体系中起着骨干作用，是国民经济的大动脉。但是多年来中国铁路运输一直处于一种超负荷、低水平的状态，既有线的平均旅行速度在 80~100 km/h，高速线上动车组的旅行速度在 140 km/h 左右，主干线如京广线、沪宁线等繁忙线路的能力利用率早超过 100%。对于经济持续增长的中国来讲，这样的运行速度和规模显然已经不能适应生产力发展要求，加之在现代化交通工具快速发展的时期，高速公路、航空等凭借速度快的优势已成为铁路发展的竞争对象，要使得铁路在今后的发展中更具竞争力，我国铁路建设必须以高速铁路发展为目标，来适应高速发展的运输需求。

高速铁路最能吸引旅客的优势在于其速度快。目前高速列车的运行时速已达 300~500 公里，超过小汽车一倍以上，达到亚音速喷气客机的 1/3 和短途飞机的 1/2。飞机时速虽高，但旅客往返机场较费时，而高速铁路的车站大多坐落在城市中心，人们乘坐高速列车十分方便。有关资料表明，在 1 000 公里之内乘坐高速列车，比乘坐飞机消耗的总时间要少；在 1 000~1 500 公里范围内，两者所消耗的旅行总时间大致相等。从这个意义上讲，高速铁路的发展是提升我国铁路竞争地位的必要手段。

高速铁路不仅在速度上作为提高铁路竞争力的手段，运输能力上也是其他交通运输方式难以达到的。理论上高速铁路每小时双向最大的输送能力可达 48 000~72 000 人，4 车道的高速公路约为 9 800 人；2 条跑道的机场（吞吐能力）约为 12 000 人。可见高速铁路的运输能力是高速公路和民用航空等现代交通运输方式不可比拟的。

高速铁路除了速度快、运输能力大等技术优势，还具有安全系数高、能耗低、污染轻、舒适便捷等优点。高速铁路的发展适应时代发展的需要，它既能够满足国家发展建设向节约能源、绿色环保发展的要求，又能够满足现代人们对出行快速性、安全舒适性的高标准要求，可以说，高速铁路的发展是我国铁路发展的必然趋势。

1.1.2 我国客运专线的发展规划

为解决铁路运输严重的“瓶颈”制约问题，铁道部提出了铁路跨越式发展思路，制定了

《中长期铁路网发展规划》，并已于2004年1月在国务院常务会议审议通过，确定了到2020年我国铁路营业里程达到10万公里。2007年10月，国务院常务会议通过的《综合交通网长期发展规划》，把到2020年的我国铁路网规模增加到12万公里以上。2008年11月，《中长期铁路网规划（2008年调整）方案》经国家批准后颁布实施，在客运专线建设方面，维持原“四纵四横”基础骨架不变的基础上，增加了一批铁路客运专线建设项目，城际客运系统由环渤海地区、长江三角洲地区、珠江三角洲地区扩展到其他经济发达和人口稠密地区，主要建设内容如下。

1. 建设“四纵”客运专线

① 北京—上海客运专线，包括蚌埠—合肥、南京—杭州客运专线，贯通京津至长江三角洲东部沿海经济发达地区；

② 北京—武汉—广州—深圳客运专线，连接华北和华南地区；

③ 北京—沈阳—哈尔滨（大连）客运专线，包括锦州—营口客运专线，连接东北和关内地区；

④ 上海—杭州—宁波—福州—深圳客运专线，连接长江、珠江三角洲和东南沿海地区。

2. 建设“四横”客运专线

① 徐州—郑州—兰州客运专线，连接西北和华东地区；

② 杭州—南昌—长沙—贵阳—昆明客运专线，连接西南、华中和华东地区；

③ 青岛—石家庄—太原客运专线，连接华北和华东地区；

④ 南京—武汉—重庆—成都客运专线，连接西南和华东地区。

同时，建设南昌—九江、柳州—南宁、绵阳—成都—乐山、哈尔滨—齐齐哈尔、哈尔滨—牡丹江、长春—吉林、沈阳—丹东等客运专线，扩大客运专线的覆盖面。

3. 建设多个城际客运系统

由环渤海地区、长江三角洲地区、珠江三角洲地区三个城际客运系统扩展到长株潭、成渝及中原城市群、武汉城市圈、关中城镇群、海峡西岸城镇群等经济发达和人口稠密地区，覆盖沿线各中心城市和主要城镇，实现小编组、高密度公交化运输。客运专线铁路网规划图如图1-1所示。

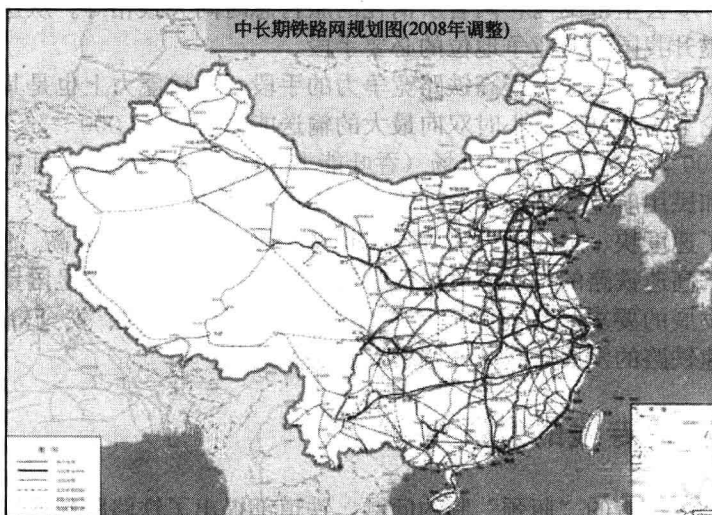


图 1-1 客运专线铁路网规划图

1.2 国外高速铁路换乘枢纽的发展情况

巴黎、伦敦、莫斯科、纽约、东京等大城市都已建成较为完善的高速铁路换乘枢纽，形成了高速铁路线路、普通铁路线路、地铁线路、公交线路等多种交通方式线路集于一身的立体交通网络。这些城市换乘枢纽的发展不仅在换乘功能方面实现了快线交通和慢线交通的转换，对外交通和对内交通的转换，机动车流、停车场和步行交通等的便捷转换，而且在枢纽人性化、功能多样化方面建立起商业中心、服务中心和娱乐中心等公共场所，能使相当一部分旅客在换乘等候时间完成购物和娱乐，减少了旅客的单纯候车时间和单纯购物出行次数，促进了客运服务的多样化，从而增加了公共交通的吸引力和客运量。以下是国内外较典型的高速铁路换乘枢纽实例。

1. 法国

法国高速铁路采取的政策是新建线与既有线改造相结合，新线与既有线相互兼容，因此，高速列车可以进入城市中心，这就促使历史悠久的火车站参与改造，既有利于城市环境的综合治理，又有利于实施多种运输方式的协调运输。

巴黎北站（见图1-2）是较具代表性的高速线引入既有车站，各种交通运输方式相协调的高速铁路换乘枢纽。巴黎北站的主大厅是一座历史性的建筑，于1865年建成。虽经多次改造，仍保持了历史风格。20世纪70年代末，修建了巴黎北站地下交通换乘中心，新的换乘中心把各种交通模式：地区快线 RER-B、RER-D 线，地铁 M4、M5 线，市郊列车、干线列车、长途汽车和出租车等联系起来。但随着高速列车“欧洲之星”的开行，车站的功能不能满足现有的客流需求，因此车站增设了新的股道和站台，增加了地下和高架换乘通道，修建了“欧洲之星”高速列车始发港及1300个车位的地下停车场。

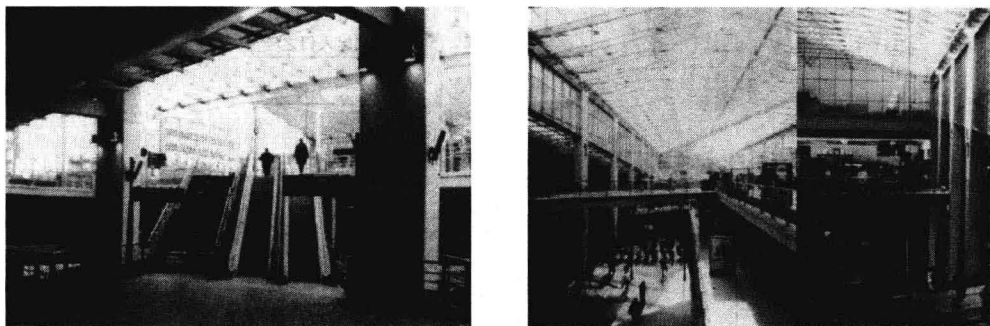


图1-2 巴黎北站

巴黎北站作为巴黎的主要火车站，除连接里尔等法国北部重要城市的 TGV Nord-Europe 线外，还停靠通往比利时、荷兰、德国北部、北欧方向的国际列车，是通往北方的门户。巴黎北站剖面图如图1-3所示。

法国巴黎拥有一个四通八达的轨道交通网络，许多地铁站与公共汽车站、商业中心、娱乐中心等组成了巨大的交通综合体，较有代表性的有巴黎德方斯新城东区。该处采用行人

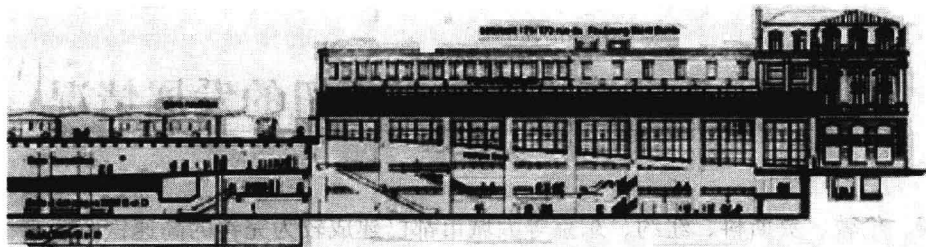


图 1-3 巴黎北站剖面图

与车辆完全分开的方法，在东区东西中轴线上，安排了三层交通通道。地面层是一块面积为 48 公顷的钢筋混凝土板块，将过境交通全部覆盖，板块上面为人行道和居民活动场所，板块下面是公路，再下面是地铁，它们均平行于城市干道。此外在与城市干道垂直的方向、在公路和地铁标高之间安排铁路，三种交通互不干扰，畅通无阻。关键节点上设置垂直交通系统，通过电梯、自动扶梯和楼梯将地下可容纳 5 400 辆汽车的四层停车场、地铁出入口和公共汽车站，与上部的三层商业文化娱乐设施联系起来。

法国拉德芳斯交通枢纽位于巴黎地区最重要的中央商务区（CBD）——拉德芳斯，拉德芳斯站是一个现代化的综合换乘枢纽，汇集了 5 种公共交通方式：地铁 1 号线、RER-A 线、有轨电车 T2 线、郊区铁路线路和多条公共汽车线路，日接待旅客能力达 50 万人次以上。拉德芳斯枢纽设计先进，巧妙地将多个车站都整合在一个 4 层的大型建筑内，旅客不用出站就可以换乘各种交通方式。2002 年，在拉德芳斯枢纽乘坐地铁 1 号线的旅客数量达 1 754 万人次，工作日旅客数量为 7.4 万人次；乘坐 RER-A 线的旅客数量达 2 972 万人，工作日为 12.2 万人；再加上其他交通方式，每天约有 40 万人次在这里换乘各种交通工具。拉德芳斯交通枢纽布局如图 1-4 所示。

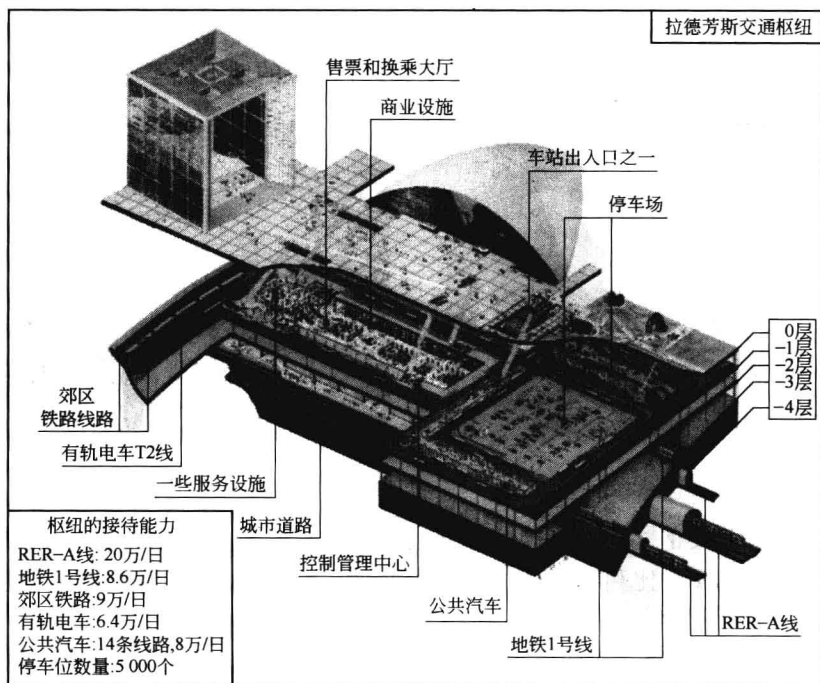


图 1-4 拉德芳斯交通枢纽布局

拉德芳斯交通枢纽作为一个大型的换乘枢纽，它体现了“零距离”、“以人为本”等换乘设计的思想理念。

2. 日本

日本九州转运中心是一个高效的城市内外交通的换乘中心。转运站内完成不同交通工具的换乘、快线交通和慢线交通的选择、市际交通和市内交通的转换等。贯穿南北的公共通道位于四层平面之上，城市地面机动交通的客流在站前地面层通过自动扶梯直达二层入口的平台广场，进入南北公共通道。市际火车站站台位于公共通道之下，通道末端通向日本高架新干线展台，室内高架轻轨线直达中心的南北公共通道的四层平台。日本九州转运中心如图1-5所示。

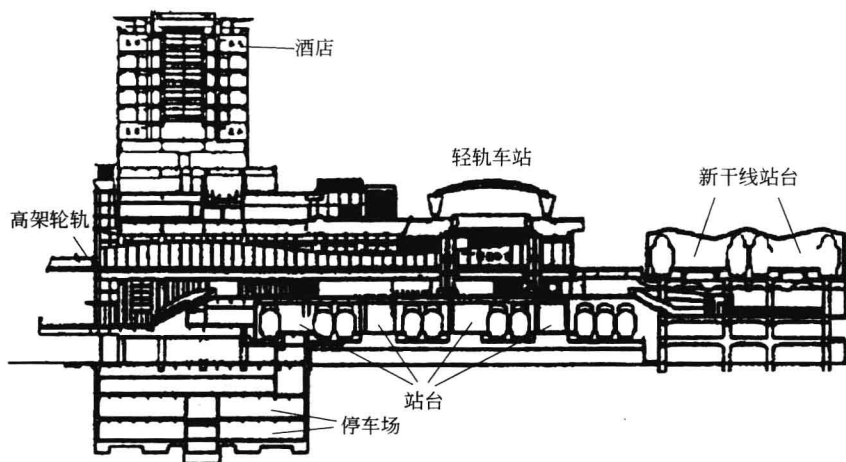


图1-5 日本九州转运中心

日本大阪在规划建设关西国际空港的同时，对奈波地区进行综合性功能开发，建设起复合型的融地铁、高架、地面交通为一体的交通枢纽 OCAT。地铁 JR 线等多线路有轨交通站点与高速公路车辆在同一空间的建筑内换乘，有轨交通间的换乘只需步行 5 分钟。建筑内除了 OCAT 设施，还开辟了步行街、购物店、饮食店、旅游服务、停车场等设施。

3. 德国

德国慕尼黑卢尔广场换乘枢纽是具有代表性的现代化轨道交通综合体，车站设于地下，共 5 层。地下第一层为商业、花坛、假山的地下街，通过自动扶梯与地面联系；地下第二层为商店货场和带有货车通道的仓库，以及高速铁路通过的检查站；第三、四层为高速铁路车站，设有停放 800 辆汽车的停车场；第五层为地下铁道、通风设施、排水设施。地面与有轨电车和公共汽车衔接，并设有一个小型自行车停车场。

Norderstedt 换乘枢纽（见图 1-6）设在 HVV 经过的北部地区，距汉堡市中心 17 km，也称为汉堡 Speckgurtel。在其周围有 70 000 户居民和 4 个行政区域。

Norderstedt 换乘枢纽的特殊之处在于为两条快速轨道交通线的连通衔接提供了便利。该枢纽是 U1 线的终点站，也是 A2 线的始发站。它们共用一个 U 字形站台。A2 线深入站台中央，U1 线分布在站台两边。在站台上 方有 5 条公交线路，以及有可容纳 2 500 辆自行车的停车场，出租车站也非常近。两个地下 P-R 停车场可容纳 800 辆小轿车。中心会堂、