

2010 年上海世博会配套工程

虹桥综合交通枢纽

施工管理丛书

SHENJIKENG GONGCHENG
SHIGONG JISHU



深基坑工程施工技术



上海建工集团股份有限公司·编著

上海科学技术出版社

2010年上海世博会配套工程

虹桥综合交通枢纽

施工管理丛书

深基坑工程施工技术



上海建工集团股份有限公司 编著

上海科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

深基坑工程施工技术/上海建工集团股份有限公司编著.

—上海:上海科学技术出版社,2012.1

(2010年上海世博会配套工程虹桥综合交通枢纽施工
管理丛书)

ISBN 978-7-5478-1000-2

I. ①深… II. ①上… III. ①基坑工程—工程施工

IV. ①TU46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 195572 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)

新华书店上海发行所经销

上海书刊印刷有限公司印刷

开本 889×1194 1/16 印张 9.5 插页 4

字数 195 千

2012 年 1 月第 1 版 2012 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-1000-2/TU·138

定价: 98.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向印刷厂联系调换

编委会

封面题字

蒋志权

主 任

徐 征

副主任

林锦胜 钱 培

委 员

(以姓氏笔画为序)

丁和建	王美华	毕炤伯	朱洁士	伍小平	刘国富	江逢朝	许月根
杜伟国	李 葳	杨志强	吴 杰	吴欣之	吴惠荣	吴德龙	邱锡宏
应志明	宋文俊	张 铭	张 晴	陈安民	陈晓明	范庆国	胡玉银
	姜向红	夏 钧	倪道明	高振锋	曹鸿新	龚 剑	梁其家

主 编

高振锋

编写人员

上海建工集团股份有限公司:	张学进	徐 敏	庄亦农	王伟良	卞耀洪
上海市第二建筑有限公司:	汪思满	张祝荣	汤颂彬	张庆福	于幼敏
上海市第四建筑有限公司:	陈宏欣	韩 旭	刘 昊	项子佳	
上海市第七建筑有限公司:	陶 金	华士辉	余华勇	朱旭东	郑 杰
	陈 军	陈 华			
上海市机械施工有限公司:	杨福林	徐宝康	徐军彪	徐 伟	周蓉峰
上海市基础工程有限公司:	吴洁妹	荀意昊			

序

根据举行 2010 年上海世博会的需要，2005 年，上海市开始重新修编虹桥机场的总体规划工作。2006 年，上海市政府批准虹桥枢纽地区的规划，并以此为基础明确了虹桥综合交通枢纽 26.34 km^2 的规划。虹桥综合交通枢纽整合了多种交通的方式，包括航空、铁路（高铁、城际）、磁浮、轨道交通、市内公共交通、长途巴士等。为了体现枢纽方便、快捷的服务，从东到西依次布置有航站楼、磁浮车站、铁路车站，然后在地下由轨道交通相连，形成枢纽的核心区域纵横交错的立体化交通。

在上海建工集团的历史上曾完成不少规模较大的群体工程，也曾分别承担浦东国际机场一期、二期工程和上海铁路南站、磁浮线路及龙阳路磁浮车站等交通枢纽工程。但将几种交通形式全部集合在一起，又高度关联，甚至交叉在一起且体量巨大，在国内外的建筑史上是绝无仅有的，上海建工集团破天荒地承担了这一国际首创的工程项目。

为此，上海建工集团面临着巨大的挑战：

挑战之一：来自工期方面。浦东机场一期、二期的实际工期大于 36 个月，虹桥机场第二航站楼工期仅为 32 个月；上海铁路南站用了 40 个月，高铁虹桥站仅为 24 个月。

挑战之二：来自施工的组织。工程有地铁、机场、高铁、磁浮、高架、道路以及河系等，采用何种组织构架，如何进行全面的布局，各种机械设备如何设置调配，等等。

挑战之三：来自界面的划分。由于业主多、设计单位多、监理单位多、参与的单位多，但全区域的管理仅为建工集团一家，如何协调各种关系，形成建设的合力。

挑战之四：来自地下工程。由于地下有 5 条地铁线进入，有两个地下车站，还有一大批商业和设备建筑，地下建筑面积达到 50 万 m^2 ，占总建筑的三分之一；最大挖深达 31 m，挖土量 620 万 m^3 ，相当于 70 多个标准地铁车站。因此，地下工程的成功是整个工程最关键的环节点。

挑战之五：来自工程质量的控制。面对如此大的工程量、如此紧的工期，如何做到质量管理体系的正常运转、工程质量的全面受控、工程质量的高标准，关系到工程的百年大计。

.....

面对众多的挑战，上海建工集团发挥整体优势，积极探索总承包管理，组织人员进行攻关，克服一个又一个的困难，创造了建筑史上的新纪录。据不完全统计，在建设期内，上海建工集团共投入各类吊装机械 100 多台，盾构机 6 台，高峰期间的劳动力近 2 万人；共完成桩基工程 2 万余根，地下连续墙 7 124 m，重力坝 6 289 m，挖土量 620 万 m³，混凝土近 300 万 m³，钢结构近 15 万 t；与此同时，完成了《上海虹桥综合交通枢纽地下工程关键技术研究——基坑围护工程关键施工技术研究》等 10 余项科技成果，共计获得专利 34 项，拥有一大批自主创新的科技成果。

上海虹桥综合交通枢纽的建设成果集中反映了该工程总承包管理以统揽全局的视野做好工程的前期策划工作，以工程总工期为目标、科学合理安排好工序和工程搭接，以工程质量为目标、严格苛求的质量标准，以实事求是、不断创新的态度在科技上取得突破的理念，这些成果的总结提炼将为我国建筑施工行业提供新的成功案例，是上海建工集团坚持科技创新的又一丰硕成果。《2010 年上海世博会配套工程虹桥综合交通枢纽施工管理丛书》的编辑出版，凝聚了上海建工集团广大技术人员和管理干部的智慧 and 心血，将对提高我国建筑企业总承包的能力，不断推进技术进步，作出积极的贡献。



前言

虹桥综合交通枢纽核心区基坑占地面积（含放坡范围）达 59 万 m^2 ，最大开挖深度 31 m，挖土总量 620 万 m^3 。核心区基坑工程是最能体现虹桥综合交通枢纽特色的工程之一，是整个枢纽工程能否成功完成的基础。虽然虹桥综合交通枢纽核心区上部工程分为航站楼、东交通中心、磁浮虹桥站、高铁站房、西交通中心及延伸段等众多工程，但是东西长约 1 500 m、南北最宽约 700 m 的基坑工程却是一个整体工程。尽管因各单体开工时间的不同而不得不将基坑进行隔断，但在基坑实施过程中为满足枢纽工程的工期要求，又需将各相邻的基坑合二为一，同步实施。因此，虹桥综合交通枢纽核心区基坑是一个由若干相对独立又有机结合的分区构成的超级大的深基坑工程，这在某种程度上又增加了工程的难度。面对如此复杂的深基坑工程，基坑方案的确定是工程能否顺利完成的前提，同时必须合理地进行界面划分，精心组织施工流程。

在各参建单位的共同努力下，通过在深基坑工程实施中的不断探索和改进，虹桥综合交通枢纽核心区深基坑工程得以顺利完成，并总结出了大量的施工经验。本书以虹桥综合交通枢纽深基坑工程的实施过程为主线，优选了较有借鉴意义和代表性的基坑方案的确定、实施过程的控制、工程的实施效果进行了详细介绍，对工程实施过程中的关键技术分别进行了叙述。全书共分 7 章，第 1 章围绕地下工程对工程的特点和地质情况进行介绍；第 2 章对基坑工程实施中可能遇到的问题进行了系统的分析；第 3 章围绕基坑围护形式的选择，介绍了技术路线的确定过程；第 4 章介绍了基于总体技术路线基础上的工程实施部署情况以及施工界面的划分；第 5 章介绍了施工过程中的主要控制措施；第 6 章通过

工程测试和监测资料介绍了工程实施的效果；第7章为工程实施纪实。书中涉及的插图和照片等均属于工程实施过程中的真实资料，图文并茂地介绍了工程的实施全过程。

本书的出版得到了铁道部、上海虹桥综合交通枢纽建设指挥部、上海机场建设指挥部、上海机场（集团）有限公司、上海铁路局、华东建筑设计研究院、铁道第三勘察设计院集团有限公司、上海市工程设计研究总院等单位的大力支持与多方帮助，在此表示深深的谢意！ 特别感谢铁道部郑健、上海机场建设指挥部王其龙、唐洁耀等领导对我们的长期关心和指导。

本书希望能够总结虹桥综合交通枢纽深基坑工程的施工管理经验，力求将深基坑施工管理的宝贵经验如实呈现给读者，但限于编者水平有限，难免挂一漏万，忽略更多值得加重笔墨的地方，疏漏与错误之处还望广大读者不吝赐教。本书中涉及的许多技术和经验对类似工程的实施、深基坑工程的研究、大型枢纽工程的建设都具有非常广泛的指导意义，可以作为大型基坑工程实施的参考资料。

编 者

2011年8月

目录

第1章 工程概况	1
1.1 虹桥综合交通枢纽工程概况	2
1.2 枢纽核心区建筑物总体布局	2
1.2.1 核心区垂直向建筑布局	3
1.2.2 核心区水平向建筑布局	3
1.3 核心区地下工程概况	4
1.3.1 航站楼工程	5
1.3.2 东交通中心工程	5
1.3.3 磁浮虹桥站工程	5
1.3.4 京沪高速铁路上海虹桥站工程	7
1.3.5 西交通中心及延伸段工程	7
1.3.6 中央轴线公共配套地下空间工程	8
1.4 结构外形及埋深概况	8
1.5 地质条件概况	9
1.5.1 工程地质概况	9
1.5.2 水文地质概况	10
第2章 基坑与围护工程分析	13
2.1 工程建设周边环境分析	14
2.1.1 原场地的基本情况	14
2.1.2 原有路网情况	14
2.1.3 市政配套情况	15
2.1.4 河道及桥梁情况	15
2.1.5 场平完成后概况	15
2.2 地下障碍物的分析	16
2.3 工程的基本特点	17
2.3.1 工程体量大、参建单位多	17

2.3.2	工程实施技术难度大	17
2.3.3	基坑分级多、边界复杂	17
2.3.4	各种工序交叉施工,施工协调难度大	18
2.3.5	工况复杂、实施风险比较大	18
2.3.6	工期紧迫	18
2.4	钻孔灌注桩工程分析	18
2.4.1	工程桩体量大、成孔深	18
2.4.2	超长钻孔桩桩端注浆难度大	19
2.4.3	大规模超深扩底桩实施难度大	19
2.4.4	大量工具式格构柱施工控制难	19
2.4.5	分项工序多,并同时或交叉施工	19
2.5	地下连续墙工程分析	20
2.5.1	工程体量大、墙体形式多样	20
2.5.2	超落深地下连续墙施工控制难度大	20
2.5.3	大体量落深地下连续墙注浆施工难度大	20
2.5.4	分项工序多,并同时或交叉施工	20

第3章 主要技术路线的确定 21

3.1	大面积卸载的实施	22
3.2	基坑围护方案的总体构想	23
3.2.1	航站楼基坑围护形式构想	23
3.2.2	开挖较深部位主体基坑围护形式构想	25
3.3	基坑围护方案的确定	28
3.3.1	航站楼工程基坑围护方案	28
3.3.2	东交磁浮区基坑围护方案	28
3.3.3	高铁站房区基坑围护方案	29
3.3.4	西交通中心及延伸段基坑围护方案	32
3.3.5	中央轴线公共配套地下空间工程基坑围护方案	36

3.4 基坑工程施工流程的确定	37
第4章 基坑工程实施的总体布局	39
4.1 工程桩施工的总体部署	40
4.2 地下连续墙施工总体部署	41
4.3 重力坝与坑内加固施工的总体部署	42
4.4 基坑降水施工的总体部署	42
4.5 土方开挖实施的总体部署	43
4.6 基坑工程施工交界面的处理	45
4.6.1 航站楼与东交通中心交界面的处理	46
4.6.2 磁浮虹桥站与高铁站房交界面的处理	47
4.6.3 高铁站房与西交通中心交界面的处理	49
4.6.4 西交通中心与延伸段基坑交界面处理	52
4.6.5 西交通中心延伸段与中央轴线地下空间工程交界面处理	52
第5章 基坑工程实施过程控制	55
5.1 地下障碍物的清除	56
5.1.1 清障范围的确定	56
5.1.2 障碍物的清除	56
5.2 工程桩的施工	57
5.2.1 工程桩概况	57
5.2.2 超长钻孔桩施工控制	58
5.2.3 桩端注浆的施工控制	59
5.2.4 格构柱桩的施工控制	60
5.2.5 扩底桩的施工控制	60
5.3 地下连续墙的施工	62
5.3.1 地下连续墙概况	62

5.3.2	地下连续墙施工工艺	64
5.3.3	超深地下连续墙的垂直度控制	65
5.3.4	不同类型地下连续墙的交界面处理	66
5.3.5	落深地下连续墙空腔部分的处理	66
5.3.6	墙趾和墙后注浆施工的控制	67
5.4	边坡与重力坝施工	68
5.5	支撑及栈桥系统	68
5.6	基坑降水实施与控制	69
5.6.1	抽水试验	70
5.6.2	航站楼区基坑降水的实施	71
5.6.3	东交磁浮区基坑降水的实施	73
5.6.4	高铁站房区基坑降水的实施	75
5.6.5	西交通中心及延伸段基坑降水的实施	76
5.6.6	中央轴线公共配套地下空间工程基坑降水的实施	77
5.7	土方开挖的实施与控制	77
5.7.1	航站楼土方开挖	77
5.7.2	东交磁浮区土方开挖	80
5.7.3	高铁站房区土方开挖	82
5.7.4	西交通中心及延伸段土方开挖	85
5.7.5	中央轴线公共配套地下空间工程土方开挖	88

第6章 工程实施的效果 91

6.1	工程桩检测成果分析	92
6.1.1	航站楼 PHC 管桩检测	92
6.1.2	航站楼钻孔桩检测	92
6.1.3	东交通中心区钻孔桩检测	92
6.1.4	磁浮虹桥站区钻孔桩检测	92

6.1.5	高铁站房区钻孔桩检测	92
6.1.6	西交通中心钻孔桩检测	93
6.1.7	中央轴线公共配套工程钻孔桩检测	93
6.2	地下连续墙墙体质量检测成果	93
6.2.1	东交磁浮区检测成果	93
6.2.2	高铁、西交及延伸段区检测成果	93
6.2.3	中央轴线公共配套地下空间工程检测成果	93
6.3	航站楼工程钢板桩围护实施效果	94
6.3.1	围护结构顶部变形监测点垂直位移监测	94
6.3.2	围护结构顶部变形监测点平面位移监测	94
6.3.3	坑外土体侧向位移监测	94
6.3.4	拉锚钢筋受力监测	95
6.4	基坑边坡稳定实施效果	96
6.4.1	东交磁浮区边坡稳定实施效果	96
6.4.2	高铁、西交及延伸段区边坡稳定实施效果	98
6.4.3	中央轴线公共配套地下空间工程边坡稳定实施效果	101
6.5	重力坝围护实施效果	102
6.5.1	东交磁浮区重力坝监测成果	102
6.5.2	高铁、西交及延伸段区重力坝监测成果	104
6.5.3	中央轴线公共配套地下空间工程重力坝监测成果	107
6.6	地下连续墙变形监测成果	107
6.6.1	东交磁浮区地下连续墙监测成果	107
6.6.2	高铁、西交及延伸段区地下连续墙监测成果	108
6.6.3	中央轴线公共配套地下空间工程连续墙监测	110
6.7	周边地面沉降控制实施效果	110
6.8	坑底隆起控制实施效果	111

第7章 工程实施纪实	115
7.1 工程桩施工	118
7.2 围护体及加固施工	119
7.3 土方开挖及支撑施工	122
后记	134

第1章

工程概况

虹桥综合交通枢纽工程概况

枢纽核心区建筑物总体布局

核心区地下工程概况

结构外形及埋深概况

地质条件概况

1.1 虹桥综合交通枢纽工程概况

上海虹桥综合交通枢纽位于现有虹桥机场的西面,西至华翔路,北起北翟路、北青公路,南至沪青平高速公路,规划总用地面积 26.26 km²。枢纽涵盖航空港、高铁、城际铁路、磁浮、城市轨道交通、公交车、出租车等多种交通方式,将建成集轨、路、空三位一体的日旅客吞吐量在 110 万人次的超大型、世界级交通枢纽。

枢纽内各交通主体的平面布局由东向西依次为:虹桥机场 2 号航站楼(以下简称航站楼)、东交通中心、地铁虹桥东站、磁浮虹桥站、地铁虹桥西站、京沪高铁上海虹桥站、西交通中心及延伸段、中央轴线公共配套工程等,地铁轨道交通由东向西从地下穿越整个交通枢纽,在枢纽内设置地铁虹桥东站、地铁虹桥西站两个车站。虹桥综合交通枢纽工程平面示意图如图 1-1 所示。

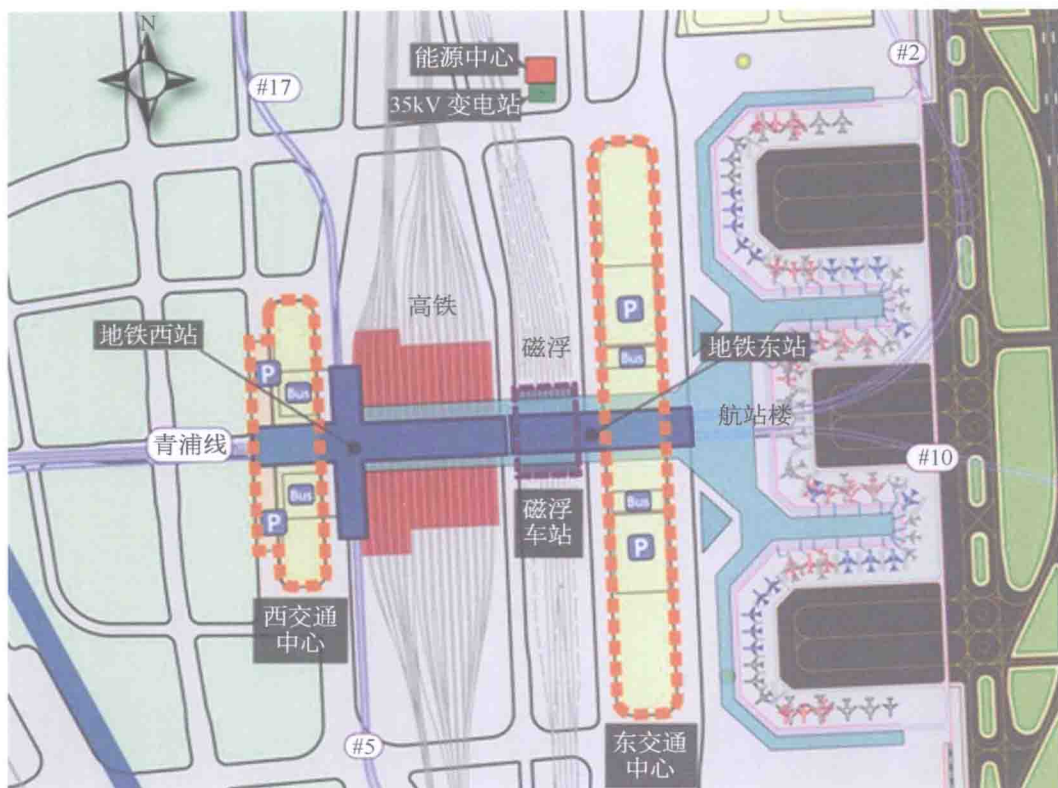


图 1-1 虹桥综合交通枢纽工程平面示意图

1.2 枢纽核心区建筑物总体布局

枢纽核心区规划建筑南北最宽约 1 110 m,东西长约 2 050 m,占地面积约 13.4 km²,总建筑面积达 150 万 m²,其中地下建筑面积 50 万 m²。

虹桥综合交通枢纽之所以称为枢纽,就是因其特性体现为:不同交通方式之间大量的中转换乘,如机场—磁浮、机场—铁路、磁浮—铁路,以及以上各类与地铁、长途、公交、出租车、社会车辆等 64 种可能的连接,56 种换乘模式,每天处理近 110 万人次旅客吞吐量,64 000 人次换乘转运量。

枢纽地下一层为换乘大通道及高铁到达层、地铁站厅层,地面层为机场到达层和磁浮、高