



“十三五”国家重点图书出版规划项目

中国隧道及地下工程修建关键技术研究书系

大型地下空间工程 建造关键技术研究

Daxing Dixia Kongjian Gongcheng Jianzao Guanjian Jishu Yanjiu

刘卡丁

主编

深圳市益田村地下停车库概况

深基坑控制泄排水抗浮机理研究

环板支撑半逆作法深基坑综合研究

泄水反滤层施工工法研究

控制泄排水抗浮风险管理研究

绿色施工与环境可持续发展研究



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.



“十三五”国家重点图书出版规划项目

中国隧道及地下工程修建关键技术研究书系

大型地下空间工程 建造关键技术研究

Daxing Dixia Kongjian Gongcheng Jianzao Guanjian Jishu Yanjiu

刘卡丁



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书以深圳市益田中心广场地下停车库为项目依托,对地下超大型空间工程建造关键技术进行创新性地研究,包括深基坑控制泄排水抗浮机理研究、控制泄排水抗浮机理数值分析、工程设计及施工概述,并对环板支撑半逆作法、泄水反滤层施工工法进行深入研究,旨在实现控制泄排水抗浮风险管理、绿色施工与环境可持续发展等工程目标。

本书是作者对地下超大型空间问题多年的思考和总结,能够为读者展示一种全新的思考方式和思维模式。其既可以作为工程管理、项目管理、地下工程专业的本科生和研究生的教材和参考书,也可以作为各级政府和企事业单位从事工程管理、项目管理和财务管理工作的相关人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

大型地下空间工程建造关键技术研究 / 刘卡丁主编.

— 北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.4

ISBN 978-7-114-13740-2

I. ①大… II. ①刘… III. ①地下工程—工程技术—研究 IV. ①TU94

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 069193 号

书 名:大型地下空间工程建造关键技术研究

著 作 者:刘卡丁

责任编辑:李 坤

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京盛通印刷股份有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:13.75

字 数:267千

版 次:2017年4月 第1版

印 次:2017年4月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-13740-2

定 价:68.00元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本公司负责调换)



地下停车库屋顶花园全景



建成后的地下停车库屋顶花园采光井



建成后的地下停车库屋顶花园一角



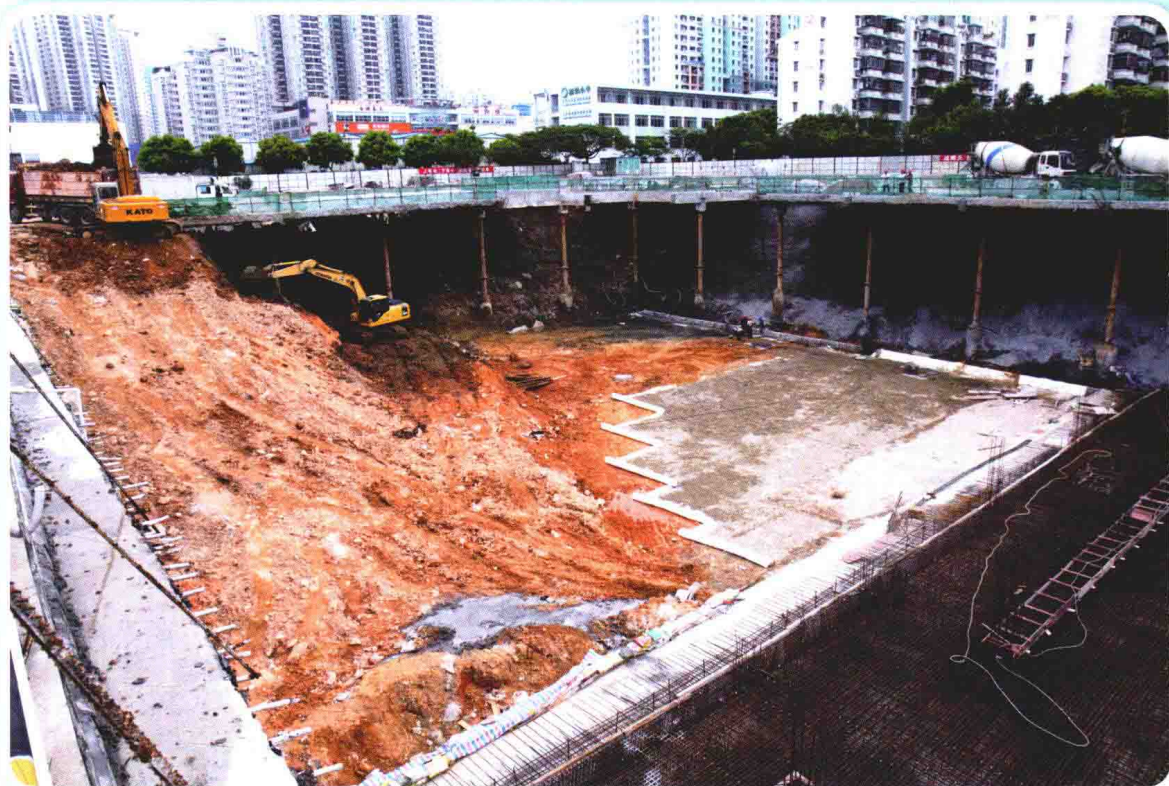
地下停车库屋顶游泳池



建成后的地下停车库



水处理循环过滤系统全景



环板支护下的基坑开挖



环板逆筑法支撑体系全景



环板支护下的主体结构施工全景



环板支护下的主体结构施工近景



本书编写人员

编委会主任：杨少林

编委会副主任：刘卡丁 骆汉宾 徐向明 肖世雄 张建华
张中安 李 勇

主 编：刘卡丁

副 主 编：张中安 覃亚伟 周 勇 刘国楠 皮月秋
李小青

参 编：（按姓氏笔画排序）

于德涌 王建明 叶 冲 毕翔宇 刘鲜艳
孙 波 孙钟秀 陈 智 陈 睿 李 广
李 腾 李平安 李炜明 李新国 杨 航
肖星球 张 波 张培胜 张 翼 周 诚
庞小朝 罗 星 罗晓明 胡卯阳 钟建国
郭桃明 顾问天 徐起万 莫志刚 袁 珏
崔 强 黄双胜 黄传兵 黄保宁 黄晓忠
蒋进波 彭 耀 曾 臻

本书编写单位

深圳地铁集团有限公司

华中科技大学

中国铁道科学研究院

深圳星蓝德工程顾问有限公司

中铁一局集团有限公司

序

我国在大力发展经济的同时应重视生态环境的保护,工程建设中应提倡多用智慧、少用资源。深圳市益田村地下停车库工程就是一个安全优质、低碳环保、节能减耗、节省投资、缩短工期的绿色建筑经典案例。

深圳市益田村停车库是地下两层钢筋混凝土结构,总建筑面积为 5.8 万 m^2 ,拥有 1500 个停车位。该地下工程是集无撑、无锚、无抗拔桩、无变形缝、环板逆筑、叠合结构、混凝土自防水于一体的成功案例。工程结算总造价为 3.1 亿元,比“可行性研究报告”中的预算节省 9500 万元,节省工期 10 个月,创造了很好的社会效益和经济效益。

杨少林时任深圳地铁三号线投资有限公司总经理,刘卡丁任总工程师,他们带领的建设团队以高度的社会责任感和敬业精神、优秀的职业操守和精湛的技术,为青年工程师树立了榜样,同时为我国地下工程界带来了上述经典之作。

本书通过对深圳市益田村地下停车库工程案例的分析,深入浅出地讲述了该工程的设计思想、技术理论和施工工艺,为相关领域的学术研究、技术传承和应用推广提供了非常有价值的参考。

特将本书推荐给遵循自然规律的年轻工程师、科研人员及专家学者。

中国工程院院士

刘仲钢

前 言

城市地下空间的综合开发利用已成为世界城市发展的共同选择,大型和超大型地下结构如雨后春笋般不断涌现,但是随之而来的是大型地下结构抗浮安全问题。传统被动式抗浮方法工艺复杂、投资大,并且存在众多技术难题,例如地下结构的耐久性和抗疲劳等方面的技术问题。因此,寻找新的绿色的抗浮方法已成为大型地下空间开发与利用亟待解决的重要课题。本书针对地下结构新的抗浮方法——泄排水抗浮方法,对其抗浮机理与抗浮理论分析计算体系、环板支撑半逆作法深基坑设计及施工、工程风险与质量控制、绿色施工与环境可持续发展等关键技术问题进行了系统研究。

本书前两章以深圳市益田村中心广场建设为项目背景,通过工期、全寿命周期费用等7个方面,系统全面地对比较常见的抗浮方法的特点,以及基于泄排水抗浮的机理进行深入分析探讨,总结出泄排水抗浮是一种节材、节能的绿色抗浮工艺和方法,并指出了该方法一般适用于弱透水层场地。

第3章通过泄排水减压机理研究并结合工程特点,确定了泄排水抗浮的主要设计参数为基础底部孔隙水压力水头等4个参数;基于地下水渗流理论,建立了泄排水抗浮渗流计算有限元模型;通过多种工况的渗流分析计算,优化确定了该工程的抗浮设计参数控制范围和设计值,并重点对抗浮设计中的两个关键问题(反滤层的设计和输排水系统水头损失)进行了深入探讨。

第4章根据中铁二院关于深圳市益田村中心广场地下停车库工程地质及水文地质详细勘察报告,进行泄排水抗浮设计及方案比选。通过益田基坑施工过程概述,提出益田基坑开挖施工原则、施工方案及基坑开挖应急措施。

第5章基于环板支撑半逆作法对土方开挖及盖挖逆作法施工过程进行概述,并通过益田项目对“半逆作”无撑无锚环板支撑体系的应用及施工工艺进行阐述。

第6章对泄水反滤层机理、施工工法及质量与安全控制进行了深入阐述。

第7章和第8章基于工程风险管理基本理论,提出了泄排水抗浮风险管理流程框架。通过有限元计算分析,识别和确定了泄排水抗浮失效风险指标;基于所建立的泄排水抗浮系统失效的故障树建模分析,找出了导致泄排水抗浮失效的所有可能的故障模式和发生的概率;根据重要度分析结果制定出了抗浮风险的控制对策,并对项目相关数据监测与管理进行

工程实施效果实现与验证。

第9章分析了本项目的绿色施工与环境可持续发展特点,总结和提出了绿色施工的特点及应用价值,并通过对益田项目的无撑无锚节材减排、无抗拔桩节能节排及水资源综合利用,树立起践行绿色施工,力求节能减排,实现和谐发展的意识。

本书对地下结构泄排水抗浮方法的研究成果具有一定的理论意义和工程应用价值,可以为类似大型地下工程建设提供参考。

刘卡丁

目 录

第 1 章 地下超大型空间研究的背景、意义和主要技术路线	1
1.1 地下超大型空间技术研究的背景	1
1.2 地下结构抗浮技术研究现状	2
1.3 地下空间开挖与支护技术研究现状	7
1.4 本项目研究的主要内容和技術路线	10
第 2 章 深基坑控制泄排水抗浮机理研究	12
2.1 工程概况和周边环境	12
2.2 抗浮机理研究	13
2.3 常用抗浮方法研究	17
2.4 抗浮方案比较及选用	24
第 3 章 控制泄排水抗浮机理数值分析	27
3.1 车库运营期地下水泄水量和环境影响分析	27
3.2 反滤层的设计和输排水系统水头损失	44
3.3 结论	48
第 4 章 工程设计及施工概述	49
4.1 工程地质和水文地质	49
4.2 控制泄排水抗浮设计	54
4.3 益田基坑施工概述	60
第 5 章 环板支撑半逆作法深基坑综合研究	64
5.1 半逆作法概述	64
5.2 土方开挖及盖挖逆作法施工	74
5.3 益田项目“半逆作”无撑无锚环板支撑体系的应用	78
5.4 “半逆作”环板支撑体系施工工艺	85
5.5 施工照片	107

第6章 泄水反滤层施工工法研究	111
6.1 泄水反滤层施工特点	111
6.2 关键控制点和施工流程	115
6.3 机械设备	124
6.4 质量保证措施	125
6.5 施工安全措施	125
6.6 施工照片	127
第7章 控制泄排水抗浮风险管理研究	129
7.1 研究背景和主要内容	129
7.2 基坑工程风险管理概论	130
7.3 益田中心广场地下停车库建设全过程风险管理	134
第8章 工程实施效果	163
8.1 监测的主要目的	163
8.2 监测仪器、监测点布置图和控制值	163
8.3 监测工程的具体方法	167
8.4 监测数据管理和反馈	173
8.5 监测数据	174
第9章 绿色施工与环境可持续发展	179
9.1 绿色施工概述	179
9.2 绿色施工理论	181
9.3 益田项目可持续措施	187
9.4 施工照片	199
参考文献	201

第1章 地下超大型空间研究的背景、意义和主要技术路线

1.1 地下超大型空间技术研究的背景

随着我国城市化进程的加快,城市土地资源日趋紧张,交通日益拥挤。进入21世纪,我国许多城市,特别是大中城市,为充分利用地下空间,开始大量建设地铁、地下通道、地下商场等地下结构。城市地下空间开发利用已经成为提高城市容量、缓解城市交通拥挤、改善城市环境的重要手段,也逐渐成为建设资源节约型、环境友好型城市的重要途径。

大型城市地下综合体的特点是项目多、规模大、水平高。许多城市结合地铁建设、城市改造和新区建设,建设了规模宏大、功能齐全、体系完整的地下综合体,如北京中关村、北京南站、奥运中心区,上海世博园区、五角场,广州珠江新城,杭州钱江新城波浪文化城等。这些项目规模都在10万 m^2 以上,开发层数为3~4层,集交通、市政、商业于一体,内部环境优越,地上地下协调一致。

当前,我国政府提出了建设资源节约型、环境友好型社会的要求,城市地下空间开发利用越来越被重视。根据国务院已批复的《深圳市城市总体规划(2010—2020)》和深圳市已编制的《深圳市地下空间资源规划》,到2020年,深圳市实现规划新建项目地下化的比例为10%~15%;到2050年,深圳市实现规划新建项目地下化的比例达到20%以上。到2020年,我国不仅将成为世界城市地下空间开发利用的大国,也将成为世界城市地下空间开发利用的强国。

总之,地下空间的开发利用日渐成为城市发展的主要方向之一,大型的地下停车库、地下商业城、地下枢纽工程也越来越多。

受各方面因素的影响,部分地下结构工程在规划设计时没有考虑地面结构或上部荷载较小,使得其结构抗浮问题特别突出。如何在较小的投资下解决结构抗浮问题,又能减少对周边环境的影响,是大力发展地下空间必须面对的重要问题之一。同时,传统施工的多层地下室或地下结构的方法,一般是在建筑密集地区采用支护结构,但对于深度大的多层地下室或地下结构,用上述传统施工方法进行施工,存在一系列的问题。目前,大部