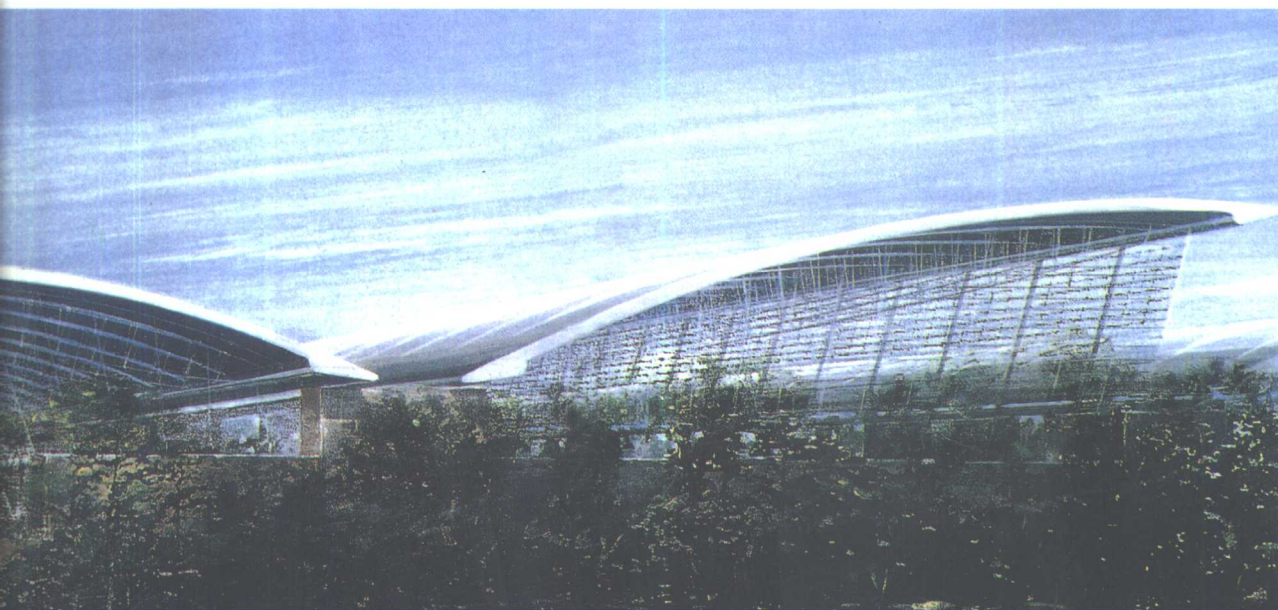


浦东国际机场建设

——场道地基



浦东国际机场
建设指挥部

吴祥明 主编

上海科学技术出版社

浦东国际机场建设

—— 场 道 地 基

浦东国际机场建设指挥部

吴祥明 主编

上海科学技术出版社

浦东国际机场建设

——场道地基

浦东国际机场建设指挥部

吴祥明 主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

新华书店上海发行所经销 上海市印刷三厂印刷

开本 889×1194 1/16 印张 24 插页 4 字数 372 000

1999 年 9 月第 1 版 1999 年 9 月第 1 次印刷

印数 1—2 000

ISBN 7-5323-5261-7/TU·159

定价: 100.00 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

本书对浦东国际机场场道地基处理的有关试验、设计、施工及监理等各方面的有关资料进行了系统的总结和分析。全书共分为 12 章,主要介绍了浦东国际机场场道地基处理的大型试验;场道地基处理方案的决策过程;场道区工程地质情况;强夯法施工的要点和施工工艺的优化过程;研究分析了地基处理的对比试验;对强夯试验和排水板堆载预压试验的实测与计算结果的对比分析。

本书可供从事机场建设和管理的工程技术人员参考,亦可供道路与交通工程、机场建筑、工程勘察及岩土工程等相关专业的大专院校师生参考。

主 编

吴 祥 明

副 主 编

薛松涛 刘武君 陈 镕

编 写 人 员

(以姓氏笔画为序)

尹承林	王晓勇	吕新立	张 捷	张志良	陈 军
陈竹昌	陈建锋	林 晨	洪少枝	殷树良	秦灿灿
秦 岭	彭 惠	谢 强			

序

浦东国际机场一期工程,历时4年有余。我们坚信科学技术是第一生产力,以系统工程的思想组织工程,严格遵守基建程序,坚持走可持续发展的道路,认真学习,不断探索,积极实践,从而使浦东国际机场的规划、设计和建设在不断的研究与实践中前进。

一、建设浦东国际机场是上海经济和社会发展的需要

1990年4月,党中央、国务院作出“开发浦东、开放浦东”的战略决策。1992年6月,党的第十四次全国代表大会又进一步指出:“以上海浦东开发开放为龙头,进一步开放长江沿岸城市,尽快把上海建成国际经济、金融、贸易中心之一,带动长江三角洲和整个长江流域地区经济的新飞跃”,从而确立了上海未来发展的“一个龙头、三个中心”的宏伟目标。从现代世界经济的逐步开放和国际化的经济活动规律可知,一个现代化的经济、金融、贸易中心城市,同时也必须是一个国际航运中心城市。国际航运中心与“三个中心”是紧密联系、相互依存、相辅相成的。

拥有国际枢纽航空港是国际经济和航运中心城市的重要标志,并已成为世界一些主要城市角逐的目标。亚太地区的新加坡、吉隆坡、香港、高雄、东京、汉城等城市都已意识到这一重要性,已建或正在抓紧建设大型国际机场,并对上海形成合围之势。中央的决定,客观上提出了要尽快建设一座与上海经济和社会发展相适应、与上海在全国经济中的地位相匹配的现代化国际枢纽机场,以加速航运中心的建设。为此,上海须竞争成为亚太地区的国际枢纽航空港。

上海要竞争亚太地区枢纽航空港的地位是完全可行的。上海地处亚欧美大三角的一极,由于纬度较高,大型客机可以直飞美国东海岸和

欧洲主要城市;而且上海处于亚太地区的中心位置,与亚洲各主要城市的航程均在 2~5 h,有得天独厚的地理优势;作为国内最大的经济中心城市,上海位于中国沿海经济带和长江流域经济带的“T”字形结合部,腹地广阔,战略地位重要;上海的机场也是国内的航空枢纽和主要的门户机场之一。据此,上海市委、市政府作出了“完善虹桥、加快浦东”的决策,决定尽快建设上海浦东国际机场。

根据市领导确定的“一次规划、分期实施、滚动发展”的原则,浦东国际机场建设指挥部 1995 年 5 月正式成立,一期工程于 1997 年全面展开。

二、做好项目的前期规划,是确保工程建设成功的关键

机场如同一座中小城市,合理规划、及早构思不仅对工程建设有利,更重要的是能充分利用资源,为日后的持续发展和生产运营打下良好的基础。由于缺乏远见、规划立意不高而造成项目建设工作被动,甚至失败的例子屡见不鲜。

机场建设之初,首先要确定机场的定位。按国际上枢纽机场的规划水平和上海的经济及社会发展预测,上海在 21 世纪完全可以达到客运 8 000 万~10 000 万人次/a、货运 500 万 t/a 的吞吐量,因此,确定浦东国际机场按国际枢纽机场的规模来建设。经过进一步测算,确定浦东国际机场应有两主两副 4 条跑道、客运航站楼建筑面积约 100 万 m^2 、货运站用地约 200 万~250 万 m^2 ,机场占地约 32 km^2 。

飞行空域是机场规划中需要协调的另一个前提条件。为保证机场的顺利运行,必须要有足够的空域,相邻的机场与其间隔应在 30~35 km 以上。上海地区原有四个机场(虹桥、江湾、大场、龙华),囿于虹桥国际机场扩建的条件非常困难的实际情况,从城市总体规划的角度考虑,浦东国际机场应该、也只能选址于东海之滨。根据现有的空域状况,必须对原空域进行调整,使浦东国际机场的功能得到充分发挥。经中共中央和中央军委批准,江湾机场迁至崇明,保证了浦东国际机场所

需要的空域。

浦东国际机场筹建之初,我们从可持续发展的角度进行了系统的研究。机场对周围环境有许多特殊的要求:除必须要有良好的净空条件外,机场运营以后,噪声、净空和电磁环境的控制等方面,对周边一定范围内的土地使用还有很多限制。如不能合理控制,将来就会反过来限制机场的发展。悉尼国际机场的扩建计划,就是因为没有控制好周围噪声影响了地区发展,受到当地居民的抵制而流产的。

避免鸟类活动对飞行产生影响,是浦东国际机场面临的一个特别问题。浦东国际机场沿海滩涂是一部分候鸟过境的场所。选址时,我们面临着两种选择。一部分专家提议,为了避让候鸟,建议将选址迁至远东大道西侧。若按此方案决策,将把原川沙和南汇两座县城连同周围地区包含在机场的噪声影响区域内,严重影响这两座城镇居民的日常生产与生活,并使其今后的发展受到严重限制,产生更为严重的生态问题。为解决这个问题,经过一系列的综合研究,我们选择了另一种工作难度更大的方案:东侧海滩围海促淤造地 18 km^2 ,破坏吸引鸟类的生态环境,“驱”走鸟类;同时,充分利用所围土地,将机场东移 700 m ,由此,少占用机场西侧农田 5.6 km^2 ,还少动迁居民 $5\ 000$ 户。为补偿因此造成的对生态环境的影响,我们委托华东师范大学展开研究,确定在东距机场 11 km 的长江口第三代沙洲——九段沙上种植芦苇和互花米草,加强固沙,促进淤积,创造更好的鸟类生态环境,以“吸引”鸟类。3年来,我们在九段沙造出了一个非常好的适合鸟类的生存环境,效果显著。“驱引结合”,圆满解决了鸟类影响飞行安全的问题,完成了完整的生态环境研究,做到工程建设与环境保护相协调。场址东移、围海造地比征用同面积土地可节省 20 亿元,既获得良好的经济效益,大大降低了机场建设成本,又为后阶段机场建设和航空城的开发创造了极好的条件。

为了更好地实现人与自然的完美结合,我们在滨海盐碱土壤的条

件下,利用科技手段,成功地种植了 80 余种树木和全梢毛竹,全部用植物造景、大树群植景观一次成形,还在密实度达 90% 的人工压实的碱性土上,成功地大面积播种白花三叶草。经统计,机场一期工程完成的同时,共种植乔灌木 140 余万株,绿化面积 332 万 m^2 ,绿化率达到 31.3%。

三、机场的竖向设计

机场对排水的要求很高,为保证机场安全、稳定地运行,跑道的道面标高不得低于最高洪水水位,场地地下水位要求在跑道结构层面之下 1m 以上。如按常规的设计思路,要达到如此标高要求,至少要在全机场范围内填土 1~1.5m 高,这意味着要从场外搬运砂土 3 000 万~4 000 万 m^3 ,这是极其困难的。不仅代价太大,而且很难组织实施。为此,我们组织水利和城市建设专家进行研究,规划建造了环绕机场的围场河,将机场与周围的农田水系隔断,利用长江口巨大的潮差建造泵闸结合的独立二级排水系统。围场河常水位标高控制在 2.35 m 左右,使整个机场的地下水位降低了 1 m。这个系统既降低了机场生产运营中的排水运行成本,又降低了整个机场的地下水位,使全场地下水位处于可控状态,一举两得。机场内跑道标高定为 5.1~5.2 m,切实保证了飞行安全。

四、外部交通和大市政配套项目是机场顺利运营的外部环境

在市委、市政府的决策下,为建设浦东国际机场,对上海城市规划相应进行了局部调整,使浦东国际机场的交通规划十分合理。机场通过全封闭的高速公路——迎宾大道与城市外环线相接;又通过远东大道、龙东大道与城市内环线衔接;轻轨和高速铁路将机场与城市中心区和其他大城市连接起来。这样,经内外环线通过沪杭、沪宁、沪嘉高速公路可向外围辐射。迎宾大道、远东大道、龙东大道在 1999 年 10 月浦东国际机场通航之前全部投入使用,有轨交通也将与机场二期工程同步完成。浦东国际机场的供水、供电、供气和通信等公用系统管线随着

道路网的建设,与场内管网顺利连接,并纳入城市公用管网系统,获得了安全可靠的保障。机场的污水纳入城市污水处理系统,并入合流污水二期工程,不仅简化了机场的污水排放系统,还为整个机场地区日后的发展打下了良好的基础。这些大型城市基础设施与机场工程的同步规划和同步实施,为浦东国际机场顺利建成提供了有力的支持。

在建设机场主体项目的同时,我们研究提出了建设城市航站楼的新思路。城市航站楼是在市中心建设的航站设施,它把机场航站楼的部分功能转移至市中心,在市中心办理除边防、安检之外的一切登机手续并接受旅客托运行李。在市领导的支持下,我们在旅游设施集中的公共交通换乘中心——静安寺建设了首座客运城市航站楼。城市航站楼与机场之间,通过穿梭巴士和地铁轨道交通连接,交通极为便利。城市航站楼是与上海作为国际化大城市的形象相符的功能设施之一,也是城市发展的一个全新的经济增长点。城市航站楼的建设将极大地方便旅客,优化机场的交通结构,缓解机场远离城市的矛盾。也将进一步完善机场的服务功能,推动航空市场的发展。

上述各项前期和规划中的研究工作是保证浦东国际机场一期工程顺利实施的基础。规划既是一项具体工作,也是宏观经济与管理的决策研究过程,我们用了整整一年时间,实践证明是值得的,它为浦东国际机场的总体规划控制、建设和今后的发展铺平了道路。

五、加强设计管理

加强设计管理是提高运营效率、降低建设成本、合理缩短工期的重要手段。航站楼的设计对整个机场工程的设计有很大影响。旅客航站楼设计方案的国际征集,为开展后续工作奠定了非常扎实的基础。由于前期规划工作准备充分,在可行性研究阶段,机场规划的基本参数确定以后,我们立即着手开展浦东国际机场航站楼设计的国际招标,在全世界范围征求机场规划、设计专家的意见,最终获得了一个理想的设计方案,也为编制可行性研究报告做好了极为重要的铺垫。其他重要单

体工程的设计方案,如能源中心等,我们也都采用了类似的方法,有效地提高了整个工程的设计质量。

六、坚持选用当代国际上先进而又成熟技术的原则

很明显,一个面向 21 世纪的国际枢纽机场,如果不采用当代国际上的先进技术,将难以在今后的国际竞争中取胜。但是我们认为,必须坚持选用既先进而又成熟的技术。在设备采购时,我们除对设备的性能、质量提出高要求以外,还坚持选择在其他机场有成功运行实绩的设备,且不准再做局部的“改进”,防止建设中的困难与潜在的负面影响。如在计算机信息集成系统的招标中,我们选择了已在机场行业有成功运行经验的西门子 UFIS 系统,而放弃了其他集成商集成度更高、却缺乏成功运行记录的集成系统。为了做到这一点,我们的设备国际招标,事先做了大量的调查研究和准备工作。到目前为止,所有系统或设备的调试、试车基本上都能一次成功。

七、结合实际开展科学实验,不断优化设计方案

浦东国际机场选址地区原是大片农田和滩涂,属典型的软土地基。1995 年,我们提前租用 1 hm^2 农田,投入 1 000 多万元试验费用,进行大规模的各种不同方案的地基处理实地试验,为决策正确合理的地基处理方案提供了极为可靠的科学依据,并为选用合理的施工工艺提供了重要指导。通过实地试验,我们在四种地基处理方案中选择了效果可靠、工期较短而成本最低的强夯方案,降低工程造价约 1.2 亿元,并缩短了半年工期。又如由法国建筑师设计的航站楼,需使用最大跨度达 83 m 的预应力钢拱屋架,这是一项全新的极为复杂的结构体系。为在设计、施工前得到可靠的设计、施工参数,我们组织同济大学土木工程防灾国家重点实验室进行航站楼钢屋架 1:20 模型的抗震试验,委托南京航空航天大学进行整个航站楼模型的风洞试验,还在江南造船集团公司按 1:1 足尺制作钢屋架模型,进行了结构制造和荷载试验。通过试验,我们采集到大量的第一手数据,为工程设计和选择加工工艺提供

了科学依据,并根据试验结果优化改进结构构造,取得了节省钢材10%的经济效益。

八、充分利用国外先进设计力量的同时,更注重结合实际

在“拿来主义”的同时,我们坚持先做分析、判断,将设计和设备采购的决策权掌握在自己手里。航站区在国际征集设计方案时,为确保今后设计工作的自主,我们在招标书中就规定业主有权以不超过50万美元的价格买断中标的设计版权。又规定在整个设计活动中,必须有业主指定的中方设计顾问参与,施工图的设计必须由中方完成。即使在日本政府提供赠款的飞行区设计技术援助中,我们亦坚持了这一点。这些措施使我们为设计合同谈判争取了主动。在整个设计过程中,我们始终保持对设计方案、进度的控制权,及时提出符合浦东国际机场实际的修改意见,消除了不应有的设计缺陷。如航站楼钢屋盖,法国建筑师原设想对整体结构系统在纵向再增加一个曲线,如果这样,将使整个钢结构的所有部件全部变为异形构件,这势必严重恶化钢结构的制作和安装条件。对此,我们组织国内有关专家经过详细的科学研究,提出设计优化方案,取消了纵向曲线,从而减轻了工程的复杂性和施工难度。同样,我们还降低了航站楼局部楼层的净高,将离港层的标高从14.4 m降至12.8 m;改进了行李处理系统的设计;在飞行区助航灯光系统的设备设计中,及时制止了日方在设计援助时明显针对某日本企业的独特设计,等等。这样既保持了设计的合理性,确保了设备采购中的公平竞争,又降低了工程成本,获得了极大的经济效益,还缩短了建设工期。

九、严格遵守基建程序,科学合理地组织工程建设

浦东国际机场一期工程规模大、专业面广、工期紧。根据这一实际情况,我们研究采用了社会化的建设管理组织模式,充分发挥全市各专业部门的积极性。机场建设指挥部提供管理经费,组建专业分指挥部,定责不定员,帮助完成一定专业工程的建设管理工作。指挥部与分指

挥部之间通过市场机制运作,先后成立了交通运输、征地动迁、市政配套、水利建设、邮电通讯、园林绿化、供电等分指挥部。社会化管理的另一种形式是充分发挥外脑的作用,我们采用“请进来,走出去”的办法,甘当小学生,与社会上各方面专家学者建立联系,请他们帮助解决建设中碰到的大量技术难题和繁杂的管理工作。对每一项技术攻关或重要问题的决策,均组织多学科、多专业的专家咨询。指挥部有一支经验丰富、专业面广的顾问队伍。此外,市法制办担任了指挥部全部合同文本的起草和审核工作;市建委驻机场办公室和市公安局机场公安处分别承担了机场区域的政府管理职能;针对指挥部基建技术力量不足的弱点,我们对所有工程全面推行社会监理,并规定监理单位要作独立、平行的全部检测工作,确保工程质量的可靠与稳定。社会化管理,高质量、高效率地解决了大量专业工程的施工组织管理工作,不仅使指挥部基建人员的编制一直控制在150~250人,还取得了让全社会参与浦东国际机场建设的良好社会效果。

十、坚持公平、公正、公开原则下的市场化有序竞争

浦东国际机场建设的施工队伍必须坚持在市场的有序竞争中选择。为此,首先要建立科学的竞赛规则。根据浦东国际机场的重要性,我们确定将国有及国有控股企业、一级施工资质、有民航专业施工许可证三项作为工程招标的入围条件,使整个工程投标的竞争在高水平的基础上进行;实行无标底招标,放手让施工单位进行技术和实力的竞争,招标结果全部落实到项目承包合同条款中;实行工程闭口承包并为施工单位在合同中增加不可预见费,既控制指挥部的风险,又给投标企业充分运用技术优势获得工程合同提供环境;精心组织编制招标书和实行公开、公正、公平的评标办法,剥夺任何个人的决策特权,同时也铲除了招投标工作中产生腐败的温床;严格缜密地编写合同文本,实行以合同为核心的项目管理,权、责、利清晰,使每项工作都与合同付款紧密结合。以上各项,环环相扣,形成系统,保证了工程按质量和进度目标

进行,而且工完场清,竣工档案全部交齐。

浦东国际机场一期工程,国家安排使用日本政府贷款 400 亿日元。日元贷款的还款条件优惠,但使用限制很多,难度极大。我们组织专门队伍,认真编制采购计划和清单,打好使用日元贷款的基础。指挥部累计编制设备国际采购标书 150 多份,总字数超过 1 500 万字。通过仔细编制招标书,确定缜密合理的技术标准和条件,从而在国际上组织市场化竞争,保证了所采购的设备既先进、成熟,又能打破垄断,取得合理的投标价格。我们严格缜密地编写合同文本,严格公正地评标,并根据招标结果,动态控制采购范围和内容,经过一年半的努力,终于成功地完成了浦东国际机场设备材料国际采购的任务,累计使用贷款 389 亿日元,使用率高达 97%,对此,中日两国政府都表示满意。

十一、用系统工程的思想,做好项目总进度控制

浦东国际机场建设进度很紧,我们将整个项目系统分为机场内部、机场地区、机场与城市三个层次,在建设前期即从总体上对系统进行设计、规划并付诸实施,对整个工程的建设进程进行严谨、科学的系统构思。严格执行基建程序,以做好前期准备工作为重点,从根本上杜绝“边设计、边施工”,确保了主体工程及早开工。工程开始初期,我们会同专家研究找到影响工期的三个主要控制点:防汛促淤、地基处理和旅客航站楼内行李处理系统的制造安装。

在场址东移、利用滩涂的决策确定后,我们发现一期工程的航站楼正好跨越原有防汛海塘——人民塘。破拆人民塘防汛堤,是航站楼开工的前提条件。但必须抢在汛期前修筑好一条新的一线海堤,并让其经受一个汛期的考验。为此,我们于 1995 年底就开始了浦东国际机场的第一个开工项目——加固新建圩海堤,并保证在 1996 年汛期之前完成。1996 年 9 月汛期结束,立即拆除人民塘,10 月 1 日航站楼打下第一根桩。各项工程的进度衔接极为紧密。

行李处理系统的设计和设备制造是制约旅客航站楼土建工程设计

的关键。按常规,先要进行行李处理系统的设备招标,然后至少需要一年时间,才能提供设备资料,进入设计和施工,使航站楼的施工周期长达4年。但这将无法满足机场的施工进度要求。为此,我们请法国巴黎机场公司(ADP)根据他们的经验,先行设计了行李系统的基本走向,并将此作为设备设计的前提条件。然后将土建结构设计、施工与设备采购平行进行,抢回了至少一年建设工期。飞行区地基处理的优化方案,亦至少缩短半年工期。

做好项目内外和市政配套项目的协调,及时投入生产准备工作,按大节点控制关键进度,保证了配套项目顺利投入使用。指挥部按照关键控制节点,科学地优化设计技术方案,及时调整、做好动态管理,使总体进度一直处于受控状态。

浦东国际机场一期工程的建成,是中央及有关部委,特别是国家计委、民航总局的关心和指导,以及上海市委、市府领导和全市各有关部门大力支持和帮助的结果,是广大工程建设人员的辛勤工作和勇于实践的结果。机场工程复杂、工作量大、技术要求高、工程进度紧,我们能够成功地控制工程进度、工程投资、工程质量,控制管理机构的编制规模,归根结底,实事求是、尊重科学、坚信科学技术是第一生产力是最重要的经验。

为有利于机场今后的发展,也为了将我们的经验和教训提供给其他重点工程的组织管理者参考,我们将机场建设的主要工作按规划、设计和建设为主线予以总结,形成了这部《浦东国际机场建设》。本书共分11卷:

- | | |
|-----|-------|
| 第一卷 | 项目管理 |
| 第二卷 | 总体规划 |
| 第三卷 | 场道地基 |
| 第四卷 | 促淤及防汛 |
| 第五卷 | 航站楼屋盖 |

第六卷	飞行区
第七卷	航站区
第八卷	信息系统
第九卷	配套设施
第十卷	可持续发展
第十一卷	论文集

本书由浦东国际机场建设指挥部组织编撰。全书的编撰工作是在有关建设、设计、施工和监理单位的支持和广大机场建设者的积极参与下进行的,并得到了各级领导的关心与大力支持。在此,谨致以真挚的感谢。

为便于读者纵览全局,加深理解,我将机场建设中的一些关键决策和主要工作进行整理,提纲挈领,终成此文。

上海浦东国际机场建设指挥部
总指挥兼总工程师



1999年9月

前 言

软土地基在我国滨海平原、河口三角洲和湖盆地周围均有广泛分布。在软土地基上修建机场时,若对机场场道地基处理不当,有可能导致因场道地基沉降或差异沉降过大而影响机场的正常运行。本书是对浦东国际机场一期工程场道地基处理进行的综合研究和总结。为了给不同的读者提供参考,本书分两大块内容,分别介绍了工程实践和理论分析,这两部分内容是以建设过程为主线将它们相互交织在一起的。

本书共分为五部分。第一部分(第1章)介绍场道地基处理工程的概况和建设过程。第二部分(第2、3、4章)介绍浦东国际机场场道地基处理的大型对比试验,并介绍了以此试验为基础,综合多方面因素比较之后场道地基加固方案的确定。我们投入巨资进行了场道软土地基的强夯法与排水板堆载预压法的地基处理对比试验。在同一地质条件下进行如此大规模的两种地基处理的对比试验,国内外以前从未有过。试验取得了大量宝贵的数据。第三部分(第5、6、7、8章)为浦东国际机场场道地基处理的建设过程。详细介绍了场道区的工程地质情况,明暗浜的调查预处理过程,重点介绍了场道地基强夯法处理软土地基的施工要点及施工工艺的优化过程。第四部分(第9、10、11章)以试验区两年半所测得的试验数据为基础,重点做了强夯区和排水板区的计算和试验结果的对比与分析。第五部分(第12章)基于前面各章内容,给出了一些结论和建议。

由于水平和能力有限,书中难免有不少疏漏和错误,恳请读者批评指正。

作者

1999年8月