



「主编」朱自强 陈 光 周早生

4 「精益求精」

南京地铁一号线一期工程
建设施工技术

「分册主编」余才高 杨树才

中国建筑工业出版社

南京地铁一号线一期工程建 设丛书

- 1 地铁巡礼
- 2 运筹帷幄
- 3 至臻完善
- 4 精益求精
- 5 创优立新
- 6 以人为本
- 7 启智开源
- 8 学术精粹

石城席踞地铁龙盘

南京地铁一号线一期工程建 设丛书

「主编」朱自强 陈 光 周早生

「精益求精」

南京地铁一号线一期工程
建设施工技术

「分册主编」余才高 杨树才

中国建筑工程出版社

承恩施善

沈贞全程

敢担大任

回馈社会

朱自清乙酉秋

内 容 提 要

本书系《南京地铁一号线一期工程建设丛书》的第四分册，主要针对南京地铁一号线一期工程的建设施工技术作了较为全面、系统的总结和阐述。本册内容主要包括概述、工程地质勘察与测量、围护结构施工、地下车站施工、区间隧道施工、高架结构施工、防水工程施工、轨道工程施工、给排水及消防系统安装、空调通风系统安装、供电系统安装等。本书可供轨道交通工程建设的广大科技人员及工程管理人员参考，也可供高等院校相关专业的师生参考。

石城席踞地铁龙盘

南京地铁一号线一期工程建 设丛 书

组 织 委 员 会

主 任 朱自强

副主任 陈 光

委 员 王小林 朱 斌 宋国强
余才高 何 斌 高大忠

编 辑 委 员 会

主 编 朱自强 陈 光 周早生

副主编 王小林 朱 斌 宋国强 余才高
何 斌 高大忠 许建军 杨树才

编 委 (以姓氏笔画为序)

丁鸿鸣	于百勇	王长宁	王昌水
韦苏来	包乃文	朱 飞	朱悦明
许巧祥	许 玲	任志坚	刘 斌
刘 颖	陈云鹤	陈志宁	李坚志
李家红	李 慧	张建平	杜国琴
杨德建	房 坚	金 明	郭永康
郭建强	陶建岳	章小奇	黄维华
董朝文	蔡玉萍	裴顺鑫	黎 庆

序

时光列车回驰，2477 年瞬间飞跃。公元前 472 年，越国大夫、上将军范蠡筑越城于古长千里，城周长约 1km，城中面积大约 6 万 m²。此为南京城区筑城之始。

公元 229 年，吴王孙权在建业称帝，开创了南京作为都城的历史，也开创了南京作为军事、经济、交通、文化重镇的历史。西晋文学家左思在《三都赋》中，盛赞吴都高屋华宇，商贾云集的景象——“與按辔以经隧，楼船举帆而过肆。果布辐凑而常然，致远流离与珂”。可以想见，车水马龙、河道密集的吴都在当时是何等地繁华拥挤。

岁月沧桑、沧桑岁月，自然的鬼斧神工以它特有的厚重和沉着打磨着南京城的容颜，造就了南京特有的地理风貌——东有钟山龙盘，西有石头虎踞，北依玄武湖，南凭秦淮河，山环水抱，形势天成。物华天宝，人杰地灵，徜徉在这些山水之间的，是历经十代故都风尚浸润的、文质并茂的、人文传统与淳朴包容的民风习俗，自然与人文的和谐交融，形成了南京独特而深厚的文化底蕴。

如今的南京，下辖 11 区 2 县，总面积 6597km²，市区面积达 4737km²，已发展成为中国东部地区的一座综合性工业基地，也是重要的交通枢纽和通讯中心，全国四大科研教育中心城市之一。其境内有长江横贯，以江为轴，向东临视大海，向西通达荆楚，既是以上海为龙头的长江三角洲的后庭，又是长江中上游地区出海的门户；其南壤接吴越，其北襟带江淮，京沪铁路和华东公路网在此跨越天堑，强化了南京地扼南北的枢纽地位。

水通、陆通、空通，古老的南京迎接着无限的发展机遇。外部的通达带来了内部的拥挤，南京主城区亟需更便利更快捷的交通方式。

时光列车飞驰，2472 年刹那流转。公元 2000 年 12 月 12 日，南京地铁一号线一期工程正式开工，南京市区的交通新动脉就此打开。

公元 2005 年 5 月 15 日，第一列地铁列车从中华门外小行站驶出，这里正近当年范蠡所筑越城的旧址。越城在上、地铁在下，越城有围、地铁无围，沟通上下、连接内外的地铁真正起到了市区交通动脉的作用，把无限的活力和热情传递到南京城的南北东西。

石城虎踞、地铁龙盘，南京市区交通的新篇章铺就！

南京地下铁道有限责任公司 总经理

朱得胜

二〇〇五年岁末

FOREWARD

Imagine taking a train back in time – 2477 years go by in a flash, arriving at 472 B.C.E. High commander and chief of the Yue state Fan Li built Yue City with a 1 km perimeter and an area of about 60,000 m². This is what would become the foundation of what is now Nanjing.

In 229 C.E. Sunquan became emperor of Wu kingdom and for the first time established Nanjing (then called “Jianye”) as the capital of China. He thereby made Nanjing a military, economic, transportation and cultural hub. A man of letters of the West Jin Dynasty, Zuosi wrote a book “A Poem for three Capitals” (this book was so well received as to have people suspect it made the paper from his hometown Luoyang expensive). In this book he praised the capital of Wu as being a prosperous, architecturally brilliant sight. He wrote, “Carriage drivers sway their horses’ bridals to pass through tunnels / cruise boats raise flags upon passing river bank shops / produce and silks cuddle with rhyme / all coming and going with jade”. With this image of meandering lanes of road and water traffic one could easily imagine what a busy and prosperous city the old capital of Wu must have been.

With the passing of time, the masterful crafts of nature deeply imprinted and polished Nanjing’s geologic features, creating a peculiar visage. Zhong Mountain slips down the eastern side like a dragon, Xuanwu Lake rests in the north, and the Huaihai River leans to the south. This water-embraced city – naturally picturesque – embraces the well-cultured denizens strolling about. Life here is permeated by an ancient wind – one that carries ten capitals’ history. The way people interact still carries that geologic and cultural flavor and is characterized by a modest and tolerant manner – a manner which Nanjing people are most widely known as having.

Today uptown Nanjing consists of eleven districts and two suburbs with an area of 6597 km², and the city district covers 4737 km². It has already developed a diverse industrial base and has become a major communication and transportation hotspot. Nanjing has also become one of China’s four largest R&D centers. Bisecting Nanjing is the Yangste River which serves as an axis accessing the Pacific to the East and Jingchu to the West. Nanjing acts as the inner courtyard to the imposing mega-city Shanghai and its river delta, also serving as the gateway to the Pacific from China’s inner regions. The southern land region connects the old Wu and Yue states and is in arm’s reach of the river. Its railway connects Beijing to Shanghai; its highways bring places once chasms apart back together. So the developments in recent years have continued to strengthen Nanjing’s role as a bridge between north and south China.

As water, land and air byways open, old Nanjing invites limitless development opportunities. The opening of extrinsic flows has brought intrinsic crowding, creating an urgent need to increase availability of convenient public transportation.

In an instant, the train of time has barreled past those 2472 years. On December 12th of the common era, Nanjing subway’s line one officially broke ground, creating a new traffic artery downtown.

On May 15th, 2005 of the common era, the first subway train set off from Xiaohang Station (near Zhonghua gate), right next to Fan Li’s Yue City. Compare for a moment Yue City above, the subway below, the walled Yue City, and a boundless underground train. The two create a conversation between that that is on top and that that is underneath. The subway that brings those things that are far away right to our side has finally commenced, bringing limitless activity to the four corners of Nanjing.

Nanjing City is best described by the old analogy of a craggy and imposing tiger, and the old metaphor for the mountains in the East - the slithering dragon – is now best given to the subway. This henceforth turns the first page in a new chapter of Nanjing history.

Zhu Ziqiang

General Manager of Nanjing Metro Co. Ltd.

December, 2005

石城虎踞，地铁龙盘。经过 15 年的筹划、近 5 年的建设，南京地铁一号线一期工程如期建成。该线的全体建设、管理人员以科学发展观为指导，充分发扬技术创新精神，高起点、高速度、高质量完成了工程项目的建设。南京地铁一号线的建设秉承“精心设计、精心施工、强化管理、铸造精品”的方针，借鉴国内外建设经验，并结合南京实际条件，进行了设计理论、管理模式、施工技术等方面的探索和实践，为中国城市轨道交通的建设又增添了独特而绚丽的一页。

南京地铁一号线一期工程建设的项目管理和技术水平总体上接近国际先进水平。在 4 年多的建设期内，决策者以卓越的远见，三次从项目管理的各阶段特点出发，对地铁建设的组织管理模式进行了优化调整，首次组织了模拟试运营演练，实现了实时控制的佳管理模式。设计人员在国内首创了拥有兼顾车站正常运作及紧急疏散可相互转换的导向标识系统；强化了经营地铁、安全地铁、绿色地铁的设计理念。施工人员在珠江路站创造了 SMW 围护结构深达 30m 的施工记录；成功地用矿山法穿越了全国罕见的连续长度达 380.6m 的软流塑地层；开创了在铁路车站既有线下施作地铁车站的先例并保障了京沪铁路大动脉的畅通。技术人员通过引进国外先进技术和自主创新，实现了地铁开通之日就与地面公交一卡通；成功地开发了具有创新技术的智能化环境监控系统；研制出高质量、高水平的地铁车辆：在转向架构架焊接、转向架组装、车体铝合金模块焊接、国产铝合金型材、特殊钢板国产化、整车总组装、列车调试与试验等的关键材料、关键部件、关键制造工序上都实现了国产化技术改造和自主创新的预定目标。

南京地下铁道有限责任公司组织参加南京地铁一号线一期工程的设计、科研、咨询、监理和施工等单位编写了《石城虎踞 地铁龙盘——南京地铁一号线一期工程建设丛书》。丛书由八本分册组成，内容涵盖南京地铁一号线一期工程项目立项、策划、设计、施工、科研、建设管理、运营管理和资源开发等各方面。丛书内容编排图文并茂、版式设计匠心独运，各分册既各自独立、重点突出，又相互联系、形成体系。整套丛书内容翔实、富有创意。

该丛书对从事城市轨道交通建设管理的工程技术人员具有很好的参考价值，对我国加快发展城市轨道交通事业将起到一定的促进作用。

中国工程院院士

沈中伟

二〇〇五年岁末

精益求精

南京地铁一号线一期工程建设施工技术

分册主编

余才高 杨树才

分册撰稿人(以姓氏笔画为序)

王昌水 包乃文 孙鹏程

任志坚 刘 斌 余才高

陈志宁 贡建伟 杨树才

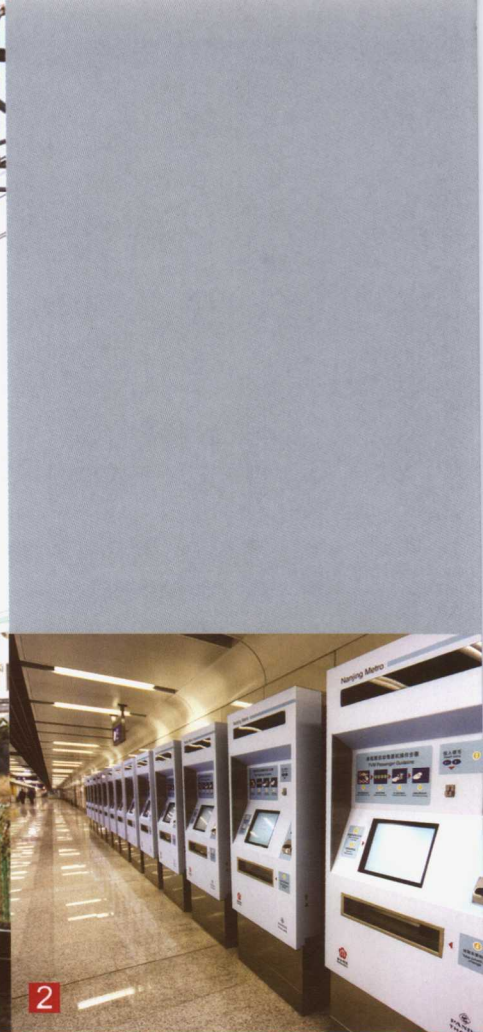
金 明 郭建强 陶建岳

董朝文

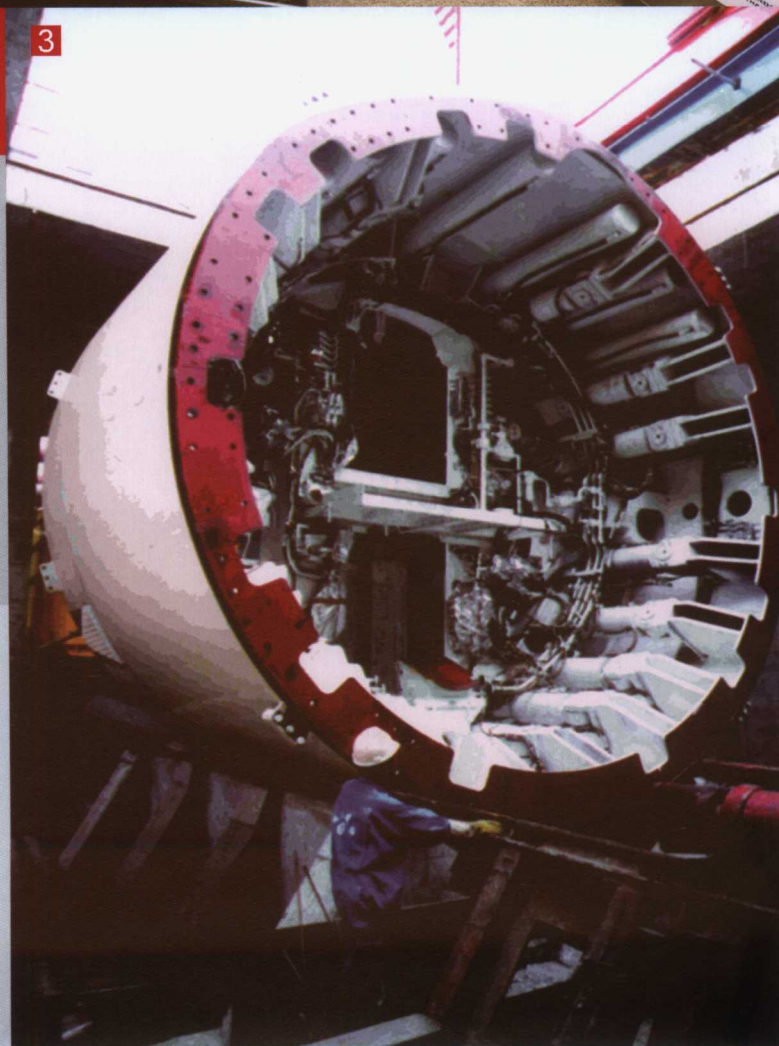




1



2



3

1. 地铁列车
2. 自动售票机
3. 盾构机

第一章 概述

第一节 工程概况	2
第二节 工程难点、重点	2
第三节 新材料、新技术的应用	3

第二章 工程地质勘察与测量

第一节 工程地质勘察	7
第二节 测量系统与控制网	14

第三章 围护结构施工技术

第一节 地下连续墙施工	28
第二节 SMW 工法施工	37
第三节 排桩围护结构施工	41
第四节 土钉围护结构施工	50
第五节 基坑降水	55
第六节 基坑开挖	57

第四章 车站及车辆基地施工

第一节 车站施工方法	64
第二节 车站施工前期准备	66
第三节 车站主体结构施工	70
第四节 车站出入口及风道施工	82
第五节 车辆基地及库线轨道施工	85

第五章 区间隧道施工

第一节 明挖法区间隧道施工	91
第二节 浅埋暗挖法区间隧道施工	94
第三节 盾构法区间隧道施工	114

第六章 高架结构施工

第一节 高架桥施工	131
第二节 高架车站施工	136

第七章 防水工程施工

第一节 结构防水体系	143
------------------	-----

第二节 地下车站防水施工 154

第三节 区间隧道防水施工 158

第八章 轨道工程施工

第一节 铺轨基地焊接长钢轨方法 175

第二节 地面线碎石道床施工 177

第三节 高架线整体道床施工 178

第四节 地下线整体道床施工 181

第五节 特殊施工技术 182

第九章 给排水及消防系统安装

第一节 给排水工程 187

第二节 消防系统 188

第三节 新技术、新工艺应用 191

第十章 通风空调系统安装

第一节 概述 194

第二节 风管安装 195

第三节 通风设备安装 197

第四节 制冷系统安装 198

第五节 管道试压冲洗及试运行 199

第六节 新技术、新工艺应用 200

第七节 各工种的配合 200

第十一章 供电系统安装

第一节 供电系统概述 203

第二节 关键工序安装 205

第三节 盾构施工供电系统 206

第四节 供电系统工程质量保证措施 208

第一章

概述

摘要

南京地铁一号线一期工程线路长度 21.72 km，全线设车站 16 座，其中高架站 5 座，地下站 11 座。整个工程主要由高架、地面、地下车站、区间隧道、地面附属建筑物及大量的机电安装工程等组成，涵盖线路与限界、勘察与测量、车站、区间隧道、轨道、车辆、供电、信号、通信、给排水、环境监测等十余个专业。地铁建设者克服了施工环境差、地质条件劣、地下管线杂、交通组织难等诸多不利因素，采用新材料、新技术，攻克了一个又一个的技术难题，创造了多项地铁施工纪录，为全国地铁建设提供了有益的经验。

第一章 概述

第一节 工程概况

南京地铁一号线一期工程线路长度达到 21.72km。其中地下线 14.43km，地上线 7.02km，过渡段 0.27km。全线设车站 16 座，其中高架站 5 座（小行站、安德门站、中华门站、红山动物园站、迈皋桥站），地下站 11 座（奥体中心站、元通站、中胜站、三山街站、张府园站、新街口站、珠江路站、鼓楼站、玄武门站、新模范马路站、南京站站），在小行站设车辆基地一处，在安德门站和迈皋桥站各设一座主变电站，控制中心设在市中心珠江路站东北侧。整个工程主要由地面、地下车站、区间隧道、地面附属建筑物及大量的机电安装工程等组成，涵盖线路与界限、勘探与测量、车站、盾构隧道、轨道、车辆、供电、信号、通信、环控通风空调、给排水、AFC、FAS/BAS 等十余个专业。

第二节 工程难点、重点

一、工程难点

（一）施工环境差

南京地铁一号线一期工程施工不仅在繁华闹市展开，要从新街口、鼓楼等闹市区地下穿过，避让沿线众多建筑物桩基和南北向的鼓楼公路隧道，还要从东西向的内秦淮河、玄武湖公路隧道、玄武湖以及南京火车站既有铁路线下穿越，同时还要预留鼓楼公路东西向隧道，将遇到古河道、断裂破碎带、软一流塑地层等不同地质情况。地铁的大规模施工需要暂时开挖部分路面，占用部分道路，而城市中心能提供的施工场地很狭小，同时又要保证地面商业经营和景观不致受到太大的影响，保证安全，这些使得施工时施展不开。

（二）地质条件劣

南京的地质状况很复杂，地下水位较高，有较多的古河道及大量含水砂层、断裂破碎带、软一流塑地层等不同地质情况。这些不利的地质条件给地铁的地下施工带来了很大的难度。地铁一号线共遇到 3 个岗地 2 个盆地，盆地下又遭遇古河道；尤其是西延线所在的河西地区，是河漫滩的软土地层，含水量丰富，稳定性差，线路中还存在着全国罕见的软一流塑地层带，这些不利的地质条件给地铁的地下施工带来了很大的难度。

（三）地下管线杂

地铁一号线工程施工线路基本上位于城市南北向主干道，原有的上、下水、煤气、供电、通讯等管线交错其下。而南京地下管线的复杂程度尤以新街口、鼓楼一线为最，仅这两处的管线种类即达到 32 种 100 多道。一方面迁移众多管线使施工难度增加，进度减缓，另一方面管线资料不全又使勘测、施工的危险性和不确定性增加。

（四）交通组织难

地铁施工过程中的交通组织及交通疏解尤为重要。由于一些地段的施工使道路变窄，有时甚至需

要封闭部分路段,加剧了交通环境恶化,加之社会车辆的进出及现有交通的组织困难;另一方面,施工、昼夜运土车辆本身的进出同样存在交通组织问题。

二、工程重点

(一) 一号线珠江路站—鼓楼站—玄武门站两区间隧道穿过地层为软~流塑状粉质粘土层。珠江路站北端及玄武门站南端地面上楼房和管线众多。软~流塑粉质粘土段,具有高压缩性、高灵敏度、强度低易产生蠕动现象,开挖后自稳能力极差地面沉降难以控制。过大沉降易引起路面开裂,甚至坍塌,影响交通安全,同时也易造成地下管线破坏和建筑物开裂,危及建筑物安全。

(二) 鼓楼站—玄武门站区间隧道断面复杂,双洞单线,在停车线区段,形成了单线隧道、双线隧道和三线隧道不同断面大小的隧道,各种断面交错布置,转换频繁,开挖断面从 $6.2\text{m} \times 6.4\text{m}^2$ 到 $17\text{m} \times 10.713\text{m}^2$,其最大断面面积为 152.3m^2 ,它是目前粉质粘土地层中国内最大跨地铁隧道断面。

(三) 珠江路站—鼓楼站区间暗挖隧道斜穿正在施工的长江二桥办公楼工程一角,并在其下部通过。长江二桥办公楼工程桩基中有7根被替换的工程桩及部分基坑围护桩侵入地铁区间限界,邻近地铁区间隧道的大楼桩基需保护。暗挖法施工隧道对周边地层的扰动范围很大,引起的地表沉降范围广、沉降量大。邻近暗挖隧道的建筑物会因过量的水平位移和不均匀沉降而导致损坏。

(四) 一号线工程盾构将穿越内秦淮河两侧驳岸,内秦淮河水位、流量变化受人为控制,河底标高4.4m左右,底部夹有大量碎石、填土及浮淤物,渗透性极不规则。盾构穿越处内秦淮河河道宽16.8m,河底距盾构顶部覆土最浅处仅0.7m。盾构推进将两次穿越内秦淮河的超浅覆土层,盾构穿越的土层具有一定的流动性,给盾构穿越带来了一定的难度。

(五) 地铁穿越玄武湖隧道下方时,地铁区间隧道顶板与玄武湖隧道底板最近距离仅为1.07m。由于盾构隧道与玄武湖隧道间的最小净距只有1m,玄武湖隧道对盾构隧道的影长度近28m,这种现象在国内盾构施工中还是首次;其次,玄武湖隧道施工结束时间与地铁隧道穿越时间相隔不到一个月,玄武湖隧道还未进入稳定期;施工风险大,施工难度高。

第三节 新材料、新技术的应用

一、新材料应用

(一) 在隧道初期支护施工中,喷射混凝土采用了快硬、早强的双快水泥,成功解决了采用普通喷射混凝土凝结时间长而产生较大沉降的难题,同时加快了施工进度;在地层加固及超前支护注浆施工中,采用了HC-T凝结时间可调灌浆材料,加固后,土体得到改良,稳定性好。在车站及区间隧道混凝土浇注中采用C30P8高性能混凝土与C30补偿收缩防水混凝土,提高混凝土抗裂防渗性能,采用“双掺”工艺,减少水泥用量,采用高性能外加剂,使用水化热低、抗渗性好、收缩小的高性能混凝土,较好的解决了收缩裂纹的产生。

(二) 迈皋桥站施工中,由于车站雨棚设计的改变,原设计的雨棚支柱及框架梁体远达不到设计的安全要求,需要对车站的框架梁体及支柱进行加固。在加固的施工中,采用植筋新技术,在原有的梁体及框架柱上钻孔后灌注新型胶粘剂,植入设计规定的钢筋后,在规定的达到相应的强度。经过油压千斤顶对其现场进行的拉拔试验,已达到相应钢筋的屈服强度,起到了加固的作用。