

城市轨道交通建设综合技术示范工程

广州地铁二号线

卢光霖 陈韶章 主编

华南理工大学出版社
·广州·

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通建设综合技术示范工程: 广州地铁二号线/卢光霖,陈韶章主编.—广州:
华南理工大学出版社,2006.2

ISBN 7-5623-2317-8

I.城... II.①卢... ②陈... III.地下铁道-铁路工程-工程施工-技术革新-广州市
IV.U231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 151212 号

总发行: 华南理工大学出版社(广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行部电话: 020-87113487 87110964 87111048(传真)

E-mail: scutc13@scut.edu.cn <http://www.scutpress.com.cn>

责任编辑: 黄丽谊

印刷者: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开本: 890×1240 1/16 印张: 9.625 插页: 1 字数: 230 千

版次: 2006 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1~1060 册

定价: 60.00 元

版权所有 盗版必究

前言

广州地铁二号线呈南北走向，全长 18.28 km，共设 16 座车站、一个车辆段，于 2003 年 6 月 28 日开通试运营，与正在运营的地铁一号线成十字交叉。广州地铁二号线的开通标志着一条具有国内领先水平的轨道交通运营线路的诞生，同时也是我国城市轨道交通建设科技进步的里程碑。

2003 年 12 月 16 日，由广东省科技厅主持的由 5 名院士和 11 名全国知名专家组成的鉴定委员会，对“广州地铁二号线建设与创新”科技成果进行了鉴定。鉴定认为：广州地铁二号线的技术水平处于国内领先地位，在总体上接近国际先进水平，为我国城市轨道交通的建设提供了成功的范例，对我国城市轨道交通整体水平的提高和发展起到了促进作用。

广州地铁发挥“建设为运营，运营为经营，经营为效益”的一体化管理优势，在地铁二号线建设中，攻克了站台屏蔽门、架空刚性悬挂接触网、全非接触式 IC 卡自动售检票、地铁车站集中供冷等技术难关；研发的复合地层盾构施工技术、轨道减振综合技术等，填补了国内空白，为我国城市轨道交通建设起到了示范作用。

站台屏蔽门

——实现安全与节能双效果

广州地铁二号线坚持“以人为本”的理念，把乘客安全放在第一位，在国内率先采用了站台屏蔽门系统，取得了安全与节能的良好效果。

地铁站台屏蔽门将乘客与行车隧道区域隔开，形成了一道安全运营“屏障”，既有效防止乘客掉下或跳下轨道等意外事故的发生，又降低了列车活塞风和噪声对站台的影响，改善了乘客的候车环境，提高了舒适度，提升了地铁的服务水平。同时，站台屏蔽门阻断了车站冷量的流失，使得二号线车站空调能耗比未安装屏蔽门的地铁车站能耗节约 20% 以上。

二号线站台屏蔽门采用先进的控制技术、冗余配

置和高可靠的驱动系统，大大提高了屏蔽门运行的可靠性。

刚性悬挂接触网 ——为地铁列车提供可靠的供电保证

接触网是地铁供电系统的重要组成部分，它为列车提供安全、持续、可靠的电力供应。在广州地铁二号线之前，我国的架空悬挂接触网系统只有柔性悬挂一种形式。传统的柔性接触网结构庞大而复杂，运行过程中会出现断线的事故，而且维护工作量大。广州地铁二号线率先采用了架空刚性悬挂接触网技术，并实现了国产化，填补了国内空白。与柔性接触网相比节省投资 20%。

架空刚性悬挂由支持装置、绝缘子、汇流排、单根接触线及地线组成，在受流过程中基本不变形。由于刚性接触网无内张力，运行中不会发生断线事故；结构稳定且零部件标准化程度高，使得维修工作量和维修成本大大降低。

刚性接触网的成功研制，从根本上解决了超低净空隧道和减少接触网维护两大技术难题。二号线成功运营的实践证明：刚性接触网明显提高了地铁列车受电系统的安全性和可靠性，具有显著的经济效益和社会效益。

全 IC 卡式自动售检票系统 ——实现地铁收费管理智能化

地铁的自动售检票系统，简称 AFC 系统，是一个计程计时封闭式全自动收费系统。广州地铁的自动售检票系统主要由全非接触式 IC 卡车票（包括 IC 卡储值票、单程票、特种票等）、自动售票机、闸机、票房售票机、车站监控系统和中央监控系统等组成。系统使用非接触式 IC 卡作为车票媒体，并实现乘客在多条线路免检票换乘，系统兼容“羊城通”票卡，与广州市其他公交系统实现“一卡通”。

广州地铁是世界上首例采用代币式非接触式 IC 卡单程票的城市轨道交通自动收费系统。单程票的智能化设计是 AFC 系统智能化设计的关键。广州地铁使用的非接触式 IC 卡的圆形代币，采用 PVC 封装大规模集成电路、谐振天线等工艺制成，数据安全、使用方便、制造成本低廉。车票的读写次数达 10 万次，使用寿命比传统的磁卡车票大大延长。

自动售票机是乘客自助购买单程票的自动化装置。该装置根据人体工程学基本原理设计人机界面，从高度、视角和各功能模块中都体现了人性化设计思想，操作简单、指引明确。广州地铁在进/出闸机中采用剪式闸门，进一步提高了通过能力，同时也大大方便了乘客。

集中供冷系统 ——创建地铁车站空调供冷新模式

广州地铁二号线是穿越广州中心区交通走廊的主干线，为减少地铁空调系统对周边环境的影响，根据二号线线路规划及站点布置，广州地铁在我国内地城市地铁中首次采用了集中供冷系统，全线设置了北部冷站、海珠广场冷站、鹭江冷站、赤沙冷站等 4 座集中冷站，为 15 个车站提供空调冷冻水。

二号线集中供冷系统采用大温差技术，把冷冻水温差从一般采用的 5°C 提高到 $8\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，减少了一半以上的冷冻水输送量；通过采用二级泵变频调速技术，相对定速泵每年节约电量约 $26\times 10^4\text{ kW}\cdot\text{h}$ ；为了解决长距离输送管道敷设的稳定性和热补偿问题，管道之间连接采用了挠性卡箍接头，还采用了先进的 PID 调节技术，解决了系统大惯性、大延时的难题。在海珠广场站，还因地制宜，利用珠江水作为自然冷源，取得了良好的应用效果。

集中供冷系统在二号线的成功应用，为城市轨道交通空调设计提供了一种新的设计理念，使城市轨道交通线网的建设与城市环境要求相协调，实现可持续发展。

复合地层盾构法施工技术 ——进一步提高了地铁隧道工程质量

广州地铁二号线的地质条件极为复杂，地铁工程建设难度大。广州地铁在一号线的成功经验的基础上，针对复合地层盾构施工和均质单一软土地层中盾构施工的差异，在盾构机的适应性上下功夫，明确提出富水复合地层开挖面稳定的控制方法和开挖花岗岩、红层、变质岩的破岩机理；提出改进刀具结构和布局，提高刀盘转速，改进螺旋输送机的结构型式，强调盾构机的姿态的及时控制手段，注重激光导向技术和同步注浆技术的应用。

通过指导承包商进行适应于广州地区复合地层的盾构机选型，首次以盾构工法成功穿越珠江，成功穿越广州火车站正常运营的车站股道群，成功穿越客村立交桥桩基础等复杂地段，还创造了当时国内盾构日掘进 30 m 的最好成绩。

在盾构隧道的设计中，突破传统思路，把管片宽度从一号线的 1.2 m 改进为 1.5 m，开创了国内地铁首次使用 1.5 m 宽管片的先例。应用 1.5 m 的宽管片，不仅使盾构隧道减少了环向接缝，减少了接缝止水材料和连接螺栓的使用量，降低了接缝渗漏水的几率，提高了隧道防水质量，还减少了盾构机施工过程中的拼装时间，有效地提高了盾构隧道的施工速度，并进一步提高了地铁隧道工程的质量。

轨道综合减振技术 ——取得良好的环保效果

轨道的减振效果直接影响地铁的舒适环境。广州地铁二号线在研究总结国内外轨道设计经验的基础上，更新设计理念，在轨道系统设计上取得了重大突破。

广州地铁二号线综合研究了国内外的减振技术，根据不同地段采用不同减振措施，并形成了轨道减振系列技术。在全线范围内采用单趾弹簧扣件减振技术、

现场焊接长轨技术等，取得了良好的减振效果；在线路一般地段采用弹性短轨枕减振技术，相对整体道床振动降低了 12.5 dB；在减振要求高的地段，采用了自主研发的新型浮置板道床，进一步提高了减振降噪效果。

通过采取一系列减振措施，明显降低了地铁运行的振动和噪音，改善了列车的运行条件，减少了列车运行对线路周边环境的影响，取得了良好的环保效果。监测结果表明，运用到广州地铁二号线的各项减振技术均达到了设计要求，满足了《城市区域环境振动标准》的要求。

广州地铁总公司通过科学决策，积极而稳健地开展科技创新，创造性集成国内外先进技术，不仅全面地提升了广州地铁二号线的科技含量，建成一条行车先进、安全舒适、节能环保、投资节约、高效低耗的大运量地铁系统，使运营安全性、综合服务功能、运营经济性全面改善，而且培养了一批高素质的科技人才，并拥有多项自主知识产权，为未来新线的技术创新创造了条件。

广州地铁二号线赢得了广州市政府、国内外地铁专家以及社会各界的高度评价。获得了“广东省 2004 年度科学技术奖特等奖”、“2003 年全国十大科技成就”等荣誉，被审计署誉为“国债项目低投资高质量的代表”。

广州地铁创造了中国建设高水平国产化地铁系统的奇迹，为国内轨道交通的发展做出了重要贡献，也为实现广州地铁 2010 年新线建设目标奠定了坚实的基础。

编

委

会

- **编辑单位:** 广州市地下铁道总公司
广州市地下铁道设计研究院

- **主 编:** 卢光霖 陈韶章
- **编 委:** 吴慕佳 梁巧明 何 霖 丁建隆 刘光武 邓承山
徐明杰 莫庭斌 李鸿兴 张志良 毛建华 蔡昌俊
竺维彬 胡国红 孙钟权

- **策 划:** 李鸿兴 袁敏正 李文球

- **编写人员:** (第一章) 赵 军 王爱仪 张仕谦 孙增田 卢昌仪
(第二章) 徐明杰 张建根 黄德亮 马德强 于忠谅
(第三章) 徐明杰 李宇轩 刁 涛
(第四章) 韩 瑶 高俊霞 贺利工 王迪军 刘承东
涂旭炜 夏少丹 王晓夏
(第五章) 竺维彬 陈晓英 鞠世健 曾耀昌 许少辉
张宗贵
(第六章) 莫庭斌 刘浪静 黄红东 刘焕欣

目

录

第 1 章 站台屏蔽门系统技术	1
1.1 项目背景及概况	1
1.2 屏蔽门系统	2
1.3 主要技术性能指标	10
1.4 系统测试及试验	13
1.5 主要成果、社会评价及影响	16
1.6 主要经验及建议	18
第 2 章 架空刚性悬挂接触网系统技术	19
2.1 系统概况	20
2.2 系统主要技术要求及指标	26
2.3 国内外同类技术指标比较	27
2.4 架空刚性悬挂接触网系统的施工方法	29
2.5 难点及解决措施	30
2.6 技术创新成果	32
2.7 成果推广应用情况	32
2.8 经验效果及社会效益	32
第 3 章 全非接触式 IC 卡自动售检票系统技术	34
3.1 项目背景	34
3.2 系统概况	35
3.3 主要设计原则及技术要求	35
3.4 主要技术性能指标	36

目

录

3.5	系统特点	37
3.6	系统构成和功能	38
3.7	主要技术难点及解决措施	44
3.8	技术选型	48
3.9	一号线 AFC 系统的改造	49
3.10	代币式单程票的使用成本分析	51
3.11	国内外同类项目的比较	52
3.12	结束语	54
第 4 章	地铁集中供冷系统技术	55
4.1	系统设计背景	55
4.2	系统项目概况	55
4.3	主要技术要求	60
4.4	主要技术性能指标	61
4.5	系统特点	63
4.6	系统主要节能措施	63
4.7	主要技术难点及对策	66
4.8	结束语	74
第 5 章	复合地层盾构技术	75
5.1	项目概述	75
5.2	盾构工程设计、施工使用规程及技术要求	77
5.3	盾构施工技术	78
5.4	特殊地段的盾构施工技术	98

目

录

5.5	工程经验总结及建议	105
第6章	轨道综合减振技术	109
6.1	项目背景	109
6.2	项目概述	110
6.3	主要技术要求	113
6.4	主要技术性能指标	117
6.5	创新点	121
6.6	试制试验	122
6.7	工程实施及施工方法	125
6.8	经济技术效益	133
6.9	结论	135

第 1 章 站台屏蔽门系统技术

1.1 项目背景及概况

1.1.1 项目背景

地铁站台屏蔽门系统按功能划分，可分为全封闭式屏蔽门系统和非封闭式屏蔽门系统两大类型。全封闭式屏蔽门系统用于热带、亚热带地区的地下车站，主要目的是隔离车站站台与行车隧道区域，降低车站空调通风系统的运行能耗，同时减少列车运行噪音和活塞风对车站的影响，防止人员跌落轨道产生意外事故，为乘客提供舒适、安全的候车环境，提高地铁的服务水平。如新加坡 NEL 线，香港新机场线、将军澳线等所采用的屏蔽门系统。非封闭式屏蔽门系统用于高架车站或非炎热的高纬度地区的地下车站，主要目的是保证乘客候车安全，主要应用在无人驾驶的地铁系统或有高速列车通过的车站，如法国吐鲁斯轻轨系统、巴黎十四号线，日本多摩都市高架线。

20 世纪 80 年代初，屏蔽门系统在铁路、地铁及轻轨上开始应用。为了保护站台上候车乘客的安全，日本神户 Shin Kotsu Kyoku Line、日本大阪 Naubo Portdown Line 采用了非封闭式的屏蔽门系统。1988 年，在新加坡、中国香港、马来西亚采用了具有节能功能的全封闭式屏蔽门系统。

广州地处亚洲之中部，属亚热带气候，其气候及环境与中国香港、新加坡、马来西亚相似。经过深入系统的调查研究，从安全及节能的目的出发，广州地铁决定在广州地铁二号线首期工程采用全封闭式屏蔽门系统，这是国内首次采用的站台屏蔽门系统。

1.1.2 项目概况

广州地铁二号线 16 个车站共 34 侧站台均安装了屏蔽门系统，每侧站台屏蔽门有 30 道滑动门与列车乘客门对应布置，全线共有 1020 道滑动门。每侧站台屏蔽门纵向组合总长度 135.24 m，端门单元组合长度为 2.5~3 m，全线共设屏蔽门总长度约 4802 m。

广州地铁二号线车站设置屏蔽门系统的目的是：将车站站台与行车隧道区域隔离开，降低车站空调通风系统的运行能耗，减少列车运行噪音和活塞风对车站的影响，防止人员跌落轨道产生意外事故，为乘客提供舒适、安全的候车环境，提高地铁的服务水平。站台屏蔽门如图 1-1 所示。



图 1-1 屏蔽门实样图

1.2 屏蔽门系统

1.2.1 系统组成

屏蔽门系统主要由门体、门机驱动系统、电源装置和控制系统等 4 个部分组成。

1.2.1.1 门体

屏蔽门门体由滑动门、固定门、应急门、端门、支承结构和门槛等组成。门体标准单元如图 1-2 所示。

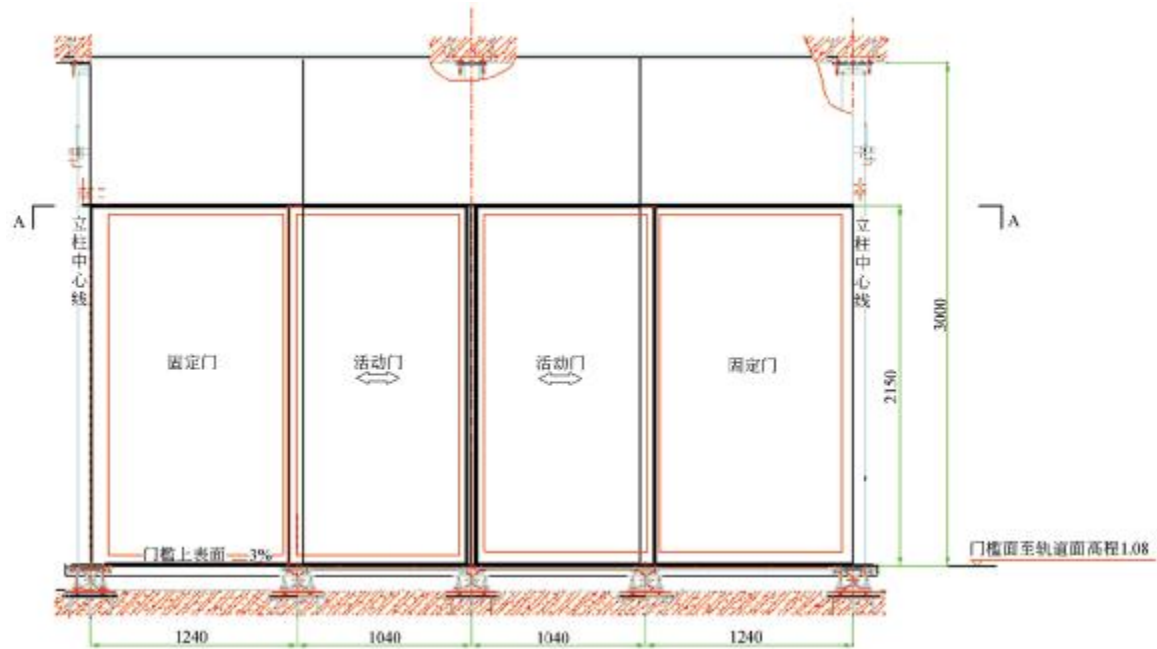


图 1-2 门体标准单元示意图

1.2.1.2 门机驱动系统

每个门体单元安装一套门机驱动系统（包含驱动系统、传动系统、行程开关等），则全线共有 1020 套门机驱动系统。系统采用 RAS（可靠性、可用性、安全性）设计技术，软硬件的设计充分考虑了可靠性、可维护性和可扩性。同时遵循了模块化和冗余设计的原则。门机驱动系统由电机、减速箱、门锁和传动装置等组成，电机为无刷直流电机，电机与蜗轮蜗杆减速箱直连，在减速箱输出轴上有一与齿形皮带相啮合的齿轮，采用皮带传动，门机驱动系统示意图如图 1-3 所示。

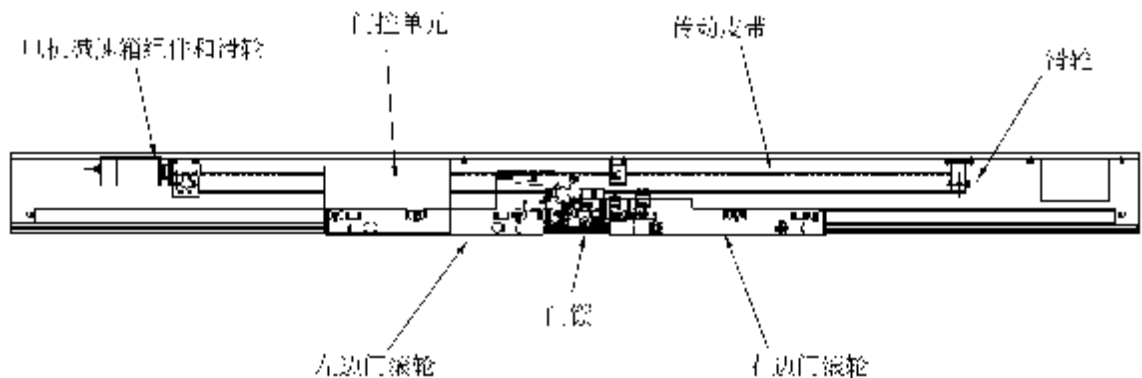


图 1-3 门机驱动系统示意图

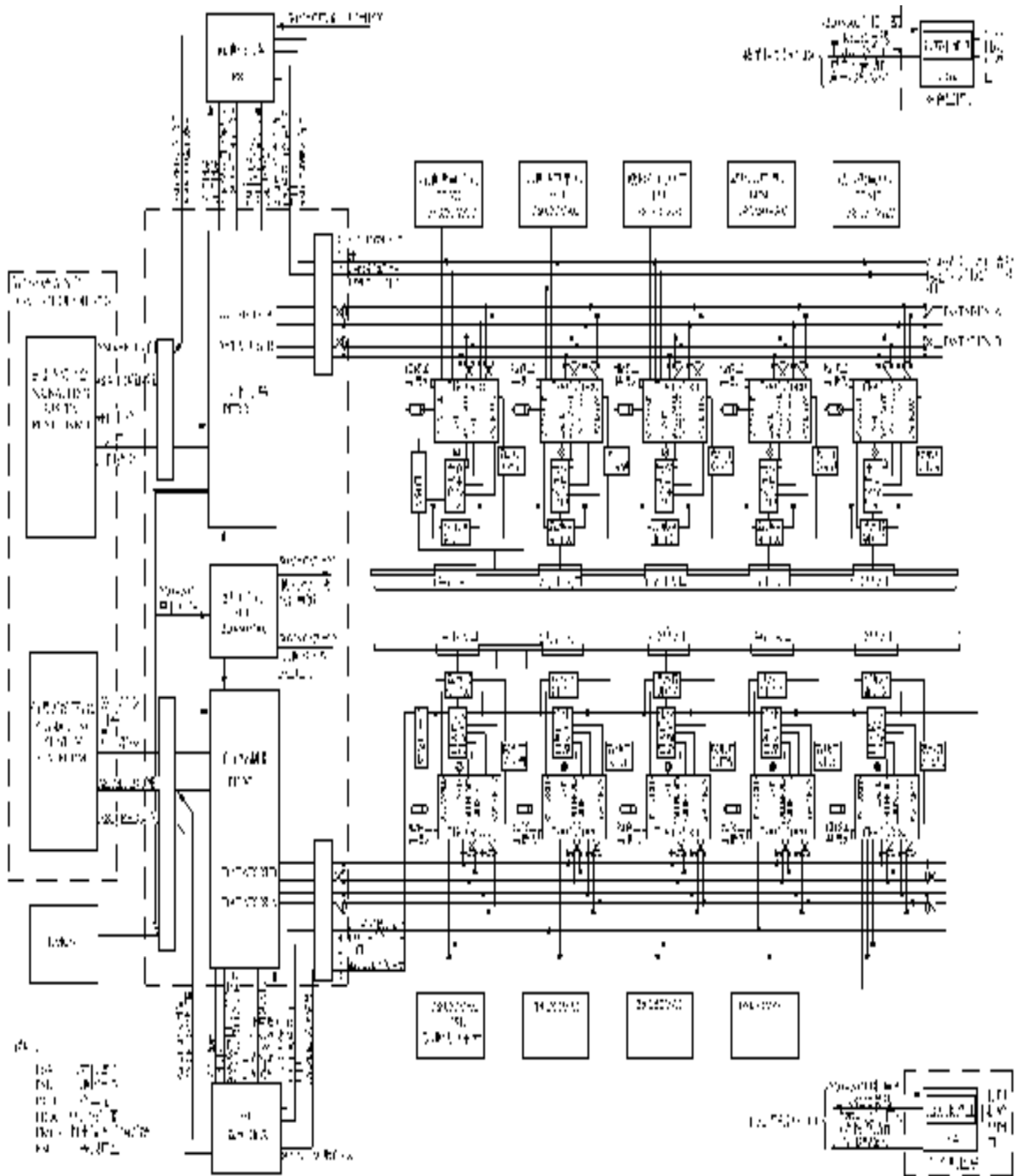


图 1-4 屏蔽门控制系统

1.2.1.3 电源装置

每个车站配置一套电源装置，给屏蔽门驱动及控制设备供电，主要由不间断电源(UPS)、蓄电池组和开关柜等组成。

1.2.1.4 控制系统

屏蔽门控制系统（见图 1-4）由中央接口盘 (PSC)、就地控制盘 (PSL)、远方报警盘 (PSA)、门控单元 (DCU) 和连接这些装置的通信网络、接口控制部件构成，系统内部连接有现场总线和硬线两种形式。侧式和岛式站台的屏蔽门控制系统由两个控制子系统组成，一岛两侧式站台（公园前站）的屏蔽门控制系统则由 4 个控制子系统组成。每个车站的 PSC 由两个屏蔽门单元控制器 (PEDC) 及 PEDC 与系统内其他设备、接线端子、接口设备、PEDC 的控制配电回路组成。

除公园前站设置两个 PSC 外，其他车站均设置一个 PSC。屏蔽门系统重要的状态及信息可以通过与 EMCS（机电设备监控系统）系统的接口上传至车站控制室操作终端及 OCC（控制中心）。

1.2.2 系统功能及控制

1.2.2.1 屏蔽门系统具有的功能

1. 提高了地铁运营的安全性

屏蔽门可防止乘客因拥挤或意外掉下轨道，保证站台乘客候车安全。

2. 节能

屏蔽门将站台候车区域与列车行驶隧道区域隔离开，避免了列车运行活塞风进入站台，减少了站台区域气流热交换，降低了空调能耗，节省了运营费用。

3. 提高了车站环境的舒适性

屏蔽门将站台候车区域与列车行驶隧道区域隔离开，减少了列车行驶噪音和活塞风对站台候车乘客的影响，提高了车站环境的舒适性。

4. 提高了运营效率

站台设置屏蔽门后，列车可以快速进站，提高了运营效率，并为以后地铁线路实现无人驾驶创造了条件。

1.2.2.2 屏蔽门系统的控制

屏蔽门控制系统具有以下控制及监视功能：

1. 系统级控制

系统级控制是在正常运行模式下由信号系统直接对屏蔽门进行控制的方式。在系统级控制方式下，列车到站并停在允许的误差范围内时，信号系统向屏蔽门发送开/关门命令，控制命令经信号系统 (SIG) 发送至屏蔽门单元控制器，单元控制器通过 DCU 对门体进行实时控制，实现屏蔽门的系统级控制操作。

2. 站台级控制

站台级控制是由列车驾驶员或站务人员在站台 PSL 上对屏蔽门进行开/关门的控制方式。当系统级控制不能正常实现时，如 SIG 故障、单元控制器对 DCU 控制失败等故

障状态下，列车驾驶员或站务人员可在 PSL 上进行开门、关门操作，实现屏蔽门的站台级控制操作。

3. 手动操作

手动操作是由站台人员或乘客对屏蔽门进行的操作。当控制系统电源故障或个别屏蔽门操作机构发生故障时，站台工作人员在站台侧用钥匙或乘客在轨道侧用开门把手打开屏蔽门。

4. 远程监视

屏蔽门系统在站台上设置有 PSA，可以对屏蔽门系统自身的状态进行监视及故障报警，具体故障可以细分到模块级。屏蔽门系统通过与机电设备监控系统（EMCS）间的接口，向车站控制室及 OCC 发送重要的屏蔽门系统状态信息。实现了在车站控制室及 OCC 对屏蔽门系统状态的实时监视。

5. PSC 的功能

PSC 是整个控制系统的核心单元，主要由屏蔽门单元控制器（PEDC）及外围接口组成，是整个系统对外、对内的控制枢纽。PEDC 作为单列屏蔽门服务器使用，向各个门控单元发送控制命令。同时，PSC 也为屏蔽门系统与其他系统提供接口模块，包括与信号系统及 EMCS。它负责整个网络的控制和监视整个系统的工作过程，实现系统内部信息的采集、传输、汇总和分析，并实现系统内部 PSL、监视装置和 DCU 各单元之间以及与 EMCS 系统或信号系统之间的信息交换。

6. PSL 的功能

PSL 设置于车站每侧站台的列车出站端站台设备区侧（见图 1-5）。PSL 采用了壁挂式安装。当信号系统或其他原因导致系统级控制失效时，可由人工进行就地控制，利用 PSL 设备向 DCU 发送命令，以实现屏蔽门的控制，对屏蔽门系统与信号系统之间的互锁进行解除或恢复。

7. PSA 的功能

PSA 设置在每侧站台的监控亭中（见图 1-6），主要负责对屏蔽门系统各单元状态的监视及故障报警的功能。PSA 人机界面设计科学、清晰，可以对每个屏蔽门单元、UPS、电源、电机、DCU 的状态及故障进行查询、记录及记录下载。在 PSA 中可以对屏蔽门每个单元的各设备故障进行查询及故障、运营记录下载。

8. DCU 的功能

屏蔽门中的每道滑动门均配置一个 DCU，安装于门体上部的顶箱内。DCU 的主要功能是执行 PSC 和 PSL 的控制命令，控制门体按照预先设定的运动曲线进行启动、加速、减速或制动；并可以通过传感装置监视门体的运动速度、行程开关及门锁上的开/关状态信息，DCU 可以将收集的信息进行分类综合，并发送给 PSC。



图 1-5 就地控制盘 (PSL)