

高速公路机电系统

GAOSUGONGLU JIDIANXITONG

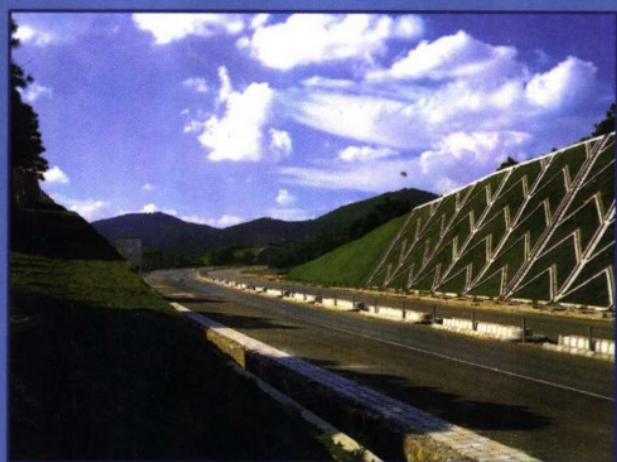
翁小雄 编著

王彦卿 审



人民交通出版社

策划编辑：张 斌
责任编辑：蔡培荣
封面设计：涂 浩



ISBN 7-114-03625-6



9 787114 036255 >

ISBN 7-114-03625-6

U·02621

定价：35.00 元

高速公路机电系统

Gaosu Gonglu Jidian Xitong

翁小雄 编著

王彦卿 审

人民交通出版社

北京

内 容 提 要

本书主要介绍了我国高速公路机电系统各方面的技术知识,包括交通监控系统、通信系统、收费系统、照明系统、隧道安全运行保障系统以及电磁兼容性的有关问题,同时还简略地介绍了智能交通系统的部分内容。全书内容翔实,通俗易懂,适合于从事高速公路机电工程建设和营运管理工作的工程技术人员,以及与交通工程和道路交通管理相关专业的大学高年级学生学习参考。

图书在版编目(C I P)数据

高速公路机电系统/翁小雄编著. —北京:人民交通出版社, 2000. 5
ISBN 7-114-03625-6

I. 高… II. 翁… III. 高速公路-公路运输-机电系统:自动化系统 IV. U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 23504 号

高速公路机电系统

翁小雄 编著

王彦卿 审

正文设计:王秋红 责任校对:尹 静 责任印制:张 凯

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷厂印刷

开本:787×980 1/16 印张:24 字数:400 千

2000 年 9 月 第 1 版

2000 年 9 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001-4000 册 定价:35.00 元

ISBN 7-114-03625-6

U · 02621

新华书店
PDG

序

改革开放后,特别是近十年来,我国高速公路建设取得前所未有的成就,截止到1999年底,公路通车里程达133.6万公里,高速公路通车里程突破1万公里,达11605km。上述成绩的取得,对推动国民经济的高速发展提供了良好的交通运输环境。

与此同时,公路建设的高速发展和巨大成就给我们带来新的课题和压力。高速公路与普通公路的差异不仅仅在于道路线形和质量的不同,最大的不同在于高速公路需要一整套交通工程设施,特别是机电工程设施进行营运管理,以充分发挥高速公路“车速快、流量大、运效高、安全好”的优势。

机电工程设施是以电子、通信和控制等高新技术为主的机电集成系统,它实施交通监控、公路通行收费、信息传输、隧道安全运行保障和道路照明等功能。对道路建设者而言,这是一门过去很少接触的行业。近十年来广东省已引进不少国外先进机电系统和设备,如何将国外先进技术与我国道路运行管理的实际需求结合起来,建设一个有效的实用的高速公路运行管理系统,是我们一直在努力探索和思考的问题。十多年的经验教训告诉我们,培养一大批熟悉高速公路营运管理、精通机电技术、能独立设计、建造、运行和维护管理高速公路机电系统的技术骨干队伍,是高速公路建设和管理可持续性发展的关键。

本文作者曾经参与广东省高速公路机电工程建设,在实践的基础上,编写了《高速公路机电系统》一书。此书比较全面地阐述高速公路各个机电系统的功能、工作和结构;内容翔实,图文并茂,有一定的深度,是一本可供公路机电技术人员参考的优秀技术书籍。高等院校交通工程专业目前开设“交通工程设施”课程的尚不多见,也需要一本类似的书籍作为教材。

我衷心希望有更多的科技人员能编写出各种类型的公路机电技术方面的书籍,以提高现有公路技术人员的素质,培养大批公路机电技术人才,为我国高速公路的持续发展提供坚实的理论基础。

牛和恩

1999年12月

前 言

随着道路的建成通车,高速公路营运管理所必需的交通工程设施——机电系统显得日益重要。虽然机电工程在整个高速公路建设投资中仅占一小部分,但它可充分发挥高速公路“**高速、高效、安全、舒适**”的特点,提高营运管理效率,使高速公路真正成为国民经济物资流通不可缺少的大运量高效率运输大通道。我们在参加高速公路机电工程建设项目中,深感这一工作领域的很多内容是以往的公路建设从未接触过的。为了让工程技术人员系统地了解高速公路的整体功能,建立一个有效的经济的高速公路管理体系,有必要对它作一个比较全面的介绍。

高速公路机电工程涉及的专业领域较广,内容很多,特别是计算机信息技术的飞速发展,高速公路机电工程在空间和时间上都有了质的变化,它还与道路工程建设和高速公路营运管理有着非常密切的联系,这些都使得编写的难度加大。本书几经波折,在交通出版社的大力支持下,终于与读者见面。

本书主要介绍了我国高速公路机电系统各方面的技术知识,它包括交通监控系统、通信系统、收费系统、照明系统、隧道安全运行保障系统,以及电磁兼容性问题,同时还简略地介绍了智能交通系统的部分内容。本书着重介绍高速公路机电系统所涉及的基本原理和基础技术知识,力求成为一本内容充实、通俗易懂的参考书。它适合于从事高速公路机电工程建设和营运管理工作的工程技术人员,以及与交通工程和道路管理相关专业的高年级学生学习参考。

本书在编写过程中,得到交通系统各部门的领导和工程技术人员的大力支持,特别是要感谢广东省交通厅、广东省公路建设公司、广州市环城高速公路公司、宁沪高速公路公司和华南理工大学交通学院给予的支持和资助。本书承蒙牛和恩同志的多方鼓励,并亲撰序言;承蒙王彦卿同志于百忙中抽空详加审核,并对内容和观点提出很多宝贵的修改意见,在此一并表示衷心的感谢。

我还要向我的先生罗友乔表示真挚的谢意,他为本书的整体框架和内

容筛选提出很多有益的建议,并参预不少事务性工作,使本书能够成为一本内容比较充实、又相对通俗易懂的工程技术参考书。

高速公路机电系统专业覆盖面广,综合性强,是一门正在迅速发展中的新兴技术。由于作者水平有限,本书疏漏、不足之处在所难免,恳请同行和读者指正。

编 者

1999 年 12 月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 高速公路	1
1.1.1 高速公路特点	1
1.1.2 高速公路营运管理	2
1.1.3 我国高速公路建设面临的任务	3
1.1.4 高速公路组成	3
1.2 高速公路道路设施	4
1.2.1 主干道路	4
1.2.2 立交和匝道	5
1.3 机电系统	6
1.3.1 系统组成	6
1.3.2 各子系统功能简介	7
第2章 交通监控系统	11
2.1 概 述	11
2.2 监控对象——交通流	14
2.2.1 交通流特性	15
2.2.2 交通流参数	16
2.2.3 参数间的相互关系	18
2.2.4 交通流作为监控对象的属性	22
2.3 干扰分析	23
2.3.1 道路环境干扰	24
2.3.2 交通环境干扰——交通事件	26
2.3.3 气象环境干扰	28
2.4 交通监控	31
2.4.1 信息采集	32
2.4.2 信息处理	34
2.4.3 控制策略	39

2.4.4	执行控制	44
2.4.5	交通监控特点	46
2.5	交通检测设备	46
2.5.1	环形线圈	47
2.5.2	超声检测器	50
2.5.3	红外检测器	52
2.5.4	微波交通检测器	54
2.5.5	视频车辆检测器	56
2.5.6	车辆磁映像检测器	57
2.5.7	车重检测器	59
2.5.8	几种交通检测器比较	62
2.6	环境监测(视)	62
2.6.1	交通事件管理和探测	62
2.6.2	闭路电视交通监视系统(CCTV)	66
2.6.3	交通事件视频管理系统	70
2.6.4	气象和道路环境检测器	72
2.6.5	路面状态和气象信息系统	76
2.6.6	环境检测	78
2.6.7	设备状态监视	80
2.7	系统结构和监控中心主要设备	82
2.7.1	监控系统组成	82
2.7.2	现场监控站	83
2.7.3	可变信息显示子系统	85
2.7.4	大型显示系统	90
2.7.5	监控(分)中心计算机系统	92
2.8	交通监控展望	98
2.8.1	对监控目标的认识和提高质量的途径	98
2.8.2	先进交通信息子系统	100
2.8.3	自动化公路系统 AHS	103
第3章	通信系统	109
3.1	概述	109
3.1.1	高速公路专用通信	109
3.1.2	通信基本知识介绍	111

3.2 紧急电话系统	115
3.2.1 紧急电话工作概况	115
3.2.2 紧急电话亭	116
3.2.3 系统控制台	117
3.3 程控数字交换系统	119
3.3.1 程控数字交换系统概述	119
3.3.2 模拟信号数字化	121
3.3.3 多路复用、复接技术	124
3.3.4 数字信号的基带传输	128
3.3.5 程控数字交换机基本构成	130
3.3.6 程控数字交换系统的质量要求	134
3.4 数据通信系统	137
3.4.1 数据通信概述	137
3.4.2 传输差错控制技术	140
3.4.3 数据链路传输控制规程	142
3.4.4 数据通信网络	145
3.4.5 数据交换	147
3.4.6 数据通信网的通信协议	149
3.4.7 公路数据通信网的特点	151
3.5 光纤数字通信系统	154
3.5.1 概 述	154
3.5.2 光纤和光缆	155
3.5.3 光纤通信主要设备	160
3.5.4 光同步数字通信网	162
3.5.5 公路光纤数字通信网络	170
3.6 视频图像传输系统	170
3.7 移动通信	172
3.7.1 公路交通对移动通信的需求	172
3.7.2 移动通信概述	173
3.7.3 公用移动通信网	177
3.7.4 集群移动通信系统	182
3.7.5 专用短程移动通信	185
第4章 收费系统	186

4.1 概 述	186
4.1.1 我国高速公路的特征	186
4.1.2 收费制式	187
4.1.3 收费对象	190
4.1.4 对收费系统的要求	191
4.2 收费方式	192
4.2.1 通行券	192
4.2.2 付款方式	199
4.2.3 车型分类	202
4.2.4 收费车道特征	205
4.2.5 自动化程度	205
4.3 半自动收费系统和收费站	206
4.3.1 收费系统组成和功能	206
4.3.2 收费站主要参数选择	207
4.3.3 收费系统性能指标	213
4.3.4 收费系统选型	217
4.4 收费车道设备	218
4.4.1 收费车道设备概述	218
4.4.2 收费设备	219
4.4.3 车型自动分类设备	226
4.4.4 监控设备	229
4.5 收费操作和收费广场	233
4.5.1 封闭式半自动收费操作流程	233
4.5.2 收费广场与监控楼	238
4.5.3 收费实时监视与控制	239
4.5.4 数据采集与处理	241
4.5.5 财务结算	243
4.5.6 广场计算机系统	245
4.6 收费管理中心	246
4.7 电子收费系统	253
4.7.1 概述	253
4.7.2 车道微波通信系统	258
4.7.3 车辆检测分类系统	264

4.7.4 逃费取证处理系统	265
4.7.5 ETC 车道控制系统	268
4.7.6 ETC 网络体系后台组成和功能	268
4.7.7 ETC 数据传输网络和专用软件	270
4.8 区域收费	271
4.8.1 概述	271
4.8.2 影响区域收费的因素	275
4.8.3 区域收费管理系统	280
第 5 章 照明系统	284
5.1 概 述	284
5.1.1 主车道全程照明的必要性	284
5.1.2 视觉可靠性和光环境	285
5.2 照明设备	289
5.2.1 电光源(灯泡)	289
5.2.2 灯具	291
5.2.3 路面结构对路面亮度的影响	2977
5.3 主车道道路照明	299
5.3.1 道路照明设置和要求	299
5.3.2 主车道照明	300
5.3.3 大桥照明	304
5.4 隧道照明	305
5.4.1 隧道的视觉环境	305
5.4.2 隧道照明对策	306
5.4.3 隧道照明方式	309
5.4.4 照明控制和维护	311
5.5 立交和广场照明	312
5.5.1 立交照明特点和要求	312
5.5.2 高杆照明	312
5.5.3 立交照明布置	314
5.5.4 广场照明	316
第 6 章 隧道安全运行保障系统	318
6.1 系统概况	318
6.2 隧道交通监控	319

6.3 隧道通风	322
6.3.1 隧道内的空气环境	322
6.3.2 自然通风	327
6.3.3 机械通风	331
6.4 隧道消防	337
6.4.1 隧道火灾	337
6.4.2 监测报警	339
6.4.3 灭火	342
第7章 电磁兼容性	345
7.1 电磁干扰	345
7.2 接地	349
7.2.1 接地平面与接地方式	349
7.2.2 地回路干扰及接地点的选择	351
7.2.3 接地的电磁兼容性要求	355
7.3 屏蔽与滤波	357
7.3.1 屏蔽技术	357
7.3.2 滤波技术	359
7.4 雷电防护	362
7.4.1 雷电的危害	362
7.4.2 雷电放电的主要参数	363
7.4.3 雷电防护技术	363
参考文献	367

第1章 绪 论

公路是国民经济的大动脉,是国家交通基础设施。高速公路以“高速”的突出优势成为公路运输的主要交通设施。例如,美、德、法三国高速公路里程分别占各自国家公路总里程的 1.4%、1.7% 和 0.9%,但承担的运输量却占公路总运量的 23%、25% 和 5%。

我国经过近 20 年的努力,高速公路建设已从无到有,取得丰硕成果。据不完全统计,截止到 1999 年底,我国高速公路通车总里程已达 11 000km。全国正在努力建设以高速公路为主框架的公路网络,为经济持续高速发展创造一个良好的交通运输环境。

作为交通设施的高速公路包括道路和交通工程设施两大系统,而机电系统又是交通工程设施的重要组成部分。它是为适应高速公路运行特点和营运管理要求而建立的,是保证高速公路交通运输正常运行和充分发挥道路通行能力的必要管理工具。

1.1 高速公路

1.1.1 高速公路特点

高速公路是专供汽车分向、分车道行驶并全部控制出入的干线公路。我国高速公路与普通公路相比,在运行和建造上具有下述特点:

- 运行 车辆在高速公路行驶的突出特点是车速快,行车时间短。我国高速公路的最高设计车速一般为 100~120km/h,比普通公路车速约高一倍,行车时间也将相应地减少。其次是通行能力大。我国城间高速公路多为双向四车道和六车道,四车道年平均昼夜交通量为 25 000~55 000 辆/日;六车道为 45 000~80 000 辆/日。三是运输效率高。与普通公路相比,高速公路行车时间约可节省一半,油料约可节省 20%~35%,相应的车辆损耗和维护费用也要降低,运输效率提高较大。第四个特点是安全舒适。据不完全统计,正常管理下的高速公路每一亿车辆公里的交通事故次数约

为普通公路的 30%，受伤人数为 35%~45%，死亡人数约为 40%~50%，即安全性优于普通公路。高速公路线形标准、路面质量和服务水平都优于普通公路，其行车舒适性当然也要好些。高速公路运行特点可归结为“高速、高效、安全、舒适”。

● 建造 高速公路占地多。双向四车道公路护栏内宽度约为 32m，六车道约为 40m，加上各种附属设施（如收费站及其匝道和服务区等），100 公里高速公路占地面积约为 3.5~4.5km²。其次是投资大。高速公路建设费用由四部分组成：土地费、拆迁费、道路建设费和交通工程建设费，四部分总和使建设耗资巨大，每公里平均建设投资超过 1 千万元。

1.1.2 高速公路营运管理

根据国情，我国采取“筹资建路——收费——还贷——再建路”的滚动模式发展高速公路。建设资金采取国家拨款、地方自筹、引进外资和发行股票等多种渠道筹资。公路开通营运后，使用道路的车辆一律按章征收通行费，以付息还贷，支付管理维护费用等。这样，高速公路营运管理具有明显的经营性质。收费成为公路管理部门的一项重要职责，收费道路是我国高速公路的重要特征。

高速公路与普通公路相比，主要不同处是“高速”和“收费”。“高速”使用户节省行车时间、提高运输效益。因此，车辆争相使用高速公路，需求增加使车辆密度不断上升，当供求失衡或某种异常事件发生（如主车道收费服务时间过长或发生交通事故），极易产生车道挤塞，短时内即可形成排队长龙。大雾时，高速公路上可能因“高速”无法躲闪而造成数十辆车尾撞或更大的交通事故。由此看出：“高速”和“车多”给行车“安全”和道路“畅通”带来一定的潜在威胁，要想“安全”和“高速”兼得，必须采用现代化的交通管理。

“收费”是高速公路的主要财政收入，应该把该征收的通行费一文不漏地收到手。但是，办理“收费”需要时间，必然产生行车延误，对“高速”造成一定的障碍。由上述分析不难看出：避免和迅速排除交通挤塞，保持高速公路“高速畅通”和快速“收费”是高速公路有别于普通公路的一种特殊管理要求。

要发挥高速公路优势，在管理上应该要求：获取交通信息要“快”和“准”；对交通事件反应要“快”和“准”；收费工作也要“快”和“准”。对线路长达数十或数百公里的高速公路，要做到三个“快”和“准”，单凭人力无法完

成,必须采用由先进的技术设备所组成的系统(交通监控、收费、通信、照明、隧道和供配电系统)协助高素质的管理人员来完成。这些系统在建造过程称为“机电工程”;在运行管理过程则称为交通工程设施或简称机电系统。因此,高速公路的管理除了普通公路常见的道路养护、路政、营运服务等管理外,还要加上交通监控、收费和信息管理。整个管理是一种现代化管理,具有如下特点:

- 信息(数据)管理是通过及时采集、处理各种数据,获取业务信息;并凭借通信工具进行近程和远程动态处理,实现有效管理;
- 机电系统成为管理人员的重要工具;
- 高素质管理人员是实现现代化管理的必要条件。

1.1.3 我国高速公路建设面临的任务

我国现有的高速公路里程还不能适应国民经济高速发展的需要,不能满足人民提高生活水平的愿望。在今后一段时期内的首要任务仍然是建设更多的高速公路,发展道路体系,形成区域道路网络。

我们也应清晰地看到:已建成的高速公路,管理尚不完善,高速公路的潜力未得到充分发挥。管理不完善体现在交通工程设施不配套和管理人员缺乏管理经验。主要由于建设资金不足,部分道路也由于交通量还未达到设计标准,因而交通监控、通信和照明等系统或未上,或功能较简单;收费系统还有采用人工收费或计算机辅助人工收费的。缺乏有效的管理手段,高速公路的突出功能就不可能得到充分的发挥。面临的迫切任务是跳出普通公路的管理模式,清醒认识作为有效管理工具的机电系统与高速公路功能间的关系,建立完整的高速公路管理体系。对于已建成的交通量较大的高速公路,迅速建设配套的完善机电系统,充分发挥它们的潜力。

需要制定一套综合技术体系,以适应高速公路建设过程各阶段的需要。制定与机电系统有关的技术标准和规范是体系内容之一。例如半自动收费系统要求自动判别车型,适合自动判别的车型分类规范就应及时制定。又如我国沿海的少数省份,高速公路正在逐渐形成路网,交通量迅速提高,主道收费站前已出现颇为严重的拥挤。为了减轻拥挤,合并主道收费站,各公路公司联网实行区域统一收费提上议事日程;有关区域收费标准和规范的制定,也成为刻不容缓的任务。

1.1.4 高速公路组成

高速公路交通运输是一个综合系统,由公路交通设施、车辆和人组成。