

高速公路机电工程丛书

高速公路监控系统 理论及应用

赵祥模 靳引利 张洋 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

[http:// www.phei.com.cn](http://www.phei.com.cn)

华北水利水电学院图书馆



206198149

U491.1

Z334

高速公路机电工程丛书

高速公路 监控系统理论及应用

赵祥模 靳引利 张 洋 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

619814

内容提要

本书共分十一章。第一章介绍高速公路交通监控系统的总体构成、基本功能及所涉及的技术范围;第二章介绍高速公路交通监控系统的基本理论;第三章介绍高速公路交通事件基本概念、引起交通事件的原因及其对策;第四章介绍交通监控计算机网络基础知识;第五章到第九章介绍高速公路监控系统的各主要子系统,包括:道路条件检测系统、交通事件检测系统、交通视频监控视系统、交通控制系统、交通诱导信息显示系统;第十章介绍监控系统的工程实施及质量控制;第十一章结合现代通信技术的发展,在 ITS 为基本框架下对交通监控系统的未来发展趋势作了介绍。

本书可作为大专院校相关专业本科生和研究生的教材,也可以作为高速公路管理部门、监控系统工程技术人员及科研人员的参考用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

高速公路监控系统理论及应用/赵祥模,靳引利,张洋编著. —北京:电子工业出版社,2003.11
(高速公路机电工程丛书)

ISBN 7-5053-9282-4

I. 高… II. 赵…②靳…③张… III. 高速公路—监测系统:控制系统 IV. U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 098433 号

责任编辑:夏平飞 马文哲 特约编辑:吕亚增

印 刷:北京天竺颖华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×980 1/16 印张:19 字数:427 千字

版 次:2003 年 11 月第 1 版 2003 年 11 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:29.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。



改革开放以来,我国的国民经济有了快速的发展,国民生产总值持续高速增长,人民生活水平进一步提高。在经济发展的过程中,公路交通工具的数量也快速增加,加大了公路交通的压力,公路交通设施已经不能适应经济发展的要求,成为制约国民经济发展的“瓶颈”。

近几年,我国加大了对交通基础设施的建设力度,高速公路总里程快速增长,通车里程已超过 25000km,成为世界第二大高速公路拥有国。随着高速公路的不断竣工和投入运行,高速公路管理工作越来越受到重视,以提高高速公路服务质量和效益为目标的高速公路监控系统也快速发展起来。

本书总结了作者多年来在高速公路监控系统研究、设计、建设和管理方面所取得的成果和经验,立足于交通控制理论与高速公路监控系统工程的结合,力图提供高速公路监控系统工程的全貌,为大专院校相关专业本科生、研究生以及从事高速公路管理、交通监控系统研究、设计与开发的人员提供一本较好的参考用书。全书共分十一章。第一章介绍高速公路交通监控系统的总体构成、基本功能及所涉及的技术范围;第二章介绍高速公路交通监控系统的基本理论;第三章介绍高速公路交通事件基本概念、引起交通事件的原因及其对策;第四章介绍交通监控计算机网络基础知识;第五章到第九章介绍高速公路监控系统的各主要子系统,包括:道路条件检测系统、交通事件检测系统、交通视频监控系统的、交通控制系统、

交通诱导信息显示系统;第十章介绍监控系统的工程实施及质量控制;第十一章结合现代通信技术的发展,在 ITS 为基本框架下对交通监控系统的未来发展趋势作了介绍。在本书的编写过程中,参考了许多国内外资料,在交通监控理论方面引用了国内学者著作的相关内容,在此向原作者表示衷心的感谢。

目前,将高速公路监控系统的基本理论与工程实际紧密结合的书籍还比较少,难以满足工程设计、管理及施工人员的实际工作要求,在这种情况下,作者希望本书能为高速公路交通监控技术的发展尽绵薄之力,起到抛砖引玉的作用。

本书由赵祥模、靳引利、张洋编著。第一章、第四章、第七章由靳引利编写;第二章由许宏科编写;第三章、第五章由张洋编写;第六章、第八章、第十一章由赵祥模编写;第九章由关可编写;第十章由关可、孙宏琦编写;最后由赵祥模、靳引利、张洋统稿。另外,参加本书部分编写、校对及图表绘制工作的还有:施维颖、王建平、赵建有、邓明、朱岩、李明利。

在本书的编写过程中,长安大学信息工程学院的领导和同志们给予了许多的关心和支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促和作者水平有限,书中难免有些错误和不足之处,敬请广大读者和同行批评指正。

作者

2003 年 8 月

目录

第一章 高速公路交通监控	1	与对策	
系统概述		第一节 交通事件概述	31
第一节 高速公路交通监控	1	第二节 交通事故	36
系统的背景		第三节 交通拥挤	40
第二节 高速公路交通监控	2	第四节 交通事件对策	46
系统的意义和目标		一、交通拥挤对策	46
第三节 监控系统的功能和结构	6	二、交通事故对策	47
一、监控系统的功能	6	第四章 交通监控计算机	50
二、监控系统的组织结构	8	网络基础	
第四节 高速公路交通监控	11	第一节 计算机网络概述	50
系统涉及的技术		一、计算机网络的功能	50
第二章 高速公路交通监控	13	二、计算机网络系统的组成	51
与管理基本理论		三、网络的拓扑结构	53
第一节 高速公路的特征	13	四、以太网技术	55
第二节 交通监控与管理基本	15	五、子网划分及 IP 管理	56
概念		第二节 计算机网络通信设备	60
第三节 交通流基本参数模型	19	一、网络接口卡	60
一、交通流基本参数模型的	20	二、集线器	64
概念		三、网络交换机	68
二、车速与密度模型	21	四、路由器	74
三、交通量与密度模型	21	第三节 网络资源设备	81
四、交通量与车速模型	22	一、网络服务器	81
五、交通流基本参数的其他	22	二、网络存储系统	91
模型		第四节 网络操作系统	102
第四节 微观交通模型	23	一、操作系统的概念	102
(跟车模型)		二、操作系统的组成	103
第五节 宏观稳态交通模型	24	三、操作系统的结构	103
一、递推模型	25	四、操作系统的功能	106
二、起始—到达模型	25	五、网络操作系统的特点	107
三、起始—终点模型	25	六、网络操作系统的主要	108
第六节 宏观动态交通模型	26	产品	
一、动态密度模型	27	第五节 监控系统应用软件	112
二、动态流量模型	27	一、通信模块	112
三、动态速度模型	28	二、交通监控模块	113
第三章 高速公路交通事件	31	第五章 道路条件检测系统	115

第一节 气象条件检测	115	七、车重检测器	156
一、气象条件对交通的影响	115	第七章 交通视频监视系统	159
二、气象条件检测设备	117	第一节 视频监视概述	159
第二节 道路状态检测	119	第二节 视频摄像子系统	160
一、路面状态对交通流的影响	119	一、摄像机与镜头	162
二、路面状态检测仪器	121	二、云台与防护罩	164
第三节 道路环境检测	124	三、一体化摄像机	166
第四节 道路条件检测系统	125	四、摄像机立柱	166
一、道路条件检测系统的构成	125	第三节 图像传输子系统	167
二、道路条件数据采集站	126	一、近距离传输	168
三、通信计算机	128	二、远距离传输	168
四、道路条件检测系统的工作环境	128	第四节 视频显示和输出	169
第六章 交通事件检测系统	130	一、视频分配放大器	170
第一节 交通事件检测方法	130	二、监视器和电视墙	170
一、事件检测方法的评价指标	130	三、长延时录像机	171
二、基于区间平均速度的拥挤检测	131	四、硬盘录像机	172
三、基于占有率的拥挤检测算法	132	第五节 控制子系统	173
四、基于检测器的脉冲数据的拥挤检测算法	133	一、主控制台(总控制台)	174
五、加利福尼亚算法和算法 7	135	二、副控制台	175
六、Mc Master 算法	136	三、视频矩阵切换器	176
七、标准正常偏差法	140	四、控制键盘	177
八、平滑法	140	五、终端解码箱(解码控制器)	178
第二节 检测设备及工作原理	146	六、画面分割器	179
一、环形线圈	146	七、字符叠加器	182
二、超声检测器	149	第六节 系统安装和调试	182
三、红外检测器	150	一、干扰与抗干扰问题	182
四、微波交通检测器	152	二、调试	184
五、视频车辆检测器	153	第八章 交通控制系统	186
六、车辆磁映像检测器	155	第一节 控制系统的性能指标	186
		第二节 入口匝道控制	190
		一、入口匝道控制概述	190
		二、简单匝道控制	191
		三、入口匝道交通感应(动态)控制	197
		四、汇合控制	203
		五、入口匝道整体定时控制	206
		第三节 主线控制	210

一、可变速度控制	211	第五节 交通信息显示终端	246
二、可逆车道控制	215	一、模拟地图板	246
三、主线调节控制	216	二、大屏幕投影	247
第四节 通道控制	216	三、视频打印机	248
一、高速公路通道控制的概念	216	四、CRT 显示器	248
二、通道控制战略	218	五、参数显示设备	248
三、城市与高速公路结合点控制	219	第十章 监控系统工程实施及质量	249
第五节 高速公路交通的多层分散控制	220	控制	
系统		第一节 监控系统实施程序	249
第九章 交通诱导信息显示系统	225	一、可行性研究	249
第一节 概述	225	二、计划任务书	249
一、诱导信息的内容	225	三、建设地点的选择	249
二、驾驶员的交通信息需求	226	四、编制设计文件	249
三、诱导信息的一般准则	227	五、建设准备	250
四、诱导信息的可靠性	228	六、计划安排	250
五、诱导信息的作用	228	七、工程实施	250
第二节 诱导系统的信息组成	228	八、生产准备	251
一、诱导标志信息组成部分及说明	229	九、竣工验收	251
二、诱导信息的设计	230	第二节 监控系统的设备采购及监造	251
三、引导标志信息组成部分	233	一、设备采购	251
四、预告标志组成部分	233	二、主要设备的监造和验收	251
五、公路诱导无线电的预告标志	233	三、设备交运前质量检查	252
第三节 可视诱导标志的用途、分类及	234	四、设备的运输	252
特征		五、设备的开箱验收和仓储	252
一、可视信息标志的用途	234	第三节 工艺要求和技术措施	253
二、单一信息标志	234	一、定制电子设备的工艺要求	253
三、可变信息标志	235	二、设备机箱、电视柜、操作台的工艺	253
四、可移动信息标志	239	要求	
第四节 信息显示与信息提供装置设置	240	三、设备安装的基本要求	254
方法		四、设备安装	254
一、信息显示时机	240	五、线缆槽、桥架的安装	254
二、信息显示格式	241	六、机房内盘、箱、柜、桌的安装	255
三、信息的分割	241	七、电缆施工工艺	256
四、信息冗余	242	八、光缆施工工艺	258
五、信息提供装置设置准则	242	九、环形检测线圈的施工工艺和要求	259
六、信息提供装置	243	十、外场摄像机的安装工艺	259

十一、接地和固定	259	二、GIS 的工作原理	281
第四节 监控系统质量控制和进度管理	260	三、GIS 的功能	281
一、质量管理的手段	260	第三节 GSM 和 GPRS	282
二、质量控制	261	一、GSM 系统历史背景	282
三、质量改进	262	二、GSM 系统技术规范	284
四、质量控制的基本思路	263	三、GSM 通信系统	284
五、进度控制	264	四、GPRS 技术	286
六、施工安全	265	第四节 先进的交通管理系统 ATMS	288
第十一章 监控系统新技术	266	一、道路指示信息	288
第一节 GPS 卫星定位技术	266	二、交通监视服务	289
一、GPS 卫星定位技术的发展	266	三、交通控制中心	290
二、GPS 定位系统的组成	267	第五节 先进的车辆系统	294
三、GPS 接收机及其基本工作原理	271	一、汽车黑匣子	294
第二节 GIS 地理信息系统	280	二、车载信息设备	294
一、GIS 的组成	280	三、自动行驶系统	295



第一章 高速公路交通监控系统概述

国民经济与交通有密切的关系,发达国家的成功经验无一例外地证明,汽车与现代社会经济、文化的发展息息相关。汽车业的兴起,不仅改变了人们的时空观念和生活节奏,还拉动了不少相关产业的发展,有效地促进了经济的腾飞。同时,汽车业的兴起也为交通基础设施建设提出了新的挑战,更多的道路和更高的交通管理水平是保证汽车发挥效用的关键,高速公路的建设和基于现代电子技术、信息技术的高速公路管理手段——高速公路交通监控系统更成为交通设施建设和管理部门关注的焦点。

第一节 高速公路交通监控系统的背景

改革开放以来,我国的国民经济有了快速的发展,国民生产总值持续高速增长,人民生活水平进一步提高。在经济发展的过程中,公路交通工具的数量也快速增加,加大了公路交通的压力,公路交通设施已经不能适应经济发展的要求,成为制约国民经济发展的“瓶颈”。

1988年,上海至嘉定高速公路 18.5km 建成通车,实现了中国大陆高速公路零的突破。1998年以后,国家加大基础设施的建设力度,特别是高速公路的建设。例如在 2001年,国家用于公路建设的投资达到 2400 亿元,当年新建高速公路 3000km,使全国高速公路的通车里程达到 19 000km,总长度超过加拿大而位居全球第二。

高速公路的建设和投入使用,提高了公路运输的效率,使公路运输时间大幅度缩短,在加快改革开放、推动社会进步、振兴国家经济、促进运输结构日臻完善、巩固国防等方面发挥了巨大的作用。

高速公路与一般公路相比具有鲜明的经济技术特征,是公路交通先进生产力的集中体现。高速公路的发展水平是一个国家经济实力和经济发展水平的重要标志之一,同时也是—个国家经济发展活力的重要标志。世界上经济发达的国家无一不是高速公路发展水平较高的国家,美国、加拿大、德国、法国、意大利等国家高速公路的总里程和其在公路中所占的比例,均名列世界前茅。21 世纪,中国经济的发展质量、水平和速度,将进入一个全新的历史阶段,步入一个更为健康和快速的轨道。经济的发展对公路的总量和质量会有更高的要求。

根据交通部“十五”发展计划,到 2005 年,中国的公路总里程达到 1600 000km,其中高速公路将达到 25 000km,而实际的建设速度远远高于计划速度,到 2002 年,我国建成的公路已达到 1765 000km,其中高速公路达到 25 130km。从图 1-1 可以看出我国近年来高速公路的发展建设速度。

高速公路使人们的出行更为方便、舒适、安全和快速,时空观念将有很大改变;货物运输将在信息、组织、集散、运送、服务等方面向快速优质方向发展。高速公路将给经济发展和人

们的社会生活带来更多活力,大大提高经济的发展速度和社会生活的质量。

随着高速公路不断的修建和投入使用,人们开始意识到高速公路的管理与普通公路的管理有着质的区别。高速公路在管理上要求更严格,约束条件更多,才能保证车辆安全快速地通过。这些严格的管理仅仅依靠人工是难以完成的,有必要借助现代化的技术手段辅助管理工作,运用计算机网络技术、通信技术、自动控制技术等手段建立高速公路监测与控制系统已经成为业内人士的共识。

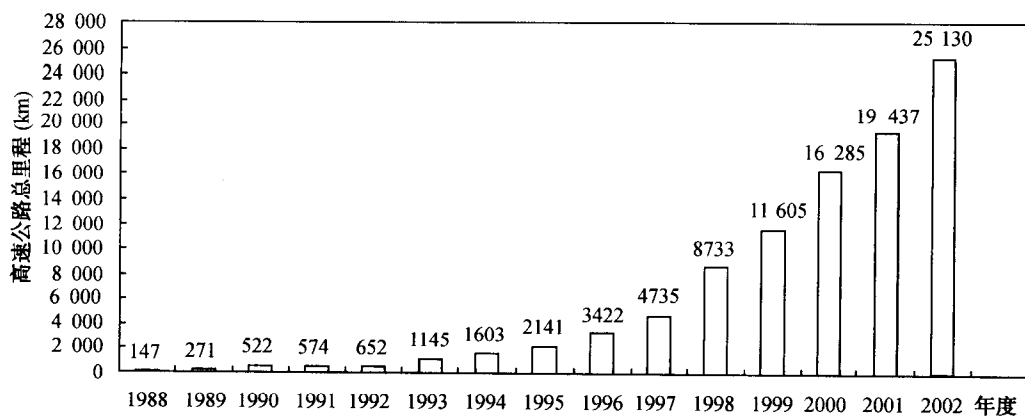


图 1-1 我国高速公路建设速度

第二节 高速公路交通监控系统的意义和目标

交通监控是对高速公路交通流运行状态及其交通设施和交通环境的监测(视)和对交通流行为的控制。由现场监控站和各级监控中心组成监控系统,是实现高速公路运行管理的主要手段。监控系统的目的是保证行车“安全”和道路“畅通”,在此基础上再实现高速、环境保护等其他目标。

1. 监控目标

安全和交通事故相关联,事故不仅造成经济损失,也使车道堵塞,车速降低,行车延误时间加长,无法保持道路的畅通。保证行车“安全”是维持道路“畅通”的前提条件,两者紧密相关。

(1) 最大行车安全

从总体上讲,高速公路安全性优于普通公路。但是,高速公路交通量大,车速高,一旦出现交通事故,车辆的排队长度、堵塞时间、车辆损坏和人员伤亡程度都较普通公路严重,即恶性事故多。大雾天气的偶然驾驶差错,能造成很多车辆尾撞。因此,对高速公路的行车安全应有更高的要求,监控系统将行车安全作为主要工作目标之一。

事故原因主要来自车辆和交通环境两个方面:车辆不安全因素为驾驶员操作差错,酒后

开车和车辆故障失控等;人们将气象恶劣、道路失修和交通事件(各种意外原因使车辆被暂时堵塞)归纳为交通环境干扰产生的不安全诱因。确定各种环境诱因,掌握它们诱发交通事故的机制,监测其状态值,做出预报或预警,采取相应对策是监控工作的任务。

高速公路交通事件出现频繁,事件一旦出现,跟随而来的是偶发性交通拥挤,而且容易诱发成交通事故;由于高速公路偶发性事件产生的地点、时刻具有不确定性,因此,监测交通事件的出现成为安全监控的重点,大型桥梁、隧道等关键交通设施尤其需要重点监控。

(2) 道路畅通

道路畅通指公路没有堵塞现象,车辆能够持续以理想车速运行的状态。这是公路运输最基本也是最重要的条件。实际运行环境存在着各种各样影响道路畅通的干扰因素,交通监控的目标是通过对交通流状态的监视来预防事故发生、减轻拥挤程度、排除堵塞,恢复道路的通畅。

车辆群在公路运行称为交通流,它是主要监控对象。畅通和拥挤是交通流的两种对立运行状态,畅通受到干扰就会转变为拥挤。要维持道路畅通,首先要掌握交通流现时的状态和检测出各种干扰目前的状态和变化趋势;要对所掌握的上述信息进行处理分析,提出能减轻或消除拥挤的控制措施并迅速执行。这里存在两个问题:一是需要了解的信息能否得到,即监控对象和干扰的可测性;二是控制措施能否实施,即对象的可控性。

最常见的道路堵塞现象为常发性拥挤。产生常发性拥挤的基本原因是道路通行能力和交通流量(交通供求双方)不平衡,外界干扰只起激发作用。因此,应及时测出发生拥挤的路段、时刻、性质和程度,对交通流量(需求方)进行调节控制,以维持道路畅通。整个监控过程要求在尽可能短的时间内完成。时滞过长,阻塞车辆增多,排除拥挤更为困难。为此,将由具有快速响应能力的电子器件按自动控制原理组成监控系统,实现消除拥挤的控制作用。但是,对需求方的控制只能通过驾驶员来实现,人所表现的时滞和不准确性使整个过程具有弱控性质,成为交通控制一大特点。

(3) 交通设施状态完好

公路交通设施由路、桥、隧道等土木建筑物和各类机电设备组成。任何设施失效都将使公路运输系统丧失部分功能,影响正常运行。设备失效大都有一個从量变到质变的过程,即存在征兆,采用针对性强的检测器可以探测出来。监控系统应该通过各种检测设备轮回采集主要设施的工作状态,做出评价,当设备发生故障时,系统能快速做出诊断结论,并提供相应的处理方法。

机电工程投资通常占公路总投资的 10%~15%,但它可提高道路通行能力达 30% 以上。机电设备应具有自诊功能,在系统建设时,应明确提出主要机电设备的保护和自检要求,使各个子系统能保持良好的工作状态。

(4) 其他优化目标

为了向用户提供优质服务,使高速公路获取更大的社会 and 经济效益,对监控提出若干优化目标,如用户总旅行时间最少,车辆总行驶距离最大,油耗量小和对环境的污染最小等。人们正在对这些监控方案进行理论研究和系统试验,相信今后能投入使用。

综上所述,监控系统的任务归纳为以下几项:

- (1) 减小高速公路常发性拥挤的影响;
- (2) 减小偶发性拥挤的影响;
- (3) 获得最大的运行安全;
- (4) 提供必要的信息,帮助使用者有效地利用高速公路的各种设施,并减小劳动强度;
- (5) 为车辆提供援助;
- (6) 减小交通事故对环境和人类的危害。

2. 监控系统基本功能要求

监控系统是保证行车“安全”和道路“畅通”,实现高速公路运行管理的重要手段。通过系统迅速掌握交通流和交通环境等多方面信息,科学地管理交通运行;全面制订交通控制方案并评价其效果,预防常发性拥挤的发生,及时制止和纠正交通违章行为;迅速探测出交通事件,对交通事故进行有效排除和救援;定时提出交通运行报表等。近年来随着公路交通管理任务的扩大,监控系统功能也不断增加。如通过监测获取道路冬季使用状态和特大结构应力应变数据,以制订冬季道路养护计划和对大桥实施按需维修等。一般说来,监控系统一般应具有以下基本功能:

- (1) 准确及时采集交通流、交通环境和主要交通设施的各种状态信息;
- (2) 根据已掌握的信息,迅速做出有针对性的处理和优化控制方案,并立即执行;
- (3) 建立多种信息发布渠道,为用户提供信息服务,通过驾驶员调整驾驶行为,达到交通流动态平衡;
- (4) 进行专项监控,如用视频系统监视某大桥的车流通过情况,探测和确认交通事件及冬季路面使用状态监测等;
- (5) 对交通事故能做出快速响应,迅速排除事故根源和提供救援服务;
- (6) 建立道路交通数据库,用以支持道路运行状态状况评价,为改善道路经营和交通管理的决策提供数据分析。

3. 监控过程

交通流的闭环控制系统功能方框图见图 1-2。输出为车辆运行状态,输入为控制指标,受控对象为交通流,道路、交通和气象环境等各种影响交通流的因素作为系统的干扰输入;表征交通状态特征的信息历经采集、处理、决策和执行各个环节,遵循反馈控制原理,按预定指标完成控制任务。

受控对象——交通流的状态特征随路段位置和时间而变化,具体表现为交通量、车速和交通密度等物理量的变化。这些变化由系统内部供求变动和外界干扰造成。表征交通流状态特征的各种参数由布设在各个路段的传感器检测出来并传送给下一环节。这些原始检测信号不可避免地会混入噪声,需要通过处理器对其进行滤波和统计分析,以对表征输出特征的状态参数进行估计,并反馈给控制器。大部分干扰是可测的,把测出的干扰信号也输送给控制器(或人);控制器(或人)根据特定的性能指标和环境约束条件,使用经过辨识的模型,对反馈信息进行优化计算,确定控制策略,选定控制参量的标称值,执行控制。

为了探测交通事件,需要掌握交通流更详细的情况。布设在少数断面的传感器无法提供细节,为此在各路段的必要地点设置有摄像机和紧急电话,采集图像、语音细节,由人的视觉、听觉感官对这些信息进行补充识别、判断;当出现事件或事故时,由人组织医疗、消防、车辆救援等部门,并通过计算机网络控制事故现场邻近路段的交通,统一指挥和处理。

由上述分析可以看出,监控系统只有一个,但针对不同的情况和管理目标,系统的运行过程各有侧重,并不完全一样。以安全和设施完好为目标的监控过程具有如下特点:

(1) 监控和管理紧密结合,表现为人参与监控过程的各个环节,时间滞后较长,人员素质对效果产生较大影响。

(2) 监视和监测为人的决策提供信息,监视和监测在监控过程中具有重要地位。

以道路畅通为目标的监控过程特点表现为:

(1) 在执行控制环节上需驾驶员参与,人的素质仍然影响控制成果,使控制具有一定程度的不确定性。

(2) 其他环节都可由器件自动执行。目前大多数环节有计算机或微处理器介入,形成计算机控制网络,及时性和准确性都较好,为优化控制提供了一定的条件。

随着高速公路的建设和发展,根据实际情况的不同,高速公路管理机构对高速公路的监视和控制在不同的时期使用了多种模式,在早期,高速公路没有监控管理或使用人工监控模式,随着电子技术的发展和实际管理的需要,逐渐采用半自动监控模式和自动监控模式,监控方法和手段也越来越丰富。

实施高速公路监控的目的,是希望高速公路管理人员能够及时了解道路上的动态,对交通进行有效指挥,为使用者提供安全、舒适、快捷、经济的交通服务。

不管是人工监控还是半自动监控、自动监控,都遵照控制系统的基本原理,所不同的是响应时间、控制的有效性有所差异,其控制系统基本原理如图 1-2 所示。

在没有监控的情况下,可看做除受控对象以外,其他单元都没有作用,在全人工监控的情况下,测量单元、运算单元、控制单元的工作都由人工完成,监控效率低,监控效果差。

在半自动监控的方式下,测量单元和运算单元的任务都由机器完成,而控制单元的功能由人工完成。测量单元采集交通状况数据,根据一定的算法进行初步处理,形成交通状况的初步判断,工作人员根据经验,结合交通气象条件、车流量、车流速度等因素的变化,提供控制量,将这些控制量通过交通诱导系统作用于当前交通流,控制交通流的变化。

在自动监控的方式下,监控系统形成闭环控制,信息采集系统提供道路上车辆的状态数据,中央控制系统结合交通的历史数据,使用各种方法对交通状态进行分析和预测,识别交通模式,根据设定的系统运行指标,选择调度方案,通过诱导和指挥系统实施控制方案并对方案的有效性进行评估,调整方案参数。

在这里介绍的交通监控系统,主要指半自动监控系统和自动监控系统。

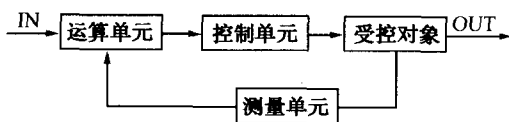


图 1-2 控制系统基本原理

第三节 监控系统的功能和结构

高速公路监控系统的目的,是使用现代化的检测和控制手段,调整道路交通流的状态,达到安全、舒适、快捷的运输目的。

为完成这一目标,监控系统必须具备最基本的三个功能:一、采集交通流数据,判断交通状态;二、根据交通状态,实施控制策略,决定控制参数;三、执行控制策略,将控制参数作用于交通流。

由于高速公路交通具有高速的显著特点,气象条件对高速公路交通的影响就显得十分重要,因此在高速公路监控系统中采集气象条件是十分重要的,交通控制策略都是在一定的气象条件下做出的,脱离了具体的气象条件,交通控制参数的实施将没有意义。

实际的高速公路监控系统采用丰富多样的电子产品完成交通信息和气象信息的采集、交通控制以及交通疏导功能。系统通过在高速公路沿线、立交、隧道、收费广场设置 CCD 摄像机、车辆检测器、气象检测器、紧急电话等设备采集道路交通信息,并把信息传输至监控站、监控分中心和监控中心,由运算单元进行处理,控制系统根据处理结果决定控制方案,通过安装于道路中间分隔带或路旁的可变限速标志及可变情报板等诱导设备为车辆行驶提供指导信息,在必要时使用匝道控制限制进入高速公路的车辆数量或车辆密度。在交通事件发生时,通过紧急救援系统为车辆提供救援服务,这些系统通过数据传送系统和计算机网络技术连接成为有机的整体,完成高速公路的监控任务。

近年来,随着电子技术、计算机技术、自动化控制技术、视频分析技术和光纤通信技术的发展,一些国家的高速公路监控系统的技术结构也随之发生变化。监控系统由单一的计算机集中处理方式发展为多计算机、功能分散的计算机网络处理方式,从而使系统可靠性提高,程序编制简单,易于维护和功能扩展。由于光缆超小型计算机及微电子技术的发展,使应用于监控系统中的各种设备向智能化方向发展,从而使今后高速公路的监控系统具有更强的功能。

一、监控系统的功能

根据监控系统的功能要求和设备特点,监控系统可分为如下功能子系统:

1. 交通信息采集与显示子系统

该系统的功能是获取交通信息原始数据,通过车辆检测器、检测线圈、通信设备等形成的交通量采集子系统,获得各段道路的交通量数据;通过在重要地段的摄像机和视频传输设备获取该地段的视频实时数据,通过电视墙再现,并根据需要可对视频数据进行抓拍记录;通过设在路边的紧急电话获取紧急救援信号;通过气象采集系统采集高速公路各地段的能见度、温度、湿度、风向、风速、雨雪等气象条件。这些信息中,视频数据可在计算机或电视墙上显示,其他交通量数据和紧急救援信号数据一般通过电子地图板或大屏幕投影的方式显示。

2. 交通状态检测子系统

根据采集到的交通信息原始数据,计算各地段的交通状态参数,这些参数反映了各地段的交通状态。交通状态检测子系统包括:交通参数原始数据的接收、交通参数的计算、气象条件数据处理。管理人员所关心的是交通系统的状况如何,首先需要定性的描述,然后才关心具体的数值分布范围,因此,采用模糊算法的控制系统,通过隶属度函数计算当前值对各模糊集的隶属度,还要判断交通状态及交通气象条件隶属于哪一个模糊子集(定性的状态值),以便模糊控制系统进行模糊推理。

3. 交通控制子系统

根据各地段的交通状态和气象条件,选择或配置交通控制方案。交通控制子系统包括:交通控制目标、交通控制方法、交通控制参数。控制参数以一定的控制形式作用于交通流。根据控制形式的不同,控制方法可以分为匝道控制和主线控制两大类,而匝道控制又可以分为:入口匝道定时调节控制、入口匝道整体定时控制、入口匝道交通感应控制、入口匝道汇合控制。在控制算法上,有基于稳态交通模型和动态交通模型的准确推导方法、基于模糊理论的算法、基于神经网络原理的算法等,这些算法在实践和交流中不断得到发展和完善,为交通控制奠定了良好的理论基础。

4. 交通诱导子系统

交通状态检测子系统检测到了交通事件,交通控制系统由此获得交通控制方案,计算出交通控制参数,这些参数依靠交通诱导子系统作用于交通流,为车辆提供诱导信息。交通诱导子系统包括:可变限速诱导系统,依靠埋设在道路两侧或中间的可变限速标志,进行整条道路的车速优化处理,使车辆以均匀的密度分布在高速公路上;可变情报板系统则提供更为具体的诱导信息,向车辆提供准确的交通状态和警告、指挥信息。

5. 计算机网络子系统

计算机网络子系统将其他子系统通过计算机网络连接为一个整体,使之真正成为一个功能强大的有机系统。计算机网络系统包括:计算机设备、网络连接设备、计算机操作系统、数据库系统、计算机网络管理、监控系统应用程序。

对上述功能,在系统实施时往往根据系统设备配置、安装的特点,进行重新划分,监控系统的基本构成如图 1-3 所示。

本书在介绍过程中,将上述功能子系统进一步划分为:计算机网络系统、气象采集系统、交通参数及状态采集系统、交通视频监视系统、交通控制系统、交通监视及诱导系统。

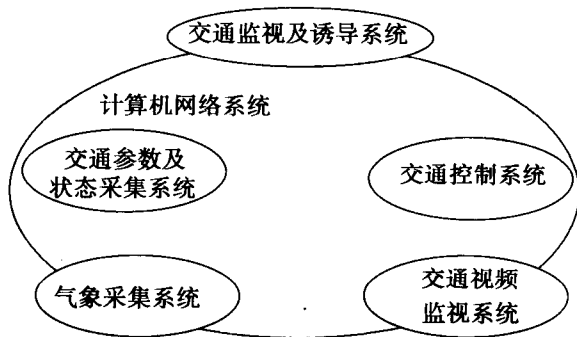


图 1-3 监控系统的基本构成

二、监控系统的组织结构

监控系统的组织结构与高速公路的管理方式有密切的关系,根据行政管理范围的划分和业务的划分,监控系统的组织结构采用由下至上、逐层逐级数据向上传递的方式。

1. 外场数据的采集

如图 1-4 所示,外场设备分布在高速公路沿线,将道路的状态信息传送到监控站,提供整个监控系统的数据源。

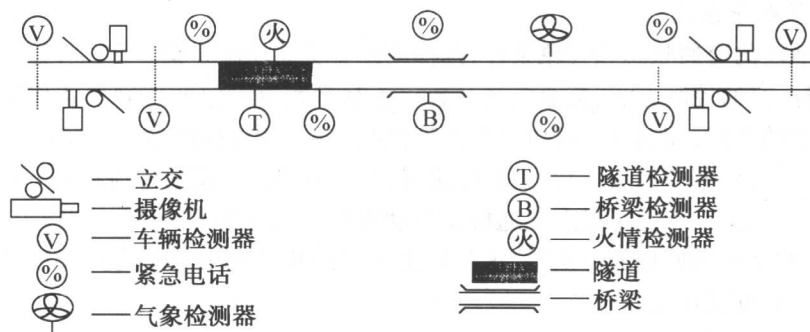


图 1-4 高速公路沿线外场设备分布示意图

如图 1-5 所示,监控外场设备的数据先送入监控站,由监控站将各种数据由通信设备通过主干通信线路发送到监控中心或分中心。

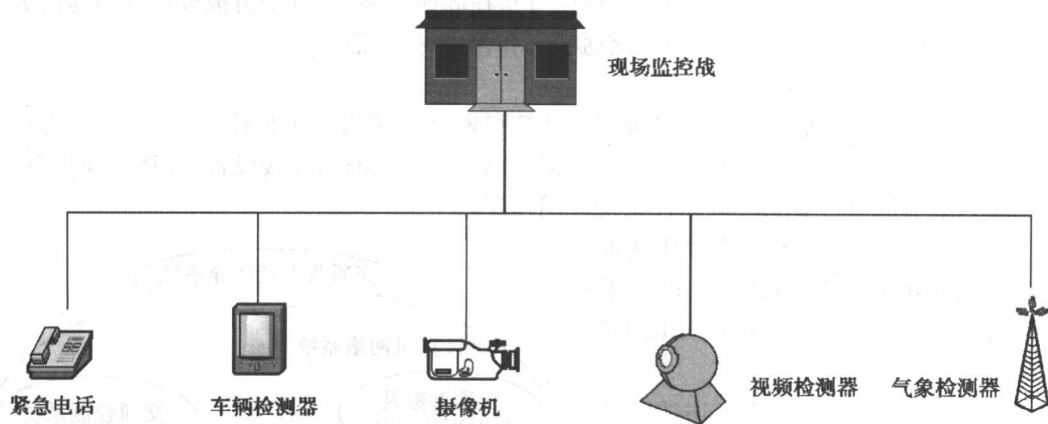


图 1-5 外场设备接入结构图

2. 基本组织结构

根据各条道路具体情况的不同,高速公路管理部门可以采取不同的监控系统组织结构。对于道路比较短、监控点比较少的道路,可以采用集中监控的方式,将监控数据传送到邻近收费站的通信站,该通信站通过高速公路通信系统将数据送到监控中心。在这种情况下,不

设立监控分中心,结构如图 1-6 所示。

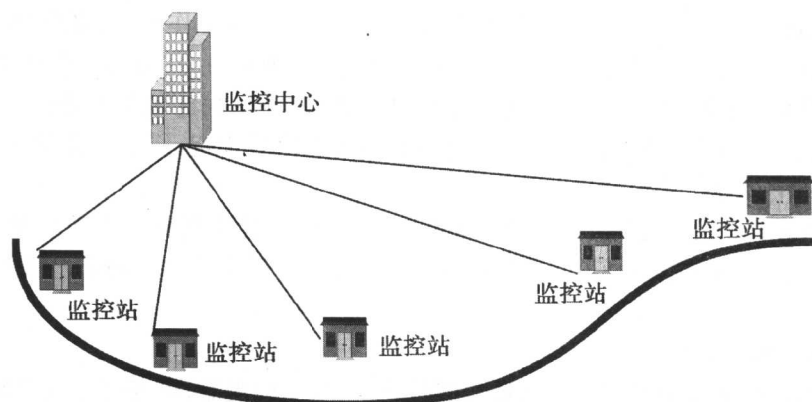


图 1-6 监控系统基本组织结构

对于比较长的高速公路,由于管理机构组成的变化,集中式监控已不能满足实际管理的需要,往往采取层级式管理,在监控总中心下成立监控分中心。各监控点的数据传送到通信站后,通过高速公路通信系统先传送到监控分中心,监控分中心可以看到下辖监控室的监控数据,同时将这些数据通过通信系统传送到监控总中心,组织结构如图 1-7 所示。

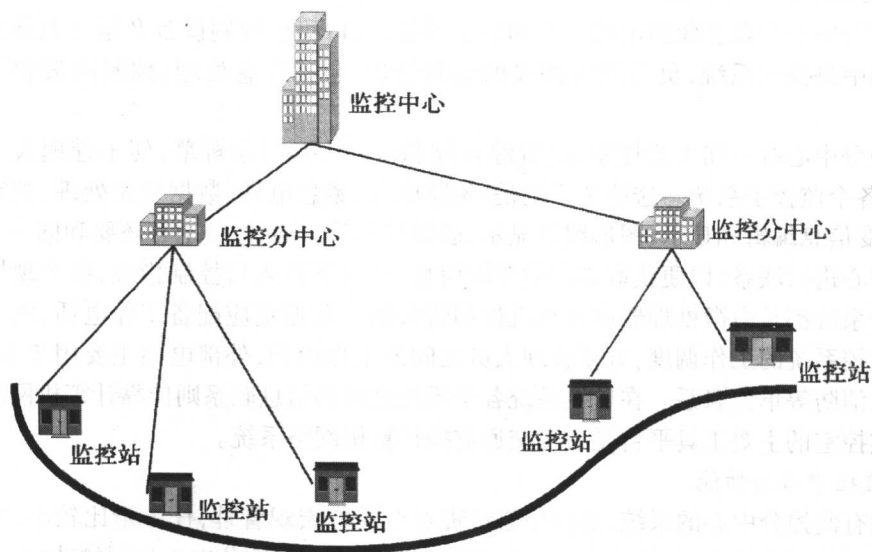


图 1-7 长路段监控系统组织结构

根据监控系统的功能要求,各种设备需要安装在不同的位置,根据其位置分布的特点,