

交通控制系统手册

美国运输部联邦公路局

编

李海洲 梁吉琦 王彦卿

译

李海洲

校



人民交通出版社

152370

交通控制系统手册

Jiaotong Kongzhi Xitong Shouce

美国运输部联邦公路局 编
李海洲 秦吉玛 王彦卿 译
李海洲 校

G128 / 21



0005869



人民交通出版社

TRAFFIC CONTROL SYSTEMS HANDBOOK
U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION

1976.

交通控制系统手册

李海渊 秦吉玛 王彦卿 译

李海渊 校

人民交通出版社出版
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售
人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 26.5 字数: 640千

1987年1月 第1版

1987年1月 第1版 第1次印刷

印数: 0001~2,000册 定价: 9.36 元

科技新书目 (135—151)

统一书号: 15044·1852

内 容 提 要

本手册采用系统工程的方法介绍了用于城市和高速公路的交通控制系统 的规划、设计和实施的基本原理，总结了欧美、日本等工业发达国家与交通公害作斗争的经验。

本手册共分十九章，内容包括：交通控制调查；高速公路和城市街道的交通控制概念；交通监视；包括计算机、通信、交通检测器、路口信号机、中心控制器、显示、电视、驾驶员情报系统在内的各种硬件设备；建立一个新系统应采用的（包括可用系统的设计、候选系统的确定、候选系统的评价、设计和实施以及管理等）一系列科学方法。

本手册可供从事公路建设、交通工程、交通管理、城市建设规划等专业的技术和管理人员使用，也可供上述各专业大专院校师生参考。

前言

当美国庆祝成立二百周年纪念日子时，她可以自豪地看到1776年时无法想象的进步。今后几年，来美国参观的人们，会对美国在各个方面取得的进步表示敬意。许多前来参加二百周年纪念活动的访问者，将会发现1976年的美国生活中最重要的一面——活象“一个流动的国家”^①。

父辈们做梦也没有想到的流动性，今天被美国人认为是理所当然的了。当我们把运输系统从步行道路发展为现在的纵横美国山河的公路、航空线、铁路和水路时，追求流动性是我们进步的关键因素。但是我们的进步也带来了它的问题。当我们进入我们的第三个世纪时，我们所希望的更大的流动性必须与我们体戚相关的清洁空气、保护我们的自然资源和保证生活质量相平衡，这在城市地区尤为重要。在改善城市的流动性的同时，既要保护资源又要保持环境的清洁是今天美国社会所面临的重要挑战之一。

在保护环境的条件下，面对大城市中流动性的挑战，要求我们用新的方式解决城市的运输问题。显然，老一套的方法必须让位于能够最大限度地使用现有设备和技术的方法。许多负责运输的人员开始相信，我们现在充分使用的运输管理将来必须受到更多地重视并得到更多的资源。运输管理的改进涉及到许多人的多方面的利益，首先依赖于和运输形式及运输地区有关的人们和他们的组织。在公路领域运输管理的基本问题是，通过增加现有系统的乘客容量来满足更大的旅行要求。这一概念有两个最基本的因素，一是使用高占用率的车辆，另一个是改善各种车辆的交通流。

可以通过各种途径增加使用高占用率（载客量大的）的车辆。如采用合用汽车、改进公共交通的服务和优先放行高占用率的车辆。各级政府和许多私人组织都能够并正在使用着这些方法。要实现这些技术，需要的常常不是科学技术或工程技术，而是组织能力和管理能力。

另一方面，要改善各种车辆的交通流，需要负责公路设施运营的组织机构采取措施。这些措施经常既需要使用运输中和交通工程上的一些基本方法，也需要采用先进的技术，其范围很广，既可以是一些简单的项目，如标志和路面上的标线，也可以是一些使用计算机和传送设备的复杂的交通控制系统。比较简单的控制交通方式，自公路运输出现以来就存在了，而较为复杂的系统的出现，只有10~15年的时间。不仅在美国，而且在具有类似交通问题的其他国家，在这期间也进行了大量的研究工作。

联邦公路局认识到需要对先进的交通控制系统加以编纂和传播，因而编写了这本《交通控制系统手册》。该手册介绍了计划、设计和使用城市街道和高速公路交通控制系统的基本概念。广泛地使用这里介绍的各种概念，对改进我们城市区域公路上的交通流将有显著成效。

把该手册与其他已被证明的和新出现的运输系统管理概念结合起来使用，将有助于运输部门更好地利用现有设备。一个更完善的管理系统将产生清洁的空气、节约宝贵的能源，并在30年代里有可能提高全体美国人的生活质量。

① “a nation on the move!” 意指美国公路交通发达，有时也称“a nation on the wheels.”——译者注。

译者的话

早在二十年代,欧美工业国家就开始研究和使用的交通信号自动控制系统,从定周期到感应式,从单点控制到联动控制。六十年代出现了使用计算机集中控制的区域交通信号控制系统。这种现代化的系统不仅用于城市街道,而且用于高速公路的交通控制,作为综合治理交通的一项措施,在防止和解决交通公害中起了重要作用。现在世界各国已普遍使用各种形式的交通自动控制系统。

我国1958年,在北京市曾试用过定周期的单点信号控制,以后多年处于停顿状态。直到1975年有关研究单位又开始这方面的研究工作,陆续试验了感应式、定周期信号控制,并于1978年在北京市前三门4个交叉路口进行了我国第一次计算机控制的、使用数据传输的多点信号控制研究试验。这些工作大大推动了我国交通自动控制系统的研究和使用。现在,很多大中城市已推广使用了多种形式的交通自动控制系统。

本书是译者在从事北京市交通控制系统研究时,为借鉴国外经验而翻译的。该书较系统地总结了西方国家在交通控制系统中采用的各种控制概念、方法及硬件设备,并按照系统工程的思想,分别以交通调查、综合分析、设计实施、系统管理等一系列相互关联的阶段,详细介绍了建立一个具体的控制系统的方法,主要目的是帮助从事实际工作的交通工程师在规划、设计和实现有效的交通监控系统时充分利用新的技术。该书可供从事交通管理和控制工作的工程技术人员及大专院校相应专业的师生参考。

本书第一章至第十七章由李海渊、秦吉玛翻译;第十八、十九两章和附录中词语注释由王彦卿翻译;冯博湖参加过第十二、十三章的翻译工作;秦吉玛负责整理文稿和插图并绘制了部分不适合制版的插图。

交通工程以及交通自动控制在我国还属较新的技术领域,很多术语还有待统一。由于译者水平有限,书中所用术语译文不尽合适,翻译不妥之处,欢迎读者批评指正。

目 录

第一章 研究系统的方法	1
第一节 交通控制系统的发展.....	1
第二节 交通监视和控制系统的现状.....	2
第三节 本手册的研究范围及目的.....	3
第四节 本手册表述概念的方法.....	3
参考文献.....	6
第二章 交通控制调查	8
第一节 确立目的.....	8
第二节 高速公路交通控制调查.....	9
第三节 城市街道的交通控制调查.....	24
参考文献.....	30
第三章 城市街道系统的交通控制概念	34
第一节 单个交叉路口.....	34
第二节 干线街道的控制.....	44
第三节 闭合网络的控制.....	51
第四节 区域系统控制.....	67
第五节 特殊控制.....	70
第六节 交通信号的分相.....	78
参考文献.....	80
第四章 高速公路的交通控制概念	84
第一节 引言.....	84
第二节 入口匝道控制.....	85
第三节 出口匝道控制.....	109
第四节 主线控制.....	110
第五节 通道控制.....	120
第六节 公共汽车和合用车的优先控制.....	126
参考文献.....	129
第五章 监视概念	134
第一节 交通运行.....	134
第二节 事故的检测及排除.....	140
第三节 设备的监视.....	149
第四节 监视数据的显示.....	151
参考文献.....	151
第六章 硬件设备	154
第七章 计算机概念	156

第一节	计算机的应用	156
第二节	数制	157
第三节	一般概念和术语	160
第四节	计算机系统硬件	163
第五节	计算机系统软件	178
第六节	计算机系统的配置	181
第七节	推荐参考文献	185
参考文献		186
第八章	通信概念	188
第一节	通信系统的构成	189
第二节	通信系统的使用概念	196
第三节	数据传输中的误码	203
第四节	通信系统的规划和评价	204
第五节	电子设备的演变	208
第六节	推荐参考文献	209
参考文献		209
第九章	交通检测器	211
第一节	检测器的类型	211
第二节	应用	216
第三节	检测器的定位和配置	223
参考文献		236
第十章	路口信号机	239
第一节	控制的类型	239
第二节	路口信号机的类型	243
第三节	路口信号机的应用	258
第四节	路口信号机的辅助特性	262
参考文献		265
第十一章	中心控制器	267
第一节	机电式控制器	267
第二节	机电模拟	270
第三节	数字计算机控制	273
第四节	故障保护技术	281
参考文献		283
第十二章	显示	284
第一节	地图显示板	284
第二节	联机的打印机	286
第三节	阴极射线管显示器	287
第四节	参量显示器	288
第五节	规划和运行	288
第六节	显示举例	290

参考文献	290
第十三章 电视	291
第一节 系统的要求	291
第二节 摄像机的特性	293
第三节 摄像机的辅助设备	296
第四节 监视器	297
第五节 外围设备	298
第六节 传输系统	298
参考文献	300
第十四章 驾驶员情报系统	302
第一节 单一情报标志	302
第二节 可变情报标志	302
第三节 车载显示器	304
第四节 电话系统	306
第五节 商业无线电	306
第六节 低功率无线电	307
第七节 设计指南	307
第八节 交通管理中心	307
参考文献	308
第十五章 可用系统技术	309
第一节 城市街道系统——控制特性	309
第二节 城市街道系统——评价	315
第三节 高速公路	318
第十六章 候选系统的确定	319
第一节 综合的因素	319
第二节 综合过程	324
参考文献	327
第十七章 候选系统的评价	328
第一节 判定过程	328
第二节 评价各种竞争系统	328
第三节 效用/成本比分析方法	329
参考文献	339
第十八章 设计与实施	340
第一节 设计方案与规范	340
第二节 可移交服务	351
第三节 要求建议	353
第四节 工程管理	356
参考文献	362
第十九章 管理	364
第一节 交通控制系统的运转	364

第二节	交通控制系统的维修	369
第三节	交通控制系统的评价	372
第四节	发展中的技术与概念	380
参考文献		388
附录	词语注释	392

第一章 研究系统的方法

对使用者来说,私人汽车具有方便、灵活和独立自主的重要优点,从而使它成为一种占优势的交通方式。尽管存在着严重的能源短缺,运营价格上涨,不断强调使用公共运输,但是,一切迹象表明,至少到二十世纪末,私人汽车将仍然是一种占优势的交通方式。因此,城市交通不仅现在依赖于,并且在很大程度上将继续依赖于有效地利用城市街道和高速公路。

人们很早就认识到城市中干线街道的交叉路口是城市街道系统的关键因素,在那里有大量必须控制的互相冲突的车流。在这些交叉路口上保障交通的安全和畅通几乎成为交通信号和交通控制技术的全部功能。

最初提出和发展高速公路,是作为车辆在大城市地区快速而自由行驶的一种根本解决办法。但是,由于交通量迅速而持续地增长,在很多城市的高速公路上也出现了拥挤,从而使服务质量下降。显然,为了最大限度地利用这些设施,在这些高速公路上还必须使用相当复杂的交通控制和监视。

对城市交通的广泛需求,对街道和高速路系统的重大依赖,以及有效地利用街道和高速路与实现有效的交通控制技术之间的密切关系,这一切都表明在城市运输中交通控制的重要性。这一事实清楚地说明迫切需要发展交通控制技术,实现并利用符合政府有关部门的目标和能力的最好的交通控制系统。

第一节 交通控制系统的发展

一、城市街道

城市街道的交通控制信号系统的发展和汽车的使用及发展相平行发展的。作为它们的基础,交通控制系统在很大程度上依赖于铁路信号系统技术。

1917年在盐湖城开始使用互联信号系统。那里把6个交叉路口作为一个系统^[1],由人工控制。1922年得克萨斯州休斯敦市有1个同步控制系统,该系统以1个交通岗亭为中心控制12个交叉路口。这是当时唯一使用了电动自动计时器的系统。

6年之后,于1928年提出一种灵活推进式定时系统。这种定时系统很快就被采用了并普及到美国的几乎每个城市。它们的成功是由于:(1)非常简单,几乎任何电工都能理解它;(2)十分可靠,由于使用坚固部件,只需要很少的维修,安装之后就可以不再管它;(3)价格比较低。但是,应该承认,早期的定时系统的灵活性是有限的,它们对交通变化的反应仅在于由操作人员去预测这种交通变化,然后人为地预先安排好,使系统根据时钟而变化。可是预测交通状况是很困难的,它需要收集大量数据。一般是避免改变配时方案的,因为这需要到每个路口去改变信号机的配时。

1928年至1930年期间,使用压力检测器的交通感应式路口信号机开始使用。这种信号机是向交通感应式控制迈出的第一步,不过,当时仅用于单个路口。

• 1 •

作为向更先进的交通控制系统发展的一个步骤,1952年在科罗拉多州丹佛市安装了一种模拟计算机控制系统。这种系统试图把某些单点感应式控制的概念应用于交通信号机网。检测器的抽样数据作为交通流数据输入,该系统配时的调节是根据交通需求而不是根据1天的时间。从1952年到1962年的10年间,在美国安装的这种系统超过了100个。

1960年在多伦多市进行了试验性研究,使用数字计算机实现了集中控制功能⁽²⁾。这项研究的一个侥幸的副产品是这种控制形式可以利用大量的监测数据。当时用于试验的计算机,按今天的标准来看可算是很古老的——一台IBM650型计算机,具有一个大约2,000字的磁鼓存储器。这种控制系统的方法很受欢迎,多伦多市进行大规模使用。1963年时有20个路口置于计算机控制,到1973年已发展成一个包括885个交叉路口的系统。

国际商业机器公司(IBM)于1964年开始和加利福尼亚州圣何塞市合作研究进一步发展计算机交通控制系统⁽³⁾,研究工作中使用了1台IBM1710计算机。在该课题中研制并实现的控制概念已证明是很成功的,它显著地减少了停车数、延误时间和交通事故。

从1965年开始,得克萨斯州威奇托福尔斯市承包了一项任务,把IBM1800过程控制计算机用于交通控制。1966年10月该交通控制系统投入日常运行,它控制了市中心商业区的56个交叉路口,这个系统后来扩展到78个路口。不久以后,加利福尼亚州圣何塞市也使用了IBM1800计算机。类似的系统还安装在得克萨斯州的奥斯汀市、俄勒冈州的波特兰市、印第安纳州的韦恩堡市、纽约州的纽约市、得克萨斯州的加兰市、马里兰州的巴尔的摩等城市。

美国运输部(DOT)和联邦公路局(FHWA)认识到这些早期的计算机系统代表着技术水平的重大发展,并认为它们的巨大潜力刚刚开始实现,因而他们于1967年开始在华盛顿市研制城市交通控制系统(UTCS),把它作为一种用于开发、试验及评价更先进的交通控制系统的使用系统。该系统由斯佩里系统管理处(SSMD)负责研制,现在已控制了200个路口⁽⁴⁾,它的设计具有足够的灵活性和容量,能够执行任何实际的可以接受的控制策略。

二、高速公路

从1917年到现在的整个期间对城市街道系统进行过大量的控制试验,而高速公路方面则不然。最初提出和设计的高速公路是作为自由路的(即不受交通控制的),只是对有限的入口设施预先考虑了一些需要控制的可能性。但是,不断增长的交通需求以及拥挤的发生迫使人们利用交通监视和控制来改善高速公路的交通流。在加利福尼亚、伊利诺斯、密执安和得克萨斯州,为了摸索改善高速公路运行的途径进行了一些探索性的研究^(5,6,7,8,9,10)。这一工作开始于二十世纪五十年代初期,导致了高速公路监控系统使用的不断增长。

从研究和发展的角度看,高速公路监控系统方面的工作进展是很快的。在这个领域中多种研究和实验产生了新的控制概念,并使用了新的控制设备,诸如闭路电视、通信、电子传动装置以及数字计算机。

第二节 交通监视和控制系统的现状

交通控制系统在经过早期阶段一个较长时期的比较缓慢的发展之后,在1950年至1970年期间进入了加速发展的时期。在这一时期模拟计算机和数字计算机引入了交通控制领域,并完成了高速公路上使用新的控制和监视技术的研究工作。由于政府机关(联邦、州、地方)商业和研究单位的多方努力,这一时期产生了各式各样的技术和设备。

七十年代初,无论城市还是高速公路的交通监控系统都广泛地使用了数字计算机。在该书出版时,全世界已经安装或正在安装的以计算机为主体的交通控制系统有200多个。

目前,交通控制领域中的工作是以控制技术和设备的多样化为特征的。那些计划安装新的交通控制系统的政府当局面临的一个问题是要从大量的概念、设备类型以及各种技术中进行选择,然而对它们进行比较是十分困难的。此外,如果还想利用复杂的通信和控制技术以及一些还未用过的协调技术方面的文献,去帮助未来的用户规划、设计并实现现代化的交通控制系统,那么,问题就更复杂了。

第三节 本手册的研究范围及目的

过去发表过的很多资料已经针对各式各样的交通控制技术和设备讨论了实现有效的交通控制系统和某些疑难问题的重要关系。因此,认识全面透彻地研究交通控制技术的必要性,概括介绍有关交通控制领域的实用技术、概念及实践将是合乎逻辑的。这样的一本书应该有助于理解和广泛地接受现行的先进的交通控制技术,并能引导人们加快实现和利用那些在交通控制技术上已证明是先进的东西。

考虑到交通控制领域方面的这些基本要求,美国运输部和联邦公路局决定编写交通控制系统手册。该手册就两个主要应用领域介绍了用于规划、设计和实现交通监控系统的主要技术。这两个领域就是城市街道和高速公路。最初,本手册是面向各方面的使用者的,打算为多种目的服务。但是,后来主要的目的集中在帮助实际工作的交通工程师在规划、设计和实现有效的交通监控系统上利用新的技术。

从概念和设备两方面看,交通控制在二十世纪七十年代是一个发展很快的领域,目前正在进行的一些有意义的研究试验,在交通控制领域内无疑将是先进的。但是,本手册不准备深入到这一层,而是介绍一些现行的交通控制基本概念,并勾划出技术发展状况的轮廓。

下面是本手册选定的主要目标:

1. 提供一个现有的交通控制系统技术纲要。
 2. 加深对交通控制系统的各基本部件的理解。
 3. 帮助理解并把新的技术(例如电子计算机和通信)应用于交通控制领域。
 4. 扩大交通控制领域的视野。
 5. 作为一本基础指南,帮助实际工作的交通工程师计划、设计并实现新的有效的交通控制系统。
 6. 作为交通控制领域的一种参考材料。
- 我们希望读者在本手册的以后各章节中将发现,本手册圆满地实现了这些目标。

第四节 本手册表述概念的方法

考虑一下交通控制的历史和现在的技术状况,很容易认识到,交通控制技术已经成为一整套非常复杂的全新的技术。它必须由熟悉交通控制的人来掌握。然而,过去的交通工程师主要涉及的是利用单个的交通控制设备,而现在和未来的交通工程师则越来越多地接触到交通控制系统。

所有的工程师都要利用逻辑方法和系统方法解决规划和设计问题。但是,强调一下这种

系统研究方法，并且用经典的系统工程的术语来定义它，对于不熟悉这种技术的读者将是有益的。

在这里考虑某些定义是有帮助的，一个系统可以定义为：“按照计划，为达到某种目的而设计的各组成成分的某种排列。”⁽¹¹⁾

系统工程这一术语可以描述一种用于综合整个系统的整体方法（综合指的是将各单元组合起来，以形成一个可以工作的连贯整体）。这个系统期望用最有效的办法进行各种任务。因此，系统工程用于描述这样一种研究方法，即它宁愿把一个由各部分组成的完整系统作为一个实体看待，而不是当作各个部分的简单汇集。也就是说：要研究一部分部恰当地和其他部分配合的系统，而不是仅仅研究它们各自的功能⁽¹²⁾。交通监控系统就应该作为这样一种系统来考虑。因此，在本手册中，自始至终都强调并应用这种方法来研究交通控制系统的规划、设计和实施。手册的内容安排和概念的表述都是从这种观点出发的。

一、交通控制系统工程

《系统工程手册》一书⁽¹³⁾曾指出，建立一个系统要经历4个阶段。这些阶段在时间上通常是相接续的，各阶段之间不断有信息交换。这4个阶段示于图1，现列出如下：

1. 确定问题：这一阶段要回答如下的问题：建立这一系统的用户的要求是什么。
2. 分析解决问题：通过综合的过程，在数学或试验的基础上，描述一个能满足这些要求的系统，并确定为得到这一系统必须收集的资源。

3. 实现：利用从分析阶段得到的技术规范，实际地汇总组装系统的各个组成部分。

4. 验证：在用户的实际环境中检验系统，确定它实际上是否满足了原定的要求。

把系统工程方法应用到交通监控系统时，可以把系统工程的4个阶段对应为交通控制系统工程的5个阶段，这些关系示于图2。

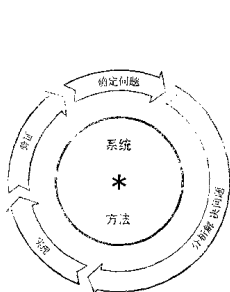


图1 系统工程的各阶段

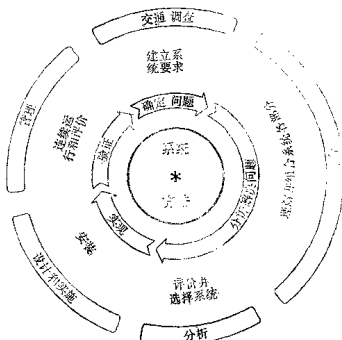


图2 系统工程各阶段关系

交通控制系统工程的这5个阶段有助于提供一个基本框架，作为研究交通控制总过程的指南。在交通控制领域从事工作的每个人，将发现在任何给定的地点随着时间的推移有必要进行这5个阶段中的一个或多个阶段的工作。而且这种过程应该是持续不断地，即应该不断地对系统的改进。而且客观情况的变化也将有助于开发对各个阶段的工作要求。

下面概括说明一下交通控制系统工程的这5个基本阶段：

1. 交通调查：通过交通调查，为交通控制专业人员提供了识别特殊问题的机会，并明确交通监视和控制的要求。这阶段的工作包括确定目标，开列交通设施和交通控制设备清单，调查交通流的运行特性，研究确定系统运行状态所必须的各种数据。

2. 综合：在系统工程中，“综合”这一术语的定义是：把各部分，各单元组合起来以形成一个可以工作的连贯的整体。交通控制工程师在确定一个可行的控制系统时，必须考虑各种因素的组台，要考虑的各种因素有以下几项：

1) 控制概念：必须研究各种控制战略，并决定使用哪一类控制原理。

2) 监视概念：为了确定和选择应该实现的监视原理，必须研究各种交通监视技术。

3) 硬件设备：可以用于组成交通监控系统各部分的交通控制硬件种类是很多的，对这些部件既要作为单独的成文来理解，也要作为一个功能单元的系统来理解。

4) 系统技术：确定一个交通监控系统在安装到一个现实的运行系统时的有效利用率。在确定一个可行的系统时，必须了解这方面的情况。

因此，在综合的过程中，交通控制工程师必须组合各种因素（控制概念，监视概念，硬件设备及系统技术），针对第一阶段（交通调查）确定的交通控制问题，构成一个实用的能解决这些问题的系统。

3. 分析：一旦确定了一组数量不多的能解决预定问题的候选系统之后，就可以进行分析工作，从而选出一个价格-效益比最好的系统。这种分析工作的第一步是估算每个候选系统的费用，然后调查每种候选系统的效益，有了这些数据之后，就可以选出最合乎需要的系统了。

4. 设计和实施：选定系统之后，下一步是实现这个系统。这涉及到制定方案和技术规范，为购置设备准备报价文件，制定系统安装方案以及工程管理。最后一个要求是对安装好的系统进行验收，以保证满足报价文件中规定的各项要求。

5. 管理：交通控制系统安装验收之后，就可以每天连续地进行工作了。这就需要组织人员保证系统的持续性。给系统适当的维护是一个重要因素，它可以使系统长期持续地保证要求的性能水平，还应该尽可能使用新的设备、新的技术和资金以进一步提高系统的水平。

二、框 图

为了强调把系统研究方法应用于交通监视和控制系统，本手册绘制了一张框图（图3）。用图示方法说明了系统工程中的四个阶段和交通控制系统工程对应的五个阶段之间的关系，同时，对应本手册中各章节列出了交通控制系统各阶段的内容。

希望这个框图能为读者提供一个直观的帮肋，有助于了解本手册的全貌，有助于了解交通控制系统各个部分的有关内容。

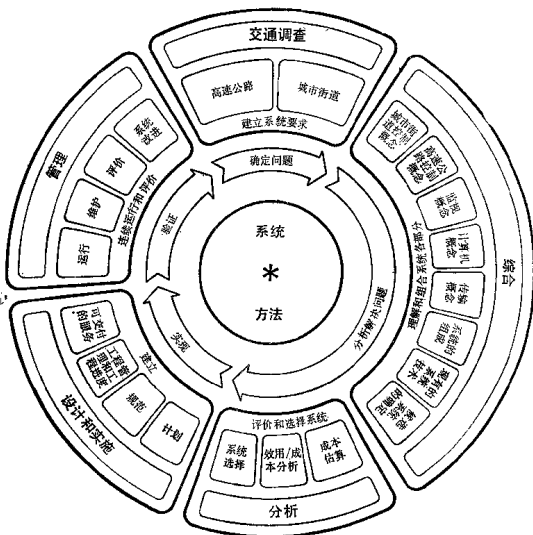


图8 交通控制系统工程

参考文献

1. Sessions, Gordon M. *Traffic Devices-Historical Aspects Thereof*. Institute of Traffic Engineers, Washington, D.C., 1971.
2. Irwin, Neal A. "The Toronto Computer-Controlled Traffic Signal System." In *Traffic Control Theory and Instrumentation*. Plenum Press, New York, 1965. [See also: Casciato, L., and S. Cass. "Pilot Study of the Automatic Control of Traffic Signals by a General Purpose Electronic Computer," Highway Research Board Bulletin 338 (1962).]
3. *San Jose Traffic Control Study*. IBM Corporation, March, 1965. [Initial Report.]
4. Tarnoff, Philip J. "The Results of FHWA Urban Traffic Control Rese-

- arch: An Interim Report, " *Traffic Engineering*, Vol. 45, No.4 (April, 1975), PP.27-35.
5. Moskowitz, K. "Research on Operating Characteristics of Freeways, " Institute of Traffic Engineers *Proceedings*(1956), PP. 85-110; 26th Annual Meeting, San Francisco, September 25-27, 1956.
 6. Keese, C.J., Charles Pinnell, and W.R. McCasland, "A Study of Freeway Traffic Operation," Highway Research Board *Bulletin* 235 (1960), PP.73-132.
 7. May, Adolf D., Jr. "Experimentation with Manual and Automatic Ramp Control, " Highway Research *Record* 59 (1964), PP.9-32.
 8. Gervais, E.F. "Optimization of Freeway Traffic by Ramp Control, " Highway Research Board *Record* 59, (1964).
 9. Wattleworth, J. A., and D. S. Berry, "Peak-Period Control of a Freeway System-Some Theoretical Investigations, " Highway Research Board *Record* 89 (1965), PP.1-25.
 10. Drew, D. R. "A Study of Freeway Traffic Congestion," Doctoral Dissertation, Texas A&M University, College Station, 1964.
 11. Johnson, R.A., F. E. Kast, and J. E. Rosenzweig, *The Theory and Management of Systems*. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1963.
 12. Dornasch, D.O., and C. W. Laudeman, *Principles Underlying Systems Engineering*. Pitman Publishing Corporation, New York, 1962.
 13. *Systems Engineering Handbook*, Ed. Robert E. Machol, Wilson P. Tanner, Jr., and Samuel N. Alexander. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, 1965.