

文章编号: 1002-0268 (2003) S1-0006-06

高速公路机电工程标准规模调研

庄晓实, 杨 光

(交通部公路科学研究所, 北京 100088)

摘要: 介绍《交通工程及沿线设施技术标准与建设规模》专题研究中机电工程部分的调查研究情况, 以及监控、通信、收费系统标准规模方面的相关结论意见。

关键词: 高速公路; 机电工程; 标准规模

中图分类号: U491

文献标识码: A

Expressway Electro-Mechanic Engineering Standard Survey

ZHUANG Xiao-shi, YANG Guang

(Research Institute of Highway, Ministry of Communications Beijing 100088 China)

Abstract: This paper describes the findings of the survey conducted under the study project of the Standards and Construction Scale Concerning Traffic Engineering and Facilities along Expressway, including those for the systems of traffic surveillance and control, communications and toll collection and relevant comments.

Key words: Expressway; Electro-mechanic engineering; Standard capacity

0 专题研究概况

1. 专题研究背景

关于高速公路交通工程及沿线设施的建设标准与规模, 交通部曾在 1992 年发文 ([1992] 830 号文“关于控制高速公路、一级公路交通管理和安全设施建设标准的通知”) 做过规定, 该文是基于高速公路建设初期的经验和认识制定的。随着高速公路建设的飞速发展, 这一规定已不能适应建设和管理的要求, 交通部公路司也多次组织研讨, 提出了建设规模的新的指导意见。但由于未能上升为技术标准, 所以在贯彻执行时遇到不少问题, 各地在交通工程及沿线设施的建设上随意性很大。

2001 年交通部公路司组织修订《公路工程技术标准》, 将《交通工程及沿线设施技术标准与建设规模》列为研究专题, 由交通部公路科学研究所承担专题的研究工作。研究内容涵盖交通安全设施、监控设施、通信设施、收费设施、照明、供电和服务设施等

方面。

2. 专题研究的指导思想

(1) 交通工程及沿线设施的建设规模与标准应根据公路功能、公路等级、交通量等因素确定。

(2) 交通工程及沿线设施设计应符合区域路网规划与公路总体设计的要求。

(3) 交通工程及沿线设施设计应体现“安全第一、服务用户、科学管理”的原则。

3. 交通工程及沿线设施分级

本次研究将交通工程及沿线设施分为交通安全设施(标志、标线、护栏、护网等)、服务设施(服务区、停车区、加油站等)和管理设施(监控、通信、收费、供电照明等机电设施和管理养护设施等)等三大类, 并根据确定标准规模的指导思想, 将交通工程及沿线设施分为 A、B、C、D 4 级, 见表 1。

根据本次研讨会的主题, 下文重点介绍监控、通信、收费三大系统的研究情况。

交通工程及沿线设施分级 表 1

交通工程及沿线设施等级	适用范围
A	高速公路
B	一级公路、二级公路作为干线公路时
C	一级公路、二级公路作为集散公路时
D	三级公路、四级公路

1 监控系统

在高速公路上设置监控系统的主要目的是保障安全和疏导交通。监控系统的主要功能是：

- °及时收集路网的交通、道路、天气等情况并及时提供给公路使用者，以预防交通事故的发生。
- °公路管理者通过监控系统迅速发现事故、处理事故，以减少事故的严重程度，减少人员的伤亡；及时处理事故，以有效地防止二次事故的发生。
- °在大交通量情况下，实行有效的主线速度控制、匝道控制等，以平滑交通流，使交通均匀流畅。

1.1 国外发展概况

在国外，从疏导交通到保障安全这一重点的转变大约是从 1990 年代中期开始的。

1.1.1 公路监控的重点及依据

通过对国外各类交通监控系统的研究，发现公路监控的重点是城镇出入口的高速公路，高速公路与一般公路的连接线，咽喉要道如大桥、隧道及其它容易发生事故的地点。

(1) 城镇出入口高速公路是设置监控系统首选地 此种路段交通量大，是所谓瓶颈路段。从目前城市发展来看，人们居住地从城市中心向周边辐射，其后果之一就是日常交通的定时单向性。

这样的公路如加拿大多伦多市的 401 高速公路，荷兰的阿姆斯特丹周边高速公路，美国长岛地区公路，法国大巴黎公路等。对此类高速公路各国均采取了强有力的监控措施。对于此种瓶颈路段主要是考虑保持或提高服务水平，采取的主要手段是搜集信息，匝道控制，主线速度控制等。

(2) 特殊路段——特长大桥

特长大桥历来都是各国监控系统的监控重点，为保证行车安全、顺畅，设置了较为完整的监控系统，有闭路电视监视系统，车辆检测器，车道控制标志等。

(3) 特殊路段——长大隧道

各国对长大隧道的交通安全都十分重视，制定了较为严格的标准。由于隧道越长、交通量越大，发生火灾的可能性越高、人员逃生越困难等情况，故日本按照隧道长度和交通量把隧道分成 AA、A、B、C、D

5 个等级（见图 1），按等级设置防灾设备。

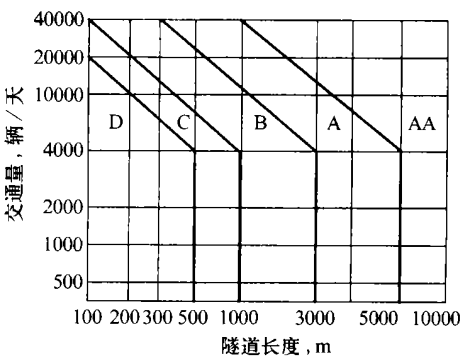


图 1 日本公路隧道等级划分图

(4) 车辆超重监控

超重超载车辆对公路的损害非常严重，各国对此非常重视，设置了相应的检测监控系统防患于未然。加拿大有关部门在美加边境加方一侧设置了多处车辆超重监控系统，有效地遏制超重车辆驶入。

1.1.2 监控系统的构成

各国的监控系统基本按照信息采集、信息处理和指令信息发布等 3 部分结构并根据闭环控制原理设计的。按设置位置可分为外场设备与监控中心两大部分。

(1) 监控外场设备

①信息采集设备 主要有车辆检测器、气象检测器等各类检测器以及遥控摄像机等。为达到自动判断交通事件的目的，车辆检测器的布设间距在 0.4~0.8 km 之间，而依靠车辆检测器的交通事件自动判断算法已有几十种之多。

②指令控制信息发布设备 指令控制信息目前主要靠设在路段和服务区的各种情报板及限速标志设备发布，各种显示技术目前已日趋成熟。

(2) 监控中心设备

监控中心主要完成信息处理任务，又可分为信息处理和信息显示两大部分。信息处理部分是一套计算机系统，信息显示设备一般使用地图板、投影屏。

以日本为代表的东方式的监控中心明亮、恢宏、气派。一般有一块大型地图板置于监控墙的中心，再配以众多电视监视器及一块大屏幕投影屏，动态显示计算机监控界面及外场传来的实时的电视图像。

西方的监控中心以法国、美国、德国和加拿大为代表，更多地以实用为主不大追求外观效果。

1.1.3 监控系统的发展

随着智能运输系统（ITS）概念的提出，西方发达国家已将传统意义上的监控系统提升到更高的层

次, 美国提出的战略计划有先进的交通管理系统(ATMS)、先进的交通信息系统(ATIS)、先进的车辆控制系统(AVCS)等。日本也提出《推进智能道路交通系统(ITS)的整体构想》的 9 个开发领域, 包括导航系统的智能化、安全驾驶的辅助、交通管理的最佳化等内容。

1.2 国内高速公路监控系统的设置及运营情况

1.2.1 调研情况

本次调研的高速公路涉及全国 6 个片区的 14 条高速公路, 累计 3 000km, 共调查了 9 个监控中心、2 个隧道管理站, 基本情况如下:

(1) 除早期建设的高速公路以外, 沿线均设置有监控设施。

(2) 一般将特大桥、隧道、特殊气象条件地区、特殊地形地区、互通区作为监控的重点。

(3) 目前常用的监控外场设备有车辆检测器、气象检测器、摄像机、大型可变情报板、小型立柱式可变情报板、可变限速标志。

(4) 车辆检测器多设于互通附近(少数设于两互通间的一般路段), 并常与可变限速标志或小型立柱式可变情报板配合使用, 但普遍没有交通异常自动判断和闭环控制功能; 摄像机一般设于互通区、事故多发点等特殊路段。气象检测器一般设于雾区等特殊气象条件路段。

(5) 长大隧道均设置了较为完善的隧道安全设施, 包括交通监控设施、火灾报警装置、消防设施、通讯设施、通风设施、照明设施等。

(6) 在监控中心一般设有计算机系统、地图板、大屏幕投影、监视器墙等, 监控分中心一般设计算机系统、监视器墙、紧急电话主机等设备。

1.2.2 调研主要结论

我国的高速公路已达 2.5 万 km, 在创造巨大社会和经济效益的同时, 其安全性也成为人们关注的焦点。2002 年全国高速公路因交通事故死亡 3 900 多人, 形势严峻。在这种情况下监控系统本应发挥重要作用, 但调研结果却不乐观。

(1) 从对监控中心管理人员和专家调查情况看普遍认为, 目前监控系统使用效果不很理想, 其原因如下:

① 交通管理体制的不协调从很大程度上限制了监控系统作用的发挥。监控系统的主要作用是为交通管理服务, 目前交通管理主要由公安交警部门负责, 其在日常交通管理乃至采取重大举措(如因天气原因封路)时一般很少与公路管理部门协商, 监控系统也就

很难派上用场。

② 目前除京津塘、沪宁、沪杭甬、广佛等高速公路以及京秦高速公路暑期时间因交通量较大, 道路服务水平已降至二级以外, 其他大多数路段服务水平仍处于一级, 在这种情况下一般高速公路对监控系统的需求不强。这也是为什么有些路段一直未上监控系统, 但运行并未受显著影响的原因。

③ 目前高速公路路网还未形成, 即便出现严重堵车的情况也无法诱导车辆绕行, 监控系统这一重要功能短时期难以发挥。

④ 由于以上原因和投资的限制, 目前一般路段的监控系统除京津塘高速公路的 8km 试验段密布车辆检测器之外均是在互通立交两侧各布设 1 组(或 2 组)车辆检测器, 这就使得监控系统的核心功能——交通事件自动判断功能难以成立。调查发现, 目前发现事故、阻塞的主要途径仍是巡逻车、紧急电话和司机(用手机)通报等形式。即便设置了摄像机, 监控系统主动发现的机会仍然很小。

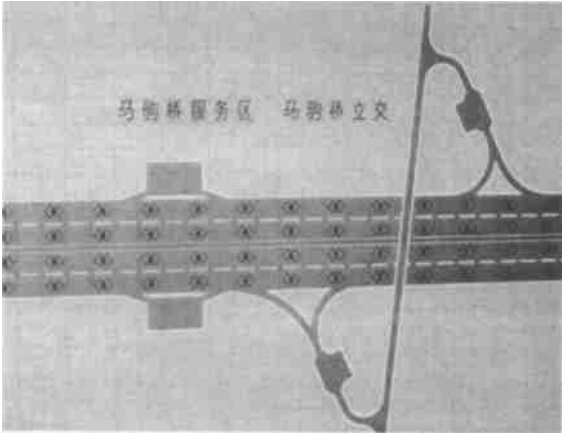


图 2 京津塘高速公路 8km 监控系统试验段

(2) 目前一些业主对监控系统的认识存在误区, 往往监控中心的装修、大型地图板和大规模的投影屏以及高品质的图像传输等占用了较多投资, 而监控系统的基础——外场设备却非常薄弱。这也使得相当一部分监控系统头重脚轻, 成了摆设, 这种现象应该加以纠正。

1.3 对监控系统建设标准与规模的修订意见

(1) 监控系统如要充分发挥作用并产生社会效益需要交通量等各种条件, 因此监控系统的建设更需坚持“总体规划、分期实施”和“区别重点”的原则。

(2) 确定高速公路一般路段监控系统标准规模的主要依据是公路的功能、路段情况以及服务水平等因素。本次研究将监控系统划分成 III、II、I 类配置, 分别对应一级、二级和三级服务水平。目前国内监控系统

水平普遍处于Ⅲ类或Ⅱ类，即简易的系统配置和较完善的系统配置水平，一般都是围绕互通立交和特殊路段重点监控，且依赖监控人员的参与才能正常工作。

(3) I 类配置则要实现整个路段的连续监控，系统智能化程度更高，可以自动判断交通异常、自动发布信息和控制指令，实现真正意义上的“闭环控制”。对于国内少数几条服务水平已降至二级并趋近三级的高

速公路（如北京的八达岭路、京津塘路、沪宁路、沪杭甬、广佛路等）的重点路段已可按Ⅰ类配置建设完善的监控系统，以达到保证安全、疏导交通的作用。

综上所述，提出监控设施除按管理等级分级设置（主要在 A 级设置）外，还应进一步根据系统开通后 5 年交通量、服务水平及所处路段条件细分为 3 类，分类情况详见表 2。

监控设施分类 表 2

分类	I 类配置	II 类配置	III类配置
功能	完善的信息采集，交通异常自动判断，交通监视、诱导、主线及匝道控制、信息处理及发布	较完善的信息采集，交通监视、诱导及主线控制，信息处理及发布功能	基本的信息采集，交通监视，简易信息处理及发布功能
适用范围	国家、省重要干线公路中三级及以上服务水平的路段，二级服务水平的隧道、特大桥和恶劣地形及气候等特殊路段	国家、省重要干线公路中二级服务水平路段；一级服务水平的隧道、特大桥等特殊路段	国家、省重要干线公路中一级服务水平
设施、设备配置	密布车辆检测器（间距≤1km），加大气象检测器、CCTV 系统、可变限速及可变信息标志等布设数量	互通立交及特殊路段布设车辆检测器、气象检测器、CCTV 系统、可变限速及可变信息标志	重要互通立交区布设车辆检测器、CCTV 系统；重点路段布设可变限速及小型可变信息标志

2 通信系统

2 1 国内通信系统与西方发达国家的差别

高速公路通信系统是为管理、养护、服务、监控和收费等业务服务的基础性设施。在这一领域我国与西方发达国家存在较大差别。

(1) 公用通信网和专用通信网

在西方经济发达国家专业化分工非常明确，交通专用通信网很少见到，话音通信和收费数据传输多用公网。但随着监控、收费技术的发展需要高速率、大容量、宽带的传输技术，这时可能会建设专用传输系统，例如，加拿大在 H40I 和 H407 实施图像监控和电子不停车收费时，相应地建设有 ATM 数据传输系统和视频传输系统。

随着 ITS 技术的应用，更高速率、宽带的传输需求更为迫切，作为西方国家现有通信模式的延续，数据、图像传输将会利用先进的 Internet 网络，不可能形成类似我国目前的交通通信专网。

(2) 紧急电话系统

在欧洲和日本高速公路上紧急电话是运营单位提供优质服务的象征之一，并且法国和意大利一些高速公路上的紧急电话是根据技术标准要求新增的设施，而瑞典高速公路紧急电话是与全国紧急报警系统互联的。而在美加地区由于州际公路路线很长，建设紧急电话系统的成本很高，所以那里更倾向使用移动（对讲）电话。

2 2 调研的主要结论

(1) 关于是否建设交通通信专网的问题

在我国高速公路建设初期，公用通信网络的整体发展水平并不能为运营管理提供所需要的服务，必然要建设为高速公路运营管理服务的交通通信专网。但是，随着原有公用通信网络的商业化运营，通信网络服务质量和技术水平有很大的提高，人们又对日益发展壮大的交通通信网的未来发展趋向产生了疑问。课题组研究认为：

①高速公路通信的特点是语音、数据、图像等传输的业务种类齐全，但容量与公网相比相对很小。要求公网来适应这一要求有一定难度，这是交通通信专网需要建设的主要理由。

②通过对建设与运营成本的综合比较，一些建设项目的可行性分析已证实现阶段建设交通通信专网是经济的。

③在有条件的地方宜借助公网完成（或部分完成）高速公路的通信功能，也可以借助社会力量承担交通专网的运营和系统维护，以减轻自身负担。

(2) 关于无线移动通信系统

受交通部 [1992] 830 号文的制约，各省（区、市）在高速公路交通工程及沿线设施设计中均将无线移动通信系统列入分期实施中。但在很多高速公路建设项目中，利用施工期间建设的无线移动通信系统转入高速公路运营阶段中使用，或在运营阶段自建该系统。建设该系统的运营单位普遍反映使用效果较好。根据日本神户大地震后得到的经验，无线移动通信系统在防灾救灾等突发事件中发挥重要的作用。

有 64.1% 的专家意见也认为从路网管理角度需要无线通信。

课题组研究认为:

①无线通信网是公路运营管理中指挥调度和处理突发事件的重要通信工具。根据全省(市、区)通信网的总体规划,必要时可以建设。

②无线通信网的建设方式可以是专网,也可以利用公用无线通信网。

(3) 关于通信管道

高速公路建设时应埋设通信管道已成为大家的共识。但对通信管道的容量本次研究中未能获得结论,只能从总体上讲,根据交通专网规划和社会对通信管道的需求,高速公路应按公路设计年限远景的要求埋设通信管道。

(4) 紧急电话

①国内调研情况得出,高速公路基本上均安装紧急电话,但紧急电话使用率随开通年限增加呈下降趋势。有些省份建议取消紧急电话或采用其它呼救设施(例如移动电话或求救电话指示牌)。

②根据专家调查结果分析,有 79.5%的专家意见认为高速公路需要紧急电话设施;有 46.2%的专家意见认为紧急电话间距应 $\leq 1\text{km}$ 。

③根据调查,82.4%的管理和技术人员以及 94.1%的司机赞同设紧急电话。

经研究认为紧急电话具有突发事件下紧急报警的作用,目前尚不能被其他手段完全取代,且不能简单地以使用率指标来评价其价值。所以研究结论是高速公路应设置紧急电话。

(5) 通信设施构成和所采用的传输体制

高速公路通信系统一般由光纤数字传输系统,无线通信系统,数字程控交换系统,监控、收费、数据传输通路,图像 CCTV 传输系统,紧急电话系统,光、电缆、通信电源系统和通信管道等部分组成。

对于干线通信网络技术有 40%的专家意见选择 SDH,同样有 40%的专家意见选择 ATM 或 IP。虽然很多专家认为 IP 技术是交通专网的发展方向,但目前尚未成为主流,建设成本目前也偏高。只有浙江省和上海市干线通信采用,其余省(市、区)绝大部分采用 SDH 技术,所以尚不能明确推荐采用 IP 技术。

3 收费系统

3.1 国外概况

国外收费公路比较发达、历史较长的有法国、意大利、西班牙、葡萄牙、日本、美国等国家,其收费制度及收费设施的情况概述如下:

3.1.1 公路收费体制

(1) 实行收费的欧洲国家大多采用高速公路特许经营的体制。如法国 8 900km 高速公路(1998 年资料)中有 6 700km 属于特许经营,占 75%。意大利 6 377km 高速公路(1995 年资料)中有收费高速公路 5 443km,全国共有 26 家特许公司。意大利最大一家公司 AUTOSTRADE 建设和管理 2 800km 高速公路。

(2) 日本于 1956 年颁布《日本道路公团法》,全国成立了日本道路公团、首都道路公团等多家道路公团,分别负责城市间高速公路和城市高速公路的贷款、建设、经营管理和收费还贷等全部事务。收费公路的经营期也是 30 年。

与法、意等国不同的是日本道路公团带有半官方性质,负责全国城市间收费高速公路,共管辖的高速公路已超过 6 000km(1999 年资料)。日本道路公团在日本四岛各地分别设立了建设局和管理局(分局),分管一个区域路网。

3.1.2 收费制式

国外高速公路多种收费制式是并存的。法国、西班牙、美国等国家大量采用开放式,大约 30km 就建有一处主线路障式收费站。这些国家部分干线公路也采用封闭式,目前仍使用纸质磁性通行券技术进行收费。意大利 90%的公路采用封闭式,其余为开放式。

日本道路公团管辖的高速公路基本都是封闭式,但首都道路公团管辖的东京都城市高速公路(200 多公里路网)则实行均一制(互通立交人口一次性)收费。

3.1.3 收费方式及收费技术发展动向

国外收费大致分为人工收费(实际上是人工收费、计算机管理)方式,自动收费(无人值守的投币式和信用卡支付形式)和电子(不停车)收费(ETC)等方式。一般在大型收费广场几种收费方式的收费车道都有,由用户去选择交费方式。在人工收费的系统中有采用自动分车型技术和入口自动发通行券技术;日本等国通行券中有 2 位车牌尾数编码,但采用人工输入方式,鲜有采用自动车牌识别系统的(但在多车道自由流 ETC 系统中有采用)。

国外近 10 年来在大力发展先进高效的电子(不停车)收费(ETC)技术,目前已形成北美标准(915MHz)、欧洲标准(5.8GHz,被动式)和日本标准(5.8GHz,主动式)等标准体系,另外 ISO 国际标准也在逐步建立(基本与欧洲标准一致)。三大标准体系中欧洲标准发展历史最长,也比较成熟,得到支持的国家和供应商最多,因此欧洲国家的 ETC 系统用户的数量也最多。如葡萄牙 60%的交通量是使用 ETC 方式交费的,其通行费收入占总收入的 55%

(运营公司对 ETC 用户给予价格上的优惠)。ETC 的用户以每月 1.5 万的数量在增长, 全国约 90 处收费站的 ETC 车道在不断增加, MTC (人工收费) 车道在不断减少, 公司运营成本不断下降。采用 ETC 技术之后出现公司和用户双赢的良好局面。

3 1. 4 联网收费问题

由于投资和管理体制不同, 国外基本不存在我国联网收费这样突出的问题。

据所掌握的情况, 发现法国存在少量两家以上公司共同经营一条高速公路的情况, 该路也实行类似的联网收费办法, 主线上未设收费站; 由两家公司派人共同组成一个协调机构, 负责通行费拆分问题。具体作法是两家收费中心分别统计收费结果, 包括自己应收部分和应返还对方部分, 然后交银行平衡并划款。出现疑问则由协调机构到收费站查原始数据校核。

据资料介绍意大利实行的是类似我国的联网收费的办法, 在同一条高速公路或同一路网内, 尽管多家公司参与经营, 但都是通过计算机管理内部结算的办法来划分票款, 而不是采取主线设站各收一段的办法。

日本、葡萄牙等国虽然一家公司 (公团) 管理大部分高速公路, 但并未实行全国联网收费, 日本仍是按路收费, 葡萄牙则将约 1 000km 路网分成 4 个封闭式系统进行收费。

至于实行开放式收费的国家和地区则不存在联网收费的问题。

3 2 国内收费系统设置及运营概况

国内高速公路收费系统普遍采用封闭式, 并正在逐步实施联网收费。在确定收费站的规模时基本沿用日本《高速公路设计要领》的规定, 各种设施的设置标准年度、收费广场收费车道数的计算也沿用设计要领的方法和参数取值。

收费方式普遍采用“人工收费、计算机管理、闭路电视监视”的半自动收费方式; 通行券主要有纸质磁性券、非接触式 IC 卡和纸质二维条码券等 3 种类型; 付款方式以现金为主, 少数高速公路可以使用预付卡或信用卡, 受到经常性用户的欢迎。

目前国内先后有 10 多条高速公路或收费站点安装了电子 (不停车) 收费系统 (ETC), 由于国家标准相对滞后, 早期引进的系统标准混乱, 使用范围狭小, 使用效果及前景不很理想。

3 3 对收费系统建设标准与规模的修订意见

(1) 对收费设施乃至收费公路建设和运营管理影响最大的首先是收费制式, 其次是收费方式等因素。国外主要收费公路大国均是在认真分析比较不同收费

制式经济性和收费合理性的基础上确定收费制式的。我国早期设计和建设收费系统受日本模式影响较大, 目前绝大多数高速公路的收费制式未经比较, 统统采用封闭式, 这种一刀切的作法使交通量较小的高速公路投资和运营负担沉重, 中西部地区问题尤其突出。

为了扭转这种情况, 在技术标准中明确要求“……收费设施的设置应根据公路等级、功能和路网情况合理确定收费制式和方式, ……”。

(2) 根据交通部有关规定, 技术标准明确规定了开放式或混合式主线收费站的间距: 国家干线公路不得小于 60km, 其他收费公路不得小于 40km。技术标准还明确规定“存在多个投资和管理实体并实行封闭式收费的高速公路应……实行区域或省内联网收费”。

(3) 通过对现有收费站通过能力的调查, 发现日本设计要领中“服务时间”的取值标准与我国的实际情况存在较大差距, 我国所需要的服务时间更长一些 (长约 40%), 因此所需车道数也更多一些, 这也是许多收费站过早饱和的原因之一。今后应对此设专题研究, 以制定出符合我国情况的收费广场设计标准。

(4) 通过调查发现收费广场和站房扩建受到二次征地、申请建设经费等问题的限制, 难度极大。所以本次技术标准规定除收费机电设施分期实施 (初期按 5 年预测交通量配置) 外, 收费广场土建设施及站房等均按 20 年预测交通量实施, 一步到位。

(5) 本次还对省界主线站的几种设置模式和通过能力进行了调研, 调研发现, 原来认为两省在省界附近合建主线站的方案最为经济合理的结论存在疑点, 调查组提出两省退至本省第一个互通立交处各建自己的全幅主线站的方案最方便管理, 且经济合理。由于这个方案与交通部有关规定不相符合, 因此仅作为参考意见提出, 未写入本技术标准。

(6) 对于收费方式本技术标准推荐采用人工收费、计算机管理的半自动收费方式。电子 (不停车) 收费方式技术先进是今后的发展方向, 但需要一定的交通量和用户数量才能发挥效益, 因此规定“有条件的高速公路可采用电子 (不停车) 收费方式”。至于电子收费系统应遵循的技术标准则纳入其他标准规范。

4 结语

国外高速公路的机电系统已有几十年历史, 我们应认真研究其成功的经验, 以资借鉴。我国的高速公路机电系统也有十多年的历史, 其经验教训也应认真研究总结。我国的高速公路机电系统建设应进一步规范化, 避免随意性, 使有限的投资发挥更大效益。