



Energy Saving Technology
of Highway Tunnel

公路隧道节能技术

韩 直 方建勤 洪伟鹏 等 著



人民交通出版社
China Communications Press

交通科技丛书

公路隧道节能技术

韩 直 方建勤 洪伟鹏 等 著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书作者运用交通工程、自动控制等理论与方法,围绕安全、环保、节能、高效的目标,从系统节能的理念出发,对公路隧道的分级、隧道土建结构与隧道机电设施之间的相互影响与联系、影响隧道节能的主要因素进行了较为系统地分析,探讨了通风与照明的设计理念、设计参数、设计标准与设计方法,阐述了信息处理与预测技术、自然光与人工光结合的照明技术、互补式通风技术、LED隧道照明灯等新技术、新产品应用等方面的见解,提出了通风节能、照明节能、综合节能的一些解决措施。全书共十章,包括绪论、信息采集与处理、隧道节能的主要影响因素、通风节能设计、散射光光源照明节能设计、定向光光源照明节能设计、短隧道照明节能设计、供配电系统节能设计、运营节能与综合节能。

本书可供交通运输部门、交通管理部门的工程技术人员、管理干部参考,也可作为相关院校的教学参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

公路隧道节能技术/韩直等著. —北京:人民
交通出版社, 2010. 3

ISBN 978-7-114-08283-2

I. ①公… II. ①韩… III. ①公路隧道—隧道
工程—节能—技术 IV. ①U459. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 039582 号

交通科技丛书

书 名: 公路隧道节能技术

著 作 者: 韩直 等

责任编辑: 郑蕉林

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 20

字 数: 370 千

版 次: 2010 年 6 月 第 1 版

印 次: 2010 年 6 月 第 1 次印刷

印 数: 0001~2500 册

书 号: ISBN 978-7-114-08283-2

定 价: 55.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

我与韩直博士认识是在2002年,当时我给他讲了公路隧道通风照明的节能问题。此后,他一直从事公路隧道的安全与节能方面的研究。作为一个多年来致力于公路隧道运营管理研究的科技人员,韩直博士的科研成果和学术观点一直超前,具有新意,为同行所重视。今天他邀请我为他的新书作序,我为他取得的新成绩感到由衷的高兴,也为他研究节能降低运营费的责任意识感到由衷的钦佩而欣然提笔。

我国是一个多山国家,75%左右的国土面积是山地或丘陵。随着《国家高速公路网发展规划》和西部大开发的实施,高速公路不断向山区延伸,桥隧比例不断增加,截至2009年底,我国已建成公路隧道6139座,总长394.20万米。如此大规模的隧道建设,不但运营管理的任务十分艰巨,其安全与节能问题也日益突出。如何在保障安全的前提下降低运营费用,尤其是降低高速公路隧道照明、通风、供电的运营费用,一直是众多专家、高速公路建设与管理人員关注的热点议题。

为了应对全球新经济发展模式——低碳经济的来临,积极响应国家“建设节约型社会”的号召,落实交通运输行业节能减排工作,作者的研发团队勇于拼搏、积极进取、大胆创新,从通风、照明、供配电等多个角度对公路隧道运营阶段综合节能技术开展了系统地科学研究。先后承担了“公路隧道照明需求研究”、“公路隧道(群)安全与节能技术研究”、“特大断面公路隧道节能技术研究”、“公路隧道LED照明成套技术研究”、“公路隧道LED照明灯”等国家、交通运输部与地方的科研项目。为了获得切实可行的研究成果,他们在200 m长1:1实体隧道试验室与全国运营中的隧道,开展了大量通风、照明监控、火灾报警与消防试验,并在广东、重庆、陕西、四川、浙江、湖北、贵州、青海、江西等地进行了现场实地测试。在这种尊重实践、孜孜不倦的科学探索精神指引下,他们在:①公路隧道通风与照明的设计参数、标准与方法;②公路隧道节能与安全的关系;③公路隧道通风、照明综合节能技术;④公路隧道供配电节能技术;⑤公路隧道新型节能产品应用;⑥导光管照明、光纤照明、人工光与自然光结合的照明技术等方面,都取得了丰硕的成果。我为他们对公路隧道事业做出的成绩感到由衷的高兴。

现在,作者将这些成果编撰成书,付梓问世。这对目前公路隧道的节能减排工

作是非常及时和必要的,具有很好的指导性和实用性。相信他们会继续深化相关研究和实践工作,不断开拓创新,为我国公路隧道运营管理水平的持续提高,为低碳交通贡献力量。更希望广大读者、建设者、管理者及相关院校的师生,将本书作为一个很好的教材和参考资料。

中国工程院院士: 
2010年3月

前 言

随着国务院批准的《国家高速公路网发展规划》的实施,各地方公路网的加密以及断头路的消除,公路隧道在公路建设中的比重越来越大。公路隧道作为道路构造物的耗电大户,节能减排问题已引起了国内外的普遍重视。为此,各国都在积极加强探索节能新理论和新技术,以求提高能源的利用率,有效降低对环境的污染。

为此,我国制定了《〈节约能源法〉实施办法》和《公路水路交通节能中长期规划纲要》,完成了15项节能标准规范编制及修订工作,构建了交通运输行业节能减排长效机制和节能减排监测考核体系,颁布实施了营运客货车燃料消耗量限值及测量方法,确定了第二批节能减排新产品(新技术)和示范项目,强化了交通运输固定资产投资项目节能评估审查,制定并实施营运车辆燃料消耗量准入制度,开展高耗油营运车辆提前退出道路运输市场的试点。

在国家对交通运输节能理论和技术研究日益重视的情况下,本书从系统节能的理念出发,运用交通工程、自动控制等理论与方法,重点阐述了公路隧道设计节能与运营节能的理论、标准、参数、方法与措施,对信息处理与预测技术、自然光与人工光结合的照明技术、互补式通风技术、土壤净化技术、LED隧道照明灯等新技术、新产品的应用,提出了自己的见解。

全书共分十章,由招商局重庆交通科研设计院有限公司韩直研究员、广东省长大公路工程有限公司方建勤博士、洪伟鹏高级工程师主编。各章的编写人员如下:第1、2、3、5、6、9章由韩直编写;第4章由韩直、陈晓利编写;第7章由王小军、韩直编写;第8章由刘相华、洪伟鹏编写;第10章由韩直、易富君、方建勤编写。本书成果由本书参编人员与广东省长大公路工程有限公司共同所有。

本书在编写过程中,参考了国内外相关研究文献资料,凝结了各参编人员的理念、经验与体会,包含了许多国内外相关研究学者的见解和方法。

本书在编写过程得到了王梦恕院士的指导与帮助,在此表示衷心的感谢!

由于编写人员理论功底和水平有限,本书错误、疏忽之处难免,敬请读者给予批评指正。

作 者

2010年3月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 公路隧道节能的研究对象与范围	1
1.2 公路隧道节能的目的与意义	2
1.3 公路隧道节能的现状与发展	4
第 2 章 信息采集与处理	10
2.1 信息采集.....	10
2.2 滤波.....	11
2.3 预测.....	15
第 3 章 公路隧道节能的主要影响因素	40
3.1 公路隧道分类.....	40
3.2 公路隧道土建与隧道机电系统的相互影响与差异性分析.....	52
3.3 隧道土建特征对节能的影响.....	54
3.4 隧道机电设施对节能的影响.....	55
3.5 隧道交通特征对节能的影响.....	57
3.6 隧道环境特征对节能的影响.....	58
3.7 隧道运营管理对节能的影响.....	59
3.8 隧道机电设施分期实施对节能的影响.....	59
第 4 章 通风节能设计	65
4.1 影响因素.....	65
4.2 设计标准.....	72
4.3 通风方式.....	83
4.4 公路隧道通风设计方法.....	89
4.5 风机选型与布设	102
第 5 章 散射光光源照明节能设计	108
5.1 隧道照明系统	108
5.2 设计参数	111

5.3	国内外照明设计标准比较	116
5.4	光源选择	123
5.5	照明功率计算	130
5.6	照明设计	134
第6章	定向光光源照明节能设计	147
6.1	LED 隧道照明灯	147
6.2	LED 隧道照明灯的特点	153
6.3	LED 隧道照明灯的优势	155
6.4	LED 隧道照明灯的光束角	159
6.5	LED 照明灯的技术指标要求	160
6.6	LED 隧道照明灯的分类与标识	163
6.7	LED 隧道照明灯的发展	165
6.8	LED 隧道照明灯的比选	170
6.9	LED 隧道照明设计	183
第7章	短隧道照明节能设计	191
7.1	短隧道的概念与特点	191
7.2	短隧道照明分类	193
7.3	短隧道照明参数计算	194
7.4	短隧道照明设计	199
第8章	供配电系统节能设计	204
8.1	系统构成	204
8.2	设计标准	206
8.3	供电方式	207
8.4	设计理念	217
8.5	系统可靠性	217
8.6	中压供电技术	221
8.7	设备选择	222
第9章	运营节能	226
9.1	通风节能控制	226
9.2	照明节能控制	257
9.3	维护节能	265
9.4	通风与照明综合节能控制	272

第 10 章 综合节能	276
10.1 风力发电在隧道节能中的应用.....	276
10.2 太阳能发电在隧道节能中的应用.....	286
10.3 风光互补技术在隧道节能中的应用.....	293
10.4 光纤传导技术在隧道节能中的应用.....	296
10.5 太阳光与人工光结合的照明技术.....	303
10.6 导光管照明技术.....	304
参考文献.....	308



第1章 绪 论

1.1 公路隧道节能的研究对象与范围

1.1.1 公路隧道节能的定义

目前,尚无公路隧道节能的明确定义。本书对公路隧道节能的理解,包括狭义和广义两个方面。

(1)狭义公路隧道节能

狭义公路隧道节能,是指在满足相关规范要求的前提下,与传统的设施与管理方式相比,通过采用新技术、新设施实现运营过程中通风与照明能耗的减少。工程中常见的是照明节能。

(2)广义公路隧道节能

广义公路隧道节能,包含在公路隧道建设与管理的全过程中。在建设过程中,结合当地的地理、环境、气候、交通与经济条件,以及隧道在公路网中的功能、地位与作用,通过合理选择设计参数、优化设计方案、采用新技术、新材料、新设备,达到全寿命期建设费用最省;在运营管理中,结合气候条件、隧道内的交通工况以及路段与隧道的交通流特征,通过科学地控制与管理,达到安全、环保与能耗最省的目的。这一理念与国际上大多数学者的理念相同,例如,在日本,已经把车辆诱导系统的节能减排效益纳入到碳交易的范畴,而我国在2008年举办奥运会期间,由于采取了有效的交通监管措施,减少了碳排放,也实现了碳交易。

1.1.2 研究对象

公路隧道节能的研究对象主要包括以下4个方面。

(1)隧道土建结构

主要包括隧道线形与接线、隧道洞口朝向与结构形式、隧道横断面尺寸、洞内装饰方式与材料等的选择与方案优化。通过土建结构的精细设计,为减少工程投资与节能打好基础。



(2) 隧道交通特征

主要是对交通参数(交通量、车辆构成与速度)进行预测与影响分析。近期与远期的交通量预测与分析,主要用于确定建设的分期实施与系统的配置规模;实时在线预测与分析,则主要用于交通状态判别、交通异常检测、基于安全与节能的路段与隧道的速度控制、通风与照明控制及运营管理中管理策略的决策。

(3) 隧道机电系统

隧道机电系统由通风、照明、监控、防灾、供配电等子系统构成。这些设施是主要的能耗体。对隧道机电系统的研究,主要包括系统规模的确定、系统设施的配置原则与方法以及系统集成网络构造方式等,为安全运营与节能奠定基础。

(4) 运营管理

主要包括系统的管理体制、管理架构与设置、系统联网控制、安全预警、事故扩散范围与影响、交通状态评价、通风与照明控制、公路网交通协调控制、防灾策略与预案的制订,以及管理策略决策与支持等。这是狭义节能的关键技术。

1.1.3 研究范围

从广义节能的理念出发,公路隧道节能的研究范围主要包括以下4个方面。

(1) 设计过程的节能

主要是结合工程特点、交通流特性与地理环境特征,在设计阶段,通过提高设计质量,优化设计方案,达到节省工程投资、减少土地资源占用的目的。

(2) 运营过程的节能

主要研究如何根据环境、气候、交通量与交通工况的变化,采取科学的控制策略,达到安全与节能的目的。

(3) 节能审计

节能审计属于能源管理的范畴。其主要研究公路隧道的能耗定额、能耗检测方法、节能潜力、能耗预测、节能规划,以及节能审计的程序、内容、评价指标与方法。

(4) 设计标准

包括公路隧道土建与隧道机电的设计标准,土建设计标准主要影响土建投资规模与机电设施的配置,隧道机电系统设计标准除决定了机电设施配置规模外,对运营的安全与能耗会产生重要的影响。

1.2 公路隧道节能的目的与意义

截至2009年底,全国公路总里程达386.08万公里,比上年末增加13.07万公里。其中,国道15.85万公里,省道26.60万公里,县道51.95万公里,乡道101.96

万公里,专用公路 6.72 万公里,村道 183.00 万公里。全国公路隧道为 6 139 处、394.20 万米,比上年末增加 713 处、75.56 万米。其中特长隧道 190 处、82.11 万米,长隧道 905 处、150.07 万米。我国已成为世界上公路隧道最多、最复杂、发展最快的国家之一。公路隧道的节能问题,已成为低碳经济时代、新交通时代交通行业普遍关注的问题。

对公路隧道节能的研究,主要是为了解决以下 3 个方面的问题。

(1) 设计的标准问题

设计标准是公路建设的依据,关系到公路交通事业的可持续发展以及运营的成本和运输的安全与效率。我国一些隧道,风机长期闲置。根据作者对广东、湖北、重庆、陕西、四川等地隧道运营状态的调查,隧道内 CO 浓度远远低于设计要求,也设计了通风设施。这一现象的发生,除了设计水平的原因外,也和相关标准滞后、不能反映客观实际有很大关系。

(2) 建设的规模问题

公路隧道是公路网的咽喉,投资费用大,运营管理复杂。建设的分期实施、机电系统的配置与集成方法、系统设施的选择,以及新设备、新技术、新工艺的应用,对系统设施的稳定性、可靠性与可扩展性以及运营管理都有巨大的影响。

(3) 运营管理的效率与成本问题

目前,我国大多数隧道存在着信息浪费、不能有效挖掘使用的问题。提高信息的利用率与智能化水平,是提高运输效率、降低运营管理成本的关键。

这些问题的解决,将主要起到以下 3 个方面的作用。

(1) 有利于减少环境气候的污染

党中央、国务院对节能减排都有明确的指示与目标,交通运输部和许多省份也制订了交通运输行业的节能减排规划与发展目标。国外很多发达国家在城市的发展中,都采用了拆除地面走地下的做法,为人类生存提供更多的空间与阳光。发展地下交通,有利于变汽车废气的无序排放为有序控制,有利于减少汽车排放对环境气候的污染。

(2) 有利于公路交通的可持续发展

社会、经济与文化的发展,离不开交通的发展。进行公路建设,不可避免地要占用大量土地资源。而我国人口众多,土地资源匮乏。解决好公路隧道的建设与管理问题,有利于节约土地资源,有利于减少建设投资,有利于公路交通的可持续发展。

(3) 有利于降低公路隧道的运营成本

公路隧道投资大,运营费用高。据重庆市公路隧道用电量统计,每公里隧道一年的电费 40 余万元。按此推算,全国公路隧道年电费高达 13 亿元。很多省份为了减少运营费用,以牺牲安全为代价,少开灯或不开灯。公路隧道的运营费用,已

成为很多隧道管理部门一笔沉重的负担。提高公路隧道的运营管理水平,有利于达到安全、节能、降低运营管理费用的目的。

1.3 公路隧道节能的现状与发展

公路隧道节能是个系统工程,涉及建设与管理、土建与机电等多个方面,只有运用系统工程的思想,全方位考虑安全、环保、节能、高效,才能实现系统节能。

1.3.1 国外发展现状

目前,世界发达国家公路网络已经形成,公路隧道的建设任务较小,其主要任务是隧道运营管理,主要表现在以下7个方面。

(1)通风

日本主要采用纵向式通风,欧洲主要采用横向与半横向通风,由于纵向式通风比较节能,目前欧洲也普遍开始采用纵向式通风。此外,对于通风设计参数,法国等国家已经将 NO_x 含量作为设计与运营控制的参数之一。

(2)照明

目前仍然是基于 L20 法进行照明设计,CIE2004 则推荐采用光幕亮度法。此外,中间视觉照明理论、反射间接照明、LED 照明是当前研究与应用的热点,朝着绿色照明的方向发展。

(3)监控

在欧洲,成立了隧道智能交通委员会,应用智能交通的理念,应用交通工程学的原理与方法,由宏观监控转化为微观监控,对进入隧道的每个车辆,通过检测、建立信息卡以及出口识别,达到对隧道交通运营状态、隧道内车辆数与车辆类型进行实时监控与决策支持、提高效率与降低灾害损失的目的,通过信息的综合利用与检测设施的协调控制,朝着智能控制的方向发展。

(4)防灾

主要通过全规模火灾试验,研究不同规模火灾、不同燃烧类型时,烟雾在时间与空间上的弥漫规律以及环境特征;研究火灾工况下,人体对环境的适应性,通过开发新型火灾探测与灭火设施,如细水雾灭火技术、泡沫自动喷淋灭火技术、受到国际消防技术委员会(CTIF)高度重视的脉冲灭火设备以及感温火灾探测设施、感光火灾探测设施、视频火灾探测设施等,尽早发现火灾,提高灭火效率,减少火灾损失。此外,在火灾应急预案的制订、应急能力储备、隧道安全评价、宣传教育、异常应急操作指南等方面也做了很多工作,以达到减少火灾损失的目的。

(5) 节能

主要应用模糊通风控制技术、风光互补供电技术、零谐波电子调压技术、照明控制技术以及一些节能控制设施、节能光源等实现节能。

(6) 安全

自从勃郎峰隧道火灾,造成 36 辆汽车被毁,41 人烧死后,国内外对隧道安全都十分重视,欧洲对数十座隧道的安全性进行了检查与评价,结果令人担忧。目前,采取的安全措施与国内基本相同,但在方法与效果上有较大差异。比如:加强洞外诱导功能、增设警告设施,在行车方向左右侧多次重复设置诱导或警告设施;洞内机电设备或消防设施标识清楚,避免我国浙江猫狸岭隧道将消防箱烧毁的现象;通过快速处理异常事件,避免或减少二次事故的发生。

(7) 运营管理

从立法、执法、预案制订,到日常检查、设施维护、消防演习、安全教育、危险品运输管理、进入隧道前发放安全手册等,都制订了相应的法规、标准与指南。挪威从立法上规定,500m 以上的隧道发生火灾、毒气泄露时,应独立进行控制管理,明确每个隧道管理部门的安全责任人,提高管理的协调性、管理的效率与隧道运营的安全性。

1.3.2 国内发展现状

目前,国家科委、交通运输部和许多省份针对公路隧道建设与运营中的共性问题、特殊性问题及重大工程问题展开了研究。这些项目主要包括国家支撑计划“国家道路交通安全科技行动计划”、“山区公路网安全保障技术体系研究与示范工程”,国家“863”项目“公路隧道 LED 照明灯”、交通部西部项目“公路隧道(群)安全与节能技术研究”、“秦岭终南山特长公路隧道关键技术研究”、“雪峰山特长公路隧道关键技术研究”、“公路隧道衬砌结构耐火技术研究”、“多断层、富水岩溶地区特长公路隧道修建关键技术及防灾救援方案研究与应用”、“公路隧道太阳能照明系统研究”、“乌鞘岭特长公路隧道群建设与运营安全控制技术研究”、“公路隧道及隧道群车辆运行安全保障技术研究”、“高速公路螺旋型曲线隧道营运安全控制技术研究”,以及广东省交通厅项目“公路隧道节能技术研究”、福建省交通厅项目“公路隧道照明参数研究”、重庆市科委项目“公路隧道 LED 照明成套技术研究”、“公路隧道供配电节能技术研究”等。通过研究,取得了一系列成果,主要表现在以下 5 个方面。

(1) 研究与检测试验平台基本形成

建设了超特长公路隧道通风物理模型试验系统、公路隧道纵向通风设计计算与模拟试验平台、隧道火灾模型试验场、公路隧道监控中试实验室、公路隧道火灾

事故数据库、公路隧道建设与养护管理重点试验室、山区公路工程技术研究中心。试验平台的完善,不但对研究提供了试验的支撑,而且促进了研究成果的转化,为公路隧道建设与管理技术的研究、隧道关键设备的开发与试验检测提供了基础条件。

(2) 重大工程技术问题取得突破

以长达 18.02km 的秦岭终南山隧道为依托,开展了困扰长大公路隧道建设重大技术问题的研究,基本解决了单向交通特长公路隧道纵向通风的理论与实现问题,提出了公路隧道复杂通风网络技术理论,开发了仿真计算软件,明确了特长公路隧道洞内卫生控制标准,形成了从通风设计参数选择到理论分析计算与仿真验算的成套技术;建立了火灾时火风压、节流效应、烟流阻力的计算模型,提出了包括防火分区、人员逃生及车辆疏散、风流组织、风机布置原则、风流控制策略等内容的公路隧道防灾救援设计方法;基本解决了单向交通特长公路隧道监控的配置原则、方法与应用问题,建立了以交通与环境信息检测为基础,预防预警为原则,工业以太网为平台,信息共享为前提,智能决策为灵魂,安全、节能、高效为目标,双纤冗余自愈环为网络,视频监控与交通异常自动检测相结合,联动控制为手段的信息化、智能化的公路隧道运营管理系统;基本解决了单向交通特长公路隧道管理与养护系统问题,针对隧道机电系统的交通安全管理、结构养护管理、机电维护管理,提出了“双履历表”、维护项目矩阵及故障分析方法,开发了特长公路隧道管理与养护系统(TMMS),建立了“编目体系、任务体系、管理体系”三个层次的公路隧道通用管理模式。

(3) 特殊工程技术问题初步解决

针对毗邻隧道、隧道群、螺旋型隧道的特殊工程问题,解决了联动控制与区域联网控制的难题;完善了交通异常自动检测算法及自动检测设备优化组合配置技术;开发了自动检测与控制软件;创立了综合考虑环境、交通、节能、控制、设备使用寿命等多方面问题的隧道监控模式,建立了一套适合不同交通流量的、经济合理的、综合的隧道交通运营监控系统。

(4) 安全保障与节能减排技术初见成效

围绕安全、环保、节能与高效,科学地论证了安全与节能两者之间的辩证关系,研究了安全与节能之间的矛盾和联系,制订了适应不同地区经济发展水平的节能与安全策略,提出了安全与节能的成套应用技术,形成了初具规模的行业标准,高速公路隧道无重大、特大交通事故发生,太阳能技术、LED 照明技术等新技术、新产品得到推广应用。

(5) 信息化、智能化管理技术水平得到提升

针对公路隧道运营阶段的维修、养护、监控、预警、病害及突发事件处治等问题,在隧道运营管理的数字化、信息化、可视化与空间查询等方面取得多项技术突

破,建立了公路隧道健康管理系统,提高了应对突发性灾害的抢险能力,推动了隧道管理向网络化发展,为我国大规模公路隧道运营提供了关键的安全技术支持。

1.3.3 与国外的差距

与国外先进水平相比,我国的差距主要表现在以下几个方面。

(1)标准、规范滞后,有待完善标准体系。

国外标准、规范一般2~3年修订一次,我国不但标准规范体系不全,而且“研究成果→成果应用示范→成果推广→总结提炼→标准规范”周期长,规范修订周期长,长期缺乏公路隧道消防技术规范、公路隧道防灾设计规范、公路隧道运营管理指南等,交通运营管理的规范化、智能化水平有待提高。

(2)自主知识产权的机电设施少,有待开发隧道机电主要设施。

我国隧道机电设施大部分依赖进口,如CO/VI检测设施、风速风向仪、亮度检测器、区域控制机等,进口设施养护管理困难,在设备故障期发生交通异常时会加大灾害损失。

(3)科研试验基地薄弱,防灾技术有待更深入地研究,隧道交通流理论研究有待开展。

我国没有一个全规模火灾试验研究基地,没有基于驾驶行为、考虑驾驶员个体特征的模拟试验场所,这就为准确深入地了解和掌握火灾场景的发展规律、火灾下人员逃生条件、驾驶行为对运营安全的影响、隧道交通流特征对设施配置与运营管理的影响等,形成了不可逾越的障碍。

(4)多专业结合较弱,通风、照明、监控、安全的研究,有待于由仅结合工程实际转化为工程、环境与人性化相结合,使科研成果再上一个台阶。

国外在隧道运营管理研究中,采用多专业结合的方式,如挪威等国家对驾驶员在隧道内行驶感知研究、对通风与照明探究、对交通流特性研究中,都采用律师、医生、心理学家和专业人员相结合的方式,比我国研究的更深入、仔细,研究成果更符合实际。

(5)系统化、信息化、智能化水平有待提升。

我国信息化、智能化水平一直落后于国外发达国家,而公路隧道运营管理又涉及通信、控制、检测、计算机技术、交通工程、暖通、照明、防灾等多个专业,虽然建设时硬件设施比较齐全,但很多信息未进行综合利用,安全预警技术、协调控制技术还比较落后,有待突破,避免和减少类似某高速公路两个多小时内数十辆车相撞的事件发生。

1.3.4 应解决问题的主要方向

从系统节能的角度出发,主要应在以下7个方面开展研究。

(1) 通风

主要解决设计参数、设计标准问题,既满足卫生、行车舒适与灾害条件下的要求,又达到节约建设与运营费用的目的,应主要开展的研究内容如下:

- ①互补式通风技术研究。
- ②静电吸尘应用研究。
- ③废气土壤净化技术与开发。
- ④火灾工况通风技术的理论与试验研究。
- ⑤双向交通长大隧道通风技术研究。
- ⑥通风设计参数试验研究。
- ⑦通风系统优化与综合评价技术研究。
- ⑧公路隧道环境检测设备开发。

(2) 照明

主要解决公路隧道照明设计标准落后的问题,解决短隧道照明的问题,解决新型节能光源应用的合法性问题,达到既满足行车舒适又节能的目的,应主要开展以下研究:

- ①短隧道照明技术研究。
- ②色温与照度可调的 LED 照明技术与系统开发。
- ③人工光与自然光相结合的照明技术研究。
- ④光纤照明技术与系统开发。
- ⑤公路隧道照明设计参数研究。
- ⑥定向光照明设计参数与技术标准研究。
- ⑦公路隧道照明控制技术与节能设备及软件开发。

(3) 监控

主要解决微观监控问题,解决安全预警的理论与方法问题,解决隧道群、隧道与路段的协调控制问题,应主要开展以下研究:

- ①公路隧道安全预警的理论与方法研究。
- ②基于安全、高效、节能的公路隧道(群)与路段协调控制技术研究。
- ③公路隧道异常事件快速识别技术研究。

(4) 防灾

主要解决预防火灾的规模与标准、火灾早期探测与消防设备开发、防灾预案制订与旧车支持等,应开展的主要研究如下:

- ①公路隧道消防标准研究。
- ②公路隧道防灾规模研究。
- ③公路隧道火灾早期探测技术研究。