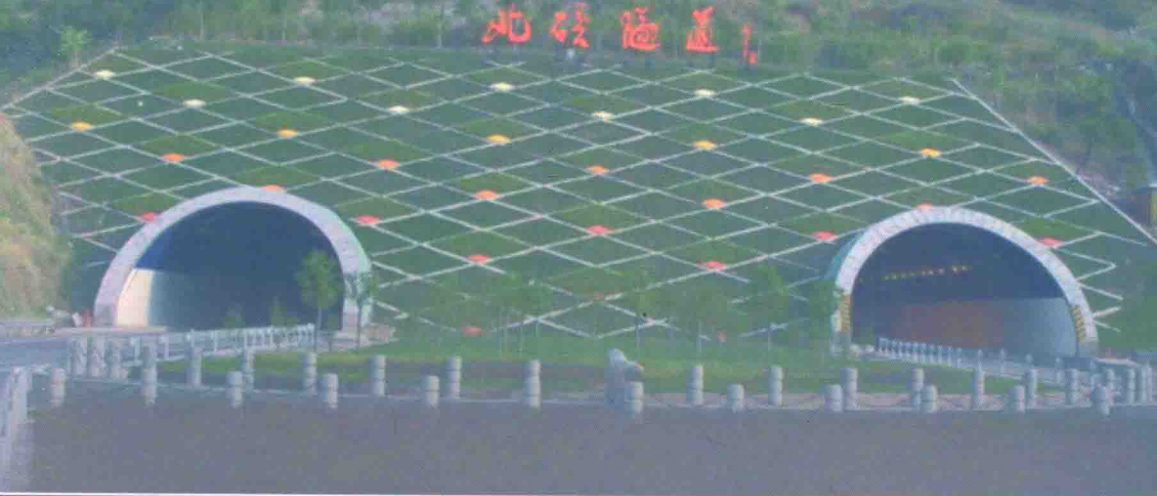




# 公路隧道前馈式智能通风控制系统

何 川 方 勇 李祖伟 著



科学出版社

# 公路隧道前馈式智能 通风控制系统

何 川 方 勇 李祖伟 著

本书由以下项目联合资助：

交通部西部交通建设科技项目(2006 318 000 58)

国家火炬计划项目(2009GH010182)

国家重点新产品项目(2008GRF01007)

中央高校博士点基金博导基金类项目(20100184110018)

重庆市科技计划项目(2002-7470)

中央高校基本科研业务费专项资金资助(SWJTU11ZT33)

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书系统阐述了公路隧道前馈式智能运营通风控制的理论、方法及设计与实施等方面的关键技术。全书内容分为9章,第1章主要分析我国公路隧道通风及其控制系统的现状及发展趋势,第2~4章介绍了公路隧道前馈式通风计算的理论基础,包括交通流预测模型、隧道通风的空气动力学模型及污染物扩散模型等,第5~7章对单体公路隧道及隧道群的前馈式智能通风控制系统进行了详细的设计与室内仿真测试,第8章、第9章介绍了公路隧道通风系统基础参数现场测试的相关成果,以及隧道中实施前馈式智能通风控制系统的效果测评情况。

本书可供从事公路隧道规划、设计、施工与运营管理的广大科技人员使用,也可作为高等院校隧道与地下工程专业师生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

公路隧道前馈式智能通风控制系统/何川,方勇,李祖伟著. —北京:科学出版社,2014.12

ISBN 978-7-03-042964-3

I. ①公… II. ①何… ②方… ③李… III. 公路隧道-隧道通风-控制系统  
IV. ①U459.2 ②U453.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 309537 号

责任编辑:周 炜/责任校对:桂伟利

责任印制:张 倩/封面设计:陈 敬

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2014年12月第一版 开本:720×1000 1/16

2014年12月第一次印刷 印张:15 1/2

字数:298 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

近年来我国在以高速公路为骨干的高等级公路建设中取得了巨大的成就,与此同时,如何充分发挥高等级公路“车速快、流量大、运效高、安全好”的优势则给我们带来了新的课题和压力。由于长大隧道的特殊结构和环境条件,汽车在隧道内行驶时排出的废气和卷起的尘埃会妨碍行车安全并对人体造成危害,且极易造成行车堵塞和诱发重大交通事故。为保证车辆在隧道内的快速安全行驶并提供良好的行车环境,需对隧道进行运营通风,并进行以通风控制为核心的多系统集成化的计算机中心控制管理。先进可靠的运营通风控制技术是长大公路隧道运营安全、畅通的保障。

截至 2013 年年底,我国高速公路通车里程已突破 10 万公里,居世界首位,公路隧道 7300 余座,总延长超过 5000 公里,其中长度大于 3 公里的特长隧道约 300 座,长度超过 1100 公里。如何实现营运安全与节能是高速公路长大隧道监控技术领域所面临的巨大挑战。对于长大公路隧道的运营通风方式,国外从 20 世纪 70 年代、国内从 90 年代已基本从全横向方式或半横向方式演变到纵向通风方式。通风控制的目的是根据隧道内的交通状态,以最小的电力消耗,按需求供给隧道内充分的通风量。随着隧道长度的增加,车辆在隧道内的滞留时间越多,有害气体在隧道内的分布形态差异越大,而且浓度水平普遍较高,从而大大增加了确定隧道需风量的难度,也使得长大公路隧道的通风控制变得十分复杂。研究采用先进的通风控制系统除能改善通风效果,增加行车安全性及舒适度,还能大幅降低耗电量,可进一步完善我国现有纵向通风技术,是实现高等级公路“高速、高效、安全、舒适”的一项关键技术,在节能、防灾和提高行车安全和舒适性等方面均具有重要意义。

在此背景下,作者近年以高速公路隧道的前馈式智能运营通风控制为核心展开了系列基础和技术开发研究。本书主要内容取材于作者承担的交通部西部交通建设科技项目“公路隧道智能联动控制技术研究”、国家火炬计划项目“长大公路隧道智能监控系统及防灾新技术”、国家重点新产品项目“高速公路隧道智能监控软硬件系统”、中央高校博士点基金博导基金类项目“高速公路隧道群前馈式智能通风控制技术研究”、重庆市科技计划项目分项“长大公路隧道前馈式通风系统及隧道机电智能监控技术研究”等多个项目或课题研究的相关成果,同时包含了作者近年承担的针对我国西部及部分沿海省市高速公路隧道的技术开发和工程应用方面的相关内容。

感谢重庆、四川、贵州、云南、浙江等省(直辖市)多个公路建设、运营管理、设计与施工单位对相关项目研究提供的协助和经费资助,感谢相关技术及管理人员对

本项研究工作的大力支持;感谢西南交通大学王明年、曾艳华、杨玉容、何世龙等教师及多名博士和硕士研究生在现场测试等多方面所做的协助工作。

限于作者水平,书中难免存在不足和不妥之处,敬请读者批评指正。

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 前言                        |    |
| 第 1 章 绪论                  | 1  |
| 1.1 我国公路隧道的发展现状           | 1  |
| 1.2 公路隧道营运通风方式            | 10 |
| 1.2.1 营运通风的目的             | 10 |
| 1.2.2 营运通风的方式及发展趋势        | 11 |
| 1.2.3 国内营运通风方式的现状         | 16 |
| 1.3 公路隧道通风控制方法及发展趋势       | 18 |
| 1.3.1 公路隧道营运通风控制方法        | 18 |
| 1.3.2 公路隧道通风控制系统的现状       | 21 |
| 1.3.3 公路隧道通风控制系统的发展趋势     | 23 |
| 1.4 前馈式智能通风控制系统原型         | 23 |
| 1.4.1 系统原型的提出             | 23 |
| 1.4.2 系统原型的组成             | 25 |
| 参考文献                      | 27 |
| 第 2 章 公路隧道前馈式通风系统的交通流预测   | 29 |
| 2.1 公路隧道交通流预测概述           | 29 |
| 2.1.1 交通流三参数及其相互关系        | 29 |
| 2.1.2 交通流的统计分布特性          | 30 |
| 2.1.3 公路隧道交通流预测的特点        | 31 |
| 2.2 基于交通流特征的预测模型          | 32 |
| 2.2.1 公路隧道交通流特征           | 32 |
| 2.2.2 基于交通流特征的公路隧道交通流预测模型 | 37 |
| 2.3 基于权重的预测模型             | 42 |
| 2.3.1 权重预测模型的基本形式         | 42 |
| 2.3.2 自适应权重模型             | 44 |
| 2.4 基于 BP 算法的神经网络预测模型     | 48 |
| 2.4.1 误差反向传播(BP)算法简介      | 48 |
| 2.4.2 基于 BP 算法的交通流预测模型    | 50 |
| 2.4.3 预测模型的仿真测试           | 52 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 2.5 基于模糊逻辑的预测模型·····              | 57 |
| 2.5.1 交通流的模糊预测方法·····             | 57 |
| 2.5.2 交通流模糊预测模型的建立·····           | 58 |
| 2.5.3 模糊逻辑预测的仿真测试·····            | 60 |
| 2.6 神经网络与模糊逻辑组合预测模型·····          | 62 |
| 2.6.1 两种模型的预测效果比较·····            | 62 |
| 2.6.2 组合预测模型·····                 | 64 |
| 2.7 其他预测模型·····                   | 65 |
| 2.8 本章小结·····                     | 67 |
| 参考文献·····                         | 68 |
| <b>第3章 公路隧道通风系统的空气动力学模型</b> ····· | 69 |
| 3.1 一元稳定流下的基本方程·····              | 69 |
| 3.1.1 基本假定·····                   | 69 |
| 3.1.2 气体流动的连续性方程·····             | 70 |
| 3.1.3 流体的流动遵守能量守恒定律·····          | 71 |
| 3.2 射流风机升压力的数值模拟·····             | 72 |
| 3.2.1 模型建立·····                   | 73 |
| 3.2.2 射流风机的纵向间距·····              | 74 |
| 3.2.3 射流风机的横向距离·····              | 77 |
| 3.3 隧道空气流动的力学平衡方程·····            | 79 |
| 3.3.1 自然风压·····                   | 79 |
| 3.3.2 交通通风力·····                  | 81 |
| 3.3.3 射流风机的增压·····                | 82 |
| 3.3.4 通风阻力·····                   | 83 |
| 3.3.5 力学平衡方程·····                 | 83 |
| 3.4 需风量的计算·····                   | 84 |
| 3.4.1 稀释CO的需风量·····               | 84 |
| 3.4.2 稀释烟雾的需风量·····               | 85 |
| 参考文献·····                         | 86 |
| <b>第4章 公路隧道通风系统的污染物扩散研究</b> ····· | 87 |
| 4.1 公路隧道纵向通风污染物扩散模型·····          | 87 |
| 4.1.1 传热与流动的控制方程·····             | 87 |
| 4.1.2 隧道内污染物扩散的一般形式·····          | 88 |
| 4.1.3 稳态扩散模型·····                 | 90 |
| 4.1.4 动态扩散模型·····                 | 90 |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 4.2 污染物扩散方程离散的控制容积法               | 91         |
| 4.2.1 CFD 理论简介                    | 91         |
| 4.2.2 推导方法                        | 93         |
| 4.2.3 分布假设                        | 95         |
| 4.2.4 网格划分                        | 96         |
| 4.3 源项恒定时的污染物浓度分布                 | 98         |
| 4.3.1 一维对流扩散方程的离散格式               | 98         |
| 4.3.2 初始浓度对隧道污染物浓度分布的影响           | 100        |
| 4.3.3 污染物浓度分布与车辆在隧道内的位置关系         | 103        |
| 4.3.4 污染物浓度分布与隧道内平均车辆数的关系         | 106        |
| 4.4 源项动态变化时的污染物浓度分布               | 110        |
| 4.4.1 初始条件和边界条件                   | 110        |
| 4.4.2 基于网格节点的差分离散格式               | 110        |
| 4.4.3 污染源项的计算                     | 112        |
| 4.4.4 污染物浓度的动态分布                  | 113        |
| 4.5 本章小结                          | 115        |
| 参考文献                              | 115        |
| <b>第 5 章 单体公路隧道通风系统的前馈式智能模糊控制</b> | <b>117</b> |
| 5.1 模糊控制简介                        | 117        |
| 5.1.1 模糊控制的基本思想                   | 117        |
| 5.1.2 前馈通风系统引入模糊控制的必要性            | 118        |
| 5.1.3 模糊控制系统的组成                   | 118        |
| 5.1.4 模糊控制器的结构                    | 120        |
| 5.2 单体隧道前馈式智能模糊通风控制的系统构成          | 121        |
| 5.2.1 工程对象                        | 121        |
| 5.2.2 控制目标                        | 121        |
| 5.2.3 控制周期                        | 121        |
| 5.2.4 设备配置                        | 121        |
| 5.2.5 前馈式智能模糊控制系统                 | 122        |
| 5.3 前馈式智能模糊控制器设计                  | 123        |
| 5.3.1 FLC 输入量的确定                  | 123        |
| 5.3.2 隶属函数的设定                     | 124        |
| 5.3.3 FLC 模糊推理                    | 127        |
| 5.3.4 FLC 控制效果                    | 130        |
| 5.4 前馈式智能模糊控制的室内仿真测试              | 131        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 5.4.1 隧道通风控制系统的性能评价指标 .....        | 131        |
| 5.4.2 仿真测试的基本流程 .....              | 132        |
| 5.4.3 仿真结果 .....                   | 133        |
| 5.5 通风控制策略及优化 .....                | 135        |
| 5.5.1 通风系统分级控制策略 .....             | 135        |
| 5.5.2 降低设备依赖性策略 .....              | 137        |
| 5.5.3 风量分担及风机保护 .....              | 137        |
| 5.6 本章小结 .....                     | 138        |
| 参考文献 .....                         | 139        |
| <b>第6章 公路隧道群上下游交通流相关关系研究</b> ..... | <b>140</b> |
| 6.1 高速公路交通流仿真概述 .....              | 140        |
| 6.1.1 交通流仿真的优缺点 .....              | 140        |
| 6.1.2 交通流仿真模型的特点 .....             | 141        |
| 6.1.3 交通流仿真的基本要素 .....             | 141        |
| 6.2 高速公路交通流仿真的基本模型 .....           | 142        |
| 6.2.1 交通生成模型 .....                 | 142        |
| 6.2.2 超车模型 .....                   | 144        |
| 6.2.3 跟驰模型 .....                   | 145        |
| 6.3 交通流仿真的实现 .....                 | 146        |
| 6.3.1 数据结构及功能模块 .....              | 146        |
| 6.3.2 仿真系统的推进方法 .....              | 146        |
| 6.3.3 仿真程序界面及基本功能介绍 .....          | 147        |
| 6.4 交通流仿真结果及分析 .....               | 148        |
| 6.4.1 交通量的影响 .....                 | 148        |
| 6.4.2 交通组成的影响 .....                | 149        |
| 6.5 上下游交通流相似关系 .....               | 150        |
| 6.6 本章小结 .....                     | 153        |
| 参考文献 .....                         | 154        |
| <b>第7章 公路隧道群通风系统的前馈式智能控制</b> ..... | <b>156</b> |
| 7.1 公路隧道群的营运管理特点及定义 .....          | 156        |
| 7.1.1 隧道群的建设现状及带来的问题 .....         | 156        |
| 7.1.2 隧道群的控制管理模式 .....             | 157        |
| 7.1.3 公路隧道群的定义 .....               | 158        |
| 7.2 公路隧道群的前馈式智能通风控制系统 .....        | 160        |
| 7.2.1 工程对象 .....                   | 160        |

|                                    |            |
|------------------------------------|------------|
| 7.2.2 隧道群监控设备配置 .....              | 161        |
| 7.2.3 隧道群前馈式智能通风控制系统构成 .....       | 163        |
| 7.3 公路毗邻隧道的前馈式智能通风控制系统 .....       | 164        |
| 7.3.1 毗邻隧道的定义 .....                | 164        |
| 7.3.2 工程对象 .....                   | 166        |
| 7.3.3 武水高速公路监控设备配置 .....           | 166        |
| 7.3.4 公路毗邻隧道前馈式智能通风控制系统构成 .....    | 169        |
| 7.4 万开高速公路隧道群测试结果 .....            | 170        |
| 7.4.1 隧道群通风控制系统的仿真测试流程 .....       | 170        |
| 7.4.2 南山隧道通风控制系统仿真测评结果 .....       | 171        |
| 7.4.3 铁峰山1#隧道通风控制系统仿真测评结果 .....    | 173        |
| 7.4.4 铁峰山2#隧道通风控制系统仿真测评结果 .....    | 174        |
| 参考文献 .....                         | 175        |
| <b>第8章 公路隧道通风系统基础参数的现场测试</b> ..... | <b>176</b> |
| 8.1 北碚隧道交通流特性调查 .....              | 176        |
| 8.1.1 北碚隧道交通量调查 .....              | 176        |
| 8.1.2 北碚隧道交通组成调查研究 .....           | 184        |
| 8.1.3 北碚隧道行车速度调查研究 .....           | 190        |
| 8.2 隧道空气物理学参数的测试 .....             | 190        |
| 8.3 隧道风速系数的现场测试 .....              | 192        |
| 8.3.1 测试原理及方法 .....                | 192        |
| 8.3.2 测试方案 .....                   | 193        |
| 8.3.3 测试结果及分析 .....                | 195        |
| 8.4 隧道通风压力及分布的现场测试 .....           | 197        |
| 8.4.1 测试原理及方法 .....                | 197        |
| 8.4.2 测试方案 .....                   | 200        |
| 8.4.3 测试结果及分析 .....                | 201        |
| 8.5 隧道阻力系数的现场测试 .....              | 202        |
| 8.5.1 测试原理及方法 .....                | 202        |
| 8.5.2 测试方案 .....                   | 204        |
| 8.5.3 测试结果及分析 .....                | 206        |
| 8.6 隧道自然风速的现场测试 .....              | 209        |
| 8.6.1 测试原理及方法 .....                | 209        |
| 8.6.2 测试方案 .....                   | 210        |
| 8.6.3 测试结果及分析 .....                | 211        |

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| 8.7 本章小结 .....                   | 211        |
| <b>第9章 公路隧道通风控制系统的效果测评</b> ..... | <b>213</b> |
| 9.1 北碚隧道污染浓度的现场测试 .....          | 213        |
| 9.1.1 测试原理 .....                 | 213        |
| 9.1.2 测试方案 .....                 | 214        |
| 9.1.3 测试结果及分析 .....              | 215        |
| 9.2 北碚隧道污染物浓度水平的自动监测 .....       | 217        |
| 9.2.1 左右线污染状况对比 .....            | 217        |
| 9.2.2 左线隧道出口污染物浓度特性分析 .....      | 219        |
| 9.2.3 左线隧道中间与出口烟雾浓度检测值比较 .....   | 221        |
| 9.3 交通流预测效果 .....                | 222        |
| 9.4 智能通风控制效果现场测试的理论基础 .....      | 224        |
| 9.4.1 测试方案的确定 .....              | 224        |
| 9.4.2 远期交通量下的 $Q-v$ 关系 .....     | 225        |
| 9.4.3 近期交通量与远期交通量的关系 .....       | 225        |
| 9.4.4 与普通后馈式通风控制的对比 .....        | 227        |
| 9.4.5 评价指标 .....                 | 228        |
| 9.5 北碚隧道左线智能通风实测结果分析 .....       | 229        |
| 9.5.1 10月23日测试结果 .....           | 229        |
| 9.5.2 10月24日测试结果 .....           | 230        |
| 9.5.3 10月27日测试结果 .....           | 233        |
| 9.6 本章小结 .....                   | 235        |
| 参考文献 .....                       | 236        |

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 我国公路隧道的发展现状

近年来,我国在以高速公路为核心的公路路网建设方面取得了卓越的成就,公路基础设施总体水平实现了历史性跨越,截至 2012 年年底,我国已通车高速公路里程约 9.8 万 km。随着京沪、京沈、京石太、沪宁合、沪杭甬、沪蓉等一批长距离、跨省区的高速公路相继贯通,我国主要公路运输通道交通紧张状况得到明显缓解,长期存在的运输能力紧张状况得到明显改善。公路路网的快速发展,大大缩短了省际之间、重要城市之间的时空距离,加快了区域间人员、商品、技术、信息的交流速度,有效降低了生产运输成本,在更大空间上实现了资源有效配置,拓展了市场,对提高企业竞争力、促进国民经济发展和社会进步都起到了重要的作用。

但相对于我国社会经济的快速增长和全面建设小康社会的发展目标,以及应对日益严峻的国际竞争力挑战而言,目前的改善只是初步的、不全面的、不稳定的,缩小差距、加快发展仍然是交通建设的主题,以高速公路为核心的公路路网建设依然处于需要继续加快发展的初级阶段。美国以州际公路为主体的高速公路网已经连通了所有 5 万人口以上的城市,通车里程约 10 万 km;德国高速公路已达 1.2 万 km,所有 5 万人口以上的城市及 90% 不足 5 万人口的城市都通了高速公路,全国各地能在 20~30 分钟内到达高速公路;日本高速公路已经连通所有 10 万人以上的城市,70% 的地区 1 小时之内可以到达高速公路,2 小时之内到达的占 90%,任何城镇和乡村可以在 1 小时内到达高等级干线公路网。而目前我国高速公路仅覆盖了省会城市和城镇人口超过 50 万的大城市,在城镇人口超过 20 万的中等城市中,只有 60% 有高速公路连接。根据我国今后 20 年国民经济和社会发展的总体目标,由总体小康社会转到全面小康社会,经济总量和发展内涵都将提升到一个更高的水平。国家高速公路网的规划目标是<sup>[1]</sup>:连接所有目前城镇人口超过 20 万的城市,形成高效运输网络。据测算,要适应未来 20 年全面建设小康社会和 21 世纪中叶基本实现现代化的需要,我国高速公路网的总规模大体应在 10 万~12 万 km。

在高等级公路建设中,采用隧道方案,对于缩短路线里程、绕避不良地质病害(如冰雪、滑坡、泥石流等)、优化路线平纵线形指标、保护生态环境和提高运输效率等方面都有着不可比拟的优越性,尤其是在大型灾害面前,更是起到了“生命线”的作用。例如,在 5·12 汶川大地震中,震中附近的大量桥梁、道路等基础设施坍塌,

而隧道受到的破坏相对而言要轻得多,其中鹧鸪山隧道、二郎山隧道(均在地震影响范围之内,未受破坏)在震后相当长一段时间内对于保障通往震中重灾区汶川、理县的唯一“生命线”[成都—雅安—泸定(经二郎山隧道)—康定—丹巴—金川—马尔康(经鹧鸪山隧道)—理县—汶川]发挥了关键作用。基于上述原因,采用隧道工程穿山越岭逐步为设计师所接受,伴随着高等级公路通车里程的不断突破,越来越多的长及特长公路隧道也开始涌现出来。到2012年年底,我国已建成和在建的特长(长度大于3000m)公路隧道250余座,这些隧道主要分布于重庆、四川、云南、贵州等中西部的省(直辖市),代表性的高速公路隧道见表1-1。

表 1-1 我国特长公路隧道一览表

| 序号 | 隧道名称         | 长度/km | 所在地区  | 车道×洞数 |
|----|--------------|-------|-------|-------|
| 1  | 秦岭终南山隧道      | 18.02 | 陕西    | 2×2   |
| 2  | 雪山隧道(坪林)     | 12.90 | 台湾    | 2×2   |
| 3  | 大坪里隧道        | 12.29 | 甘肃    | 2×2   |
| 4  | 包家山隧道        | 11.19 | 陕西    | 2×2   |
| 5  | 宝塔山隧道        | 10.39 | 山西    | 2×2   |
| 6  | 泥巴山(大相岭)隧道   | 10.01 | 四川    | 2×2   |
| 7  | 麻崖子隧道        | 9.00  | 甘肃    | 2×2   |
| 8  | 龙潭隧道         | 8.66  | 湖北    | 2×2   |
| 9  | 华蓥山隧道(南大梁高速) | 8.17  | 四川    | 2×2   |
| 10 | 雪山梁隧道        | 7.96  | 四川    | 2×1   |
| 11 | 米溪梁隧道        | 7.92  | 陕西    | 2×2   |
| 12 | 括苍山隧道        | 7.90  | 浙江    | 2×2   |
| 13 | 方斗山隧道        | 7.58  | 重庆    | 2×2   |
| 14 | 苍岭隧道         | 7.57  | 浙江    | 2×2   |
| 15 | 中条山隧道        | 7.43  | 山西    | 2×2   |
| 16 | 摩天岭隧道        | 7.32  | 重庆    | 2×2   |
| 17 | 白云隧道         | 7.13  | 重庆    | 2×2   |
| 18 | 雪峰山隧道        | 6.95  | 湖南    | 2×2   |
| 19 | 雀儿山隧道        | 6.83  | 四川    | 2×2   |
| 20 | 雷公山隧道        | 6.80  | 重庆    | 2×2   |
| 21 | 乌池坝隧道        | 6.70  | 湖北    | 2×2   |
| 22 | 羊角隧道         | 6.67  | 重庆    | 2×2   |
| 23 | 吕家梁隧道        | 6.66  | 重庆    | 2×2   |
| 24 | 明月山隧道(邻垫路)   | 6.56  | 重庆/四川 | 2×2   |

续表

| 序号 | 隧道名称         | 长度/km | 所在地区 | 车道×洞数 |
|----|--------------|-------|------|-------|
| 25 | 葡萄隧道         | 6.30  | 重庆   | 2×2   |
| 26 | 双峰隧道         | 6.18  | 浙江   | 2×2   |
| 27 | 秦岭 2#隧道      | 6.13  | 陕西   | 2×2   |
| 28 | 秦岭 1#隧道      | 6.12  | 陕西   | 2×2   |
| 29 | 大巴山隧道        | 6.12  | 四川   | 2×2   |
| 30 | 中兴隧道         | 6.08  | 重庆   | 2×2   |
| 31 | 铁峰山 2#隧道     | 6.03  | 重庆   | 2×2   |
| 32 | 巴朗山隧道        | 5.70  | 四川   | 2×1   |
| 33 | 将军石隧道        | 5.59  | 四川   | 2×2   |
| 34 | 云中山隧道        | 5.57  | 山西   | 2×2   |
| 35 | 美菰林隧道        | 5.57  | 福建   | 2×2   |
| 36 | 拉脊山隧道        | 5.53  | 青海   | 2×1   |
| 37 | 九岭山隧道        | 5.44  | 江西   | 2×2   |
| 38 | 棋盘关隧道        | 5.34  | 陕西   | 2×2   |
| 39 | 鹤岭隧道         | 5.27  | 陕西   | 2×2   |
| 40 | 云彩岭隧道        | 5.27  | 山西   | 2×2   |
| 41 | 铜锣山隧道(邻垫高速)  | 5.20  | 四川   | 2×2   |
| 42 | 铜锣山隧道(南大梁高速) | 5.03  | 四川   | 2×2   |
| 43 | 雁门关隧道        | 5.18  | 山西   | 2×2   |
| 44 | 夹活岩隧道        | 5.17  | 湖北   | 2×2   |
| 45 | 分界梁隧道        | 5.07  | 重庆   | 2×2   |
| 46 | 彩虹岭隧道        | 5.07  | 广东   | 2×2   |
| 47 | 大风口隧道        | 4.99  | 重庆   | 2×2   |
| 48 | 凤凰山隧道        | 4.98  | 陕西   | 2×2   |
| 49 | 明埡子隧道        | 4.97  | 陕西   | 2×2   |
| 50 | 财神梁隧道        | 4.94  | 重庆   | 2×2   |
| 51 | 八卦山隧道        | 4.93  | 台湾   | 2×2   |
| 52 | 贵新隧道         | 4.92  | 福建   | 2×2   |
| 53 | 庙梁隧道         | 4.91  | 重庆   | 2×2   |
| 54 | 武隆隧道         | 4.88  | 重庆   | 2×2   |
| 55 | 谭家寨隧道        | 4.87  | 重庆   | 2×2   |

续表

| 序号 | 隧道名称        | 长度/km | 所在地区  | 车道×洞数 |
|----|-------------|-------|-------|-------|
| 56 | 南山隧道        | 4.85  | 重庆    | 2×2   |
| 57 | 毛毡岭隧道       | 4.80  | 广东    | 3×2   |
| 58 | 肇兴隧道        | 4.78  | 贵州    | 2×2   |
| 59 | 共和隧道        | 4.76  | 重庆    | 2×2   |
| 60 | 火烧庵隧道       | 4.74  | 重庆/湖北 | 2×2   |
| 61 | 凤凰梁隧道       | 4.74  | 重庆    | 2×2   |
| 62 | 月湖泉隧道       | 4.73  | 山西    | 2×2   |
| 63 | 秦岭 3# 隧道    | 4.71  | 陕西    | 2×2   |
| 64 | 华蓥山隧道(广邻高速) | 4.70  | 四川    | 2×2   |
| 65 | 长城岭隧道       | 4.67  | 河北    | 3×2   |
| 66 | 骡坪隧道        | 4.58  | 重庆    | 2×2   |
| 67 | 石牙山隧道       | 4.58  | 广东    | 2×2   |
| 68 | 山阳隧道        | 4.58  | 福建    | 2×2   |
| 69 | 三洋隧道        | 4.58  | 福建    | 2×2   |
| 70 | 上古隧道        | 4.57  | 重庆    | 2×2   |
| 71 | 古福生庄隧道      | 4.55  | 内蒙古   | 2×2   |
| 72 | 塔岭隧道        | 4.52  | 安徽/江西 | 2×2   |
| 73 | 阳明山隧道       | 4.48  | 湖南    | 2×2   |
| 74 | 鹧鸪山隧道       | 4.45  | 四川    | 2×1   |
| 75 | 麻岭隧道        | 4.44  | 福建    | 2×2   |
| 76 | 鸳鸯会隧道       | 4.43  | 山西    | 2×2   |
| 77 | 排同坳隧道       | 4.38  | 贵州    | 2×2   |
| 78 | 大路梁子隧道      | 4.36  | 四川    | 1×2   |
| 79 | 狮子凹山隧道      | 4.34  | 山西    | 2×2   |
| 80 | 鼓山隧道        | 4.33  | 河北    | 3×2   |
| 81 | 排降隧道        | 4.32  | 贵州    | 2×2   |
| 82 | 五峰山一隧道      | 4.32  | 江西    | 2×2   |
| 83 | 马鞍山隧道       | 4.32  | 河北    | 2×2   |
| 84 | 西华岭隧道       | 4.31  | 浙江    | 2×2   |

续表

| 序号  | 隧道名称       | 长度/km | 所在地区 | 车道×洞数 |
|-----|------------|-------|------|-------|
| 85  | 雪峰山 I 号隧道  | 4.31  | 福建   | 2×2   |
| 86  | 施家梁隧道      | 4.29  | 重庆   | 3×2   |
| 87  | 通渝隧道       | 4.28  | 重庆   | 2×1   |
| 88  | 郭家山隧道      | 4.26  | 陕西   | 2×2   |
| 89  | 下桃园隧道      | 4.22  | 陕西   | 2×2   |
| 90  | 金钟岭隧道      | 4.20  | 福建   | 2×2   |
| 91  | 二郎山隧道      | 4.18  | 四川   | 2×1   |
| 92  | 李家河隧道      | 4.16  | 陕西   | 2×2   |
| 93  | 大溪—湖雾岭隧道   | 4.12  | 浙江   | 2×2   |
| 94  | 八盘山隧道      | 4.12  | 山西   | 2×2   |
| 95  | 紫坪铺隧道      | 4.10  | 四川   | 2×2   |
| 96  | 凉风垭隧道      | 4.09  | 贵州   | 2×2   |
| 97  | 叙岭关隧道      | 4.06  | 四川   | 2×2   |
| 98  | 七道梁隧道      | 4.04  | 甘肃   | 2×2   |
| 99  | 北碚隧道       | 4.04  | 重庆   | 2×2   |
| 100 | 长塘子隧道      | 4.02  | 重庆   | 2×1   |
| 101 | 祝源隧道       | 4.01  | 福建   | 2×2   |
| 102 | 香炉山隧道      | 3.99  | 湖北   | 2×2   |
| 103 | 石金山隧道      | 3.97  | 云南   | 2×2   |
| 104 | 花石山 1 号隧道  | 3.96  | 甘肃   | 2×2   |
| 105 | 牛郎河隧道      | 3.93  | 山西   | 2×2   |
| 106 | 南坑隧道       | 3.91  | 福建   | 2×2   |
| 107 | 大老山隧道      | 3.90  | 香港   | 2×2   |
| 108 | 大学城(梨树湾)隧道 | 3.88  | 重庆   | 2×2   |
| 109 | 黑石岭隧道      | 3.87  | 河北   | 3×2   |
| 110 | 长函子隧道      | 3.86  | 重庆   | 2×1   |
| 111 | 云台山隧道      | 3.80  | 江苏   | 2×1   |
| 112 | 大榄隧道       | 3.80  | 香港   | 3×2   |
| 113 | 彭山隧道       | 3.80  | 台湾   | 2×2   |
| 114 | 槽箐头隧道      | 3.79  | 贵州   | 2×2   |
| 115 | 阳山隧道       | 3.77  | 浙江   | 2×2   |

续表

| 序号  | 隧道名称     | 长度/km | 所在地区 | 车道×洞数 |
|-----|----------|-------|------|-------|
| 116 | 谭坝四号隧道   | 3.77  | 陕西   | 2×2   |
| 117 | 岩门界隧道    | 3.75  | 湖南   | 2×2   |
| 118 | 塔岭隧道     | 3.74  | 安徽   | 2×2   |
| 119 | 大棕坡隧道    | 3.74  | 陕西   | 2×2   |
| 120 | 厦门梧村山隧道  | 3.71  | 福建   | 2×2   |
| 121 | 分水关隧道    | 3.69  | 福建   | 2×2   |
| 122 | 玉峰山隧道    | 3.69  | 重庆   | 3×2   |
| 123 | 木冲隧道     | 3.68  | 广西   | 2×2   |
| 124 | 野山关隧道    | 3.68  | 湖北   | 2×2   |
| 125 | 龙溪隧道     | 3.67  | 四川   | 2×2   |
| 126 | 二陡岩隧道    | 3.65  | 四川   | 2×2   |
| 127 | 良心隧道     | 3.63  | 陕西   | 2×2   |
| 128 | 朱家垭隧道    | 3.63  | 陕西   | 2×2   |
| 129 | 青杠哨隧道    | 3.62  | 贵州   | 2×2   |
| 130 | 老山隧道     | 3.61  | 浙江   | 3×2   |
| 131 | 毛坝隧道     | 3.60  | 陕西   | 2×2   |
| 132 | 猫狸岭隧道    | 3.60  | 浙江   | 2×2   |
| 133 | 木鱼槽隧道    | 3.60  | 湖北   | 2×2   |
| 134 | 正阳隧道     | 3.59  | 重庆   | 2×2   |
| 135 | 大木桩隧道    | 3.59  | 重庆   | 2×2   |
| 136 | 华福隧道     | 3.59  | 重庆   | 2×2   |
| 137 | 云雾山隧道    | 3.58  | 重庆   | 2×2   |
| 138 | 燕子关隧道    | 3.56  | 甘肃   | 2×2   |
| 139 | 老岭隧道     | 3.53  | 吉林   | 2×2   |
| 140 | 八字岭分隧道   | 3.53  | 湖北   | 2×2   |
| 141 | 张家冲隧道    | 3.50  | 湖北   | 2×2   |
| 142 | 拍盘隧道     | 3.46  | 山西   | 2×2   |
| 143 | 深港西部通道隧道 | 3.46  | 广东   | 3×2   |
| 144 | 拉纳山隧道    | 3.45  | 四川   | 2×2   |
| 145 | 狮子寨隧道    | 3.45  | 四川   | 2×2   |
| 146 | 明珠隧道     | 3.45  | 云南   | 2×2   |
| 147 | 石龙隧道     | 3.44  | 重庆   | 2×2   |