

重庆市高速公路隧道的营运管理与控制技术

Operation Management and Control Technique of Highway Tunnel in Chongqing

李祖伟 (总经理/教高)

By Li Zhu-wei

重庆市高速公路发展有限公司

Chongqing Highway Development Corporation

Contents

主要内容

- 重庆市高速公路的基本概况
Introduction of Highway in Chongqing
- 重庆市高速公路隧道的特点
Characteristics of Highway Tunnel in Chongqing
- 高速公路隧道营运中存在的主要问题
Problems During Operation
- 开展的主要研究工作与工程实际应用
Researches and Application

一、重庆市高速公路的基本概况

Introduction of Highway in Chongqing



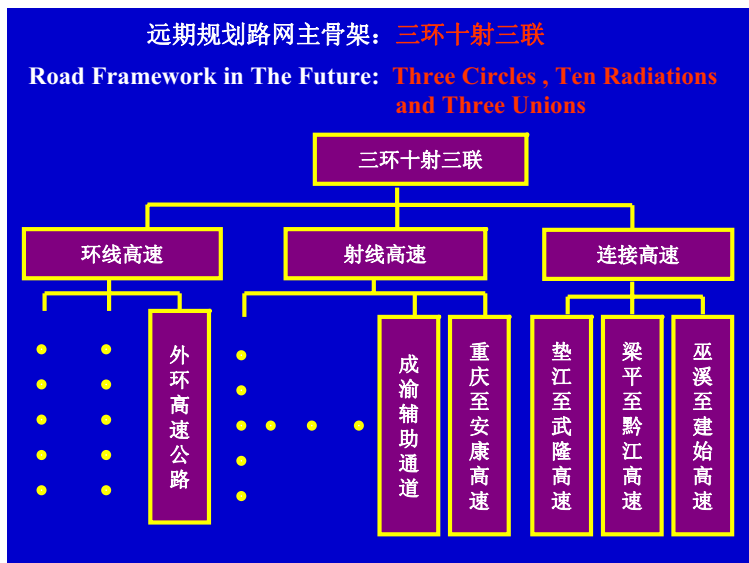
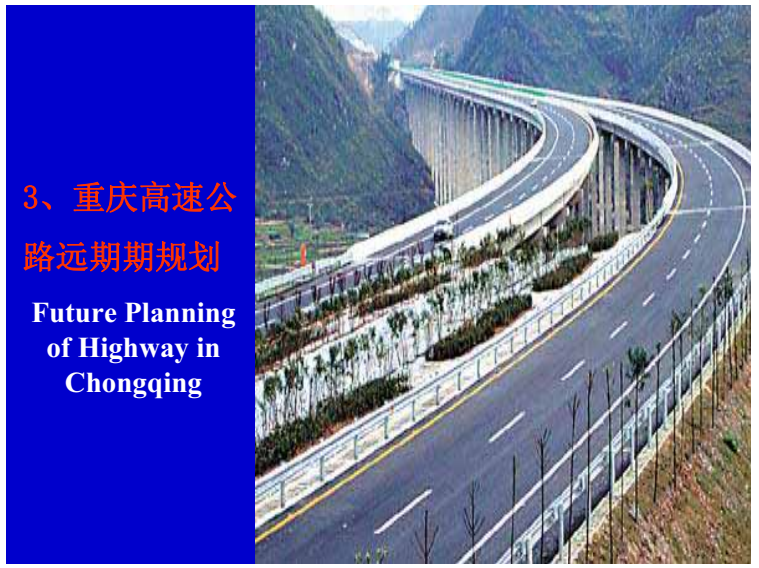


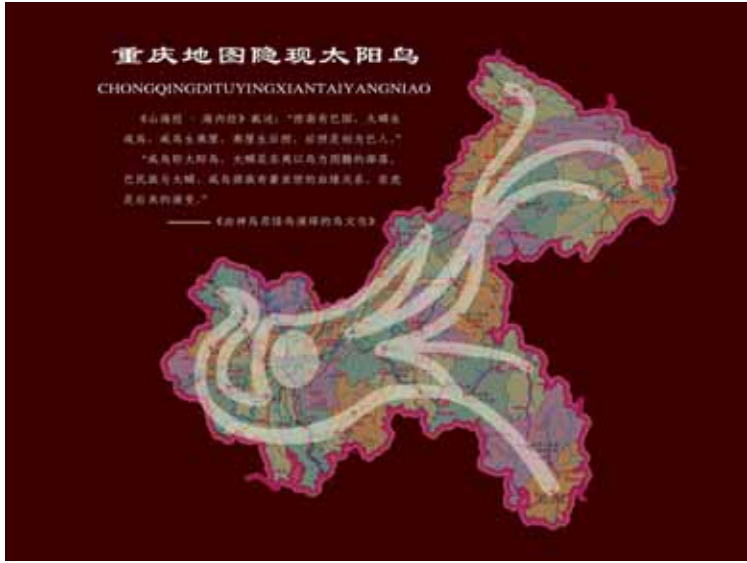
建成长江上游经济中心和集水陆空为一体的立体交通枢纽



2、重庆高速公路中期规划
Metaphase Planning of Highway in Chongqing







二、重庆市高速公路隧道的特点

Characteristics of Highway Tunnel in Chongqing

1、特长隧道和隧道群数量巨大

A Large Number of Super-long Tunnels and Tunnel Groups

重庆市正在建设的隧道：总数147座，总延长300km；在建和已建成的3000m以上的特长隧道41座；5000m以上的特长隧道13座。

序号	隧道名称	隧道长度	序号	隧道名称	隧道长度
1	南山隧道	4850.5	17	方斗山隧道	7581.0
2	铁峰山2号隧道	6021.5	18	石龙隧道	3440.0
3	梨树湾隧道	3877.5	19	武隆隧道	4897.3
4	云雾山隧道	3582.5	20	黄草岭隧道	3230.0
5	沙包梁隧道	3104.5	21	羊角隧道	6707.3
6	庙梁隧道	4913.0	22	白马隧道	3059.0
7	火烧庵隧道	4740.7	23	白云隧道	7108.9
8	驷坪隧道	4578.1	24	长滩隧道	3245.5
9	大风口隧道	4985.0	25	共和隧道	4769.0
10	摩天岭隧道	6782.5	26	中兴隧道	6092.0
11	财神隧道	4914.5	27	正阳隧道	3267.5
12	凤凰梁隧道	4714.0	28	鹰嘴岩隧道	3317.5
13	分界梁隧道	5077.0	29	平阳盖隧道	3407.5
14	谭家寨隧道	4868.2	30	葡萄隧道	6192.5
15	明月山隧道	6558.5	31	玉峰山隧道	3691.5
16	吕家梁隧道	6663.5	32	施家梁隧道	4194.5

2、隧道长度占线路长度的比重极大，最高区段达52%

Length of Tunnels Takes a Great Proportion in The Whole Line

重庆在建高速公路隧道统计表

项目	路线长度 (公里)	隧道合计			隧道分类								平均每公里造价 (万元)
					特长隧道		长隧道		中隧道		短隧道		
		座数	长度	比例	座数	长度	座数	长度	座数	长度	座数	长度	
渝湘	412.352	71	126009	30.56%	14	62321.3	26	47565	16	11865	15	4258.7	7378
外环	187.483	11	16434	8.77%	2	7953	2	3932	3	2867	4	1682	7032
渝宜	209.109	39	75142	35.93%	9	42622	13	22598	10	7277	7	2686	8189
垫恩	155.517	18	31653	20.35%	4	20908	3	5195	6	2852	5	2698	6871
合计	1153.059	146	271018	23.50%	33	152135	45	81607	36	25587	32	11730	6953

注：渝湘高速包括界水、水武、彭武、黔彭、黔西、洪西六段；外环高速即东、西、南、北四段；渝宜高速包括云万、奉云、巫奉三段；垫恩高速包括垫忠和石忠两段。

3、 隧道进出口距离较近，多以隧道群形式出现

Emergence of Tunnel Groups Due to Close Distance Between Ingress and Egress

隧道间距表
Distance Between Tunnels

隧道名称	间距 (m)	隧道名称	间距 (m)
彭武路		黔彭路	
胡家湾隧道-石坎子隧道	960	大龙洞隧道-贺家堡隧道	820
石坎子隧道-铁碛坝隧道	512	贺家堡隧道-王家堡隧道	3830
铁碛坝隧道-共和隧道	1406	王家堡隧道-桥湾湾隧道	325
共和隧道-佛仙寺隧道	778	西黔路	
佛仙寺隧道-银盘隧道	2189	西阳隧道-山尖石隧道	10275
银盘隧道-中兴隧道	32	山尖石隧道-关家坨隧道	9135
中兴隧道-下石桥隧道	1588	关家坨隧道-黑水隧道	100
下石桥隧道-枫香坪隧道	1102	黑水隧道-七里槽隧道	80
黔彭路		七里槽隧道-关隘口隧道	3075
峡口隧道-猴狸林隧道	3840	关隘口隧道-鹰嘴岩隧道	1280
猴狸林隧道-曾家垮隧道	650	鹰嘴岩隧道-犁湾隧道	13260

黔彭路		洪西路	
曾家垮隧道-大木桩隧道	2359	狮子脑隧道-铁壁岭隧道	11747.5
大木桩隧道-新房子隧道	1000	铁壁岭隧道-陈家坡隧道	2865
新房子隧道-正阳隧道	4795	陈家坡隧道-观音角隧道	15930
正阳隧道-斑竹林隧道	890	观音角隧道-平阳盖隧道	1812.5
斑竹林隧道-洞塘1号隧道	230	平阳盖隧道-青冈隧道	9480
洞塘1号隧道-洞塘2号隧道	555	青冈隧道-龙门隧道	187
洞塘2号隧道-天登寺隧道	110	龙门隧道-葡萄隧道	3745
天登寺隧道-武陵山隧道	7285	葡萄隧道-扎营隧道	595
武陵山隧道-大洞沟隧道	160	绕城南段	
大洞沟隧道-肖家坡隧道	245	环山坪隧道-花土岗隧道	9445
肖家坡隧道-窑坪隧道	3395	花土岗隧道-大岚坪隧道	1820
窑坪隧道-池坎上隧道	390	绕城北段	
池坎上隧道-王家坪隧道	175	鱼嘴隧道-玉皇观隧道	7957.5
王家坪隧道-桐子林隧道	96	玉皇观隧道-玉峰山隧道	2323
桐子林隧道-岩脚隧道	535	玉峰山隧道-朝阳寺隧道	2541
岩脚隧道-廖家坝隧道	1098	朝阳寺隧道-狮子岩隧道	10145
廖家坝隧道-中碓山隧道	122	狮子岩隧道-水土1号隧道	8883
中碓山隧道-施家屋基隧道	960	水土1号隧道-水土2号隧道	680
施家屋基隧道-乌龟堡隧道	1905	水土2号隧道-施家梁隧道	2493
乌龟堡隧道-大龙洞隧道	775		

隧道名称	间距 (m)	隧道名称	间距 (m)
万开路		奉云路	
南山隧道-铁峰山1号隧道	10884	土地堰隧道-锁口岩隧道	3200
铁峰山1号隧道-铁峰山2号隧道	1764	锁口岩隧道-七丘隧道	945
渝遂路		七丘隧道-红狮坝隧道	1365
梨树湾隧道-青木关隧道	17363	红狮坝隧道-枣树堰隧道	4455
青木关隧道-云雾山隧道	14230	忠垫路	
云万路		谭家寨隧道-老燕山1号隧道	265
雷家梁隧道-沙包梁隧道	3331.5	老燕山1号隧道-老燕山2号隧道	40
沙包梁隧道-曾家堰隧道	5887	老燕山2号隧道-尖山子1号隧道	1825
曾家堰隧道-青棚山隧道	505	尖山子1号隧道-尖山子2号隧道	35
青棚山隧道-袁家堰隧道	137	尖山子2号隧道-蔡家岩隧道	3485
袁家堰隧道-学堂湾隧道	1163	蔡家岩隧道-王家山隧道	1482
学堂湾隧道-韩坡堰隧道	4300	王家山隧道-尖坡顶隧道	29088
韩坡堰隧道-观音庙隧道	1542	石忠路	
观音庙隧道-红湾隧道	2540	竹林坪隧道-月耳岩隧道	8210
红湾隧道-尤家包隧道	515	月耳岩隧道-吕家梁隧道	7237
尤家包隧道-张家山隧道	2241	吕家梁隧道-方斗山隧道	24847
张家山隧道-吞梁子隧道	1874	方斗山隧道-康定山隧道	8005
吞梁子隧道-川主庙隧道	3807	康定山隧道-望天堡隧道	1085
川主庙隧道-庙梁隧道	23423	望天堡隧道-冉家坝隧道	3464
望天堡隧道-刘家包隧道	547		

巫奉路		水界路	
火烧庵隧道-骡坪隧道	1965	龙凤山隧道-炉场坡隧道	16263
骡坪隧道-大风口隧道	2980	炉场坡隧道-斑竹林隧道	1974
大风口隧道-申家坡隧道	420	斑竹林隧道-石龙隧道	487
申家坡隧道-蔡家堰隧道	5423	石龙隧道-槐子树隧道	7254
蔡家堰隧道-岳家岭隧道	397	槐子树隧道-太平隧道	3271
岳家岭隧道-马堰口隧道	6950	太平隧道-南湖隧道	5638
马堰口隧道-桃树堰隧道	915	武水路	
桃树堰隧道-摩天岭隧道	3915	武隆隧道-黄草岭隧道	523
摩天岭隧道-双潭隧道	45	黄草岭隧道-大湾隧道	1261
奉云路		大湾隧道-羊角隧道	187
大堰合隧道-财神隧道	1906	羊角隧道-白马隧道	70
财神隧道-山黄包隧道	1725	白马隧道-长坝隧道	8105
山黄包隧道-凤凰梁隧道	1290	长坝隧道-白云隧道	2637
凤凰梁隧道-张家包隧道	12453	彭武路	
张家包隧道-分界梁隧道	3488	新开洞隧道-钟山寺隧道	3470
分界梁隧道-水田湾1#隧道	1421	钟山寺隧道-长滩隧道	4293
水田湾1#隧道—水田湾2#隧道	100	长滩隧道-下塘口1号隧道	392
水田湾2#隧道-侨梨湾隧道	1830	下塘口1号隧道-下塘口2号隧道	1368
侨梨湾隧道-向家隧道	353	下塘口2号隧道-高谷隧道	489
向家隧道-庙堰口隧道	2037	高谷隧道-望江寺隧道	2890
庙堰口隧道-土地堰隧道	2123	望江寺隧道-草棚湾隧道	365

隧道间距在5000m以下占隧道78.2%。

隧道间距分布统计表
Statistics of Tunnel Distance

序号	间距(distance)	比例(%)
1	<100m	7.6
2	100m-500m	14.4
3	500m-2000m	33.3
4	2000m-5000m	23.5
5	>5000m	21.2

三、重庆市高速公路隧道运营中 存在的主要问题

Problems During Operation of Highway Tunnel in Chongqing



1、隧道运营的节能技术问题

Energy Saving During Tunnel Operation

隧道运营过程中的通风和照明将会消耗大量的电能。根据重庆市高速公路隧道的分布特点来看，隧道运营的电力费用将是一笔沉重的负担。

先进的通风、照明控制系统可以大幅度降低隧道运营的电力消耗，并延长设备寿命，从而减少隧道的运营费用。

2、 隧道运营的安全技术问题

Safety During Tunnel Operation

由于隧道结构的特殊性，灾害（交通事故、火灾等）发生时，往往会造成人员伤亡、财产损失和隧道内结构和设备的破坏。尤其对于特长公路隧道及隧道群而言，这种损失更为严重，甚至诱发二次灾害。

特长公路隧道及隧道群的防灾救援技术、智能联动控制技术的使用，可以降低灾害发生的概率，并确保在上述情况下顺利地展开隧道救援，尽可能地降低损失。

3、 隧道运营的管理模式问题

Management During Tunnel Operation

由于重庆市高速公路隧道数量大、分布广，管理模式与相应技术会严重影响管理效率。

采用隧道群智能联动与联网控制、区域集中控制等技术，可实现隧道运营管理的便捷性，提高管理效率。

四、开展的主要研究工作 与工程实际应用

Research Works and Practical Application

1、公路长隧道纵向通风技术研究

Tunnel's Longitudinal Ventilation Technology

——国家科技攻关项目、获国家科技进步奖



成渝高速公路缙云山隧道（单洞长2600m），中国第一座2000m以上的隧道采用纵向式通风的隧道。



2、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 Feed forward ventilation system / intelligent monitor and control technology for long tunnel

——重庆市科技攻关项目



前馈智能模糊控制原理

Feed-Forward Intelligent Fuzzy Logic Control Theory

对以后的交通量进行预测，并分析交通流特征，用数值模拟手段计算出以后一段时间内的污染浓度（随时间、空间的分布形态），在定量模拟的基础上采用模糊理论进行推演，并进行以后一段时间的污染预测，提出多种模拟通风方案进行评价，在考虑当前VI、CO值的基础上，用模糊控制器演算出最优方案。

与后馈法等相比较，能获得安定的通风效果。能从细微处出发，对风机进行最优化组合，可实现风量分担控制，最大限度地减少风机的开停频度。与后馈控制相比，可节省20%~30%的电力消耗，并延长风机的使用寿命。适用于风机台数多的长及特长隧道。

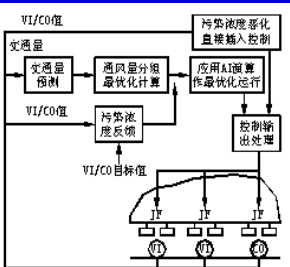
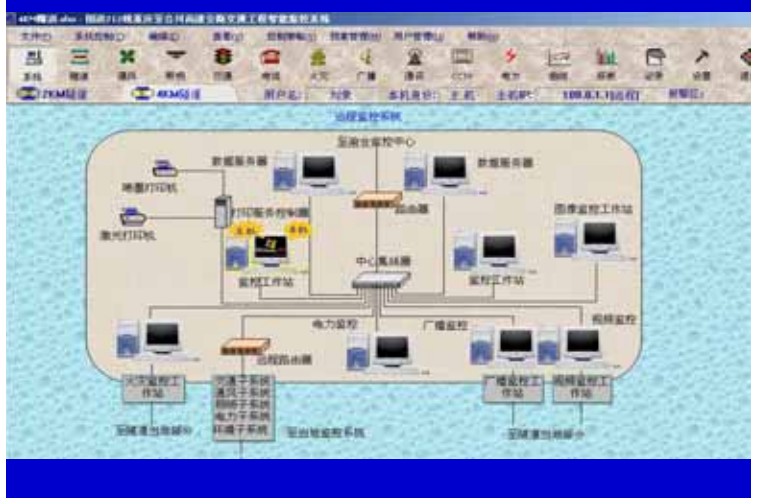


图 1-3 前馈式模糊控制法流程图

系统图 (Monitor and Control System)



北碚隧道 (4025m) Beibei Tunnel



电源模块

CPU 模块

遥信模块

遥控模块

遥测模块

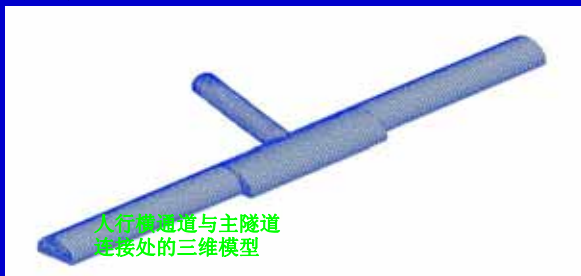
综合智能控制柜

Integrated Intelligent Control Box

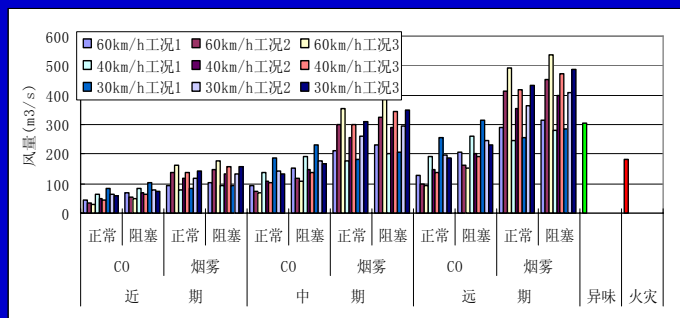
3、高速公路特长隧道组合式通风及机电设备配置优化研究 Composite ventilation and Equipment Optimization of Super-long tunnel

——重庆市科技攻关项目

解决5000米~7000米特长隧道通风与机电设备优化及灾害控制问题。在铁峰山2#隧道(长6030m)实施, 该隧道为采用全射流纵向式通风。



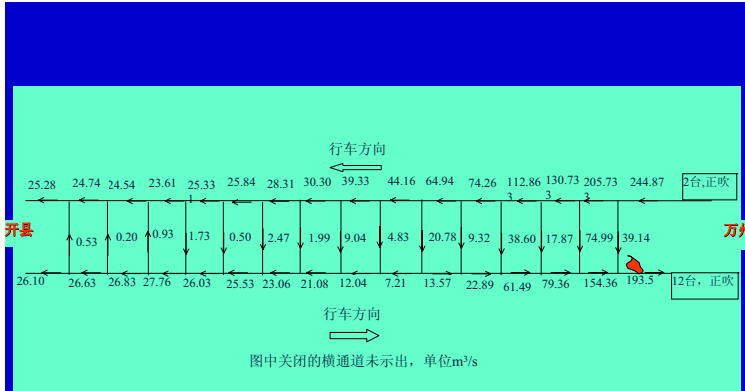
铁峰山2#隧道高峰小时系数12%左线隧道风量图



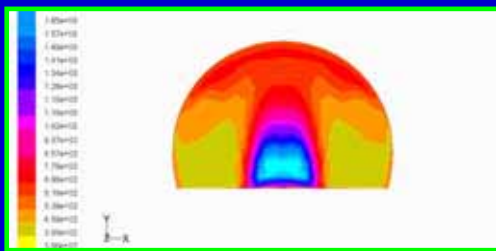
4、公路隧道消防及灾害救援技术研究

Fire Control and Calamity Succor Technology

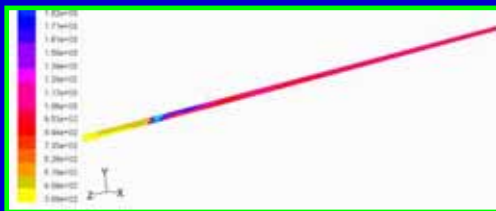
——重庆市科技攻关项目



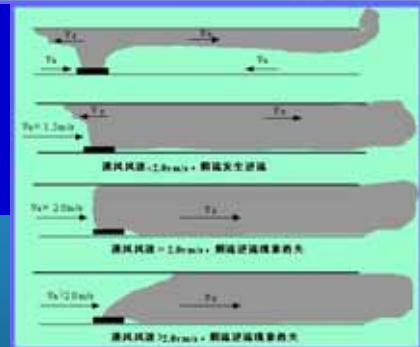
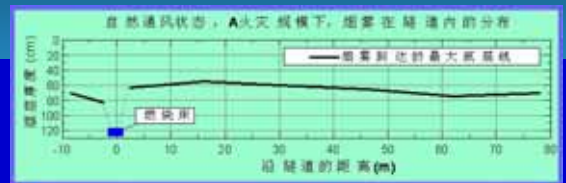
通风网络理论计算得到的铁峰山2#隧道火灾工况下的风机开启和风流分配图



火源处温度分布图



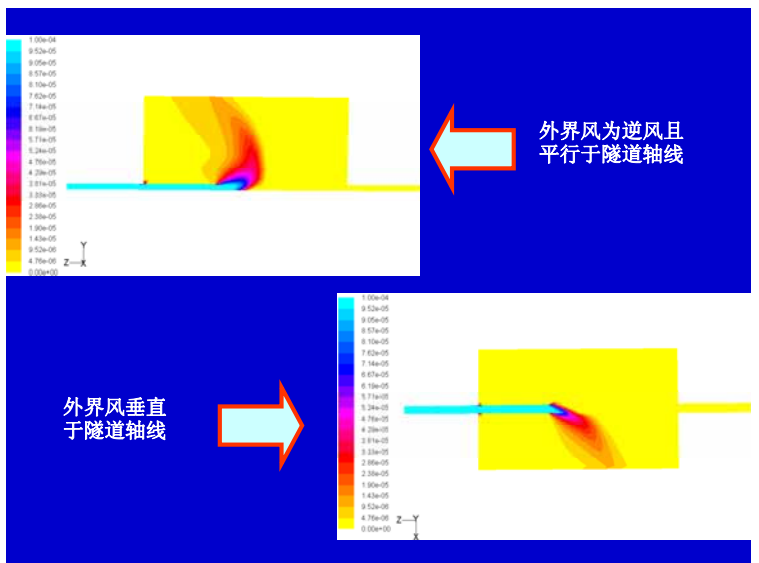
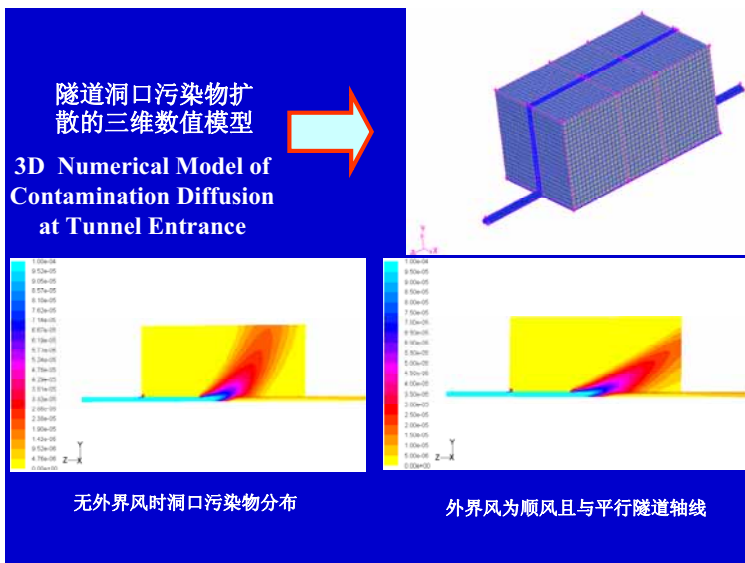
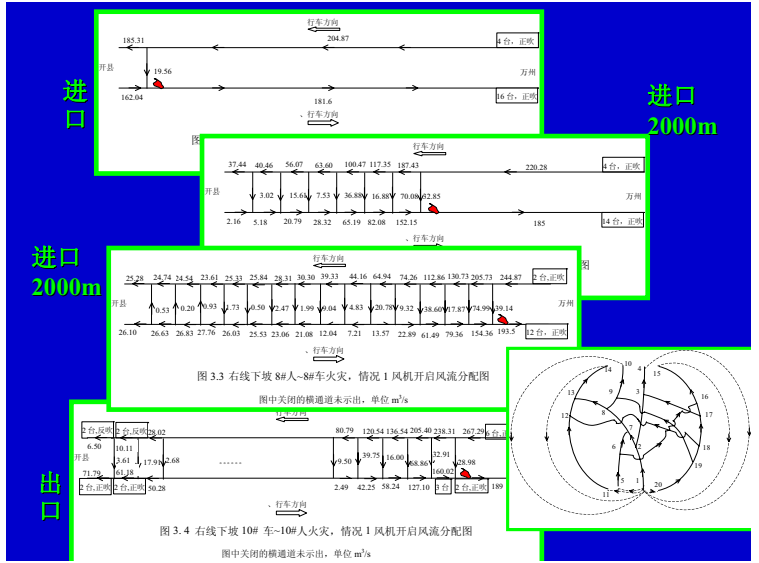
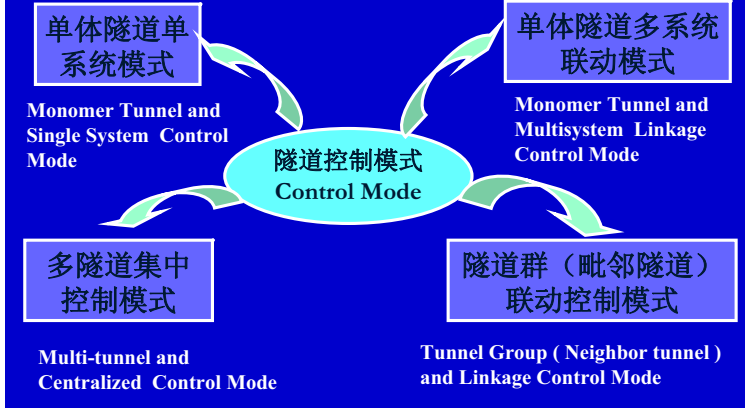
纵断面温度分布图



5、公路隧道智能联动控制技术研究

Intelligent Linkage Control Technology of Highway tunnel

——交通部西部交通建设科技项目



同时, 结合重庆市高速公路的实际情况, 开展了多项实用技术研究, 如:

- 高速公路隧道节能型照明技术研究
- 高速隧道节能型供配电技术研究
- 重庆高速公路区域监控智能管理系统

取得的研究成果在实际工程中得到了良好的应用, 在重庆市高速公路隧道的运营管理将发挥重要作用。

The research results are well applied in practice and will play an important role on operation management of highway tunnels in Chongqing.

敬请各位专家指正!
Thanks!