

湖北

HUBEI HIGHWAY TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY

公路交通科技

2012-1

总-39

神宜生态环保路

湖北省鄂西南片区举办公路设计、 路桥建养新技术专家讲座剪影（湖北荆门）

新技术专家讲座现场（荆门）
鄂西南片区公路设计、路桥建养



交通运输部公路科学院副总工程师黄颂昌授课



交通运输部公路科学院交安工程研究中心主任、研究员、工学博士周荣贵授课



长安大学西安研究所主任、教授级高工徐培华授课



听课现场



湖北公路交通科技

(季 刊)

2012 年第 1 期(总 39 期)

2012 年 3 月出版

目 次

主 管:

湖北省交通运输厅

主 办:

湖北省公路学会

湖北省交通运输厅公路管理局

工作支持单位:

武汉大学

华中科技大学

湖北省高速公路管理局

湖北省高速公路集团有限公司

中交第二公路勘察设计研究院

湖北省交通规划设计院

湖北省交通职业技术学院

湖北省公安厅交警总队

编委会成员:

主任委员: 黄大元

副主任委员: 马立军 范建海 石先平

谢 强 白山云 董松年

汪继泉 董玉麟 鲁奎昌

曹士德 詹建辉 王进思

编 委: 章征春 祁汉顺 杨运娥

杨耀铨 徐文学 张昌伟

周文卫 阮治川 毋润生

宛劲松 游金梅 蔡少渠

编辑部成员:

主 编: 董松年

副 主 编: 毋润生 顾任安 赵全安 徐阳生

责任编辑: 彭永东

本刊地址: 湖北省武汉市建设大道 384 号

承印单位: 湖北省交通运输厅公路管理局

印刷厂

邮 编: 430030

电 话: (027) 83461727

传 真: (027) 83461380

电子邮箱: glxh@hbjt.gov.cn

(2008) 湖北省内部资料

准印证第 2108/SG

内部资料 免费赠阅

1、湖北省高等级公路沥青路面养护维修关键技术探讨.....徐培华(2)

(1) 高等级公路沥青路面建养深思

(2) 高等级公路沥青路面早期损坏思考

(3) 高等级公路沥青路面建养施工质量思考

(4) 高等级公路沥青路面建养质量若干技术探讨

2、汶川地震震后公路恢复重建技术.....庄卫林(14)

(1) 前言

(2) 主要公路震害类型及特点

(3) 震后抢通技术

(4) 震后保通技术

(5) 灾后公路恢复重建技术

(6) 公路抗震减灾对策措施

(7) 结语

3、公路安全设计与防护.....周荣贵(42)

(1) 公路安全设计与评价

(2) 设计误区与评价重点

(3) 山区公路安保设施设计

封面、封底: 神宜生态环保公路

封二、学会活动: 湖北省鄂西南片区举办公路设计、路桥建养新技术

专家讲座剪影(湖北荆门)

封三、专委会活动: 1、信息专委会举办交通运输行业信息安全专题培训班

2、监理专委会 2011 年年会暨交通监理企业负责人培训班



各位专家、各位同行大家好!

长安大学公路学院
西安道路养护维修工程技术研究中心
徐培华
电话: (029) 82334498
013991819628
信箱: xph329@163.com
网址: www.cdutph.com

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

1

公路路面建养关键技术讲座

湖北省高等级公路 沥青路面养护维修关键技术探讨

长安大学公路学院
西安道路养护维修工程技术研究中心
徐培华
手机: 13991819628
网址: www.cdutph.com

高等级公路公路沥青路面建养深思

对于沥青路面这门技术, 我们还没有真正理解!

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

3

公路发展概况

随着国民经济的高速发展, 我国公路建设事业取得了突破性的进展。截止十一末, 我国公路网总里程达到398.4万公里, 五年新增63.9万公里。其中, 高速公路由“十五”期末的4.1万公里发展到7.4万公里, 公路通车总里程仅次于美国位居世界第二。

在我国公路事业快速发展的过程中, 也伴随而来的问题, 交通及气候条件对公路路面使用性能也提出了更高的要求。一方面行驶车辆的重载、超载现象, 同时高等级公路上渠化交通加重了车辆轴载对路面的破坏; 另一方面, 我国多数地区路面经受着气候条件变化的考验, 道路交通量日益增大, 车辆大型化且超载严重, 使公路路面面临严重考验, 一些高等级公路沥青路面建成通车不久, 由于不适应交通快速发展的需要, 发生了较为严重的早期损坏。

路面的早期损坏直接对车辆的行驶速度、承载能力、行车舒适、交通安全以及环境保护等造成较大的影响, 因此路面的养护维修就成为保证其服务质量和使用寿命的重要手段。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

4

交通量增长



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

5

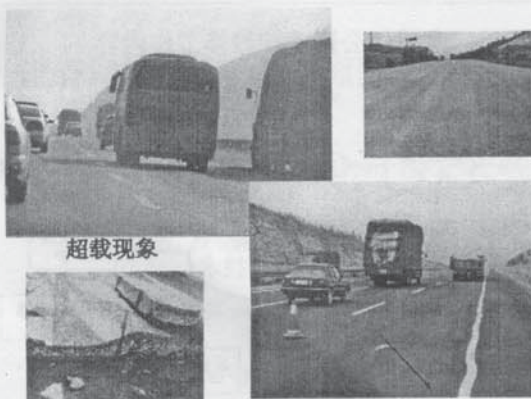
车辆大型化



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

6



超载现象

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

7

公路交通发展概况-2009年

- ◆ 2009年底,全国公路总里程达386.08万公里,2009年底湖北、重庆、甘肃、陕西和安徽全年新增高速公路通车里程均超过300公里。高速公路突破三千公里的省为7个,分别是:河南(4861公里)、山东(4285公里)、广东(4035公里)、江苏(3755公里)、河北(3303公里)、浙江(3298公里)和湖北(3283公里)。
- ◆ 2009年底,全国公路密度为40.22公里/百平方公里,比上年末提高1.36公里/百平方公里。全国通公路的乡(镇)占全国乡(镇)总数的99.60%,通公路的建制村占全国建制村总数的95.77%,分别比上年末提高0.36个和2.91个百分点。
- ◆ 2008年底全国高速公路通车总里程6.03万公里;2009年底高速公路通车总里程达到6.5万公里。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

8

高速公路通车里程排名——2009年各省区

1 河南省 4800; 2 山东省 4333; 3 广东省 3800; 4 江苏省 3745; 5 河北省 3304; 6 湖北省 3282; 7 浙江省 3110; 8 辽宁省 2758; 9 陕西省 2526; 10 安徽省 2514; 11 云南省 2429; 12 江西省 2206; 13 四川省 2190; 14 广西区 2113; 15 湖南省 1992; 16 山西省 1950; 17 福建省 1895; 18 内蒙古区 1890; 19 甘肃省 1296; 20 重庆市 1203; 21 新疆区 1075; 22 黑龙江省 1053; 23 宁夏区 1003; 24 贵州省 975; 25 吉林省 877; 26 天津市 840; 27 北京市 784; 28 海南省 660; 29 上海市 578; 30 青海省 210。

截至2009年底中国高速公路通车总里程达到6.5万公里。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

9

2009年湖北交通工作回顾

- ◆ 交通改革力度前所未有。
- ◆ 交通投资规模创历史新高。
- ◆ 高速公路发展提档进位。
- ◆ 农村交通环境全面改观。
- ◆ 交通运输生产持续增长。
- ◆ 交通发展规划科学配套。
- ◆ 交通质量安全平稳可控。
- ◆ 交通能力作风建设常抓常新。
- ◆ 交通综合支持保障规范有力。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

10

2009年湖北交通工作回顾

2009年,中国经济考验空前;中国经济辉煌依然。2009年,湖北交通挑战空前;交通发展喜讯连连。一年来,全省交通运输系统广大干部职工在省委、省政府的坚强领导下,坚决贯彻扩内需、保增长的方针政策,当好主力军,唱好主角戏,全力推动新一轮交通大建设大发展并取得显著成效,使2009年成为交通改革力度最大、投资增幅最快、发展势头最猛的一年。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

11

回顾2009年湖北交通工作

回顾2009年,在应对金融危机冲击的重大考验中,湖北交通抢抓机遇,克难攻坚,弯道超车,在推进新一轮交通大建设大发展中积累了宝贵经验。一是深化部省共建,全力争取支持,最大程度地为加快湖北交通运输发展营造良好政策环境;二是坚定发展信心、奋力改革攻坚,始终坚持发展第一要务,负重前行,超常发展;三是狠抓作风建设、弘扬“刚毅”精神,充分发扬湖北交通人“特别能吃苦、特别能战斗、特别能拼搏、特别能奉献”的优良传统。四是上下合力同心,省市齐抓共建,真正交部门办交通为政府、社会办交通,合力推进交通又好又快发展。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

12



高等级公路养护维修技术体系

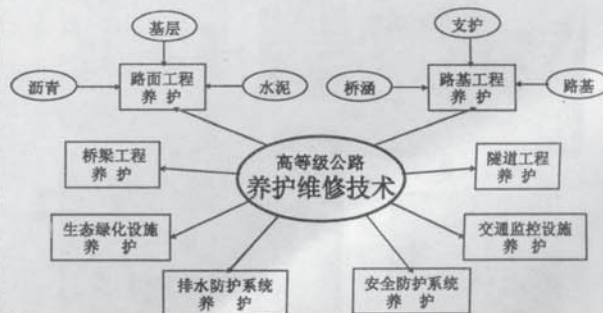


2011-4-6

高等级公路沥青路面技术

13

高等级公路养护维修工作内容



2011-4-6

高等级公路沥青路面技术

14

沥青路面面临的主要问题

现代化交通(客观)
技术人员不足(主观)
早期损坏严重(结果)

沥青路面早期损坏防治是一项系统工程

设计、施工、检测、监理、管理等



2011-4-6

高等级公路沥青路面技术

15

高等级公路 沥青路面早期损坏思考

沥青路面早期损坏应引起足够的重视!

2011-5-6

高等级公路沥青路面技术

16

沥青路面早期损坏 已经成为影响行业发展的重大问题

我国高等级公路建设起步晚,但速度快,势头好。伴随着高速公路通车里程的增长,我们在路面设计、施工、管理上取得了长足进步。改性沥青新材料得到广泛应用,施工装备技术有了明显提高,施工工艺有了明显改进,建立了“政府监督、社会监理、企业自检”的三级质量保证体系,重视和加强了养护管理工作,推进了路面养护管理系统建设,加强了预防性养护,开展了治理车辆超限超载活动。

(交通运输部公路研究所编,《高等级公路路面技术》,人民交通出版社,2008.8.7.82)

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

17

沥青路面早期损坏的表现

好形势面前要格外保持清醒的头脑。当前,从全国范围来看,从全社会对建设质量的要求来看,还不理想。其中,高速公路沥青路面早期破损问题,已成为影响我国公路健康发展的突出矛盾。不足之处主要表现在3个方面:

- 一是损坏时间早。
- 二是损坏范围宽。
- 三是损坏程度重。



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

18



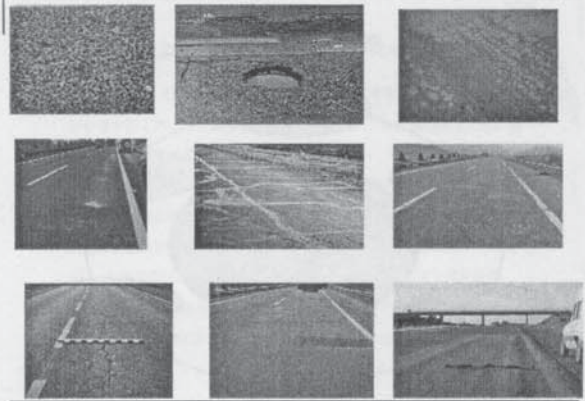
沥青路面早期损坏的原因

造成路面早期损坏的原因很复杂。既有个别的原因,也有共性的原因,既有技术上的问题,也有管理上的问题,既有外因,也有内因。从细节上讲,与管理、设计、施工、监理、材料、养护维护等都有关系。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

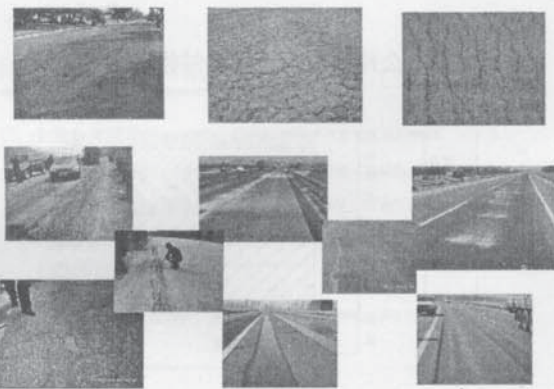
19



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

20



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

21

设计问题突出

从技术的角度看,设计深度不足,习惯套用标准,理论脱节实际 质量问题认识片面 片面追求节省投资等问题突出

建设市场不规范

从管理的角度看,与片面追求建设速度、超载严重、养护维护投入不足等多种因素有关。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

22

解决高等级公路路面早期破损的对策

沥青路面早期损坏问题,不是单纯的技术问题和管理问题,更是认识问题和思路问题。以科学、求真、务实、创新的态度,更新观念,博采众长,在积极引进、消化、吸收国内外一切先进成果的基础上,不断深化对高速公路沥青路面早期破损防治工作的规律性认识,充分调动政府主管部门、项目业主、设计、施工、监理、材料供应等单位的积极性和创造性,采取一切有效措施,尽快解决高速公路沥青路面早期破损问题。

以科学的发展观为指导,用全寿命周期成本理念选择路面方案,深化“三个认识”,做到“四个正确判断”。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

23

三个认识:

- 一是认识延长工程的使用寿命是最大的节约。
- 二是认识高质量的工程是最有效的财富积累。
- 三是认识降低建设成本不能以增加后期投资为代价。

四个正确判断:

- 一要正确判断路面实际荷载与设计计算荷载的差异。
- 二要正确判断建设成本与后期成本的关系。
- 三要正确判断实验成果与实际施工的差异。
- 四要正确判断半刚性基层的不足,加大采用柔性基层的力度。

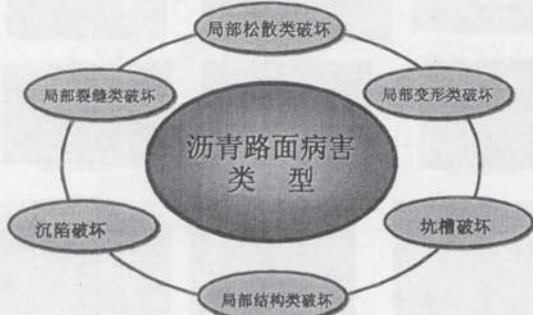
2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

24



沥青路面常见病害



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

25

我国公路建设各阶段的主导思想

公路建设初期阶段

(1950-1979)

公路建设快速增长和高速公路起步阶

(1980-1990)

高速公路快速发展阶段

(1991-2000)

养建并举稳步发展阶段

(2001-2006)

全寿命周期成本理念阶段

(2006-2010)

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

26

公路路面典型结构



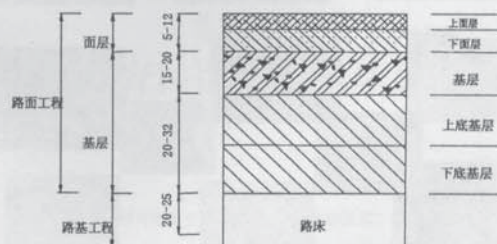
在六、七十年代, 沥青碎石结构、贯入式路面成了干线公路的主要路面结构型式。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

27

公路沥青路面典型结构



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

28

养建并举稳步发展阶段

(2000~2006)

以解决工程质量通病和稳步发展为目标, 强调可持续发展和生态环境(美化)及养建并举等问题。

各种工程技术问题需要多学科的协同作战, 以技术经济学观点比选优化各种方案, 新技术、新材料、新机具和新工艺不断出现。

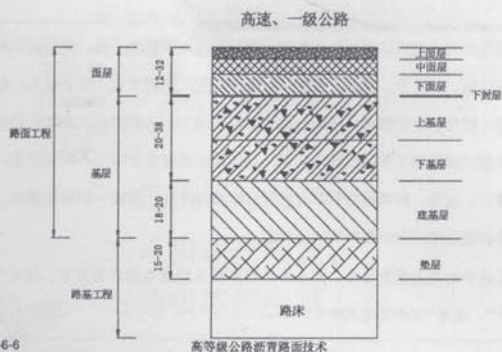
因此, 需要参与工程建设的全体成员更新观念, 补充新知识, 等效设计、动态监控、科学管理、公正评定等新的理念逐步被更多的建设者所接受。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

29

公路沥青路面典型结构图示



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

30



倡导“全寿命周期成本”理念阶段 (2006~至今)

为了提高公路运营质量和服务水平设计理念坚持“以人为本”，树立“全面、协调、可持续科学发展观”，贯彻“资源节约型、环境友好型”和“全寿命周期成本”的设计理念，实现人、车、路、自然和谐与统一，确保高速公路建设又好又快的发展。

总体质量目标，达到“三年无病害，设计年限内不大修”。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

31

该阶段按照“三年无病害，设计使用年限内不大修”的质量目标。(1)从业单位要强化勘察设计、项目管理、监督检查、信用评价等方面工作，不断完善管理制度，全面优化设计，改进施工工艺，细化施工方案，整体提升公路建设质量和管理水平。(2)路面设计要贯彻“全寿命周期成本”的理念，国道主干线和重要路段要推广“永久性路面”。路面设计要结合项目的使用要求、特点及项目所在地域自然地理和气候特点，在充分论证路面结构组合、材料组成、施工质量要求等基础上做出详细设计。(3)路面设计应根据重载交通车辆组成增加30%做为设计累计轴载，确定设计弯沉计算路面厚度，各结构层厚度应充分考虑交通量轴次、材料、施工条件、气候等实际情况，对重车方向、长大陡坡路段及桥面应进行专门设计。



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

32

什么是全寿命周期设计？

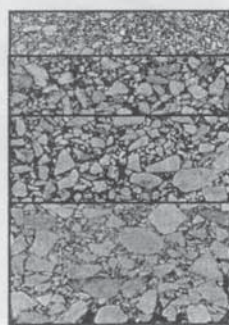
- 全寿命周期设计：设计产品不仅是设计产品的功能和结构，而且要设计产品的规划、设计、生产、经销、运行、使用、维修保养、直到回收再用处置的全寿命周期过程。全寿命周期设计意味着，在设计阶段就是考虑到产品寿命历程的所有环节，以求产品全寿命周期所有相关因素在产品阶段就能得到综合规划和优化。
- 等寿命设计：在设计产品的时候，各个零部件的设计寿命相同称为等寿命设计。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

33

永久性路面



- 表面层 (5 to 8 cm) 每 15 to 20 年重铺
- 结构设计要求至少 50 年

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

34

高等级公路 沥青路面建养施工质量思考

沥青路面早期病害是对我们无知的惩罚！

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

35

公路沥青混合料类型



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

36



热拌沥青混合料种类
(JTG F40)

混合料类型	密级配		开级配		半开级配	公称最大粒径 (mm)	最大粒径 (mm)	
	连续级配		间断级配					
	沥青混凝土	沥青稳定碎石	沥青玛蹄脂碎石	排水式沥青磨耗层	排水式沥青碎石基层			沥青碎石
特粗式	—	ATB-40	—	—	ATPB-40	—	37.5	53.0
粗粒式	—	ATB-30	—	—	ATPB-30	—	31.5	37.5
	AC-25	ATB-25	—	—	ATPB-25	—	26.5	31.5
中粒式	AC-20	—	SMA-20	—	—	AM-20	19.0	26.5
	AC-16	—	SMA-16	OGFC-16	—	AM-16	16.0	19.0
细粒式	AC-13	—	SMA-13	OGFC-13	—	AM-13	13.2	16.0
	AC-10	—	SMA-10	OGFC-10	—	AM-10	9.5	13.2
砂粒式	AC-5	—	—	—	—	AM-5	4.75	9.5
设计空隙率(%)	3~5	3~6	3~4	>18	>18	6~12	—	—

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

37

影响沥青路面维修施工质量的关键因素

□ 人员（管理、技术、操作）

观念、认识（决策、设计、施工、监理、验收）

□ 材料（原材料、混合料）

外购材料公开招标地方材料严格监控

□ 设备（拌和、摊铺、碾压）

仪器设备和施工机械要求优化配套

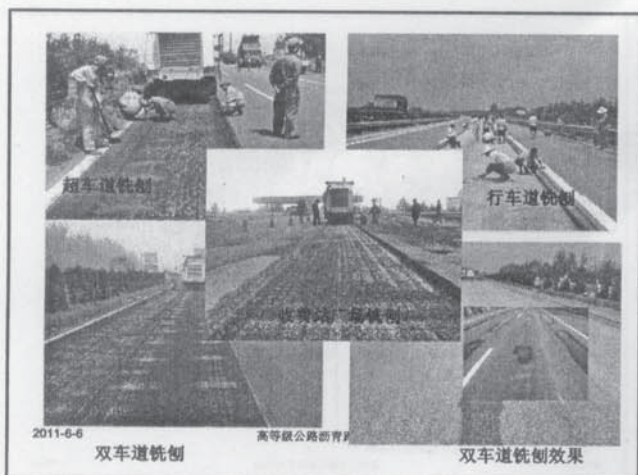
□ 工艺（拌和、摊铺、碾压）

最优的工艺最佳的配合系统的参数

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

38

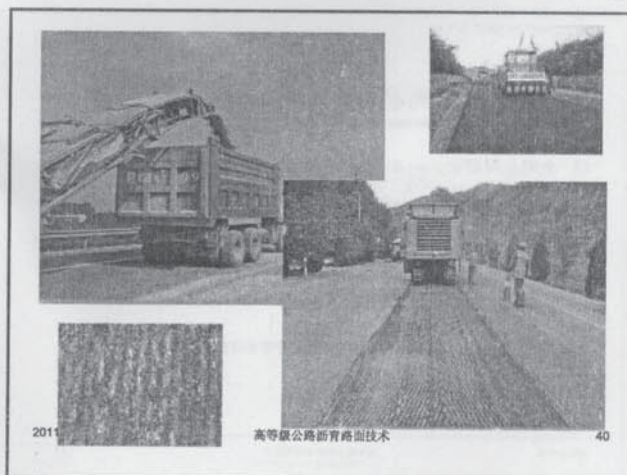


2011-6-6

双车道铣刨

高等级公路沥青路面

双车道铣刨效果

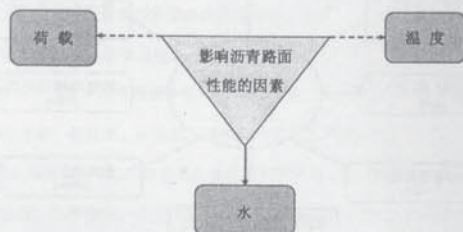


2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

40

影响沥青路面性能的三大因素



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

41

沥青路面施工质量控制要点

□ 进场原材料质量严格把关

□ 重视沥青混合料生产质量监控

□ 加强路面各层施工工序质量控制

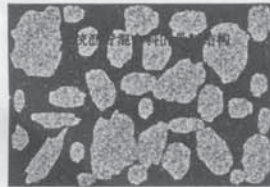
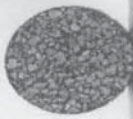
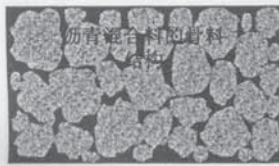
□ 沥青面层的内在和表现质量控制

□ 重点监控碾压质量和施工温度

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

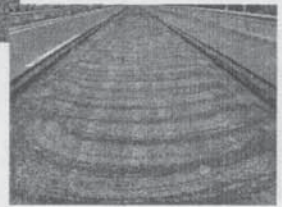
42



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

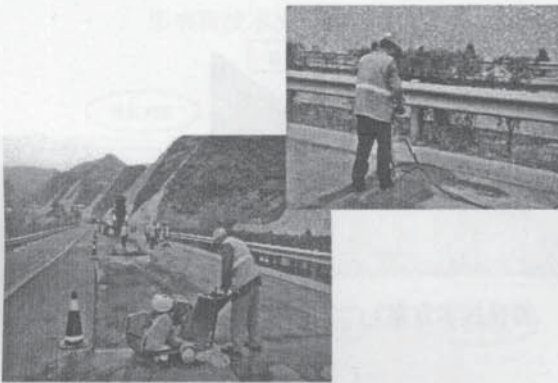
43



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

44



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

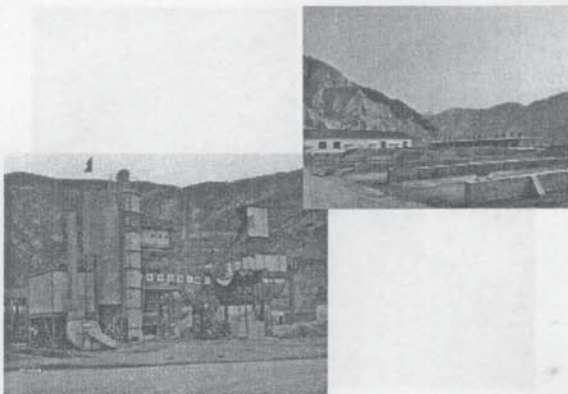
45



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

46



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

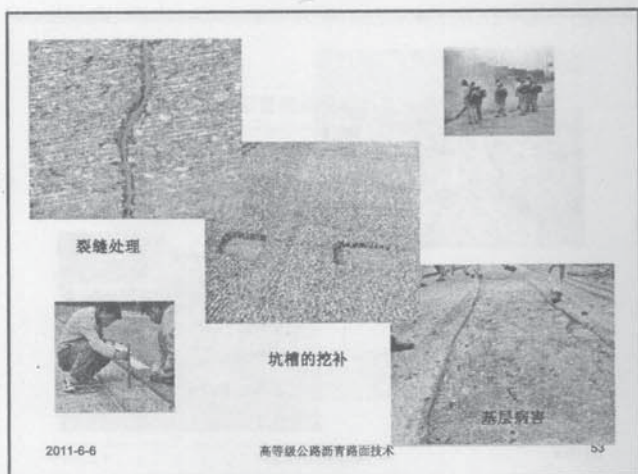
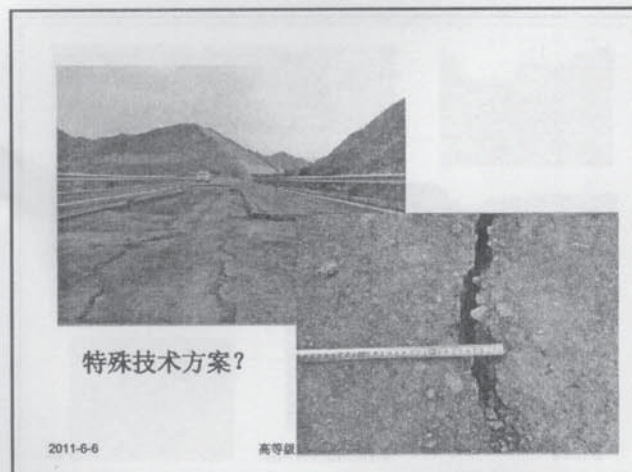
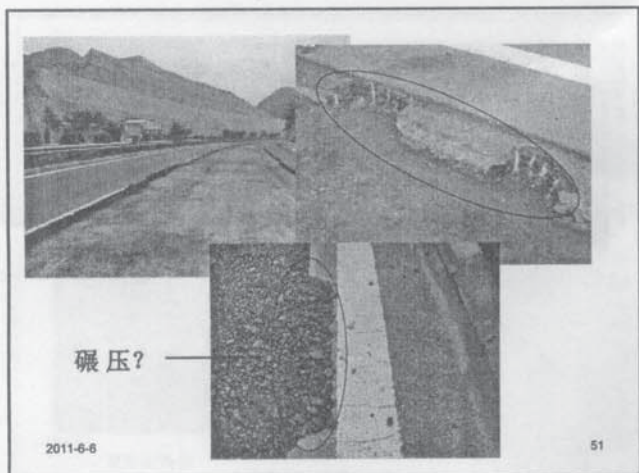
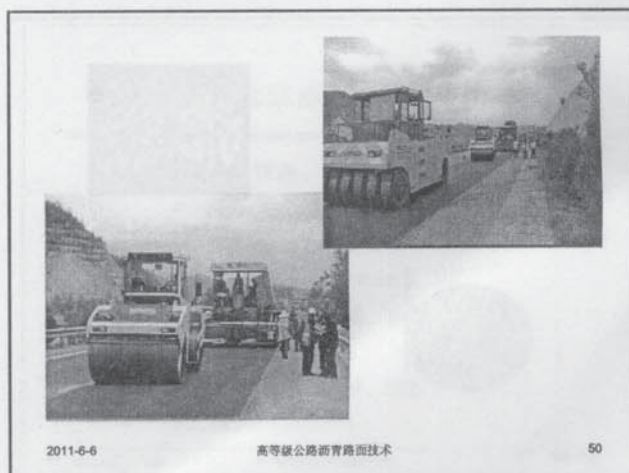
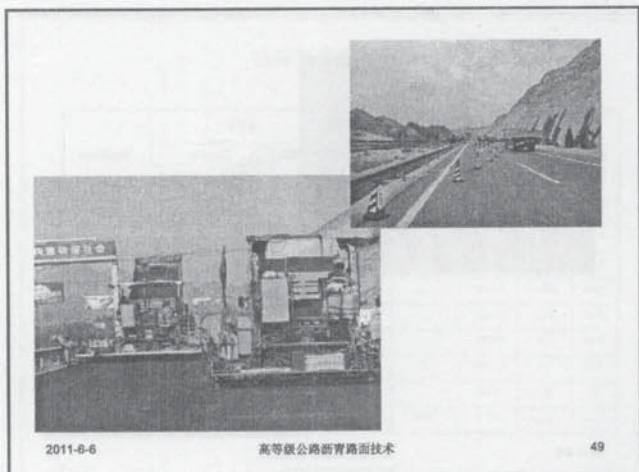
47

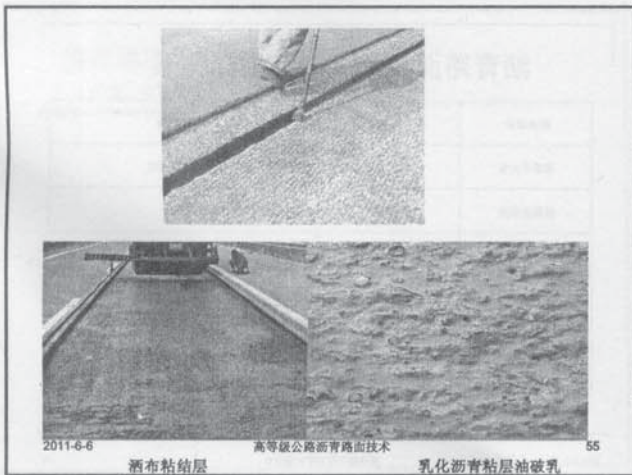


2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

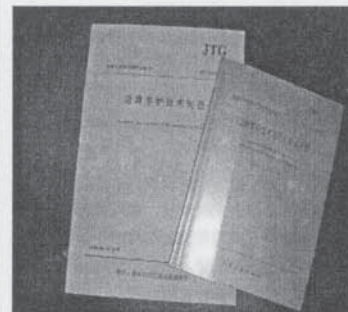
48





《公路养护技术规范》解读

(JTG H10-2009)



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

- ❖ 正确理解
- ❖ 全面领会
- ❖ 灵活应用
- ❖ 创新完善

- ❖ 适当的时机
- ❖ 适宜的路段
- ❖ 适用的技术

56

影响新技术应用的关键因素



沥青路面施工面临的主要问题

- 路面设计方案优化
- 试验检测技术重视
- 质量控制体系完善
- 技术指标体系配套
- 路面施工局部离析

沥青路面早期损坏应引起足够的重视
(车辙、水破坏、耐久性)



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

58

高等级公路沥青路面建养质量 若干技术探讨

沥青路面早期病害是对我们无知的惩罚!

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

59

沥青路面的基本要求



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

60



关于沥青路面的基本要求

以上六项性能要求对高速公路沥青路面都是十分重要的,只要精心设计和施工也是完全能够达到的。但是在工程实践中,会出现各项性能要求之间存在矛盾,有时会顾此失彼。例如有的工程过分强调抗滑性能,结果所设计的混合料渗水严重,影响了水稳性;有的工程过分强调高温抗车辙性能,低温状态却出现严重开裂等等。因此,路面结构设计既要周密筹划兼顾多方面的需求,又要因地制宜,抓住主要矛盾,深入细致探索各项因素对各项性能的影响,研究各项性能之间的相互制约关系,通过理论分析、试验探索、工程验证,以求尽量满足各项性能要求,提出相对较为完善的结构设计方案。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

61

沥青路面技术要求与指标体系

技术要求	病害类型	技术指标
高温稳定性	车辙 拥包	马歇尔稳定性 动稳定性 抗剪强度
低温抗裂性	横向开裂	低温弯拉强度 冻融温度
水稳定性	松散 剥落 坑槽	马歇尔残留稳定度 冻融劈裂强度
疲劳特性	纵裂 网裂	疲劳强度
气候稳定性	龟裂 松散	老化试验后强度与稳定性
抗滑性能	表面光滑	路面摩擦系数 石料磨光值 构造深度

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

62

关于沥青混合料配合比设计问题

沥青混合料的设计就是选择材料、确定级配、确定沥青用量、确定混合料成型密度、确认性能,而这些又是相互影响相互制约的。对沥青混合料的设计应该是对多方面的影响因素给予统筹兼顾后得到的条件性最优配比。合理的沥青混合料设计方法至少要考虑以下几个方面:

1. 试件的成型方式要最大限度的模拟路面实际成型过程
2. 沥青混合料设计指标应与沥青路面的工作特性有联系
3. 合理利用体积参数以减小配合比设计的工作量
4. 设计出的混合料应便于施工压实



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

63

配合比设计需注意的事项

温度是影响试验结果的关键因素

任何材料变化均需对配合比作出调整

拌和工艺和试验温度与施工实际对应

路用性能检验环节必不可少

特种地段应采用特种配合比

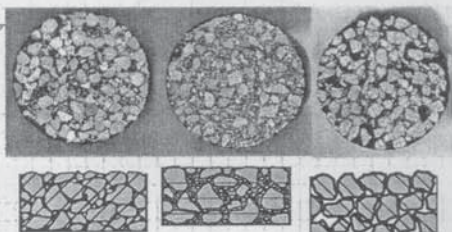
配合比复核与审批应严格把关

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

64

沥青混合料类型



骨架-密实型

悬浮-密实型

骨架-空隙型

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

65

关于沥青路面耐久性技术问题

避免出现大面积早期破坏是考虑耐久性的基础。重载、超载运输条件下,有无考虑8-10年不大修的可能性?

粗略地说,除夏凉区干线公路之外,在其它地区的沥青路面抗车辙、抗水损坏是第一位的。

耐久性:抗疲劳破坏能力(温度应力疲劳、荷载应力疲劳);沥青老化(光、氧老化、微生物老化、自然硬化等)引起的性能衰变。

粉胶比是影响耐久性的主要因素之一,而沥青用量不是。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

66



特殊地段应采用相应技术方案

(匝道、湾坡桥面、长大坡段、重载车道)

- ☐ 提出明确设计要求
- ☐ 完善材料技术指标
- ☐ 重视桥面防水工艺
- ☐ 优化施工技术方案
- ☐ 加强施工检测验收

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

67

公路沥青路面新技术



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

68

沥青路面养护技术



2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

69

结束语

公路建设是创造财富, 养护管理则是保护财富, 而财富的保护、积累和财富的创造同等重要。

面对我国公路养护工作的严峻形势, 我们必须加大科技创新力度, 促进养护新技术、新材料、新工艺的开发和应用, 加快新材料、新技术的国产化步伐, 提高养护质量, 降低养护成本, 全面提高我国公路沥青路面养护技术水平。

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

70



长安大学
Chang'an University



徐培华 教授级高级工程师, 中国民主同盟盟员, 1955年11月出生, 陕西城固县人, 1977年毕业于西安公路学院, 1980年在南京工学院进修, 现在长安大学公路学院任职, 兼任西安公路材料再生工程技术研究中心主任。

多年来主要从事道路工程试验检测技术和工程质量监理教学及道路工程应用技术研究工作。近年来, 潜心于高等级公路养护技术和道路工程施工质量控制技术及沥青路面工程材料应用技术研究。出版专著5部, 主审教材2部, 公开发表论文60多篇, 曾获科技成果奖8项, 获国家发明专利6项、实用新型专利技术16项。创办了长安公路养护技术门户网站。

近几年从事的科研项目主要有: 水泥混凝土路面接缝养护技术、半刚性路面面层复合材料应用技术、路面旧灰土基层材料再生利用技术、高速公路沥青路面层间处理技术、高速公路沥青路面车辙维修关键技术、山区高速公路沥青路面修筑关键技术、高速公路沥青路面质量控制关键技术、改性沥青材料质量控制技术、沥青路面预防性养护技术、高浓度乳化沥青材料技术和废旧橡胶粉改性沥青应用技术。尤其在沥青路面预防性养护关键技术、沥青路面再生利用关键技术、沥青路面车辙维修关键技术和山区高速公路沥青路面修筑关键技术、高浓度乳化沥青材料和改性沥青材料应用技术方面已经积累了丰富的工程经验, 提出过独特地创新见解。

通讯地址: 长安大学公路学院329信箱 (710064) 网址: www.CDXPH.COM

联系电话: (029) 82334498 13991819628 E-mail: xph329@163.com

2011-6-6

高等级公路沥青路面技术

71





湖北省公路学会技术交流内容 汶川地震震后公路恢复重建技术



主讲人：庄卫林

交通部公路规划勘察设计研究院
Sinopec Highway Planning, Design and Research Institute
Sinopec Highway Planning and Design Institute

2010年7月20日 湖北

汇报内容

湖北省公路学会技术交流

1. 前言
2. 主要公路震害类型及特点
3. 震后抢通技术
4. 震后保通技术
5. 灾后公路恢复重建技术
6. 公路抗震减灾对策措施
7. 结语

交通部公路规划勘察设计研究院

汇报内容

湖北省公路学会技术交流

1. 前言
2. 主要公路震害类型及特点
3. 震后抢通技术
4. 震后保通技术
5. 灾后公路恢复重建技术
6. 公路抗震减灾对策措施
7. 结语

交通部公路规划勘察设计研究院

1. 前言

湖北省公路学会技术交流

2008年5月12日14点28分,四川省汶川县发生8.0级特大地震,一瞬间,地动山摇、山崩地裂,造成了巨大灾难。

成千上万的人在瞬间被夺去生命,成千上万的家庭在瞬间失去亲人,成千上万的群众在瞬间无家可归。



1/6

交通部公路规划勘察设计研究院

1. 前言

湖北省公路学会技术交流

这是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最广、救灾难度最大的一次地震,重灾区的范围超过10万平方公里,死亡及失踪人数近10万人



汶川地震灾区范围

2/6

交通部公路规划勘察设计研究院

1. 前言

湖北省公路学会技术交流

8.0级汶川地震导致:

灾区公路等基础设施遭受极其惨重的毁坏,交通一度中断



3/6

交通部公路规划勘察设计研究院



1. 前言

湖北省公路学会技术交流

主要技术难题和挑战:

- ❖ (1) 如何在短时间内抢通;
- ❖ (2) 如何快速评估结构物损伤;
- ❖ (3) 如何处治受损的桥梁、隧道和支挡结构;
- ❖ (4) 如何评价预防地质灾害;
- ❖ (5) 如何提高公路的抗震减灾能力等等

集体攻关, 破解技术难题

4/6

1. 前言

湖北省公路学会技术交流

汶川地震发生后交通运输部及时启动相关公路抗震技术的研究, 由11个项目组成《汶川地震灾后重建公路抗震减灾关键技术研究》重大专项。

本次报告内容主要来源于灾后重建中的使用技术和交通部西部交通建设项目《汶川地震公路震害评估、机理分析及设防标准评价》中的有关成果

5/6

1. 前言

湖北省公路学会技术交流

❖ 震后公路建设三阶段:

- ◆ 抢通
- ◆ 保通
- ◆ 灾后恢复重建

❖ 技术措施特点:

- ◆ 目标不同, 措施不同
- ◆ 因地制宜、因时而异

6/6

汇报内容

湖北省公路学会技术交流

1. 前言

2. 主要公路震害类型及特点

3. 震后抢通技术

4. 震后保通技术

5. 灾后公路恢复重建技术

6. 公路抗震减灾对策措施

7. 结语

2. 公路主要震害类型及特点



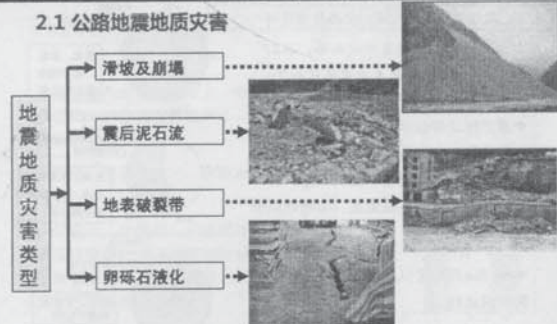
汶川地震特点:

- ❖ 发生在山区
- ❖ 并具有带状特征

公路的破坏形式与平原区是不同的, 主要是次生地质灾害极其严重, 造成的破坏巨大, 给抢险救灾带来极大的困难。

2. 公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害





2. 公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

公路地震地质灾害特点

- 大型滑坡灾害: →
- 主要分布于中央主断裂上盘;
 - 高速启程、远程运动、碎屑流化;
 - 大段掩埋公路、堰塞湖大段淹没公路。



2. 公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

公路地震地质灾害特点

- 地震崩塌: →
- 灾区最普遍的灾害形式
 - 往往成群、连续分布
 - 高位崩塌危害巨大

- 掩埋公路
- 损坏路面
- 砸毁桥梁
- 掩埋隧道洞口



2. 公路主要震害类型及特点

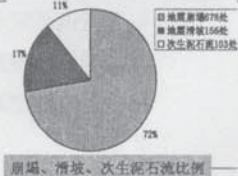
2.1 公路地震地质灾害

公路地震地质灾害特点

泥石流

◆是震后主要次生灾害形式,危害巨大。尤其是2010年8月四川地震灾区暴雨,诱发大量泥石流,给恢复重建公路造成严重损毁

■崩塌、滑坡、泥石流灾害是汶川地震的主要地质灾害形式,也是对公路危害最大的灾害,体现了山区强烈地震的灾害特点。



2. 公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

灾害统计分析

统计方式:

- ◆按构造部位和烈度分区域统计;
- ◆按各区域典型段落灾害数据统计;
- ◆按龙门山构造带的垂向和走向统计。

2. 公路主要震害类型及特点

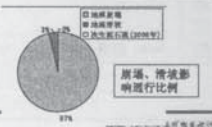
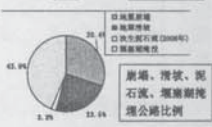
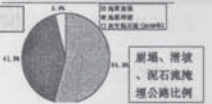
2.1 公路地震地质灾害

崩塌、滑坡、泥石流灾害对公路危害统计

对极重灾区的山区国道干线公路,共27段、1630km的公路地质灾害统计如下:

◆累计被埋和被淹公路总长116.22km,占总长的7.1%。其中,共69.02km公路路基被埋,占路线总长度的4.2%; 47.2km公路被堰塞湖淹没,占路线总长度2.9%;

◆88.6km局部受损,占总长度5.4%,影响公路通行。



2. 公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

灾害分布规律:

前山断裂
中央主断裂
后山断裂



控制了汶川地震地质灾害的发育和分布

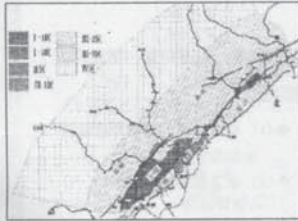


2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

灾害发育程度分区:

- ◆ 极强烈区(I)
- ◆ 强烈区(II)
- ◆ 较强烈区(III)
- ◆ 中等区(IV)
- ◆ 弱区(V)



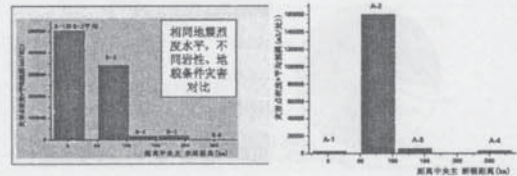
灾害发育程度分区图

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

灾害影响因素分析——地震烈度

- ◆ 崩塌、滑坡灾害较强烈发育~极强烈发育区, 均为Ⅷ度及以上区域; 中等~弱发育区, 均为Ⅶ度及以下地区
- ◆ 相同地震烈度下, 不同地貌、岩性条件, 灾害发育有巨大差异



2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

灾害影响因素分析——地形地貌

- ◆ 不同地貌分区, 灾害发育有较大差异, 深切峡谷地貌灾害尤为严重。

地貌分区名称	最高海拔(m)	最低海拔(m)	灾害发育程度	岩性
I区	4989	879	极强烈	侵入岩体
II区	2402	800	强烈	灰岩
III区	2441	800	较强烈	碎屑岩
IV区	4769	1337	中等	千枚岩、砂板岩
V区	5588	1600	弱	砂板岩

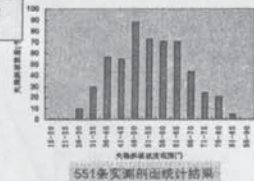
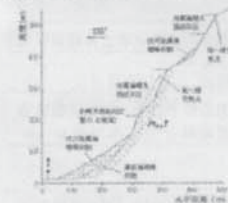


地貌分区图

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

地震地质灾害影响因素分析——崩塌失稳部位及坡度



551条实测剖面统计结果

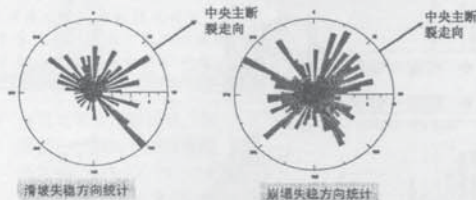
- ◆ 失稳部位: 斜坡中上部, 陡—缓变坡点下方

- ◆ 失稳坡度: 崩塌灾害失稳主要在40°以上, 占82.0%; 滑坡灾害失稳主要在20°~50°之间

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

地震地质灾害影响因素分析——崩塌失稳方向



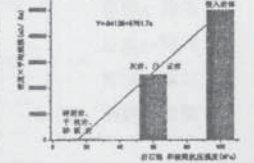
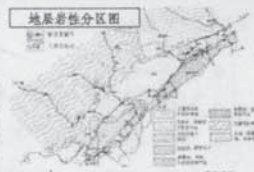
- ◆ 主要的失稳方向在发震断裂走向上(NE50°)和垂向上

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

灾害影响因素分析——地层岩性

- ◆ 坚硬侵入岩区高差最大、地面横坡陡、地貌突出部位最多, 灾害发育极强烈;
- ◆ 灰岩、白云岩次之, 灾害发育强烈;
- ◆ 碎屑岩、砂板岩、千枚岩地区虽岩性软弱, 但高差相对较小, 且地面横坡缓、坡面圆顺, 灾害发育不及硬质岩强烈。





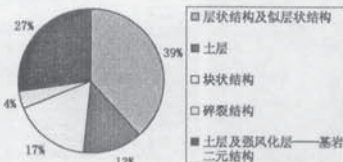
2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

灾害影响因素分析——斜坡地质结构

◆提出了5种基于动力失稳的斜坡坡体结构类型划分:

◆在动力条件下,岩体结构依然是控制边坡岩体变形破坏的重要因素



中国地质大学武汉

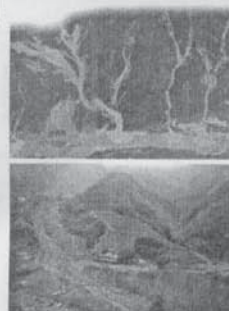
2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

震后泥石流灾害发育特征

灾害群发、灾害突发、危害巨大 震后:

- ◆(1) 极为特殊的地形地貌条件
地貌梯度带
- ◆(2) 极为特殊的气象条件
山前降雨带
- ◆(3) 特殊的物源条件
地震崩塌堆积物
- ◆(4) 特殊的山区沟域地形特点



中国地质大学武汉

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

地质灾害机理分析

>灾害发育规律和影响因素统计分析

>灾害机理地质分析

>数值模拟

>物理模拟

◆强震条件下斜坡岩体震裂机理

◆动力条件下崩塌、滑坡灾害失稳特点及分类

◆典型崩塌、滑坡、泥石流灾害机理研究

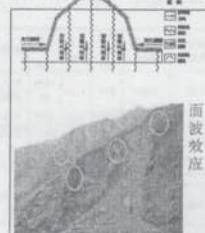
中国地质大学武汉

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

强震条件下斜坡岩体震裂力学机制

- ◆经历长期复杂后期改造作用岩体(岩体结构面发育+风化带+卸荷带)
- ◆地震波效应



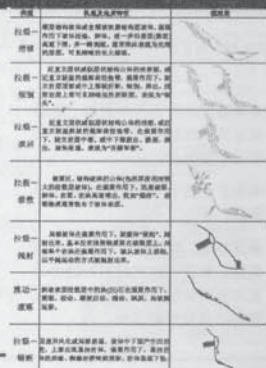
中国地质大学武汉

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

基于动力失稳的崩塌灾害分类

- ◆拉裂—错断
- ◆拉裂—倾倒
- ◆拉裂—滑移
- ◆拉裂—溃屈
- ◆拉裂—溃散
- ◆拉裂—抛射
- ◆震动—错断



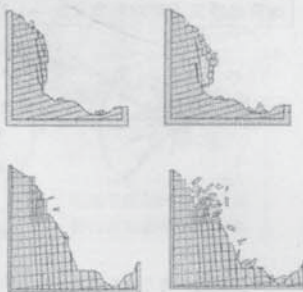
中国地质大学武汉

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

典型崩塌灾害失稳机理

- ◆拉裂—错断崩塌
- ◆拉裂—倾倒崩塌



中国地质大学武汉



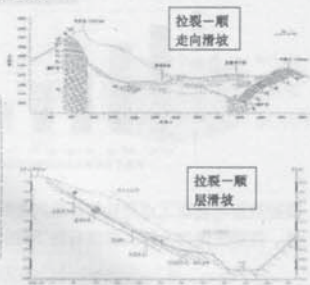
2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

典型动力失稳滑坡灾害形式

五种类型:

- ◆ 拉裂—顺走向滑坡
- ◆ 拉裂—顺层滑坡
- ◆ 拉裂—水平滑移
- ◆ 拉裂—散体滑移
- ◆ 拉裂—剪断滑移

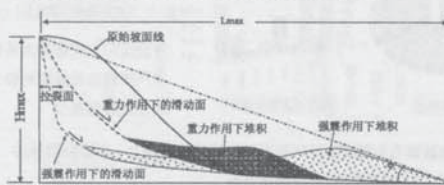


2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

动力失稳特征:

- ◆ ① 失稳前独特的震前拉裂现象
- ◆ ② 特殊的溃滑失稳机制
- ◆ ③ 高速抛射与远程运动



2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

典型滑坡灾害机理——
东河口滑坡

2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

典型滑坡灾害机理——
东河口滑坡

- ◆ 中央主断裂上盘、地貌突出部位强烈地震动
- ◆ 强震作用下拉裂—剪断破坏
- ◆ 高速启程
- ◆ 运动过程空气动力学效应、碎屑流化



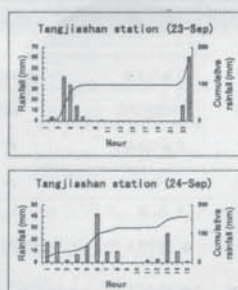
2.公路主要震害类型及特点

2.1 公路地震地质灾害

震后泥石流灾害

震后在唐家山滑坡位置设置了自动气象观测站,用于监测震后水文动态变化和溃坝洪水分析

- ◆ 汶川地震后,该区域泥石流流动的前期累积雨量降低大约14.8%-22.1%,小时雨强降低约25.4%-31.6%



2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

2.2 路基

(1) 路基震害调查统计

基于实际震害和道路使用功能,制定路基震害分级标准





2. 公路主要震害类型及特点

2.2 路基

调查路基震害1488处

- 支挡结构震害375处
- 边坡震害 534处
- 路基本体震害579处



总样本统计



每公里路段统计



震害地理位置分布

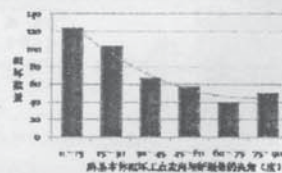
- 轻度和中度震害大多数
- 严重震害数量相对较少
- 损毁震害最少

路基震害主要发生在IX至XI度烈度区的线路上,以近断裂带的G213、S105和S303震害数量最多

2. 公路主要震害类型及特点

2.2 路基

震害与发展断裂带的关系统计



- 震害数量与震害工点所处线路走向与断裂带破裂方向的夹角相关,并随夹角增大震害数量有呈下降的趋势

(注:结果说明,在垂直断裂带方向的地震动较大)

2. 公路主要震害类型及特点

2.2 路基

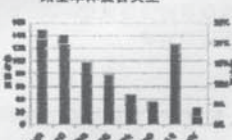
支挡结构震害类型



地基直接作用

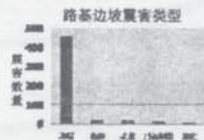
次生地质灾害作用

路基本体震害类型



地基直接作用

次生地质灾害作用



除次生地质灾害造成的掩埋、破坏外,路基震害主要为:垮塌、开裂、支挡结构倾斜、路基沉降等

(注:垮塌包括:滑移、崩塌、溜坍等)

2. 公路主要震害类型及特点

2.2 路基

挡墙震害总现象:

- > 按VII度设防的大多数重力式挡墙在IX-XI度极重灾区并未发生地震直接作用下的严重损坏,多数震害为倾斜、开裂、局部坍塌,基本不影响抢通。



2. 公路主要震害类型及特点

2.2 路基

支挡结构类型统计

支挡结构类型

- 重力式挡墙
- 加筋土挡墙
- 抗滑桩板墙



- 调查的重力式挡墙的震害数量为371处,

58.4%为路堑挡墙

41.6%为路肩挡墙

- 加筋式挡墙与抗滑桩(或桩板墙)的震害各2处

2. 公路主要震害类型及特点

2.2 路基

支挡结构(重力式挡墙)震害统计

按砌筑方法

砌筑方法	震害总数	百分比(%)
浆砌片块石	232	74.1
片卵石混凝土	67	21.4
干砌挡墙	14	4.5

- 浆砌片块石挡墙的震害数量占震害总数的 74%

- 片卵石混凝土挡墙震害占21%



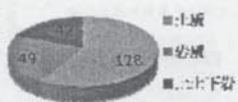
2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

支挡结构(重力式挡墙)震害统计

按场地条件

地基条件	震害总数	百分比(%)
土质	128	58.4
岩质	49	22.4
上土下岩	42	19.2



支挡结构所在地基土分为土质、岩质和上土下岩

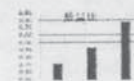
> 震害大部分发生在土质和上土下岩地基上

2.公路主要震害类型及特点

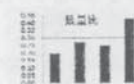
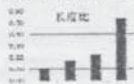
2.2 路基

支挡结构(重力式挡墙)震害统计

按挡墙高度(路堑挡墙)



按挡墙高度(路肩挡墙)



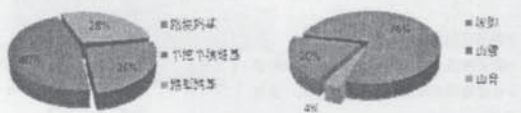
> 挡墙越高,震害比例越大

2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

路基本体震害 与型式及所处位置密切相关

- > 半挖半填及斜坡路堤震害数量较大。
- > 位于山腰位置的震害数量大。



2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

边坡震害统计

边坡防护与否对震害数量的影响

- > 无防护结构的震害边坡占67.5%
- > 有防护结构的震害边坡占边坡震害总数的32.5%

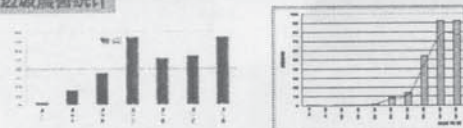
防护类型	震害总数	百分比(%)
挂网类	70	40.4
护面墙	60	34.7
骨架防护	15	8.7
植物	22	12.7
其他	6	3.5

挂网类和护面墙占了调查样本中边坡被面防护结构震害数量的大部分

2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

边坡震害统计



边坡高度与震害的关系

边坡坡度与震害的关系

调查的路基边坡震害点坡高大多小于40米,坡度大多小于65度在此范围内:

- > 震害数量随着坡高和坡度的增大呈上升趋势
- > 坡度大于40度的边坡是防护的重点

2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

(2) 路基典型震害机理分析

选择: 使用面广、有推广价值的结构形式,并探索常用形式的改进

- > 理论分析和振动台试验
- > 分析有震害,也分析无震害的

研究分析
5类8种型式

- ◆ 重力式挡墙,重力式加筋挡墙
- ◆ 抗滑桩板墙,带锚索的抗滑桩板墙
- ◆ 单级加筋土挡墙,两级加筋土挡墙
- ◆ 高填路堤
- ◆ 半挖半填路堤



2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

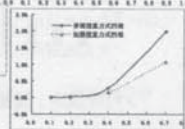
重力式挡墙的震害机理

- 地震使墙背土压力急剧增大
- 地震使土压力作用点上移
- 土质地基沉降

研究了普通与加筋重力式挡墙的抗震性能比较, 结果表明:

◆重力式加筋挡墙能有效减小墙体位移, 优化挡墙尺寸, 抗震性能及经济性更优

已在映波和广甘高速部分工点使用



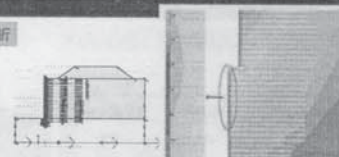
中国公路岩土工程学会

2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

加筋土挡墙的震害机理分析

分析国道213两级加筋土挡墙和单级加筋土挡墙



震害原因:

- 台阶宽度小(1米)
- 面板与拉筋带的连接处相对薄弱
- 上墙基础沉降量较大

◆加筋土挡墙是一种抗震性能比较好的支挡类型, 但必须处理好地基、面板与拉筋的连接和分级挡墙的台阶宽度等



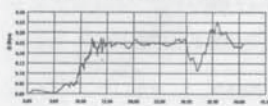
中国公路岩土工程学会

2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

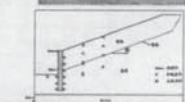
桩板式挡墙的抗震机理分析

分析国道213 GK1016+800~+835桩板墙



桩顶位移时程图

◆桩板墙因嵌固作用, 其抗倾覆能力强, 水平变位后, 桩后土压力急剧减小, 虽有明显倾斜, 但不易倒塌; 设置锚索后, 嵌固段可减短, 配筋可减少, 抗震性能更优



中国公路岩土工程学会

2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

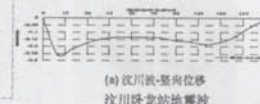
高填路堤的抗震机理分析

国道213线成佳隧道都江堰端, 42m高路堤震后抗震机理分析



此路堤总体表现良好, 没有发生明显震害, 仅为局部开裂

- > 基底较为平整, 进行了地基处理。
- > 路堤加筋(土工格栅)及边坡骨架防护
- > 自振周期与地震卓越周期相差大, 没有共振

(a) 汶川-震后位移
汶川-震后位移

中国公路岩土工程学会

2.公路主要震害类型及特点

2.2 路基

半挖半填路堤的抗震机理分析

国道213线, 20m半挖半填路堤震害机理分析



地震作用下:

- > 沿填筑面滑动
- > 浅表层产生塑性区, 发生溜塌, 随坡比变缓, 塑性区减小
- > 填挖部分的差异沉降引起路基开裂错台



中国公路岩土工程学会

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

3.3 桥梁

(1) 桥梁震害调查统计

共调查桥梁2207座:

- ◆ 四川省公路桥梁1889座
- ◆ 四川省县乡级道路及市政桥梁53座
- ◆ 甘肃省调查公路桥梁113座
- ◆ 陕西省调查公路桥梁152座



将所有调查桥梁绘制在汶川地震烈度图上, 并表达出桥梁规模和震害等级, 可以直观看出震害与断裂带、烈度的关系

中国公路岩土工程学会



2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

宏观震害现象

◆ ①地震造成的次生地质灾害破坏巨大



—皖水顺河桥被崩塌体砸毁



—南庄关大桥被崩塌体砸毁

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

◆ ②近场地震的影响巨大



—严重破坏桥梁与地震断裂带的相互位置



—映秀顺河桥穿过中央断裂带,全部倒塌



—新房子大桥右桥墩基岩移位

◆ ③高山峡谷桥位地基变形加剧了桥梁震害

在地震作用下凌空面沉降、滑移、崩塌的地基变形,造成墩台移位和倾斜,加剧桥梁震害。

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

◆ ④弯、斜桥破坏比直线正交桥严重



—百花大桥曲段被毁垮



—斜桥移位普遍较大

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

各类桥型主要震害现象

(1) 简支梁桥主要震害现象

- ◆ ①桥梁跨塌;
- ◆ ②主梁纵、横向移位及平面转动,甚至发生落梁



—全桥跨塌的映秀顺河桥



—映秀顺江桥主梁横移和转动

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

(1) 简支梁桥主要震害现象:

◆ ③支座、挡块和伸缩缝破坏:



—伸缩缝破坏



—挡块破坏



—支座严重剪切空陷

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

(1) 简支梁桥主要震害现象:

- ◆ ③桥墩出现开裂、压溃、剪切等震害
- ◆ ④桥台背墙、侧墙破坏,台后填土下沉等



—桥台背墙破坏



—墩柱剪切破坏



—墩柱局部压溃



2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

(2) 连续梁桥的主要震害现象:

- ◆①整联垮塌 ◆③主梁开裂
- ◆②桥墩破坏 ◆④梁体移位、支座破坏



百花大桥第5联垮塌



主墩移位



板式橡胶支座破坏



墩顶压溃



主梁开裂

2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

(3) 拱桥的主要震害现象:

- ①整体垮塌; ②主拱开裂; ③拱上建筑震害



腹拱横墙开裂



腹拱横墙开裂

主拱开裂

2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

(4) 连续刚构桥

- ◆①主梁部分节段开裂
- ◆②边跨主梁横向弯曲, 呈现明显的“摆尾”现象
- ◆③过渡墩盆式橡胶支座受损相当严重, 基本功能丧失
- ◆④主墩及交界墩出现倾斜开裂



主墩倾斜开裂



过渡墩支座破坏



主墩水下裂缝

2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

桥梁破坏等级划分

以震后桥梁功能损失程度为依据, 将桥梁震害分为4个等级

破坏等级	定义
A-轻微震害或无破坏	AD无震害 无震害 抢通保通阶段正常运行, 震后不需维修或经少量维修即可满足正常使用要求, 震害表现为桥墩主梁构件未出现震害, 仅有少量附属设施受损, 承载能力无任何损失。
B-中等震害	抢通保通阶段无需处置可满足应急交通的要求, 震后经修复可满足正常使用要求, 震害表现为桥墩主梁构件受损, 但承载能力无明显损失。
C-严重震害	抢通保通阶段必须经过处置方可满足通行需求, 震后须对其进行加固后才能满足正常使用要求, 主要震害表现为桥墩主梁构件严重受损, 承载能力损失严重。
D-完全损毁或失效	完全损毁或失效, 抢通保通阶段丧失通行功能, 震后需对主要构件进行更换, 甚至已无修复必要, 需进行重建, 震害表现为全桥或部分桥跨完全垮塌, 或部分主要构件缺失, 桥墩承载能力已损失殆尽。

2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

震害统计

从十一方面进行震害统计

- ◆①受损桥梁地理位置统计
- ◆②总体震损情况统计
- ◆③各省公路桥梁破坏统计
- ◆④不同线路等级桥梁破坏统计
- ◆⑤次生地质灾害破坏的桥梁
- ◆⑥烈度区域震损统计
- ◆⑦桥梁规模震损统计
- ◆⑧不同结构类型桥梁震损统计
- ◆⑨简支梁桥震害统计
- ◆⑩连续梁桥震害统计
- ◆⑪拱桥震害统计

2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

震害统计——受损桥梁地理位置统计

- ◆受损桥梁分布与断层走向有密切关系, 具有与地震烈度相同的带状分布特点

受损严重的公路桥梁集中主要集中在:

- ①震中附近映秀的三条线路——国道213线映秀至都江堰段、国道213线映秀至汶川段、省道303线映秀至卧龙段;
- ②北川附近二条线路——省道302线江油至北川段、省道302线北川至茂县段
- ③与断裂带大致平行的省道105线彭州~北川~沙坪段。



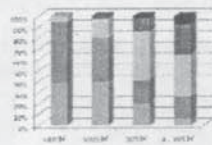
2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

震害统计——桥梁总体震损情况



VII-XI内各震害等级桥梁比例



各烈度区内桥梁震损比例

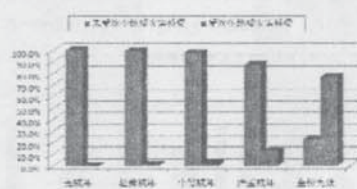
从上述统计可看出,在所有桥梁中,94.6%的桥梁为中等以下震害,按Ⅶ度设防桥梁,在Ⅶ度区未出现完全失效的桥梁,在Ⅸ度区的安全失效率为1.8%,这表明灾区桥梁在承受比设防水准高的地震动情况下,实现了“大震不倒”的抗震设防目标。灾区桥梁抗震性能总体达到设防目标是汶川地震中桥梁震害的特点之一。

中国地震工程学会
汶川地震工程震害调查队

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

震害统计——次生地质灾害破坏桥梁统计



各破坏等级中受次生地质灾害影响的桥梁比例

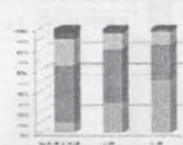
汶川地震中遭受次生地质灾害影响的桥梁共计58座,其中40座完全失效,占总数的68.9%,这是汶川地震桥梁震害的特点之二,也是近30年来国内外桥梁震害新特点,这一特点说明了山区公路桥梁抗震的特殊性

中国地震工程学会
汶川地震工程震害调查队

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

震害统计——桥梁规模震损统计



不同规模桥梁震损率统计

由次生地质灾害所引起的桥梁震害与结构类型、桥梁规模等并无直接关系,对地震直接震害进行研究对提高桥梁的抗震设计水平更有意义,以下均针对直接震害进行研究。

◆大桥震损率明显较中、小桥要高,严重震害(D级)率 and 全桥失效(D级)率表现出大桥>中桥>小桥的规律,这是汶川地震中桥梁震害特点之三

◆此外,在距断层5km范围内发生C、D级震害的桥梁占所有C、D级震害桥梁的80.5%,近断层桥梁破坏严重是汶川地震桥梁震害的又一特点

中国地震工程学会
汶川地震工程震害调查队

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

简支梁桥震害统计——主梁震害



中小桥主梁移位比率统计



大桥(特大桥)主梁移位比率统计

◆3298跨主梁中出现移位的桥跨共643跨,占总数的19.5%,未发现主梁开裂等结构性震害。

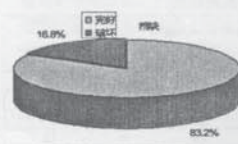
◆中小跨度简支梁桥主梁移位率远低于大桥(特大桥)的主梁移位率

中国地震工程学会
汶川地震工程震害调查队

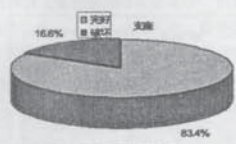
2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

简支梁桥震害统计——支座、挡块震害



简支梁桥挡块震损率统计



简支梁桥支座震损率统计

◆发生破坏的挡块数量为720组,占总数6596组的10.9%,发生破坏的支座组数为1092组,占总数6596组的16.6%,这两个比例与主梁发生移位比例接近。

中国地震工程学会
汶川地震工程震害调查队

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

简支梁桥震害统计——桥墩

调查共2316个桥墩,震损率为2.3%,远低于主梁、支座、挡块的震损率;在Ⅶ、Ⅸ度区内,仅有甘肃省毛坝桥2、3号桥墩出现B级破坏

X、XI度区内桥简支梁墩震损统计

破坏等级	P_a 未破坏 (个)	P_a 微破坏 (个)	P_a 严重破坏 (个)	P_a 完全失效 (个)	合计 (个)
钢筋混凝土桥墩	103	12	11	18	144
钢筋混凝土桥墩	14	0	9	0	23
圬工重力式桥墩	13	0	1	3	17
合计	130	12	21	21	184

◆从上述统计分析可看出,汶川地震中,简支梁桥桥墩震损率低,震害以主梁移位、支座及挡块破坏为主,未出现日本阪神地震和美国北岭地震中大量桥墩破坏的情况,这也是汶川地震中简支梁桥震害的主要特点

中国地震工程学会
汶川地震工程震害调查队

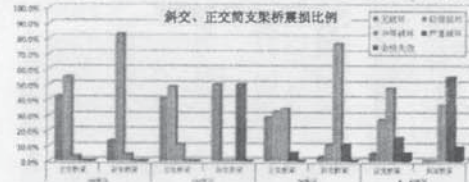


2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

简支梁桥震害统计——斜交桥震害

◆ 958 座简支梁桥中, 共 884 座正交桥梁, 74 座斜交简支梁桥



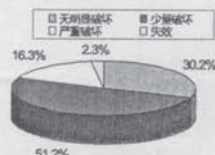
◆ 无论是严重破坏率还是完全失效率, 斜交桥均明显较正交桥要大, 这是汶川地震中简支梁桥震害的又一特点。

2. 公路主要震害类型及特点

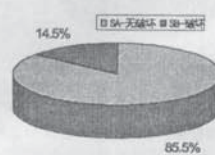
2.3 桥梁

连续梁桥震害统计——上部结构震害

◆ 185 联连续梁桥中, 仅回澜立交出现主梁开裂现象, 上部结构震害仍以主梁移位和支座破坏为主, 这一特点与简支梁桥相同。



VIII~XI 度区主梁移位率统计



VIII~XI 度区支座震损率统计

2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

连续梁桥震害统计——桥墩震害

◆ VII、VIII 桥墩 611 个, 均未出现破坏。IX~XI 度区共有桥墩 143 个, 固定墩 29 个, 非固定墩 114 个, 其中部分桥墩出现不同程度的破坏, 相对而言, 固定墩的震害情况较一般桥墩严重。



小湾沟中桥固定墩开裂, 一般墩完好

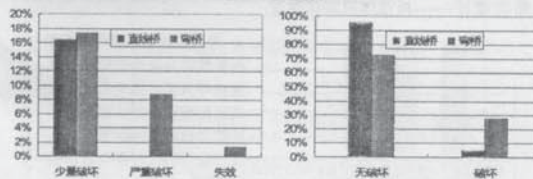


回澜立交固定墩开裂, 一般墩完好

2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

连续梁桥震害统计——弯连续梁桥震害



直线桥与弯桥主梁移位率对比

直线桥与弯桥支座震损率对比

直线连续梁桥主梁未出现严重移位与完全失效的情况, 弯连续梁桥主梁的严重破坏率为 8.6%, 且有 1 跨完全失效 (1.2%), 弯连续梁的支座破坏率也较直线桥要高。

◆ 弯连续梁桥的震害比直线连续梁桥严重

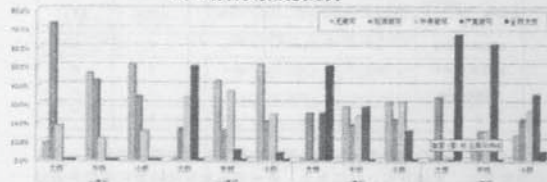
2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

拱桥震害统计

拱桥共 297 座 (圬工拱桥共 276 座, 钢筋混凝土拱桥 21 座), VII 度区拱桥未发生 C、D 级破坏; VIII~XI 度区发生 C 级破坏的 36 座, D 级破坏的 6 座。

圬工材料拱桥震损比例



2. 公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

拱桥统计——按材料统计

钢筋混凝土材料拱桥震损情况

破坏程度	A-D 无破坏	A 轻微破坏	B 中等破坏	C 严重破坏	D 完全失效	合计
桥梁规模	(座)	(座)	(座)	(座)	(座)	(座)
VII 度区	0	5	1	0	0	6
VIII 度区	1	2	3	0	0	6
IX 度区	0	1	3	2	1	7
X、XI 度区	0	0	2	0	0	2
合计	1	8	9	2	1	21

◆ 钢筋混凝土拱桥仅有井田坝大桥出现全桥垮塌, 钢筋混凝土拱桥抗震性能比圬工拱桥好。



2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

拱桥统计——圯工拱桥抗震特点

S105线北川至青川段所有跨度40m以上的圯工拱桥均出现D类震害,而映秀附近跨度60m珥沟拱桥却完好无损。



位于XI度区的珥沟拱桥完好



南坝大桥全桥垮塌

◆圯工拱桥在地震中的表现具有一定的极端性,要么基本完好,要么震害严重甚至失效,这是汶川地震中拱桥震害的显著特点

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

连续刚构震害特点



庙子坪大桥合拢段开裂空鼓,几近压溃



庙子坪大桥腹板出现大量斜向裂缝

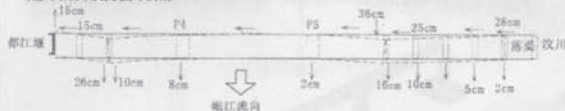
◆连续刚构桥桥墩、主梁均出现开裂现象,这是连续刚构桥不同于连续梁桥的特点。

主墩水下裂缝,宽0.3mm

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

连续刚构震害特点



庙子坪大桥主梁横弯示意



◆明显的主梁横弯和严重的过渡墩支座破坏是连续刚构桥的又一震害特点

庙子坪大桥过渡墩支座完全破坏

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

(1) 桥梁震害机理分析

分别分析了简支梁、连续梁、拱桥、连续刚构等四种桥型

简支体系桥梁震害机理分析

简支梁桥典型震害以主梁移位、支座错块破坏为主,桥墩的破坏率远低于主梁移位率。桥墩破坏的机理分析国内外学者分析较多,不再分析。

◆主要开展:简支梁桥易损性分析、简支梁桥典型破坏过程重现与简支梁桥挡块破坏模型试验研究

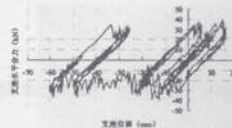
2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

分析结果:

◆板式橡胶支座的隔震作用:板式橡胶支座与梁底间产生滑动,导致较大的梁体位移,引起梁体落梁、挡块、伸缩缝、桥台等破坏。但梁底与支座间滑动,实际上起到了隔震作用,从而保护了墩柱,使墩柱的震损率远低于主梁移位率及支座破坏率。

◆挡块的作用降低了主梁的横向落梁风险,是灾区桥梁极少发生横向落梁的主要原因



落移后的支座位-位移滞回曲线



支座位移动试验

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

根据挡块在地震中的耗能作用,开展试验研究,力求挡块设计从经验构造转向理论设计



(a) 工况



(b) 2工况



(c) 80mm工况

试验中挡块破坏过程



2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

挡块试验结论

- ◆①按照能力保护设计思想,桥墩的能力应适当强于挡块的能力。E1 地震水平作用下,挡块不发生损坏;E2 地震作用下,挡块可以破坏,其破坏荷载为相应桥墩水平承载能力的 70%—80%;
- ◆②挡块应设计成封闭式箍筋,既能保证其提供可靠的极限承载力,还可避免脆性破坏,对抗震有利;
- ◆③应将挡块箍筋的设置范围延伸进盖梁,其延伸长度建议不小于挡块的厚度,避免纵筋受力屈曲后无箍筋约束,从而影响挡块的承载能力和延性地更好发挥;
- ◆④主梁与挡块间采用隔震橡胶垫,来减轻碰撞;
- ◆⑤挡块承载力计算可按下式计算: $R_k = \frac{E_k A_k}{H}$

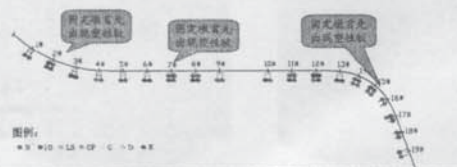
85

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

连续梁典型震害机理分析

连续梁典型震害:固定墩破坏较非固定墩严重;弯连续梁固定墩破坏较直线桥严重。



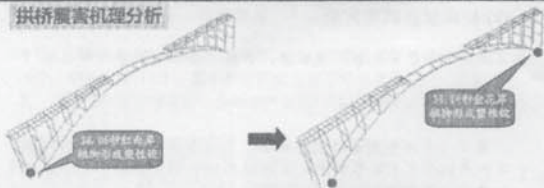
- ◆地震荷载作用下,各墩受力不均,固定墩承受了大部分水平力,首先出现塑性铰,是连续梁桥固定墩震损率较一般墩高的主要原因

86

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

拱桥震害机理分析



主拱圈在高轴压下塑性变形能力弱,不能形成有效的耗能机构,一旦遭遇强震主拱很有可能失效,而在地震作用较小时主拱圈则基本处于弹性阶段。

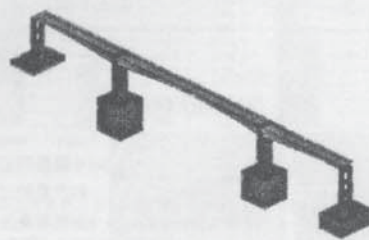
- ◆主拱的高轴压比是导致拱桥震害具有极端性的重要原因
- ◆拱脚位移是导致拱桥震害具有极端性的另一个重要原因

87

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁

连续刚构桥机理分析

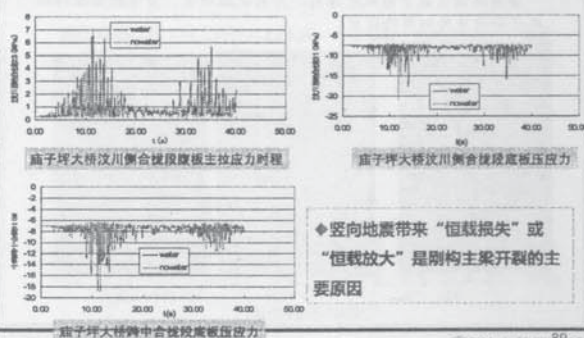


庙子坪大桥建立的墩水模型

88

2.公路主要震害类型及特点

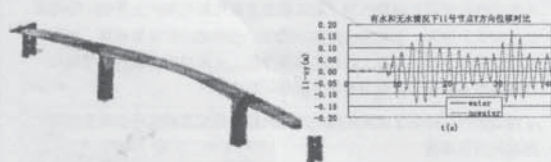
2.3 桥梁



89

2.公路主要震害类型及特点

2.3 桥梁



- ◆交界墩墩支座破坏后,导致边跨出现“摆尾”和“拍击”振动的根本原因

90



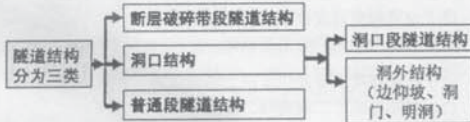
2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

2.4 隧道

(1) 隧道震害调查统计

- ◆共调查了56座隧道(川、甘、陕分别为40、7、9座)
- ◆每座隧道均绘制隧道震害展布图



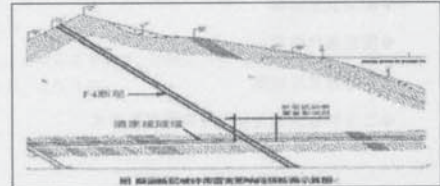
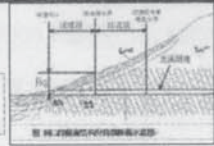
- ◆十四种隧道震害类型;
- ◆五种震害等级: S、B、1A、2A、3A

2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

为了便于隧道震害统计和分析

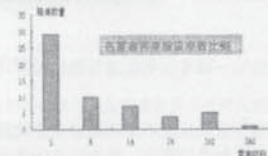
- ◆引入洞口段震害影响过渡段概念
- ◆引入断层破碎带震害影响段概念



2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

隧道震害统计—震害总体概况

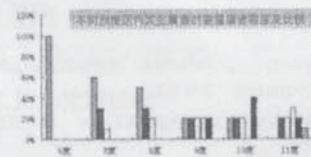


在调查的56座隧道中,地震后(7度设防,实际烈度达11度)可抢通通行(无3A震害)的55座,占所调查隧道总数的98.2%,说明隧道工程是一种抗震性能比较好的交通建筑形式,对于震后生命线的畅通有着重要的意义。

2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

隧道震害统计—震害总体特征



震害特征

- ◆6度地震烈度区隧道均未破坏;
- ◆10度及10度以下隧道均存在没有发生震害的段落;
- ◆11度以下隧道均没有发生3A2隧道垮塌的严重震害;
- ◆11度地震烈度区内的隧道均受到不同程度的破坏。

2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

断层破碎带隧道结构震害特征

◆穿越断层破碎带的隧道,其震害严重

震区内共有8座穿越断层(7条)破碎带隧道(友谊、白云顶、紫坪铺、龙洞子、龙溪和酒家垭隧道),震害严重。震害类型主要有:衬砌开裂、渗水、混凝土掉块、二衬垮塌、隧道垮塌等。



图 衬砌开裂

图 混凝土掉块

2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

根据调查的隧道破碎带的震害特点,作如下定义:

- 窄断层破碎带:破碎带宽度小于等于1m的断层
- 宽断层破碎带:破碎带宽度大于1m的断层

◆断层分为有错动和无错动两种类型。

- ◆根据汶川震区隧道穿越断层及破碎带实际状况,存在宽断层破碎带+无错动、窄断层破碎带+错动、宽断层破碎带+错动等三种情况。



2. 公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

断层破碎带段隧道结构震害统计结果

统计表明,震害比较严重的断层破碎带段隧道具有以下共同特征:

- ◆ 断层发生错动
- ◆ 围岩条件软弱
- ◆ 断层带宽度较宽
- ◆ 二次衬砌的强度和刚度与围岩差异大

公路交通科技 2012—1 期

2. 公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

洞口结构震害特征

- ◆ 位于地震烈度 VI 度的隧道洞口结构未出现震害;
- ◆ 位于地震烈度 VII 度和 VIII 度的隧道均有一座隧道洞门墙帽石被落石砸坏;
- ◆ 位于地震烈度 IX 度及 IX 度以上的隧道洞口段衬砌出现了二衬垮塌、混凝土掉块、剥落等较严重震害。



震害调查与工程地质 2012—1 期

公路交通科技 2012—1 期

2. 公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

洞口结构震害统计结果

统计表明:

- ◆ 1. 边仰坡在 VII 度及以下时无震害, IX 度及 IX 度以上时震害多由边仰坡上方山体崩塌、滑塌引起。
- ◆ 2. 明洞震害较少,仅耿达隧道被落石砸穿、桃关隧道明洞上方有落石堆积。
- ◆ 3. 洞门结构震害在 IX 度以下主要由次生地质灾害引起,在 IX 度及 IX 度以上主要是洞门墙开裂和由次生地质灾害引起的震害。
- ◆ 4. 硬岩隧道洞口段衬砌结构基本无破坏,软岩隧道洞口段衬砌结构有震害,有的较严重。

公路交通科技 2012—1 期

2. 公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

普通段隧道结构震害特征

- ◆ 位于地震烈度 VI~VIII 度区的隧道普通段隧道结构未出现震害;
- ◆ 位于地震烈度 IX 度及 IX 度以上的隧道普通段隧道结构出现了衬砌开裂、剥落等震害,有的隧道区段出现了二衬垮塌等严重震害。

公路交通科技 2012—1 期

2. 公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

普通段隧道结构震害统计结果

- ◆ 1. 无缺陷普通段隧道结构在地震烈度 IX 度及 IX 度以上的强震条件下,没有出现隧道垮塌和二次衬砌垮塌等严重震害。
- ◆ 2. 普通段隧道结构二次衬砌使用素混凝土时,在地震烈度 IX 度及 IX 度以上的强震条件下,出现了开裂等震害。
- ◆ 3. 普通段隧道结构在施工过程中出现过次生地质灾害或衬砌背后不密实等缺陷时,发生了如二次衬砌垮塌、隧道垮塌等较严重的震害。

公路交通科技 2012—1 期

2. 公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

(2) 隧道震害机理分析

断层破碎带段隧道结构震害机理分析



分析三种情况

- ◆ 普通段(无断层)隧道
- ◆ 窄破碎带断层、
- ◆ 宽破碎带断层

公路交通科技 2012—1 期



2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

计算分析结论:

- ◆ 1、宽破碎带+错动断层隧道震害最严重,不但引起二次衬砌垮塌,而且引起隧道垮塌;窄破碎带+错动断层隧道震害较严重,会引起二次衬砌垮塌;宽破碎带+无错动断层隧道震害较轻,不会引起二次衬砌垮塌。
- ◆ 2、错动断层隧道是抗震设防的重点,不但要进行横断面抗震设防,还要进行纵向抗震设防,而且纵向抗震设防是必须的;宽破碎带+无错动断层隧道可通过横断面抗震设防解决
- ◆ 3 断层破碎带错动是引起隧道破坏的关键因素,断层破碎带围岩软弱、断层破碎带宽度较大也是引起隧道破坏的主要因素

2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

洞口结构震害机理分析

计算分析结论:

- ◆ 洞外结构发生震害主要是次生灾害、覆盖层软弱-惯性力作用、设计不合理(结构形式、基础)、结构设置于不利位置引起的
- ◆ 洞口段衬砌震害机理:软硬交接面-强制位移、覆盖层软弱-惯性力、偏压作用。

2.公路主要震害类型及特点

2.4 隧道

普通段隧道结构震害机理分析

计算分析结论:

- ◆ 1 隧道衬砌刚度与围岩刚度差异是普通段隧道结构产生震害的主要原因。
- ◆ 2 隧道二次衬砌背后存在空洞或围岩出现松弛等缺陷情况,隧道易产生震害。

汇报内容

湖北省公路学会技术交流

- 1.前言
- 2.主要公路震害类型及特点
- 3.震后抢通技术
- 4.震后保通技术
- 5.灾后公路恢复重建技术
- 6.公路抗震减灾对策措施
- 7.结语

3.震后抢通技术

- ◆ 主要目标:让路能“通”,满足抢险救援人员和救灾车辆第一时间赶到灾区
- ◆ 特点:“急、快”;“抢后即保”
- ◆ 加固技术措施必须满足:
 - 以最简单的方式
 - 最快捷的方法
 - 最短的时间内完成

1/19

3.震后抢通技术

◆ 工作方法:

- 本阶段应充分利用遥感、航拍等先进技术,并派出有经验的工程技术人员开展现场调查,了解损坏情况,及时判断通行条件,依据本身经验,及时提出抢通方案和加固措施。
- 该阶段一般不动用检测仪器和设备,也没有大型装备,以目测和简单的丈量为主。

2/19



3 震后抢通技术

3.1 总体技术

3.1 总体技术

(1) 应急徒步调查, 科学探路, 摸清灾情, 制定应急抢通方案

应急踏勘小分队, 徒步深入灾区调查道路受灾情况, 制定应急抢通方案



3/19

中国公路学会公路交通科技分会

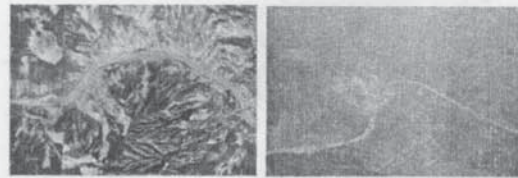
3 震后抢通技术

3.1 总体技术

3.1 总体技术

(2) 应用遥感、航拍技术, 掌握总体公路震害

利用高精度遥感、航拍技术, 掌握了灾区公路总体受损情况, 为科学制定抢通保通方案、评价公路网抗灾能力和指导恢复重建奠定了基础



4/19

中国公路学会公路交通科技分会

3 震后抢通技术

3.1 总体技术

3.1 总体技术

(3) 重点突破、多点开花; 先窄后宽, 先通后畅



成功解决了坍塌路段的抢通问题



老虎咀特大山体定向爆破

5/19

中国公路学会公路交通科技分会

3 震后抢通技术

3.1 总体技术

3.1 总体技术

(4) 管制限行

因为抢通后, 通行条件差, 桥梁等构造物受损严重, 承载力降低, 必须实施限速、限载、限宽的交通管制。

抢险初期在极重灾区的许多路段和受损桥梁均采用这种处理方式



6/19

中国公路学会公路交通科技分会

3 震后抢通技术

3.2 路基抢通技术

3.2 路基抢通技术

◆ 技术措施: “清、挖、填”等

◆ 清

- 清除路面上的落石、崩塌体
- 清除边坡上危石
- 清除道路障碍物 (如损坏的车辆或倒塌的建筑物)

◆ 挖

- 开挖便道, 或临时填筑形成临时路基

◆ 填

- 对坍塌的路基采用填土填石, 形成临时路基
- 对震裂的路基采用填土 (填砂) 封闭裂缝

7/19

中国公路学会公路交通科技分会

3 震后抢通技术

3.2 路基抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

(1) 便道绕避 —— 优先采用

- 应用条件: 桥梁完全垮塌, 或严重损毁, 短时间难修复或加固, 当有条件能在桥侧另辟便道时
- 其它要求: 满足后期的保通和灾后恢复重建阶段的通行



国道213线百花大桥第五联5×20m连续梁完全倾覆倒塌, 其余多个桥墩被压溃倾斜, 梁体严重移位, 该桥已完全丧失利用价值

8/19

中国公路学会公路交通科技分会



震后抢通技术

3.2 路基抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

只能在桥侧抢修便道, 供抢险救灾车辆和人员通行。

为保证桥下抢险通道的安全, 2008年5月28日爆破残留部分, 消除安全隐患



9/19

震后抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

(2) 设置槽渡

●应用条件: 跨越水库的桥梁被震毁, 或崩塌山体堵塞河道形成堰塞湖而淹没公路, 一般临时设置槽渡, 供抢险人员和车辆通行。



映秀至汶川公路的老虎嘴堰塞湖淹没公路, 在两岸选择合理位置, 临时开辟简易码头, 采用槽渡运送救援人员和车辆

10/19

震后抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

(3) 搭设便桥

●应用条件: 一般跨越河流或沟谷的桥梁被震毁, 而必须利用该桥梁来保证生命线的通行, 需在原桥附近修建便桥。

●结构选型: 最快捷、最可靠、最灵活的是采用公路战备钢桥, 可根据跨度和载重标准需求, 灵活搭配组合; 另外还有成套成熟的安装工艺及相应的配件, 但其跨越能力一般控制在60m以内。

●注意: 桥台及基础形式必须因地制宜、灵活处理, 初期一般不用大量混凝土, 必须考虑基础的防冲刷。

11/19

震后抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

映秀至汶川公路上的彻底关大桥地震时被巨石砸断, 后在该桥下游200米修建60米跨度的临时钢桥供抢通、保通和灾后重建使用。



彻底关大桥映秀岸被巨石砸垮3孔



抢通后的彻底关临时钢桥

12/19

震后抢通技术

3.3 桥梁抢通技术



13/19

震后抢通技术

3.3 桥梁抢通技术



该桥因跨度大、交通量大、使用时间较长而实行严格限载和交通管制, 设置专门的养护人员, 明确养护责任和养护要点, 安排技术人员定期检测, 确保了桥梁的安全。

经过一段时间运营及汛期过后, 桥梁下挠增大及上弦旁弯, 后又增设临时墩, 减小跨径

14/19



3 震后抢通技术 3.3 桥梁抢通技术



2009年7月25日凌晨,刚重建完的彻底关桥上两跨桥梁再次被巨石从500米高空崩落而砸垮,抢通时改为路基

15/19

3 震后抢通技术 3.3 桥梁抢通技术

3.3 桥梁抢通技术

(4) 桥上架桥

- 应用条件: 当上部梁体发生严重纵向移位,但未落梁,而桥墩基本完好,偏移小,有足够承载能力时,一般可用公路战备钢桥跨越严重移位的桥跨
- 应注意: 需在梁底附着桥墩设临时支撑,防止通行车辆振动,导致落梁发生。

16/19

3 震后抢通技术 3.3 桥梁抢通技术



寿江大桥汶川岸1-30mT梁纵向移位严重,面临落梁危险

17/19

3 震后抢通技术 3.3 桥梁抢通技术



临时处治后的寿江大桥

18/19

3 震后抢通技术 3.4 隧道抢通技术

3.4 隧道抢通技术

钢架支撑加固技术

- 应用条件: 严重受损的隧道(局部坍塌、严重开裂或掉块),存在较大的安全隐患地段,采用工字钢钢架加固或钢管支撑等紧急措施进行临时加固



工字钢钢架加固 钢管支撑

19/19

汇报内容 湖北省公路学会技术交流

1. 前言
2. 主要公路震害类型及特点
3. 震后抢通技术
4. 震后保通技术
5. 灾后公路恢复重建技术
6. 公路抗震减灾对策措施
7. 结语

20/19



4 震后保通技术

- ❖ 阶段目标：维持通行，提高能力，保障在抢险期间的通行安全
- ❖ 阶段特点：交通量大、重车比例高，满足灾后重建的大量物资运输，需逐步提高道路的通行能力和安全度
- ❖ “保中带抢”：灾区公路已初通，但通行能力极其有限，抗灾能力脆弱，余震不断，极易出现再次中断
- ❖ 技术方案：检测评估→提出处治方案→实施处治

首先处治损坏严重的构造物；处治方案尽可能一步到位，兼顾长期效果，因此也是后期灾后恢复重建阶段的前期工作。

1/8

4 震后保通技术

(1) 全面检测和评估

- ❖ 遵循原则：“快速检测、科学评估”
- ❖ 目的：通过检测，全面掌握结构物的受损情况，并根据检测结果针对性地进行加固工作
- ❖ 检测内容：四川省交通厅组织了全国交通系统11家检测单位，调查检测了四川灾区约4240公里的国省干道
- ❖ 检测手段：除了采用常用的检测方法和检测设备外，对于位于紫坪铺水库中的庙子坪大桥主墩还采用了水下摄像检测技术。

2/8

4 震后保通技术

(2) 堵缝防水

对路面严重开裂，路基易失稳路段，采用砂浆或小石子砼灌缝封闭裂缝，防止雨水下渗，诱发或加速路基滑移坍塌。



3/8

4 震后保通技术

(3) 铅丝石笼堆砌，形成临时路基

针对路基坍塌、滑移路段，在临时路基外侧，采用铅丝石笼或麻袋装土堆砌，加宽临时路基，适当提高通行能力



4/8

4 震后保通技术

(4) 人工预测预警技术 ——该技术在整個恢复重建仍使用

采用岗哨观察与埋设测点采用仪器测量相结合的方法，主要对高危山体进行观测，指挥通行车辆，确保通行安全



5/8

4 震后保通技术

(5) 清危排险与坡体加固

多部门联动排查山区公路沿线的地质灾害，首选清除严重危及公路安全的危石；再对破裂山体采用主动网覆盖；有零星飞石，设置被动网拦截



清除危石

6/8



4. 震后保通技术

主动网覆盖



被动网拦挡

7/8

4. 震后保通技术

(6) 钢管桩加固



在公路高填路基严重开裂变形极易滑坡、坍塌,及时利用地质钻机成孔,快速形成小直径钢管桩,保证了路基的稳定性

8/8

汇报内容

湖北省公路学会技术交流

1. 前言
2. 主要公路震害类型及特点
3. 震后抢通技术
4. 震后保通技术
5. 灾后公路恢复重建技术
6. 公路抗震减灾对策措施
7. 结语

5. 灾后恢复重建技术

- ❖ 阶段特点: 时间略宽裕, 具备良好的作业场地
- ❖ 阶段目标: 尽可能恢复道路至原有标准, 使其具有较强的抗灾能力
- ❖ 采取方法: 在详细检测、全面评估的基础上, 开展加固设计, 形成较完善的设计文件并加以实施

1/24

5. 灾后恢复重建技术

5.1 生命线路网的规划

5.1 生命线路网的规划

完善的路网是抢险救灾的根本保证

- ❖ 《汶川地震灾后公路恢复重建规划》布局: 划定灾区生命线路网“一环、三纵、四横、十联”, 总规模4911公里
- ❖ 生命线路网标准: 建设条件相对较好、抗灾能力强、能够保障对外交通, 并具有较强的应急交通保障能力



2/24

5. 灾后恢复重建技术

5.2 路线

5.2 路线

- ❖ 选线原则:
 - 安全选线
 - 地质选线
 - 避大治小
- ❖ 总体设计原则: “先绕避、后整治、少挖填、增桥隧、重防护、强支挡”
- ❖ 技术措施: “避、让、治、留”

3/24



5 灾后恢复重建技术

5.2 路线

隧道绕避地质灾害



“避”：对于重大地质灾害采用隧道、设桥换岸等方式进行绕避，彻底避开地质灾害对路线的影响

“让”：对外侧有空间，且次生灾害影响程度稍小，则选择合理的路线指标，尽量外移路线，提高路基标高，内侧预留足够的安全距离和空间

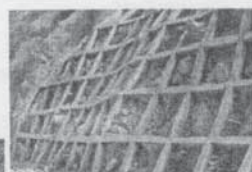
4/24

中国公路勘察设计协会

5 灾后恢复重建技术

5.2 路线

“治”：对于规模不大的地质灾害无法避让时，则进行工程治理，比如陡斜坡路基段设置棚洞、坡面主动网和被动网防护、挂网喷砼等措施



“留”：对地震产生的堰塞湖、路侧巨石等，作为地震遗迹予以保留，供凭吊和缅怀

5/24

中国公路勘察设计协会

5 灾后恢复重建技术

5.3 次生地质灾害处治技术

5.3 次生地质灾害处治技术：针对崩塌、滑坡、泥石流

❖ 平整、夯实

当路线穿越厚层崩塌堆积体时，采用平整、夯实路基

❖ 除危、固坡、拦挡

当路基上边坡存在落石风险时，首先应采用清除危石、再设置主动网覆盖、被动网拦截飞石的措施

6/24

中国公路勘察设计协会

5 灾后恢复重建技术

5.3 次生地质灾害处治技术

❖ 棚洞

对于边坡高陡，坡面上存在大量崩塌体、危岩；或有高位泥石流的安全隐患，而主动防护措施费用高、施工难度大的路段，一般可采用设置棚洞，防崩塌落石或为泥石流提供通道



7/24

中国公路勘察设计协会

5 灾后恢复重建技术

5.3 次生地质灾害处治技术

❖ 明洞

当隧道口位于陡坡，且坡面上存在崩塌落石，采取其它措施消除安全隐患难度较大或费用较高时，一般接长明洞



8/24

中国公路勘察设计协会

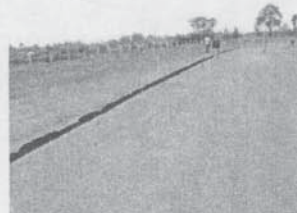
5 灾后恢复重建技术

5.4 路基加固技术

5.4 路基加固技术

❖ 开裂路基灌砂灌浆技术

对于都映高速等路面开裂，采用了灌砂法充填路基方法，避免了翻挖重填的繁琐工艺，既保证了质量，又节约了工期



9/24

中国公路勘察设计协会

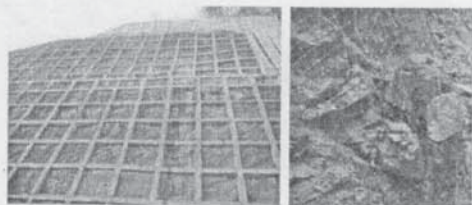


5 灾后恢复重建技术

5.4 路基加固技术

❖ 边坡锚固加固技术

震后路堑边坡出现大量坍塌、崩塌破坏,可采用锚杆(索)框架梁、主动网、被动网进行有效防护



10/24

中国公路学会公路养护与工程分会

5 灾后恢复重建技术

5.4 路基加固技术

❖ 挡墙加固技术

对于毁坏的挡墙采用拆除重建;局部破损的挡墙采用修补;对于地震中大量挡墙并未发生倾覆破坏,而只是墙顶发生了位移开裂变形,在挡墙上增加了水平向约束(锚索、锚杆、筋带等),保证了挡墙的稳定



11/24

中国公路学会公路养护与工程分会

5 灾后恢复重建技术

5.4 路基加固技术

❖ 陡斜坡路堤加固技术

对于陡斜坡路堤出现局部坍塌破坏的,采用桩板墙等防护措施



12/24

中国公路学会公路养护与工程分会

5 灾后恢复重建技术

5.5 桥梁加固技术

5.5 桥梁加固技术

❖ 同步顶升、整联复位

- 适用条件: 简支结构、桥面连续;或连续梁结构;上部结构发生了纵向移位
- 恢复方法: 每片梁各自由两个千斤顶支撑,整联布设数十个千斤顶,采用同步控制技术,将整联均匀顶升,换上临时支座。再利用设在盖梁侧面或顶面的纵向反力架和千斤顶提供梁体复位力



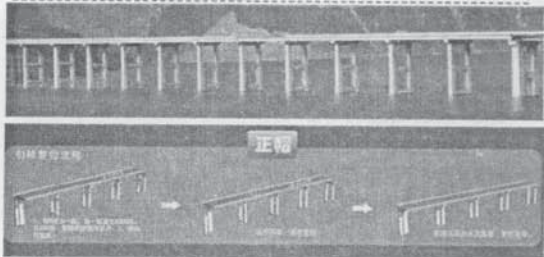
13/24

中国公路学会公路养护与工程分会

5 灾后恢复重建技术

5.5 桥梁加固技术

都江堰至映秀高速公路的庙坪岷江大桥引桥:一联4跨,200米长,共40片T梁,重达8000吨,采用了80个扁千斤顶同步顶升,更换临时支座,纵向顶梁,整联逐步复位后,再更换永久支座



14/24

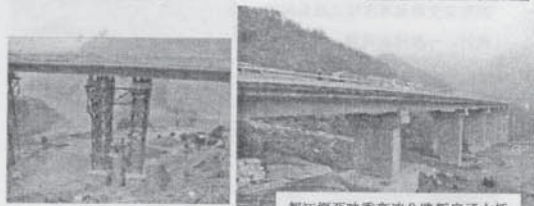
中国公路学会公路养护与工程分会

5 灾后恢复重建技术

5.5 桥梁加固技术

❖ 桥墩置换

- 适用条件: 震后上部梁体损伤较小,完全可以利用;而下部桥墩和基础受损较严重,无法复原或加固困难



都江堰至映秀高速公路新房子大桥

15/24

中国公路学会公路养护与工程分会



5 灾后恢复重建技术

5.5 桥梁加固技术

◆ 钢套加固桥墩

- 适用条件: 桥墩严重开裂、压溃或剪坏, 而基础基本无损伤
- 加固方法: 圆形墩可采用外包钢管, 再内灌混凝土予以加固; 大尺寸、深水方形墩可采用下沉钢套筒, 内灌混凝土予以加固



震后墩身发生剪切破坏



外套钢管加固

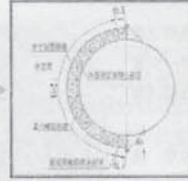
16/24

中国公路桥梁加固技术

5 灾后恢复重建技术

5.5 桥梁加固技术

提高桥墩的抗撞击能力



墩身外包缓冲垫层, 提高桥墩抗撞击能力; 用于山坡滚石可能冲击桥墩的路段

17/24

中国公路桥梁加固技术

5 灾后恢复重建技术

5.5 桥梁加固技术

◆ 庙子坪岷江大桥深水主墩开裂, 采用钢套筒加固



18/24

中国公路桥梁加固技术

5 灾后恢复重建技术

5.5 桥梁加固技术

◆ 减隔震技术

- 矮墩桥梁应采用隔震技术, 减弱地震对桥梁的作用, 保护桥梁主体结构, 在恢复重建中部分桥梁采用了铅芯隔震支座
- 高墩长桥应重视防落梁和限位技术, 如设置阻尼器, 增设防落梁措施等



铅芯支座



阻尼器



防落梁装置

19/24

中国公路桥梁加固技术

5 灾后恢复重建技术

5.5 桥梁加固技术

◆ 增加桥墩塑性铰区域的延性

- 为防止桥墩在地震作用下发生压溃、剪切等脆性破坏, 在墩身外侧和塑性铰区域, 增加钢套或外缠纤维, 能有效改善桥墩的延性



桥墩底部包裹钢管, 上部包裹碳纤维

20/24

中国公路桥梁加固技术

5 灾后恢复重建技术

5.6 隧道加固技术

5.6 隧道加固技术

◆ 抽水换气

- 都江堰至映秀高速公路上的龙溪隧道由于塌方处于堵塞状态, 采取横向迂回通风的方式将聚集瓦斯成功排放, 成功解决了在强余震不断情况下, 穿越活动断裂带进行高瓦斯隧道施工的难题



21/24

中国公路桥梁加固技术



5 灾后恢复重建技术

5.6 隧道加固技术

5.6 隧道加固技术

◆ 注浆治坍

- 隧道内的坍方, 首先采用注浆固结, 防治坍方体的进一步发展(由于施工期间余震随时发生)
- 同时起到封堵瓦斯的作用, 使坍方处治施工更安全, 在进行注浆加固后采用“管超前、强支护”的手段重新开挖隧道



22/24

湖北省公路学会技术交流

5 灾后恢复重建技术

5.6 隧道加固技术

5.6 隧道加固技术

◆ 强套补裂

- 对隧道开裂、掉块、剥落地段在未受限变形的情况下采用钢筋混凝土二次衬砌套衬补强
- 对于受限变形地段在确保不侵占行车限界的前提下采用工字钢钢架支撑+喷射钢纤维混凝土套衬补强的处理措施



23/24

湖北省公路学会技术交流

5 灾后恢复重建技术

5.6 隧道加固技术

5.6 隧道加固技术

◆ 扩挖改建

- 对于坍塌地段采用注浆固结后重新开挖施作初期支护及二次衬砌
- 对于支护严重变形侵限段落采用拆除原有支护重新施作
- 对于仰拱隆起地段均采用拆除仰拱重新施工的措施



24/24

湖北省公路学会技术交流

汇报内容

湖北省公路学会技术交流

1. 前言
2. 主要公路震害类型及特点
3. 震后抢通技术
4. 震后保通技术
5. 灾后公路恢复重建技术
6. 公路抗震减灾对策措施
7. 结语

湖北省公路学会技术交流

6 公路抗震减灾对策措施

(1) 高烈度地震山区公路选线原则

- ◆1) 活动断层对桥梁、隧道危害极大, 损毁后短期修复困难, 选线时应尽可能避开, 难以绕避时, 建议采用修复性强的路基以大角度通过。
- ◆2) 深切河谷高陡斜坡、地貌突出部位、风化及卸荷作用强烈斜坡, 强震作用下易发生大型崩塌灾害, 对公路具有毁灭性威胁, 损毁后短期修复困难, 且容易形成堰塞湖淹没损毁公路, 选线时, 应尽可能避开该地质体。
- ◆3) 地形横坡大于40度的硬质岩区强震时易发生崩塌落石灾害, 公路应尽可能以隧道通过、或选择“安全岛”位置布设桥位, 或采用明洞、棚洞等形式通过危险区域防治崩塌灾害。

湖北省公路学会技术交流

6 公路抗震减灾对策措施

(2) 路基抗震设防对策

- ◆① 增加水平约束, 提高重力式挡墙抗震性能。
- ◆② 优先采用抗滑桩、加筋土挡墙等柔性支挡结构。

湖北省公路学会技术交流



6. 公路抗震减灾对策措施

(3) 桥梁抗震设防对策

从桥址选择、合理结构体系、地震作用、建模与分析方法、构造措施等方面,提出了高烈度山区桥梁抗震设防对策:

- ◆①桥梁基础应避免、跨越较厚的陡坡覆盖土层。
- ◆②简支梁桥应坚持墩梁弱连接的设计原则,将支座、主梁搁置长度、主梁限位装置作为一个统一的防落梁系统来考虑;横向挡块应计算确定;高桥墩简支梁桥的墩梁间应增设连接装置。
- ◆③简支梁桥墩线刚度比较大时,应采用减隔震技术。
- ◆④大跨连续刚构桥应验算主梁在竖向地震作用下“恒载损失”及“恒载放大”的效应;交界墩横向挡块应设置缓冲装置。
- ◆⑤拱桥应控制主拱圈的轴压比,确保主拱圈的延性。

湖北省公路学会学术交流

6. 公路抗震减灾对策措施

(4) 隧道抗震设防对策

- ◆软岩隧道洞口段采用注浆加固围岩、钢筋混凝土衬砌等措施;洞口段软岩岩体设置抗震缝,并采用钢筋混凝土结构;硬岩隧道洞口段按现行规范设防。
- ◆普通段隧道结构一般不需要进行抗震设防,施工中应避免二衬背后出现空洞缺陷。

湖北省公路学会学术交流

汇报内容

湖北省公路学会技术交流

1. 前言
2. 主要公路震害类型及特点
3. 震后抢通技术
4. 震后保通技术
5. 灾后公路恢复重建技术
6. 公路抗震减灾对策措施
7. 结语

湖北省公路学会学术交流

7. 结语

发生在山区的这种强烈地震,卫星遥感和航拍技术对探明灾害情况是非常有效的,也是必要的,是其它技术难于替代的。但对交通系统而言,如何建立一种有效快捷的获取机制是非常重要的。

遇到和克服了许多技术难题:

- 如何构筑生命线路网;
- 如何保证生命线通道的抗灾能力;
- 如何开展高烈度山区复杂地质条件下的公路选线;
- 如何制定公路恢复后的验收评定标准;
- 如何识别桩基的损伤技术

1/4

湖北省公路学会学术交流

7. 结语

震后,交通运输部根据当前抗震减灾中存在的问题,及时启动了公路抗震技术的系列研究工作。目前已开展了11个项目的研究,包含:

- 三大类关键技术:
灾害判别、灾害评估关键技术、灾害防治等;
- 解决三个阶段:
震后应急、重建和公路运营,

并整合研究团队形成了“汶川地震灾后重建公路抗震减灾关键技术研究”重大专项

2/4

湖北省公路学会学术交流

7. 结语

目的:以汶川地震震害为依托,全面收集震害资料,以史料的方式全面系统保留震害资料、分析抗震薄弱环节、针对性提出解决措施,力争解决高烈度地震山区公路建设中存在的一系列关键技术,全面提高抗震减灾方面的科技含量,科学指导恢复重建,并为类似高烈度地震山区的公路建设提供技术支撑。

公路抗震技术是一门非常复杂的技术,还受经济因素等制约,许多难题需要逐步深入、不断地研究。

3/4

湖北省公路学会学术交流



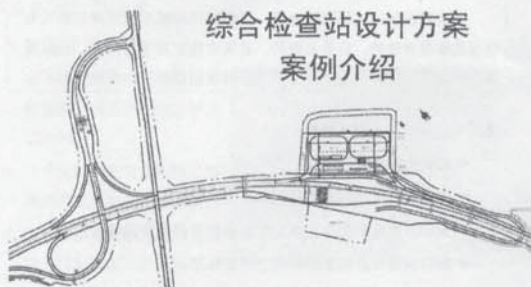
公路安全设计与防护

交通运输部公路科学研究院
公路交通安全工程研究中心

周恭贵 研究员
2011年4月



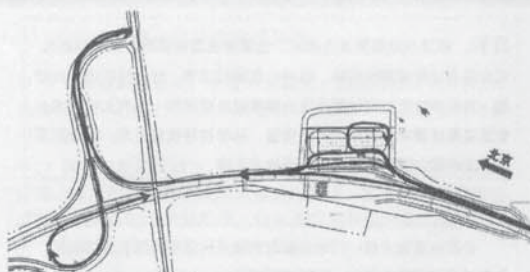
综合检查站设计方案 案例介绍



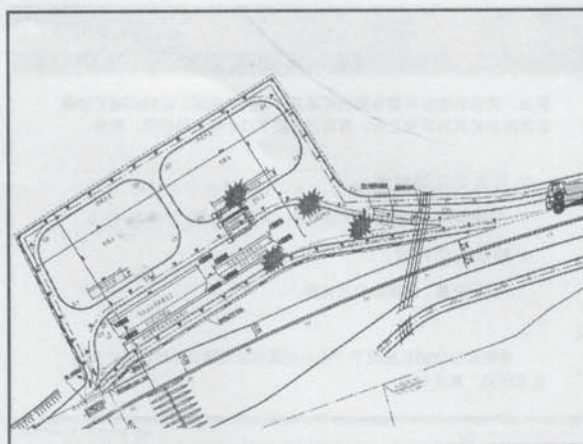
项目位置



站内交通组织



→ 进京车辆 → 超载车辆
→ 检查车辆 → 劝返车辆





一、背景介绍

缺少安全性评价的设计方案,有可能使得公路运营后产生不利安全行车的潜在道路缺陷,有些发展成为“事故黑点”。

因此,在设计阶段就针对方案展开专项的安全评价,可以避免后期投入以交通事故和人员伤亡为代价的事故黑点整治费用。

国内工作

●2004年,交通部颁布了我国第一部全国范围内,施行的公路安全评价的规范性文件《公路项目安全性评价指南》。



一、背景介绍

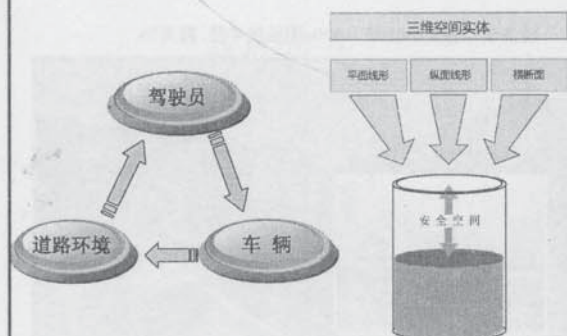
为什么进行安全性评价?



一、背景介绍



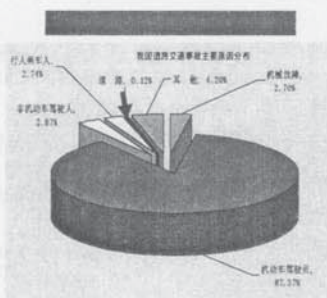
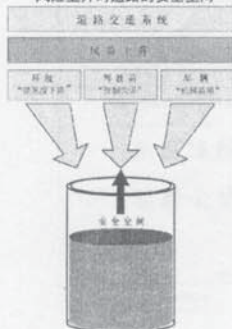
一、背景介绍





一、背景介绍

风险上升时道路的安全空间



一、背景介绍

是否可以得出结论,认为道路条件在交通事故中的作用是微不足道的?

一、背景介绍

黑点路段:缺少针对性的标志设计

山区高速公路 设计速度 60km/h

线形指标: 900m直线上接 125m的平曲线

3年事故统计: 占平曲线上事故数的21%;

事故形态: 撞击外侧的桥梁护栏

速度观测: 弯道前的实际行驶速96km/h

事故责任: 驾驶员负全责

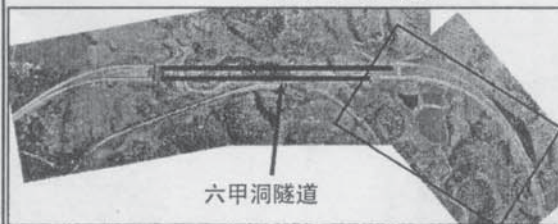


一、背景介绍

黑点路段: 缺少针对性的设计车型

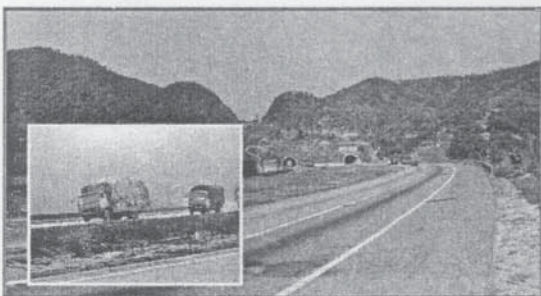
山区一级公路 设计速度 60km/h

隧道出口 货车倾覆



一、背景介绍

隧道出口接3.5%上坡, 400m圆曲线半径, 超高5%.



一、背景介绍

黑点路段:
缺少针对性的设计车型





黑龙江省同三公路方正段3.19
特大道路交通事故

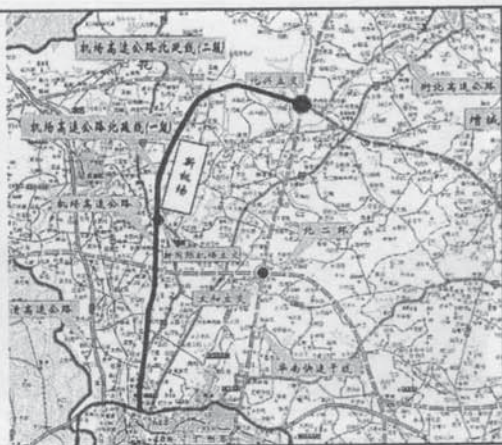
河北省滦县11.5 特大道路交通事故

枢纽立交

项目地理位置



项目地理位置图



立交概况

机场北枢纽立交平面



安全现状

自2007年2月1日开通以来,该枢纽立交附近(尤其是B匝道区域内)共发生28起交通事故,死亡7人。除3起重特大事故外,其它多为刮蹭、追尾等轻微事故,伤亡事故比例占11.1%,交通安全形势较为严峻。

恶性事故

- 2007年2月26日,正值春节后车辆春运高峰,交通量较大,一辆机件不合格的大巴车在互通区车轴突然断裂,失控后冲至B匝道中间位置,与前方排队等待交费的一辆小客车相撞,两辆车均受损,三人死亡。



恶性事故

2007年3月1日下午13点30分,一辆小客车由于没有正确判别行走路线,在B匝道分流点处停留问路,后面一辆大货车由于躲闪不及与其追尾相撞,造成1人死亡的重大事故。



恶性事故

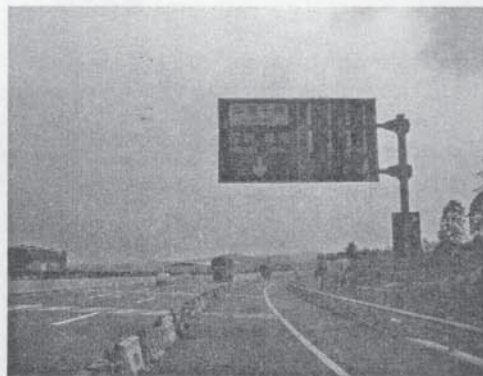
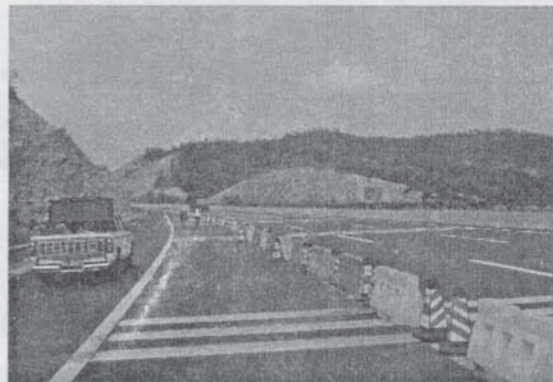
3月1日下午17点左右,三位交警在B匝道出口处停车视察,看到主线一辆面包车行车不稳、雨刷器失效后,示意其靠边停车,面包车驾驶员由于酒后驾车紧张,操作不当,将三名交警撞出路外,致使三位交警死亡,造成惨重事故。



没有容错设计考虑

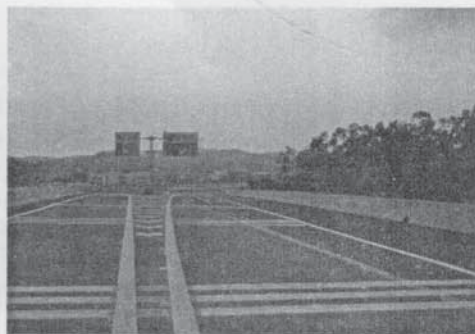


判断视距不足



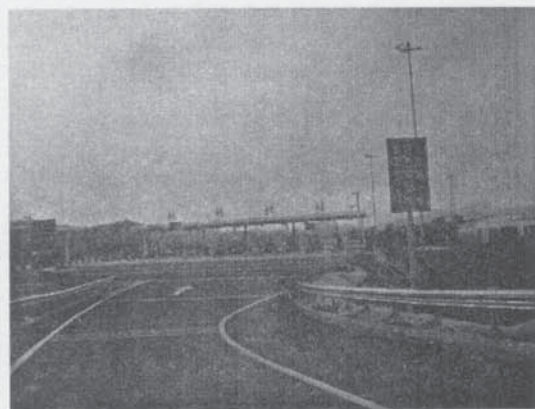
标志指示不清

双车道匝道





收费站判断视距不足



一、背景介绍

某立交桥:主线设计速度80km/h,
事故黑点:缺少容错设计 匝道设计速度30-40km/h,匝道半径40m
长下坡连续两个直角弯
市民质疑这段道路设计缺陷



一、背景介绍

复杂或不良的道路条件形成原因?

- ◆设计人员对标准规范的理解与运用问题
- ◆标准的制订考虑环保要求和经济性的平衡,安全方面的考虑会被削
- ◆标准、规范7-10年修订周期,滞后工程需求,不是现阶段最先进的.

※连续下坡路段纵断面设计方法造成道路设施缺少容错性
※连续长大下坡成为事故多发路段

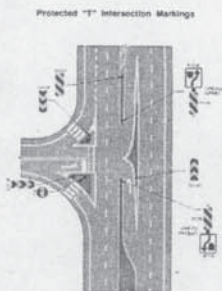
丁字路口



丁字路口国标的图例

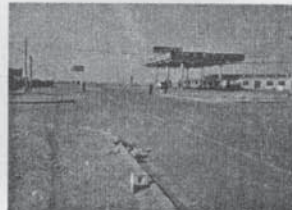


线 48 复杂行驶条件丁字路口导流线



交叉口重大事故例—宁夏

- 2008年1月19日,宁夏教育厅一辆满载八人面包车由南向北行至宁夏同心至中宁段的省道“平银公路”和县道“盐兴公路”交叉口时,与一辆在盐兴公路上行驶的卡车相撞,
- 造成面包车上5人死亡,3人受伤的特大交通事故。
- 原因:二辆车同时穿越交叉口时抢行。



一、背景介绍

复杂或不良的道路条件形成原因?

- ◆设计人员对标准规范的理解与运用问题
- ◆标准的制订考虑环保要求和经济性的平衡安全方面的考虑会被削
- ◆标准、规范7-10年修订周期,滞后工程需求

符合标准规范的设计,不是没有安全问题

一、背景介绍

安全设计与评价的目的

➢扩大道路的“安全空间”

注重道路几何特征的一致性和协调性

➢提高道路的“宽容度”

即使驾驶员有错误产生,也不能以牺牲生命为代价。

➢体现“预防优于治理”的安全管理理念

— 减少运营后黑点整治的昂贵费用

一、背景介绍

➢道路安全设计与评价效益

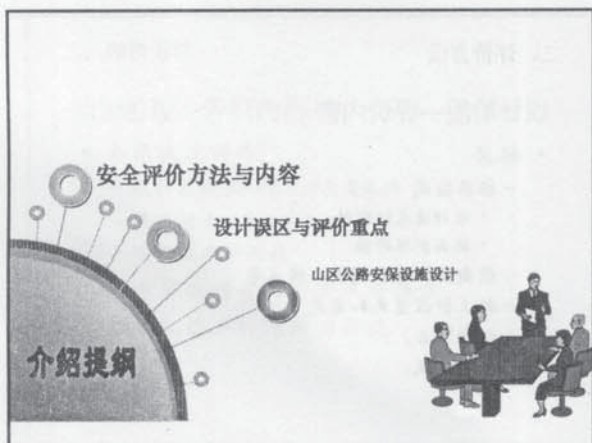
— 减少事故的数量与严重程度

德国审计前后效果对比表

公路等级	设计方法	事故率 (起/百万车公里)
干线公路	原设计	3.2
	审计后	1.1
其它公路	原设计	3.7
	审计后	2.9

一、背景介绍

道路安全评价作为一种事前措施,使道路和交通部门有可能在道路开通之前即消除一部分对交通安全不利的因素,落实交通运输部“以人为本、安全至上”的设计理念。



几何设计指标打分评价表				
指标类别	指标编号	评价标准		
		安全(0-15分)	一般安全(0-10分)	不安全(0-5分)
几何安全	A1	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有严重影响安全的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的障碍物；③不能提供满足出口视距的要求
	A2	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①基本满足驾驶员视线要求，加减速等操作的要求；③一般在10-15m	①不能提供驾驶员视线要求，加减速的操作，对驾驶员造成危害；③一般在10m以下
	A3	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①基本满足驾驶员视线要求，加减速等操作的要求；③一般在10-15m	①不能提供驾驶员视线要求，驾驶员在出口处有心理压力较大；③一般在10m以下
	A4	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；③一般在10-15m	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的不安全因素；③一般在10m以下
	A5	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；③一般在10-15m	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的不安全因素；③一般在10m以下
	A6	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；③一般在10-15m	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的不安全因素；③一般在10m以下
	A7	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；③一般在10-15m	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的不安全因素；③一般在10m以下
	A8	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；③一般在10-15m	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的不安全因素；③一般在10m以下
	A9	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；③一般在10-15m	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的不安全因素；③一般在10m以下
	A10	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；③一般在10-15m	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的不安全因素；③一般在10m以下
	A11	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；②满足出口视距的要求	①驾驶员视线范围内没有明显的障碍物；③一般在10-15m	①驾驶员视线范围内有严重影响安全的不安全因素；③一般在10m以下

二、评价方法

安全设计的评价指标

- 西部项目：建立了以运行速度为中心的评价方法与指标体系
- 设计质量采用以运行速度差为核心的评价标准：
 - $\Delta V_{85} \leq 10\text{km/h}$ 好
 - $10\text{km/h} < \Delta V_{85} < 20\text{km/h}$ 较好
 - $\Delta V_{85} \geq 20\text{km/h}$ 欠佳

二、评价方法

评价阶段

- 可行性研究阶段
- 设计阶段
- 运行阶段

二、评价方法

可行性研究阶段

- 技术标准规模适应性
 - 公路功能、等级的选用
 - 设计速度
 - 路基宽度、高度
- 不同技术方案的安全水平
- 起讫点及出入口：综合路网
- 施工期间的交通组织

二、评价方法

设计阶段评价

路线

- 评价范围
 - 设计速度与运行速度之差大于20km/h的正常路基段
- 平面及超高
- 视距
- 纵断面
- 横断面
- 平纵组合

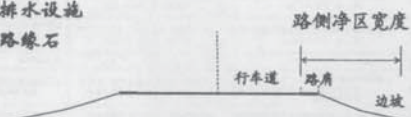




二、评价方法

设计阶段—评价内容

- 路基路面
 - 路侧安全净空区
 - 路面
 - 排水设施
 - 路缘石



二、评价方法

设计阶段—评价内容

- 桥梁
 - 桥梁接线
 - 运行速度协调性
 - 桥头护栏衔接
 - 横断面, 桥面铺装, 排水等
 - 桥上护栏型式和高度
 - 桥墩(台):
 - 桥面侧风:

二、评价方法

设计阶段—评价内容

- 隧道
 - 隧道接线
 - 运行速度协调性
 - 隧道与路基段护栏衔接
 - 横断面
 - 视距: 小半径隧道
 - 路面: 隧道口路面结构的抗滑能力
 - 排水沟:
 - 通风、照明、救援等设施

二、评价方法

设计阶段—评价内容

- 平面交叉
 - 位置, 间距, 型式
 - 交通分析
 - 路权划分
 - 视距
 - 交通岛等其他设施检查

二、评价方法

设计阶段—评价内容

- 互通式立交
 - 位置, 间距, 型式
 - 主线运行速度协调性
 - 匝道运行速度协调性
 - 匝道设计参数进行检查
 - 视距



二、评价方法

设计阶段—评价内容

- 交通工程及沿线设施
 - 标志
 - 设置位置与路侧净空区的关系
 - 标志尺寸及字高与运行速度的协调性
 - 标线及视线诱导设施检查
 - 护栏:
 - 中央分隔带设施:
 - 收费站位置:
 - 服务区 and 停车区:



二、评价方法

运营阶段—评价内容

- 公路状况评价
 - 设计符合性—重点对变更设计
 - 现场调查—按清单内容逐项进行
 - 运行速度协调性
- 交通事故调查与安全水平描述
- 事故机理分析与解决措施



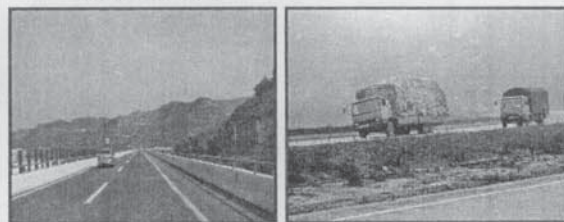
三、评价重点与案例介绍

评价重点—常见的设计误区

- ❖ 使用极限或接近极限的几何指标
- ❖ 平纵组合不当,几何指标突变
- ❖ 互通立交的问题
- ❖ 平面交叉口设计不合理
- ❖ 路侧缺少宽容设计
- ❖ 抗滑能力不足与凹曲线底部积水问题
- ❖ 桥隧与路基的衔接段
- ❖ 安全设施缺少针对性

三、评价重点与案例介绍

评价重点



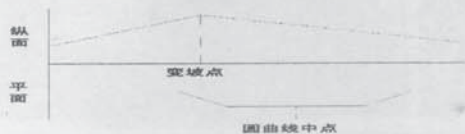
- 使用极限或接近极限的几何指标

评价重点

■ 平纵组合不当



平纵面线形示意图



三、评价重点与案例介绍

评价重点

- ❖ 几何指标突变





三、评价重点与案例介绍

评价重点



房屋及绿化影响视距,凹曲线底部排水不畅

三、评价重点与案例介绍

评价重点



视距受限、交叉口标识不清

三、评价重点与案例介绍

评价重点



■使用极限指标-视距受限

三、评价重点与案例介绍

评价重点



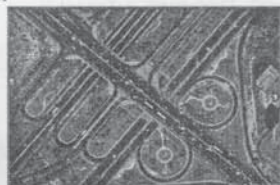
• 路侧设计问题

三、评价重点与案例介绍

评价重点

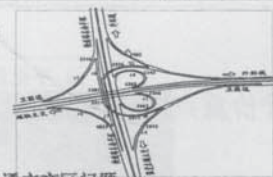
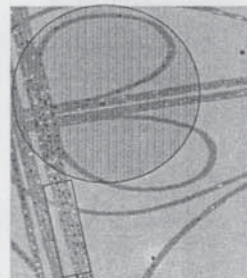


• 互通立交区问题

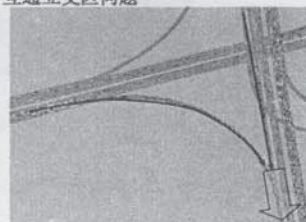


三、评价重点与案例介绍

评价重点



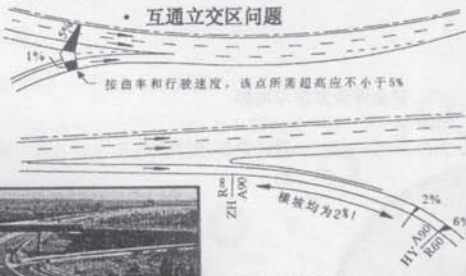
• 互通立交区问题





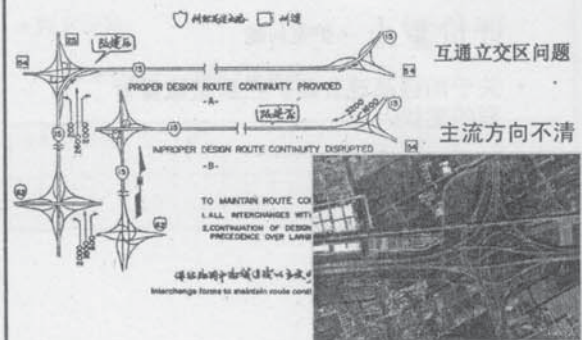
评价重点

• 互通立交区问题



匝道问题

评价重点



互通立交区问题

主流方向不清

三、评价重点与案例介绍

• 互通立交区问题



匝道出入口顺序不对

三、评价重点与案例介绍

评价重点—交通工程与沿线设施

- 护栏与标志标线的有效性
- 收费站
- 服务区
- 绿化对视距的影响

三、评价重点与案例介绍

评价重点—交通工

- 桥隧与路基的衔接段
- 存在强度不足的问题
- 标志设计问题



三、评价重点与案例介绍

评价重点—护栏问

- 桥隧与路基的衔接段
- 存在强度不足的问题

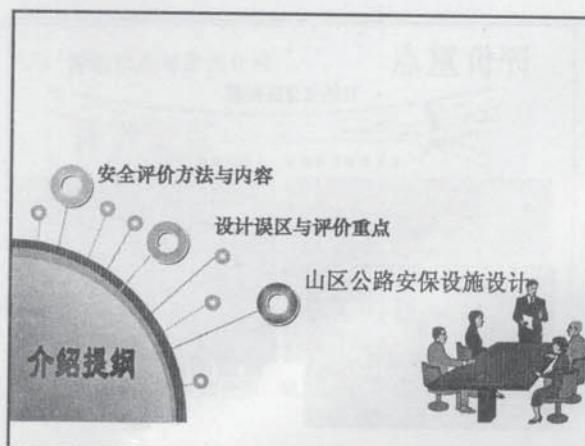




三、评价重点与案例介绍

评价重点——护栏问题

- 关于加强高速公路护栏质量监督管理的建议

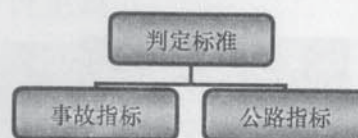


山区公路安保设施设计



安保工程实施路段判定标准

■ 判定原则



判定农村公路安全防护设施设置路段时,应坚持“经济、有效、因地制宜”的原则,将公路技术指标与交通事故情况紧密结合,通过分析影响行车安全的主要因素,确定农村公路安保工程实施路段。

■ 判定标准

➢ 事故指标

2km范围内3年发生过1起死亡3人以上的事故;
500m范围内3年发生过3起以上死亡事故的路段。



山区公路安保设施设计

■ 判定标准

➢ 公路指标

设计速度或运行速度对应的道路极限指标进行判定。主要包括急弯、连续急弯、连续下坡等容易引发事故的隐患路段的判定。

➢ 公路指标——单个急弯路段

平曲线半径R小于下列数值的路段:

单个急弯:
设计速度40km/h $R < 60m$;
设计速度30km/h $R < 30m$;
设计速度20km/h $R < 15m$;



山区公路安保设施设计

■ 判定标准

➤ 公路指标——连续急弯路段

连续有三个或三个以上小于下列半径(R)的平曲线,且各圆曲线之间的距离(L)小于下列长度的路段。

设计速度40mm/h $L < 80$ m;
设计速度30mm/h $L < 60$ m;
设计速度20mm/h $L < 40$ m;

山区公路安保设施设计

■ 判定标准

➤ 公路指标——连续下坡路段

平均纵坡值 (%)	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5.0	5.5	6
连续坡长 (km)	20	12	7.5	5.5	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5

山区公路安保设施设计

■ 判定标准

➤ 公路指标——视距不良路段

会车视距(L)小于下列长度的路段

设计速度40mm/h $L < 80$ m;

设计速度30mm/h $L < 60$ m;

设计速度20mm/h $L < 40$ m;

如山区公路运行速度高于设计速度的情况,需根据运行速度的情况调整指标值。

农村公路安保工程实施路段判定标准

■ 判定标准

➤ 公路指标——路侧险要路段

- 陡崖、沟深、填方边坡高度或路肩挡墙高度 $h \geq 4$ m的路段;
- 到路肩边缘不足3 m有湖泊、沟渠、高速公路、铁路等路侧险要的路段。

➤ 公路指标——其它路段

行人、自行车或环境等对行车造成安全隐患的路段。如:平面交叉口、过村庄路段、过城乡接合部路段、公路条件变化路段如路基宽度减窄等。

山区公路安保设施设计

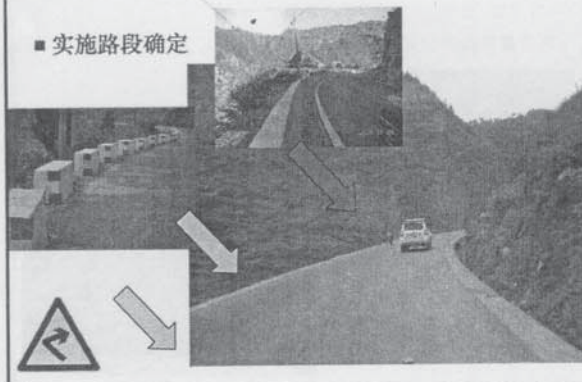
■ 实施路段确定

事故指标 → 重点处置路段

公路指标 → 备选处置路段,根据事故、资金等确定处置措施

- 事故指标筛选出的危险路段是公路安保设施设计重点处置的路段。
- 运用公路指标筛选出的隐患路段需结合事故状况、车辆组成、资金状况确定具体处置措施。

■ 实施路段确定





设计方案

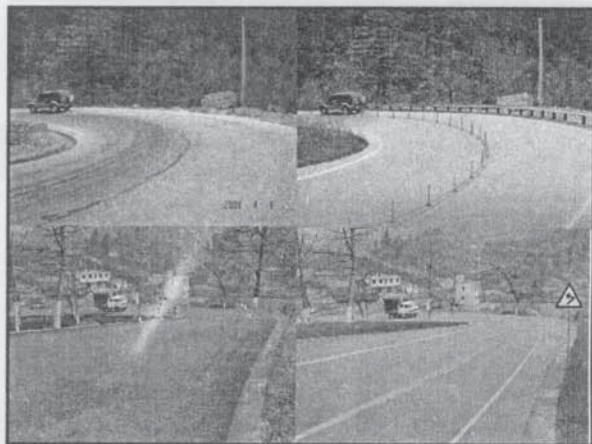
- (一)一般规定
 - 方案选择
 - 交通标志设计
 - 交通标线
 - 护栏
 - 减速设施
 - 视线诱导设施
 - 其它交通工程设施

设计方案

- (二)不同路段综合处置措施
- 单个急弯
 - (1) 设置向左(右)弯路或事故多发路段等警告标志。
 - (2) 设置限速标志,或在一定距离设置块石路面,或设置其他强制减速设施。
 - (3) 设置禁止超车标志,并根据需要设置解除禁止超车标志。

设计方案

- (二)不同路段综合处置措施
- 单个急弯
 - (4) 路侧设置线形诱导标、轮廓标。
 - (5) 设置中心实线或物理硬分隔设施,减少因视距不良车辆越过中心线发生的对撞事故。
 - (6) 根据路侧危险程度和历史事故资料在弯道外侧设置护栏。
 - (7) 横断面加宽

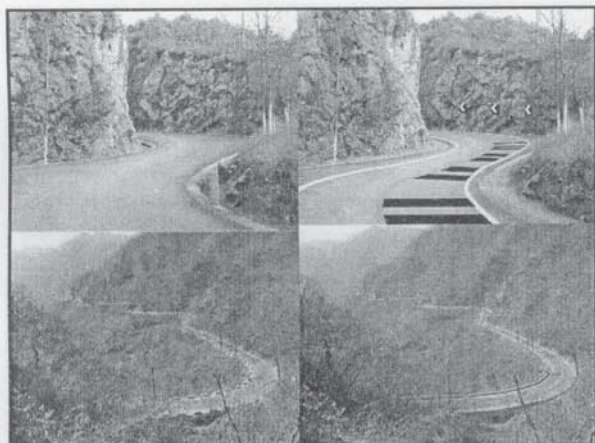


弯道处横断面加宽



• 连续急弯路段

- (1) 设置“连续弯道,超速危险”警告标志,还可以加设辅助标志说明前方连续弯路的长度,或使用告示牌,说明前方 $\times\times$ m连续弯道。
- (2) 设置限速标志,可以设置限速解除或使用一块辅助标志说明限速路段长度。
- (3) 可采用单个急弯的相应措施。



• 急弯陡坡路段

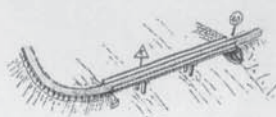
- (1) 在急弯前的直线路段设置限速标志, 宜结合设置其他减速设施, 逐步控制车速, 使车辆能以较安全的车速通过小半径曲线。
- (2) 如果路侧较危险且事故较多, 可考虑设置护栏及强制减速措施。

急弯陡坡路段



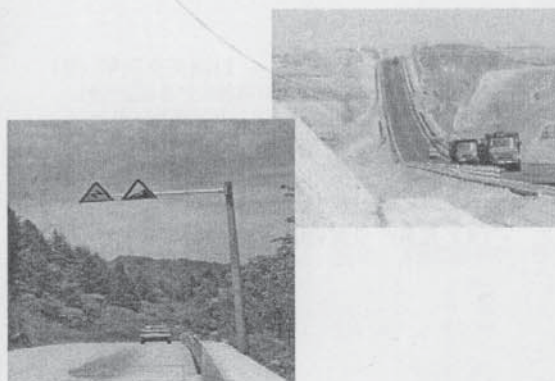
• 桥头接小半径曲线路段

- (1) 桥头设置警示标, 曲线外侧设置视线诱导设施。
- (2) 根据路侧危险程度可以设置护栏, 并注意桥头路基上设置的护栏与桥梁护栏之间的过渡。
- (3) 在车速较快的桥头路段可采用强制性减速设施。



• 陡坡路段

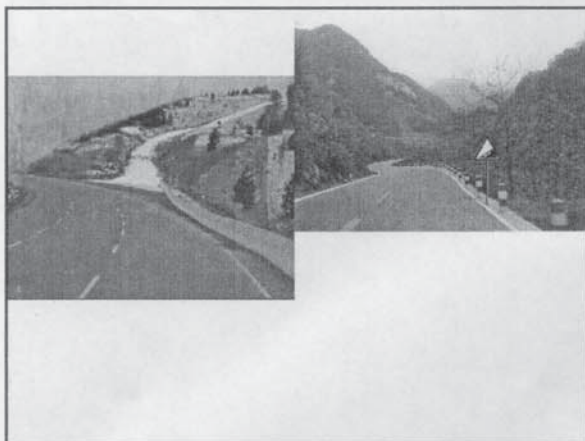
- (1) 设置下陡坡警告标志或其它文字型警告标志。
- (2) 设置限速标志、减速设施和视线诱导设施。
- (3) 根据路侧危险程度和事故情况设置护栏。
- (4) 如果设置了避险车道, 应在坡道起点处设置避险车道的告示牌, 在避险车道前至少设置两处预告标志。





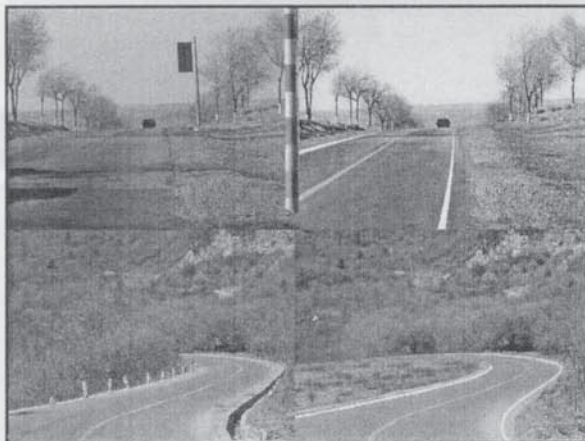
• 连续下坡路段

- (1) 设置连续下坡告示牌标志, 根据情况可以辅助标志标明连续下坡长度, 或使用告示牌, 说明前方连续下坡 $\times\times\text{m}$ 。
- (2) 设置限速标志、禁止超车标线、减速设施。
- (3) 根据地形条件, 可设置避险车道; 如果设置了避险车道, 应在坡道起点处设置避险车道的告示牌, 在避险车道前至少设置两处预告标志。
- (4) 根据路侧危险程度和历史事故资料设置护栏。



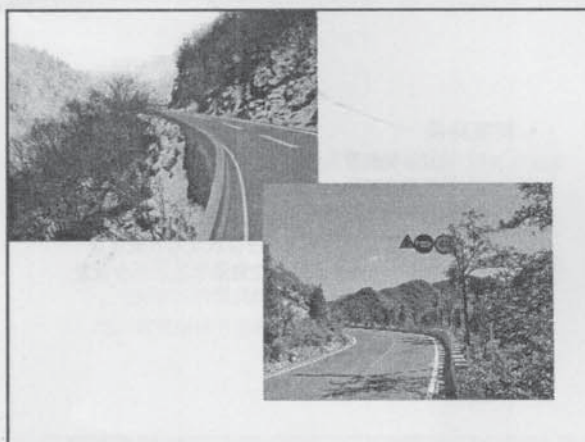
• 视距不良路段

- (1) 设置鸣喇叭标志、限速标志、禁止超车标线。
- (2) 设置线形诱导设施线形诱导标、减速设施。
- (3) 根据路侧危险程度和历史事故资料设置护栏。
- (4) 修剪、处置弯道内侧树木, 使弯道内侧通视。



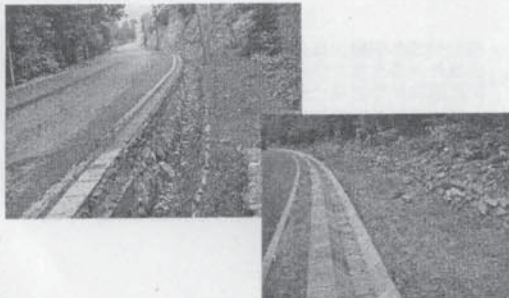
• 路侧险要路段

- (1) 根据路侧危险程度和历史事故资料设置护栏。
- (2) 设置傍山险路、超车危险等警告标志。
- (3) 设置视线诱导设施。
- (4) 视条件设置强制减带措施。

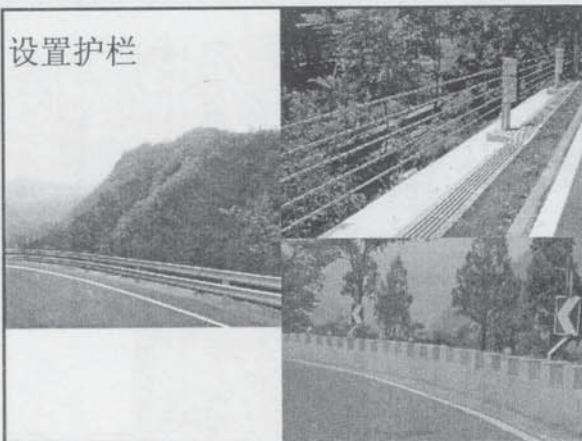




边沟与边坡的处治

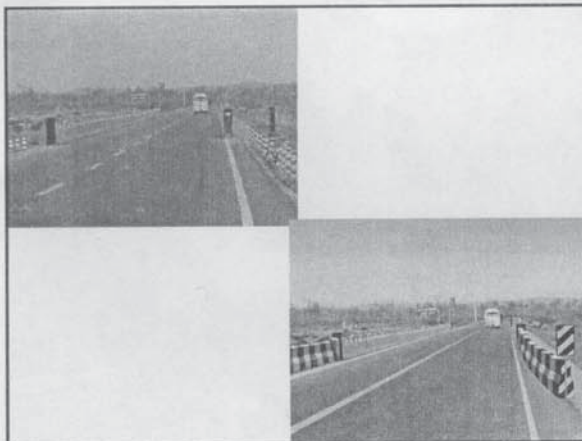


设置护栏



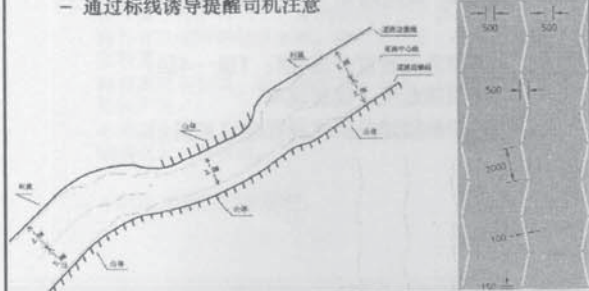
• (6)路基宽度变化的路段

- 设置窄路、窄桥警告标志。
- 设置限速和禁止(解除禁止)超车标志。
- 在窄桥两端应作好过渡或设置诱导设施。



■ 新型标线——波浪形标线

- 设置在道路路宽变化段、交叉口、隧道等危险路段的前方
- 通过标线诱导提醒司机注意



(5) 平面交叉路口

- (1) 交通量较大的路口应渠化, 设置道路交通标志、标线, 必要时可设置信号灯等设施对平交路口进行交通控制管理。
- (2) 在视距不良、事故率高的交叉口和人行道口前适当位置可增设黄闪信号灯。
- (3) 没有设置交通信号灯且交通量较小的平面交叉路口, 主路设置道口标柱。
- (4) 支路设置减速让行标志、物理减速装置或停车让行标志、标线。



• 穿越学校、集镇、村庄路段

- (1) 穿越学校路段, 设置注意儿童标志和限速标志, 在学校学生集中穿越公路的地方设置人行横道线。视距不良路段还可设置强制性减速措施。
- (2) 穿越集镇和村庄路段, 设置村庄警告标志或注意行人、慢行等警告标志。
- (3) 在横向干扰严重事故多发路段设置护栏等隔离设施。设置隔离设施处应考虑行人、牲畜穿越公路的路径。
- (4) 在街道化较严重的路段, 设置信号灯、黄闪灯和安全岛等设施。

• 护栏设置建议

- 在发生过车辆驶出路外交通事故的地方, 尤其是在是驶出路外的多次发生交通事故多发的路段, 应考虑设置护栏或防护等级高一些的护栏
- 急弯或连续急弯的曲线外侧、长下坡接小半径曲线的外侧, 发生过车辆驶出路外事故的地方应优先考虑
- 在长直线端部的小半径曲线外侧, 尤其是路面抗滑不足的小半径曲线外侧
- 陡坡路段平曲线外侧, 尤其是长下坡直线段尽头急弯路段的外侧



• 根据路侧危险情况设置相应等级的护栏。

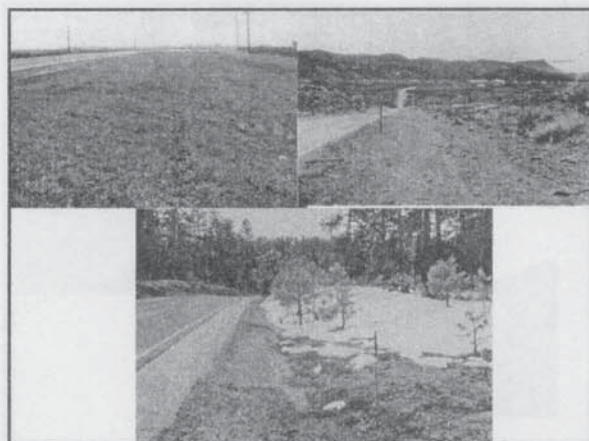
路侧危险程度分成4级: 1级~4级, 路侧越危险, 级别越高。各级的描述及护栏设置建议见图示。



• 路侧危险程度——1级

- 路侧有一定宽度的净区（大于等于3m），边坡坡度较缓（缓于等于1:3），车辆驶出以后可以自己驶回公路，即使不能驶回公路，也不会产生严重事故。

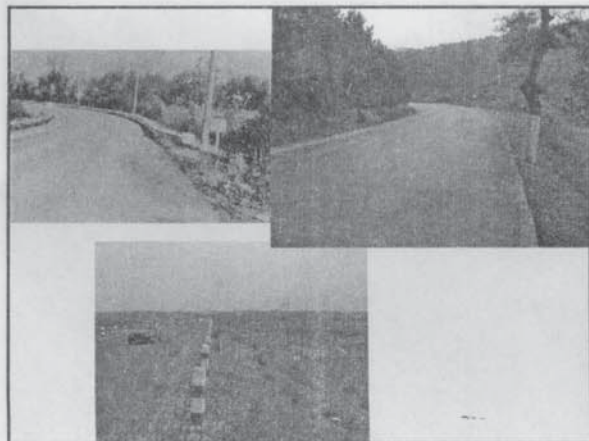
- 可以不设护栏。



• 路侧危险程度——2级

- 路侧净区宽度较小（介于1.5m至3m之间），边坡坡度较陡（1:3至1:1之间），车辆驶出以后不能驶回公路，会产生事故，事故严重程度较轻。

- 可以设置B级护栏。



• 路侧危险程度——3级

- 路侧净区宽度较小（小于等于1.5m），边坡坡度较陡（陡于等于1:1），车辆驶出以后不能驶回公路，路外有坚硬障碍物或水域，会产生事故，事故严重程度较重。
- 路堤高度不很高，但是路外是巨石滩，车辆驶出后事故较严重。
- 车辆驶出路外，可能闯入相邻公路或碰撞上跨公路的墩柱引发二次事故。

- 可以设置B级或A级护栏。





- 路侧危险程度——4级

- 公路上跨铁路与相邻铁路。公路上跨高速公路。

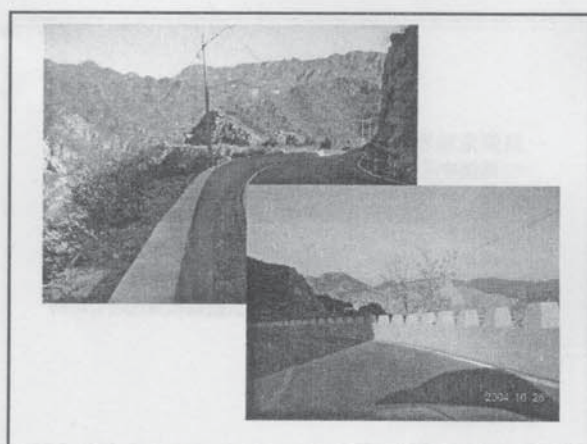
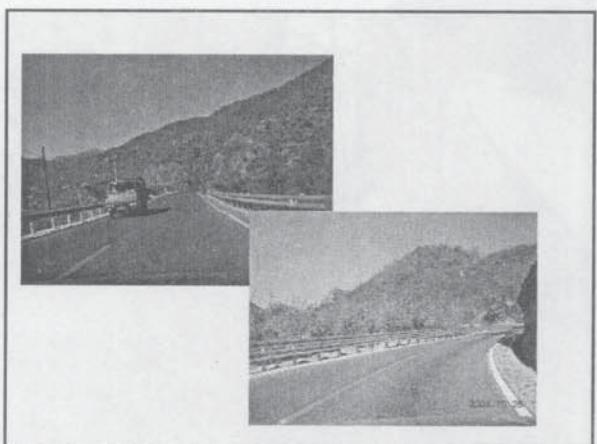
- 可以设置SB级护栏。

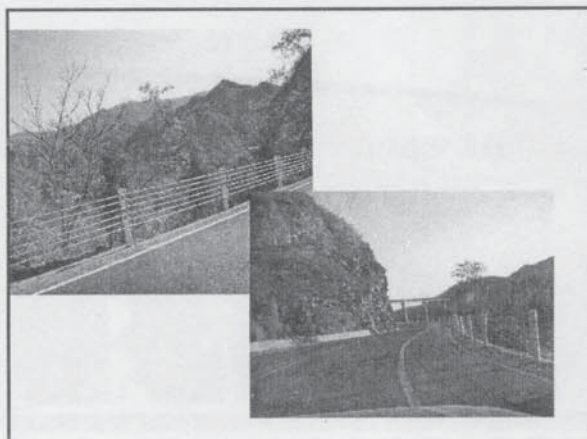
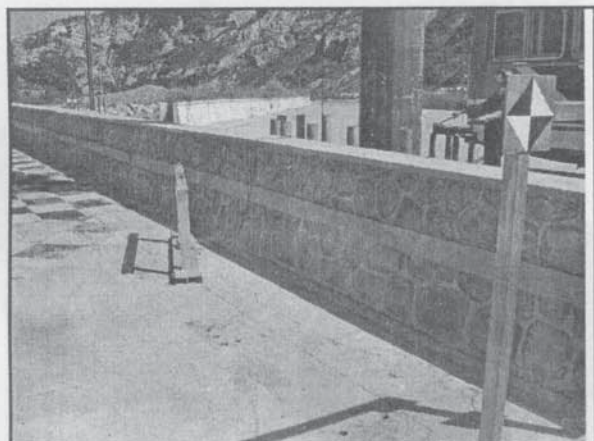


- 形式选择

- 应针对每条公路的具体情况,充分比较各种护栏的性能,分析行驶安全感、压迫感、视线诱导、了望的舒适性,并考虑与公路周围环境的协调,结合经济性、施工条件及养护维修等因素,在综合分析的基础上确定。

- 波形梁护栏
 - 混凝土护栏
 - 缆索护栏





交通标志

• 前置距离

设计车速 (km/h)	40~70	<40
前置距离 (m)*	50~100	25~50

标志尺寸

标志采用的字高等标准应符合GB5768的规定。
如果路段区间车辆运行车速大于设计车速,可按
实际调查或观测的运行车速确定。

标志形式及在横断面的设置位置

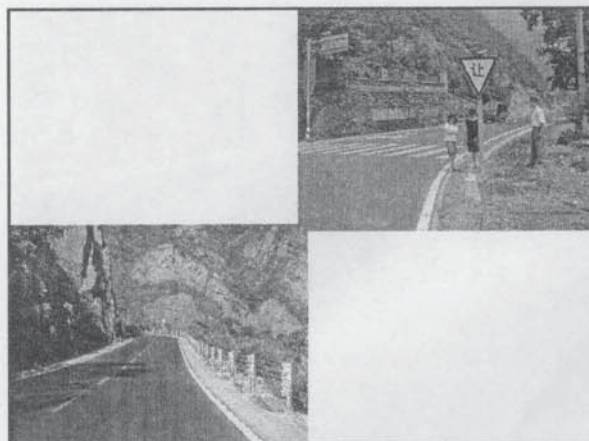
标志形式宜选择单柱、悬臂式,也可使用双柱。
路侧条件允许时,标志支撑形式应尽量采用单
柱式,也可利用路侧山石采用附着式。





路面交通标线

- 双向两车道路面中心线
- 车行道边缘线

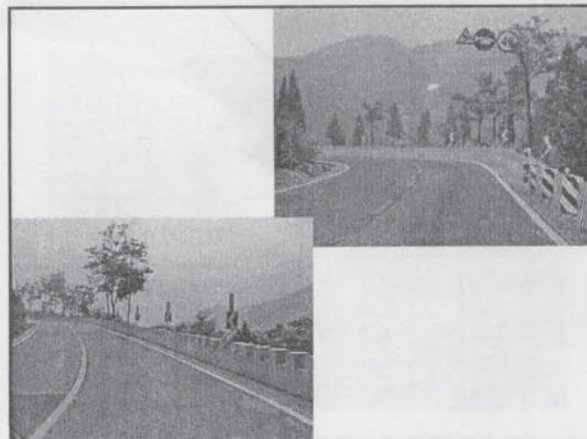
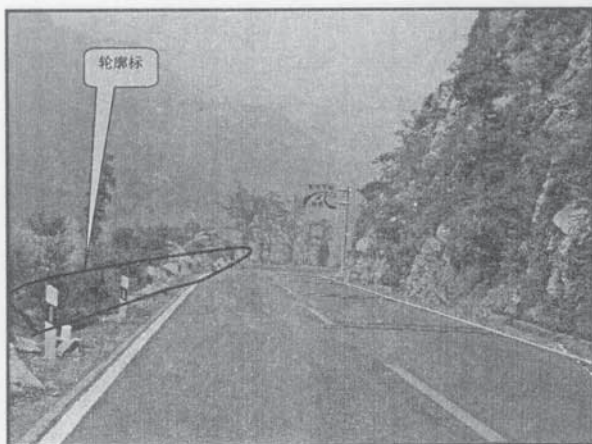


• 视线诱导设施

- 视线诱导设施是指沿车道两侧设置,用以指示道路方向、线形、车行道边界的几种设施的总称。视线诱导设施分为轮廓标、分合流诱导标、线形诱导标。
- 可在二级及以下等级公路危险要路段应设置轮廓标轮廓,在曲线路段可视线形走向和曲率半径的大小增设一定数量的线形诱导标。

• 轮廓标

- (1) 普通公路在视线不良路段、急弯路段、车道数或车道宽度有变化的路段及连续急弯陡坡路段宜设置轮廓标,设计车速大于等于60km/h公路宜全线设置轮廓标。
- (2) 在气候条件恶劣、线形条件差和事故多发地段应设置反光性能高的轮廓标或采用尺寸较大的反射器。
- (3) 轮廓标一般设置在公路的土路肩或附着在路侧护栏上。轮廓标形式可根据公路是否设置护栏以及所设护栏的形式,选用附着式或柱式轮廓标,隧道壁上附着的轮廓标应为双向反光。
- (4) 轮廓标在公路前进方向左、右侧对称设置。
- (5) 轮廓标的标准设置高度为70cm,最小设置高度为60cm。设置于混凝土基础中的轮廓标,其设置高度(指反射器的中心高度)应与附着式轮廓标的高度大致相同。
- (6) 轮廓标反射器的安装角度,无论在直线段或在曲线上,应尽可能与司机视线方向垂直。





▲ 公路学会监理专委会2011年年会暨交通
1 监理企业负责人培训会场



▶ 公路学会监理专委会考察黄鄂高速标准
2 化建设

专委会活动

3 交公路学会信息专委会举办交通运输
行业信息安全专题培训班现场

4 公安部安全等级评测中心毕马宁副主
任授课

5 交通运输行业信息安全专题培训班现
场



