

QINLING SHANQU GAOSU GONGLU
JIANSHE GUANJIAN JISHU

主 编
靳宏利
杨荣尚
马小伟



秦岭山区高速公路 建设关键技术



人民交通出版社
China Communications Press

秦岭山区高速公路建设关键技术

主编 靳宏利 杨荣尚 马小伟

人民交通出版社

内 容 提 要

本书内容根据陕西省交通运输厅科技项目“秦岭山区高速公路建设关键技术研究”课题成果总结而成。全书共 12 章,分别介绍了秦岭山区生态环保路线设计关键技术,土石混填路基施工及稳定技术,膨胀土路基稳定及处治技术,秦岭山区长大陡坡路段路面修筑技术,秦岭山区防冻抗滑路面修筑技术,秦岭山区弯坡桥桥面铺装技术,秦岭山区匝道沥青路面关键技术,秦岭山区公路隧道施工关键技术,秦岭特长隧道群进出口路段车辆安全控制方法,秦岭隧道群交通控制应急预案,秦岭山区气象保障服务系统,秦岭山区生态环境与景观建设关键技术等研究成果,涉及路线设计、建设技术、生态环保、人文景观、运营安全等内容。本书内容对促进陕西乃至我国山区高速公路建设的快速发展有着积极的指导作用。

本书可供公路建设、运营管理人员使用,也可供高等院校相关专业师生学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

秦岭山区高速公路建设关键技术 / 靳宏利, 杨荣尚, 马小伟主编. —北京: 人民交通出版社, 2012. 2

ISBN 978 - 7 - 114 - 09461 - 3

I. ①秦… II. ①靳…②杨…③马… III. ①秦岭 - 山区道路: 高速公路 - 道路施工 - 施工技术 IV. ①U419.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 270268 号

书 名: 秦岭山区高速公路建设关键技术

著 者: 靳宏利 杨荣尚 马小伟

责任编辑: 沈鸿雁 郑蕉林

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 880 × 1230 1/16

印 张: 26.5

字 数: 772 千

版 次: 2012 年 2 月 第 1 版

印 次: 2012 年 2 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 09461 - 3

定 价: 70.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

《秦岭山区高速公路建设关键技术》

编写委员会

主 编	靳宏利	杨荣尚	马小伟			
编 委	靳宏利	杨荣尚	马小伟	王 东	屈永照	赵 田
	杨文奇	李高旺	张守一	颜宗科	林新元	张宏江
	王 航	石杰荣	周晓华	刘晓春	王立仪	杨华林
	高小华	徐培华	蔡乾东	伍石生	折学森	谢永利
	杨晓华	吕康成	张校贵	许宏科	党志诚	
参编人员	陈 旭	陈海波	揣锦华	党志诚	范红英	方 鹏
	傅 珍	高 昊	高 上	高育科	郭 平	郭宏武
	郭循钊	韩君良	郝雨滂	侯剑辉	黄 哲	黄宗英
	贾晓放	孔 辉	来弘鹏	李 宁	李 坪	李百川
	李采璉	李冀弘	李建安	李曙光	梁 纪	林 杉
	林 涛	林明光	刘 涛	刘 炜	刘宝林	刘倍利
	刘军营	刘丽萍	刘天哲	刘晓春	鲁志方	马春城
	马新岩	毛 媛	聂 非	潘宗俊	庞压峰	商博明
	孙婉彬	陶家朴	田文苗	王 芳	王 飞	王 峰
	王 辉	王 林	王 敏	王 楠	王 莎	王 勇
	王建鹏	王文光	王文生	王晓琴	王新华	吴德军
	仵晓煜	伍毅敏	肖 波	邢秀艳	徐 伟	徐 玮
	许世燕	杨 萍	杨立本	杨新红	姚 仙	姚培林
	于 伟	岳永辉	张 博	张 剑	张 雷	张宏光
	张列锐	张林芳	张小荣	张永杰	张宗涛	张蔚林
	赵 荣	赵 岩	赵富强	赵建有	赵晓宁	赵元龙
	甄浩宇	周志军	朱峥艳			

序

秦岭穿越陕西,横在国土中央,占据了独特的地理位置,生态环境优美、动植物种类繁多、地质构造复杂,不仅有“地质博物馆”的美誉,更有“中国中央国家公园”之美称。秦岭哺育了中华文明的演进,蜀道更是承载了人们千年的企盼。秦岭考验了西安至汉中高速公路(以下简称“西汉高速公路”)所有建设者们的聪明智慧。西汉高速公路是交通建设者在崇山峻岭之间铺筑的蕴涵“科技、人文、生态、环保”理念的现代化通衢大道,展现了一幅“车在路上行,人在画中游”的美丽画卷,结束了“千古蜀道难”的历史,铸造了一座交通人无畏艰险、战天斗地、无私奉献的时代丰碑。

西汉高速公路穿越秦岭主山脉,横跨关中平原、秦岭山区、汉中盆地、巴山丘陵等多种地质地貌,跨越了中国南北亚热带、暖温带两个不同气候带,是国家高速公路网北京至昆明高速公路在陕西境内的重要通道,全长 255.023km,总投资 138.78 亿元,沿线桥梁多,隧道多,桥隧长度占路线总里程的 66%,是当时陕西省内一次性开工里程最长、水文地质条件最复杂、施工难度大、施工便道最艰险和投资费用最高的山区高速公路。

西汉高速公路于 2002 年 9 月开工建设,至 2007 年 9 月 30 日全线建成通车,连通了华北、西北、西南三个政治、经济、文化中心,对促进区域的社会经济发展具有重大意义。西汉高速公路首先从设计入手,确定了以建设生态路、环保路、景观路、科技路为总体设计目标,开展了多种生态环保路线方案线位的比选设计研究,避免了工程建设对动植物及自然环境的影响,取得了良好的生态环境和景观效果,促使公路与自然环境更加和谐。西汉高速公路建设及运营过程中,分别开展了土石混填路基、膨胀土路基处治、长大陡坡路面、山区防冻抗滑路面、弯坡桥及匝道铺装、隧道施工关键技术、气象保障服务系统、隧道群交通安全控制应急预案、生态环保与景观建设等十余项秦岭山区高速公路建设关键技术研究,历时八年多的科技攻关取得了丰硕的研究成果,部分研究成果已获得政府和中国公路学会科技进步奖,对西汉高速公路建设运营管理提供了强大的技术支撑,科学有效地指导了西汉高速公路工程建设,全面提升了工程建设质量,建成了一条生态环保、质量优良的山区标志性工程。

西汉高速公路的建成通车,使秦岭天堑变通途,结束了“蜀道之难,难于上青天”的咏叹,成就了千古蜀道“一日还”的梦想。2008 年年初的特大雪灾和“5·12”的汶川大地震,西汉高速公路成为入川抗震救灾的“生命线”,工程质量经受了严峻考验。汶川地震后 100 天,西汉高速公路救灾保畅 100 天,通行各种救灾车辆 22.5 万辆,为救灾抢险作出了突出贡献,多次受到国务院、中央军委和上级领导嘉奖,同时,被中华全国总工会授予全国救灾重建家园“工人先锋号”。

《秦岭山区高速公路建设关键技术》专著,是西汉高速公路建设管理、科研和技术人员智慧与汗水的结晶,对今后我国山区高速公路的设计、建设及运营管理都有着承前启后的指导作用。我相信,以工程建设项目为依托的科学技术研究成果,对全面提升我国山区高速公路的建设和运营管理水平,促进我国交通事业的可持续发展具有重要的现实意义。

陕西省交通运输厅 总工程师



2011年5月

前 言

秦岭是长江、黄河的分水岭,位于陕西省中南部,是中国自然地理南北气候分界线。它西起嘉陵江,东与伏牛山相接,成自西向东走向,全长约 800km,其山势北陡南缓,群山毗连,峰峦重叠,河流源远流长。秦岭气候适宜、林木繁盛,成为国际著名的保护区群,完整地保存了许多原始生态特征,秦岭是中国人的中央国家公园。

秦岭不仅地域广阔,而且地质构造复杂,素有“地质博物馆”之美誉。秦岭处在中国地质图上中央造山带的一个枢纽地带,即中央造山带和南北构造带交汇的地方,不仅地质期次多,而且岩浆活动、地质变形、岩石变质、新矿成形等地质现象也比较多,所以说它是野外的天然地质博物馆,也是野外的地质试验室。

秦岭山区是动植物多个物种区系的交汇区。野生动物中有大熊猫、金丝猴、羚牛等珍贵品种,鸟类有国家一类保护对象朱鹮和黑鹇。其中,大熊猫、金丝猴、羚牛、朱鹮被并称为“秦岭四宝”。秦岭孕育着多种珍贵动物和植物,国家重点保护植物 28 种,野生动物 56 种,是一个宝贵的生物基因库。

秦岭被尊为华夏文明的“龙脉”,改变了中国大陆的自然格局,其地位的显赫足以令人崇拜,孕育滋养了一个日后创立千秋伟业,统一全中国的古老族群。在华夏大地上掀开了一场波澜壮阔,改变了中华民族文明进程的帷幕。几千年历史风云在蜀道上沉积着丰富的历史文化遗存,秦岭是多种文化的汇聚区。

为满足我国国民经济发展和完善路网的需要,西安至汉中高速公路(以下简称“西汉高速公路”)横跨关中平原,穿越秦岭主山脉、秦岭山地、汉中盆地、巴山丘陵等多种地质地貌和中国南北两个不同气候带,气候复杂多变,沿途山大沟深、河谷纵横、地势起伏,隧道围岩复杂,长大陡坡、弯坡桥路段较多,滑坡、膨胀土等不良地质随处可遇,隧道群交通管制压力大,质量标准与环保要求高,是我国同时期高速公路建设一次性开工里程最长、投资最大、自然及地质条件最差、技术和环保要求最高、施工难度最大的山区高速公路,是对公路建设前所未有的大挑战。

本书依托《秦岭山区高速公路建设关键技术研究》科研项目成果,针对依托工程——西汉高速公路沿线复杂的自然气候、地质结构、地形地貌和特殊路段、特殊结构等工程建设技术难点,考虑沿线运营安全及秦岭特殊的生态环保、人文历史及社会意义,从路线设计、建设技术、生态环保、人文景观、运营安全等角度出发,重点开展了秦岭山区生态环保路线设计、土石混填路基施工及稳定技术、膨胀土路基稳定及处治技术、长大陡坡路段路面修筑技术、防冻抗滑路面修筑技术、弯坡桥桥面铺装技术、匝道沥青路面关键技术、秦岭隧道施工关键技术、秦岭特长隧道群进出口路段车辆安全控制方法、隧道群交通控制应急预案、秦岭山区气象保障服务系统、生态环境与景观建设等关键技术研究。通过大量室内外试验研究、理论分析、实体工程应用总结,形成了一套独具特色的秦岭山区高速公路建设关键技术体系,达到国际先进水平,取得了良好的社会、经济及环保效益。本书主要内

容和解决的关键技术问题如下:

(1)按照生态环保理念进行路线设计,平面线形以曲线为主,以适应地形地貌变化,竖曲线以低填浅挖,降低路基高度,节约占地,横断面灵活自然;首次采用隧道群替代特长隧道;对秦岭自然保护区的动物通道进行环境补偿设计,沿线众多桥梁、隧道与地形、地貌自然结合,最大限度地减小了对生态环境的扰动和对自然景观的破坏,使公路与自然环境更加和谐。

(2)有效利用了沿线路基、隧道开挖的土石混填材料,自行研制出大型击实仪,提出了土石混合料最大干密度、最佳含水率的确定方法和土石混填路基压实度贯入式检测方法;分析了土石混合料应力应变关系,建立了土石混合料路用性能与粗颗粒含量之间的关系,提出了相关参数及施工工艺和质量控制措施。

(3)通过对沿线膨胀土工程技术特性的分析,基于线弹性理论并考虑基质吸力变化,推导出膨胀土的初始开裂深度,并现场进行验证;通过室内外试验研究,实体工程应用,根据膨胀土性质,提出了膨胀土边坡采用改良土捶,浆砌骨架+土工格室,灰土群桩和新型生态柔性防护等防护模式。

(4)根据秦岭山区路线线形和自然气候特征,分析了高速公路长大陡坡路段沥青路面受力特点,提出了长大陡坡沥青路面结构组合、材料技术要求和施工工艺及质量控制措施。基于橡胶颗粒破冰原理,提出了山区高速公路抗冻防滑沥青面层材料的技术要求及评价指标。

(5)根据秦岭山区桥梁和互通立交工程特点,分析了弯坡桥和匝道沥青铺装层受力特点,提出了弯坡桥和匝道沥青铺装层结构组合、材料技术要求、层间处理、防排水设计、施工工艺及质量控制措施。

(6)针对秦岭山区隧道软弱围岩特点,提出了增设型钢—钢管的软弱围岩加固体系,利用自主研发的激光位移实时监测系统对软弱围岩变形进行有效控制;提出了大倾角的通风井设计思路,为今后建井施工探讨了一条新途径;提出了把双连拱隧道的中墙变为短间距边墙结构体系,保证了连拱隧道工程质量和施工安全。

(7)提出了秦岭隧道群交通控制对策和应急预案,并开发了仿真训练平台;提出了特长隧道安全设施及警示系统和隧道进出口照明设置技术要求。

(8)根据秦岭山区气候多变、地质灾害、暴雨多发严重影响工程建设与后期运行安全的问题,首次在公路建设项目沿线布设了气象监测站点,建立了秦岭山区气象自动监测系统,对工程建设和运营期间的汛期安全起到重要作用。

(9)根据地形地貌特点和动植物群落的分布情况,采用动物保护、生态恢复、生态节能、水土保持、水环境保护、声环境保护等技术对沿线进行了系统的绿色环保建设;沿线服务区建筑与周边环境、自然景观和谐统一,增加公用活动场所及园林式游览、观赏景点,为司机、旅客提供舒适、温馨、和谐的休息场所和优质服务。特别是秦岭山区七亩坪服务区的《华夏龙脉》大型雕塑群,在山区高速公路建设中首次打造了一座极具震撼力的“露天艺术博物馆”。

本书凝聚了《秦岭山区高速公路建设关键技术研究》所有科研人员的聪明才智和心血,体现了他们勇于实践和大胆创新的拼搏精神,为将秦岭山区西汉高速公路建成“科技、生态、环保、人文”品牌的标志性山区高速公路提供了重要技术支撑,对促进我国山区高速公路建设与运营管理具有积极的指导作用。

本书在编写过程中,得到了陕西省交通运输厅、陕西省科学技术厅、陕西省高速公路

建设集团公司等单位领导的关心、指导和支持,长安大学、西安公路研究院等科研单位及相关研究成员做了大量具体工作,在此一并表示感谢。

本书可供公路建设、运营管理人员使用,也可供高等院校相关专业师生学习和参考。

由于时间仓促,作者水平有限,本书有些观点尚需进一步研究讨论,书中难免存在错误与不足之处,望有关专家和学者包涵,并提出宝贵意见。

编著者
2011年5月

目 录

第一章 秦岭山区生态环保路线设计关键技术	1
第一节 秦岭山区西汉高速公路概况	1
第二节 基于生态环保理念的路线设计分析	3
第三节 基于生态环保理念的典型线形方案分析	12
第二章 土石混填路基施工及稳定技术	17
第一节 土石混合料路用性能与检测技术	17
第二节 土石混填路基施工技术	45
第三节 土石混填路基沉降及稳定性分析	50
第三章 膨胀土路基稳定及处治技术	56
第一节 沿线膨胀土工程特性分析	56
第二节 膨胀土与水环境作用特性分析	65
第三节 膨胀土边坡稳定性技术分析	95
第四节 实体试验路方案及应用效果分析	116
第四章 秦岭山区长大陡坡路段路面修筑技术	124
第一节 长大陡坡路段路面的力学分析	124
第二节 长大陡坡沥青路面结构组合设计	140
第三节 长大陡坡路段沥青路面路用性能分析	144
第四节 长大陡坡路面试验路铺筑效果分析	163
第五章 秦岭山区防冻抗滑路面修筑技术	170
第一节 橡胶颗粒技术特性分析	170
第二节 橡胶颗粒沥青路面结构与防冻性能分析	176
第三节 橡胶颗粒沥青混合料配合比设计	188
第四节 胶颗粒沥青混合料路用性能分析	201
第五节 橡胶颗粒沥青混合料施工技术	206
第六章 秦岭山区弯坡桥桥面铺装技术	218
第一节 弯坡桥桥面铺装层力学分析	218
第二节 弯坡桥桥面沥青碎石防水黏结层应用技术	234
第三节 水泥沥青混合料桥面铺装层应用技术	243
第四节 纤维改性沥青混合料桥面铺装层应用技术	256
第七章 秦岭山区匝道沥青路面关键技术	268
第一节 秦岭山区匝道类型及路面受力特点分析	268
第二节 匝道沥青路面结构组合设计	273
第三节 匝道沥青路面试验路段施工技术	280
第八章 秦岭山区公路隧道施工关键技术	287

第一节 软弱破碎围岩施工监控与优化..... 287

第二节 连拱隧道施工关键技术..... 306

第三节 特殊隧道施工关键技术..... 320

第四节 秦岭一号特长隧道斜井优化技术..... 332

第九章 秦岭特长隧道群进出口路段车辆安全控制方法..... 339

第一节 特长隧道群进出口驾驶员状态分析..... 339

第二节 特长隧道群安全设施及警示系统设计..... 343

第三节 秦岭特长隧道群以北下行线安全措施..... 352

第十章 秦岭隧道群交通控制应急预案..... 354

第一节 高速公路隧道群交通控制特性分析..... 354

第二节 隧道群交通控制应急预案分析..... 360

第三节 隧道群交通控制应急预案仿真软件设计..... 365

第十一章 秦岭山区气象保障服务系统..... 371

第一节 自动气象监测预警系统设计..... 371

第二节 秦岭沿线泥石流及降雨特征分析..... 374

第三节 沿线气象要素场数值预报试验分析..... 379

第四节 秦岭山区地质灾害及雪灾典型案例汇总..... 380

第十二章 秦岭山区生态环境与景观建设关键技术..... 386

第一节 生态环保环境建设与保护措施..... 386

第二节 西汉高速公路典型景观工程建设..... 393

第三节 生态环境与景观建设亮点分析..... 399

参考文献..... 401

第一章 秦岭山区生态环保 路线设计关键技术

第一节 秦岭山区西汉高速公路概况

一、秦岭山区特殊环境及历史意义

秦岭是长江、黄河的分水岭,位于陕西省中南部,是我国自然地理南北气候的分界线。它西起嘉陵江,东与伏牛山相接,呈自西向东走向,全长约 800km,其山势北陡南缓,群山毗连,峰峦重叠,河流源远流长。这里气候适宜、林木繁盛,成为国际著名的保护区群,完整地保存了许多原始生态特征,秦岭是中国人的中央国家公园。

秦岭不仅地域广阔,而且地质构造复杂,素有“地质博物馆”之美誉。秦岭处在中国地质图上中央造山带的一个枢纽地带,即中央造山带和南北构造带交汇的地方,不仅地质期次多,而且岩浆活动、地质变形、岩石变质、新矿成形等地质现象也比较多,所以说它是野外的天然地质博物馆,也是野外的地质试验室。

秦岭山区植物区系成分和动物种属成分具有明显的过渡性、混杂性和复杂多样性,是动植物多个物种区系的交汇区。野生动物中有大熊猫、金丝猴、羚牛等珍贵品种,鸟类有国家一类保护对象朱鹮和黑鹇。秦岭现设有国家级太白山自然保护区和佛坪自然保护区。其中,大熊猫、金丝猴、羚牛、朱鹮被并称为“秦岭四宝”。秦岭孕育着多种珍贵动物和植物,国家重点保护植物 28 种,野生动物 56 种,是一个宝贵的生物基因库。

秦岭被尊为华夏文明的“龙脉”,改变了中国大陆的自然格局,其地位的显赫足以令人崇拜,孕育滋养了一个创立千秋伟业,统一全中国的古老族群。

“蜀道之难,难于上青天”,几千年历史风云在蜀道上,沉积着丰富的历史文化遗存。蜀道沿途汉魏以来历代摩崖石刻,题名纪事、镌刻书艺、佛道造像以及有关蜀道旅历的历代诗词歌赋、游记散文等“蜀道文化”,让人心驰神往。数千年漫长岁月中,千里蜀道线上,使臣赴任述职,商贾南北往还,文人墨客题咏,地方官吏修栈勒石,战事风起云涌,各种活动在蜀道沿线留下了断断续续的遗迹,这些珍贵的文化遗存不仅是中国古代道路工程史的重要实物见证,也是中国文化史上有关金石书法、诗词颂赋、游记散文、佛道宗教造像的珍贵资料,秦岭是多种文化的汇聚区。

为满足我国国民经济发展和完善路网的需求,西汉高速公路需穿越秦岭山区,与平原地区相比,秦岭山区高速公路的地形地貌特殊、水文地质条件复杂,不良地质病害多,桥隧构造物多,施工条件艰难,交叉干扰严重,需要强有力的技术支撑。同时,国家对资源节约和环境保护高度重视,强调公路建设应与社会、经济、自然环境和谐统一。建设成生态路、环保路、人文路、科技路、优质路,成为西汉高速公路的总体目标。

二、秦岭山区西汉高速公路概况

1. 工程概况

西安至汉中高速公路(以下简称“西汉高速公路”)是国家高速公路网北京至昆明高速公路在陕西境

内的重要一段,也是陕西高速公路规划网中的重要组成部分,是“秦岭山区高速公路建设关键技术研究”的重要依托工程。该项目北起户县涝峪口,接已建成通车的西安至户县高速公路,跨越西安、安康、汉中3市9县(区),至于勉县黄家营(元墩),连接已经通车的勉县至宁强高速公路。主线全长255.023km,概算总投资138.78亿元,2002年9月开工建设,工期历时5年,另按二级公路标准建设连接线长43.94km,总占地19417亩(1亩=666.67m²)。全线共有桥梁411座,单幅总长114157延米,其中,特大桥62座,连续刚构桥3座;隧道130座,单洞总长110696延米,其中,特长隧道12座,长隧道14座;全线设互通式立交13处,分离式立交20处,服务区5处。采用双向车道高速公路标准建设,设计速度60~100km/h,路基宽度20~26m,全封闭,全立交。路线桥隧相连总长占总里程的66%。西汉高速公路是陕西省交通史上一次性开工里程最长、建设投资最大、自然条件最差、施工难度最大的高速公路建设项目之一。图1-1为西汉高速公路分段建设示意图。

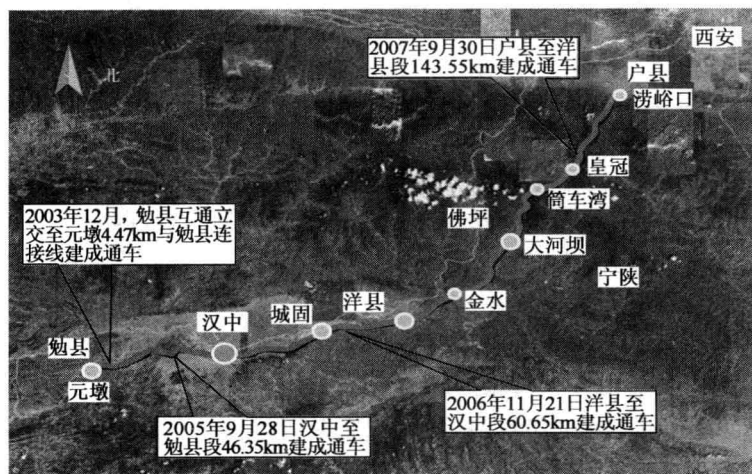


图 1-1 西汉高速公路分段建设示意图

西汉高速公路横跨关中平原,穿越秦岭主山脉、秦岭山地、汉中盆地、巴山丘陵等多种地质地貌和中国南北两个不同气候带,沿途山大沟深、河谷纵横、地势起伏,隧道围岩较为复杂,长大陡坡、弯坡桥路段相对较多,隧道群交通管制压力大,滑坡、膨胀土等不良地质随处可遇,气候复杂多变,技术和环保要求高,有效工期较短,是全国公路建设的标志性工程,曾被形象地比喻为“陕西的青藏公路”。

2. 地形地貌特征

西汉高速公路户洋段横跨的秦岭山脉是渭河支流涝峪与汉江支流正河的分水岭。秦岭北坡直抵关中原,从涝峪口海拔高程515m至秦岭顶峰海拔2120m,相对高差达1605m。河谷两岸一般谷坡均在50°~60°,常伴生悬崖峭壁,地势极为陡峭,河谷宽度30~60m,谷底与傍和山头相对高差200~500m。秦岭南坡仍处于分水岭地段,从三号隧道南口山头高程1800m,至筒车湾路段的终点河谷床最低高程695m,相差1105m,不同的是山坡一般较缓,并受岩性控制变化明显。河谷宽40~100m,河床与傍河山头,其相对高差一般在200~300m,峡谷带增大至400~500m。

西汉高速公路洋勉段位于汉江盆地,该盆地是汉江形成的冲积平原。盆地主要由山前冲(洪)积扇、垄岗(高阶地或台地)、冲积平原(一、二级阶地)、河床滩地等地貌单元组成。冲(洪)积扇地貌主要分布于盆地北缘山前地带,范围较小;丘陵—岗岭地貌主要分布于盆地北部和东部地区,汉江南岸分布较少;冲积平原主要沿汉江北岸分布,宽度在5~20km之间,沿江有一、二级阶地,分别高出河床3~5m和10~15m,土质肥沃,灌溉便利,是陕南重要的粮食作物生产基地。

3. 气候条件

秦岭山脉南北坡近似于同一季风气候带,北麓为暖温带半干旱—半湿润季风气候,南麓为暖温带半湿润—湿润季风气候带。气温较低,常年平均11.5℃,极端最低气温-12.9℃,极端最高气温36.4℃。

早霜期始于10月上旬,晚霜止于3月下旬,无霜期225d,最大冻土深度15~18cm,最大积雪深度25~30cm。多年降雨量826.84mm,最高达1063.1mm,山区平均可达900~1000mm,雨季一般为6月下旬至9月或延至10月上旬,降水多集中在7月、8月、9月,约占全年的50%以上;降雪期一般为11月至第二年2月,融冻一般在3~4月。

西汉高速公路地处海拔800m以下平坝区,属北亚热带气候,全年平均气温11~19℃,7月最热,平均20~26℃,1月最冷,平均20~2℃之间,年极端最高气温39℃,极端最低气温-8℃。霜冻时间较短,无霜期为211~254d。区域降水量充沛,以褒河为界,两边有明显的区别,褒河以东年平均降水为900~1100mm,褒河以西年平均降水在850mm左右,7~9月降水集中,降雨量占全年的60%左右。

4. 生态环保设计意义

生态环保公路是生态学与公路建设结合的产物,其发展应遵循自然生态规律与区域公路的发展要求,生态环保公路是建立在发展与环境相互协调的基础上,以生态系统(自然)的良性循环为基本原则,综合考虑决策、设计、施工、运营、管理的全过程,在一定区域范围内,结合环境、经济和社会状况而建立起来的公路系统。

秦岭山区西汉高速公路跨越涝峪河、汶水河、汉江等敏感水体,途径陕西皇冠山省级自然保护区,朱鹮国家级自然保护区,汉中湿地自然保护区,大熊猫、金丝猴、羚牛等珍稀动物保护区和古汉台、武侯祠等风景名胜、历史遗迹,沿线生态系统脆弱,对人类的活动影响非常敏感,对生态环保要求极高。

第二节 基于生态环保理念的路线设计分析

一、路线总体设计思路

1. 公路路线设计指导原则

我国将环境保护、坚持可持续发展作为基本国策,环境保护已成为所有公民的义务和权力。因此,在山区高速公路设计中必须将环境保护列为最重要的指导思想,并作为检验设计成果好坏的第一标准。根据秦岭山区特点,紧紧围绕环境保护这个主题,制订以下指导原则:

- (1)坚持围绕生态环境保护这一主题进行路线方案多方案论证比选的原则;
- (2)坚持技术指标与地形条件相协调的原则;
- (3)坚持按地质条件选线的原则;
- (4)坚持对典型工程方案进行综合比选的原则;
- (5)正确处理公路建设与自然景观、人文景观的关系;
- (6)正确处理公路建设与占地、拆迁的关系;
- (7)综合考虑路线与水源地、水利设施的关系;
- (8)合理利用路线走廊资源,充分进行分期修建的论证;
- (9)综合考虑铁路、管线、公路等交叉处理;
- (10)充分考虑土石方平衡,减少土石方,做好土地复垦、弃方造地和植被恢复。

2. 生态环保公路设计要素

生态环保公路设计要全面考虑与公路设计相关的各种因素,特别是环境因素。目前,生态设计方法和技术日渐成熟,并成为工程建设环境保护的有效方法。在基本观念上,生态设计有其考虑的基本因素,生态设计应用于公路设计时,应全面考虑公路本身的性质和周围的环境条件。生态公路设计中需要考虑的主要因素如下。

(1)公路的通行功能。通行功能是公路的基本功能,也是公路设计的基本目标,失去这一目标,生态公路设计也就失去其依托的主体。

(2)公路工程全寿命周期对环境的影响。生态公路设计要全面考虑公路对环境的影响,并以此为基础对公路设计方案进行优选。

(3)周围生态系统的环境特点。不同的生态系统对环境的影响有不同的响应特征,从受影响的生态系统的角度分析公路环境影响对生态恢复具有重要意义。

(4)生态工程方法与公路工程方法的结合。生态工程方法与具体的生态公路设计阶段和内容结合是生态公路设计的主要方法。

3. 采用先进的选线技术

为了清晰、确定地分析秦岭山区西汉高速公路沿线的自然保护区、珍惜动植物分布情况,设计者不惜重金采用卫星遥感、航测图像综合分析和全球定位系统等综合分析技术,很快查清了区域地质构造特征,为景观的区域生态环境检测提供了及时、有效、精确的捷径。图形处理平台如 AutoCAD 和大型数据库结合的方式成为定性描述各种复杂景观类型的良好工具,通过地理信息系统如 ARC/INFO 可计算景观类型斑块的数目、面积、周长等,并在此基础上,计算各种景观指数,从而实现对区域生态景观格局动态特征的综合分析与评价,最终为环保选线方案和生态环境保护设计的确定提供依据。

在利用先进技术获取翔实资料的基础上,设计者最终将穿越秦岭 17km 的特长隧道改用 3 座 5~6km 的短隧道代替,形成隧道群,不但减少了大型断裂的危害和通风、监控、安全等技术难题,而且节约造价 2 亿元以上,同时大大减少气体、噪声、弃方对环境的污染,也加快了工程进度。此外,为了更好地保护沿线的生态环境、珍稀动物栖息地,还适当增加中、短隧道和桥梁设施,最大限度减少公路建设对自然地形、地貌和植被的破坏,减小对天然河道的挤压,保持沿线的自然面貌,为该地区动物的迁徙提供了足够的空间。图 1-2 为西汉高速公路路线走廊。

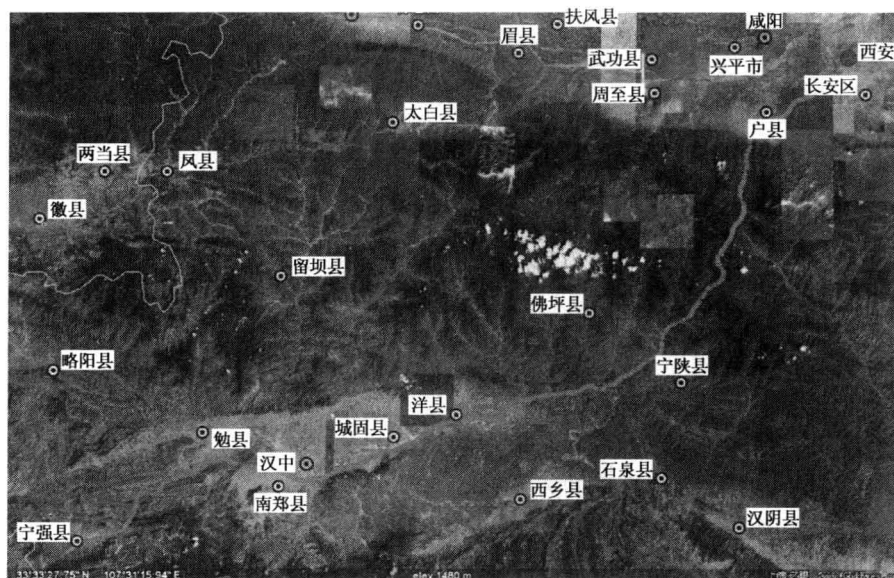


图 1-2 西汉高速公路路线走廊

二、生态环保理念的路线线形指标分析

西汉高速公路在设计期对平、纵、横三曲线进行的灵活设计,取得了良好的环境保护和景观效果:平曲线以自然流畅、顺势而为为特点;纵曲线以低填浅挖为特点;横断面以灵活、贴近自然为特点。

1. 平面线形连续流畅

在满足技术规范要求的前提下,灵活采用技术指标使路线顺应地形及在确保公路行车安全性的前提下,通过合理应用路线指标、灵活布设线位、尽可能地优化平纵线形,形成连续、流畅和协调的曲线公路景观,为驾驶员和乘客提供舒适的行驶环境,提升路线与环境的自然协调性,最大限度地保护环境。

(1)平面线形直捷、连续、顺适,并与地形、地物相适应,与周围环境相协调。

西汉高速公路位于山岭重丘区和平原微丘区,路线平曲线半径根据地形情况合理采用,受地形限制时则采用极限半径,避免与地形不协调的大填大挖。平面线形以曲线为主以适应地形地貌变化。线形走向与山川、河流、大地地势相吻合,路线没有在高低起伏的山地硬拉长直线,硬切山梁,横跨山谷,顺势而为,也没有在没有障碍物的开阔地区故意设置不必要的曲线。总之,路线线形连贯,平滑平顺,自然流畅,与地形相适应,融于自然,没有给人不协调的感觉。

当两直线路段间夹有短的平曲线时,一般会导致道路出现扭折状态,西汉高速公路通过采用较大半径的平面曲线来加以改善。

同向曲线之间插入短直线,称为断背曲线。此类曲线容易产生把直线和两端曲线看成反向弯曲的错觉,整个线形缺乏连续性,给人以不协调的感觉。反向曲线之间的直线过短,对于有超高、加宽的反向曲线,将不能实现反向变化的平稳过渡,行车也是不安全的,也不美观。同向曲线间的最小直线长度宜为行车速度的6倍,反向曲线的最小直线长度为行车速度的2倍。经过调查,反向曲线间的直线均满足 $2v$ 的要求;同向曲线间的直线长度均满足 $6v$ 的要求。该项目符合规范要求。西汉高速公路设计中利用透视图解决了公路动态视觉拐点。

(2)连续平曲线。

规范根据线形均衡连续、视线诱导良好的设计要求,提出了连续曲线间相邻曲线半径的大小应逐渐变化,并规定了相邻曲线半径 R 、回旋曲线参数 A 的比值范围。西汉高速公路主要表现为S形和复曲线。两个反向圆曲线径相衔接或插入的直线长度不足时,在设计时用回旋线将两反向圆曲线连接组合为S形曲线。S形曲线的两回旋线参数 A_1 与 A_2 宜相等;当采用不同的回旋线参数时, A_1 与 A_2 之比应小于2.0,有条件时以小于1.5为宜。当 $A_2 \leq 200$ 时, A_1 与 A_2 之比应小于1.5;两圆曲线半径之比不宜过大,以 $R_1/R_2 \leq 2$ 为宜(R_1 为大圆曲线半径, R_2 为小圆曲线半径)。

两个同向圆曲线径相衔接或插入的直线长度不足时,可用回旋线将两同向圆曲线连接组合为卵形曲线。卵形曲线的回旋线参数宜选 $R_2/2 \leq A \leq R_2$ (R_2 为小圆曲线半径);两圆曲线半径之比,以 $R_2/R_1 = 0.2 \sim 0.8$ 为宜;两圆曲线的间距,以 $D/R_2 = 0.003 \sim 0.03$ 为宜(D 为两圆曲线间的最小间距)。

根据核查,所有相邻卵形曲线半径之比均在0.2~0.8之间,绝大部分S形曲线的半径之比大于1/3。

(3)平纵指标协调,以安全为主。

涝峪口段及正河段两段路线,河谷狭窄,河谷宽20~70m,基本无边滩,河道曲折,两岸陡峭,崩塌、滑塌等不良地质病害分布广泛。地形复杂,布线特别困难,计算行车速度为60km/h,路基宽度根据地形条件采用规范的一般值或变化值。现布置的最小半径130m,平曲线最小半径小于一般最小值200m者有13处,小于250m者有20处。桥隧长度分别占上述路段总长度的75%、65%;河床比降大,路线最大纵坡达5.2%,纵坡大于3%的路段有20多处,长约15km,约占该两路段总长的37%。特别是两涝一八里坪(秦岭一号隧道进口,见图1-3、图1-4)5.8km路线平均纵坡达4.14%,难以改善。但若提高标准,增大平曲线半径,将使路线缩短,使得本来就紧张的路线纵坡更加紧张。

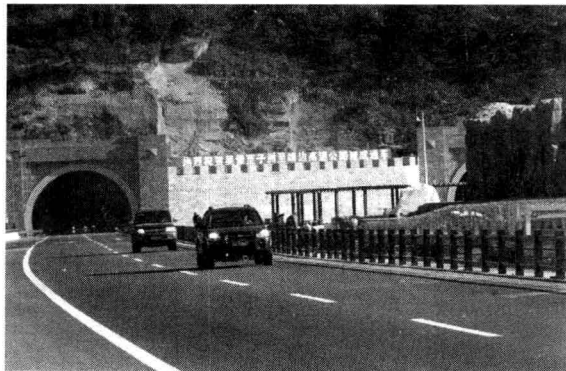


图 1-3 秦岭一号隧道 1



图 1-4 秦岭一号隧道 2

类似的,在地形复杂路段,西汉高速公路灵活采用指标,调整了较高的路线平纵面指标和较宽的路基,减少了对自然地貌的切割和对植被的破坏,以及避免了过多的边坡失稳等不良地质病害的诱发,大大减少了对周围大地环境的破坏;另外,还有效控制了运营期的安全隐患及养护的难度、费用。

2. 竖曲线低填浅挖

纵面线形设计时注意了纵坡的均衡性,注重适应平面线形的地势变化,平纵组合着重考虑平纵指标的搭配和对应关系,以及与公路构造物的协调。

西汉高速公路全线设竖曲线 329 个,纵坡大于 5.0% 的路段共有 7 处,最大纵坡 5.2%,主要集中在涝峪河与大河坝—良心—金水越岭路段。最小纵坡 0.36%。最短坡长:100km/h 路段,400m;80km/h 路段,300m;60km/h 路段,250m。凸形竖曲线最小半径:100km/h 路段,16 000m;80km/h 路段,8 000m;60km/h 路段,7 205.88m。凹形竖曲线最小半径:100km/h 路段,14 000m;80km/h 路段,8 000m。通过与规范比较,洋县至勉县段线形指标较高,涝峪口至槐树段由于地形复杂,线形指标没有前段好。总之,纵面技术指标基本合理。

竖曲线设计中,通过详细调查当地的地质水文,并根据调查资料对纵断面进行控制。在地形、地质、构造物等条件容许的情况下,尽量采用浅挖低填方案,降低路基高度,节约占地,最大限度地减少对生态环境的扰动和对景观的破坏,体现“不破坏就是最大的保护”的理念,使公路与自然环境更加和谐。

纵面设计中竖曲线基本符合规范关于坡度及坡长、竖曲线半径及长度等要求。

(1)坡度及坡长

规范中公路纵坡坡度和坡长的规定分别见表 1-1~表 1-3。

公路最大纵坡表 1-1

设计速度(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
最大纵坡(%)	3	4	5	6	7	8	9

公路纵坡的最小坡长表 1-2

设计速度(km/h)	120	100	80	60	40	30	20
最小坡长(m)	300	250	200	150	120	100	60

公路纵坡的最大坡长表 1-3

设计速度(km/h)		120	100	80	60	40	30	20
纵坡坡度(%)	3	900	1 000	1 100	1 200			
	4	700	800	900	1 000	1 100	1 100	1 200
	5		600	700	800	900	900	1 000
	6			500	600	700	700	800
	7					500	500	600
	8					300	300	400
	9						200	300
	10							200

按上述标准对本项目进行检查,最大坡度、坡长限制及最短坡长均符合规范要求。

(2)竖曲线半径及长度

规范规定值及视觉所需要的最小竖曲线半径值见表 1-4。