

线型工程建设中的水土流失及防治措施探究

——以西乡至镇巴高速公路为例

赵武辉¹ 王天伟² 张展³ 舒洪涛⁴ 纪金刚⁴ 高阳⁵ 李永红^{#5}

1. 陕西省咸阳市交通运输局 陕西咸阳 712000;

2. 中交第一公路勘察设计研究院有限公司 陕西西安 710061;

3. 黄河水文水资源科学研究院 河南郑州 450004;

4. 陕西省高速公路建设集团公司古镇高速公路建设管理处环境保障科 陕西西乡 723500;

5. 西北农林科技大学水土保持研究所 陕西杨凌 712100

【摘要】近40多年以来,中国公路建设取得显著成就,极大地推动了国民经济增长。截至2023年底,我国高速公路总里程已达到18.36万km,稳居世界第一。然而,长距离、大规模的路基施工也带来了严重的水土流失问题,若管理不善,将加剧环境破坏。本文以西乡至镇巴高速公路项目为例,深入总结了其在水土保持方面的成功经验与成效,包括遵循自然植被恢复规律、强化生态恢复技术研发、实施弃渣场标准化防护等。同时,文章也指出了高速公路建设中存在的挑战,特别是通车后弃渣场治理的复杂性。基于此,提出了以下六项针对性强、切实可行的水土流失防治措施。(1)遵循植被自然演替规律:在恢复生态时,尊重自然规律,选择适宜本土的植被种类,促进生态自我修复。(2)加强生态恢复理论和技术研究:通过科研投入,不断提升生态修复技术的科学性和有效性。(3)布设弃渣场常规防护措施:对弃渣场实施严格的防护工程,如设置挡土墙、排水系统等,防止水土流失。(4)高度重视水土保持工作:从项目规划到施工全过程,将水土保持作为重要环节,确保各项措施得到有效执行。(5)做好水土保持施工监理工作:加强施工过程中的监督与管理,确保水土保持措施按规范实施。(6)发现问题及时处理:建立快速响应机制,对发现的水土流失问题立即采取补救措施,防止问题扩大。这些措施不仅为西乡至镇巴高速公路项目提供了有效的环保与水土保持解决方案,也为其他高速公路乃至各类基础设施建设项目提供了宝贵的参考与借鉴。

【关键词】线型工程; 生态环保; 乡村振兴; 科技示范; 水土保持; 防治成效; 西镇高速公路

西乡至镇巴公路是陕西省境内的一条高速公路,全称为西乡—镇巴高速公路,简称“西镇高速”。它是省级高速公路古镇线的重要组成部分。项目实施后,对完善区域路网结构,增强区域路网的安全迂回,提升汉中东南部区域与周边路网的衔接力,实现“县县通高速”的规划目标具有重要的作用。长期以来,受秦岭和巴山的阻隔,陕南的交通十分落后,与外界的联系受到严重制约,经济社会发展缓慢,经济基础薄弱,尤其是山区群众生活十分落后。与湖北十堰至甘肃天水的高速公路相接,这对带动陕南经济社会发展将发挥重要作用。

1 公路建设项目概况

西乡至镇巴线是陕西省高速公路网规划中18条联络线之一,为汉中市东南部的一条纵贯南北、联系陕川两省的交通运输大通道,实现包茂、十天两条国家高速公路交通的快速转换。被列为陕西省重点交通乡村振兴项目的西乡至镇巴高速公路,由陕西高速集团和汉中市政府共同建设(图1)。以下是对其七大亮点的进一步阐述:亮点一:战略意义深远。作为陕西省综合交通运输“十三五”规划的重

要组成部分,该项目是实现“县县通高速”目标的关键一环,对于促进陕南地区与关中、陕北的协调发展,加快区域经济一体化进程具有不可估量的价值。它不仅是交通动脉,更是经济发展的催化剂。亮点二:交通便捷性显著提升。项目极大地缩短了汉中东南部至镇巴县的通行时间,结束了镇巴县无高速公路的历史,极大地提升了区域交通的便捷性和通达性。这不仅方便了当地居民出行,也为物流运输、旅游开发等提供了强有力的支撑。亮点三:助力乡村振兴。高速公路的建成将极大地促进沿线地区的经济发展,特别是为农产品外销、旅游资源开发等提供了更加便利的条件。这对于改善山区人民的生活条件,推动乡村振兴战略的深入实施具有重要意义。亮点四:绿色生态走廊。项目在建设中高度重视生态环境保护,通过科学合理的路线选择和景观设计,力求在保障交通功能的同时,最大限度地减少对自然环境的破坏。公路两侧的绿色植被不仅美化了环境,也为野生动物提供了迁徙通道,实现了人与自然和谐共生的美好愿景。亮点五:投资规模与工程难度。项目总投资高达71.48亿人民币,工程任务艰巨,技术

难度高。其投资规模和建设难度在全省乃至全国范围内都名列前茅,充分展示了陕西省在交通基础设施建设方面的雄厚实力和坚定决心。亮点六:高科技应用与安全保障。项目在建设中广泛应用了先进的高科技手段,如智能监控系统、自动化施工设备等,不仅提高了施工效率和质量,也为后续运营提供了坚实的安全保障。同时,管理团队具备丰富的工程管理经验 and 强大的技术开发能力,为项目的顺利实施提供了有力保障。亮点七:高比例桥隧工程。全线桥隧比例高达91.8%,是陕西省乃至全国桥隧比例最高的高速公路之一。这不仅体现了项目在复杂地形条件下的建设能力,也充分展示了我国在山区高速公路建设领域的先进技术和丰富经验。高比例的桥隧工程不仅减少了对自然环境的破坏,还提高了公路的通行能力和安全性。

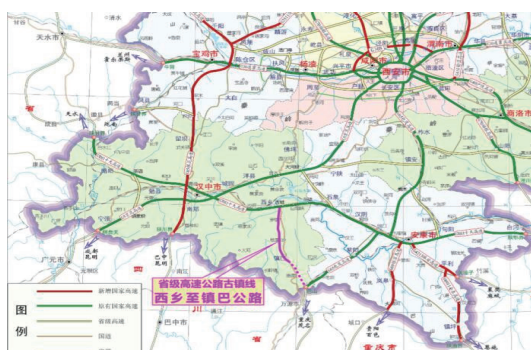


图1 西乡至镇巴高速公路(舒洪涛,纪金刚/摄影)

2 西乡至镇巴高速建设中水土保持的成功经验和效果

高速公路水土保持生态工程建设对当地生态、人文环境和区域社会经济发展具有重要意义。以西乡至镇巴高速公路为例,其在建设过程中注重水土保持,采取了多项有效措施。如依法管理,强化目标考核;环水保与主体工程同步实施;采用先进管理模式和施工技术;并优化水保方案设计,推广先进技术。这些具体措施的实施,不仅有效控制了水土流失,而且还提升了生态效益和经济效益。

2.1 西乡至镇巴高速建设中水土保持的成功经验

在西乡至镇巴高速公路项目的建设过程中,水土保持工作作为关键一环,取得了显著成效。这些成功经验的总结,不仅为当前项目提供了宝贵的参考,也为未来类似工程提供了可借鉴的模式。以下是本项目水土保持工作的主要成功经验:

2.1.1 依法管理,强化目标考核

2.1.1.1核心策略:依法加强水土保持管理,实施年度目标考核,确保责任落实。

2.1.1.2实施细节

(1)法制化管理:严格遵守《中华人民共和国水土保持法》等相关法律法规,确保水土保持工作的合法性和规范性。

(2)目标责任制:将水土保持目标责任纳入政绩考核体系,对措施得力的单位给予奖励,对措施不力的单位进行通报并限期整改。

(3)组织架构:成立由项目领导担任组长的生态环保工作领导小组,明确各部门、各单位的职责,确保工作有序推进。

(4)管理成效:通过法制化管理和目标考核,有效提升了水土保持工作的执行力和效果,为项目顺利推进提供了坚实保障。

2.1.2 环水保与主体工程同步实施

2.1.2.1核心策略:坚持环境保护与主体工程“三同时”原则,即同时设计、同时施工、同时投产使用。

2.1.2.2实施细节

(1)规划先行:在项目初期就制定完善的水土保持方案,并将其纳入总体建设规划。

(2)同步施工:在主体工程施工过程中,同步开展水土保持设施建设,确保两者相互协调、相互促进。

(3)现场管理:加强施工现场管理,确保环保措施与主体工程同步实施,避免出现环保滞后现象。

(4)管理成效:通过环水保与主体工程的同步实施,有效避免了施工过程中的环境污染和水土流失问题,保障了项目区域的生态环境安全。

2.1.3 采用先进管理模式和施工技术

2.1.3.1核心策略:借鉴国内先进管理经验和模式,采用现代化工程施工技术。

2.1.3.2实施细节:

(1)管理模式:构建一整套先进、规范的管理模式,涵盖前期工作、施工招标、监理选择、施工组织、管理、监督、合同管理和财务管理等各个环节。

(2)施工技术:采用系统工程原理和方法进行施工布局和方法设计,减少施工对地表的影响。

(3)区域和时间:使用现代化机械设备提高施工效率,减少施工扰动地面面积和时间。

(4)管理成效:通过先进的管理模式和技术手段的应用,不仅提高了施工效率和质量,还有效减轻了工程建设造成的水土流失量。

2.1.4 优化水保方案设计,推广先进技术

2.1.4.1核心策略:优化水土保持方案设计,积极推广和应用先进技术。

2.1.4.2实施细节:

(1) 方案优化:在高速公路设计和施工过程之中,注重主体建设与水土保持相结合的原则,根据各施工场地的特点进行优化设计和施工,是确保项目可持续发展的重要策略。

(2) 技术革新:针对复杂地质条件和施工难题,成立科技攻关小组开展技术革新和工艺改进。如西乡隧道通过导洞增加掘进掌子面等创新方法有效缩短了施工机械扰动地表的时间。

(3) 管理成效:通过优化水保方案设计和推广先进技术,不仅提高了工程建设的科技含量和防治效果,还实现了费省效宏的目标。同时,也为类似工程提供了可借鉴的技术和经验。

2.2 西乡至镇巴高速建设中水土保持达到的效果

2.2.1 建设理念方面

2.2.1.1 贯彻水土保持理念,利用高科技技术,全面提升高速公路选线工作的质量

在高速公路规划建设中,做好相应的选线工作,不仅能够提高各项资源的利用率,还能够保证高速公路的整体施工质量。高速公路的选线工作是一个复杂且精细的过程,尤其在地形地质条件复杂的区域,如西乡至镇巴高速公路穿越秦岭山区的情况。在初步规划阶段,需要确定路线的大致范围,即路线规划带。对于西乡至镇巴高速公路而言,由于其穿越秦岭山区,地形地质条件复杂,因此在确定路线规划带时,需要充分考虑到这些特殊因素,确保路线能够避开重大地质灾害风险区,同时尽可能减少对生态环境的影响。在选线阶段,需要进一步确定路线的基本位置,西乡至镇巴高速公路由于其特殊的地理环境,选线工作尤为重要。在线形设计阶段,需要根据已确定的基本位置进行详细的线形设计,以确定路线的最终位置。西乡至镇巴高速公路由于其地形地质条件的复杂性,线形设计工作尤为关键。在这一阶段,需要充分考虑到路线的平纵配合、视距要求、超高加宽等因素,确保路线能够满足行车安全和舒适性的要求。

2.2.1.2 将新生态保护理念融入高速公路建设全过程,注重环保,实现绿色建设

生态高速公路理念的提出,旨在突破传统的高速公路设计理念,它更注重环境保护和可持续发展,不仅关注道路的功能性和安全性,还强调生态环境的保护。

近年来,人们对生态环境的保护意识不断增强,特别是党的十八大以来,党中央对生态环境保护作出了重要部署,把“绿色”作为五大发展理念,习近平总书记提出“绿水青山就是金山银山”的科学论断,2018年7月,国务院印发了《打赢蓝天保卫战3年行动计划》,我国对生态环境的保护不断得到推进,各行各业都在积极践行这一论断,高度重视生态环境保护,高速公路作为国家重要基础设施建设的一部分,生态环境的环保工作任重而道远。西乡至镇巴高速公路从项目开始之初就定位了建设“生态环保路、乡村振兴攻

坚路、科技示范路”和“二十一世纪生态环保样板路”的战略目标。

西乡至镇巴建设管理处从选线、设计,一直到施工生态环境保护都给予了极大的重视。中铁五局西乡至镇巴高速公路五标项目经理刘治勃介绍道:“西镇高速整个项目对我最直观的感受就是艰难险阻,施工大多数是在深山老林无人区,没有网络信号。让我记忆深刻的就是2019年的特大洪水,当时对施工材料、设备冲毁较严重,导致停工1个多月,增加了施工难度。虽然艰难,但是我们依然按照建成一条生态公路、环保公路的要求,在施工的同时做好当地水土保持工作。”西镇高速的建设者们坚持不破坏就是最大保护的原则,在设计施工中,将环水保工作与工程建设同安排、同部署,专门引入第三方环水保监理单位,对建设期生态环境保护进行全方位、全天候监督管理。他们加强了水源和自然环境的保护,采用零进洞施工,合理规划弃渣场位置,广泛应用LED智能照明系统,实现了工程建设与生态环保工作的同步稳定推进。这些举措不仅体现了生态高速公路理念的核心价值,也为未来的高速公路建设提供了宝贵的经验和借鉴。

2.2.1.3 始终坚持问题导向,不断强化水土保持理念,并加大培训力度

西乡至镇巴建设管理处紧紧围绕“尊重自然,注重预防,强化治理,打造绿水青山,推进水土流失防治体系和防治能力现代化”总体目标,坚持问题导向,强化责任担当,加快综合治理进度,创新监管方式,狠抓工作落实,推动水土保持各项工作取得显著成效。提升项目参建人员的环水保业务知识水平和技能,为项目建设环水保工作正常有序开展奠定了基础。以“普及水土保持法、重视水土保持法、遵守水土保持法”为目标,自项目开工以来,2018、2019、2020年连续3年,管理处坚持每年一次集中培训,针对项目特点、当年工程建设安排、环水保工作重点、面临的形势和任务等,有针对性的精心编写培训材料,制作课件,提高培训教育的针对性和实用性。在做好集中培训的同时,要求各施工单位对项目部工程管理人员、作业队伍进行二次培训,开工建设以来,累计2000多人次参加了培训,做到培训教育全覆盖,确保培训效果(图2)。

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中,我们始终坚持问题导向,紧紧围绕管理需求,大力推进水土保持信息化应用,并取得了实质性进展。为了确保水土保持工作的有效性和透明度,我们邀请了行业主管部门和新闻媒体进行监督,共同参与水土保持工作。建设管理处特别邀请了陕西省水保局、电视台和报社等单位,召开了西乡至镇巴高速公路水土保持及环境保护座谈会。通过这一平台,我们与各方进行了深入的交流和探讨,分享了在水土保持方面的经验和做法。同时,我们也积极听取各方的意见和建议,不断完善和优化水土保持方案。通过加大行业主管部门的

行政和媒体监督等手段，我们共同致力于西乡至镇巴高速公路项目建设的环境保护和水土保持工作。现在看来，这些努力基本上实现了预期目的。我们成功地将水土保持工作与工程建设紧密结合起来，确保了生态环境的安全和稳定。同时，我们也为未来的高速公路建设提供了有益的借鉴和参考，推动了整个行业的可持续发展。

2019年3月西乡至镇巴高速公路古镇管理处邀请专家对全线监理、施工单位进行环水保业务知识专题培训，授课专家对环水保政策及面临的新形势、新要求和新提法进行了阐述，同时立足项目，以PPT课件演示，图文并茂、深入浅出，重点对目前项目建设中存在的环水保问题，以及项目竣工环保和水保验收等注意事项进行了详细讲解。



图2 组织施工单位进行环水保专项培训(舒洪涛, 纪金刚/摄影)

2.2.2 工程设计方面

2.2.2.1 提高桥隧比例，减少对环境的扰动和开挖

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中，我们始终注重提高桥隧比例，以减少对环境的扰动和开挖。全线桥梁和隧道比例高达91.8%，这属于典型的特殊复杂地形条件下的山区高速公路。作为陕西省高速公路网规划中18条联络线之一古镇高速的重要一段，西乡至镇巴高速公路北接十天高速，南连包茂高速，构成了西北连接川渝、华南和东南地区的高速公路大通道。在设计过程中，始终贯穿“多打隧道多架桥、多砌挡墙护边坡、少挖少取保耕田，隧道上桥梁下照样耕作或绿化”的主导思想。虽然这种设计会使工程直接费用增大，但对于保护好环境却有着积极而深远的战略意义。我们尊重自然、保护自然、恢复自然，力求在最大程度上减少大开挖、大回填，尽量保持山川生态原貌。在主线绿化工程设计时，以植被恢复、环境美化为目标，结合山川自然地貌，力求保持原有生态环境。采用当地适宜生存的特色树种实施绿化工程，因地制宜地进行绿化与美化，将项目建设融入当地人文环境，充分展现地方特色和区域风貌。这些举措的实施，不仅在西乡至镇巴高速公路的建设中起到了关键的作用，还显著提升了道路的美观度和使用舒适度。

2.2.2.2 致力于采取原地貌恢复措施，力求将建设项目对自然生态的干扰降至最低程度

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中，我们始终秉持“绿水青山就是金山银山”的理念，将生态环保作为项目建设的重要一环。为了实现这一目标，我们积极采取原地貌恢复措施，努力使建设项目对自然生态的影响减少到最低程度。

我们深知建设生态文明是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。因此，致力于修建一条心怀大爱的“生态环保路、乡村振兴攻坚路、科技示范路、绿水青山路”，这是国家交给我们的任务，也是我们义不容辞的责任。

西乡至镇巴高速公路穿越国家生态保护区和南水北调中线水源地，环水保要求高、压力大。为此，我们在项目建设全过程中将生态环保与工程建设同安排、同检查、同落

实，建立和完善了全线生态环保管理体系，确保工程建设与生态环保工作稳步推进。

为了加强生态环保监管，我们创新引入第三方水土保持监测监理单位全程监管。同时，我们还编印了水土保持和环境保护应知应会手册，坚持全员全过程生态环保专项培训，提高全体员工的环保意识和技能水平。此外，我们还组织开展了“呵护泾洋河，共建环保路”志愿活动，进一步弘扬生态环保理念。

西乡至镇巴高速公路项目沿泾洋河河谷布设线路，河谷山大沟深，地形狭窄，穿越无人区。针对这些特点，我们采取了多项措施来减少对自然生态的影响。首先，对项目桥梁工程进行了长达38.1km的设计和施工，以确保桥梁的稳定性和安全性。其次，我们对河道内弃渣进行了分阶段清理，其中XZ-05、06合同段辖区内河道于2020年5月中旬经西乡、镇巴两县政府水利部门验收合格。此外，我们还二次利用隧道弃渣补充路基原材料，优化弃渣场建设以防止水土流失。最后，我们还开展了河道清理、裸露边坡复绿复垦等工作，将建设绿色公路理念贯穿始终。

通过以上措施的实施，成功地将建设项目对自然生态的影响减少到了最低程度。将继续秉持“绿水青山就是金山银山”的理念，为建设美丽中国贡献自己的力量。

2.2.2.3 强化工程防护和生物防护的有机结合，尽可能增加植被面积

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中，我们始终注重强化工程防护和生物防护的有机结合，以尽可能增加植被面积。在满足工程安全的前提下，西乡至镇巴建设管理处着重强调这一点，并采取了多种措施来实现这一目标。对于路基边坡，在不受河溪冲刷影响的情况下，积极采用网格、拱型护坡等其他防护形式，并结合植物防护。这些措施不仅能够有效地防止边坡的水土流失，还能够增加植被面积，提升道路的美观度。对于挖方段，采用了低挡墙加网格、拱型等工程防护和生态防护相结合的方式。在结构物周围种植一些爬藤植物，使植物上爬和垂吊，既起到了防护作用，又美化了环境。这种设计不仅体现了我们对生态环境保护的重视，也展示了我们在工程防护和生物防护方面的创新思维。通过这些举措，我们成功地将工程防护和生物防护有机地结合在一起，既保证了道路的安全性和稳定性，又增加了植被面积（见图3）。



图3 西乡至镇巴高速公路美化环境效果(舒洪涛, 纪金刚/摄影)

2.2.2.4. 优化设计方案，注重水土保持及环境保护

西乡至镇巴高速公路土石方开挖量达到521.17万 m^3 ，回填量仅为217.25万 m^3 ，而弃方量则高达303.92万 m^3 。全线设置弃渣场9处，总占地面积36.41 hm^2 ，设计堆渣量423.00万 m^3 ，弃渣总量299.02万 m^3 ；全线布设预制梁场27处、搅拌站27处、小型构件预制场9处、路面拌合站2处。西乡至镇巴高速公路在路基工程防治区，施工前预先将土质较好、腐殖质含量高的表层土剥离，集中堆放，并采用防尘网苫盖。受水力侵蚀地段路线两侧则布设边沟、截水沟、排水沟等排水工程防治措施。施工结束后，路基两侧施工迹地进行土地平整，农田段落回覆表土、撒播草籽恢复植被。在桥梁工程防治区，施工前预先将表层土剥离，集中堆放，并采用防尘网苫盖。桩基础施工时设置沉淀池沉淀泥浆。施工结束后对施工迹地进行土地平整。在隧道工程防治区，施工过程中设置相应截排水沟排导隧洞洞脸上游汇水，与自然沟道、排水渠系顺接连通，形成联合排水系统。同时在排水沟出口处设计沉砂池，并对洞口上方稳定边坡设置砌石护面。

西乡至镇巴高速公路的设计始终秉持着“统筹兼顾、

效益优先、适度超前、突出创新、注重环境保护、坚持高质量发展”的原则。这些原则不仅指导了公路建设的全过程，也确保了公路建设与生态环境保护的协调统一。在设计中，我们始终贯穿了“多打隧道多架桥、多砌挡墙护边坡、少挖少取保耕田，隧道上桥梁下照样耕作或绿化”的主导思想。这一主导思想充分体现了我们对生态环境保护的重视，也展示了我们在工程设计中的创新思维。为了确保水土保持设施的科学性和有效性，我们特别委托了水利部水土保持生态工程技术研究中心对西乡至镇巴高速公路的水土保持设施进行了技术评估。这一评估为我们提供了宝贵的意见和建议，有助于我们进一步完善和优化水土保持方案。同时，汉中市和有关县水土保持监督站也从项目开工之初就积极行使了监督检查职责。他们及时发现和解决了施工中的问题，确保了水土保持工作的顺利进行。

2.2.2.5 保护沿途自然生态，实现环境和谐

西乡至镇巴有国家Ⅰ级保护动物有虎(彪)、金钱豹(豹)、云豹(艾叶豹)、金雕(见图4)、梅花鹿、羚牛、白鹤。国家Ⅱ级保护动物有：黑天鹅、黑熊、金丝猴、青猴、猕猴(黄猴)、獐、鬃羚(明宗羊)、班羚(灰色羊、青羊)、林麝(獐子、香子)、豺(豺狗)、大灵猫(七节狸)、金猫、小灵猫(九节狸)、白冠长尾雉(花鸡)、红腹角雉(娃娃鸡)、勺鸡(憋鸡)、红腹锦鸡(金鸡)、猓、水獭、隼形目(鹰类)所有种；鸢形目(猫头鹰类)所有种；大鲵(娃娃鱼)。省重点保护动物有：野猫(豹猫)、秦巴北鲵……充分考虑野生动物保护和自然保护区的完整性，预留动植物逃生和迁徙通道。

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中，我们始终将生态保护放在首位，充分考虑了野生动物保护和自然保护区的完整性。为了避免高速公路建设过程以及建成后对自然保护区造成分割、影响野生动物的生存环境，采取了绕开保护区、增加投资的措施。这些措施确保了自然保护区的完整性，减少了高速公路建成后对朱鹮等野生动物生存和生活的影响。同时，也尽量减少了对土地和自然植被的扰动。在设计和施工过程中，预留了动植物逃生和迁徙通道，实现了环境和谐。这些举措不仅体现了对生态环境保护的重视，也展示了在工程设计中的创新思维。通过这些努力，成功地将西乡至镇巴高速公路建设成了一条与生态保护和谐共生的绿色之路。这条道路不仅为人们的出行提供了便利，而且是生态之

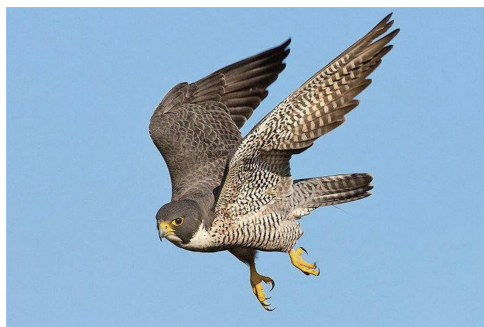


图4 国家Ⅰ级保护动物—金雕(舒洪涛, 纪金刚/摄影)

路、振兴之路、乡土人文之路，为当地的长期发展奠定了坚实的基础。

2.2.3 工程建设方面

2.2.3.1 认真开展调查研究, 努力找准调研方向

西乡至镇巴高速公路建设负责人多次到现场实地勘察、规划，认真研究造地方案，详细制定了相关的造地标准和原则。古镇管理处便结合沿线实际情况，对路堤路堑边坡、截排水沟、弃渣场、中央分隔带及路基两侧绿化等进行专项设计，确保每处扰动地表均有针对性措施防治水土流失，保护生态环境。在施工过程中，路堤路堑开挖后立即进行综合防治，弃渣场按照“先挡后弃、分级弃渣、分层碾压、排水畅通”的原则弃渣，做到了生态环保工程措施与主体工程同时施工，施工沿线的生态环境得到了有效的保护(见图5、图6)。

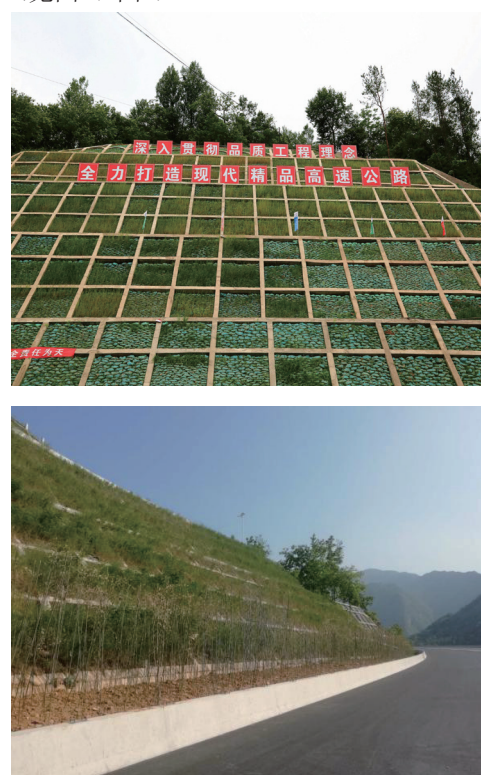


图5 及时对开挖的路堤路堑边坡采取工程及植物防护措施(舒洪涛, 纪金刚/摄影)





图6 弃渣场、中央分隔带绿化进行专项设计(舒洪涛, 纪金刚/摄影)

2.2.3.2 充分利用弃渣, 力求实现挖填平衡

对剥离的表土规范存放, 用于后期弃渣场等临时用地的复垦。对隧道、路基开挖产生的弃渣, 检验后符合质量要求的, 加工成碎石、片石等地材, 或用做路基填方, 西乡至镇巴高速公路项目累计利用隧道洞渣96.8万 m^3 , 有效的降低了弃渣对环境的污染。

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中, 我们注重资源的循环利用, 特别是对于弃渣的处理。通过将弃渣加工成机制砂, 我们将其广泛应用于隧道衬垫和装修等工程中。这一举措不仅减少了弃渣量, 也减轻了弃渣对土地资源的占压。具体来说, 在午子山收费站、午子山服务区、罗镇收费站、杨家河收费站、镇巴北收费站(含交警营房)及沿线隧道配套房等工程中, 我们都充分利用了弃渣。这些工程的实施, 不仅完善了公路功能, 也在一定程度上改善了当地居民的民生问题。

午子山服务区位于汉中市西乡县罗镇附近, 占地8.6 hm^2 , 总建筑面积达5533.72 m^2 。按照“大于120天”劳动竞赛计划, 施工单位加大投入, 仅用4个月即实现全线房建主体工程封顶。在建设及运营过程中, 积极推广弃渣的循环利用, 成功将弃渣利用率提高至70%以上。午子山服务区不仅建设高效, 而且在环保方面也做出了积极贡献, 提高了资源的利用率。

2.2.3.3 为了最大限度的保护原始地貌, 避免工程破坏

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中, 我们始终将原始地貌的保护放在首位。为了避免工程破坏, 西镇管理处始终坚持“不破坏就是最大保护”的原则。这一原则指导了我们的整个设计和施工过程。

项目路线基本沿泾洋河设线, 这样可以减少对山体的开挖, 从而最大限度地保护原始地貌。同时, 我们也大量采用了纵向桥梁来替代传统的横向桥梁, 这样不仅可以减少山体开挖, 还可以提高道路的稳定性和安全性。

在隧道设计方面, 我们遵循了“零开挖”的设计理念。这意味着我们在设计隧道时, 尽可能地避免对山体的开挖, 而是通过其他方式来实现隧道的建设。这种方式不仅

可以保护原始地貌, 还可以减少对自然环境的破坏。

为避免施工单位进场后修建施工便道, 边坡开挖破坏生态环境, 管理处投资1.6亿元人民币, 采取施工便道与地方道路永临结合的方式, 按照四级公路标准修建施工便道34.4 km , 建成的施工便道后期可用作地方通村公路使用, 减少临时用地6.7 hm^2 。

2.2.4 植被建设方面

2.2.4.1 严格保护原生植被, 尽量减少建设破坏, 保土保水

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中, 我们始终将生态保护放在首位。为了最大限度地保护原生植被, 我们尽量减少了建设破坏, 并采取了有效的保土保水措施。我们深知地表基底的稳定性对本工程的恢复至关重要, 因为地表基底(地质地貌)是这个生态系统发育与存在的载体。若基底不稳定(如滑坡、崩塌、坍落等), 就不可能实现生态系统的持续演替和发展。

在西乡至镇巴高速公路项目中, 我们使用了共计45.3582 hm^2 的林地, 但我们都尽可能地保护了原始地貌, 控制了开挖面, 避免了工程破坏。我们始终坚持“不破坏就是最大保护”的原则, 项目路线基本沿泾洋河设线, 大量采用纵向桥梁减少山体开挖。在隧道设计方面, 我们遵循了“零开挖”的设计理念, 注重与自然环境的和谐统一。

西乡至镇巴全线路基开挖挖掉路域原有树木, 建设管理处组织施工单位全部假植, 待路基建设好后全部栽植。对施工开挖造成的裸露坡面, 进行植物防护, 要求防护工程完工一处复绿一处, 立即采取植物防护措施, 采用栽植乔、灌木和撒播草籽等方式进行防治, 恢复边坡生态, 防止水土流失(见图7)。

在西乡至镇巴高速公路的设计阶段, 我们充分考虑了环保和水土保持等因素。根据地质地貌和植被分布的实际情况, 我们对设计方案进行了分段优化。项目路线基本沿泾洋河设线, 大量采用纵向桥梁以减少山体开挖, 确保设计注重与自然环境的和谐统一。为了防止桥面雨水直排进入河道污染水体, 我们专门设计了一套桥面雨水集中、沉淀、处置于一体的雨水径流收集系统。这一系统能够有效地收集和处理桥面雨水, 减少对周边水体的污染。通过这些精心设计和施工措施, 我们在西乡至镇巴高速公路的建设中实现了对生态环境的最大保护。



图7 对施工开挖造成的裸露坡面进行植物防护(舒洪涛, 纪金刚/摄影)



挂网喷播植草



骨架植草护坡



骨架植生袋种草+布鲁克网



布鲁克网护面

图8 构筑绿色生态走廊效果(舒洪涛, 纪金刚/摄影)

总的来说,我们在西乡至镇巴高速公路的建设中,不仅注重道路的功能性和安全性,更注重与生态环境的和谐共生。我们通过科学的设计、合理的施工和严格的管理,尽量减少对植被的破坏,比如避免在植被茂盛的地方进行大规模建设。对于那些已经受到破坏的植被,我们要积极进行恢复和重建,让它们重新焕发生机。

2.2.4.2重视物种选择,实现人工建植植被与自然植被的和谐演替

西乡至镇巴高速公路全线植乔灌木4147株,绿化10.17hm²,植草8.60hm²,撒播草籽306.60kg。

第一,绿化和植被恢复在物种选择方面充分结合沿线的气候及区域的土质特点选取合适的苗木和草种,坚持适树(草)适地的原则,这样既实现了“四季常绿、三季有花”的设计目的,也实现了物种种类多、乡土树草种占优势的特点。选择的树草种中,当地品种占到70%以上,这些树草种在当地能够自我繁衍更新,可持续性强(图8)。

其次,这些当地物种能够与另外一些物种构成有序群落,有利于植被演替健康有序发展。最后,与周围的植被形成一种和谐的环境,实现生态安全。实现了陕西省政府、省交通厅提出了要把该路段建设成为“生态环保路、乡村振兴攻坚路、科技示范路”的战略目标。

2.2.4.3有力的推动了全线绿化,促进了退化生态系统恢复

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中,我们高度重视边坡生态防护技术的科技含量,这是边坡绿化防护工程成败的重要环节。边坡生态防护技术涉及到工程力学、岩土力

学、地质水文学、土壤肥料学、生物学、园艺学、景观生态学等多个学科领域。为此,我们不断在这些理论领域寻求突破,努力引进和开发新材料、新工艺及配套施工机械设备。我们充分吸收新的科研成果、先进技术和工程施工经验,注重行业间的技术交流与合作。

西乡至镇巴高速公路全线的绿化目标是修复山体、消除隐患、美化环境、恢复生态、保持水土,实现资源利用、环境保护和景观效果的统一。为了确保绿化和植被恢复的效果又好又快,我们吸收借鉴了国内外高速公路绿化和植被恢复的经验和教训。我们尽可能采用新技术、新材料、新方法、新理念和新模式,以实现绿化和恢复的快速发展。

在全线的绿化和恢复工程中,我们大量采用了三维网垫、植生袋、布鲁克网等新材料,以及挂网喷播、拱形护坡等新技术。我们还引入了消除种间竞争、平衡坡面上中下水分养分的新理念和植被建植模式。这些措施不仅提高了边坡的稳定性和生态功能,还美化了环境。

2.2.5 工程建设管理方面

2.2.5.1依据法律法规,进行监督管理

依据《中华人民共和国水土保持法》及水利部5号令的具体要求,开工伊始,管理处就成立了环水保工作领导小组,各监理、施工单位也分别成立了相应机构,实现了环水保工作全员参与、全面监管。同时引入环保监理、水保监理、环境监测、水保监测4个第三方专项监理单位,组织开展项目建设环水保工作,切实提高了项目建设期环水保的管控。施工阶段,对剥离的表土进行集中规范存放,用于后期弃渣场等临时用地的复垦;隧道弃渣二次利用作为路基填料或生产碎石材料,有效降低了弃渣对环境的污染;设立危废暂存库,将施工产生的危废物集中分类存放,统一专业处理;对开挖的山体及时进行复绿,路基边坡施工,采用生态防护方案;拌合站设置五级沉淀池,场地内的废水经过沉淀后循环利用,严禁外排污染水体;临建设施选址建设尽可能在红线范围内,减少临时用地,节约土地资源;施工结束后,及时对河道内临时设置的桩基施工平台、便道、栈桥等进行拆除清理,恢复河道生态;临时用地按照“用完一处、恢复一处、移交一处”的原则,及时对已使用结束的临建设施进行拆除,恢复临时用地;弃渣场按设计要求及时进行治疗,防止水土流失。

2.2.5.2 细化水土保持措施，认真组织落实

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中，我们高度重视水土保持和环境保护工作。在水土保持方案获得批复之后，我们细化了水保措施，并认真组织落实。我们严格坚持水土保持及环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”原则。从设计、施工、管理、监督等各个环节入手，我们细化了水保措施，加强了水土保持工作。

在日常管理工作中，我们要求各项目组及时邀请公路设计部门、当地政府及相关业务部门，对原公路设计部门设计的取土场、弃渣场进行现场调查。我们选择合理的位置，想尽办法将公路建设对环境和水土的影响降低到最小程度。

项目路线基本沿洋河设线，大量采用纵向桥梁减少山体开挖，设计注重与自然环境和谐统一。为了防止桥面雨水直排进入河道污染水体，我们专门设计了一套桥面雨水集中、沉淀、处于一体的雨水径流收集系统。这一系统能够有效地收集和处桥面雨水，减少对周边水体的污染。

通过这些精心设计和施工措施，我们在西乡至镇巴高速公路的建设中实现了对生态环境的最大保护。

2.2.5.3 开展文明工地建设，降低公路建设水土流失损失

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中，我们高度重视文明施工和环境保护工作。为了确保施工现场的整洁有序和安全规范，我们在进入工地的入口处放置了“五牌一图”。这些标牌包括工程项目简介、工程项目责任人员名单及监督电话牌、安全生产制度牌、消防保卫制度牌、文明施工和环境保护制度牌以及施工总平面布置图。通过这些标牌的设置，我们向所有进入工地的人员展示了工程的基本信息和相关制度规定。这有助于提高大家的安全意识和环保意识，确保每个人都能够遵守相关规定，共同维护施工现场的秩序和环境。同时，“五牌一图”也是我们对外展示企业形象和管理水平的重要窗口。它们体现了我们对工程质量和安全的严格要求，以及对环境保护的重视和承诺。总的来说，“五牌一图”公示制度是我们在西乡至镇巴高速公路建设中实施的一项重要措施。它不仅有助于提升施工现场的管理水平，还能增强公众对我们项目的信任和支持。

西乡至镇巴高速公路建设管理处综合监控分中心却坚持编排着构图活泼、内容丰富的黑板报编排工作。综合监控分中心每季度的黑板报编排宣传工作，都要利用三四天时间，从确定主题、合理布置到精心构图、认真书写，让监控板报旧貌换新颜的同时，也让每一期的黑板报成为了传递的信息、希望和力量的媒介。

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中，我们始终要求施工单位坚持文明施工和安全生产的原则。我们强调工完料净地清的重要性，确保施工现场整洁有序。对于各种粉状材料，我们采取了遮盖和洒水措施，以保证存放和运输过程中不扬尘、无烟雾。在挖方土石、取弃土及垃圾废料的处理方面，我们严格遵循环保规定进行防治。同时，我们也严格控制施工噪音和振动，以减少对周边环境的影响。

此外，我们还严禁施工单位向水源中排放钻渣、油污等物质。生活污水或垃圾也需按照环保规定进行处理，严禁污染水体。通过这些严格的措施，我们在西乡至镇巴高速公路的建设中实现了对生态环境的最大保护。

2.2.5.4 政府和环保部门联合协作，加强监督管理

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中，政府和环保部门紧密联合协作，共同加强监督管理。我们进一步加大了与地方政府、地方水保、环保部门的协作力度，主动接受地方主管部门的监督与指导。同时，我们也配备了相应的环保设施和技术力量，以确保项目的顺利进行。

通过与沿线各界群众的合作，我们取得了他们的理解和支持。我们早谋划、设计好改革方案，理清可能面临的一些障碍性因素，共同把西乡至镇巴高速公路工程的环保和水土保持工作管好、做好。最终，我们的目标是实现争创生态样板路的目标。

在公路建设期间，西乡至镇巴高速公路建设管理处多次邀请省水保局、环保局领导及沿线市县水保部门到建设施工现场进行检查指导工作。他们为我们的水土保持及环境保护工作提供了宝贵的意见和建议，帮助我们更好地完成项目任务。

总的来说，政府和环保部门的联合协作是我们在西乡至镇巴高速公路建设中取得的重要成果之一。它不仅有助于提升项目的环保水平。

2.2.6 乡村振兴方面

西乡至镇巴高速公路的建设不仅是为了解决交通问题，更是为了全力助推沿线地区的乡村振兴。项目所在的西乡县是省级贫困县，而镇巴县则是国家级深度贫困县。建设这条高速的目的之一就是实现我省“十三五”末“县县通高速”的规划目标，为两县的乡村振兴注入新的动力。

作为交通乡村振兴的重点项目，西乡至镇巴高速公路也是镇巴改善民生的“头号工程”。它的建成通车为当地群众出走深山、连通八方创造了安全便捷的交通条件。这条高速连接了陕西的西乡、镇巴两个国家级贫困县，使得原本偏远的地区得以融入更大的经济圈。

2020年全线建成通车后，西乡至镇巴高速公路将与湖北十堰至甘肃天水的高速公路相接，这对带动陕南经济社会发展将发挥重要作用。这条高速公路的开通被当地群众誉为“福音”，它让孩子们有了更多机会走出大山，去看看外面的世界，实现了“天堑变通途”的梦想。

对于巩固秦巴山区群众的乡村振兴成果，促进陕南经济社会发展，西乡至镇巴高速公路具有十分重要的意义。它使29万镇巴人民迈步踏上幸福生活的“快车道”。在建设过程中，我们高度重视农民工的工资支付问题，确保他们的合法权益得到保障。截至目前，我们已经支付了23次农民工工资，涉及农民工5300余人，发放金额达到2.99亿元人民币。

总的来说，西乡至镇巴高速公路的建设不仅是一项交通工程，更是一项重要的民生工程 and 乡村振兴工程。它将为沿线地区带来更加美好的未来。

3 高速公路建设存在问题和通车后弃渣场治理的难度

3.1 高速公路建设存在的问题

高速公路作为现代交通基础设施的重要组成部分,是在普通公路的基础上,利用新的科技成果发展起来的产物。它是衡量一个国家公路交通运输和汽车工业现代化水平的重要标志,具有机动灵活、周转迅速等优点。然而,在高速公路建设项目中,长期以来形成了重工程、轻生态的思想,导致在建设过程中造成了大量水土流失。具体表现在以下几个方面:

3.1.1 建筑路基产生裸露坡面或不稳定边坡

在高速公路的建设过程中,路基是整个工程的主线,通常涉及到开挖路堑或建筑路堤等作业。这些作业往往需要大量的挖土和填方,导致许多路基边坡成为裸露坡面或堆积边坡。这些人为裸露坡面或堆积边坡,由于表层几乎无植被覆盖,其地质稳定性较差,容易引发一系列问题。

首先,裸露坡面或堆积边坡在降雨等自然因素作用下,容易发生水土流失,进而影响路基的稳定性和安全性。其次,这些裸露坡面或堆积边坡在风化、侵蚀等作用下,可能导致岩石破碎、崩塌等地质灾害,对过往车辆和行人构成威胁。第三,裸露坡面或堆积边坡还可能破坏原有的生态环境,影响当地生物多样性和生态平衡。

因此,针对高速公路建设中路基裸露坡面或不稳定边坡的问题,我们需要采取一系列措施加以解决。这包括加强边坡防护、恢复植被覆盖、改善排水系统等。同时,我们还需要加强监测和预警机制,及时发现并处理潜在的安全隐患。只有这样,我们才能确保高速公路的安全畅通,为人民群众提供更加便捷、舒适的出行条件。

3.1.2 挖方取土对土地造成毁灭性破坏

在高速公路的建设过程中,挖方取土等作业对土地造成了严重的破坏。挖方取土作业在高速公路等基础设施建设中的确对土地造成了显著的破坏,这种破坏不仅限于土壤结构的改变,还涉及生态环境的广泛影响。

3.1.2.1 土壤结构改变

挖方取土导致岩土层被大规模挖掘、翻动和取土,这完全改变了原有土体的自然结构。岩土层的移动和变形可能引发地质灾害,如滑坡、泥石流等。以西镇高速为例,土石方开挖量达到521.17万 m^3 ,回填量仅为217.25万 m^3 ,而弃方量则高达303.92万 m^3 。这意味着大量土地被挖掘、翻动和取土,导致岩土层移动、变形,完全改变了原有土体的自然结构。这种破坏性的作业方式使得土壤植被系统几乎遭到毁灭性的破坏,对生态环境造成了极大的负面影响。

3.1.2.2 植被系统破坏

挖方取土作业对植被的破坏是毁灭性的,导致土壤植被系统几乎消失。植被的破坏不仅影响土壤的稳定性,还导致土壤侵蚀和养分流失。

3.1.2.3 生态系统退化

施工用地(如设备堆放场、弃渣场等)因压实、分隔、

挖损或践踏等原因,表土层与植被受到严重破坏。这种破坏导致地表自然生态系统退化,土地生产力降低甚至丧失。

3.1.2.4 水资源影响

挖方取土可能破坏地下水系,导致水源减少或水质恶化。土壤侵蚀和污染可能进入水体,对水生生态系统造成威胁。

3.1.3 引发区域水土流失

在高速公路的建设过程中,由于表土层抗蚀能力减弱和边坡地质不稳定,土地极易受到雨滴打击、水流冲刷、风蚀和重力作用的影响,从而产生严重的水土流失问题。这种水土流失不仅破坏了原有的生态环境,还使得受到生态破坏的土地成为新的水土流失源。

路基边坡部位是水土流失的高发区域,这些部位由于地质不稳定和缺乏有效的防护措施,随时有塌陷的可能。一旦发生塌陷,就可能引发山体坍塌、滑坡等严重后果,对过往车辆和行人构成极大的威胁。此外,水土流失还可能导致河流淤积,影响河流的行洪能力和水质,进而对周边生态环境和居民生活造成负面影响。

因此,道路建设已经成为引发区域水土流失的突出问题。为了解决这一问题,我们需要采取一系列措施。首先,要加强边坡防护和植被恢复工作,提高土壤的抗蚀能力和稳定性。其次,要优化施工方案,减少对土地的破坏和干扰。同时,还要建立完善的监测和预警机制,及时发现并处理潜在的安全隐患。

此外,我们还需要加强环保意识教育,提高施工人员的环保意识,确保在高速公路建设过程中最大限度地减少对生态环境的破坏。只有这样,我们才能有效防止水土流失问题的发生,保护好我们的生态环境和自然资源。

3.2 通车后弃渣场治理的难度

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中,弃渣场的水土流失问题不容忽视。弃渣场主要存在的水土流失形式包括面蚀、沟蚀和风蚀三种类型。为了有效防治这些水土流失问题,我们需要采取一系列措施。

3.2.1 弃渣场治理与水土保持设施的一致性

弃渣场的治理工作应与整个工程的水土保持设施紧密相连,确保两者在设计和实施上的一致性。在不影响工程整体设计的前提下,我们应积极采用工程措施与生物措施相结合的方式,以实现弃渣场的有效治理和水土保持。工程措施作为先导,能够迅速发挥其速效性和保障性,确保在工程建设期及完成后不发生大的水土流失。这些措施可能包括设置挡土墙、修建排水系统、进行地面硬化等,以有效防止弃渣的流失和扩散。同时,生物措施的辅助也是不可或缺的。通过种植适宜的植物,我们可以实现水土流失防止由被动控制到治理开发的根本转变。这些植物能够稳固土壤,减少水土流失,同时还能改善生态环境,提升土地的生产力。

3.2.2 弃渣场选址与防治措施

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中,弃渣场的选址和治理是至关重要的一环。为了确保弃渣场不会对周边环境和居民生活造成影响,我们需要在施工图阶段进行深入调查,并与当地政府进行充分协商,以确定弃渣场的具体位置。在选址过程中,我们特别需要注意以下几点要求:一是弃渣场的下方影响范围内不得有村庄和重要公共设施,以确保居民和公共设施的安全。二是弃渣场不得设置于崩塌、滑坡危险区的上方,以防止自然灾害的发生。三是堆渣高度不得超过邻近地面高度,以避免对周边环境造成压迫感或安全隐患。四是弃渣场边坡及堆置高度应符合《开发建设项目水土保持技术规范》的要求,以确保弃渣场的稳定性和安全性。

在西乡至镇巴高速公路的建设中,共有9个弃渣场。根据弃渣堆放的位置和地形情况,这些弃渣场可以分为沟头弃渣和顺沟弃渣两种类型。针对不同类型和位置的弃渣场,我们需要制定具体的防治措施和方案。对于沟头弃渣场,我们将重点采取工程措施,如设置挡土墙、修建排水系统等,以防止弃渣流失和扩散。同时,我们还将进行定期的巡查和维护,确保弃渣场的稳定性和安全性。对于顺沟弃渣场,我们将注重生物措施的应用。通过种植适宜的植物,我们可以稳固土壤,减少水土流失,并改善生态环境。此外,我们还将设置合理的排水系统,以确保弃渣场内的水分得到有效管理。

3.2.3 弃渣场堆弃原则

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中,弃渣场的选址和堆弃原则的制定是至关重要的。由于山高坡陡、施工条件复杂,弃渣场的选择和管理面临诸多挑战。为了确保弃渣场的合理性和可行性,同时最大限度地减少对环境和社​​会的影响,应遵循以下堆弃原则。一是综合考虑弃渣场的地理位置、地形地貌、容量以及与环境的协调性,确保选择不会对环境和社会造成负面影响。二是弃渣场的上游汇水面积不宜过大,以减少雨水汇集对弃渣场的冲刷力。三渣场的地形应口小肚大,库容量大,以便有效容纳弃渣并减少水土流失。四渣场应选择在岔沟、湾道下方和跌水的上方,且两端不能有集流洼地和冲沟,以确保弃渣场的稳定性。五是渣场地质结构应稳定,土质坚硬,以防止弃渣场发生滑坡、坍塌等地质灾害。五是对于有污染的渣,还需要考虑防渗漏措施,以防止对周边环境和地下水造成污染。

并实施了相应的防治措施。一是优化弃渣方案,提高弃渣利用率,减少对环境的影响。通过科学规划,合理安排弃渣的堆放和利用,降低弃渣量,减轻对弃渣场的压力。二是采取严格的施工管理和环保措施,确保弃渣过程中不会对周边环境造成污染或破坏。加强对施工单位的监管,规范弃渣行为,防止乱堆滥倒。三是在弃渣场周边设置水土保持设施,如挡土墙、排水系统等,以防止水土流失和滑坡等地质灾害的发生。四是对弃渣场进行定期巡查和维护,及时发现并处理潜在的安全隐患和环境问题。五是加

强与当地政府和环保部门的沟通与合作,共同制定和实施弃渣场的治理和管理方案。

4 高速公路建设中的水土流失防治措施探究

由于西乡至镇巴高速公路经过的区域地形和地质条件都很复杂,部分地段还存在滑坡和泥石流的隐患,因此已经完工的水土保持措施还需要强化和完善,就目前而言,水土保持工作对今后高速公路建设的值得借鉴几点建议是:

4.1 遵循植被自然演替规律

在我国高速公路建设中,对自然植被的尊重和保护显得尤为重要。这不仅是为了保护生态环境,也是为了确保公路建设的可持续性。因此,在高速公路的建设过程中,我们需要遵循自然植被的演替规律,选择适应当地环境的植物品种,并创造出与自然植物群落相似的景观。

4.1.1 选择合适的植物品种是关键

在高速公路建设中,我们应该选择那些生物学和生态学特性与自然环境相适应的植物。这些植物不仅能够适应当地的气候条件,还能够在贫瘠的土壤中生长良好。我们还应考虑植物的繁殖能力和绿期,以确保植物能够在高速公路边坡上长期生长并发挥其防护功能。在高速公路建设中,可以考虑使用以下植物类型:一是草本植物:如狗牙根、黑麦草等,适合快速覆盖和初期绿化。二是灌木和地被植物:如紫穗槐、火棘等,能够提供更好的土壤固定效果。三是乔木和攀缘植物:如刺槐、爬山虎等,用于边坡较高或需要长期防护的区域。通过综合考虑气候、土壤、繁殖能力、绿期和防护功能等因素,可以确保选择的植物品种在高速公路建设中发挥最佳效果。

4.1.2 选择适应当地气候、根系发达、耐瘠薄植物

边坡生态防护是高速公路建设中的关键环节,为了达到最佳的防护效果,我们应选择适应当地气候、根系发达、耐瘠薄和管理粗放的植物。一是禾本科和豆科植物。如狗牙根、高羊茅等,生长迅速,根系发达,能有效固定土壤。因其生长迅速、护坡效果好而成为常用的草本植物。二是科植物。如紫花苜蓿、三叶草等,具有固氮作用,能够改善土壤肥力。通过合理的植物配置,我们可以创造出既具有生态防护功能又美观的环境景观。

4.1.3 植物配置的多样性

在高速公路边坡的植物配置中,我们应根据不同坡面的特点选择合适的植物种类,力求简洁而不单调。通过草、草花、竹子、灌木和藤本的互相配合,形成多层次、多结构的植物群落。这不仅可以增强边坡的生态防护功能,还能提高景观的立体感和层次感。选择不同花色、叶色和形态的植物,创造丰富多彩的景观效果。例如,春季可以种植开花植物,夏季可以种植绿色植物,秋季可以种植变色植物,冬季则可以种植常绿植物,以保持四季景观的连续性。创造出既具有生态防护功能又美观的环境景观。这样的设计不仅能够保护边坡,还能为人们提供舒适的行车环境。总之,尊重自然植被的演替规律是我们进行高速公路

建设时必须遵循的原则。因此，在高速公路建设中，植物配置的多样性应被视为一个不可忽视的重要因素。

4.2 加强生态恢复理论和技术的研究

在高速公路建设过程中，生态恢复工作至关重要。为了加快我国生态恢复研究的步伐，加强国内外的理论研究与技术交流是不可或缺的有效方法。通过借鉴国际先进经验，结合我国实际情况，我们可以更好地推动生态恢复技术的发展。在加强学科、领域、部门合作的基础上，系统研究生态恢复问题显得尤为重要。目前，我国高速公路生态恢复中已经开发出了许多新的方法和工艺，但它们多停留在技术层面上，对其中的原理缺乏深入的研究。因此，建议从以下几个方面加强生态恢复理论和技术的研究：

4.2.1 高速公路路域生态系统的理论

深入研究该系统的物质流、能量流和信息流等，揭示其内在规律和机制。例如，物质流在高速公路路域生态系统中起着关键作用，它涉及到土壤、水体、空气等各个方面。能量流则包括光能、化学能等多种形式，它们在生态系统中的传递和转化直接影响到生物的生存和繁衍。信息流则是生态系统中各种信号的传递和接收，如动物的行为、植物的生长状况等。通过对这些要素的深入研究，可以更好地理解生态系统的结构和功能，为生态恢复提供科学依据。

4.2.2 高速公路路域新建植物群落动态研究

关注新建植物群落的生长、演替和稳定性，为植物配置和养护提供科学依据。新建植物群落在高速公路路域中的形成和发展是一个复杂的过程，受到多种因素的影响，如土壤条件、气候环境、人为干扰等。通过研究这些因素对植物群落的影响，可以更好地预测和控制植物群落的动态变化，提高生态恢复的效果。

4.2.3 特殊地区高速公路路域生态恢复

针对黄土地区、干热河谷地区、冻土地区等特殊地区，开展针对性的生态恢复研究和实践。不同地区的生态环境差异较大，需要根据具体情况采取相应的恢复措施。例如，在黄土地区，由于水土流失严重，可以采取植被恢复和梯田建设等措施；在干热河谷地区，由于干旱少雨，可以采取节水灌溉和植被选择等措施；在冻土地区，由于低温寒冷，可以采取保温措施和耐寒植物种植等。

4.2.4 特殊生境的生态恢复

如高速公路沿线湿地、野生动物通道等特殊生境的生态恢复，需注重保护生物多样性和生态功能。湿地作为重要的生态系统，具有涵养水源、净化水质、维持生物多样性等功能。在高速公路建设过程中，应尽量减少对湿地的破坏，并采取相应的恢复措施。野生动物通道的建设可以保障野生动物的迁徙和生存，减少对它们的干扰。

4.2.5 生态恢复成套技术的开发

包括植物材料的开发、辅助材料的研发和施工工艺的研发，形成完整的生态恢复技术体系。植物材料的选择和开发是生态恢复的基础，应根据不同地区的生态环境和恢复

目标选择合适的植物种类。辅助材料如保水剂、肥料等的研发可以提高植物的生长速度和抗逆性。施工工艺的研发可以提高工作效率和质量。

4.2.6 岩石边坡生态恢复技术研究

针对岩石边坡的特殊条件，研发有效的生态恢复技术和方法，提高生态恢复效果。岩石边坡由于其特殊的地质条件和生态环境，需要进行专门的研究和治理。可以采用植被护坡、喷播绿化等技术手段来改善岩石边坡的生态环境。

4.2.7 生态系统退化程度研究

建立生态系统预测预报系统和预警系统，确诊我国生态系统退化程度是当务之急。这有助于我们及时掌握生态系统的变化情况，为制定科学合理的生态恢复方案提供依据。同时，尽快研究适宜我国生态恢复的生物资源，遵循生态学原理进行生态恢复工程建设，也是实现生态恢复的关键。

通过以上几个方面的研究和实践，我们可以不断提升生态恢复理论和技术水平，为高速公路建设中的生态环境保护提供有力支持。同时，这也将有助于推动我国生态恢复事业的发展，为实现生态文明建设目标贡献力量。

4.3 布设弃渣场常规防护措施

在高速公路建设过程中，弃渣场的设置和管理是水土保持工作的重要组成部分。为了确保弃渣场的稳定性和安全性，同时减少对周边环境的负面影响，必须采取一系列科学合理的防护措施。这些措施不仅要针对弃渣场自身的特点进行设计，还要综合考虑周边环境、地质条件等多方面因素。

在高速公路建设过程中，弃渣场的设置和管理是水土保持工作的重要组成部分。为了确保弃渣场的稳定性和安全性，同时减少对周边环境的负面影响，必须采取一系列科学合理的防护措施。这些措施不仅要针对弃渣场自身的特点进行设计，还要综合考虑周边环境、地质条件等多方面因素。

4.3.1 达到地面侵蚀量显著减小

弃渣场水土流失防治的总体目标是因地制宜地采取水土保持措施，有效地防治责任范围内的水土流失，达到地面侵蚀量显著减小。具体目标包括：通过实施水土保持工程措施，将因工程新增的水土流失及其危害减小到最低限度，扰动土地治理率达95%以上；项目工程防治责任范围内的水土流失治理度达到95%以上；科学合理地布置水土保持措施，防止弃渣乱堆乱放，建设期拦渣率达95%；林草植被覆盖率达60%以上。这些目标不仅是对工程项目的基本要求，也是对环境保护和可持续发展的具体落实。

4.3.2 稳定渣场边坡

针对本项目中存在的不良地质情况，如盐渍土路基、浸水路基、软弱土路基以及沙害等，不同渣场类型的防护措施也有所不同。沟头型弃渣场和填沟型弃渣场位于沟道的顶部或全部填满沟道，三面为山体，暴雨时上游洪水对渣场影响较小，可按常规防护措施考虑。这些常规防护措施主要包括设置挡土墙、护坡、排水沟等设施，以稳定渣场边坡，防止水土流失。例如，挡土墙可以有效阻止渣土的

滑坡，护坡则可以保护渣场的边坡免受雨水冲刷，而排水沟能够及时排除积水，防止水流对渣场的侵蚀。

4.3.3 必须考虑上游沟道洪水的影响

对于沟中型弃渣场，由于其位于沟道中部，弃渣占据沟道断面，滞留上游洪水，因此除了布设常规防护措施外，还必须考虑上游沟道洪水的影响。可通过设置导流堤、泄水槽或排洪渠，将区间泄水排泄至拦渣坝的溢洪道，进而排至下游。这样既能保证弃渣场的稳定性，又能确保周边环境的安全。例如，导流堤可以将上游洪水引导至指定区域，避免洪水直接冲刷渣场；泄水槽和排洪渠则能够在渣场内部形成有效的排水系统，及时排除积水。

4.3.4 减轻地表径流对渣场的冲击

沟口型弃渣场位于沟道的出口处，由于整条沟道的洪水都汇集于此，流量较大，除布设常规防护措施外，为保证弃渣及坝体的稳定与安全，应在拦渣坝的上游修建拦洪坝。同时，应通过排水涵洞进行地下排洪，以减轻地表径流对渣场的冲击。例如，拦洪坝可以有效阻拦上游洪水，减少对渣场的直接冲击；排水涵洞则能在地下形成排水通道，降低地表径流对渣场的侵蚀。

4.3.5 防止发生滑坡或垮塌等危险情况

顺沟型弃渣场堆置在沟道两侧山体上，设计的拦渣坝必须同时满足防洪和拦渣的双重要求，并考虑基础埋深和堤顶安全加高。这样的设计能够确保渣场在洪水来临时保持稳定，防止发生滑坡或垮塌等危险情况。例如，基础埋深的设计可以增加拦渣坝的稳定性，防止被洪水冲刷；堤顶安全加高则能确保洪水无法越过拦渣坝，从而保护渣场的安全。

综上所述，弃渣场的设置和管理需要根据不同的地质条件和渣场类型采取相应的防护措施。这些措施不仅要确保弃渣场的稳定性和安全性，还要尽量减少对周边环境的负面影响，实现工程建设与环境保护的双赢。通过科学合理的规划和设计，我们可以在高速公路建设过程中有效防治水土流失。

4.4 高度重视水土保持工作

高度重视水土保持工作是生态文明建设的重要内容，也是我国的一项基本国策。在施工过程中，必须严格按照设计图纸和项目水土保持方案中制定的措施执行。具体来说，施工便道应尽量避免开挖或减少开挖，以减少对地表的破坏。如果不得不进行开挖，便道的线形应具有一定的曲率，避免出现较长的顺直线路，以降低地表径流下泄的速度，从而减少水土流失的风险。通过以下措施，我们可以有效控制施工过程中的水土流失，保护生态环境，实现经济效益和生态效益的双赢。

4.4.1 确保生态环境得到及时修复

为防止施工车辆在施工期间随意碾压地面，增加水土流失的风险，我们需严格规定行车通道的使用。所有施工车辆必须沿指定的行车通道行驶，这些通道应经过精心设计，以减少对周边植被和生态的破坏。同时，应设置明显的标识和

警示牌，引导车辆有序通行。在施工便道沿线的植被保护方面，我们应设立缓冲区，限制施工活动对植被的直接破坏。对于必须穿越植被区域的施工便道，应采取铺设临时道路、设置隔离带等措施，以减少对植被的碾压和破坏。同时，施工期间应加强对施工便道的维护和保养，确保其平整、稳固，减少车辆颠簸和轮胎打滑对植被的间接伤害。特别是在高地如荒坡取土时，我们应遵循“边开采、边平整、边绿化”的原则。这意味着在开采过程中，应及时对开采区域进行平整处理，防止土壤松散和流失。同时，应尽快进行绿化或还耕工作，以恢复土地的生态功能。绿化工作可以包括种植树木、灌木和草本植物等，以形成多层次的植被覆盖，提高土地的保水能力和抗侵蚀能力。还耕工作则可以将开采后的土地恢复为农田或耕地，为当地农民提供生产用地。此外，我们还应加强对施工人员的环保教育和培训，提高他们的环保意识，确保施工活动在符合环保要求的前提下进行。同时，应建立健全的环境监测和评估机制，对施工期间的环境影响进行实时监测和评估，以便及时发现和解决问题。

4.4.2 有效地防止水土流失

对于高陡石质边坡，由于其岩石坚硬且坡度陡峭，容易发生崩塌和滑坡等地质灾害。因此，采用锚杆、钢筋网、喷射混凝土等工程措施进行加固是必要的。这些措施能够增强边坡的稳定性，防止岩石松动和脱落。同时，结合客土喷播技术，可以在加固后的边坡上形成一层新的土壤层，为植被的生长提供条件。通过种植适宜的植被，可以进一步巩固边坡的稳定性，改善生态环境。对于土质结构稳定的边坡，其土壤质地较好，不易发生滑坡和崩塌等灾害。因此，可以采用较为简单的生态防护措施，如喷播草籽、种植草皮等。这些措施能够迅速覆盖边坡，减少水土流失，同时提供植被的保护作用。植被的根系能够固结土壤，提高边坡的抗剪强度，从而增强其稳定性。对于土质较差的路边坡，其土壤质地松散，易发生水土流失和滑坡等灾害。因此，需要采用更为复杂的工程措施进行防护。砌石挡土墙和砌石边坡是常见的工程措施，它们能够直接阻挡土壤的滑动，提高边坡的稳定性。同时，湿法喷播或客土喷播技术也是有效的生态防护措施，它们能够在边坡上形成一层新的土壤层，为植被的生长提供条件。通过种植适宜的植被，可以进一步巩固边坡的稳定性，改善生态环境。需要注意的是，在实施这些生态防护措施时，应根据边坡的具体情况和环境条件进行选择和设计。同时，还应加强施工过程中的质量控制和监测评估工作，确保措施的有效性和安全性。

4.4.3 确保各项措施的有效实施

在施工过程中，筑路与绿化、护坡、排水沟等环保措施应同时进行，并同步验收，以确保各项措施的有效实施。对于项目施工的临时用地，也应做好水土保持工作。例如，设置排水沟、截水沟等设施，以防止水土流失。施工结束后，应及时进行绿化，恢复临时用地的生态环境。

4.5 做好水土保持施工监理工作

在西乡至镇巴高速公路的建设过程中,水土保持工作的确是一个至关重要的环节,它不仅关乎项目的顺利进行,还直接关系到环境保护的成效。为了实现这一目标,采取一系列有效措施来加强水土保持的施工监理工作显得尤为必要。

4.5.1 环境管理在高速公路建设项目中的核心作用

环境管理在高速公路建设项目中扮演着举足轻重的角色,它不仅是确保项目合规性和环境保护的关键,更是实现可持续发展目标的重要保障。通过综合运用行政、经济、技术和法律等多种手段,环境管理能够全面、有效地监督开发建设者按照法律法规和相关政策进行开发建设活动,从而预防新污染的产生和生态平衡的破坏。

在高速公路建设过程中,环境管理的首要任务是确保项目的合规性。这意味着所有建设活动都必须严格遵守国家和地方的环境保护法律法规,以及相关的环保政策和标准。为了实现这一目标,环境管理部门会采取一系列行政措施,如审批建设项目环境影响评价文件、核发排污许可证等,以确保项目在建设和运营过程中不会对环境造成不可逆转的损害。除了行政手段,环境管理还注重经济手段的运用。通过制定和实施环保税收政策、提供环保专项资金支持等措施,环境管理部门可以引导和鼓励开发建设者采取更加环保的建设方案和技术,降低项目建设对环境的影响。

技术手段也是环境管理中不可或缺的一部分。利用先进的环保技术和设备,我们可以更有效地监测和控制项目建设过程中的环境污染和生态破坏。例如,通过安装在线监测设备,我们可以实时掌握施工现场的空气质量、水质状况等环境指标,及时发现并处理潜在的环境问题。

当然,法律手段在环境管理中也发挥着至关重要的作用。对于违反环保法律法规的开发建设者,环境管理部门将依法进行处罚,以维护法律的严肃性和权威性。这不仅可以对违规者起到警示和震慑作用,还可以促使其他开发建设者更加自觉地遵守环保法律法规。除了预防新污染的产生和生态平衡的破坏,环境管理还致力于减缓和消除因高速公路建设给周围环境带来的不利影响。这包括采取噪声控制措施、实施水土保持方案、进行生态恢复和补偿等,以确保项目建设与环境保护的协调发展。

4.5.2 水土流失防治措施与主体工程紧密相连,互为依存

在高速公路线型工程中,主体工程建设过程中产生的废弃土石是水土流失的主要防治对象。如果施工单位不按设计方案施工,乱挖乱弃土石,不仅会导致水土流失量的增加,还可能造成水土保持预算投资无法满足实际治理需要的问题。更为严重的是,如果施工单位不按水土保持方案施工,偷工减料或自行更改工程位置,将直接影响水土流失防治效果,给整个项目带来不可估量的损失。因此,为了确保水土流失防治措施的真正落实,我们必须高度重视并做好工程监理工作。主体工程监测和水土保持措施的施工监理应结合进行,形成一个有机的整体。监理单位应具备相应的监

资质,以确保其能够胜任这一重要任务。通过严格的监理工作,我们可以确保施工单位严格按照设计方案和水土保持方案进行施工,避免乱挖乱弃土石和偷工减料等行为的发生。

4.5.3 加强对施工现场的巡查和监督力度

对于违反规定的行为,及时发现并纠正存在的问题,一旦发现任何问题或隐患,监理单位应立即要求施工单位进行整改,并跟踪整改情况,确保问题得到彻底解决。对于违反规定的行为,监理单位应依法进行处罚。这不仅可以对违规单位起到警示和震慑作用,还可以维护整个项目的合规性和环境保护的严肃性。监理单位应与相关执法部门密切合作,确保处罚措施得到有效执行。只有这样,才能确保西乡至镇巴高速公路的水土保持工作取得实效,为项目的顺利进行和环境保护提供有力保障。

4.6 发现问题及时处理

在推进西乡至镇巴高速公路项目建设的过程中,必须高度重视环境保护和水土保持工作。这条高速公路不仅连接了重要的地理位置,还肩负着促进区域经济发展的重任。然而,建设过程中对自然环境的影响是不可避免的,尤其是对沿线的农田和生态系统可能产生一定的损害。因此,我们必须采取有效措施,确保工程对环境的负面影响降到最低。

4.6.1 要保护好西乡至镇巴高速公路沿线的自然环境

这不仅仅是为了美观,更是为了推动可持续发展。通过科学合理的规划和施工方法,可以将高速公路融入周围优美的山水景色中,使之成为新的景点,而非破坏环境的负担。“工程和水保并重,水保适度超前”的建设理念应该在具体工作中得到充分体现。这意味着在施工的每一个阶段,都应将水土保持作为核心考虑因素之一。

4.6.2 确保水流能够安全泄入下游沟道

对于顺沟弃渣场,通常的做法是将弃渣堆置于沟道的岸坡上,临空面坡脚位置一般位于沟道滩地或沟边。对于有排水要求的弃渣场,排水边沟应与高速公路排水设施平顺连接,并在出口处设置消能设施,确保水流能够安全泄入下游沟道。这种做法可以有效防止因高速路段排水不畅而引发的水土流失问题。此外,部分弃渣场和沙石料场的后期管理措施还需要进一步完善,以增强防治效果。

4.6.3 进行严格的自查自检

在项目完工后,不能立即视为结束,还需进行严格的自查自检。要与地方水土保持部门和施工单位共同到现场进行检查,对于未达标的水土保持工程,明确具体的完善措施和整改计划。同时,加强全线各项水土保持措施的运行情况和水土流失状况的巡视工作,发现问题及时处理。这是保障高速公路长期稳定运行的关键步骤。

4.6.4 根据具体情况科学编制水土保持方案

西乡至镇巴高速公路作为本省“米”字型公路主骨架的重要组成部分,具有极其重要的战略意义。高速公路建设带来的水土流失问题,有其自身的规律和特点,必须根据具体情况科学编制水土保持方案,并将方案确定的经费纳

入主体工程概算。水土保持措施的实施应当与主体工程的施工同步进行,确保两者的有机结合。此外,依法进行水土保持施工监理和防治工程的竣工验收,提高工程质量和效益,是保证项目成功的重要保障。

5 结束语

西乡至镇巴高速公路的建设,是一次对自然环境的深刻尊重与精心呵护的实践。在规划之初,建设者们便将“尊重自然、恢复生态”作为首要原则,力求在推动地区发展的同时,最大限度地减少对自然环境的影响。在植物选择上,建设者们充分考虑了当地的气候和土壤条件,挑选了适应当地环境的植物品种。这些植物不仅能够快速生长,形成稳定的植被覆盖,还能与周围的自然环境和谐共生,形成一个有机的整体。同时,通过精心设计和配置,这些植物还创造出了与自然植物群落相似的景观,为高速公路增添了一道亮丽的风景线。除了植物选择外,西乡至镇巴高速公路在边坡防护方面也采取了创新措施。通过采用先进的生态防护技术,不仅有效防止了水土流失,还促进了植被的生长和发育。这种防护方式既保证了边坡的稳定性,又恢复了生态系统的功能,实现了人与自然的和谐共生。此外,西乡至镇巴高速公路的建设还注重与当地文化的融合。在服务区、休息区等场所的设计中,充分融入了当地的文化元素和特色景观,让过往的司乘人员在享受便捷交通的同时,也能感受到浓厚的地域文化氛围。经过一段时间的运营和管理,西乡至镇巴高速公路的生态环境得到了显著改善。原本裸露的边坡如今绿意盎然,各种植物竞相生长;原本单调的道路两侧如今变得色彩斑斓,四季有景。同时,这条高速公路也成为了连接西乡县和镇巴县的重要纽带,带动了两地的经济发展和社会进步。总之,西乡至镇巴高速公路的建设是一次成功的实践。它不仅展示了现代交通建设与自然生态保护的完美结合,更为未来的交通建设提供了宝贵的经验和借鉴。在未来的发展中,我们有理由相信,这样的绿色之路将会越来越多,为我们的生活带来更多的美好和希望。

参考文献:

- [1] 孙崇政. 西乡至镇巴高速公路开工建设[N]. 三秦都市报, 2016-11-4.
- [2] 张玉文, 衡俊昌. 老区人民迈上幸福生活“快车道”——写在西乡至镇巴高速公路通车之际[N]. 汉中日报, 2020-12-19.
- [3] 梁璠. 西乡至镇巴高速公路今日通车, 西乡县到镇巴的时间从1小时40分钟缩短到40分钟 [N]. 西安晚报, 2020-12-6.
- [4] 高照良, 彭珂珊. 西部地区生态修复与退耕还林(草)研究[M]. 北京: 中国文史出版社, 2005.
- [5] 李永红, 高照良, 彭珂珊. 中国耕地资源保护与可持续利用研究[M]. 北京: 中国言实出版社, 2011.
- [6] 高照良, 李永红, 韩凤朋, 等. 高速公路边坡防护的水土保持机理研究[M]. 北京: 科学出版社, 2023.
- [7] 李永红. 中国水资源保护利用与高质量发展研究[M].

天津: 天津科学技术出版社, 2023.

- [8] 周庆华. 交通运输等线型工程建设引起的水土流失及防治措施[J]. 南水北调与水利科技, 2003, 1(3): 41-46.
 - [9] 齐洪亮, 田伟平. 西汉高速弃渣场自然环境特点及整治对策研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 232-233.
 - [10] 金章利, 刘高鹏, 夏振尧. 随州绕城公路生态修复中的景观设计[J]. 中国水土保持, 2009(7): 44-46.
 - [11] 师利明, 付红豆, 师阳. 公路水土保持方案中临时占地的估量[J]. 中国水土保持, 2009(12): 57-59.
 - [12] 李永红, 高照良. 黄土高原地区水土流失的特点、危害及治理[J]. 生态经济, 2011(8): 148-153.
 - [13] 张娟社, 穆兴民, 高照良. 西汉高速(户绵段)水土保持工程建设的成效分析[J]. 水土保持通报, 2011, 31(5): 131-137.
 - [14] 廖贤平, 杨柳英, 苏元鸣. 广西公路建设项目水土保持方案编制存在的问题[J]. 中国水土保持, 2012(3): 49-50.
 - [15] 张乐涛, 高照良, 田红卫, 等. 工程堆积体陡坡坡面径流水动力学特性[J]. 水土保持学报, 2013, 27(4): 34-38.
 - [16] 赵丽娟. 论高速公路建设中的生态破坏及其恢复[J]. 河南科技, 2013, 27(2): 154-155.
 - [17] 高宝林, 周全. 西藏公路的建设特点及水土保持设计思路[J]. 中国水土保持, 2014(1): 31-33.
 - [18] 刘子壮, 赵晶, 高照良. 高速公路边坡不同恢复年限土壤性质及生态防护模式研究[J]. 科学技术与工程, 2014(12): 100-106.
 - [19] 陈吉斌, 郭建华. 高速公路建设项目水土保持设施验收技术评估实践——以南岳高速公路为例[J]. 山西水土保持科技, 2015(1): 43-44.
 - [20] 王冠琪. 铁路工程沟道弃渣场选址及工程措施布设分析[J]. 四川建筑, 2015(4): 139-141.
 - [21] 罗珂, 高照良, 王凯. 毛坝至陕川界高速公路边坡生态防护技术及其应用研究[J]. 中国农业资源与区划, 2015, 36(6): 128-135.
 - [22] 胡家波, 王承龙, 季正军. 西外环高速路面结构及施工工艺优化方案[J]. 湖南交通科技, 2016, 42(2): 44-48.
 - [23] 彭珂珊. 我国水土保持在生态文明建设中的实践与思考[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2016, 37(5): 58-69.
 - [24] 解富飞. 高速公路建设项目水土保持措施研究[J]. 基层建设, 2018, 23(27): 4-6.
 - [25] 魏帮胜. 三江源流域生态补偿横向转移支付制度研究[J]. 黑龙江生态工程职业学院学报, 2020, 23(4): 1-3.
- 作者简介:** 赵武辉(1969—), 男, 汉族, 陕西乾县人, 陕西省咸阳市交通运输局高级工程师/硕士, 研究方向: 主要从事路桥工程的施工、路基土质稳定、弃土场处治、维护加固及研究工作。
- *通讯作者:** 李永红(1971—), 男, 汉, 陕西永寿人, 西北农林科技大学高级工程师/博士, 研究方向: 主要从事土壤侵蚀、水土保持工程及土力学研究。