

为了防治水土流失,减轻对沿线生态环境的影响,建设者们做了大量的工作。

3.1 优化线路、合理布局

在设计过程中,设计人员根据沿线各段的地质、地貌、土壤、水土流失现状等情况,多次对高速公路线路进行优化调整,尽量减少占用耕地、林地,避开不良地质地段和水土流失严重、生态环境脆弱地带。在土石方平衡计算的基础上,设计人员对料场和渣场进行了总体规划布局,沿线设置了料场约130个,弃渣场170个。料场和渣场的合理布置,优化了土石方远运借调方案,减少弃渣量,尽量减轻水土流失的影响程度。在施工过程中,又根据“少占地、易防护”的原则,对料场和渣场进行优化选址,并设计了可行的防护方案,保证有效控制新增水土流失。

3.2 工程措施和植物措施综合防治

公路两侧边坡全部进行了防护,在保证边坡稳定的前提下,防护措施均采用窗式植草护坡、骨架草皮护坡等方式,部分特殊坡面采用了锚杆固坡后挂网喷植的方式。料场防护采用了“开挖面植草+坡脚护砌+截流沟+迹地植树绿化”防治体系,弃渣场采用了“拦渣墙+排水沟+沉砂池+表层覆土+植树种草改造”防治体系,这些综合防治方式中,工程措施起到了快速控制水土流失的作用,植物措施则有利长久地防止产生新的水土流失,恢复生态环境,达到标本兼治的目的。

3.3 设置沿线林草风光带

在保障高速公路视野开阔、无安全隐患的前提下,在公路主线两侧各设置了30 m宽的林草风光带,对现有森林植被进行补植或改造,空闲地、林缘空地采用补空、补齐、补缺的方式造林补植,改善了沿线生态环境。

3.4 加大水土保持治理资金投入力度

在与承建方签订施工承包合同时,新增了有关环境保护和水土流失防治的条款,明确了施工方在建设过程中必须按照环境保持和水土保持的要求施工。在建设期间,专门设置了负责水土保持生态环境保护的机构,负责督促检查,严格按照水土保持方案报告书所提出的工程建设措施实施。

京珠高速公路湖南段1995年开工,2002年全线建成通车。在建设过程中,共投入资金近3亿元用于保护生态环境和防治水土流失,修建护坡长约1 400 km,植树种草绿化2 900 hm²,改造绿化风景林带190 km,减少水土流失量450万t。由于投资力度较大,综合防治布局合理,督促实施措施得力,因工程建设而产生的水土流失得到有效控制,沿线生态环境逐步进入良性循环。因其良好的路况,美丽的景观,被誉为湖南的“绿色生态走廊”。其中湘潭至耒阳高速公路被国家环保总局授予全国环保百佳工程荣誉称号,全国排名第二。

陕西高等级公路过境区内水土流失危险程度及防治对策

李新华¹,仇佩华²

(1. 陕西省公路勘察设计院,西安 710068 2. 长安大学建工学院,西安 710064)

摘要 文中以县(区、市)为样本,以多年平均降水量、沙尘暴天数、沟壑密度、土壤侵蚀模数、土壤有机质含量和植被覆盖率为因素,采用加权重叠排序方法,对陕西省已建、在建和拟建的高等级公路过境区域的水土流失危险程度进行评定。结果表明,延安市宝塔区以北各县,以及榆林市各县(区)属水土流失潜在危害最严重地区,高等级公路在设计环境保护措施时必须高度重视。还提出了水土流失防治对策。

关键词 水土流失 危险程度 加权重叠排序法 高等级公路

中图分类号:U418.5⁺⁴

文献标识码:A

文章编号:1006-4281(2003)00-0173-05

经过规划和建设,陕西省高等级公路将由GZ35、GZ40、GZ45国道主干线,G210、G312等国道构成“米”字形网络,其建成将对陕西省社会经济的发展起到很大的促进作用。但这些公路网穿过不同土壤侵蚀类型区,其建设将会对周围环境产生一些负面影响,因此,如何针对当地水土流失的危险程度,采取相应的防治对策将具有重要意义。

作者简介 李新华(1968-),工程师,硕士学位,现从事公路沿线设施研究。

1 陕西省自然地理条件特征

陕西省南北狭长,自北至南,跨越纬度 $7^{\circ}48'$ 。通过的地貌类型区(自北至南)依次为:陕北黄土高原丘陵沟壑区,关中盆地区和陕西秦巴山丘盆地区。还可细分出:长城沿线风沙草滩区,黄金高原丘陵沟壑区,渭北黄土高原沟壑区,关中盆地区,秦岭巴山丘陵区,汉江河谷盆地区。

陕北黄土高原丘陵沟壑区具有降水少、气候干燥、多大风,丘陵和沙漠占总土地面积94.2%,植被稀疏,地面支离破碎,风蚀水蚀严重,土壤侵蚀模数大,人口密度低等特点。关中盆地区,多年平均降水量在514 mm以上,气候较为湿润,土地平坦,川塬地占总土地面积达48.2%,森林覆盖率约为30%,土壤侵蚀较轻,人口密度大。而陕南秦巴山丘盆地区,降水丰沛,多年平均降水量介于687.4~1 338.2 mm之间,气候湿润,山地占总土地面积之比高达86.8%,崇山峻岭,山谷幽遂,植被覆盖度高达53.8%,土壤侵蚀较为轻微,人口密度较低。因此在设计高等级公路的环境保护措施时,必须充分认识自然,考虑这些自然条件特征。

2 水土流失危险程度评价

水土流失危险程度评价是通过建立指标体系,对区域内土地开发过程中潜在的水土流失危险程度进行评价,提出防治对策,以保证高等级公路建设与周边环境协调发展,从而维持高等级公路通过区域内的工农业持续发展。

2.1 评价方法

文中采用“加权重叠排序法”来评定水土流失危险程度。该方法的指导思想是通过对决定各县(区)水土流失危险程度的综合因素进行动态排序,找出影响各样本区内水土流失危险程度的主要问题,并进行归类分析,提出防治对策。

加权重叠排序按下列步骤进行:

第一步:以县为样本单元,对各排序因子进行数据采集。

第二步:根据各排序因子的计算结果,按从大到小或者从小到大的要求,对因子进行排序。

第三步:按加权重叠法进行综合排序。重叠排序按下式计算。

$$A_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}$$

式中: A_n 为重叠排序指数; y_i 为参加动态排序的样本数; x_i 为排序各分指数; n 为重叠排序的项目数。

2.2 排序因子选择

水土流失是气候、土壤、地形、植被、人类活动诸因素耦合作用的结果,因而排序因子的选择主要围绕上述内容来设计,并考虑资料的完整性和配套性以及容易获取等因素。分析和计算以县(区)市为样本单元来进行。

2.2.1 多年平均降水量 P

降雨是造成水土流失的主导因素。国内外的大量研究表明,降雨侵蚀力(降雨侵蚀动能与30 mm最大雨强的乘积 EI_{30})是判断某一地区土壤流失量大小的指标。但目前尚缺少可以广泛应用的直接测量雨滴动能的方法,以及 I_{30} 资料不易获取等原因,文中采用多年平均降水量来作为评价因素。

2.2.2 沙尘暴天数 n

陕西省长城以北地区,位于毛乌素沙漠南缘,风蚀十分强烈。有些地方的流沙每年向南推进3~7 m,造成大片土地沙化和公路掩埋。近年,由于沙区植被的破坏和土地资源不合理利用,中国每年沙尘暴天数有增长趋势。按照由大到小的排列顺序,沙尘暴因子列前10位的分别是:定边、靖边、横山、榆林市榆阳区、神木、子洲、绥德、安塞、吴堡和延安市的宝塔区。

2.2.3 沟壑密度 C

沟壑密度是反映某一区域被流水侵蚀切割的程度。陕北黄土高原土质疏松,水土流失严重,沟壑密度量高达 6 km/km^2 。在这里修建高等级公路,跨沟桥涵多,沟道中洪水暴涨暴落,泥沙俱下,应选好洪水设计标准,确保公路安全营运。

2.2.4 土壤侵蚀模数 m

土壤侵蚀模数是反映某一地区的水土流失严重程度的重要指标。依照由大到小的序列,本因子列前10位的样本分别是:吴堡、绥德、子洲、靖边、神木、横山、安塞、榆林市榆阳区、延安市宝塔区和安康市。

2.2.5 植被覆盖率 F

植被对于保护土壤,防止风蚀水蚀,净化空气,提高环境质量具有极为重要的作用。黄土高原水土流失严重的重要原因之一是植被稀疏,土壤缺少植被的保护,雨点直接冲击地面,破碎土粒,加剧了水土流失。本因子植被覆盖率最低的前10名分别是:武功、兴平市、澄城、咸阳市秦都区、富平、满城、高陵、西安市郊区、乾县和三原。

2.2.6 土壤有机质含量 E

土壤是侵蚀的对象,其属性与水土流失密切相

关。土壤中 $>0.25\text{ mm}$ 水稳定性团粒含量的多少取决于土壤有机质含量的多寡。土壤有机质含量高,土壤粒子胶结紧密,不易在水中分散,土壤渗透速率高,地面不易产生径流,水土流失轻微。按照由小到大的顺序,本因子列前10位的分别是:吴堡、绥德、子洲、安塞、靖边、横山、定边、延安市宝塔区、榆林市榆林阳区和神木。

为了消除量纲和数据级差太大的影响,各因子的数据都进行了归一化处理,各数据矩阵分布在0~1之间,消除了量纲干扰。

考虑到各因子对水土流失的贡献,依“专家法”对 P 、 n 、 C 、 M 、 F 和 E 因子分别乘以下列权重值:0.18、0.15、0.05、0.215、0.19和0.2155。

2.3 综合排序结果

经统计分析表明,延安市宝塔区以北的陕北地区, A_n 平均值为55.19;宝塔区以南至秦岭以北区间, A_n 平均值为38.85;秦岭和巴山之间的陕南地区, A_n 平均值为33.31。

考虑到区内环境因素的相似性,以及水土流失防治措施设计的同一性,根据区内 A_n 数据集合平均值的大小,可将研究区内的各样本按水土流失危险程度划分为4个等级:55.19、40.55、35.79和33.31。综合指数越大,水土流失越严重,或者潜在的危险程度越大。

第一区, A_n 值介于51.27~59.02之间,平均值为55.19。其区域涵盖陕北风沙草滩区和黄土高原丘陵沟壑区。具体县份有:神木、榆林市榆阳区、横山、靖边、定边、子洲、绥德、吴堡、安塞、延安市宝塔区。该区域应是生态最为脆弱,环境最为恶劣,水土流失最为严重或潜在危险最大的地方。该区的主要问题是土壤结构差,有机质含量少,土壤侵蚀模数大,地面破碎,气候干旱,多年平均降水量316.9~549.9 mm,地面缺少植被保护,风沙肆虐,水蚀风蚀均很严重。

为便于水土流失防治措施配置设计,该区又可分为两个亚区:风蚀为主区和水蚀为主区。前者辖神木、榆阳区、横山、靖边和定边5县(区)。区内气候干燥,干燥度1.42~1.86,多年平均降水量316.9~441.0 mm,年内 ≥ 8 级大风天数18.2~34.6 d,沙尘暴天数11.5~27.5 d,风蚀严重。后者辖子洲、绥德、吴堡、安塞和宝塔区5县(区)。该区内沟壑密度4.33~6.00 km/km²,土壤侵蚀模数10 438~39 534 t/km²·a,为全省最高值区,土壤有机质含量低,仅及0.41%~0.71%,为全省最低,土壤结构疏

万方数据

松,极易遭受径流冲刷。

第二区, A_n 值介于32.34~50.04之间。平均值为40.55。其区域大体包括陕西省黄土高原沟壑区和渭北台塬区,具体为:甘泉、富县、洛川、黄陵、宜君、铜川市、耀县、长武、彬县、永寿、乾县、礼泉、韩城市、合阳、澄城、白水、蒲城、富平、陇县、千阳、宝鸡县、宝鸡市、凤翔、岐山、扶风、渭南市、潼关。

该区地势平坦,土壤质地粘重, $>0.01\text{ mm}$ 物理性粘粒含量介于30%~45%之间,土壤中有机质含量在0.1%左右。土壤在静水中的崩解速率缓慢或不崩解。土壤抗冲刷系数介于0.262~98.0 L·s/g(即在15°坡度情况下,冲走1 g土壤所需要的水量和时间),远大于第一区。该区有些地方系稍林区(如甘泉、富县、黄陵、黄龙、宜君、耀县、铜川、陇县等),植密完密。区内年降水量561.4~709.3 mm,土壤侵蚀模数介于2 021~8 850 t/km²·a。该区的主要问题是高速公路常穿过塬边或切穿山梁,高边坡多,防护措施不当,容易造成边坡细沟侵蚀和塌方。

第三区, A_n 值介于27.30~49.08之间,区内 A_n 集合的平均值为35.79。其区域大体分属渭河平原,具体为:三原、泾阳、高陵、长安、户县、周至、临潼、蓝田、西安市属区、眉县、武功、兴平市及咸阳市属区。

该区地势平坦,川地与塬地占总土地面积之比为53.77%。水土流失较为轻微,地面切割不甚严重,沟壑密度0.07%~1.99%,土壤侵蚀模数360~7 658 t/km²·a。区内植被覆盖率渭河北岸较低,多为四旁造林,渭河南岸紧靠秦岭北麓,植被覆盖率较高。

区内水土保持的主要任务是如何搞好路基边坡、取土坑和公路保护区范围内的土地绿化。

第四区, A_n 值介于29.15~40.67,区内 A_n 集合的平均值为33.31。其范围涵盖陕南秦巴山地和汉江盆地,具体县份为佛坪、宁陕、洋县、城固、汉中市、南郑、勉县、宁强、柞水、镇安、旬阳、安康市、紫阳、镇巴、山阳、商州市、丹凤、商南和洛南等县(市)。区内降水丰沛,介于687.4~1 338.2 mm之间,植树成活率高。该区山峦重叠,满山苍翠,植被覆盖率34.3%~75.1%,土壤侵蚀模数751~913 t/km²·a,土壤肥活,有机质含量介于1.24%~3.4%,为全省最高值区。

该区的主要问题是:土层薄,下伏基岩浅,山高坡陡,植被一遭破坏,土壤极易流失,恢复极难。因此在高速公路建设中,应规划好弃碴坝,搞好取土坑和碴石场的绿化,不要形成新的水土流失源。

3 防治对策

3.1 风蚀为主的水土流失危险区

榆靖高速公路、榆包高速公路及GZ 35高速公路的横山双城至定边王圈梁区段,过境区域地面组成为流动沙丘、半固定沙丘或固定沙丘。年降水300~400 mm,气候干燥,多大风,生态条件十分脆弱。有些地方“一年一场风,从春刮到冬”,各地有关“大风霾昼夜如晦,人物咫尺不辩”,“大风拔禾稼、毁屋、伤牛羊”之类记述,史不绝书。

为了防止风沙对公路的危害,确保公路畅通,公路绿化工程可采取“带、网、片”治理模式,建立梯层纵深防风治沙体系。

“带”是指在公路两侧防护栅栏以内的保护区营造乔灌混交林带。根据当地多年造林经验,乔木可选择合作杨、新疆杨、樟子松、云杉和旱柳(头木作业)等适生树种。每侧4~6行,宽度8~12 m。伴生灌木可选用紫穗槐、沙棘、柠条、沙柳、花棒、踏郎、柽柳和羊柴等。林带结构为紧密结构林带或疏通风结构林带。

“网”是指在两侧防护栅栏以外每侧80~100 m宽的保护区内,设置网格状死沙障,它具有消弱风速、减少风沙流的含沙量、控制流沙移动、使植物免遭风蚀、沙埋以及改变植物生态条件的作用。沙障网规格1×1 m,设置时将蒿草、枯枝、麦草、荞麦秆等用铁锹将其扎入沙中20~40 cm,沙障材料露出地面20~30 cm,可保护地面沙粒不被大风刮走。沙障材料以沙蒿为佳。

“片”是指在构建的网状沙障格内片状直播沙蒿、沙米、花棒、踏郎,并在每个方格内栽植紫穗槐4株。植物成活后,枝叶层层叠遮盖地面,阻止沙粒吹扬流动。当迁到比较高大的新月形沙丘和新月形沙丘链时,可采取“前挡后拉造林法”固定沙丘。该法是在沙丘迎风坡的下半部(1/3~1/2坡面)栽植沙柳、花棒等灌木,在沙丘后面的丘间低地营造乔灌混交林,大风时,丘顶被风削平,卷起的沙粒沉降于丘间林地内,沙丘顶部被逐渐拉平。

采用“带、网、片”造林治沙模式,可以沿公路构建起一条绿色长廊,保护公路不被流沙掩埋。

该区降水稀少,气候干旱,树草正常生长年平均亏缺水量250~350 mm左右。为了确保树草能成活成林,起到防风固沙作用,对中央分隔带的防眩林和两侧红线(防护栅栏)以内的绿地兴建灌溉工程是十分必要的。实践证明,防眩林可采用滴灌,防护栅栏和路基之间的绿地可采用低压暗管输水灌溉。

— 176 —
万方数据

GZ 35国道主干线宁夏境内的古(古窑子)王(王圈梁)段绿化工程配置了灌溉设施,经济效益和生态效益十分显著。

3.2 水蚀为主的水土流失危险区

该区土壤结构疏松,植被稀疏,土壤抵抗流水冲刷力极弱,土壤抗冲刷系数仅为0.025~0.77 L·s/g,加之区内地面支离破碎,降水集中,且多暴雨,土壤侵蚀模数高达10 438~39 534 t/km²·a,水土流失剧烈。

该区高等级公路多溯河流而上,桥涵多,高边坡多。如GZ 35子洲至靖边段,全长120.2 km,桥梁长度则占线路长度的14.06%。该区公路沿线水土保持工作的重点在三个方面,即:合理选择桥涵设计洪水标准,高边坡地段的排水和绿化,崾岘(分水鞍)地段水土保持措施配置设计。

3.2.1 桥涵设计洪水标准

该区特大桥一般按300年一遇洪水设计;大中小桥梁、涵洞、路基按100年一遇洪水设计。需要注意的是当路基或桥涵跨越支沟和大冲沟时,应在勘察阶段调查该沟内坡面水土流失治理程度,淤地坝的数量、分布、工程等级、洪水设计标准和病险情况。根据SD175—86《水土保持治沟骨干工程暂行技术规范》规定,当淤地坝总库容为50~100万m³时,设计洪水为20~30年一遇,校核洪水为200~300年一遇;当淤地坝总库容为100~500万m³时,设计洪水为30~50年一遇,校核洪水为300~500年一遇。可见,高等级公路和治沟骨干工程设计洪水标准二者明显不同。黄土高原丘陵沟壑区一些沟道已形成坝系,但工程质量良莠不齐,有时一场洪水常造成连锁溃坝反应,危害甚大。因此,高等级公路跨越支沟时,如果沟道内有淤地坝坝系工程,这时应进行溃坝洪水演算,确保桥涵及路基安全。

3.2.2 高边坡地段的排水和绿化

为增加稳定性,高边坡地段一般实行分级开挖。排水网络由两级组成:在距边坡体边缘1 m左右的地方开挖截水沟,拦截边坡上部山坡来水,并将其排入附近水路网中;在边坡平台内侧开挖排水沟,并用块石砌护,收集边坡上的来水并将其排走。在碎落台和各级平台上栽植柳树、刺槐、紫穗槐、柠条等乔灌木,并植三叶地锦或小冠花护坡。

3.2.3 峪岘地段的水土保持措施配置

崾岘是黄土高原丘陵沟壑区常见的一种地貌类型。其顶部狭窄,两侧为深沟,两头为山峁,径流汇集,沟头溯源侵蚀严重。为了保护公路,对雨水径流应修建拦、蓄、排等水土保持工程和造林措施,构建立

体防护体系。“拦”是指在两头山峁上修建鱼鳞坑、竹节形隔坡水平沟和水平梯田等水土保持工程和造林措施。增加地面糙率，截短山坡径流流线，节节拦截径流；“蓄”是指将山坡雨水径流通过工程措施全部拦截就地入渗，水不下坡；“排”是指一方面将路面径流经排水沟引出离崾岘 50~80 m 以外排入沟中，二是指崾岘两侧沟头坡面经分级削坡和块石砌护之后，产生的雨水径流经排水网送入离崾岘中心 150~200 m 远的沟底，沟底修建谷坊群（土谷坊、石谷坊或柳谷坊）抬高沟道侵蚀基准面，防止沟道下切。

3.3 水土流失较危险区

由于公路路线沿台塬边缘延伸，或者由平原（海拔 400 m 左右）进入高原（海拔 800~1 200 m）穿过高山大沟，常会出现一些高边坡路段。这时应配置相应的水土保持工程措施和绿化工程措施，诸如基部修挡土墙、浆砌块石护坡、开挖截水天沟阻挡山坡径流，在平台上修排水沟排走边坡上的径流，并在碎落台和平台上栽植红叶李、刺槐、柰树、紫穗槐、柠条、沙棘、三叶地锦等，边坡上可栽种小冠花、冰草等护坡植物。形成高边坡地段绿树、灌、草成荫，土不露面，坡不现沟（坡面细沟侵蚀）边坡安全稳定。

3.4 水土流失较安全区

该区处渭河平原，地势平坦，土壤侵蚀较为轻微。但该区系陕西省的经济开发带，城镇密集，人口稠密，工农业发达。因此，如何在高等级公路过境区域内降低噪声、灯光和汽车尾气对周围环境的污染，营造空气清新恬静怡人的人居环境，十分重要。为此，高等级公路沿线的绿化工程树草种的选择配置，要体现四季有绿，三季有花，季相变化明显的自然风格。从平面布局来看，绿化工程将呈现三环结构，即外环，秦岭山峦起伏，满山苍翠；中环，麦浪翻滚，玉米婆娑，花果飘香，田园风光，尽收眼底；内环，绿色长廊，花团锦簇。届时，人在车中坐，车在绿海游，让

人产生一种“车儿啊，你慢些走，让我把关中大地的锦绣山河看个够”的沁人心脾，回归自然的享受。为了净化空气，改善环境质量，沿线绿地要尽量拓宽，增加与天然林分的相似性。防护栅栏以外宽 30~50 m 的区域内，可通过由公路管理部门提供苗木，农民栽植归己，产权长期不变的方式营造用材林，构建起一条条防护林带，变成城镇绿脉和氧气制造车间，引氧气入城，改善人居环境。

3.5 水土流失安全区

该区由于森林覆盖率高，水土流失相对较轻。但该区的主要问题是山大、坡陡、沟深、土薄、石多，地面一旦遭到破坏，土壤流失殆尽，则恢复极难，甚至会形成新的戈壁。在该区兴修高等级公路过程中，一要对取土坑进行回填、培肥，然后进行绿化或复垦。为了给植物创造良好的生存环境，回填土的厚度要大于 50 cm。根据《中华人民共和国水土保持法》中关于谁破坏谁治理的规定，要依照水土保持方案，规划好弃土弃碴倾倒位置（如弃碴坝），不得将弃土弃碴随意倾倒河中，淤塞河流水库，防碍汛期行洪。

4 结论

(1) 用加权重叠排序法，对陕西省高等级公路过境区域内的水土流失危险程度评定表明，水土流失危险区域位于陕北延安以北的风沙草滩区和黄土丘陵沟壑区，其结果与实际情况极为吻合，说明这一方法是可行的。

(2) 降雨是诱发水土流失的主导因素。研究表明，降雨侵蚀力是评价某一地区土壤侵蚀强弱的一个重要因素，其大小主要取决于一个地区降雨的强度和高强度降雨发生的频率。限于资料来源，文中选用多年平均降水量来替代降雨侵蚀力，其准确性要差一些。

高速公路环境保护工作的回顾与展望

金 露（湖北省长江路桥股份有限公司，潜江 433100）

摘要 根据高速公路的路域特点对高速公路环保工作的成功经验进行了回顾与总结，从可持续发展的角度，分析了高速公路环保工作中的不足之处，并对其未来的环境保护工作进行了展望。

关键词 环境保护工作，高速公路，总结

作者简介 金露（1967—），女，湖北潜江人，本科学历，高级工程师。