

黄土高原地区城市化过程中水土流失 对生态环境的影响 ——以延安市为例

冯伟, 张新和, 李靖, 包忠谟

(西北农林科技大学 水利与建筑工程学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 以延安市为例, 剖析了黄土高原地区在城市化建设与发展进程中造成的水土流失对城市生态环境的负面影响, 指出人类城市化建设活动将加剧水土流失, 并随之带来多种危害, 特别是造成河流泥沙增加、河床淤积抬高, 水体、土壤和空气污染, 以致引发洪涝和多种地质灾害等。论文旨在引起人们的普遍重视, 寻求相应的防治对策, 减少城市开发建设中人为造成的水土流失, 特别是在黄土高原丘陵沟壑密布、水土流失严重的地区, 为建设良好的城市生态环境提供保障和服务。

关键词: 城市建设; 水土流失; 生态环境; 防治措施

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2004)06-0026-05

中图分类号: S157; F291.1

Soil and Water Loss During Urbanization in Loess Plateau Area and Its Impact on Eco-environment ——Setting Yan' an City as an Example

FENG Wei, ZHANG Xin-he, LI Jing, BAO Zhong-mo

(College of Water Resources and Architecture, Northwest Sci-Tech

University of Agriculture and Forestry, Yangling District 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Setting Yanan City as an example, the soil and water loss during the urbanization in the Loess Plateau area and its negative impact on the urban eco-environment are analyzed. The human activities of urbanization will speed up the soil and water loss leading to endangerments, specially such as the increase of the silts in rives, the lift of the riverbed as sedimentary deposits, the pollution of water, soils and air, and resulted in flood and geology calamities. The aim of the article is to lead us paying more attention, to explore the protective and controlling ways and means of solving the questions, to minimize the soil and water loss due to human activities in urbanization, specially in the Loess Plateau area of dense hills and gullies resulted in serious soil and water loss, in order to provide safeguard and service to the construction of better cities' eco-environment.

Keywords: urbanization; soil and water loss; eco-environment; protection ways

西北地区生态环境十分脆弱, 是一个生态危机区^[1]。1997 年连续 226 d 的黄河断流, 近几年北方地区愈演愈烈的沙尘暴, 无时不提醒我们, 西北地区生态环境的恶化已到了极其严重的地步。西北地区生态环境的恶化与此区强烈的水土流失不无关系, 而黄土高原地区无疑成了西北地区水土流失的重中之重。

改革开放以来, 随着黄土高原地区社会经济的发展, 城市化进程加快, 城市数量和范围不断扩大。在城市化过程中, 由于平整地基、修路、筑桥等人为活动扰动大量土石, 使植被、地貌、水系等相应环境遭受破

坏, 产生了易于发生侵蚀的环境, 并引发了各种形式的水土流失。延安市处于西北黄土高原丘陵沟壑区强烈的水蚀和风蚀区, 生态环境脆弱, 其自然状况、经济水平和社会环境在黄土高原城市中具有一定的典型性和代表性。本文以延安市城市化过程中的水土流失为视点, 研究了该区水土流失对生态环境的负面影响。必须指出一点, 本文所指延安市包括宝塔区南市、宝塔、凤凰 3 个办事处及万花、柳林、李渠、桥沟、姚店、河庄坪、枣园、川口 8 个乡镇的部分近郊村组, 总土地面积 115 km²。

收稿日期: 2004-03-08

资助项目: “948” 计划项目(2003-257)

作者简介: 冯伟(1977-), 男(汉族), 浙江省嘉兴市人, 在读硕士, 专业为农业水利工程, 研究方向为水土环境与保护。E-mail: ylfw2002@hotmail.com。

1 研究区概况

1.1 城市发展情况

延安市三面环山(凤凰山、宝塔山、清凉山),中间二水(延河、南川河)襟围,地形西北高、东南低。其城区建国初期仅在中心地带较为集中的居民区,大的支沟沟口两岸有少量开发,以后随着城市经济的发展、人口的增多,城市开发逐渐由延河低阶地向高阶地及大支沟方向发展,但开发速度慢、规模小。改革开放以后城市开发速度与规模逐步加大,中心城区的建成区面积1978年为 8.6 km^2 ,到1995年扩至 12 km^2 。1995年以后发展更为迅速,到2002年已达 16 km^2 ,较1995年增长 $1/3$ 。城市人口由建国初期的 1.6×10^4 人发展到2002年的 2.0×10^5 人(包括流动人口)。市区现已建成世纪花园、东苑、翟则沟等住宅小区,城市人均居住面积达到 10 m^2 。市区道路总里程已达 57.4 km ,人均占有道路面积 8.2 m^2 。

1.2 水土流失背景概况

1.2.1 极易形成水蚀风蚀的气候条件 延安市属高原大陆性季风气候,其特点是春季多风,气温冷暖多变,并有扬尘和沙尘暴天气出现;夏季气候温热,持续时间短,干旱与雨涝相间。秋季凉爽多雨,气温下降迅速,霜雪早临;冬季寒冷干燥,持续时间长。多年平均气温 $9.4\text{ }^\circ\text{C}$,极端最高气温 $39.7\text{ }^\circ\text{C}$,极端最低气温 $-25.4\text{ }^\circ\text{C}$ 。延安市温差较大,岩石物理风化作用强烈,在较短时间内岩石就会风化破碎,为水土流失提供物源。

延安市多年平均降水量在 $390\sim 700\text{ mm}$ 之间,其特点是年际变化大,年内分布不均,主要集中在7—9月份,占全年总降水量的 76% 左右,且多以大雨或暴雨形式出现。一旦有暴雨,各种处于极限平衡状态下的裸露坡面、松散弃土坡、建筑开挖面就被激发,引起强烈的土壤侵蚀。连阴雨也是延安市区坡面水蚀、斜坡失稳的主要因素之一^[2],其年平均出现 3.2 次,主要集中在秋季,占全年的 44% 。

延安市全年平均风速 2 m/s 左右,小于 5.3 m/s 的起沙扬尘风速^[3]。但因春季大风多,最大风速高达 14.3 m/s ,远远大于起沙扬尘风速,且春季气候干燥,容易发生风蚀。夏季各月平均风速较小,但多雷阵雨天气,雷雨前常出现阵性强劲大风,发生风蚀。又由于延安市城区坐落于山谷之中,由风力吹扬的尘土,搬运一段距离后,因风向变化或气流受阻而将尘土沉积在背风处的屋顶、墙角或街区陡坎处。沉积下来的粉尘泥沙等物质,在降雨时又成为降雨径流侵蚀搬运的对象^[3]。

1.2.2 稳定抬升的地质构造 延安市地处华北地台的鄂尔多斯台向斜的中部,区内构造简单,地层平缓,无火成岩的侵入,是华北陆台最稳定的部分。市内延河及其支流发育有2级阶地、冲洪积扇以及斜坡地带大量的滑坡、滑塌和崩塌等均说明自第四纪以来上升幅度远远大于沉降幅度,现在仍处于整体抬升过程。

1.2.3 破碎的地貌形态 延安市地貌从宏观上看,属于黄土丘陵沟壑地貌,类型以黄土斜梁、黄土峁、黄土塬、河谷和各种沟谷为主。区域地貌的切割深度在 $190\sim 250\text{ m}$ 之间,地表极为破碎,沟壑密布,多陡坡。据测算(1:10 000地形图),市区周围沟壑密度一般在 $7.5\sim 11\text{ km/km}^2$ 之间,最大达 20.95 km/km^2 ^[3]。地貌破碎程度对水土流失有明显的影响。如果其它条件不变,则水土流失量与地面破碎程度有紧密正相关关系^[4-5]。

1.2.4 以马兰黄土为主的地面组成物质 延安市的地面物质主要为马兰黄土,主要分布于黄土梁峁的上部。马兰黄土平均孔隙比为 0.921 ,土体结构疏松,垂直节理发育。马兰黄土有机质含量低,遇水易湿陷、崩解。一定体积的土块在静水中的崩解速度一般为 $1\sim 3\text{ min}$,崩解后的散粒中粉细砂颗粒占主要成分,极易被坡面高动能的水流带走,形成强烈侵蚀;离石黄土仅部分出露于梁峁及沟谷斜坡的中下部,由于其固结历时较长,结构比较致密,湿陷性很小,后期构造块状斜节理发育,其抗蚀性远较马兰黄土大,它往往成为各种较大型重力侵蚀如滑坡、滑塌的主体。

1.2.5 覆盖度低且分布不均的植被 延安市植被稀疏,且群落单调,在市区以南有少量天然次生林分布,其余多为零星块林和灌丛。其植被覆盖分布极不平衡。川口、柳林、万花等3个乡镇森林覆盖率为 $36.8\%\sim 43.3\%$,其它乡的森林覆盖率在 10% 以下。城区附近的几个小山梁,如凤凰山、宝塔山等植被较多,林草覆盖度达 70% 以上,但多属于人工营造林,以刺槐、松柏为主,总体覆盖率约 30% ,但在坡度大于 40° 左右的坡段,几乎无植被,因此,斜坡地带,特别是陡坡地带冲刷强烈,水土流失严重,当在不利外营力的影响下,经常发生滑坡、滑塌和崩塌。

2 城市化过程中产生严重的水土流失

2.1 人类建设活动破坏原始地貌及土壤结构

强烈的水土流失产生在建设时期,此时原地面因开挖、平整、运输而受强烈扰动。在同块土地上,1 a间因建设产生的水土流失相当于自然甚至农业数10 a造成的侵蚀。平均而言,城市化建设水土流失率是农地的 $10\sim 350$ 倍(平均 180 倍),是森林的 1500

倍^[6]。地面建设产生的大量松散开挖物质、新开挖面极易遭受风蚀(表 1),其风蚀模数是原来地表面的 2~3 倍^[7]。

开挖面形成陡高边坡,坡度一般都大于原始地表的坡度,其稳定性低,一经降雨、径流、风力、践踏、机

械震动等外营力的激发,常常发生滑塌现象,造成大量侵蚀。此外,城市化过程中,大量的林地和农地土壤被城市扩展而占用,城市区域的土壤受人为活动长期扰动,多次无序施工翻动,这都破坏了土壤原有的表土层和腐殖质层^[8],降低了其抗侵蚀能力。

表 1 不同土地类型野外风洞实验风蚀模数

t/(km²·a)

土地类型	风沙地	固定风沙地	固定沙黄地	裸露沙黄地	破坏的沙黄地
风蚀模数 (t·km ⁻² ·a ⁻¹)	4.8 × 10 ³	1.21 × 10 ³	1.54 × 10 ³	3.25 × 10 ³	3.40 × 10 ³

注:中国科学院黄土高原综合考察队。黄土高原地区工矿和城市发展的环境影响及其对策,1991。

2.2 城市建设中产生的弃土弃渣

城市化过程中不可避免地要大量开挖地面,松动土体,产生临时弃土堆,形成易蚀的坡地。这些临时堆放的松散土体抗侵蚀能力极低,又无任何防治措施,在雨滴击溅或径流冲刷下使大量的泥沙进入河道。据甘枝茂、孙虎等^[9]对延安市火车北站、兰家坪、桥儿沟等 17 处调查,人为倾倒的弃土和堆土场边

坡侵蚀极为严重,侵蚀模数在 2.15 × 10⁴~1.31 × 10⁵ t/(km²·a) 之间,远大于此区自然侵蚀模数 1.00 × 10⁴ t/(km²·a) 左右。从改革开放至 1998 年近 20 a 间,延安市城区人为松散固体堆积物累积达 1.70 × 10⁷ m³(表 2)^[3],如以平均弃土堆高 3 m 来估算,堆积面积为 5.68 × 10⁸ m²,再取平均侵蚀模数 7.63 × 10⁴ t/(km²·a),则每年将有 4.33 × 10⁵ t 泥沙被流失掉。

表 2 延安市城区人为松散固体堆积物数量

10⁴m³

物质来源	城市基础设施建设	房地产开发	公路、铁路建设	生产、生活垃圾	其它(采石等)	合计
堆积量	405.35	21.72	643.23	255.75	376.52	1702.57

2.3 滑坡、滑塌与崩塌

城市尤其是山区城市在城市化过程中易出现重力侵蚀。延安市地处河谷地带,市区中心的平地建筑已形成饱和态,城市渐向四周山坡扩展,形成垂向分布,特殊的地形地貌条件、脆弱的地质环境、人为的工程开挖导致市区斜坡地带经常发生滑坡、滑塌和崩塌。如 1998 年 6—7 月延安市林校滑坡,此滑坡体处在地下水位较高的枣园段,该校因修建操场进行大规模开挖和填方,造成地下水通道的堵塞,并加大了临空面,故导致整个坡体强烈变形,坡体前缘的挡土墙和护坡被变形的坡体推倒或倾斜,后部黄土中出现拉张裂缝,致使坡体上的建筑物严重变形^[2]。

2.4 城市垃圾及污水

城市垃圾是固体废弃物的重要方面,许多城市对垃圾处理不当,乱堆乱放现象比较普遍,极易造成流失。据延安市环卫处 2000 年统计资料,中心市区年产固体废弃物 1.67 × 10⁵ t,其中工业固体废弃物约 1.02 × 10⁵ t,生活垃圾约 6.50 × 10⁴ t。大约 4.00 × 10⁴ t 经环卫处集中处理,不到总固体废弃物量的 25%,其余 1.25 × 10⁵ t 则均倾倒在山坡沟洼,不仅影响市容,而且一遇暴雨,极易发生流失,堵塞沟道,造成排水不畅。城市污水的排放也可造成一定程度的水土流失。现全市年排放污水总量为 2.15 × 10⁷ t,

其中工业污水 3.50 × 10⁶ t,生活污水 1.80 × 10⁷ t,绝大部分未经处理直接排入河道,若按 1% 的污泥率^[9],则每年可向河道输送泥沙近 2.15 × 10⁵ t,可见未经处理的城市污水也会给河流带来大量泥沙。

3 城市水土流失对生态环境的影响

由于城市水土流失具有很强的隐蔽性,所以因其产生的生态环境问题在有限的时间内,不容易被察觉,对大多数人而言,除非受到很严重的污染,否则,不会受到人们的重视。

3.1 污染水体

城市水土流失对水质影响最直接的表现是影响其混浊度。据各水文站多年资料,延安市内的河流平均含沙量为 244~311 kg/m³,实测最大含沙量可达 1300 kg/m³,造成河水长年浑浊,无法饮用;城市中强烈的水土流失不仅使土壤中的有机质减少,土地肥力下降,而且由水土流失产生的泥沙携带的有机物、农业化学物质、微生物严重影响河流水质,目前延河在宝塔区城区段污染最重已达 4 级。据有关专家估算,泥沙给水体带来的污染负荷一般为城市污水的 500~700 倍^[10];此外从城市地表和下水管道进入河道的污水中含有丰富的氮磷,可以造成水体的富营养化。例如从城市污水中输入巢湖的氮每年达 6869.6 t,磷 375.6 t。每年被冲入湖体的 1.00 × 10⁶ t 悬移质

泥沙中,大约有 600 t 氮, 10 t 磷和 1.00×10^4 t 土壤有机质^[11]。

延安市每年大约有 1.25×10^5 t 各种成分的垃圾未经处理堆积在山坡沟洼,而垃圾在堆放过程中会产生大量的酸碱性有机物质,并将垃圾中的重金属溶解出来,是有机物重金属和病原微生物的污染源。任意堆放或简易填埋的垃圾,其内产生的渗滤液流入周围地表水体和渗入土壤,造成地表或地下水的严重污染,威胁人民身体健康。例如:贵阳市 1983 年夏季马井和望城垃圾堆放场所地区同时发生痢疾,其原因是地下水被垃圾场渗滤液污染,大肠杆菌值超过饮用水标准 770 倍以上,含菌量超标 2 600 倍^[12]。

3.2 影响空气环境

近年来,可吸入悬浮颗粒物已成为影响北方城市空气质量的首要污染物。据延安市“九五”期间空气悬浮颗粒(TSP)年(季)监测结果(表 3),1996—2000 年 TSP 年均值分别为 0.536, 0.538, 0.490, 0.399,

0.554 mg/m^3 ,均超过国家 2 级标准(0.20 mg/m^3),超标天数占总天数的 85% 左右。而影响城市空气质量的可吸入物主要来源之一便是局地性扬尘。因为在局地热力条件下,裸露的垃圾堆、地面、堆积土方可能被热空气卷起,成为空气中可吸入颗粒物的来源,其发生几率虽然较小,但也可以造成城市空气质量的严重污染^[13],恶化生活卫生条件,影响室内开窗换气、室外晾晒衣服。

此外,颗粒物的严重污染,使雾天日数增多,视程缩短,交通事故增多。更为严重的是空气颗粒物还能引发各种疾病,如颗粒物中含有数百种化学物质,大多数与致癌作用有关,大气中飘尘浓度每增加 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,恶性肿瘤死亡率将大增加^[14]。飘尘还可使呼吸道疾病发病率提高,动物实验证明,一次大剂量(1.5 mg/kg 体重)注入城市飘尘悬液,即可引起肺细胞损伤^[12]。值得提出的一点,大气颗粒物还能附着于文物古迹表面,形成对文物污染^[15]。

表 3 “九五”期间延安市 TSP 年(季)均值统计表

年份	监测日数/d	最小值	第 1 季度	第 2 季度	第 3 季度	第 4 季度	最大值	年平均	超标率/ %
1996	60	0.202	0.464	0.786	0.323	0.573	1.619	0.536	90.0
1997	150	0.078	0.691	0.438	0.348	0.673	0.953	0.538	85.0
1998	180	0.176	0.483	0.586	0.389	0.501	0.931	0.490	85.0
1999	180	0.120	0.469	0.397	0.310	0.420	1.176	0.399	71.6
2000	180	0.108	0.456	1.161	0.289	0.309	16.205	0.554	84.2

注:本表资料来自宋爱凤. 浅析延安空气质量的恶化及对策. 2002.

3.3 抬高河床,淤积沟道

城市水土流失因其特殊性,产生的泥沙中含有大量的石块、粗沙,其中大部分通过街边沟和地下管网排入市内河流沟道。流经延安市区的延河和南川河河道比较弯曲,弯曲系数可达 1.47~ 1.50,如延河在宝塔山脚下发生近 90° 转角,且河床纵比降小,为仅 1.8‰^[3],又因延河和南川河大部分时间处于枯水期,没有足够的水力外营力作用,往往只能形成短距离搬运,容易发生淤积、固化,抬高河床,使得河道泄洪能力下降,屡遭洪水袭击。例如,1977 年 7 月延河爆发洪水,造成市内 379 个单位进水被淹,134 人死亡,冲毁大中桥梁 10 座、公路 51 km,直接经济损失达 1.26×10^9 元。

此外,街边沟、明沟、暗沟经常由于生产、生活垃圾的随地堆放而发生堵塞淤死。延安市区 90% 以上的排水通道有不同程度的淤积,有的暗沟淤积程度达 60%~ 70% 以上^[3]。有些管渠淤积得不到及时清理,致使一遭大雨、暴雨就满街黄泥、污水横流。如大砭沟,其沟头就有 2 处长 2 m 的街边沟被生活垃圾、

砖块、灰渣和弃土填埋,中段多处发生严重淤积,生活垃圾、粪便等污物随处可见,雨天造成排水不畅,径流常顺街下泻,侵蚀路面。

3.4 增加入黄泥沙

黄土高原地区城市水土的流失也是入黄泥沙的一个物源。在延安市区土壤水蚀物源中,除有不少粒度较粗的成分能造成市区附近河床、沟道的严重淤积外,还有不少较细泥沙颗粒通过延河被输入黄河干流,增加黄河的输沙负荷。至于预测因此而入黄的泥沙数量,在目前还是力所不能及的。

3.5 引发地质灾害

城市建设形成人为高陡边坡,如遇连续大气降雨,地震等外营力作用,容易发生滑塌现象。虽然滑坡、崩塌发生的几率不高,但城市由于人口集中、财产集中,一旦发生将对滑坡、崩塌体上方和下方的居民生命和财产安全构成严重威胁。现延安市区城范围内共发育大型滑坡 35 处,滑塌 132 处,崩塌 74 处(表 4—5),其中共有 85 处滑坡、滑塌、崩塌体处于极不稳定或不稳定状态,占总数的 45.3%^[2],如发生滑塌,

一次移动的土石岩体可达 $1.00 \times 10^4 \text{ m}^3$ 或更多。可见地质灾害是延安市城市化过程中一个不小的隐患。

表 4 延安市城区斜坡破坏类型及稳定性统计

项目	滑坡		滑塌		崩塌		总计	
	个数	%	个数	%	个数	%	个数	%
极不稳定	10	28.5	9	7.0	14	20	33	13.7
不稳定	11	31.5	23	17.0	18	24	52	21.6
较不稳定	6	17.0	68	51.5	42	54	116	48.0
基本稳定	8	23.0	32	24.5	—	—	40	16.7
合计	35	100.0	132	100.0	74	100	241	100.0

4 对策及防治措施

4.1 提高认识, 加强管理

开展城市水土保持宣传是前提, 要充分利用各种传播媒体, 加大对城市水土保持工作的宣传, 提高全

社会的城市水土保持意识。许多人对城市水土保持的重要性认识不足, 意识不强, 不少单位和个人在从事生产建设活动中, 大多从行业的眼前利益出发, 急功近利, 随意堆放弃土、垃圾、工业固体废弃物, 随意排放生活及工业污水, 甚至破坏森林植被, 法制观念淡薄。因此在宣传上要舍得投入人力、物力和财力, 要有创意, 既要引起领导重视, 又要通俗易懂, 让市民接受。在加强宣传的同时, 管理也要跟上, 各级政府和水土保持单位要依据《中华人民共和国水土保持法》的有关规定并结合延安市区的特点, 制定相应的城市水土保持工作条例, 把城市水土保持纳入法制化轨道, 切实落实城市建设主体工程与水土保持设施“三同时”法定制度。在具体工作中要突出一个防字, 把生态环境建设和城市可持续发展的思路纳入到城市建设各部门中去。

表 5 延安市城区斜坡破坏类型及稳定性统计

项目	滑坡		滑塌		崩塌		总计	
	体积/ m^3	比例/%	体积/ m^3	比例/%	体积/ m^3	比例/%	体积/ m^3	比例/%
极不稳定	1 280 150	21.5	172 975	4.5	66 200	36	1 519 325	15.0
不稳定	1 960 450	33	375 360	9.4	10 750	5.8	2 346 560	23.0
较不稳定	1 872 950	31.5	2 361 690	59.2	106 995	59.2	4 341 635	42.8
基本稳定	8 629 50	14	1 033 375	26.9	—	—	1 896 325	19.2
合计	5 976 500	100	3 943 400	100	183 945	100	10 103 845	100.0

注: 资料来自西安工程学院地质工程与环境工程研究所《延安城市滑坡危险程度评判及治理建议》(2001)。

4.2 加强城市水土保持研究和执法队伍建设

城市水土流失成因复杂, 其治理是一项庞大的系统工程, 不能拿农村的水土保持经验来照套城市水土保持, 要综合深入探讨。目前城市水土保持工作开展时间不长, 许多基础性工作刚刚起步, 资料、数据、研究成果都比较少, 所以必须加强科学研究, 充分利用现代科研成果, 采用 RS, GPS, GIS 等高新技术手段对城市的水土流失做好三及时(监测、监控、预报), 为决策部门提供科学依据。拥有一支高素质、精业务的水土保持执法队伍, 对确保水土保持工作成效也至关重要。总之, 城市水土保持工作要做高、做深、做细, 严格杜绝边治理边破坏的现象。

4.3 因地制宜、科学规划, 改善城市生态环境

在实际工作中我们要因地制宜, 坚持高起点的规划设计, 提高规划设计水平。针对延安市区 3 山夹 2 川的地势特点, 在环市山坡上以生物措施为主, 辅以工程措施, 缓坡地发展生态农业, 陡坡地实行封山育林, 在一些生态环境较好的沟道种植如山桃、山杏、沙棘、枣、梨等具有经济和观赏价值的乔灌木, 层层推进, 既治理了水土流失, 涵养了水源, 又开发了水土保持旅游资源。在城区的宝塔山、凤凰山、清凉山等重

点旅游区植树种草, 发展水土保持各种配套措施, 既能改善侵蚀环境, 又可增加旅游收入, 可谓一举两得。对于重点滑(塌)坡群, 以工程措施为主, 结合其发生的具体地形地貌, 坡顶削坡减载, 坡面开槽排水, 坡脚加抗滑桩或砌挡土墙。对在滑坡山体和半山以上的居民要有计划的搬离, 并广植长绿林、风景林, 建成森林公园。对于两川的防治应以工程措施为主, 兼顾生物措施, 加强河防大堤的整修, 及时清淤。禁止向河床乱倒弃土弃渣, 乱排污水, 以解除城市洪灾隐患。河道两岸设置绿化带, 种花育草, 因地制宜, 开辟河堤公园, 以全面改善延安市的生态环境。

[参 考 文 献]

- [1] 曲格平. 西部大开发与可持续发展[J]. 环境保护, 2000(6): 3—7.
- [2] 西安工程学院地质工程与环境工程研究所[R]. 延安城市滑坡危险程度评判及治理建议, 2001.
- [3] 孙虎. 黄土高原地区城市土壤侵蚀发生机理与侵蚀环境调控[D]. 中国科学院博士论文, 1999.
- [4] 袁仁茂, 杨晓燕, 等. 水土流失的多因素分析及其防治措施[J]. 水土保持研究, 1999, 6(4): 80—85.

(下转第 52 页)

输水管道一根,每一棵树下安装一根 4 mm 的出流小管。提水泵可选用 QGD1.2—100—0.55 型螺杆泵,其出水量为 $1.2 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 100 m,轴功率为 0.55 kW(单相电)。

3 绿化树草种的选择

高速公路绿化比较粗放,因此应从耐旱耐瘠薄,易成活,易管护的角度,来选择绿化树草种。表 3 列举了陕西黄土区高陡边坡绿化推荐树草种,以供绿化设计时参考。

表 3 推荐陕西黄土区高陡边坡绿化树草种

地 区	平 台	边 坡
延安以南地区	火炬树、沙棘、刺槐、臭椿、连翘、榆叶梅、迎春、山桃、山杏、三叶地锦、扶芳藤、白三叶、小冠花、酸枣、荆条等	小冠花
延安以北地区	火炬树、沙棘、柠条、山杨、山桃、山杏、狼牙刺、紫穗槐、小冠花、三叶地锦、长芒草、披碱草、臭椿、酸枣	小冠花、无芒雀麦、披碱草、铁杆蒿、达乌里胡枝子、高羊茅和地椒等

(上接第 30 页)

- [5] 卢金发. 黄河中游流域地貌形态对流域产沙量的影响[J]. 地理研究, 2002, 21(2): 171—177.
- [6] 王向东, 匡尚富, 等. 城市建设和采矿对土壤侵蚀及环境的影响[J]. 泥沙研究, 2000(12): 39—45.
- [7] 中国科学院黄土高原综合考察队. 黄土高原地区工矿和城市发展的环境影响及其对策[M]. 北京: 科学出版社, 1991. 177—180.
- [8] 陈立新. 城市土壤质量演变与有机土培肥作用研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(3): 36—39.
- [9] 甘枝茂, 孙虎, 甘锐. 黄土高原地区城市化对侵蚀环境的负面影响及防治对策[C]. 中国西部生态重建与经济协调发展学术研讨会论文集, 四川科学技术出版社, 1999. 458—463.

4 边坡绿化设计

由于边坡壁立, 坡面光滑, 宜选用一维网垫育苗草皮加土工格室措施进行绿化。为增加一维网垫草皮与边坡面之间的摩擦力, 坡面不必削得平滑, 应开挖成锯齿形, 以增大坡面糙率。一维网垫草皮下填种植土 20 cm 厚, 上压土工格室, 再用塑料钎或“门”字形钢筋, 将土工格室和一维网垫草皮锚固在边坡上, 并喷水促其生长。

5 结 论

根据黄土高原高陡边坡土壤干旱、瘠薄、陡峭的生态环境, 为了搞好边坡绿化, 应采取如下技术措施:

- (1) 在平台上开挖断续水平沟, 在高边坡路段出入口路侧修建水窖, 强化雨水的拦蓄利用;
- (2) 在边坡坡面上铺设一维网垫草皮和土工格室, 内填种植草固坡;
- (3) 增施有机肥料, 培肥地力, 改良土壤结构;
- (4) 选择耐旱、耐寒、耐瘠薄的乡土树草种。

[参 考 文 献]

- [1] 蒋定生编著. 黄土高原治理模式与合理利用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.
- [2] 王恒俊, 等. 黄土高原地区土壤资源及其合理利用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991.
- [10] 欧阳球林. 水土流失对清林水径库水质的影响研究[J]. 水土保持通报, 1999, 19(3): 19—22.
- [11] 金相灿, 刘鸿亮. 中国湖泊富营氧化[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 120—169.
- [12] 孟紫强主编. 环境毒理学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000. 338—377.
- [13] 康晓风, 张建辉, 等. 沙尘天气对我国城市空气质量影响的范围与强度分析[J]. 资源科学, 2002, 24(4): 1—4.
- [14] 程晓军, 闫晓杰, 等. 包头市大气污染对人群健康的影响[J]. 环境科学研究, 2000, 13(4): 62—64.
- [15] 边归国. 环境污染对文物古迹的影响[J]. 环境与开发, 1998, 13(1): 25—28.