

石灰岩山区工程建设对水土流失的影响研究

李福林, 王玉太, 张保祥, 刁希全, 王维平

(山东省水利科学研究院, 山东 济南 250013)

摘要: 从对影响石灰岩山区土壤侵蚀的因素分析入手, 获取有关可蚀性因子信息, 利用变径流系数经验公式和通用水土流失方程 (USLE) 对住宅工程建设前后和建设期间的地表径流损失量和土壤流失量进行计算和预测, 最后总结工程开发建设对石灰岩山区水土流失的影响特点。

关键词: 石灰岩山区; 地表径流; 水土流失

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2000)05-0016-03 中图分类号: S157.1, TU-023

Soil Loss Affected by Engineering Construction in Limestone Mountain Area

LI Fu-lin, WANG Yu-tai, ZHANG Bao-xiang, DIAO Xi-quan, WANG Wei-ping

(Water Conservancy Research Institute of Shandong Province, Jinan 250013, Shandong Province, PRC)

Abstract Based on analysis of soil erodible factors, some information about soil erosion in the limestone mountain area were gained. Then the surface runoff equation with variable parameters and the Universal Soil Loss Equation were used to compute and predict the volume and the rate of runoff and soil loss in the different period of building project. Finally, the soil loss properties in limestone mountain area affected by the artificial engineering are summarized.

Keywords the limestone mountain area; surface runoff; soil loss

石灰岩山区谷地是地表水集中汇流区,也是地下岩溶水的重要补给区。在山区谷地进行工程开发建设,不仅会带来某些可能的环境问题,而且还会造成山区的水土流失。

的原则,大部分采用机械化施工进行。工期自1998年至2000年,建成后住宅以商品房形式对外出售。

1 项目区概况与土壤侵蚀因子分析

1.1 项目区概况

项目开发区位于济南市千佛山南麓的一长条形山谷中段,该谷地分别由西部、东部、东南部的金鸡岭、罗庵寺岭和蝎子山环抱而成,直接汇水区面积2.0 km²。开发区具体范围是北起济南市十六里河镇太平村,南至土屋村,南北长2.1 km,东西平均宽450 m,面积0.95 km² (图1)。规划项目为济南市三联集团开发的普通住宅项目。项目区规划总面积95.47 hm²,其中居住区用地75.37 hm²,分22个地块,含住宅用地、公建用地、道路用地和公共绿地等;除居住区之外还包括20.1 hm²的公共设施用地,城市公共绿地和道路交用地等。项目区规划开发住宅7853套,居住人口2.59×10⁴人。住宅开发拟结合地形条件,在原有村舍拆迁、垃圾清理、地块平整以及环山公路开拓等基建的基础上进行。按照土方基本就地平衡

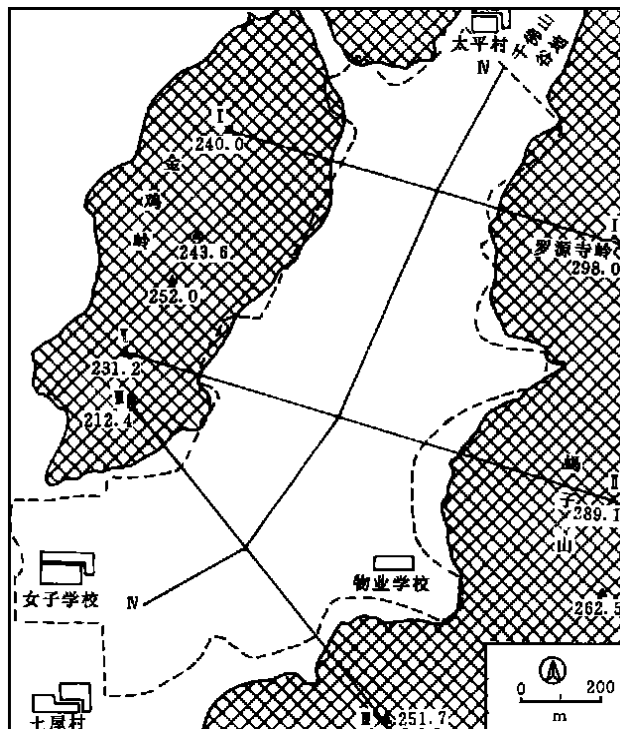


图1 项目区位置图

收稿日期: 2000-06-15

资助项目: 山东省计委重点科技攻关项目“水库环境隐患监测技术”(编号: 9612)

作者简介: 李福林 (1967-), 男 (汉族), 工程师, 硕士。研究方向为水资源与水土保持。电话: (0531) 6974146, E-mail: Fulinlee@163.net

1.2 土壤侵蚀因子分析

1.2.1 气候因子 气候是造成水土流失的潜在因素,降水量和降雨强度是土壤侵蚀的动力根源。该区紧靠济南南部市区,属暖温带大陆性季风气候,四季分明。年均气温 13°C ,多年平均降水量(邵而站,1956—1998)663.9 mm,降水季节分配不均,主要集中在夏季,可占全年降水量的 75%。由于降水季节分配相对集中,山区产流属超渗—蓄满混合型,几次暴雨造成的土壤溅蚀作用很强,加之汇水区坡降大而集中,汇流时间短,谷地季节性水流较大,径流又加剧了坡面侵蚀作用。汛期洪水多排入南部的兴济河,仅有部分排入该区西北侧 V 型小河谷——广场东沟。其它季节降水少,山谷小河基本干涸。

1.2.2 地形因子 地形因子主要包括坡度、坡长及坡形等,坡度的陡缓、坡面的长度以及坡形的凸凹程度是决定径流冲刷和侵蚀强弱的基本因素。该区地貌类型为山地和谷地,主要分布有山坡、坡麓、阶地、谷底、低平地、洼地、冲沟等次一级地貌单元,受人类影响,发育不典型。谷地周边为奥陶系灰岩组成的低山,海拔 230~290 m,东边陡,西边相对较缓,平均坡度 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。谷地南北长 2.1 km,平均宽 450 m,地势起伏不大,海拔 117~191 m,总体北高南低,平均坡度 13%,但局部地区微地貌稍有差异。

1.2.3 地面组成物质 该区沉积物由第四纪坡积物和冲洪积物组成。土壤和岩石风化物是地表主要组成物质。土壤类型主要为褐土,其中山坡及坡脚的荒草地和梯田地带多分布粗骨性褐土,成土母质为岩石风化的残积、坡积物,土层浅薄,厚度 20~30 cm,粗骨薄层特征明显,土壤质地多为砾质中壤土。每遇降雨,径流增大,松散土壤易于流失。该类土壤养分缺乏,生产力低。分布在谷地的为普通褐土和石灰性褐土,成土母质多为石灰岩坡积、洪积物,偶或黄土堆积物。土层厚度 20~55 cm,土体富含碳酸钙,土壤质地为中壤土,表层为耕作层,较深层可见轻粘土。土体遇水分散成细微团聚体,沟蚀明显,区内形成多处冲沟。土壤的有机质和粉细砂含量分析以普通褐土为代表(图 2),鲁 31 号土壤剖面采自十六里河果园西侧海拔 135 m 的沟谷阶地上,成土母质为厚层黄土。鲁 32 号土壤剖面采自千佛山—览亭北向 200 m 山坡处,成土母质为石灰岩风化物。

1.2.4 植被因子 该区植被类型单调,周边山地和山坡种有人工侧柏,高度不足 7 m,林相单一,缺乏灌木和草本植物,林木覆盖度 22%。东部山地植被较为茂密,西部林木稀疏,裸岩面积大。坡脚梯田地带分布

稀疏荒草和少量人工酸枣树,谷地平缓处散见杨、榆等阔叶树种,植被稀疏,生态质量较低。

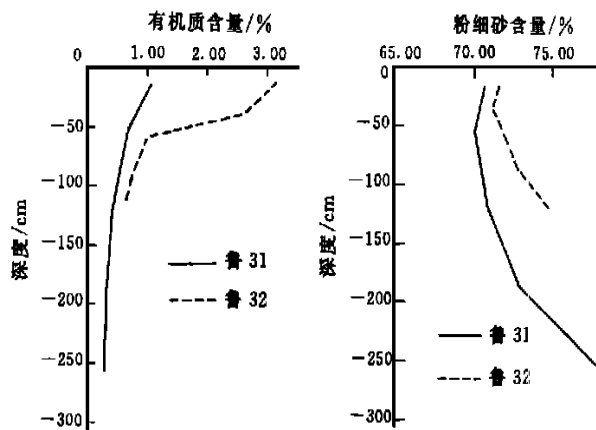


图 2 土壤有机质含量和机械组成剖面分布

1.2.5 社会经济因素 谷地中的土地一半为荒草地,低洼地和陡坡梯田,仅在梯田上种有少量小杂粮,粗放经营,产量很低;其余辟为农田,耕地面积 46.7 hm^2 ,作物以种植小麦、玉米、大豆、地瓜为主,一年两作,土地肥力中等偏下,排水条件好,但因缺水,灌溉条件差,干旱是影响作物产量的主要限制因素。此外,还有少量的果园和菜地。谷地南北分布着土屋和太平两个村庄,人口 2500 人。农业生产水平不高,粮食单产 5250 kg/hm^2 ,经济活动主要依靠采石、制砖等副业,1999 年人均收入 2600 元,是济南市经济欠发达地区之一。

2 水土流失计算与预测

鉴于项目区处于济南泉域的直接补给区,水土流失有其特殊性,即不仅包括土壤流失量,还包括地表径流的流失量。其中地表径流量采用经验公式法计算,土壤流失量用美国通用水土流失方程计算。

2.1 地表径流量计算

地表径流量计算采用山东省水利科学研究院多年观测试验研究成果——变径流系数经验公式法^[1]。其年地表径流量和径流系数的计算公式为:

$$R_s = \bar{T} \cdot F \cdot P_t \quad (1)$$

$$\bar{T} = A_s \log P_t - \log P_B + D_s \quad (2)$$

式中: R_s ——地表径流量 (m^3); F ——计算面积 (km^2); P_t ——降水量 (mm); \bar{T} ——年径流系数; A_s ——地表汇流指数; P_B ——年雨量损失值 (mm); D_s ——土壤调节转化重复系数。上述公式中需要率定的流域产流参数有 A_s 、 P_B 和 D_s ,根据三水转化研究成果,石灰岩地区,各参数值见表 1。

表 1 石灰岩地区产流参数率定结果

地貌类型	A_s	P_B	D_s
山地	0.50	300	1.290
平原	0.15	340	2.165

降水量采用邵而站 1956—1998 年的统计资料计算,工程建设前按山地地貌类型率定的参数计算全区的地表径流量;工程建设期间由于谷地土地平整,土层受到扰动,壤中流增大,谷地按平原地貌类型率定的参数计算地表径流量,而其余山地仍按山地地貌类型计算;工程建成后,规划区地面硬化,地表径流系数增大,按 0.75 计算,山地仍按前述参数计算(表 2)。

表 2 项目区不同典型年地表径流量 10^4 m^3

频率年	降水量 / mm	工程 建设前	工程 建设期	工程 建设后
20%	807.3	49.08	31.11	83.29
50%	648.0	30.97	19.62	62.40
75%	533.8	19.28	12.30	48.15
95%	399.7	7.59	4.90	32.47
多年平均	663.9	32.53	20.68	64.38

2.2 土壤流失量计算

由于该区主要是降水引起的片蚀,土壤流失量计算采用美国通用水土流失方程^[2,3](USLE)

$$E = 0.224R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad (3)$$

式中: E ——土壤侵蚀模数 ($\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$); R ——降雨侵蚀因子; K ——土壤可蚀性因子; LS ——地面坡长坡度因子; C ——植被覆盖因子; P ——水土保持措施因子。

$$R = \sum_{i=1}^{i=12} 1.735 \times 10^{(1.5 \lg \frac{P_i^2}{P} - 0.8111)} \quad (4)$$

式中: P_i ——月降雨量; P ——年降雨量

$$100K = 2.1 \times 10^{-4} (12 - M_o) \times M^{1.14} + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3) \quad (5)$$

式中: M ——有机质含量; S ——土壤结构指数; P ——透水性等级; M_o ——粉砂和细砂含量。

$$LS = \left(\frac{1}{22.13}\right)^m (0.065 + 0.045S + 0.0065S^2) \quad (6)$$

式中: L ——坡长 (m); $m = 0.6$; S ——坡度,用百分数表示

上述公式中,降雨资料采用邵而站多年平均的统计数据,土壤参数选用上述鲁 31 号剖面的分析结果,同时参照鲁 32 号石灰质普通褐土剖面的分析结果(土壤表层取用参数为 $M_o = 1.03\%$, $S = 2$, $P = 4$, $M = 70.67\%$ 。

植被覆盖因子 (C) 根据 Elwell H. A. 和 Stocking M. A. (1975) 及 Lang R. D. (1979) 推导出的侵蚀比与季节植被覆盖度的非线性关系图^[3],取平均流域植被覆盖度 22%,求得 C 值为 0.30 由于基本无水保措施, P 取值 1.0

坡长和坡度,因工程建设前后有所不同。建设前,坡长取平均值 850 m,坡度取流域平均坡度 18%;建设后,由于谷地地面硬化,无土可蚀,只计算山地 1.05 km^2 范围的土壤流失量,取平均坡长 340 m 平均坡度 3%;而建设过程中,谷地土层扰动,土壤侵蚀模数按自然状态的 1.5 倍计算,山地按平均坡长 340 m 平均坡度 3% 计算。

由上面计算可知,项目实施前、建设期及运行期,多年平均水土流失情况各不相同(表 3)。

表 3 项目区流域多年平均水土流失比较

时 段	项目实施前	建设期	运行期
地表径流量 / ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$)	32.5	20.7	66.1
土壤流失量 / ($\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$)	3 394.0	4 200.0	1 151.0

3 水土流失影响的综合分析

通过上述比较发现,石灰岩地区山谷住宅开发建设具有以下几个特点: (1) 该区石灰岩山地在原来状态下,为轻度水土流失区。(2) 该区开发建设造成的水土流失不仅包括土壤流失,还包括地表径流的损失。(3) 住宅开发建设期内,区内土层扰动较大,造成的土壤侵蚀量增大,但地表径流相对较少。(4) 项目建成后运行期,由于谷地变为住宅区,可蚀面积减少,地表径流量成倍增加,而土壤流失量减少。

水土流失造成的间接影响主要表现在两个方面,一是地表径流量增加,减少了降水入渗补给地下水量,如不采取地表集流和促渗措施,将对济南泉水补给造成一定的影响;二是地表径流量的增加,将使下游谷地的径流侵蚀作用增强,加剧沟状侵蚀,流域出口产沙量增大,不仅加大下游谷地和兴济河的淤积,而且增大下游谷地的排洪压力。

[参 考 文 献]

- [1] 李道真. 山丘区三水转化及应用变参进行区域水资源计算方法研究(下) [J]. 资源与环境, 1990, 2(1): 36-44.
- [2] 柯克比 M. J. 摩根 R. P. C. 土壤侵蚀 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1987. 28-59.
- [3] 拉尔 R. 土壤侵蚀研究方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1991. 137-178.