

小流域村落系统地面产流冲刷及防治措施

郑世清 周保林

赵克信

(中国科学院水土保持研究所·陕西杨陵·712100)(长武县黄土高原治理站)
水利部

刘巧丽

(西北农业大学水利与建筑学院)

摘要 黄土塬区小流域村落系统地面集水径流下切侧蚀作用是导致沟头延伸地面破碎的主要原因,也是影响村民住宅安全的潜在因素。该文通过实地调查,定位监测和人工模拟降雨试验以及对硬软地面产流产沙特点的综合分析基础上,提出了具体的防治措施。

关键词 村落系统 地面产流冲刷 沟头延伸 防治措施

Runoff-Scouring and Its Control in Village System of Wangdong Gully Small Watershed

Zheng Shiqing Zhou Baolin

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, 712100, Yangling, Shaanxi)

Zhao Kexin

(Control Station in Loess Plateau of Changwu County)

Liu Qiaoli

(College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwestern Agricultural University)

Abstract The cutting down and sideways erosion action of runoff from ground catchment of village system in small watershed, is one of the important causes which result in the extending of gully head and the breaking of topography in loess Yuan region. It is also the major factors which influence the residential safety of village people. On the basis of field investigation, location observation and artificial rainfall in field, the characteristics of runoff and sediment generation on stiff and soft ground were analyzed, thus, a series of rational measures were advanced.

Key words village system; ground runoff-scouring; extending of gully head; control measures

1 硬地面产流冲刷及其危害

黄土塬区所谓的硬地面产流冲刷是指场院、道路胡同、窑背屋顶等下垫面降雨径流引起严重冲刷的水土流失现象。它是导致本区域沟谷系统演化的主要途径之一。黄土塬区,塬面宽阔

平坦,侵蚀微弱,但塬边周围沟道密布,其中大部分沟头与农田集流槽和村庄道路胡同直接相连,村庄系统集水径流长期冲刷必然会导致沟头延伸。

据西北植物研究所苏陕民研究员考证,在王东沟试验区境内就有3条通往黑河河谷的古道遗址。一条是由凤口向南经老庄通向黑河河谷;一条是凤口向南偏东经王东村,干沟进入黑河河谷;第三条是由凤口向南,经丈六老鼠坡通向黑河河谷的古道遗址。这些道路都是由长武至泾川的古丝绸之路的分支,现均已成为沟壑。

在黄土塬区,沟头多以村庄和集镇为中心,向外辐射,在大比例彩红外航片上看,尤如一幅幅蜘蛛网镶嵌在塬面。日积月累,必然会导致“千年道路变成河”。据西峰黄委会水保站观测资料,村庄道路的水土流失占塬区径流的87.2%,占侵蚀量的92.2%,其中,仅道路侵蚀就占41.1%。根据笔者“七五”期间研究资料,村庄道路侵蚀面积占总土地面积的6.22%,侵蚀量占总侵蚀量的27.1%。据长武县区划资料:仅县城之内就有5条胡同与沟头相连,从1926年~1975年近50年间沟头延伸了300m。此外,从王东沟小流域较大滑坡主要分布在沟道中上游的特征来看,这一区域正是村落密集和人为活动频繁地方。从试区柏子山沟头大型滑坡形成原因的分析结果表明:滑坡的形成除与地层和地质条件有关外,村落系统地面集水径流对滑坡面的切割是造成滑坡的主要原因。由此可见,村庄道路侵蚀是一种十分严重且普遍存在的水土流失现象。因此,探索和研究黄土塬区村落系统下垫面产流产沙规律,配置合理的拦蓄措施,充分利用村落系统宝贵的土地资源,发展蓄水设置和庭院经济,无疑是一项十分必要而有内在意义的工作。

2 王东村各集水区面积统计与分布特征

2.1 软硬地面面积统计

王东沟小流域经过“七五”与“八五”大规模的水土保持综合治理,水土流失得到明显控制。对于村外道路系统的治理采取拦蓄与引排相结合的方法,主要通过路边蓄水槽拦蓄进村道路降雨径流。对于村内道路,主要通过修筑路边排水沟与涝池群引拦径流。而居民院落集水则大部分未采取相应的拦蓄措施,降雨径流大部分流出院外,尽管修筑了5 000m³的涝池群,仍有水下塬现象发生。通过对王东村落中园地、林地、庭院空地、晒场、窑背、房顶、道路等面积测量统计,结果如表1。其中园地、林地按软地面统计,其余按硬地面统计。

表1 王东村落各类面积统计结果

类型	总计	房屋	软地面			硬地面				其它
			园地	林地	小计	场院	窑背	道路	小计	
面积 m ²	189653.98	30825.43	17557.87	14634.27	32192.14	65001.74	39213.83	16599.00	120814.57	5821.84
面积 (hm ²)	18.97	3.08	1.76	1.46	3.22	6.50	3.92	1.66	12.08	0.58
占总面 积(%)	100	16.25	9.26	7.72	16.98	34.27	20.68	8.75	63.70	3.07

根据表1面积统计结果:王东村软地面占村庄总面积的16.98%,硬地面占村庄面积的79.95%,户均占有土地面积831.81m²,硬地面产流冲刷为村落系统主要的侵蚀类型。

2.2 王东村集水区划分与面积分布

王东村庄地势西北高东南低,向东南倾斜,村内分布7个涝池,以7个涝池为集流单元,分别

划分为7个汇流区,另将非汇流区按其实际降雨径流漫流区域划分为3个漫流区。统计结果如表2。7个汇流区的面积为全村面积的90.48%,可拦蓄4 845.5m³地表径流。目前还有9.52%的漫流区无防护设施。通过实地调查,无防护措施的漫流区主要分布在沟头、沟边地带,雨季暴雨洪水直接汇入沟谷,上洪下泄通常对坡面产生严重冲刷。此外,还有7户地处低洼地带村民,院内又无防护设施,暴雨直接影响着住户安全。

表2 汇流区各类面积与涝池容积统计结果

区号	总面积(m ²)	软地面(m ²)	庭院场地(m ²)	窑背(m ²)	道路(m ²)	房屋(m ²)	涝池容积(m ³)
1	11019.62	890.10	4629.20	2778.64	1378.00	1343.68	949.20
2	58001.03	10674.19	25739.33	2407.59	5743.24	11636.68	1197.50
3	7364.8	—	—	7364.80	—	—	368.50
4	11741.36	8239.08	1479.60	157.70	1104.50	760.48	378.56
5	55312.45	6657.43	18470.31	17958.05	4299.00	7927.66	795.99
6	8519.80	2130.06	2472.03	1447.13	1440.25	1030.33	252.00
7	19638.84	1759.96	6035.08	3410.82	1250.00	7182.98	903.76
总计	171597.9	30350.82	60625.55	35524.73	15214.99	29881.81	4845.51

3 软硬地面降雨产流产沙规律分析

3.1 试验方法与试验设备

人工降雨试验是在村内实地进行的,采用侧喷式降雨器对喷,降雨高度为6.5m,降雨强度控制在0.57mm~3.33mm/min,试验小区面积为5m×1.5m,土地利用类型分为软硬地面两种,试验用水采用CS₁型供水消防车供水,水罐容积为4m³,分水箱进水管管径为65mm,出水管管径为40mm,设有两个25mm接管,消防车可通过微动油门,控制出水压力,可模拟0~5mm/min,不同降雨强度。试验设备主要包括:供水消防车,人工模拟降雨器、分水箱、径流小区,分流桶、径流桶以及泥沙分析设备。

3.2 软硬地面径流系数的确定

在降雨强度为0.57mm~3.33mm/min的试验条件下,硬地面土壤容重大,一般在1.4~1.5g/cm³之间,降雨入渗量很少,一旦有降雨发生就会产流,径流系数的大小主要取决于降雨强度的大小,随着降雨强度增大而增大。而软地面一般降雨不易产流,只有降雨强度大于土壤入渗率时产生径流。值得注意的是,黄土塬区雨滴打击地面形成的土壤结皮现象对降雨产流有着显著的影响,特别是对裸露农田影响会更大。总的来说软地面产流情况也是随着降雨强度变化而变化,降雨到一定值土壤入渗率趋于稳定时径流系数也趋于稳定。根据降雨试验结果分析软地面径流系数采用70%,硬地面径流系数采用80%~85%,最大降雨强度相当于20年一遇暴雨强度。

3.3 软硬地面不同降雨强度与冲刷关系分析

降雨径流是引起软硬地面冲刷的直接动力,在降雨强度,地面坡度,小区面积基本一致的情况下,对软硬地面两种类型进行人工降雨试验,试验结果如表3。

根据对表3试验结果关系曲线分析,二者呈幂函数相关关系,其关系式分别如下:

$$\text{软地面: } y = 44.1768I^{2.9991} \quad R = 0.9694$$

式中: y ——土壤侵蚀模数(t/km²); R ——相关系数; I ——降雨强度(mm/min)。

$$\text{硬地面: } y = 110.797I^{2.2294} \quad R = 0.9484$$

式中: y ——土壤侵蚀模数(t/km^2); R ——相关系数; I ——降雨强度(mm/min)。

软硬地面土壤冲刷量主要取决于降雨强度,降雨强度是影响地面冲刷的主要因素。

表3 软硬地面不同降雨强度与侵蚀量试验结果

项目	地点	土地利用	坡度 (°)	土壤容重 (g/cm^3)	小区面积 (m^2)	平均降雨强度 (mm/min)	径流总量 (m^3)	平均含沙量 (kg/m^3)	侵蚀量 (kg)	侵蚀模数 (t/km^2)
软地面	王东沟 试验区	翻耕 农地	0.5	1.05	5×1.5	0.84	0	0	0	0
				1.03	5×1.5	1.38	0.0691	11.2243	0.7756	103.40
				1.09	5×1.5	1.93	0.2088	9.6671	2.0185	269.10
				1.04	5×1.5	2.2	0.2539	21.6499	5.4969	732.92
				1.05	5×1.5	2.55	0.2591	22.8491	5.9202	789.40
				0.99	5×1.5	2.08	0.2865	23.5965	6.7604	901.40
				1.0	5×1.5	3.33	0.3415	30.2814	10.3411	1378.80
硬地面	王东村	庭院	1	1.49	5×1.5	0.57	0.0165	8.4424	0.1393	18.576
				1.52	5×1.5	1.27	0.2017	12.3798	2.4970	332.90
				1.50	5×1.5	1.30	0.1601	16.1880	2.5917	345.60
				1.48	5×1.5	1.66	0.2920	9.5733	2.7954	372.70
				1.51	5×1.5	1.81	0.2041	14.4753	2.9544	393.90
				1.47	5×1.5	2.2	0.3770	10.5438	3.9750	530.00
				1.49	5×1.5	2.8	0.3941	13.1480	5.4969	732.92
			1.51	5×1.5	3.09	0.4412	22.8808	10.0950	1346.00	

4 汇流区产流与拦蓄效益分析

4.1 暴雨频率计算

长武县多年平均降水量584.1mm,年最大降水量813.2mm,年最小降水量369.5mm,其中7,8,9三个月的降雨量占年总降水量的54.9%,最大24小时暴雨均值为58mm,变差系数为0.70。根据咸阳市1986年水文手册等值线图计算该流域不同频率暴雨量如表4。采用 $C_s = 3.0CV$,按 $H_{TP} = H_T \cdot H_p$ 进行计算。

表4 12与24小时不同频率暴雨计算结果表

暴雨历时 (h)	均值 (mm)	CV	频率(%)	2	5	10	20
			重现期(N)	50	20	10	5
12	51	0.65	降雨量	123	101	95	68
24	58	0.70	(mm)	181	140	109	80

按照陕西省水土保持工程地方标准,沟坡梯田一般按10年一遇设计,王东沟试验区沟坡道路防蚀工程采用10年一遇24小时降水量为109mm作为设计标准,为了确保住户安全,确保水不下塬,水不出院,塬区软硬地面水土保持工程采用20年一遇24小时暴雨量为140mm作为设计标准。

4.2 产流与拦蓄状况分析

根据人工模拟降雨试验观测,硬地面一旦有降雨发生就会产生地表径流,入渗量少,径流系数为0.85;软地面一般降雨不产生径流,但是如果降雨强度大于土壤入渗率,特别是雨滴打击地表形成的结皮现象对暴雨产流有显著影响时,水土流失仍然很严重。这时的侵蚀量与降雨强度呈幂函数相关关系,径流系数可达0.70。房顶径流系数取经验值0.95。

因为村落系统防冲工程是以20年一遇24小时降雨量140mm设计,其产流情况也按24小时140mm降雨产流计算,涝池入渗率为1.08mm/min,各汇流区径流按下面公式计算:

$$\text{径流深(mm)} = \text{径流系数} \times \text{降雨量(mm)}$$

$$\text{径流量(m}^3\text{)} = \text{径流深} \times 10^{-3} \times \text{汇流区面积(m}^2\text{)}$$

1号区总面积为11 019.62m²,其中软地面面积为949.2m²,根据上述公式计算出,软地面产流87.03m³,屋顶产流178.71m³,庭院、晒场、窑背产流为1 045.52m³,总计131.46m³,扣除涝池容积之后,仍有362.25m³径流未得到控制。涝池拦蓄72.38%的地表径流。

2号区总面积为58 001.03m²,软地面面积为10 674.19m²,其余为硬地面面积。涝池容积为1 197.5m³,屋顶产流1 547.68m³,总径流量为6 840.88m³,扣除涝池拦蓄之外,还有5 633.38m³的径流未得到控制,涝池拦蓄了17.51%降雨径流。

3号区总面积为7 364.8m²,全部是硬地面,涝池容积为368.5m³,硬地面产流为876.41m³,涝池可拦蓄42.05%的降雨径流。

4号区总面积为11 741.36m²,软地面面积为8 239.08m²,其余为硬地面面积。涝池容积为378.56m³,软地面产流为807.43m³,硬地面产流为427.41m³,共计1 234.84m³,扣除涝池拦蓄之外,仍有856.32m³的降雨径流未能得到拦蓄,涝池拦蓄可占总径流的30.66%。

5号区总面积为55 312.45m²,软地面面积为6 657.43m²,其余为硬地面。涝池容积为795.99m³,根据计算结果:软地面产流为625.43m³,硬地面产流为5 900.94m³,共计6 553.37m³,除去涝池拦蓄之外,仍有5 757.38m³降雨径流未得到拦蓄。涝池拦蓄量只能占降雨径流量的12.15%。

6号区面积为8 519.80m²,其中软地面面积为2 130.06m²,其余则为硬地面面积。涝池容积为252.0m³,通过计算分析:软地面产流为208.75m³,硬地面降雨产流为774.80m³,共计983.55m³,除去涝池拦蓄之后,还有731.55m³降雨径流未能得到控制。涝池拦蓄量只能占到总径流量的25.62%。

7号区总面积为19 638.84m²,其中软地面面积为1 759.96m²,其余则为硬地面面积。涝池容积为903.76m³。根据计算分析:软地面产流172.48m³,硬地面产流为2 228.15m³,共计2 400.63m³。扣除涝池容积之外,仍有1 496.87m³降雨径流未得到控制,涝池拦蓄量只能占到降雨径流的37.65%。

通过对王东村落系统7个区计算结果分析,7个区总径流量为20 201.13m³,其中软地面径流量为2 974.38m³,占总径流量的14.72%,硬地面降雨径流量为17 226.75m³,占总径流量的85.25%,7个涝池总容积为4 845.51m³,其拦蓄量可占总径流量的23.99%。因此,仅仅依靠涝池来控制塬区村落系统的降雨径流量很难实现水不下塬。

5 综合防治措施

王东沟试验区经过“七五”与“八五”连续9年水土保持综合治理,流域平均侵蚀模数已由“七五”初1 860t/(km²·a)减少到688.68t/(km²·a),减沙效益已达到63.0%,已由过去单纯的治理型转变成成为全方位综合经济开发型。昔日荒山岭,如今已被道路成网、林果满山新的自然景观所代替,呈现出一方经济发展景象。随着农村经济发展和人口数量的迅速增加,村落系统面积迅速扩大,其硬地面产流冲刷将变得更加突出。因此,水土保持经济开发型的住宅区已成为今后工作的重点。

为了更加有效地拦蓄村落系统暴雨径流,防止水力、重力侵蚀,就要本着就地拦蓄入渗,以蓄为主,蓄排结合的方针,建立综合型防护体系。对工程措施各项技术指标要进行计算分析,确定其合理的工程措施。为了搞好此项治理工作,在原有的基础上,应进一步抓好以下几方面的工作:

(1)首先要搞好宣传教育工作,使村民认识到村落系统地面产流冲刷的危害性,以及开发利用这部分土地的重要性,克服封建迷信思想,调动开发利用的积极性。

(2)建立户包制度,确保水不出院。

(3)建立拦蓄入村径流与入沟径流两道防线,对于村庄附近农田和道路以及沟边院落的设防,通过修筑地边硬、路旁蓄水槽、蓄水窑窖、渗坑等,实现就地入渗拦蓄,确保水不入村、水不下沟。

(4)减少硬地面面积,改永久性晒场为临时性晒场,对于房前屋后以及庭院的硬地面,除保留一定宽度的道路之外,其余应通过降低地面高度,可在院内角落修筑渗井;砍伐一些杂树,充分利用这部分宝贵的土地资源发展养殖业、手工业、林果业。在完善村庄道路涝池群引排工程的基础上,全部就地拦蓄入渗庭院硬地面降雨径流。考虑到涝池的入渗情况,修建涝池应距沟边距离不小50m。

(5)对于村庄道路涝池群引排工程的管理,首先建立户包制度,严禁路面堆放杂物堵塞水道,确保水道、道路通畅,对于涝池沉积物要定期清理,确保涝池容积。

~~~~~  
(上接第72页)

### 3 结 论

(1)目前已引入归圃的26个苹果品种,这里只介绍了一部分,计划再引进一些优良品种,便于今后开展育种工作。有些品种,例如延丰,延光具备良好的品质,是中熟稍晚品种中丰产性、果个果形、树势都比较好的品种,虽然未作介绍,但其优点,在渭北地区已被广大果农和客商普遍接受。又如当前栽植面积最大的秦冠苹果,具有结果早,丰产稳产,适应性强,树势强健,栽培管理容易,贮藏性好的特点,唯有果味和口感略差,虽说将来有被淘汰的可能,但目前的市场和管理水平,至少还将维持一段时间。

(2)就目前渭北苹果品种匹配来讲,只重视中、晚熟品种,而忽略了早熟品种,早熟品种虽然有产量、品质、耐贮藏性等令人不满意之处,但它可以弥补中、晚熟苹果品种与其它果品的脱节,满足市需要。

#### 参 考 文 献

- 1 沈德绪. 果树种质资源的研究利用进展. 果树科学, 1994, 11(4): 253~257
- 2 米文广. 日本的果树种质资源收集保存概况. 中国果树, 1993, (3): 49~50
- 3 任庆棉. 我国苹果属植物种质资源研究进展. 山西果树, 1990, (3): 2~4
- 4 杨克钦, 马智勇. 国家果树种质资源数据库的建立. 中国果树, 1992, (4): 34~36, 25
- 5 李培华等. 苹果和梨优质高产栽培技术. 北京: 金盾出版社, 1989, 52~65
- 6 李春蔚. 苹果密植丰产栽培. 北京: 中国林业出版社, 1988, 19~25
- 7 陕西省果树研究所等. 苹果基地技术手册. 西安: 陕西科学技术出版社, 1983, 11~16, 49~52
- 8 杨庆山等. 短枝型苹果生产技术, 北京: 农业出版社, 1992, 74~87
- 9 [日]农文协编. 果树全书, 1985, 98~107