

YUBEI DIQU SHUITULIUSHI FANGZHI CUOSHI TIXI YANJIU

豫北地区 水土流失防治措施体系研究

双 瑞 左奎孟 常国兴 等 编著



黄河水利出版社

豫北地区水土流失防治措施体系研究

双 瑞 左奎孟 常国兴 等编著

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书围绕生态快速重建和水土资源高效持续开发利用,通过大量的试验观测数据,深入分析研究了豫北地区的水土流失基本特征。在此基础上,以小流域为单元,以生物措施为突破口,生物与工程措施相结合,试验研究适宜该地区生长的生物品种,以及与之相配套的工程措施形式,最终探索出一套该地区植被快速恢复与生态重建技术,科学地提出了豫北风化砂页岩区水土保持综合治理模式和优化配置技术。可供从事水土保持工作的科技人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

豫北地区水土流失防治措施体系研究/双瑞等编著. —郑州:
黄河水利出版社,2011.5

ISBN 978-7-5509-0052-3

I. ①豫… II. ①双… III. ①水土流失-防治-研究-河南省 IV. ①S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 077639 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:8

字数:137 千字

印数:1—1 000

版次:2011 年 5 月第 1 版

印次:2011 年 5 月第 1 次印刷

定价:25.00 元

编写人员：

双 瑞 左奎孟 常国兴 李中生

琚龙昌 周万银 李继纲 张锡林

李长征 李素梅 逯林方 姜秀芳

尚德功 刘国富 李洪生 王中涛

前 言

为了探索豫北土石山区水土流失规律,寻求适宜的水土保持综合治理技术和治理模式,河南省水利厅于1980年开始,在豫北太行山区选择典型试验流域,最终选定黄河中游北岸的济源市虎岭河流域进行试验观测,并在济源承留镇虎岭村建立了“济源市水土保持科学研究所”。该所在省水利厅和地方科委等的支持与帮助下,在虎岭河流域全面布设试验观测设施,进行水土流失规律、水土保持治理技术与效益的研究。旨在通过观测分析、科学试验,探求土石山区水土流失的特征与规律;通过对主要治理措施的研究分析,找出最佳的综合治理模式,寻求最大的综合治理效益,控制水土流失、改善自然环境,为土石山区的持续发展提供基础条件。

济源市水土保持科学研究所这一建所宗旨的指导下,认真开展试验研究近20年,取得了数十万个观测数据。期间,完成了多项适宜豫北土石山区推广的水土保持科研成果,并在太行山区的济源、新乡、焦作等地进行了推广应用,取得了显著的综合效益。作者选择其中两项获奖成果“豫北虎岭河流域水土流失防治体系研究”和“豫北风化砂页岩区水土保持治理技术研究”编辑出版,其目的就是把这些成果推荐给读者,以期为全省同类型区治理提供科学依据和借鉴经验,提高全省水土保持治理水平,加快流域治理和经济发展步伐,取得更大的经济、社会效益和环境效益。

对于水土保持治理,尚有许多问题有待深化研究,加之我们水平所限,不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

作 者

2010年9月

目 录

第一篇 豫北虎岭河流域水土流失防治体系研究	(1)
1 水土流失特征研究	(1)
2 水土保持措施配置研究	(9)
3 效益分析	(37)
第二篇 豫北风化砂页岩区水土保持治理技术研究	(41)
1 试验区概况	(41)
2 试验区岩性特征与土壤理化性状研究	(44)
3 试验区土壤侵蚀特征研究	(51)
4 综合治理分区防治布局与优化配置治理措施技术研究	(60)
5 风化砂页岩区水土保持生物措施立地类型划分与适地 适树研究	(76)
6 实施水土保持综合治理措施后的效益预测	(79)
7 研究结论	(81)
第三篇 风化砂页岩区水土保持生物措施立地类型划分与 适地适树研究	(84)
1 研究方法	(85)
2 立地主导因子的确定	(86)
3 对本地水土保持植物的立地评价与分析论证	(87)
4 立地分类成果及其在生物措施配置中的应用	(98)
第四篇 风化砂页岩区典型小流域综合治理试验模式	(104)
1 综合治理发展方向的确立	(104)
2 调整农林牧结构	(104)
3 水土保持综合措施的配置方法	(105)
4 综合治理模式的形成	(106)
5 建立、健全管理体系	(107)

6 治理成果	(108)
第五篇 风化砂页岩区水土保持综合治理效益分析	(109)
1 单项治理措施效益分析	(109)
2 典型小流域(白马河)水土保持综合治理效益	(112)
3 小浪底库区上游风化砂页岩区实施水土保持综合治理 措施后的效益预测	(115)

第一篇 豫北虎岭河流域水土流失防治体系研究

1 水土流失特征研究

虎岭河流域位于东经 $112^{\circ}22'' \sim 112^{\circ}45''$, 北纬 $35^{\circ}05' \sim 35^{\circ}17'$, 属黄河水系, 面积 10.4 km^2 。

从 20 世纪 50 年代开始, 在当地政府及水利等部门的通力协作下, 经过广大干群的不懈努力, 现在虎岭河流域山、水、田、林、路已综合治理。在治理中, 生物、工程、农业技术措施有机结合, 因地制宜、因害设防, 形成了一套综合治理防护体系, 农、林、牧、副、渔得到了全面发展, 群众生活已达小康水平。

为了探索研究土石山区水土流失的规律和防治途径, 1980 年 5 月, 经河南省水利厅批准, 在土石山区选定具有代表性的济源市虎岭建立了“水土保持试验站”, 并在所在虎岭河流域布设观测设施, 进行水土流失规律、水土保持综合治理途径与效益的研究。

1.1 流域概况

虎岭河流域位于太行山南麓, 测流断面以上面积 8.73 km^2 , 属暖温带季风性大陆型气候。流域内山峦起伏, 西高东低, 沟壑纵横。海拔在 $325 \sim 1150 \text{ m}$, 沟壑密度 3.5 km/km^2 。干流长度 6.8 km , 平均比降 62.0% 。流域形状系数 0.9 , 平均宽度 1.59 km , 平均比降 53.8% , 不对称系数 2.42 。

流域内地貌类型属土石山区, 岩性主要有混合花岗岩、砂页岩等; 土壤种类有砾质沙土、薄层黄土、薄层褐土等, 其中以砾质沙土为主。

植被组成上乔木主要有栓皮栎、麻栎、刺槐、侧柏等, 灌木有棠梨、黄荆、黄刺玫、连翘、山桃、酸枣等, 藤本有葛藤、野葡萄、金银花, 草本有白草、羊胡子草、茅草等, 主要农作物有小麦、玉米、红薯、豆类, 经济树种有桃、杏、梨、枣、柿、苹果、李等。流域内乔灌木覆盖面积达 6.36 km^2 , 草木覆盖面积达 1.34 km^2 , 林草覆盖率达 88.2% 。

流域内土壤侵蚀以水蚀为主, 侵蚀方式多为面蚀。新中国成立以来, 流域

内已初步治理水土流失面积 7.89 km^2 , 占总面积的 91.4% , 其中封山育林 7.7 km^2 。修梯田 425 亩, 修建塘堰坝 2 座, 修补谷坊 450 个, 灌溉渠道 $8\,500 \text{ m}$ 。

1.2 试验设施布设及资料收集

根据研究需要, 在虎岭河流域设置了降雨观测点、测流断面和气象场, 开展气象、降雨、径流、泥沙资料的观测收集工作(见图 1-1)。

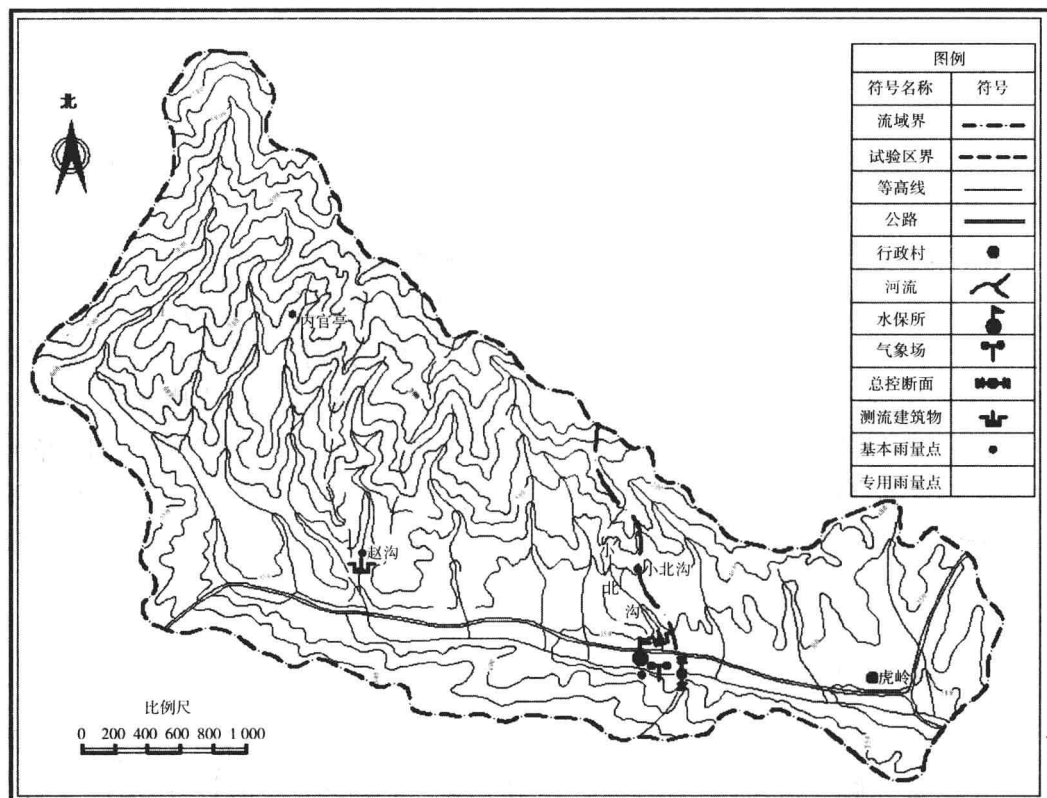


图 1-1 济源市水土保持科学研究所虎岭河流域试验设施及地形图

1.2.1 降雨

虎岭河小流域共设 3 个雨量站, 各站均设自记雨量计和普通雨量器两种仪器。其中赵沟、小北沟雨量站于 1982 年设站, 内官亭于 1987 年 5 月 1 日设站。小北沟雨量站于 1986 年在原位置南移 300 m, 更名为虎岭雨量站。小北沟、赵沟雨量站除服务小北沟、赵沟两个沟道断面外, 和内官亭、虎岭雨量站共同参与虎岭河小流域面雨量的计算。

1.2.2 径流泥沙

虎岭断面上游集水面积 8.73 km^2 , 测流设施为喉道宽 10 m 的大型半巴歇尔量水槽, 最大流量可测 $85.3 \text{ m}^3/\text{s}$ 。在测流槽下游设一宽度为 1.2 m 的矩形

堰,观测低水流量,于1985年7月3日开始径流及含沙量观测。

为了分析研究林区的蓄水保土效益,在干流左岸选择树木茂密的赵沟和非林区小北沟分别布设断面进行径流、泥沙的对比观测。其中,赵沟断面以上集水面积 0.78 km^2 ,断面设有喉道宽为3 m的半巴歇尔量水槽和顶角为 90° 的三角堰,流量大于 $0.190 \text{ m}^3/\text{s}$ 时用量水槽测流,小于 $0.190 \text{ m}^3/\text{s}$ 时用三角堰测流。在断面上5 m处设沉沙池一个。小北沟断面以上集水面积 0.13 km^2 ,断面设喉道宽为2.5 m的半巴歇尔量水槽和顶角为 90° 的三角堰,在断面上5 m设沉沙池一个。赵沟、小北沟两个断面于1982年开始平行观测,于1988年停测。

1.2.3 径流小区

为了研究生物措施的蓄水保土效益,布设了4个坡度为 15° 、面积为 100 m^2 的标准人工观测小区,设置自记水位计和沉沙池进行径流、泥沙观测。

1.2.4 气象

1980年设置虎岭气象场,其面积 320 m^2 ,场地海拔329 m,观测项目有气压、气温、地温、风向、风速、蒸发等。

1.2.5 其他

阶段性收集了降雨林区枝冠截留、土壤理化、土壤入渗、土壤含水率变化等资料。

1.3 特征资料统计

1.3.1 气象特征统计

平均气温 13.8°C ,最高气温 40.1°C ,最低气温 -15.5°C ,平均 $\geq 5^\circ\text{C}$ 活动积温 4801.2°C ,平均 $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温 4494.8°C ,平均年蒸发量 1260.6 mm 。

1.3.2 降雨特征统计

最大年降水量 988.8 mm ,最小年降水量 350.8 mm ,多年平均降水量 728.2 mm ,最大3天降雨量 381.4 mm ,最大1天降雨量 229.0 mm 。

1.3.3 径流泥沙

虎岭断面年径流模数 $2.35 \text{ dm}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$,年输沙模数 $2.58 \text{ t}/\text{km}^2$ 。

1.4 降雨频率曲线的确定

为了对周边小流域治理提供设计暴雨资料,对年降水和最大2小时降雨资料进行频率计算,年频率计算如表1-1、表1-2所示,得多年降水量均值为 724.6 mm , $C_v=0.30$, $C_s=2C_v$,后经适线调整, $C_v=0.35$, $C_s=2C_v$,如图1-2所

示。最大 2 小时频率计算如表 1-3、表 1-4、图 1-3 所示。其中取 $C_v = 0.40$, $C_s = 2C_v$ 。

表 1-1 虎岭雨量点年降水量频率计算

年份	年降水量 (mm)	序号	年降水量 (mm)	K_i	$K_i - 1$	$(K_i - 1)^2$	$P = \frac{m}{n+1}(\%)$
1980	319.7	1	1 165.4	1.61	0.61	0.372	4.8
1981	427.6	2	963.9	1.33	0.33	0.109	9.5
1982	1 165.4	3	963.8	1.33	0.33	0.109	14.3
1983	963.8	4	943.2	1.30	0.30	0.090	19.0
1984	867.8	5	924.3	1.28	0.28	0.078	23.8
1985	755.1	6	867.4	1.20	0.20	0.040	28.6
1986	429.3	7	818.0	1.13	0.13	0.017	33.3
1987	778.6	8	787.0	1.09	0.09	0.008	38.1
1988	818.0	9	778.6	1.07	0.07	0.005	42.9
1989	772.9	10	772.9	1.06	0.06	0.004	47.6
1990	943.2	11	755.1	1.04	0.04	0.002	52.4
1991	549.0	12	718.0	0.99	-0.01	0	57.1
1992	718.0	13	688.1	0.95	-0.05	0.003	61.9
1993	641.6	14	641.6	0.89	-0.11	0.012	66.7
1994	688.1	15	549.0	0.76	-0.24	0.058	71.4
1995	546.4	16	546.4	0.75	-0.25	0.063	76.2
1996	924.3	17	432.3	0.60	-0.40	0.160	81.0
1997	432.3	18	429.3	0.59	-0.41	0.160	85.7
1998	963.9	19	427.6	0.59	-0.41	0.168	90.5
1999	787.0	20	319.7	0.44	-0.56	0.314	95.2
总计			14 491.6	20.00	0	1.780	

表 1-2 虎岭雨量点降雨量 C_v 、 C_s 适线计算

频率 $P(\%)$		0.1	1	5	10	20	50	75	90	95	99
$\bar{P}=724.6$ $C_v=0.30$ $C_s=2C_v$	K_p	2.19	1.94	1.54	1.4	1.24	0.97	0.78	0.64	0.56	0.44
	P_p	1 586.9	1 405.7	1 115.9	1 014.4	898.5	702.9	565.2	463.7	405.8	318.8
$\bar{P}=724.6$ $C_v=0.35$ $C_s=2C_v$	K_p	2.44	2.00	1.64	1.417	1.28	0.96	0.75	0.59	0.51	0.37
	P_p	1 768.0	1 449.2	1 188.3	1 065.2	927.5	695.6	543.5	427.5	369.5	268.1

表 1-3 虎岭年最大 2 小时降雨频率计算

年份	年最大 2 小时 降雨(mm)	序号	年最大 2 小时 降雨(mm)	K_i	$K_i - 1$	$(K_i - 1)^2$	$P = \frac{m}{n+1}(\%)$
1982	72.3	1	74.6	1.482	0.48	0.232	5.3
1983	74.6	2	72.4	1.438	0.44	0.192	10.5
1984	39.0	3	72.3	1.436	0.44	0.190	15.8
1985	52.4	4	72.2	1.434	0.43	0.189	21.1
1986	15.8	5	68.8	1.367	0.37	0.135	26.3
1987	34.0	6	66.5	1.321	0.32	0.103	31.6
1988	39.0	7	56.0	1.113	0.11	0.012	36.8
1989	56.0	8	55.7	1.107	0.11	0.012	42.1
1990	72.4	9	54.1	1.075	0.08	0.006	47.4
1991	43.7	10	52.4	1.041	0.04	0.002	52.6
1992	54.1	11	43.7	0.838	-0.16	0.026	57.9
1993	20.2	12	40.4	0.803	-0.20	0.040	63.2
1994	68.8	13	30.1	0.777	-0.22	0.048	68.4
1995	55.7	14	30.0	0.775	-0.22	0.048	73.7
1996	40.4	15	34.0	0.675	-0.32	0.102	78.9
1997	28.8	16	285.0	0.556	-0.44	0.197	84.2
1998	66.5	17	20.2	0.401	-0.60	0.360	89.5
1999	72.2	18	15.8	0.314	-0.69	0.476	94.7
总计			906	18.0	0	2.370	

表 1-4 虎岭年最大 2 小时降雨量 C_v 、 C_s 适线计算

频率 $P(\%)$		0.1	1	5	10	20	50	75	90	95	99
$\bar{y} = 50.3$ $C_v = 0.35$ $C_s = 2C_v$	K_p	2.44	2.00	1.64	1.47	1.28	0.96	0.75	0.59	0.51	0.37
	Y_p	122.8	100.6	82.5	74.0	64.4	48.3	37.7	29.7	25.7	18.6
$\bar{y} = 50.3$ $C_v = 0.40$ $C_s = 2C_v$	K_p	2.70	2.16	1.71	1.54	1.31	0.95	0.71	0.53	0.45	0.30
	Y_p	135.9	108.7	87.6	77.5	65.9	47.8	35.7	26.7	22.6	15.1

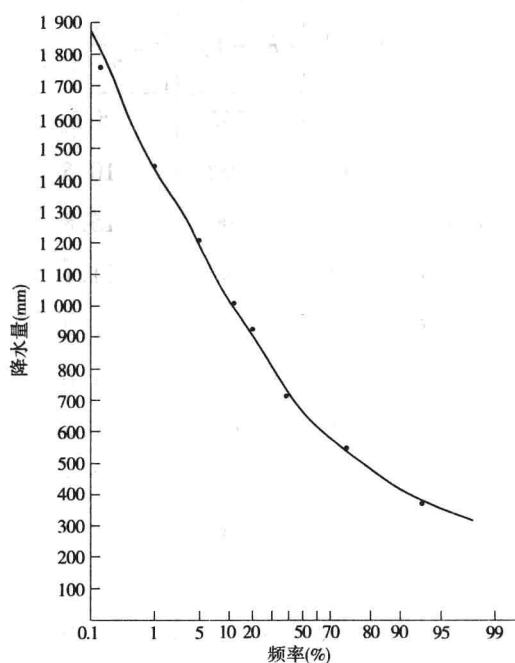


图 1-2 虎岭雨量点年降水量频率曲线

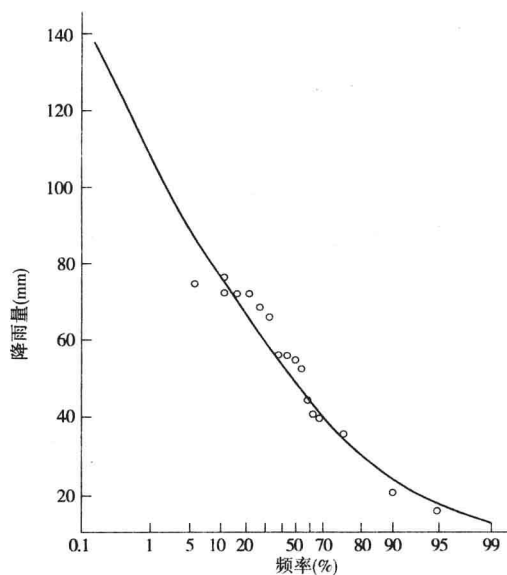


图 1-3 虎岭雨量点最大 2 小时降雨频率曲线

1.5 降雨、径流、泥沙的相关分析

虎岭流域 80% 为郁闭度达 0.8 的栎树林地,茂密的树林在以下四个方面影响着径流的形成过程和大小:①当降雨时,茂密的枝叶截留一部分降雨,并起到缓冲作用。②林区枯落物层覆盖物有较强的蓄滞水分能力和抗溅能力。③林内腐殖质加快了降雨的下渗速度。④林地的根系固地作用增强了土体的抗蚀能力。

虎岭流域由于受上述综合因素影响,形成了该流域的产流、产沙特征,经分析研究,其产流产沙过程除受降雨量的大小影响外,还受降雨强度的影响,因此在分析次洪水过程中,除虎岭断面用面雨量分析降雨径流关系、小北沟断面输沙量计算中选最大 30 分钟雨强作参数外,其余计算选平均雨强作参数进行研究。

1.5.1 虎岭断面

虎岭断面共有 15 年径流泥沙资料,其间产生洪水 80 次。

1.5.1.1 虎岭断面年径流深频率计算

虎岭断面年径流深频率计算如表 1-5、表 1-6 所示,点绘年径流深频率曲线如图 1-4 所示,其中取 $C_v = 0.85$ 、 $C_s = 2C_v$ 。

表 1-5 虎岭流域年径流深频率计算

年份	年径流深 (mm)	序号	年径流深 (mm)	K_i	$K_i - 1$	$(K_i - 1)^2$	$P = \frac{m}{n+1}(\%)$
1986	20.5	1	164.7	2.82	1.82	3.312	6.7
1987	52.7	2	139.0	2.38	1.38	1.904	13.3
1988	139.0	3	99.0	1.70	0.70	0.49	20.0
1989	99.0	4	93.1	1.59	0.59	0.348	26.7
1990	164.7	5	88.0	1.51	0.51	0.260	33.3
1991	30.7	6	52.7	0.90	-0.10	0.010	40.0
1992	32.4	7	32.4	0.55	-0.45	0.203	46.7
1993	21.4	8	30.7	0.53	-0.47	0.221	53.3
1994	22.6	9	30.3	0.52	-0.48	0.230	60.0
1995	14.0	10	22.6	0.39	-0.61	0.372	66.7
1996	93.1	11	21.4	0.37	-0.63	0.397	73.3
1997	8.9	12	20.5	0.35	-0.65	0.423	80.0
1998	88.0	13	14.0	0.24	-0.76	0.578	86.7
1999	30.3	14	8.9	0.15	0.85	0.723	93.3
总计			817.3	14.0	0	9.471	

表 1-6 虎岭流域年径流深 C_v 、 C_s 适线计算

频率 $P(\%)$		0.1	1	5	10	20	50	90	95	99
$\bar{y}=58.4$	K_p	5.69	3.93	2.675	2.125	1.56	0.775	0.18	0.1	0.03
$C_v=0.85$										
$C_s=2C_v$	Y_p	332	23.0	156	124	91	45	11	6	21
$\bar{y}=58.4$	K_p	6.08	4.15	2.78	2.19	1.58	0.75	0.15	0.08	0.02
$C_v=0.9$										
$C_s=2C_v$	Y_p	335	243	162	128	92	44	9	5	1

1.5.1.2 降雨径流关系图的建立

降雨降到地面直至形成径流流出出口断面,是一个非常复杂的演变过程。研究产流现象的目的就是要确定每一场雨的产流量的大小,其实质就是损失量的计算。在分析中采用降雨径流相关法计算,即建立 $P+P_a \sim R$ 曲线。

- P ——流域平均降雨量,mm;
- R ——洪水径流深,mm;
- P_a ——流域平均前期土壤含水量,mm, P_a 取 120 mm。

P_a 的计算公式为:

$$P_{a,t} = K(P_{t-1} + P_{a,t-1}) + P_t$$

式中 $P_{a,t}$ ——当日土壤含水量指标,mm;

- P_{t-1} ——前日降雨量,mm;
- $P_{a,t-1}$ ——前日土壤含水量指标,mm;
- P_t ——当日降雨量;
- K ——日折减系数,与最大蓄水量和土壤蒸发值有关。

$$K = 1 - \frac{E_m}{I_m}$$

其中 E_m ——土壤最大日蒸发量,mm;
 I_m ——土壤最大蓄水量,mm。
经分析, K 值取 0.9。

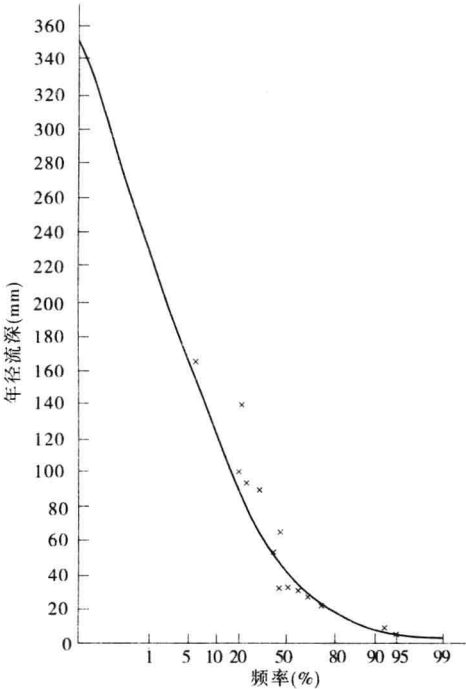


图 1-4 虎岭年径流深频率曲线

$P + P_a \sim R$ 曲线如图 1-5 所示。

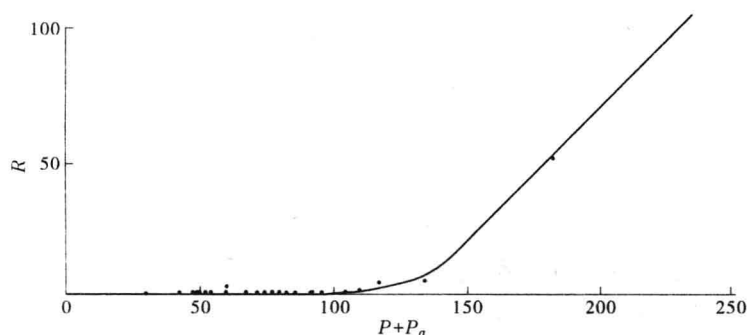


图 1-5 虎岭河 $P + P_a \sim R$ 相关图

1.5.1.3 降雨、雨强、输沙量相关分析

$$W_{\text{沙}} = 2.47P + 15.1 \bar{P}_i - 141 \quad r = 0.80$$

式中 $W_{\text{沙}}$ ——输沙量, m^3 ;

P ——降雨量, mm ;

$\bar{P}_i$ ——平均雨强, mm/h ;

r ——相关系数。

1.5.2 赵沟断面

采用降雨量和平均雨强分析与其对应的径流量和泥沙量关系。

经相关分析得出:

$$W_{\text{径}} = 243.5P + 20.9\bar{P}_i - 8\,017 \quad r = 0.94$$

$$W_{\text{沙}} = 2.5P - 0.09\bar{P}_i - 80.4 \quad r = 0.94$$

1.5.3 小北沟断面

采用雨量和雨强分析与其对应的径流量和泥沙量的关系。

相关分析得出:

$$W_{\text{径}} = 267P + 696.1\bar{P}_i - 8\,637 \quad r = 0.82$$

$$W_{\text{沙}} = 0.082P + 2.28P_{i30} - 19.6 \quad r = 0.90$$

式中 P_{i30} ——最大 30 分钟雨强, $\text{mm}/30 \text{ min}$ 。

2 水土保持措施配置研究

豫北太行山区地形复杂,群山峥嵘,流域海拔高差多在 300 ~ 1 500 m,水土保持措施在各流域有较大差异。由于沟道治理工程如淤地坝、谷坊、塘堰坝