

# 小流域水土流失治理中取水方法探讨

余建新, 郑宏刚

(云南农业大学工程学院, 昆明 650201)

**摘要:** 通过对牧羊小流域水土流失综合治理工程取水方法的分析、比较和研究, 提出优化设计方案, 设计方法成功地解决了小流域水土流失治理中取水、防沙、防污物等问题, 为小流域水土流失综合治理解决取水问题提供参考和借鉴。

**关键词:** 小流域; 水土流失; 廊道式取水

中图分类号: S 157.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001)01-0116-04

## Research on Method of Getting Water for Controlled Soil and Water Loss in Small Watershed

YU Jian-xin, ZHENG Hong-gang

(Faculty of Engineering and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, PRC)

**Abstract:** Through research on the methods of getting water for controlled soil and water loss in MUYANG small watershed. The better method obtained by the optimization design. It is successful that this method had been used on the getting water, preventing sand, and waste materials for controlled soil and water loss in small watershed. The design method can be employed in same purposes.

**Key words:** small watershed; soil and water loss; getting water by gallery

小流域水土流失治理目的在于恢复生态植被, 治理中涉及因素较多, 其中水在治理中所起到的作用是十分重要的, 不可代替的。由于小流域自身集流面积小, 植被稀少, 水土流失严重, 流域内无水或水的存量很少或取水成本太高, 取水极为困难。因此, 对治理效果有很大的影响。牧羊小流域水土流失综合治理工程采用的取水方法获得了好的效果, 为类似小流域水土流失治理解决水的问题提供参考和借鉴。

### 1 工程概况

牧羊小流域水土流失综合治理示范工程是世界银行援建项目《滇池污染综合治理工程项目》的子项目之一, 位于云南省晋宁县上蒜乡境内, 治理区面积  $1\ 200\ \text{hm}^2$ , 海拔在  $1\ 900 \sim 2\ 077\ \text{m}$  之间, 总体地势南高北低。治理区属滇池流域金沙江水系, 多年平均

降雨量  $975.9\ \text{mm}$ , 多年平均蒸发量  $1\ 951\ \text{mm}$ 。

治理区土壤类型为质地较轻的紫色土, 区内植被稀少, 地面破碎, 冲沟发育, 水土流失严重, 地表土壤侵蚀模数为  $9\ 500\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 属强度侵蚀区域。

为改善生态环境, 减少水土流失量, 恢复植被, 就必须减少地面径流, 促使地表水向下渗透, 从而达到保持水土的目的。本工程采取了工程措施与生物措施相结合的治理方式对该地区进行综合治理。通过对治理区土壤、植被、气候等因素分析和研究, 将治理区按高程划分为三个区。第一区: 高程在  $1\ 910\ \text{m}$  以下的缓坡、坡耕地、轮歇地改造为经济果林、蔬菜区; 第二区: 高程在  $1\ 910 \sim 1\ 950\ \text{m}$  之间的陡坡改为梯地, 在改造成的梯地上种植经济果林、药材和乔灌木; 第三区: 高程在  $1\ 950\ \text{m}$  以上的陡坡, 坡耕地全部退耕还林, 植树种草, 覆盖山顶。以上规划可使整个治理区形成一个多层次、多物种的生态重建

\* 收稿日期: 2000-12-15

世界银行援建项目。

作者简介: 余建新(1958-), 男, 副教授, 云南农业大学水利水电专业, 主要从事水土流失研究。

区。

为达到上述目的,满足以上措施的用水要求,需修建相应的水利设施与之相配套。本工程修建的水利设施有:取水枢纽、蓄水工程、输配水工程等。能否达到规划目的取决于灌溉水能否以最经济、可靠的方式获取,即取水方案的选取。

## 2 取水方法

治理区西南部有一狭小山谷,沟谷先北东,后北西展布,径流面积  $0.2 \text{ km}^2$ ,年地下、地表水合计产水量约  $96\,000 \text{ m}^3$ ,是治理区内惟一水源。沟谷左岸,地表自然坡度为  $15 \sim 35^\circ$ ;沟谷右岸,南部地表坡度为  $20 \sim 35^\circ$ ;北部相对平缓,地表自然坡度为  $10 \sim 15^\circ$ 。谷内植被稀少,仅零星分布有桉树、松树等林木,多数地段被开垦,种植有小麦、玉米等粮食作物。沟谷地表覆盖有第四系松散堆积物,堆积物孔隙及强风化岩体裂隙中有地下水渗出,实测枯水区地下水出流量约  $60 \text{ m}^3/\text{d}$ 。本工程可取水源有两部分:一是地下渗水;二是小山谷产生的径流。结合治理区的地形、地质条件,做了 3 个取水方案的比较和论证。

### 2.1 取泉水

在出流点修建水池,将泉水集蓄起来,输送到需水地带,区内出流点高程在  $1\,960 \sim 2\,000 \text{ m}$  之间。此方法的优点是:所取水质好、可形成自流灌溉、无需修建提水泵站、投资小、运行成本低。据现场勘察,地下水出流点多达十余处,经初步测量及估算地下产水一年约  $36\,000 \text{ m}^3$ ,地表覆盖的堆积物孔隙分布总体上为均匀分布,因此,贮存于其内的地下水多呈面状展布,排泄亦呈分散状出流。由于水源分散,无法全部采集。修建水池后,将产生一定水压,出流点有可能发生改变,所需水量不能保证。所以不宜采用本方案。

### 2.2 建坝取水

根据区内地下水出流的特点,要满足用水需要,除地下水以外,还必须考虑拦蓄地表径流方能满足植被恢复初期的灌溉要求,须建坝取水,建坝位置河底高程  $1\,934 \text{ m}$ 。根据地表土壤侵蚀模数计算,库区每年将产生  $2\,000 \text{ t}$  泥沙。由于河谷坡陡,在  $10\%$  以上,库型狭窄,建低坝库容小,泥沙淤积快,满足不了灌溉要求。要形成满足灌溉需求的  $60\,000 \text{ m}^3$  的库容,坝高需建  $18 \text{ m}$ ,坝体工程量大,有效库容小。建坝后的最大问题泥沙淤积,一年中要清除  $2\,000 \text{ t/a}$  泥沙,需冲沙水量  $20\,000 \sim 25\,000 \text{ m}^3/\text{a}$ ,需修建冲沙排淤设施,更加增大了投资。扣除灌溉、蒸发、渗漏水,流域内没有足够的冲沙水量,库内泥沙淤积问题也难以解决,建坝工程需投资  $90$  万元。由于灌溉

高程要求水库水至少要提升到  $1\,980 \text{ m}$ ,方可满足要求,建提水工程,需投资  $10$  万元。合计  $100$  万元,投资过大,故此方案也不可行。

### 2.3 廊道式低坝取渗流水

鉴于以上两个方案的局限性,利用渗流原理,提出廊道式低坝取水方案。根据当地的水文、气象、地形、地质、植被、泥沙等条件,坝址选在谷底高程  $1\,934 \text{ m}$  处建低坝,汇集坝址以上流域面积的地表、地下水,坝体内设一集水廊道水集渗流水,通过管道将廊道收集到的水引到坝后蓄水池内,后经水泵提水到  $1\,980 \text{ m}$  处的高位水池,并通过各级管道和配水池向各片区供水。此坝建成后没有库容,只起拦截和收集水流的作用,坝前被泥沙淤平后,多余泥沙、污物和洪水从坝顶通过。此方案的特点是:工程投资小,运行方便可靠,不仅能充分拦截收集地下水,还能有效地利用地表径流,能很好地解决泥沙淤堵问题。由于收集到的水是通过反滤体过滤的,所以水质好。

## 3 廊道式低坝取水枢纽设计

廊道式低坝取水枢纽主要由坝体、消力池、集水廊道、反滤体、取水管、排淤管、蓄水池、泵房等建筑物构成(见图 1、图 2)。

### 3.1 坝体、消力池

坝建在治理区西南部小山谷中,河床底高程  $1\,934 \text{ m}$ ,坝址以上径流面积  $0.2 \text{ km}^2$ ,坝顶长  $12.6 \text{ m}$ ,最大坝高  $3.8 \text{ m}$ ,坝体按浆砌石重力低坝进行设计;因坝顶过流量不大,消力池按构造设计,长  $5.6 \text{ m}$ 、宽  $6.5 \text{ m}$ 、深  $0.5 \text{ m}$ 、圪工结构。为有效拦截地下水,坝体齿墙嵌入基岩  $1 \text{ m}$ 。重力坝坝面现浇  $0.2 \text{ m}$  厚的  $\text{C}_{20}$  素混凝土防渗,两岸采用浆砌块石衬砌。

### 3.2 集水廊道、反滤体

坝体内设集水廊道用以收集水量,集水廊道采用箱式钢筋混凝土结构,廊道宽  $1.2 \text{ m}$ ,高  $1.8 \text{ m}$ ,长度与坝长相同,壁厚  $0.20 \text{ m}$ 。在廊道的迎水面和顶部,设置取水孔,每排 8 个,孔径  $0.1 \text{ m}$ ,孔间距  $0.3 \text{ m}$ ,排距  $0.3 \text{ m}$ ,共计 336 个孔,净过水面积  $2.64 \text{ m}^2$ 。在箱体顶部采用预制钢筋混凝土盖板铺盖,盖板长  $1.2 \text{ m}$ ,宽  $1.2 \text{ m}$ ,厚  $0.2 \text{ m}$ 。板上设取水孔,孔径和位置与廊道顶部的取水孔对应,孔内充填碎石。反滤体由土工织物和碎石构成,廊道前面设碎石反滤体,反滤体由  $5 \sim 30 \text{ mm}$  的碎石构成,反滤体迎水面采用毛块石保护。利用土工织物具有良好的渗透性和阻沙性能,在廊道顶部与盖板底部、廊道迎水面

与反滤体之间铺设土工织物, 阻止泥砂进入廊道。

### 3.3 取水管、排淤管、入孔

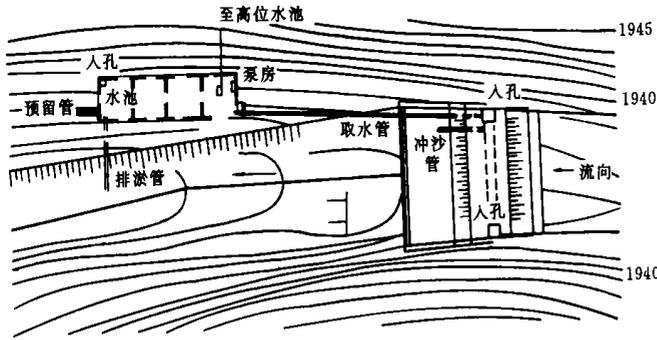


图 1- a 取水枢纽平面布置图

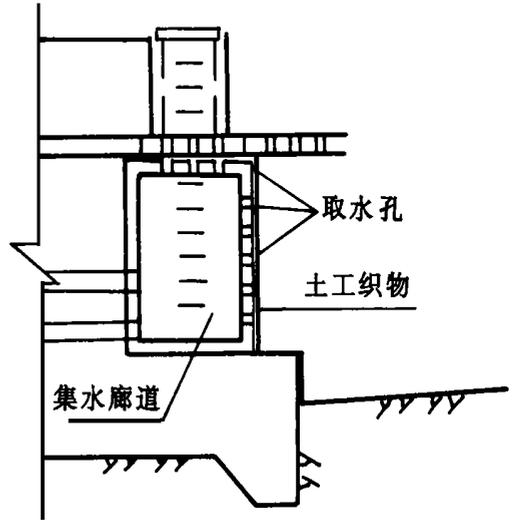


图 1- c 取水廊道大样图

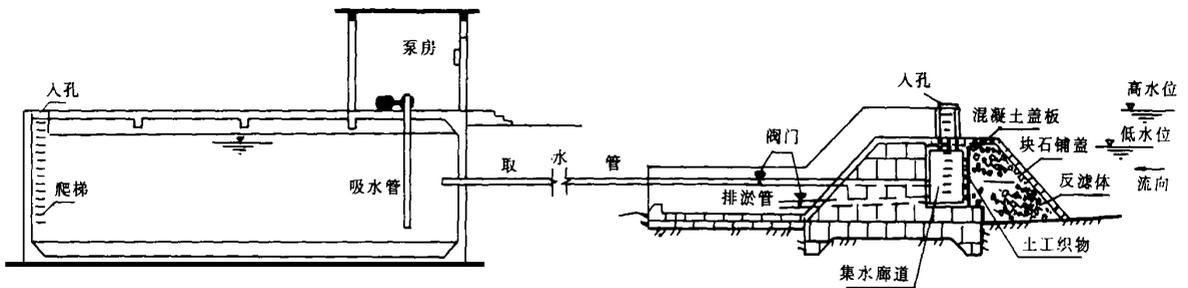


图 1- b 取水枢纽剖面图

取水管和排淤管设在集水廊道右岸的一端, 排淤管设在集水廊道底部, 以利于排除淤泥和清洗廊道; 取水管设在高于排淤管 0.5 m 的地方, 进入集水廊道的水流通过取水管流向蓄水池。取水管管径为 0.15 m, 排淤管管径为 0.30 m, 采用 PVC 管, 两种管道均设阀门节制。

在集水廊道两端各设一个 0.6 m × 0.6 m 的检修入孔, 便于检修人员进入廊道清除沉积物。检修入孔高出坝顶 1 m, 正常运行时用钢筋混凝土盖板封盖。

### 3.4 蓄水池、泵房

在右岸坝下游修建一下 250 m<sup>3</sup> 的蓄水池, 蓄存集水廊道收集到的水。水池为箱式结构, 长 15 m, 宽 4 m, 高 4.5 m, 壁厚 0.25 m。池体用 C<sub>25</sub> 的钢筋混凝土浇筑而成, 池下设 0.1 m 厚的 C<sub>10</sub> 素混凝土垫层。

在水池靠下游的一端, 设排淤管, 用于清洗水池, 设预留管, 方便下游取水。在池顶开一 0.6 m ×

0.6 m 的入孔, 以便检修人员进入水池清淤和检修。

在水池近坝的一端建水泵房, 泵房设在水池顶部, 砖混结构, 泵房平面为 3.9 m × 4.2 m。泵房建成后将向高位水池供水, 提水高度近 45 m。

### 3.5 工作原理

本工程的工作原理是利用渗流取水。低坝建成后, 枯水期拦住地下水, 抬高水位, 水流经过反滤体、土工织物从廊道正面的取水孔进入廊道, 通过取水管流向蓄水池蓄存起来; 丰水期, 水位较高时, 水流不仅可以从正面进入廊道, 还可以从廊道顶部进入廊道, 多余水量通过坝顶流往下游。在本工程中, 取得足额水量的决定因素有三个: 反滤体渗透系数  $K_1$ ; 土工织物渗透系数  $K_2$ ; 以及廊道迎水面和顶部的过水能力  $Q_3$ 。由于廊道迎水面和顶部的过水面积较大, 在取水中不起控制作用, 土工织物渗透系数  $K_2$  远大于反滤体渗透系数  $K_1$ 。因此, 反滤体决定着渗流量的大小。根据廊道内、外水位情况, 渗流量应

按有压渗流(或半有压渗流)和无压渗流两种情况计算:

(1) 有压渗流或半有压渗流计算公式:

$$Q_1 = \frac{K_1 \times A \times h_w}{S} \quad (1)$$

(2) 无压渗流计算公式:

$$Q_1 = L \times K_1 \frac{(h_1^2 - h_2^2)}{2S} \quad (2)$$

式中:  $Q_1$ ——通过反滤体的渗流量;  $K_1$ ——反滤体渗透系数;  $A$ ——反滤体过水断面面积;  $h_w$ ——集水廊道内外水位差;  $S$ ——渗径;  $L$ ——过水断面长度;  $h_1$ ——廊道外水深;  $h_2$ ——廊道内水深。

取  $K_1 = 0.002 \text{ m/s}$ ,  $A = 1.8 \times 12.6 = 22.68 \text{ m}^2$ ,  $h_w = 0.8 \sim 1.7 \text{ m}$ ,  $S = 3.0 \text{ m}$ 。计算结果:  $Q_1 = 0.012 \sim 0.025 \text{ m}^3/\text{s}$ , 根据季节不同, 日取水量在  $1\ 037 \sim 2\ 200 \text{ m}^3$ , 理论年取水量在  $378\ 500 \sim 803\ 000 \text{ m}^3$ 。实际上小流域内仅有  $96\ 000 \text{ m}^3$ , 这说明流域内产生的水可以被有效拦截。

为保证获得足额水量, 土工织物必须具有良好的透水性, 当土工织物透水性降低时, 可以将廊道顶部盖板及廊道前面的碎石反滤体拆除, 取出土工织物, 清洗干净后再装回去, 这样可以达到长期、重复使用目的。

参考文献:

- [1] 余建新. 农村人畜饮水设计中存在的问题及改进[J]. 农田水利与小水电, 1994(1): 31 ~ 34.  
[2] 余建新, 等. 幸福堰引水工程中的双箱式取水及输水暗涵设计[J]. 中国农村水利水电, 2000(10): 30 ~ 31.

(上接第 78 页)

矿山在 1998 年 6 ~ 10 月, 对井下 - 340 m、- 400 m、- 510 m 的主要涌水点采用钻孔注浆法及直接堵漏注浆法进行了成功封堵。目前, 矿山雨季日涌水量大幅减少, 水质转清, 地表趋于稳定。

## 5 水土流失治理效益分析

安庆铜矿采用地表、井下相结合的综合防治措施, 已有效地控制了矿区水土流失现象, 并取得了显著的经济效益, 主要体现在三方面: 一是减少了矿井

参考文献:

- [1] 王军, 陈勤树. 复杂及特殊条件下矿床开采调研报告[R]. 中国有色金属工业采矿信息网, 1995.  
[2] 房佩贤, 等. 专门水文地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1987.  
[3] 黄炳仁, 等. 深圳市某建筑物基础的旋喷注浆加固[J]. 矿业研究与开发, 1993, (增刊).

## 4 小 结

通过对牧羊小流域水土流失综合治理示范工程分析和研究, 治理小流域水土流失虽然涉及到的因素很多, 但决定小流域生态能否恢复却取决于水。虽然各地区小流域水土流失情况不完全相同, 但小流域在水土流失治理中都会遇到以下共同特点:

(1) 小流域内植被稀少, 水土流失严重, 旱季无水, 雨季洪水, 土壤水分极少, 植物难以生存。

(2) 水是生命之源, 要恢复小流域生态, 控制水土流失, 改善生存环境, 水的问题必须放在首要位置。

(3) 由于小流域无水或水量不足或远距离引水成本太高, 在治理经费有限的情况下, 区域内的水土流失治理较为困难。

(4) 合理的取水方法, 可以用少量的资金, 建造好的取水工程, 并获得持续不断的水源, 有了可靠的、但不多的水量的供给, 小流域的治理就有了保证。

(5) 廊道式低坝取水方法在牧羊小流域水土流失综合治理示范工程中的应用获得了好的效果, 取得了示范工程作用, 为类似小流域水土流失综合治理提供了借鉴和有益的参考。

总涌水量, 削弱了汛期的最大涌水量, 使矿山能够安全度汛, 年节约排水电费约 200 万元; 二是基本消除了井下泥沙的排放, 减弱了水泵的磨损, 年节约水仓清淤费用 20 万元; 三是控制了地面塌陷, 使马山口一带地表趋于稳定, 年节约塌洞回填、青苗赔偿等费用约 10 万元。另外其社会效益也是明显的, 治理后使耕地得以重新利用(图 4), 下游用水不再困难, 工农矛盾得到极大缓解。

总之, 矿区水土流失治理后, 其经济效益及社会效益均是显著的, 值得岩溶矿山借鉴。