

淤地坝系水资源系统分析模型研究

左仲国,董增川,王好芳

(河海大学水文水资源及环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 根据相对稳定坝系的特点,阐述了坝系水资源系统分析的思路,分析了数学模型的适用形式,并建立了坝系水资源系统分析数学模型.作为坝系水资源系统分析的一种方法,对黄土高原区坝系的合理规划和建设具有一定的指导作用.

关键词 坝系相对稳定 水资源 系统分析 模型研究

中图分类号 :TV641 :022 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2001)04-0081-03

大量的调查资料和理论研究表明,坝系在黄土高原水土流失治理中的作用越来越明显,既可以有效拦截泥沙,形成高产坝地,又使坡地退耕还林还草有了基本农田保障.但是,水资源匮乏一直是影响该地区发展的重要因素,合理开发利用有限的水资源对发展当地经济、改善生态环境是非常重要的,同时还会产生巨大的社会效益.

1 坝系相对稳定

1.1 坝系相对稳定的内涵

坝系是指以沟道小流域为单元,为充分利用水沙资源建立以拦泥、生产为目的的淤地坝工程体系.坝系相对稳定是指在沟道小流域内,建坝资源和水沙资源已充分利用,在小多成群的单坝共同作用下达到相对稳定,即考虑的不是单坝,而是坝群.坝系相对稳定的含义可概括为:一是在一定保坝频率的洪水泥沙条件下,保证坝系安全;二是在保收频率洪水下坝地农作物高产稳产;三是泥沙基本不出沟,充分合理利用水沙资源;四是水工建筑适宜,盐碱危害小;五是在淤土上能长期不断岁修加高,维修工程量小,当地群众合理建立健全管护机制,能自我维护、自我发展^[1].

1.2 坝系相对稳定的条件和标准

坝系相对稳定的原理是:同体积的洪水与泥沙,铺在小面积上则水深沙厚,铺在大面积上则水浅沙薄,面积合适时即可达到既保坝又保收,在合理维护下坝系趋于相对稳定.在下垫面条件变化不大的情况下,遇到相同的暴雨时,流域产流产沙量与流域面积的关系最密切,而等量的洪水和泥沙在坝地形成的淹水深度和淤积厚度与坝地面积成反比,可见坝地面积与坝控流域面积之比可以综合反映小流域径流、泥沙的平衡关系,是研究坝系相对稳定的重要条件和标准^[2].用公式表示为

$$I = 0.01 \frac{A}{F}$$

式中: I ——坝地面积与坝控流域面积之比; A ——坝地面积, hm^2 ; F ——坝控流域面积, km^2 .

设在一定频率下坝地淹水深度为允许淹水深度时的坝地面积与坝控流域面积之比为 I_c ,此 I_c 即相对稳定的临界值,由 $d = W_p/A$ 可得

$$I_c = 0.01 \frac{W_p}{dF}$$

式中: W_p ——频率为 p 的洪水总量, 万 m^3 ; d ——坝地允许淹水深度, m ; F ——坝控流域面积, km^2 .

当 $I \geq I_c$ 时坝系达到相对稳定;当 $I < I_c$ 时坝系未达到相对稳定.

根据计算和典型小流域调查资料分析,坝系相对稳定的条件为:暴雨频率(24h 雨量)为 100~200 年一遇时, $I=1/20\sim 1/10$.

2 适用模型研究

2.1 必要性

如前所述,坝系相对稳定的出发点是遇到特大暴雨时,既不使坝系受到破坏,又能使坝地保收,条件是 $I=1/20\sim 1/10$,根据文献[1],一般 20~30 年即可达到.但是百年一遇的暴雨可以认为是小概率事件,从发展的角度出发,必须考虑在抵御暴雨灾害的前提下如何取得更大的经济效益,对于黄土高原这种严重缺水而暴雨又很集中的特殊地区,水资源的合理开发利用尤为重要.

2.2 模型形式

在一般的工程效益分析中,必须考虑使用年限、投资回收期等一系列问题.但坝系却有其特殊性,由于坝系达到相对稳定后淤地面积仍继续增加,根据坝系相对稳定原理可知其稳定性越来越好,因此相对稳定坝系的使用是长期的.从长远利益来看,应把坝系达到相对稳定之后的效益分析作为重点.坝系的另一特点是单坝规模比较小,对水量几乎没有年际调节能力,也就是说,坝系的可利用水量主要来自于当年的天然降雨.因此,可以以年为时段采用静态水资源开发利用模型^[3,4].模型的一般形式为

$$\begin{aligned} &\max \{E(X), S(X), B(X)\} \\ \text{s.t. } &X(v, u, z, t) \leq F(X(v^0, u^0, z^0, t^0)) \\ &G(X(v^0, u^0, z^0, t^0)) < G^0 \\ &X_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

式中: $X(v^0, u^0, z^0, t^0)$ ——天然水资源状况; $X(v, u, z, t)$ ——水资源需求量; v, u, z, t ——水资源的数量、质量、存在的空间和时间; $F(\cdot)$ ——水资源开发利用的工程和非工程措施; E, S, B ——水资源开发利用的生态效益、社会效益和经济效益; G^0 ——对系统起制约作用的约束条件集.

一般而言,经济效益和生态效益是小流域治理的基础目标和原动力,它们与社会效益有着一定的因果关系,即经济效益和生态效益的实现,必将改善工农业生产基础,为社会提供丰富的物质财富,也会极大地满足社会的各种需求,这就产生了显著的社会效益.另外,坝系达到相对稳定之后,可以达到泥沙基本不出沟,生态效益是显著的,所以我们分析的目标应主要考虑经济效益目标.实现这一目标所受到的约束条件有流域内水资源量、坝地面积及利用模式等.设决策变量为 $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$,则此时的模型可描述为

$$\begin{aligned} &\max_{X \in R} B(X) \\ \text{s.t. } &R = \{X \mid g_1(X) \geq 0, g_2(X) \geq 0, g_3(X) \geq 0, \dots\} \end{aligned}$$

式中: $g_i(X)$ ——第 i 类约束的函数表达式.

2.3 约束条件

2.3.1 土地面积约束

这里涉及的土地主要指坝地,设坝控流域面积为 F ,则坝系达到相对稳定后的坝地总面积 A 应满足 $(0.05 \sim 0.1) F \leq A < F$.设 a_k 为第 k 类作物或经济果林的种植面积,则

$$\sum_{k=1}^n a_k \leq A$$

2.3.2 水资源量约束

坝系内的骨干坝与蓄水(塘)坝对水量有一定的调节作用,但年际调节能力很小,每年的可利用水量主要来自当年的降雨.为便于分析,设频率为 p 的典型年可利用水量为 W'_p ,则

$$\begin{aligned} &\sum_{k=1}^n w_k a_k \leq W'_p \\ &W'_p = W_p - W_z - W_s \end{aligned}$$

式中: w_k ——第 k 类作物或经济果林单位面积需灌水量; W_p, W_z, W_s ——典型年坝控流域内的产流量、蒸发量、损失水量(包括渗漏和未被利用的洪水量等).

2.4 目标函数

设第 k 类作物或经济果林单位面积的经济效益为 e_k ,在以上约束条件下典型年的经济效益目标函数为

$$\max B_p = \sum_{k=1}^n e_k a_k$$

由于典型年的选择具有已知的概率,因此,为了比较各方案的优劣,可采用无预报信息的贝叶斯决策过程进行评价,即

$$EB_j = \sum_{i=1}^n p_i B_{ij}$$

式中 : EB_j —— j 方案经济效益的期望值 ; p_i ——第 i 种情况出现的概率 ; B_{ij} ——第 i 种情况下 j 方案的经济效益,在典型年确定的情况下,可由前述方法求得.

3 结 语

黄土高原地区的淤地坝经过建国以来不同的建设阶段,已经从单坝控制单纯拦泥淤地向坝系控制综合利用的方向发展.特别是 80 年代以来淤地坝在拦泥、滞洪、造地、增产等方面产生了显著效益.但是,淤地坝的建设与利用过程中仍存在种种问题,主要是由于部分淤地坝设计标准低、布局不合理,工程不能充分发挥应有的作用,使得坝地利用率和经济效益偏低.本文提出的方法可以对不同的坝系规划方案进行比较,对建设布局合理、效益较高的坝系是有益的.

参考文献：

[1] 陈彰岑,于德广,雷元静,等.黄河中游多沙粗沙区快速治理模式的实践与理论[M].郑州:黄河水利出版社,1998.4:77~90.
[2] 曾茂林,朱小勇,康玲玲,等.水土流失区淤地坝的拦泥减蚀作用及发展前景[J].水土保持研究,1999,6(2):126~133.
[3] 姚汝祥,廖松,张超,等.水资源系统分析及应用[M].北京:清华大学出版社,1987.12~87.
[4] 傅春,冯尚友.水资源持续利用(生态水利)原理的探讨[J].水科学进展,2000,12(4):436~440.

A Study on System Analysis Model for Water Resources of Warping Dam System

ZUO Zhong-guo,DONG Zeng-chuan,WANG Hao-fang

(College of Water Resources and Environment,Hohai Univ.,Nanjing 210098,China)

Abstract According to the relative stability of the dam system,a system analysis of water resources of the dam system is presented ;the expression of the numerical model is analyzed,and a new numerical model is established.As a method for system analysis of water resources of dam systems,it has a function of guidance to reasonable planning and construction of dam systems on the Loess Plateau.

Key words relative stability of the dam system ;water resources ;system analysis ;study on model