

四川无泥沙资料地区河流多年平均含沙量的推求

曹鉴湘

(电力工业部成都勘测设计研究院,成都,610072)

摘要 分析四川境内41个水文站(区间)1130站年实测悬移质泥沙资料和相应水文站控制流域内土地利用资料,从流域产沙机理出发,建立了经验关系,以用于无泥沙测验资料地区推求河流多年平均含沙量。

关键词 输沙模数 单位径流深输沙模数 多年平均含沙量 多年平均悬移质年输沙量

1 引言

水利水电工程规划设计中,坝址多年平均悬移质含沙量、输沙量特征值,是水力资源开发利用方式、枢纽布置型式的基本资料之一。

大型水利水电工程坝址或其上下游,一般设有水文泥沙测站,且有较长的实测资料系列供工程设计使用,但大多数中小型工程在规划设计中,流域内往往无开展泥沙测验的水文站,属无资料地区,给工程设计带来困难。

在无泥沙资料地区,目前一般使用输沙模数等值线图或借用相似流域实测多年平均输沙模数,按流域面积推求坝址多年平均悬移质年输沙量和年平均含沙量。

输沙模数等值线图是根据各水文站实测多年平均悬移质输沙模数勾绘的,如果增减一些测站资料,等值线图将发生相应的变化。实际上,由于流域产沙在面上的分布是不连续的,而等值线往往又跨过不同的地质地貌及下垫面条件单元,在测站稀疏的地区,输沙模数等值线图的可信度较低,甚至与实际情况不符。

借用输沙模数存在的问题是如何论证两流域产沙条件相同或相似。目前习惯于根据两流域植被情况进行判断。实际资料表明,在四川地区,植被率与输沙模数间并不存在必然的联系。有的流域植被率相等,但多年平均输沙模数却相差很大。如桑坪水文站以上流域和太渡河泸定~沙坪区间,植被覆盖率(包括森林、草地、草场)均为75%,但多年平均输沙模数前者为384 t/km²,后者为944 t/km²;有的流域甚至出现植被率越高输沙模数越大,植被率越低输沙模数越小的情况,如平通河甘溪站以上植被率为

82.5%,多年平均输沙模数高达1270 t/km²,而梓潼河天仙寺站流域植被率仅37.5%,但输沙模数反而较小,为337 t/km²。因此,流域植被率不是判断两流域输沙模数是否相近的唯一标准。

由于使用输沙模数推算河流输沙量的合理性难以论证,所得成果往往与实际不符,因此,有必要从流域产沙机理出发,寻求新的推求河流含沙量和输沙量的方法。

2 单位径流深输沙模数

2.1 单位径流深输沙模数的定义

本文引进单位径流深输沙模数这一新概念,其定义为:

$$m_s = M_s / y \quad (1)$$

式中 M_s —— 流域多年平均输沙模数(t/km²);

y —— 流域多年平均年径流深(mm)

m_s —— 单位径流深输沙模数(t/(km²·mm)或kg/(m²·m))。

单位径流深输沙模数表示流域内单位径流深在每单位面积上对土壤产生侵蚀并输移至河流中的年沙量。

单位径流深输沙模数反映了不同流域在相同径流深的侵蚀下流域可侵蚀程度的差异,从而使不同流域的可侵蚀程度具有可比性。以大渡河支流流沙河和牛日河为例,流沙河 m_s 为2.35 t/(km²·mm),牛日河为0.964 t/(km²·mm),表明流沙河流域可侵蚀程度较牛日河高,这与人们对该两条河流域产沙条件的直观印象是一致的。

由式(1)可以看出,多年平均输沙模数等于流域多年平均年径流深与单位径流深输沙模数的乘积,后面将证明单位径流深输沙模数在数值上等于河流

多年平均含沙量。

因此,从流域产沙角度考虑,可将比较复杂的输沙模数或流域水土流失问题,分解为流域多年平均年径流深和单位径流深输沙模数两个单独的因子分别进行研究,使问题变得简单明了。

无资料地区多年平均年径流深的研究成果较多,也较为成熟。本文将根据四川境内 41 个水文站控制流域土地利用资料及相应实测河流泥沙资料,对影响单位径流深输沙模数的因素进行分析,并进行定量计算,以用于无资料地区推求河流多年平均含沙量。

2.2 影响单位径流深输沙模数的因素分析

单位径流深输沙模数反映了流域的可侵蚀程度,其大小取决于流域内可侵蚀松散土的提供量及侵蚀表土在流域内的输运条件,与年径流深无关。

四川地区在地质、地貌、土壤类型、植被和气候条件等方面,与我国北方黄土地区迥然不同,因而影响流域产沙的因素差别较大。四川盆周为中高山,盆地内大部为丘陵。在海拔 3 500 m 以上高山地带,虽然植被很差,但多为裸露岩石,不提供河流悬移质泥沙的物质来源;海拔 3 500 m 以下,气候温湿、乔木、灌丛杂草茂盛,土壤侵蚀量极微。但随着人口的增长,坡面、坡脚和河谷地带逐渐开垦成耕地,由于耕作土质疏松,极易被地表径流侵蚀,成为河流悬移质泥沙的物质来源。

四川地区耕地分为水田和旱地,旱地又可分为平坝地、梯地和坡耕地。水流对表土的侵蚀和输运,需一定的能坡。我国《水土保持技术规范》中,将坡度小于 3°的耕地划属于无明显侵蚀类,将坡度大于 25°的耕地划属于剧烈侵蚀类。因此可以认为,耕地中的水田、平坝地、梯地的土壤侵蚀量较微,可忽略不计,而坡耕地不仅是松散土提供场所,而且具备水流对土壤侵蚀和输运的坡度条件,特别是坡度大于 25°的陡坡耕地。因此,从流域产沙角度看,坡耕地面积百分数越大,陡坡耕地越多的流域,其单位径流深输沙模数也越大。

目前,人们往往用流域植被率来衡量不同流域的水土流失程度,这是从抑制产沙的角度来分析流域的产沙条件。但抑制流域产沙的因素除植被率外,还包括不提供松散土或不具备泥沙输运条件的其它因素,如石山区、水田、平坝地、梯地等。因此,仅以植被率作为判别流域产沙条件是不全面的。

河流输沙量与流域地表侵蚀量之比称为泥沙输移比。单位径流深输沙模数表示单位径流深在流域每单位面积上侵蚀并输移至河流的年沙量。因此泥

沙输移比也是影响单位径流深输沙模数的因素之一。根据国外研究,如果用流域面积表征泥沙输移比,其值约与流域面积的 $\frac{1}{8}$ 次方成正比。

2.3 单位径流深输沙模数多元回归方程的建立

根据影响单位径流深输沙模数的因素分析,可写成如下函数关系

$$m_s = f(c, P, P_k, F) \quad (2)$$

用四川境内 32 条河流计 41 个水文站控制流域和区间 1 130 站年实测河流泥沙资料及相应流域 193 个县市区土地利用资料进行多元回归,得如下经验关系

$$m_s = cP^{0.447}P_k^{0.227}F^{-0.096} \quad (3)$$

式中 P ——流域内坡耕地面积百分数(%);
 P_k ——坡度大于 25°耕地占坡耕地面积百分数(%);
 F ——流域面积(km²);
 c ——土壤类型系数,取 0.182~0.563,抗冲蚀能力强的重粘土取小值,抗冲蚀能力弱的沙壤土取大值。单位径流深输沙模数 m_s 的单位为 t/(km²·mm)或 kg/m³。

将 m_s 计算值与实测值之比作为统计量,统计得样本标准差为 0.245,计算值与实测值相对误差不超过 35%的点据占 86.5%,表明式(3)是可用的。

3 河流含沙量的推求

3.1 河流多年平均含沙量的推求

由输沙模数定义,有

$$M_s = RS/F = yS \quad (4)$$

$$\text{即 } S = M_s/y \quad (5)$$

由式(1),得到

$$S = m_s \quad (6)$$

式中 S ——河流多年平均含沙量;
 R ——多年平均年径流量,其余符号同前。

式(6)表明,河流多年平均含沙量在数值上等于单位径流深输沙模数,故用式(3)计算的 m_s 即为河流多年平均含沙量,其单位为 kg/m³。

两者虽然数值相等,但其物理概念却完全不同。河流含沙量表示水流中泥沙的浑浊程度,单位径流深输沙模数表示流域面上平均可侵蚀程度,因此不可混淆。

式(3)是基于四川降雨侵蚀区资料建立的,对夏季有冰川融雪水补给的河流,由于雪线附近多为石山区,融雪水很快汇入支沟,对表土几乎无侵蚀作用,因而不增加河流沙量,但融雪径流将使河流含沙浓度稀释,为此,对按式(3)计算结果应进行修正

$$S' = m_s(1 - \beta) \quad (7)$$

式中 β ——融雪水径流与年径流之比； S' ——修正后的河流多年平均含沙量。

3.2 典型年逐日平均含沙量的近似计算

四川地区，非汛期径流以地下水补给为主，河流含沙量很小以致为零。分析若干水文站实测资料，点绘逐日平均流量与含沙量的关系，点据虽然较分散，但作为平均情况，其关系可写成

$$S_i = \begin{cases} K(Q_i - Q_0) & (Q_i > Q_0) \\ 0 & (Q_i \leq Q_0) \end{cases} \quad (8)$$

式中 Q_i ——日平均流量； S_i ——日平均含沙量； Q_0 ——含沙量为零的分界流量； K ——系数。

系数 K 可按下述方法计算。由于年输沙量为

$$W_s = \sum_{i=1}^n S_i Q_i \Delta t \quad (9)$$

将式(8)代入式(9) 有

$$K = \frac{W_s}{\sum_{i=1}^n Q_i (Q_i - Q_0) \Delta t} \quad (Q_i > Q_0) \quad (10)$$

式中 W_s 可根据年水量和按式(3)计算的年平均含沙量求得。 Δt 为一天的秒数。按式(10)求得 K 值后，便可由逐日平均流量按式(8)推求逐日平均含沙量。

4 小 结

(1) 无泥沙测验资料地区，河流多年平均含沙量、输沙量的推求，目前习惯于使用输沙模数进行估算。由于输沙模数等于年径流深与年平均含沙量的乘积，当借用某流域输沙模数时，则应论证两流域年径流深和年平均含沙量分别相等或乘积相等，这显然是很困难的。

(2) 为避免借用输沙模数难以论证的困难，研究了直接从流域产沙条件推求河流多年平均含沙量的方法，并建立了经验关系式(3)。经误差评估，表明该式可用于四川境内无泥沙测验资料地区水利水电工程规划设计。

(3) 式(3)系由四川境内资料建立，原则上只适用于四川地区。

作者简介

曹鉴湘 男 电力工业部成都勘测设计研究院规划处泥沙室 副主任 高级工程师 硕士

(收稿日期:1996-07-11)

Derivation of Mean Annual Sediment Content in Rivers Without Sediment Data in Sichuan

Cao Jianxiang

(Chengdu Hydroelectric Investigation Design and Research Institute, Chengdu, 610072)

Abstract The paper analyzes the measured suspended sediment data from 41 gauging stations in Sichuan during 1 130 station-years and the land use data within the controlled catchment areas of corresponding gauging stations. From the pointview of sediment formation mechanism in basin, the empirical relationship is established for the derivation of mean annual sediment content in rivers without sediment data.

Key Words sediment discharge module, sediment discharge module at unit runoff depth, mean annual sediment content, yearly sediment discharge of mean annual suspended sediment

(上接第 8 页)

potential in the main river and the developable hydropower is account for 1/4 of that in Sichuan, approaching that of the Yellow River and the Pearl River. There are two Hydropower Stations, Gongzhui and Tongjiezi, on the Dadu river with the installed capacity of 1300MW. The construction of Pubugou Hydropower Station will benefit from the two existed hydropower projects. The analysis of several methods are made in order to raise funds for the construction of successive power source of the Pubugou project. Finally, the countermeasures and suggestions are provided for hydropower rolling development at the Dadu River.

Key Words the Dadu River, hydropower base, rolling development, domestic and foreign funds, The World Bank loans, basin development, company