

水流切应力与河型的关系

Z. B. 贝让

前言

河型, 无论是顺直的, 弯曲的还是分叉的, 都代表着水文状况和地质环境间的平衡状态。根据里奥普和沃尔曼的研究:

“当用水力变量来考虑河型不同的河流时, 似乎可以通过比降、流量和宽深比的一定组合, 将曲流和分叉河流区分开来”。

莱恩、里奥普和沃尔曼以及奥斯特坎帕1957年和1978年曾分别用 $Q \sim S$ 关系曲线进行了这种划分, 由此发现, 通常, 在流量一定的情况下, 分叉河流的比降大于曲流。

看来在以前的工作中, 曾经寻找过某种可以明确地区分曲流和分叉河流的 $Q \sim S$ 组合值。然而, 这样的企图面临着某些困难, 即主要是由于河流边界上泥沙的变化问题, 造床流量的确定问题, 测量流量和比降时预期的不精确性, 以及取样时河流断面可能尚未处于所在环境条件下的均衡状态等所引起的。

前人工作所产生的一个不同的问题是: 数据表示: $Q \sim S$ 关系曲线并未与其它物理参数和水力参数建立相关。另一方面, 汉和舒姆1971、1972年在实验室的试验表明: 河型与河流功率有关, 并由此证明, 河型与水力参数有关, 用水力参数来描述水流, 比只用某种 $Q \sim S$ 组合更有意义。

本文研究的目的是要为 $Q \sim S$ 图上所描述的关系提供一个物理解释, 它将有助

于合理地划分分叉、顺直和弯曲这三种河型。

理论

对于一般的河道, 水流作用于河床的平均切应力为:

$$\tau_0 = r D S \quad (1)$$

式中 τ_0 为平均切应力, r 是单位体积的水重, D 是平均水深, S 为能坡线的坡度, 对均匀流来说, S 就是水面的比降。

里奥普和马多克1953年发现河流的水深与其年平均流量 Q 具有如下关系:

$$D = C Q \quad (2)$$

式中 f 和 C 都是常数。

格拉夫发现 f 值在 $0.22 < f < 0.45$ 的区间内 (格拉夫1971年)。

联解公式 (1) 和 (2), 得:

$$\tau_0 = r C Q S \quad (3)$$

上式还可写为:

$$S = (\tau_0 / r C) Q^{-f} \quad (4)$$

对常数 f , r 和 c 的平均值, 用公式 (4) 在 $Q \sim S$ 关系图上确定了一族曲线, 每条线代表一个不同的平均切应力 τ_0 值。在双对数的 $Q \sim S$ 相关图上, 将 S 作为纵坐标, 这些线是一族与斜率为 $-f$ 的直线平行的线, 而任意一点的位置都代表一对 $Q \sim S$ 值, 即可得到一个 $\tau_0 / r c$ 值。贝让和舒姆1979年在“谷底对于冲沟化的敏感性”的分析中使用了类似的方法。

结果

为了获得 $\tau_0 / r c$ 平均的“标准”值,

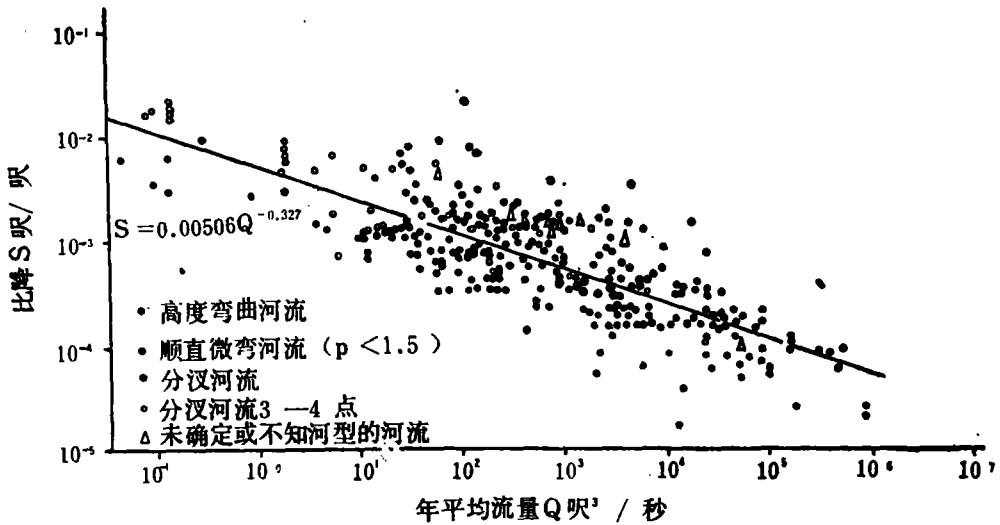


图1 359条河流流量~比降相关图

对不同河流的年平均流量 Q 值和河流比降 S 进行回归(见图1)。把以前发表的总共359条河流的资料作为样本,其河型有高度弯曲的($p \geq 1.5$),较顺直的($p < 1.5$)和分叉的。由此而得拟合最好的双对数回归方程是:

$$S = 0.00506Q^{-0.327} \quad (5)$$

其相关系数为 -0.785 。

如果注意到公式(5)中的指数值与期望值 0.3 非常接近,并将公式(4)和(5)进行比较,立刻就可以看出,平均说来,这个大样本的特点是

$$(\tau_0/rc)_{avg} = 0.00506 \quad (6)$$

仍假设 r 和 c 为常数,公式(6)可写为:

$$\tau_{avg}/rc = 0.00506 \quad (7)$$

式中 τ_{avg} 是359条河流的平均切应力的平均值。

现在在 $Q \sim S$ 相关图中,有确定的 Q 、 S 值的每一点都可以与平均切应力 τ_{avg} 建立联系,后者可以用作为标准。为此,联解公式(3)、(5)和(7),得出:

$$\begin{aligned} \tau_0/\tau_{avg} &= rcQ^{0.327}S/0.00506rc \\ &= Q^{0.327}S/0.00506 \quad (8) \end{aligned}$$

假设 C 接近常数,这样就消去了未知数 C 。

在公式(8)中, $Q \sim S$ 关系曲线上的任何点都可以用其相对切应力 τ_0/τ_{avg} 来表示。点绘了与曲流和分叉河流有关的点子,同某些表示出不同 τ_0/τ_{avg} 值的曲线一起示于图2。

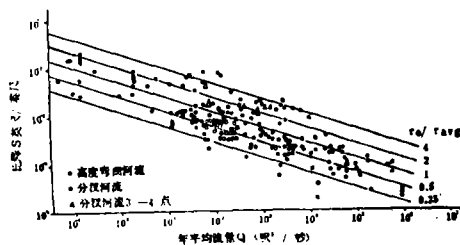


图2 在流量~比降相关图上用相对切应力划分河型

通常, 分汊河流的 τ_0/τ_{avg} 值比曲流要高, 但图 2 也表明, 在这两种河型之间, 没有明显的界限。

至此, 用河流相对切应力表示的河流特征只是一个简单的数学问题。对于 126 条高曲率河流 ($p \geq 1.5$), 82 条分汊河流和 54 条低曲率河流 (未确定河型的除外) 中的每一条河流, 都用公式 (8) 计算了 τ_0/τ_{avg} 值。图 3 显示了相应于不同 τ_0/τ_{avg} 值, 每种河型出现的相对频率。如果根据相对切应力对河流分类, 图 3 中的高曲率河流与分汊河流就是两组界限分明的点群。低曲率 ($p < 1.5$) 的河流位于中间, 靠近分汊河流。

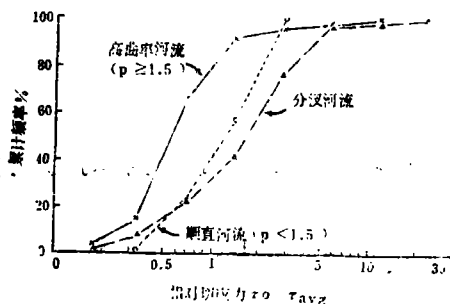


图 3 不同河型的河流出现的相对频率

高曲率河流的相对切应力中值为 0.56, 与低曲率河流 (中值为 1.25), 或与分汊河流 (中值为 1.70) 相比都大不相同。

对不同河型 τ_0/τ_{avg} 值的频率分布, 也可从另一个略微不同的角度来考察: 即根据分汊、低曲率和高曲率河流各自出现的相对频率, 计算 τ_0/τ_{avg} 值的每个区间中每种河型的比例 (见图 4)。这些结果概括在图 5 中, 由此表明, 随着相对切应力的增加, 高曲率河流的比例逐渐减少, 分汊河流的比例增加; 曲率小于 1.5 的低曲率河流的比例增加, 在 $\tau_0/\tau_{avg} = 2$ 时最大, 而后又减少 (图 5 删去了图 4 两端只包括几条河流的三个区间, 即

$\tau_0/\tau_{avg} = 0.125, 8, 16$, 区间)。

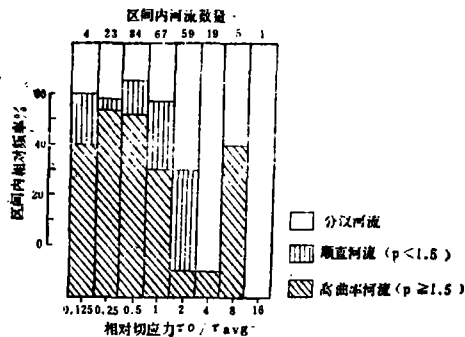


图 4 不同相对切应力值区间内出现的不同河型河流的相对频率

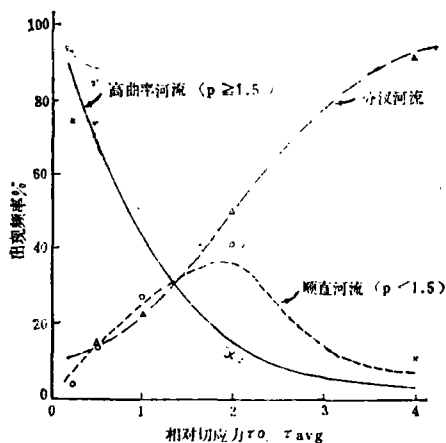


图 5 随相对切应力变化河流的出现频率

讨论

以上结果表明, 正如在公式 (1) ~ (4) 中所表示的, $Q \sim S$ 关系曲线的解释是合理的。样本的大小, 样本所包括的 ε 倍的流量变幅以及不同的河型, 这些都说明公式 (5) 可以代表比降和流量间的一般关系。公式 (5) 中的常数 f 与公式 (4) 中 f 的期望值的相似性也表明联解公式 (4) 和 (1) 是合理的。因此, 可以结论: 在一般情况下, 尽管河流切穿的冲积层有明显的差异 (见图 1), 河流都有维持这种流量~比降组合关系的趋势, 这种关系产生的水流切应力的范围可能是

很窄的。用这种方法,在 $Q \sim S$ 相关图上,点群的分布获得了一个物理学意义,而不只是表示统计关系。

图2表明,寻找河型之间明显的区分函数可能是没有用的。由于在绪言中所提到的原因,为了使河型由曲流变成分汊河流,要越过的地貌临界值尚是一个模糊的界限。虽然对一条单独河流可以很明确地规定这个临界值,但对所有河流而言,则涉及到一些随机变量,它们必然会把精确的临界值搞乱。因此,图5所表达的方法看来较实际地反映了这种情况,即随着切应力的增加,河流分汊的机率增加,但在整个水流切应力变幅内,既可找到分汊河流,也可找到各种曲率的河流。

这些结果在某些方面与莱恩1957年的研究相类似。我们公式中的指数在莱恩的研究中为0.25,而曲流和分汊河流是通过它们在公式中的系数 K 区别开的:

$$S = KQ^{-0.25} \quad (9)$$

比较公式(4)、(5)和(9),莱恩的系数 K 与公式(4)中的系数 τ_0/r_c 是同一个东西。奥斯特坎帕1978年对坎桑河采用了一个固定的指数 f 值——-0.25,同时指出,曲流的 K 值〔公式(9)中的〕低,分汊河流 K 值较高,而“顺直”河流的 K 值居中。本研究通过对系数 K 提出物理解释,定义了公式(8)中“相对切应力”这个新的参数,从而有助于这些结果的合理化。

根据流量~比降关系曲线的这种解释,本文的研究表明,分汊河流的水流切应力平均要比高曲率($p > 1.5$)河流的大。低曲率($p < 1.5$)河流的切应力中等,靠近分汊河流。里奥普和沃尔曼1957年曾注意到:“顺直”河流($p < 1.5$)的切应力值在 $Q \sim S$ 关系曲线上处处出现,或者说,根据目前的研究,顺直河流的切应力变化范围很大。但本文的研究表明(见

图3):平均而言,“顺直”河流有集中在某个 τ_0/r_c 平均值周围的趋向,这个平均值远远大于曲流的价值,这种较高的切应力对于了解顺直河流出现的原因是有帮助的。范奥尼等人1972年的研究认为:

“顺直的河岸线主要是由于阻止转向的动量而产生的。”

水流切应力的增加与动量的增加成正比相关,因此说明范奥尼等人的解释是正确的。1981年,贝让提出通过使用动量方程式,来描述河道曲率变化的数学模式。

然而,应该注意,以上提到的“顺直”河流只代表顺直河道中的一种类型。顺直河道的第二种类型,是切应力很低的河流。范奥尼等人1972年曾经这样描述:

它们“不足以提供侵蚀流速。”

阿克斯和查尔顿以及舒姆和汉1971年和1972年分别在试验中观察到这种河流。本研究所用的样本中也可能有一些这类“低能量”顺直河流(见图3)。

分汊河流具有较高切应力的特点为其有较高的粗砂输沙率的观察提供了解释。正如能量大的河流可以造成强烈的河岸侵蚀一样,较大的切应力也可以使分汊河流具有较大的宽深比。事实上,费里德金1945年就注意到,这样的河岸侵蚀是河流分汊的首要原因。

结论

继舒姆和汉通过改变水力因素而得到不同河型的实验研究之后,现在已经可以借助上述的分析来检验天然河流的河型特征。里奥普、沃尔曼以及爱因斯坦和沈学文分别在1962年和1964年进行了研究,他们认为:低能量水流产生的顺直河流在自然界是很罕见的,或者是很少予以记录的。能量增加(即切应力增加)引起河岸侵蚀,其由于水流内部的不稳定产生螺旋流,从而导致河流弯曲。

贝让1981年指出,水流能量的继续增加,引起高动量,以便维持水流和河岸沉积物间的差异平衡,这些河流趋向于有较大的弯曲半径,故曲率很小。最后,切应力进一步增加,导致高速度的河岸侵蚀和泥沙搬运,以致最终形成分叉河道。

综上所述,每种河型都代表了不同地质背景(主要是河岸沉积物)和水力特性

间的平衡,水力特性在本文的研究中是用相对切应力这个参数来定义的。在自然界中,对于所有天然河流而言,一种河型向另一种河型的转化是逐渐的,因此当研究所有的河流时,舒姆1973年提出的地貌临界值往往是一些模糊不清的界限。

舒晓明译自《Journal of Hydrology》, 1981, V. 52, №314, 卢金发校

研究方法

水质监测: 全球范围水质监测的方法

R. 赫 尔 默

人类和每一种生物的生理生存都依赖于水,而许多人类食品的生产却又破坏了水质(如灌溉、鱼类产卵场的维护等)。

要想评价地表水水质是比较困难的。与海水相比,它的离子含量变化非常大,海水是很均一的。介于硅质岩石山溪的最低离子含量和封闭性咸湖的最高离子含量之间,可能相差四个数量级;同时,不同气候条件和物理化学特征的水,其生物组成也明显是很不同的。

水质管理计划要求收集水质现状,人类活动对水质的影响,以及现在和规划中用的水质标准等方面的资料。在许多情况下,这方面的资料,只有通过长期水质观测记录和凭借过去对已知质量水的各种利用的经验才能得到。为了执行在这种资料基础上拟定的法规,和评价管理计划的有效性,进行水质测定是很有必要的。

一、水质监测的目的

水资源管理要求收集、分析和评价可

靠的水质资料。水质监测网必须在与水质收集机构紧密配合的情况下才能发展起来。它们的活动必须与该区内对应水文机构的活动相配合。在许多其它的应用中,水质监测是很有必要的:(a)对计划开发和利用的水资源进行分类;(b)为了确定长期的变化趋势,要收集天然水质的本底数据;(c)通过常规水质检测,确定饮用、娱乐、水上运动和渔场的水质标准;(d)通过对水质的监测,定点、定量地指出污染的影响,为水体的其他使用者发出潜在危害的早期警报;(e)预报水质并估算它的废物吸收量,以便合理选择污染控制措施和水资源管理方法。

大部分需要监测的水质问题,一般是局部的或区域性的,超不出水体流域。有关那些多国分享的水体,水质管理规划提供了一个共同管理水资源的基本手段。它也是达成国际协议的基础。对欧洲的两大水系(莱茵河和多瑙河),各国都做了大量的监测工作,但至今没有达成综合的国际