

洞庭湖水系河流泥沙量的初步研究

王铁生

(湖南省水利厅)

提 要

洞庭湖水系的河历年输沙量约为4,059.3万吨。淤积严重,湖面日渐缩小。现在,我国第一大淡水湖洞庭湖,按水域规模已退居于鄱阳湖之后。解放以来,河流泥沙的变化趋势是逐渐增多;在七十年代其总量比五十年代增加了将近1倍。小流域综合治理,是控制河流泥沙的根本措施。

洞庭湖是长江中游的“吞吐型”淡水湖泊。纳湘、资、沅、澧四水及湖滨中小河流,并“吞吐”长江分流。洞庭湖水系的流域面积为24,388万平方公里(不包括黄盖湖水系的湖北境内部分),其中湖南省属洞庭湖水系的流域面积有20.54万平方公里,约占全省土地总面积的96.97%。

洞庭湖水系的多年平均含沙量约为0.211公斤/立方米,比黄河花园口站低127.4倍,比长江宜昌站低4.6倍,比淮河蚌埠站、珠江梧州站分别低1.20及0.64倍。但洞庭湖水系降雨丰沛,暴雨集中,河川径流量大,其河流输沙量相对较大。平均土壤侵蚀模数166.4吨/平方公里,大于淮河,略低于珠江,约为黄河的1/11,长江的1/3。虽然洞庭湖水系河流泥沙不及黄河那样严重,但由于泥沙的淤积,洞庭湖水面日趋缩小,由全国第

不大,但关系到大片耕地直接受到破坏,同时还将为沟谷发展提供径流条件,应积极防治,可视不同情况,采取修梯田、改进耕作方法、筑地埂等措施,以达到减小坡度、缩短坡长、分散径流、保土保肥的目的。应该指出,水平梯田应尽量避免在面蚀的强度发育带(切沟带)修筑,而塍区和岗梁区发生切沟的坡度又不尽一致,在具体实施时,除参照统一规定的坡度标准(例如25°)外,主要应该考虑当地的侵蚀形态。

在具体布设水土保持措施时,还应防止控制了一种侵蚀作用而强化了另一种侵蚀作用。如在沟边修地埂,有可能引起边埂附近的潜蚀作用,为此要采取林草防护。

黄土中间多层出现的古土壤层,其抗侵蚀性远大于其相邻的黄土层,应在布置治理措施时注意利用这一特性。

4. 有计划地布设谷底工程措施。除注意合理地进行坝系规划、坡面措施与谷底工程紧密配合、提高防洪标准、增加控制性的骨干工程、防止在特大洪水条件下连锁性的毁坝外,要在坝系内留有充分的排水出路,防止坝地盐渍化和沼泽化;选择在地形、地质条件有利的地段筑坝,防止坝体不均匀沉陷、坝肩和库周边岸坍塌、水库漏水等可能存在的工程地质问题的产生。

一大淡水湖退居鄱阳湖之后。河道、水库、塘堰淤塞,通航里程已不足解放初期的1/3,水上运输量不足1/10;特别是由于森林植被的破坏,土壤侵蚀加剧,河流泥沙明显增多,已严重影响生态系统的平衡和国民经济的发展。因此,研究洞庭湖水系河流泥沙的变化规律,因地制宜地采取生物措施和工程措施,对于调节自然界水情动态变化,控制河流泥沙的增长,改善生态环境,促进国民经济的发展是有一定价值的。

一、河流输沙量与径流的关系

在一定的自然地理条件下,坡面的冲刷,泥沙的流失,降雨及径流是动力因子,也是河道泥沙输送的原动力。据1965—1967年衡阳井头江东沟(面积0.026平方公里,系花岗岩风化的成土母质,土层厚2—3米,长有草本,冲沟发育)的46次降雨径流及泥沙量的观测资料分析,它们之间的相关关系,可用如下数学式表达:

$$W_r = 10.8P - 80.1 \quad r = 0.829$$

$$W_s = 192.8W_r - 56176 \quad r = 0.716$$

式中: W_r ——坡面径流量(立方米);

P ——一次降雨量(毫米);

W_s ——坡面土壤侵蚀量,包括推移质及悬移质之和(公斤);

r ——相关系数。

由于坡面土壤侵蚀量与降雨强度(S ,即每小时最大降雨量)呈正向变化趋形(图1),因此,建立 $W_s \sim S \sim W_r$ 的复式相关关系,相关系数可由单相关的0.716提高到0.759。即:

$$W_s = 26.0W_r + 215.5S - 6613 \quad r = 0.759$$

据此公式计算,当一次降雨100毫米时,一小时最大雨力由10毫米提高到50毫米,坡面土壤侵蚀强度(或侵蚀量)平均加大39.9%。

坡面的坡度也是影响侵蚀量的因素之一。西沟(面积为0.028平方公里)与东沟毗邻,坡面大小、坡向、植被、土壤条件均相似,唯流域平均比降、沟道纵坡有差异,即东沟分别为412‰及167‰,西沟分别为426‰及188‰。据18次降雨、径流、泥沙量的对比分析,西沟与东沟的径流系数之比为1.116:1,平均含沙量之比为1.263:1

坡面侵蚀的泥沙,在水流的挟带(搬运)下,部分被汇集江河。因此,河流输沙量与年径流量(尤其是与洪水量)的关系密切。据1953—1978年的观测资料分析,湘、资、沅、澧四水及水土流失严重的武水、乌江之年输沙量与径流量的相关系数一般为0.8

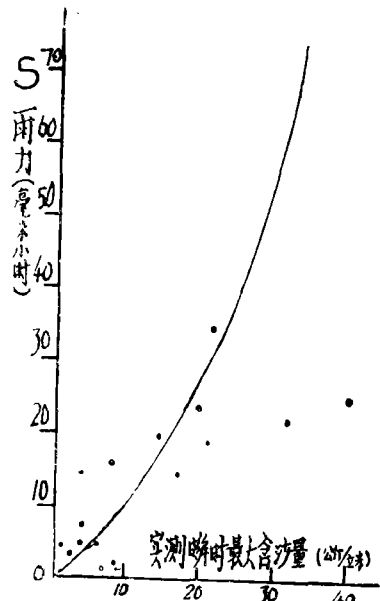


图1 东沟雨力与瞬时含沙量关系

左右。

为了探求坡面土壤侵蚀量与河道输沙量的关系，分析对比了流域土壤条件相似的井头江水文站(控制流域面积179平方公里,其中山丘区面积占74%。在山丘面积中,荒山面积占40.6%)与东沟(面积为0.026平方公里的荒山坡)的11次降雨径流与泥沙资料。当流域平均降雨及雨力相似时,东沟比井头江的径流系数大10—40%,单位面积的坡地侵蚀量(其中推移质占49.3%)大5—8倍。据此推算,洞庭湖水系的年河流输沙量为4,059.3万吨。全省每年土壤侵蚀量约2.0亿吨左右。

二、河流泥沙量的时空变化规律

洞庭湖出口站城陵矶从1925年开始泥沙观测,至1978年底,已积累有71个观测站共892个站年的泥沙资料。经分析计算,洞庭湖的多年平均入湖泥沙量为2.05万吨。年输沙量的变差系数Cv值各个河流约为0.4—0.7,比相应的年径流量的变差系数大0.5—1.3倍。这就说明,河流泥沙量比河流径流量的年际变化显著。

从一年内分配来看,河流泥沙与径流相适应。主要汛期(指月径流分配率大于年径流量的10%的各月)的径流量占年径流总量的50—70%,而同期的河流输沙量占年输沙量的70—90%。这就说明,输沙量的年内分配具有明显的“集中性”,尤以澧水最为突出。

从洞庭湖的入湖泥沙组成来看,湖南省河流泥沙的地区分布有如下几个特点:

(一) 长江是洞庭湖的主要泥沙来源。长江分流从松滋、太平、藕池、调弦(1958年已堵)四口注入洞庭湖的多年平均径流量为1,237亿立方米,年平均含沙量1.33公斤/立方米,年输入泥沙量1,647.3万吨;而湘、资、沅、澧四水及洞庭湖水系的其它中小河流的总入湖径流量为1,924亿立方米,平均含沙量0.211公斤/立方米,年入湖泥沙量4,059.3万吨。由此可见,长江是洞庭湖的主要泥沙来源,它与洞庭湖水系的入湖径流量大约是2:3,而入湖泥沙量则为4:1。

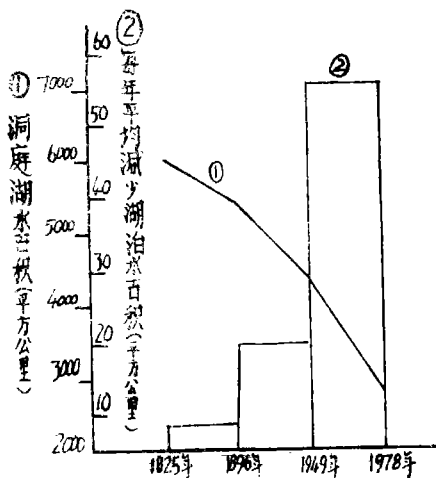


图2 洞庭湖水面积变化过程

(二) 泥沙入多出少,洞庭湖的淤积日趋严重。洞庭湖虽为“吞吐型”湖泊,但因湖面宽阔,地形平缓,水流速度甚小,水中泥沙迅速下沉而留于湖内。据测定,多年平均入湖泥沙量20,532.3万吨,从城陵矶输入长江的泥沙多年平均仅为5,289万吨。两者之比约4:1,即平均每年留于湖内的泥沙为15,243.3万吨,平均每年约减少湖内容积1.0亿立方米左右,致使洞庭湖水面和容积日趋

缩小,导致蓄洪及调节性能大大降低(图2)。

(三) 澧水的河流含沙量居洞庭湖四水之冠。入湖的多年平均径流量与流域面积大小

相适应，湘水最多，沅水次之，澧水最少；河流输沙量以沅水最多，湘水次之，资水最少；但从年平均含沙量、土壤侵蚀强度来看，澧水流域居四水之冠，年平均含沙量0.43公斤/立方米，沅水为0.23公斤/立方米，湘水0.17公斤/立方米，资水因受中游柘溪水库的拦蓄影响，仅为0.11公斤/立方米。虽然澧水含沙量大，但仍不及长江入湖含沙量的1/3。

(四) 土壤侵蚀强度与土壤、暴雨、植被的地区分布规律相似。各地河流每平方公里流域面积的多年平均输沙量（土壤侵蚀强度），除沅水上游的巫水、渠水、清水江、沅水等支流小于100吨/平方公里以外，其他各地多数在100—400吨/平方公里之间（图3）。井头江水文站达到754.4吨/平方公里，居全省实测值首位。从地区分布来看，与土壤、暴雨、植被分布关系很大。

1. 黄壤土区的侵蚀强度大于红壤土区。不同土壤的抗冲蚀性能是不同的。雪峰山以东的湘水、资水流域的广大丘陵、盆地，广泛分布着红壤，约占全省土地总面积的1/3，成土母质为石灰岩、第四纪红土、风化花岗岩、板页岩、砂岩等，土壤侵蚀强度一般为每平方公里150—200吨。约占全省土地总面积1/5的黄壤土区，主要分布在雪峰山和武陵山区，土壤侵蚀强度一般在150—400吨/平方公里之间，成土母质为紫色页岩、紫色砂岩组成的紫色土，集中分布在衡阳、祁阳盆地和沅水河谷。这种土壤的抗侵蚀能力差，水土流失也较严重，土壤侵蚀强度约为150—250吨/平方公里。花岗岩分布区，由于风化严重，是我省土壤侵蚀的高值区。宁乡县的沅沙河，沅江上游的桂东县寨前站，实测的多年平均土壤侵蚀强度在500吨/平方公里上下，井头江站多年平均为754.4吨/平方公里，而1970年高达1,710吨/平方公里，与黄河的多年平均侵蚀强度相等。

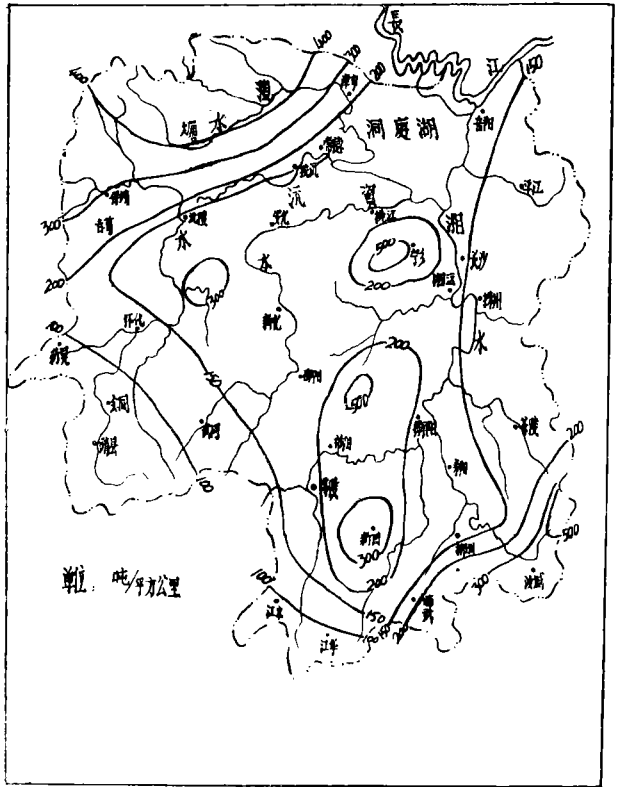


图3 湖南省河流多年平均输沙强度等值线图

2. 土壤侵蚀强度与暴雨分布大致相符。暴雨是土壤侵蚀的动力因子。在相同的土壤、地形、植被的条件下，土壤侵蚀强度与暴雨强度息息相关。湘西北是我省主要暴雨区之一，24小时的平均暴雨量为120—150毫米，相应土壤侵蚀量在400吨/平方公里上下。流砂河流域的严重侵蚀，与它处于资水中下游暴雨区的频繁暴雨有关。

3. 森林植被是保护土壤、减轻土壤侵蚀的有效措施。从湖南省河流单位面积上的输沙量等值线图可以看出，低值区（约100吨/平方公里）正是森林茂密、植被好的湘西南

地区的会同县、绥宁县及湘南的江华县林区。

三、近30多年来河流泥沙的变化趋势

建国30多年来，在洞庭湖水系的各个流域上，大兴水利，扩大耕地，筑路开矿，造林绿化与森林砍伐。由于在流域内的地形、水文、植被等自然地理条件均有了改变，径流与泥沙也必然引起变化。

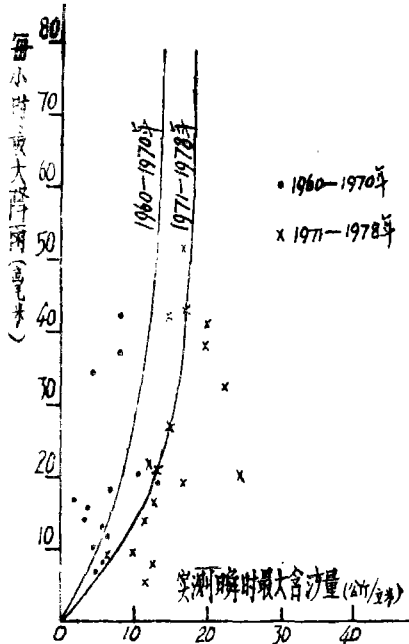


图4 井头江站雨力与瞬时含沙量关系

统计分析（按 $Q_m \geq 50$ 秒立方米统计），洪量与沙量的数学关系式为：

前期：

$$W_s = 0.003175 W_t - 0.54$$

后期：

$$W_s = 0.005831 W_t - 1.11$$

单位：万吨，万立方米。

据上式推算，在相同的洪量情况下，后期比前期的洪水含沙量增大60—80%

（三）从年径流量与年输沙量关系来看：由图5可见，前期的年平均径流模数、年平均输沙量模数分别为1.055及0.917，后期则分别为0.953及1.073。这就是说，后期较前期的年径流量平均减少了9.9%，而输沙量却增加了29.5%。

（四）从历年泥沙粒径来看：后期比前期仅在粒径 $d > 0.5$ 毫米以上的含量略有增长。

河流某一时段输沙量的增减不能真实反映河流含沙量的变化。判别某一河段因自然地理条件（尤其是流域下垫因素）的变异而引起的河流泥沙量的变化，只能以相同的降雨径流条件为基础，研究含沙量的变化过程及其有关特征的反映（如径流与沙量关系，泥沙颗粒组成等）。现以武水井头江泥沙观测站1964—1980年的资料为例，分析1964—1970年（称前期）及1971—1980年（称后期）河流泥沙的变化趋势。

（一）从雨力与瞬时最大含沙量的关系来看：在相同的雨力（即降雨强度）情况下，后期实测的瞬时最大含沙量比前期明显增加（图4），且1977年4月出现了湖南省实测的最大值（40.5公斤/平方公里）。若按图4的平均值计，当1小时降雨为30毫米时，后期比前期的瞬时最大含沙量约增加46.3%。

（二）从洪水量与洪水期输沙量的关系来看：据前期的26次洪水及后期的42次洪水的统计

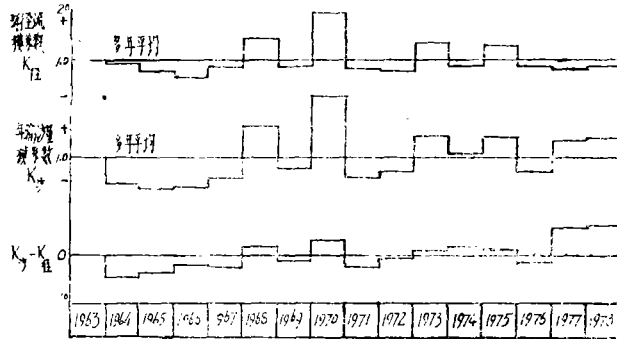


图5 井头江站历年径流、输沙量模系数变化过程

综合上述分析，井头江站在近10年来的河流泥沙是显著增长了。类似于井头江站的同样分析方法，我们选择了资料系列较长（15—30年）、受上游水库拦沙影响较小的31个泥沙观测站共656个站年资料，进行前期（五十年代）、中期（六十年代）、后期（七十年代）的对比分析。从年径流量与年输沙量关系来看，其中有10个站的前（中）后期基本正常，含沙量有明显下降的7个站，其他14个站则有较大或明显增加。近30多年来，河流泥沙增加速度最快的是宁乡县的乌江流域石坝子测站（图6）。在相同的年径流量或洪量情况下，年输沙量及洪水期输沙量，六十年代比五十年代分别平均增加70.8%及16.7—94.2%；七十年代比五十年代均增加了1.7—1.8倍。

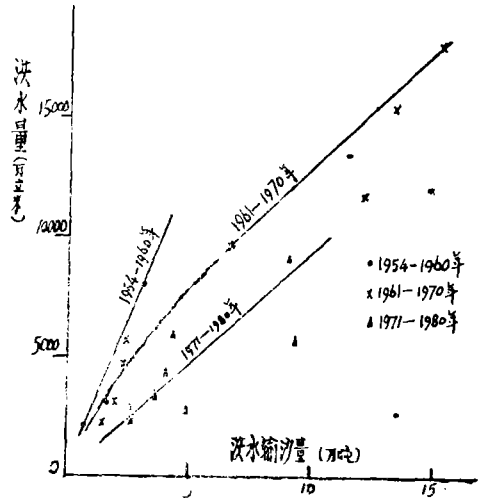


图6 石坝子站洪水量与输沙量关系

河流含沙量的增长，给国民经济的发展及生态平衡带来了很大的影响，主要表现在：

（一）土壤侵蚀量增长，表土和有机质大量流失，影响了农业生产的持续发展。宁乡县水土流失比较严重。近几年来，平均每年施用化肥12.9万吨，而据10个流失区的调查分析，全县平均每年约流失有机质17万吨，全氮、磷、钾总量14.5万吨（相当于化肥29.05万吨）。这就是说，流失的肥料远远超过化肥施用量。因此，严重流失区的地力日趋衰竭，农业生产受到了很大影响。

（二）加剧了河道、水库、圉堰的淤塞，洞庭湖受到了严重威胁。解放初期，全省河道通航里程达1.6万公里，现仅0.5万公里，虽然有水工建筑物碍航，陆上交通迅速发展等因素，但河流泥沙淤塞，河床抬高亦是重要原因之一。水库淤积更是十分严重。据

宁乡县289座大、中、小型水库调查，其中2/3的水库已有明显淤积，近1/7的水库严重淤积，影响水库的正常运行和效益的发挥。洞庭湖由于围垦和泥沙淤积，水面逐年减少，已由全国第一大淡水湖退居鄱阳湖之后。渔业产量下降，洪水威胁日益加剧。

(三) 自然灾害频繁，灾情加重。由于植被的破坏，河流泥沙的增加，不少泉井干涸，河流枯水期流量减少，湖区排渍负担加重，因此旱情有所增加。同时，每遇大雨，河道因淤塞降低了泄洪能力，加剧了洪水灾情。澧水流域的桑植县由于水土流失严重，1980年5—8月暴雨9次，总降雨量1,398毫米，其中日最大降雨333毫米，结果洪水、泥沙倾泻，全县水淹和沙压农田达34.67万亩，并冲毁部分水库、河坝、电站、桥梁、公路，造成人民生命财产的重大损失。

湖南省14个测站（尤其是井头江和石坝子）河流泥沙的增长，追溯其原因，可概括为自然地理变化与人类活动影响两个方面的因素：

(一) 自然地理方面的因素为土壤侵蚀创造了条件。以武水及乌江为例，多年平均降雨在1,200—1,400毫米之间，24小时平均暴雨100—120毫米，气温的日较差及极端气温变化较大，土壤侵蚀的动力条件是充裕的：土层较薄，成土母质均为风化花岗岩、红砂（砾）岩、第四纪红土，土壤本身的抗侵蚀的能力差，加上山丘区地形陡峻，水系发育，沟壑纵横，有利于泥沙的冲刷与搬运。因此，自然地理因素为土壤侵蚀的加剧，河流含沙量的增长提供了有利条件。

(二) 人类活动加剧了水土流失。从全省的情况来看，主要表现在以下几个方面：

1. 滥伐森林，植被覆盖减少，破坏了地表的保护层，径流加大，流失加剧。据衡阳水土保持站测定：长有中龄马尾松林地，当郁闭度为50%时，在中小雨的情况下，径流量与泥沙量分别仅为长有草本荒地的1/14及1/10。

2. 陡坡开荒，刀耕火种，水土流失惊人。据衡山县测定，陡坡荒地的流失量较大，但在陡坡上全垦的“挂牌土”（无地埂的旱土）增加流失量0.5—1.0倍。

安化县过去是山青水秀的“林乡”“茶乡”，由于曾片面强调以粮为纲，从五十年代的中后期起，在山丘坡地扩大耕地60万亩，相当于现有总耕地面积的3/4。该县正处于资水中下游的暴雨中心，年土壤流失量达300万吨/平方公里。据测定，毁林开荒、刀耕火种的表土流失量比森林覆盖地大149倍。

3. 农田基本建设、筑路、开矿的废土、废渣、尾沙等，未能妥善处理，雨后水蚀、冲刷、崩塌，泥沙被挟带入河。

在上述诸项中，乱砍滥伐、毁林开荒、植被破坏是流失加剧、河流含沙量增加的主要原因。以乌江为例，五十年代初期，在历史上保留下来的天然林的基础上，又营造了大量水土保持林，使流域的植被覆盖率达到了40%，并在其它水土保持工程措施的配合下，使水土流失面积减少了50%，河流平均含沙量仅为0.557公斤/立方米。五十年代末至六十年代初，天然老林砍光，六十年代中后期又将新造的水土保持林破坏，七十年代又大挖（树蔸）大锄（草皮）大垦（荒坡），流域内现存覆盖率下降到25%左右，加上原有水土保持工程失效，流失面积超过了解放初期。结果河流平均含沙量：六十年代为1.126公斤/立方米，七十年代上升到1.769公斤/立方米。武水流域的情况也与乌江类似。据有关部门调查，流域内的大云山区，1957年的植被覆盖率在75%以上，木材储积

量达25万立方米之多。时至1976年，植被覆盖率仅为28.6%，幸存者 是幼林，长势低劣，每遇大雨，水无藏所，土无保护，泥沙俱下。

四、水库拦沙效果分析

从减少下游河道泥沙来源的角度来看，在上游流域可采取生物措施和水库拦沙措施，前者是治本，后者是治标。

据水库下游泥沙观测站的资料分析，在相同的月平均流量情况下，建库后的河流含沙量一般可减少40—80%（图7、图8）。水库拦沙效果与水库容积、水库调度运用方

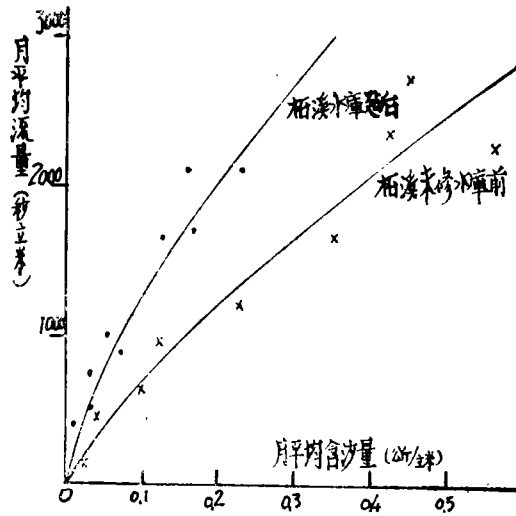


图7 桃江站月平均流量与月平均含沙量关系

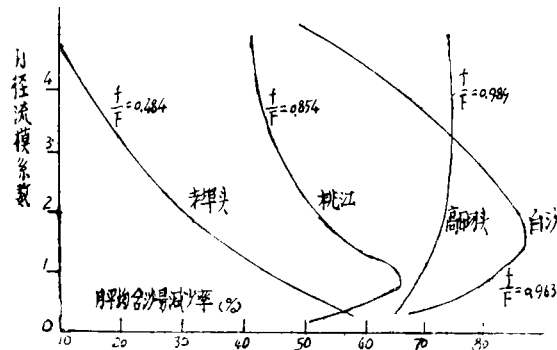


图8 双牌、柘溪、凤滩、欧阳海水库下游站老埠头、桃江、高阳峡、白沙站含沙量下降情况

式及水库控制流域面积(f)与下游泥沙观测站控制流域面积(F)的比值($\frac{f}{F}$)有关。若将水库修建后下游站的实测泥沙资料按建库前天然状态的径流泥沙关系进行还原计算,即可推算出建库后的拦沙效果。

由图8可知,水库对下游河道的拦沙效果大约为30—60%。据湖南省已建成的1.2万座大、中、小型水库资料的初步推算,设计总库容已达190.8亿立方米,水库控制流域面积约9.0万平方公里,水库的年平均拦沙量(或称淤积量)可达686万吨,相当于洞庭湖水系年输沙量的1/6,相当于洞庭湖的总入湖沙量(包括长江分流)的3.3%。

在看到水库对下游的拦沙效果的同时,也应看到利用水库工程拦沙,不仅工程费昂贵,而且泥沙入库后,减少水库使用年限,缩短水库寿命,对库末上游河道的淤积和回水顶托不利。井头江站以下20公里至牛形山水库末端的河道,曾布设了14个固定的河道断面测量,连续进行5年对比观测的结果表明,该河段共淤积泥沙18.5万立方米(约合27.75万吨),接近于井头江站同期实测输沙量,使河床平均淤高0.15米,加剧了洪水危害。

综合上述,洞庭湖水系的河流含沙量虽然较小,但由于径流丰沛,年输沙量及土壤侵蚀量仍是较大的(平均大于淮河流域,个别极值已接近黄河)。特别是近30年来,由于滥伐乱垦,陡坡开荒,植被遭到严重破坏,致使全流域内近半数的测沙河段的含沙量有了较大或显著的增长。河流泥沙量的增加,给工农业生产及生态系统带来了严重影响。虽然水库工程对减轻下游河道及洞庭湖的淤积有一定作用,但从长远来看,唯有采取生物措施并结合水土保持工程措施,才是有效抑制土壤侵蚀,减少河流泥沙的根本途径。

A PRELIMINARY STUDY ON RIVER SILT CARRYING CAPACITY FOR WATER-SYSTEM OF DONGTING LAKE

Wang Tiesheng

(The Hun. n Provincial Department of Irrigation)

Abstract

Annual average of river silt carrying capacity for the water system of Dongting lake is about 40.593 million ton. The water area of Dongting lake is cutting down gradually because of serious deposit. Nowadays Dongting lake, the largest freshwater lake of our country is taking the second place, that is at the back of Poyang lake in order of size. The trend of change for the river silt carrying capacity is rising steadily. In the seventies its amount is almost double that of fifties. The comprehensive harnessing of small watershed is a fundamental measure of controlling the river silt carrying capacity.