

# 大化水电站二期导流工程导流明渠泥沙运动与冲淤

## Sediment Sluicing & Sediment Motion for Construction Diversion of Second Stage on the Dahua Hydropower Station

王 涛

Wang Tao

(广西水电工程局 广西南宁市明秀路1号 530001)

(Guangxi Hydroelectric Construction Bureau, 1 Mingxiu Road, Nanning, Guangxi, 530001)

**摘要** 大化水电站二期导流工程截流前,导流明渠基本堵塞,靠人力及机械清淤无法按时实现截流。经过分析研究,采用主河槽预抛方案提高上游水位,使导流明渠水流速由1.0 m/s 逐渐增大到3.25 m/s,在17天内冲走25.2万 $m^3$ 淤积泥沙,实现了按计划截流。

**关键词** 大化水电站 起动流速 导流明渠 泥沙运动 冲淤

**Abstract** The amount of sediment in the diversion channel of Dahua hydropower station reached 252 000  $m^3$  which almost blocked up the channel before the second stage of river-damming of diversion construction. Clearing away the sediment by manpower and machine could not realize the river-damming in a planned way. The employ of throw stones in advance to main river led scheme raised the water level of upper reaches and increased the waterflow velocity of diversion channel from 1.0 m/s to 3.25 m/s, which resulted in the sluicing away of 252 000  $m^3$  sediment within 17 days. Thus damming the river was achieved in a planned way.

**Key words** Dahua hydropower station, incipient velocity, diversion channel, sediment motion, sluicing sediment.

### 1 概况

广西红水河水深流急,流量大,流量变差与水位变幅都很大。同时,红水河含泥沙量较大,平均含砂量 $0.76 \text{ kg}/m^3$ ,最大含砂量 $8.96 \text{ kg}/m^3$ ,年平均输砂量4 590万t,百分之九十以上集中在5~9月,由于输砂量大,给导流工程带来了人力和机械设备所无法解决的困难。

大化水电站厂房上游进水渠长370 m,底宽60~120 m,底部为复式断面,高程118~120 m,底坡为0;下游尾水渠宽60~110 m底部高程115 m,底坡为0.1980年9月厂房上下游淤积量已达25.2万 $m^3$ ,淤深2~16 m,严重影响1980年11月按工程进度进行

截流。经过分析研究,采取提高预抛高程,壅高上游水位,增大渠道流速,利用水流自然“拉淤”,收到了“水落石出”的明显效果,实现了按计划截流。

### 2 二期导截流流道淤积

#### 2.1 红水河泥沙特性

历年红水河沙的细度模数均在1.17~2.36范围,最大细度模数2.36,最小细度模数1.17,见图1。

#### 2.2 泥沙的沉降与淤积

粒径为 $D$ 的泥沙在静水中因受重力 $W$ 的作用而下沉:

$$W = (\rho_s - \gamma) \frac{\pi D^3}{6}$$

在下沉的过程中,要受到水流的阻力 $F$ :

1994-04-08 收稿。

1994-08-03 修回。

$$F = C_D \frac{\pi D^2}{4} \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

其中:  $v$ ——泥沙颗粒的运动速度

$C_D$ ——阻力系数

$r_s$ ——泥沙的容量

$\gamma$ ——水的容量

在下沉的开始,球体的运动速度较小,重力大于阻力,圆球以加速度前进,球体所承受的阻力在行进中不断加大,经过一定距离以后,阻力大到和重力相等,此后球体即以等速运动向下沉降,所谓物体的沉速,一般都是指达到等速运动以后的下沉速度。

泥沙在水流中能否稳定下沉与水流的雷诺数有

表1 引水渠水流雷诺数特性

Table 1 Characteristics of waterflow Reynolds' number of inlet channel

测次 Replicates	施测 Determination		水位 (m) Water level	流量 (m <sup>3</sup> /s) Flow	平均流速 (m <sup>3</sup> /s) Mean velocity	R	雷诺数 $R_s = VR/r$
	月 Month	日 Date					
1	4	26	123.56	244	1.45	3.6	398
2	5	13	130.85	777	0.99	7.3	552
3	5	17	124.09	469	1.58	3.9	470
4	5	19	122.02	214	1.79	2.8	382
5	5	21	132.8	720	0.94	8.2	588
6	5	24	127.79	586	1.23	5.6	526
7	5	29	130.31	666	1.03	7.0	550
8	6	4	126.11	513	1.34	4.9	501
9	6	25	132.24	619	0.71	8.0	434
10	7	31	134.1	595	0.93	9.0	639
11	8	4	134.63	659	0.90	9.2	632
12	8	7	135.5	614	0.83	9.6	608
13	8	9	132.63	659	1.14	8.15	709
14	8	2	136.07	635	0.99	9.9	748
15	8	28	135.81	606	0.95	9.65	700
16	8	29	135.23	648	0.95	9.4	682
17	8	30	135.01	602	1.07	9.25	756
18	9	6	135.29	694	1.12	9.4	804
19	9	8	133.01	597	1.30	8.3	824
20	9	9	132.55	603	1.39	8.2	864
21	9	13	132.77	566	1.27	8.2	795
22	9	16	129.3	594	1.73	6.5	858
23	9	17	128.43	578	1.82	6.0	834
24	9	19	126.95	683	1.88	5.3	761
25	9	24	125.12	871	2.36	4.4	792
26	9	26	130.3	710	0.98	7.0	523
27	10	3	125.79	949	2.35	4.6	825
28	10	7	129.7	937	1.59	6.6	801
29	10	17	126.78	1010	2.27	5.2	901

1. 本表中的流量为引水渠的实测分流量,仅为天然河道流量的一部分。

2. 其余均为该流量的对应数值。

3. 水流运动的粘滞系数 $\gamma$ 取用 0.0131 (cm<sup>2</sup>/s)

很大关系,当雷诺数小于 0.1 时,具有一定圆度的沙粒不论什么样的起始方位开始下沉都能保持已有方位稳定下沉,在高雷诺数时,颗粒摆动打转,不能保持固定方位下沉,在中等雷诺数时,颗粒常摆动,直到最大断面面积与沉降方向垂直为止。斯特林厄姆等人在不同粘度的流体中进行了沉降试验,试验表明扁球体沙粒在试验的雷诺数范围(10~10<sup>5</sup>)内都能稳定下沉,仅个别扁球打滚成轻微摆动,当雷诺数  $R_s < 400$ ,沙粒稳定下沉; $R_s = 400 \sim 800$  范围内沙粒下沉时在一垂直平面内摆动; $R_s > 800$  时更增加了水平方向的摆动下沉。

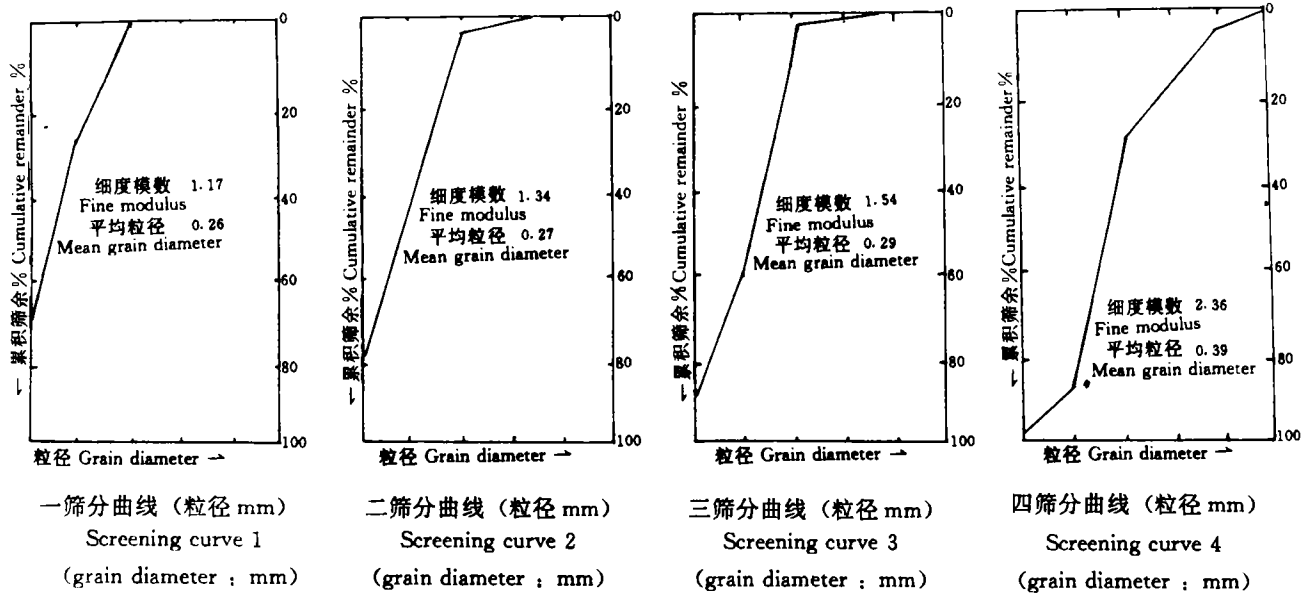


图1 红水河沙筛分曲线  
Fig 1 Screening curves of sands from Hongshui river

大化水电站于1979年~1980年枯水期,二期导流所需的引水渠、厂房及尾水渠施工都已达到截流所要求的工程面貌。引水渠、厂房及尾水渠形成了一条畅通的流道,具备了截流条件。但根据1980年4月26日~9月6日,18次测试其雷诺数最低398,最高804,渠内流速又小于泥沙颗粒的起动流速,逐渐沉积大量泥沙(见表1)。

对于天然泥沙来说,若能测量出它们的长、中、短三轴直径  $a, b, c$  则同样可以通过实验建立起些直径的比值与沉速  $v$  之间的关系。吉良八部(日)曾进行了大量试验得如下关系式:

$$V_{\pi} = 15 (a/c)^{-\frac{1}{3}} (a b c)^{1/6} \quad (2)$$

吉良八部以瘦长度  $a/c$  代表颗粒形状;以

$$D = (6 a b c / \pi)^{1/3} \quad (3)$$

代表颗粒的有效直径,这一直径与同体积球体的直径十分接近。

按(1)式计算泥沙的沉速需要量出泥沙颗粒的长、中、短三轴直径  $a, b, c$  有很多不变之处。国内外的学者同试图建立球体的沉速公式一样,也有不少研究工作者对泥沙沉速的数学表达式进行了研究,鲁比和武汉水利电力大学已得到如下的沉速公式:

$$V_{\pi} = -4 \frac{k_2}{k_1} \frac{V}{D} + \sqrt{\left(4 \frac{K_2}{K_1} \frac{V}{D}\right)^2 + \frac{4}{3K_1} \frac{r_1 - r}{r} g D} \quad (4)$$

式中:  $V_{\pi}$  —— 泥沙颗粒的沉降速度 (cm/s)  
 $g$  —— 重力加速度 981 cm/s<sup>2</sup>  
 $D$  —— 泥沙颗粒有效直径 (cm)  
 $v$  —— 水的运动粘系数  $k_1, k_2$  (cm<sup>2</sup>/s)

根据红水河沙筛分曲线第1~4组成果,取平均粒径的平均值计算取:

$$\begin{aligned} D &= 0.0302 \text{ cm} \\ V &= 0.11 \text{ cm}^2/\text{s}, \quad r_1 = 2.65 \\ g &= 981 \text{ cm/s}^2, \quad r = 1.0 \end{aligned}$$

选鲁比系数:  $k_1 = 2, k_2 = 3$

代入(4)式得:  $V_{\pi} = 0.74 \text{ cm/s}$

红水河泥沙粒径按温特沃思分类并参照红河沙筛分曲线,选取最大粒径为4 mm,代入(3)式得:

$$V_{\pi} = 19.19 \text{ cm/s}$$

上述计算未计泥沙的絮团影响得红水河大化水电站坝址地区泥沙平均粒径的沉速为0.74 cm/s,最大粒径的沉速为19.19 cm/s。

厂房上下游围堰折除后上游引水渠可淤积面积1.35万m<sup>2</sup>,厂房内可淤面积0.85万m<sup>2</sup>,尾水渠可淤面积2.3万m<sup>2</sup>,总计可淤面积4.5万m<sup>2</sup>。在天然分流条件下,上述部位泥沙以0.74 cm/s~19.19 cm/s沉降淤积着。于1980年7月下旬及9月上旬二次用回声测深仪对二期导截流流道进行测量,情况见表2。淤积情况严重,二期导截流流道堵塞已成为1980年10月下旬能否按时截流的控制因素。

### 3 清淤与冲淤

#### 3.1 机械清淤

3.1.1 气动泵：是70年代由意大利引进的新技术，1艘气动泵挖泥船配3艘40 m<sup>3</sup>开底船在上游引水渠清淤估计最高月产量10 000 m<sup>3</sup>。

表2 导流渠道实测淤积情况

Table 2 On the spot determined sediment of the diversion channel

项目 Entry	1980年7月下旬 Late July, 1980		1980年9月初 Early Sept., 1980	
	累计淤积 Cumulative sediment (m <sup>3</sup> )	最大厚度 Maximum thickness (m)	累计淤积 Cumulative sediment (m <sup>3</sup> )	最大厚度 Maximum thickness (m)
上游引水渠 Diversion cannal	62 816	7.1	108 683	10.6
下游尾水渠 Tailrace	97 666	8.0	143 407	16.0
合计 Total	160 482		252 090	

3.1.2 喷射泵与液压式吸泥船：是从广东及外省引进的新设备，喷射泵最大作业水深7.5 m；液压绞吸式挖泥船不适用于深水作业，为满足1980年10月下旬截流，喷射泵、液压式吸泥船汛期清淤是无法满足要求的。

3.1.3 虹吸管：1980年的第3季度投产了虹吸管3套和气动泵1台，最高月产量30 000 m<sup>3</sup>。但红水河汛期含沙量大，引水渠厂房、尾水渠道水流雷诺数低，处于层流流态泥最佳沉积条件，将是一边清理，一边淤积，靠目前的机械设备方法是无法实现1980年10月下旬截流的。

#### 3.2 增大流道流速

水流所能提供的能量来自水流势能，在二期导截流流道内，单位时间的水流所能提供的势能为：

$$PE = QgJ[\rho + S^0(\rho + Sv(\rho_s - \rho))] \quad (5)$$

式中：Q——二期截流流道分流量 (m<sup>3</sup>/s)

g——重力加速度

J——水面坡降

$\rho$ ——水的密度

$\rho_s$ ——泥沙的密度

Sv——垂线平均含沙量

3.2.1 泥沙的受力情况：当水流经过淤积的二期导截流流道时，流道内的沙粒将承受拖曳力和举力，对

于很细的颗粒来说，抗拒水流作用的力，除了泥沙的重力以外，还有相邻颗粒之间的粘结力，当大量泥沙以推移的形式运动时，由于推移质之间存在粒间离散力，这一部分离散力将最终以压力的形式作用在床面沙粒上，当上下游存在明显的水位差，渗流现象显著时，流道泥沙颗粒还要承受渗透压力的作用。

当水流经过渠道底面时，由于泥沙颗粒表面粗糙不平，水流和泥沙表面相接触后将会摩擦而产生摩擦力  $F_1$ ，因为只有一部分沙粒表面直接和水流相接触，摩擦力  $F_1$  并不通过颗粒重心，方向则与水流方向相同，见图2。

在沙粒雷诺数 ( $V_* D/r$ ，其中  $V_*$  为摩阻流速， $D$  为泥沙粒径) 小于3.5时，床面摩擦力是主要的作用力，但当沙粒雷诺数大于3.5以后，颗粒顶部的流线将会发生分离。在颗粒背水面产生涡流，因而在颗粒前后产生了压力差，造成形状阻力  $F_2$ ，如沙粒接近球体，出形状阻力  $F_2$  通过沙粒重心， $F_1$  和  $F_2$  的合力用  $F_D$  表示为拖曳力。

在水流流动时，颗粒顶部和底部的流速不同，前者为水流的运动速度，后者则为颗粒间渗透水的流动速度，比水流的速度小的多，根据伯努里定律，顶部流速高，压力小，局部流速低，压力高，这样所造成的压力差产生了上举力  $F_L$ ，方向朝上，对接近球体的沙粒来说，通过颗粒重心。

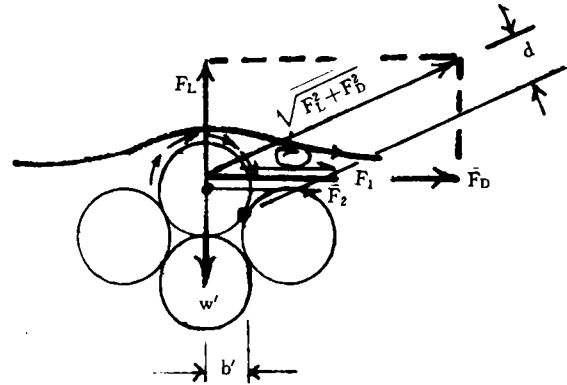


图2 作用在渠面泥沙颗粒上的拖曳力与上举力

Fig 2 The dragging and lifting forces acted on the silt grains of channel surface

如大化水电站二期导截流流道为泥沙颗粒组成的情况下，由于每一泥沙颗粒与邻近的沙粒只是在有限的几点发生接触，所以一部分水流会在颗粒底P绕流流过，从而减少了渠道面上沙粒的上举力，尽管如此，但从上述分析，在一般所遇的水流条件下，作用在渠道底淤积沙粒上的上举力应当是不小的。拖曳力  $F_D$  及上举力  $F_L$  的一般表达形式如下：

Guangxi Sciences, Vol. 2 No. 2, May 1995

$$F_D = C_D A \frac{\rho V_0^2}{2} \quad (6)$$

$$F_L = C_L A \frac{\rho V_0^2}{2} \quad (7)$$

其中  $C_D$  及  $C_L$  分别为阻力系数及上举力系数,  $V_0$  为作用在渠面淤积沙粒的流速,  $A$  为沙粒的侧面积。阻力系数及上举力系数与渠道面淤沙颗粒周围的绕流流态有关, 其具体数值又随  $V_0$  的确定方法的不同而异, 目前国内外在这方面有不少实验研究其主要成

果见表 3。

在表 3 列举的公式中, 拖曳力和上举力的表达式除了系数有所不同外, 并没有其他什么差别, 而这样的系数在泥沙起动公式的推导中, 往往和其他系数合并成为一个综合系数, 所以, 只要这个系数是根据实验资料精确确定的, 则在水流作用的表达方式中, 究竟采用拖曳力还是上举力, 还是同时引进二种力, 在很多情况下并不是一个实质性的问题。

表 3 作用在渠面泥沙颗粒上的拖曳力及上举力的主要试验成果

Table 3 Relationship between the resistance coefficient and Reynolds' number of the silt grams on riverbed surface

研究者	试验方法	粒径范围 (mm)	沙粒雷诺数范围	$V_0$ 的确定方法	主要试验成果
杰 缅季夫 及伊古阿 扎洛夫	气流作用在两个直径为 $D$ , 间距为 $L$ 的圆球	—	—	距床面为 $D/2$ 处的流速	上举力系数可以大到 0.88 左右。随着 $L$ 的增大, $C_L$ 急剧下降, 甚至出现负值。在 $L/D > 0.13$ 以后, $C_L$ 又逐渐回升。 $L/D > 0.15$ 以后, $C_L$ 趋近于一个常数 0.20, $C_L/CD$ 趋近于一个常数 0.25
D. H 陈及 克莱德	水流作用在密集排列的, 直径为 305 mm 的半球	305	35, 800~63, 200	距圆球顶面以下 0.15 $D$ 处为理论渠面 $V_0$ 。取横断面平均流速。	上举力及拖曳力的频率分布均遵循正常误差定律, $\delta_L/\bar{F}_L = 0.18$ ; $\delta_L/\bar{F}_D = 0.4 \sim 0.8$ (与水深有关)
切皮耳	气球作用在半圆球上, 半球成六角形排列, 球心与球心距离为 3 倍直径	3~102	16~13, 680		上举力与拖曳力的比值的范围变化为 0.53~1.32, 平均为 0.83; $C_L = 0.068$
科尔曼	水流作用在一个突出在密集排列的圆球床上的孤立圆球	13 0.6~20	10~1, 500 6.5~1, 500	距圆球床顶面以上 0.5 $D$ 处的流速。	阻力系数与雷诺数 $V_0 D/\gamma$ 的关系与圆球自由沉降时阻力系数与 $\omega D/\gamma$ 关系并无不同见表 3 上举力与泥沙水下重量的比值 $K$ 与沙粒雷诺数的关系详图 4
加德及塞 瑟拉曼	球在静止水体中沿斜面滚动	—	—	同上	阻力系数较圆球自由沉降时的阻力系数为大, 详见图 3
沃特斯及 拉奥	油作用在按 4 种不同方式排列的圆球, 排列图形详见图	以 95.5 mm 的圆球模拟水流中 0.5 mm 的泥沙	15~100	采用摩阻流速 $V$	阻力系数与沙粒雷诺数的关系因圆球位置不同而异详见图 5
武汉水利 电力大学 泥沙研究 室	水流作用在按不同方式排列的卵石	62×50×39	—	—	上举力及拖曳力属于同一数量级
备 注	$\delta_L$ 及 $\delta_D$ 分别为上举力及拖曳力频率分布的标率偏差; $\bar{F}_L$ 及 $\bar{F}_D$ 分别为上举及拖曳力的时均值。 $\omega$ 在此处代表泥沙颗粒的沉速。				

Reynolds' number of balls

3.2.2 泥沙的起动流速

水的流动对渠底泥沙产生拖曳力  $F_D$  及上举力  $F_L$ , 当水流逐渐加强到超过一定限度以后, 渠面的沙粒开始脱离静止状态而进入运动, 决定这一临界状况的水流条件称为临界条件, 渠底泥沙起动的临界条件为:

$$F_D \geq f(\omega' - F_L) \quad (8)$$

其中:  $f$  为渠底沙粒间的摩擦系数,  $\omega'$  为泥沙在水下的重量。

在实验研究泥沙起动流速时, 因其条件不同分为无粘性均匀沙的起动流速、无粘性非均匀沙的起动流速和新淤粘性沙的起动流速, 大化水电站二期导截流渠道, 引水渠、厂房、尾水渠均属新淤积粘性沙。

泥沙的粘结力是一种作用在渠面泥沙颗粒向下的力, 它加大了泥沙的稳定性, 把重力、拖曳力, 上举力及粘结力统一考虑, 通过力的平衡方程式并加以实验修正得出泥沙颗粒的起动条件即起动拖曳力公式, 具有如下的形式:

$$\bar{\tau}_0 = \frac{1}{77.5} [3.2(\gamma_s - \gamma)D + (\frac{\gamma_b}{\gamma_{bo}})^{10} \frac{K}{D}] \quad (9)$$

其中:  $\gamma_b$  —— 渠面泥沙的容重(考虑空隙在内)。

$\gamma_{bo}$  —— 渠面泥沙达到密实的容重。

$\gamma_{bo} = 1.6 \text{ g/cm}^3$

$K$  —— 常数 ( $K = 2.9 \times 10^{-4} \text{ g/cm}^3$ )

上式的特点是在粘结力一项中考虑了渠面泥沙的相对密实程度, 这从定性上无疑是正确的, 没有考虑水流的粘滞性影响, 这是公式不足之处。

对于新淤粘性土的起动流速问题, 国内曾进行过研究, 得出了适合于大小不同颗粒的统一起动流速: (单位 cm)。

(1) 窦国仁式:

$$\frac{V_c^2}{gD} = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} (6.25 + 41.6 \frac{h}{h_a} + (111 + 740 \frac{h}{h_a}) \frac{h_a \delta}{D_2}) \quad (10)$$

(2) 沙玉清式:

$$V_c = R^{1/5} \sqrt{(1520 \frac{D^{5/3}}{\omega^{4/3}} + 194D)(f \cos \theta - \sin \theta)} \quad (11)$$

(3) 武汉水利电力大学式:

$$V_c = (\frac{h}{D})^{0.14} (17.6 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} D + 0.000000605 \frac{10 + h}{D^{0.72}})^{1/2} \quad (12)$$

(4) 唐存本式:

Guangxi Sciences, Vol. 2 No. 2, May 1995

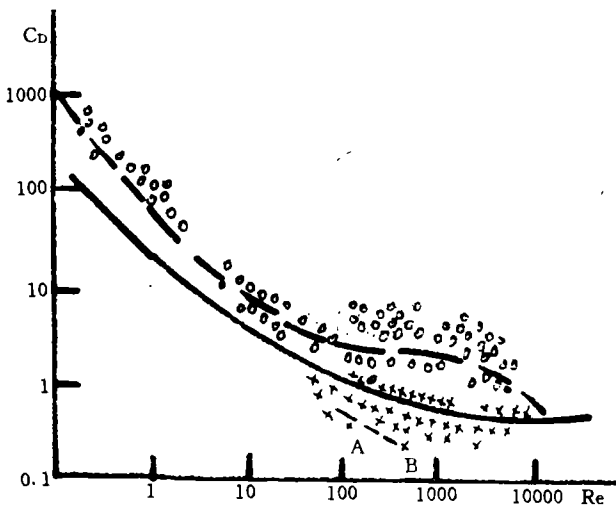


图3 床面泥沙颗粒阻力系数与雷诺数的关系

Fig. 3 Relationship between the resistance coefficient and Reynolds' number of silt grains on riverbed surface

○圆球在静止液体中沿斜面滚动加德试验成果  
×水流作用在突出床面上的圆球, 称尔曼试验成果  
AB 同上, 沃特斯及拉奥试验成果。  
——圆球自由沉降时的阻力系数。

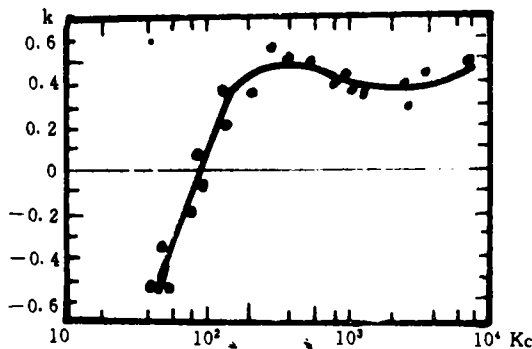


图4 作用在床面密集排列的圆球上的上举力与圆球水下重量的比值  $K$  与雷诺数的关系

Fig. 4 Relationship between the ratio ( $K$ ) of the lifting force acted on the densely-arranged balls on riverbed surface to the weight of balls under water and the Reynolds' number

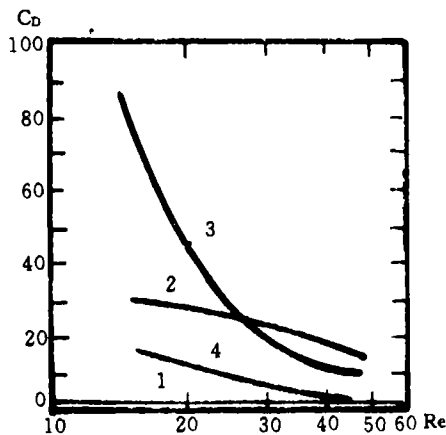


图5 床面处于不同位置的圆球的阻力系数与沙粒雷诺数的关系

Fig. 5 Relationship between the resistance coefficient of balls in different position of riverbed surface and the

$$V_c = \left(\frac{h}{D}\right)^{\frac{1}{m}} \frac{m}{m+1} \left[ 3.2 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} gD + \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_b}\right)^{10} \frac{C}{\rho D} \right]^{1/2} \quad (13)$$

式中:  $h_a$ ——用水柱高度表示的大气压力。

$\delta$ ——水分子厚度 ( $3 \times 10^{-8} \text{cm}$ )

$\omega$ ——泥沙的沉降速度

$f$ ——摩擦系数,  $f = 1.42D^{\frac{1}{2}}$

$\theta$ ——河床倾角

$m$ ——水槽试验资料;  $m = 4.7(h/D)^{0.06}$  对于天然河道:  $m = 6.0$ 。

$C = 2.9 \times 10^{-4} \text{g/cm}$ 。

$\gamma_s$ ——泥沙容重, 选用  $2.65 \text{g/cm}^3$

$\gamma$ ——水的容重。

上述新淤粘性土的起动流速的推导过程中都包含有 2 个以上的待定数, 因此总是可以调整这些系数来设法使公式所代表的曲线能通过实测点群中心, 实际上这些公式都具有半理论、半经验性质, 现按图 1 取最大粒径  $4 \text{mm}$ , 利用第 (13) 式推算其起动流速。

$$V_c = \left(\frac{h}{D}\right)^{\frac{1}{m}} \frac{m}{m+1} \left[ 3.2 \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} gD + \left(\frac{\gamma_b}{\gamma_s}\right)^{10} \frac{C}{\rho D} \right]^{1/2}$$

选用参数:  $m = 6; \gamma_b = 1.26 \text{t/m}^3$

$\gamma_b = 1.6 \text{t/m}^3$

泥沙粒径按温特沃恩分类并参照图 1 取  $4 \text{mm}$ 。

$\rho$ ——水的密度选用  $1.0$

$h$ ——明渠水位——泥沙淤积高程平均值 =  $135.29 - 128 \approx 7.29 \text{m}$

代入上式得:

$$V_c = 136.1665 \text{cm/s} \text{ (取用 } 136 \text{cm/s)}$$

从上述计算中得知渠底最大泥沙颗粒的最大起动流速为  $1.36 \text{m/s}$ , 要想将  $25.2 \text{万 m}^3$  泥沙搬移走

必须依靠势能, 提高上游水位, 增大上下游水位差, 以加大二期导截流流道的流速, 使泥沙颗粒始终处于被冲刷状态。

## 4 结语

(1) 引水渠水流雷诺数在  $398 \sim 901$  之间, 均属层流流态并且是较优的沉降条件。泥沙以每秒  $0.74 \sim 19.19 \text{cm}$  的速度下沉着, 要想使已淤积的泥沙冲移速, 需依靠水流的势能即提高上游水位, 增大二期导截流流道的引水渠、厂房、尾水渠 3 个部位的水流流速, 使流速始终大于起动流速, 这样使淤积泥沙颗粒起动, 未沉积的泥沙无立足之地, 泥沙颗粒始终处于被冲刷移动状态。

(2) 为了保证截流工程按期完成, 在 1980 年汛期在红水流量增大, 水流坡降减小、水势平稳定时, 于 4 月 15 日开始预抛, 经过 5 个月的努力到 9 月中旬总计抛投量为  $16408 \text{m}^3$ 。经过水下地形测量得知预抛高程达  $122.0 \sim 126.0 \text{m}$  间。

(3) 大化水电站二期截流戽堤先进行了平堵, 平堵最高程  $122.0 \text{m}$ , 最高高程  $126.0 \text{m}$ 。从而增大了上下游水位差, 提高了二期导截流流道的分流能力, 使上游引水渠道的平均流速由  $1.0 \text{m/s}$  左右提高到  $2.0 \text{m/s}$  左右, 最大流速达  $3.25 \text{m/s}$ 。为二期导截流流道的引水渠、厂房及尾水渠提供了势能, 其平均流速始终大于泥沙颗粒的最大起动流速  $1.36 \text{m/s}$ , 已淤积的大量泥沙被起动冲刷, 新悬移的泥沙无立足之地, 9 月 6 日水下地形测量最大淤积高程  $126 \sim 130 \text{m}$ , 9 月 21 日检查测量水下地形最大淤积高程下降为  $123.0 \text{m}$ , 9 月 24 日复查发现二期导截流流道淤积近半年的泥沙  $25.2 \text{万 m}^3$ , 在短短的 17 天中已基本冲刷完毕, 利用水流自然“拉淤”收到了“水落石出”的明显效果, 全部二期导截流道畅通无阻, 实现了 1980 年 10 月下旬按计划截流。

[编者按: 本文原稿约 14 千字, 现缩成 7.5 千字。1983 年第 1 期的《大化水电技术》“导截流及过水围堰专号”第 9 页中, 冯大彬教授曾指出: “对于导流流道的淤积, 我们事先确是估计不到的, 而对流道的自然拉淤现象, 开始也毫无认识。只是在实践过程中, 随着上游戽堤水下预抛的进展, 逐渐认识到这一问题。我们对预抛是作了不少试验研究的, 但预抛对抬高上游水位从而增大进水明渠流速的影响, 则在试验研究中被忽略了。从大化的具体情况看, 当明渠断面的平均流速达到  $1.2 \text{m/s}$  时, 就出现明显的拉沙现象, 是否可以认为  $1.2 \text{m/s}$  就是淤积泥沙的启动流速呢? 如果事先认真分析这一情况, 就不会盲目准备一些清淤设备进行无效的劳动了。大化的经验告诉我们, 只要有正确的措施, 泥沙淤积对导截流的影响可以不必考虑。”本文对此问题进行认真的计算和分析从学术理论上对大化水电站二期导流工程进行论证, 本刊欢迎有关专家参与讨论。]

(责任编辑: 莫鼎新、梁积全、邓大玉)