

日喀则地区的丁坝工程设计

班 久¹, 梁 川²

(1. 日喀则地区水利队, 西藏 日喀则 850000; 2 四川大学水电学院, 四川 成都 610065)

摘 要: 日喀则地区大小河流众多, 但多数河流缺乏整治, 使洪灾给日喀则地区农牧业生产造成了重大损失。为了更好地整治河流, 减少水灾隐患, 在分析国内外一些丁坝研究成果的基础上, 通过水工动态模型实验, 对日喀则地区如何更加科学经济地设计好丁坝并应用到江河整治工程进行了探讨。

关键词: 日喀则地区; 丁坝; 设计

中图分类号: U 617; TV 143+ 3

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2000)增-0031-03

日喀则地区境内大小河流众多, 其中较大的有流经仲巴、萨噶、吉隆、昂仁、拉孜、萨迦、谢通门、日喀则、南木林、仁布各市县的雅鲁藏布江(长 368 km 左右)、年楚河(长 217 km)、朋曲河(长 376 km)、下布曲河(长 195 km)、多雄藏布(长 303 km)、香曲河(长 173 km)、柴曲河(长 128 km)、来乌藏布(长 291 km)、加柱藏布(长 99 km)。但是, 由于多数河流缺乏整治, 致使 1998 年该地区发生的大洪水给农牧业生产及人民群众生活带来了不可估量的损失。

河道整治中, 丁坝是广泛采用的整治建筑物。它投资少, 见效快, 其主要作用是束水导沙, 冲刷深槽和挑流护岸。然而, 由于丁坝附近水流结构比较复杂, 给丁坝的设计带来一定难度。为此, 笔者收集了国内外对丁坝的研究成果及经验, 并对如何应用到日喀则地区江河整治设计工作中作了分析探讨。

1 国内外对丁坝的研究

丁坝的种类很多, 按平面形状分为直线形、勾头形、丁字形和曲线形等, 按与河宽的相对尺度分有长丁坝、中长丁坝及短丁坝; 按坝轴线与水流方向的夹角分为上挑丁坝、正挑丁坝、下挑丁坝; 按与水位的关系分为淹没丁坝和非淹没丁坝; 按丁坝结构分为实体丁坝和透水丁坝; 按丁坝材料分为混凝土丁坝、浆砌石丁坝、抛石丁坝、铅丝笼丁坝等。丁坝的整治效果随水流及河床特性不同有着很大差别, 同时, 丁坝部位、方向、间距和高程也必须周密合理考虑, 这就要求对淹没丁坝和非淹没丁坝的水流结构必须有一个全面认识。

国内外采用丁坝整治河道的历史较长, 研究工作也较早、较多。但从收集到的资料看, 大部分成果都是实验室里得出的结论, 如何将其应用到工程设

计中去, 还需要作进一步的探讨。在以往的研究工作中具有一定代表意义的主要有:

(1) 窦国仁等^[1]在 1973 年至 1978 年 6 年间, 对丁坝进行了大量的实验研究, 并根据前人的资料, 把丁坝的坝后区域分为主流和回流两部分, 如图 1 所示。他认为主流区和回流区交界处的紊动交换系数沿回流线不断增大。对主流区运用动量方程和连续性方程, 得出回流计算公式:

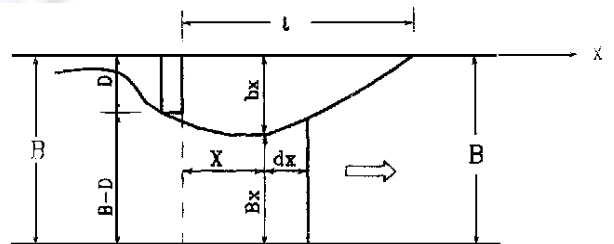


图 1 回流示意图

$$l = \frac{v^2}{1 + \frac{1}{12} \frac{v^2}{gD}} \left(1 + \ln \frac{B}{B-D} \right)$$

式中 l 为正交丁坝回流长度; v 为丁坝上游河道流速; D 为丁坝投影长度; B 为槽宽; i 为均匀流比降; g 为重力加速度。

回流边线的计算公式:

$$b_x = B - B \cdot \exp \left[a_1 \left(1 - \frac{x}{l} \right)^2 + \left(a_2 - \frac{1}{c_0^2 H} \right) \left(1 - \frac{x}{l} \right) - \frac{1}{12} \left(1 - \frac{3x}{2l} + \frac{1}{2} \left(\frac{x}{l} \right)^3 \right) \frac{1}{D} \right]$$

式中 b_x 为正交丁坝回流边线宽度; H 为丁坝坝头断面平均水深; $c_0 = c/\sqrt{g}$, c_0 为无尺度谢才系数, c 为谢才系数。

$$a_1 = 3 \ln \frac{B}{B-D} + \frac{1}{12D}; a_2 = 1 - 3 \ln \frac{B}{B-D} - \frac{1}{12D}$$

(2) 温雷进行了非淹没丁坝挑角对水流影响的

试验研究。在对丁坝回流长度计算中,考虑了挑角对回流的影响,得出回流长度计算公式:

$$l = \frac{D \cdot \left(1 + \ln \frac{BH_2}{(B-D)H_1} \right)}{\frac{D}{C^2 R} + \frac{2}{3} K}$$

$$K = 0.019\theta^{1.956} + 0.122$$

式中 H_1 为坝头水深; H_2 为回流末端水深。

温雷认为: 丁坝的挑角不同,其挑流作用也不一样。上挑丁坝的挑流作用明显要比下挑丁坝大;丁坝投影长度相同,且其它条件均不变化,挑角 $\theta=105$ 左右,丁坝可以具有最好的挑流效果; 矩形薄板丁坝回流长度一般在 10~13 倍的丁坝投影长度范围内。

(3) 程年生、李昌华^[2]通过非淹没丁坝的清水实验,推导出了有边坡的丁坝下游回流长度计算公式:

$$\frac{l}{D} = \frac{\ln \frac{B}{B-D}}{0.07 \frac{D}{B} + 0.09 \frac{D}{c_0 H}} - 10.8m \left(\frac{H}{D} \right)^{1.67}$$

式中 $c_0 = \frac{1}{n} R^{1.6} / \sqrt{g}$; m 为边坡系数。

最大回流宽度计算公式:

$$\frac{b_m}{D} = 2 - \frac{D}{B} - 0.43m \left(\frac{H}{D} \right)^{0.52}$$

(4) 李国斌对淹没丁坝的试验研究得出,丁坝被水淹没后束水作用大大降低,其坝下游回流区随水位不断升高而消失,水流漫过坝顶,在坝后形成跌水,产生横轴螺旋流,坝上游出现局部壅水,坝下游水位明显跌落,并推导出淹没丁坝坝头流速比关系式:

$$K_n = V_m / V_0$$

$$K_n = 2.085(L/B)^{0.151} (D/H)^{0.795}$$

式中 V_m 为丁坝坝头垂线平均流速; V_0 为末束窄水流平均自然流速; L 为坝长; B 为槽宽; D 为坝高; H 为坝前水深。

(5) B. B. 切格恰辽夫^[3]提出了在丁坝淹没程度不大的情况下,沿河宽流量分配的计算关系式:

$$Q_1/Q = \frac{A_1}{A - A_2} + (1.12 - 0.6\alpha) \left(\frac{A_1}{A - A_2} \right)^2$$

式中 Q 为总流量; Q_1 为通过丁坝坝顶的流量; A_1 为经丁坝坝顶的溢流面积; A_2 为丁坝面积在河床横断面上的投影; A 为河槽横断面面积, $A = A_1 + A_2 + A_3$; A_3 为河槽畅通部分面积; α 为丁坝轴线与水流方向之间的夹角。

(6) 黄兴^[4]推导出石笼透水丁坝的横断面面积

$$[A]_{\text{允}} \text{的计算公式: } [A]_{\text{允}} = \frac{KR}{(1-P)LG_f f}$$

式中 K 为安全系数; R 为水流对丁坝的作用力; P 为坝体空隙率; G_f 为块石浮容重; L 为丁坝长度; f 为常数系数。

2 日喀则地区的丁坝设计

日喀则地区河流径流年内分配相差较大,洪峰主要在 7、8 月份,8 月份的径流量占全年的 25%。由于河床坡降比较大,如多雄藏布平均坡度 61.8‰,年楚河干流平均坡降 3.2‰,所以,洪峰流速相对比较大,对丁坝冲刷较严重。因此,在对边坡不稳定的河床设计丁坝时,应尽量减小丁坝对水流的扰动,避免河床急剧下切,引起河势恶变。具体设计中应重点注意下面一些指标的确定:

(1) 丁坝高程: 对无水文测站或难以取得基础数据的河段,设计时可根据洪水痕迹确定丁坝高程。

(2) 丁坝的长度: 根据日本^[5]对 44 条河流,250 条丁坝的不完全调查统计,在 204 条护岸丁坝中,有 142 条坝长在河宽的 10% 以下,其中 83 条坝长在河宽的 5% 以下,这说明护岸丁坝宜短不宜长。日喀则地区多数河床比较宽(有的河段在 120 m 以上),对其中主流不稳定的河流设计丁坝时,设计丁坝长可以取河宽的 10%。

(3) 丁坝的间距: 前苏联阿尔屠宁认为丁坝间距应使其壅水扩展到上一丁坝坝头,以改善上游丁坝流态和流速,并提出在直线河段上丁坝的间距与坝长的关系式,即 $s = 4L \sin \alpha$ 。 α 为挑角 α 的补角, L 为丁坝长。美国的经验是丁坝的掩护长度为坝长的 3~4 倍,建议间距采用 2~6 倍坝长。日本统计资料表明,丁坝间距与长度之比大都在 1~4 之间。具体设计时可在上述经验数据范围内,结合河流特性进行调整确定,如顺直、大流量河流取大值,反之亦然。

(4) 丁坝的护根工程结构: 丁坝的冲刷主要在坝头,大部分丁坝的破坏也是由冲刷造成的。所以,坝头护根工程对坝身安全有着决定性的作用。目前日喀则地区丁坝设计大多采用垂直护基方式,该方式施工难度大,埋深不易确定。笔者认为: 如采用水平护基形式是比较理想的。

(5) 工程布置与坝型选择: 根据国内外丁坝工程护岸的经验,整治工程应在确定河道整治总体布置原则的基础上,统一规划布设,分期实施。

日喀则地区除年楚河以外大部分河流都没有统一规划。对于短时间内无法完成统一规划的河流,设计丁坝时,至少应对护岸段上游和下游各 1 km 长的河段进行河床水流及其它水文地质等情况调查,然后进行布设。

关于丁坝的布设问题,现以两个例子来说明。日

喀则市聂如雄乡是遭受洪灾较严重的乡之一,该段河岸采用丁坝护岸时,可布设成如图2形式。南木林县的香曲河自艾玛岗开发区至雅江入口河段布设丁坝工程可采用图3形式。



图2 雅江聂如雄段丁坝布设示意图

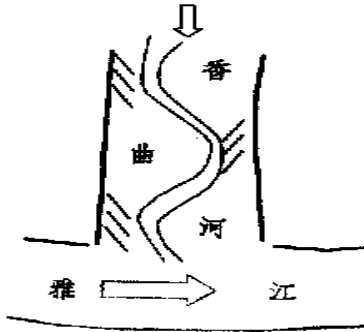


图3 香曲河丁坝布设示意图

本地区大部分丁坝(包括中尼公路段护公路用的丁坝)平面上大多采用三角形的坝型。丁坝运行中,受力和冲刷最大的部位在坝头侧,而三角形坝坝头是结构最薄弱的地方。1998年遭洪水冲坏的丁坝情况也说明了这一点,所以,今后丁坝平面上宜采用矩形坝型。至于丁坝设边坡与否要视具体情况而定。如果重力能够满足稳定要求,可以不设边坡。

(6) 丁坝材料选择: 日喀则地区丁坝有三种,即抛石丁坝、铁丝笼丁坝、浆砌石丁坝。长期运行实践证明,铁丝笼丁坝是比较成功的一种选择方式。

3 计算实例

某一需护岸河道的横断面见图4。拟采用铁丝笼正挑丁坝,设计高程为60.5m,河流最大平均流速 V 为1.2m/s,河宽 $B=120$ m,丁坝设计长10m,丁坝投影长度 $D=L=10$ m。假定为阶梯形断面,边坡系数 $m_1=m_2=0.5$,坝体堆石折算直径 $d=20$ cm,系数 $a=5$, $G_f=15$ kN/m³, $K=1.9$,河床质水下摩擦角 $\varphi=25^\circ$;摩擦系数 $f=\text{tg}\varphi=\text{tg}25^\circ=0.47$,侧收缩系数 $\epsilon=0.8$, $a_{01}=a_{02}=1.0$, $\varphi=0.8$, $p=0.4$, $\gamma=9.8$ kN/m³,试计算丁坝的设计横断面 $A_{\text{设}}$ 。

首先将实际河槽简化成理想河槽,见图5。

$$\text{设计流量 } Q_d = A_d \cdot V_d = B \cdot h \cdot V_d = 288 (\text{m}^3/\text{s})$$

$$\text{丁坝壅水高度 } \Delta Z = \frac{Q_d^2}{2g(\varphi B h)^2} - \frac{V_0^2}{2g} = 0.14 (\text{m})$$

$$H = h + \Delta Z = 2.14 (\text{m})$$

丁坝坝体渗漏量的计算:

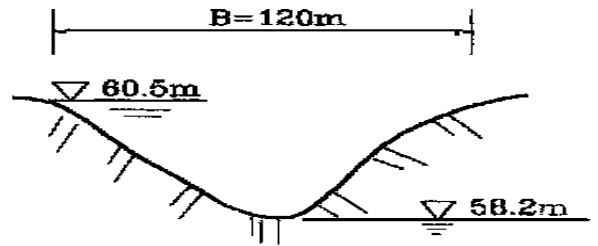


图4 实际河床断面图

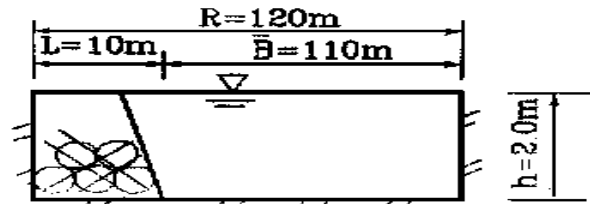


图5 理想河槽断面图

$$i\varphi = \frac{\Delta Z}{(m_1 + m_2)H} = 0.065$$

$$K\varphi = P(20 - a/d) \sqrt{d} = 0.3533 (\text{m/s})$$

$$Q_s = K\varphi H \sqrt{i\varphi} = 1.93 (\text{m}^3/\text{s})$$

孔口流量及孔口流速的计算:

$$Q_{\square} = Q_d - Q_s = 286.07 (\text{m}^3/\text{s})$$

$$V_{\square} = \frac{Q_{\square}}{B H} = 1.52 (\text{m/s})$$

丁坝坝体内空隙面积、渗流流速的计算:

$$A_s = p h L = 8 (\text{m}^2)$$

$$V_s = Q_s / A_s = 0.24 (\text{m/s})$$

丁坝对水流脱离体上的作用力 R_x 的计算:

$$R_x = \frac{\rho}{2} (H^2 - h^2) - \frac{\rho}{g} [(Q_d - Q_s) a_{02} V_{\square} + Q_s a_{02} V_s - Q_d a_{01} V_d] = -86.43 (\text{kN})$$

丁坝所受水流作用力 $R = -R_x = 108.43 (\text{kN})$

计算铁丝笼丁坝横断面面积 $[A]_{\text{允}}$:

$$[A]_{\text{允}} = \frac{kR}{(1-p)LG_f f} = 3.89 (\text{m}^2), k=1.9$$

根据 $[A]_{\text{允}} = 3.89 \text{ m}^2$, $m_1 = m_2$, $h = 2 \text{ m}$, 得到如图6所示的设计丁坝断面, 面积 $A_{\text{设}}$ 为:

$$A_{\text{设}} = 3.5 \times 0.7 + 2.5 \times 0.7 + 1.5 \times 0.6 = 5.1 (\text{m}^2) > [A]_{\text{允}}$$

计算结果表明, 丁坝设计已从过去单一的经验设计方式逐步进入到理论与经验相结合的途径上。这种设计方法提高了设计丁坝的可靠性和经济性。

4 小结与建议

通过对透水丁坝和不透水丁坝进行的动态水工模型实验, 观察其中上挑丁坝、正挑丁坝及下挑丁坝三种形式的冲刷情况可知: (1) 在相同的布置形式

(下转第54页)

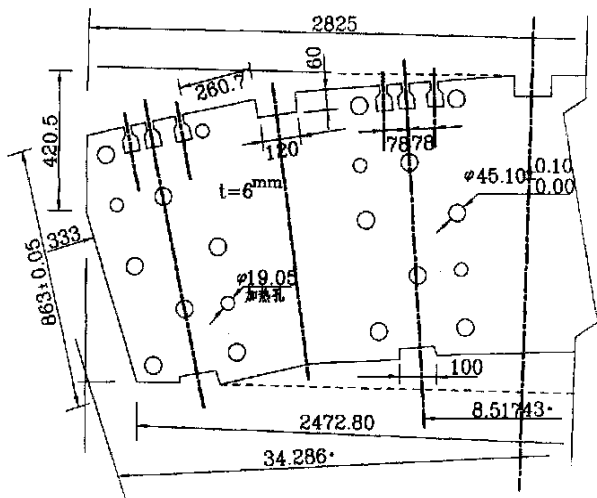


图6 磁轭冲片简图

标记, 调整各组横向键, 待磁轭冷却至常温, 即可获得满意的磁轭圆度、垂直度和平直度。这就省去了磨圆、铣键槽等传统工艺, 减少了工作量, 缩短了直线工期, 这种结构及其安装工艺值得借鉴。

7 结语

由加拿大 GE 公司供货的二滩水电站发电机转子, 其技术性能、结构及安装工艺都颇具特点。如在自由状态下进行焊接, 用监控焊接变形的办法保证组焊质量; 借助于填隙片,

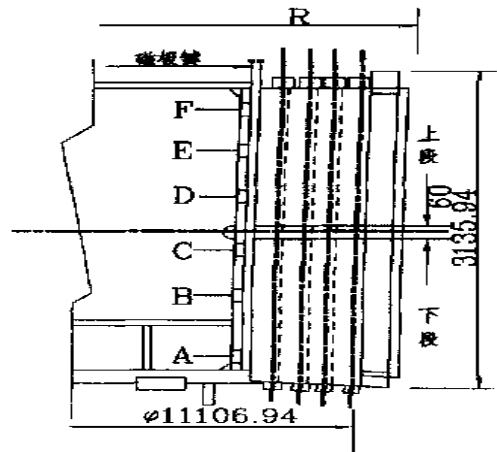


图7 横向键布置示意图

形成螺旋堆迭的磁轭冲片; 采用管状电阻加热棒加热磁轭, 取得膨胀量后, 加装特制垫片形成预紧量; 采用多种组合键进行调整控制, 使磁轭紧箍热套于圆盘式支架上。所有这些新技术、新结构和新工艺, 值得我国的制造和安装部门学习和借鉴, 以促进我国水电建设事业的发展。

作者简介:

周炳炳(1941年-), 男, 上海人, 中国水利水电第九工程局安装处主任工程师, 教授级高工, 从事水电站机电安装及监理工作;

覃春柏(1939年-), 男, 壮族, 广西柳州人, 中国水利水电第九工程局安装处科长, 高级工程师, 从事水电站机电安装及监理工作。

(上接第33页)

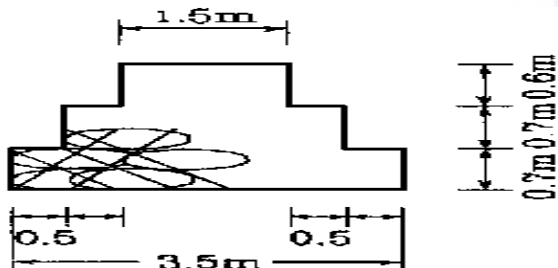


图6 设计丁坝的横断面图

下, 不透水丁坝在坝头的冲刷大于透水丁坝的冲刷;

(2) 上挑和正挑丁坝的冲刷作用较下挑丁坝强烈;

(3) 冲刷坑最深点在坝头附近略偏上游, 且丁坝冲刷主要在坝头和坝的上游侧及下游坝头河心侧, 边壁对上游的回流影响比对下游的影响大。这是由于实验水槽与实际河床存在如下的主要区别所致: 一是通常实际河流横断面为“U”形, 而实验水槽为“”形; 二是实际河床的河岸和河底都是有冲刷的, 而实验水槽没有冲刷; 三是实际河流中的丁坝有可能淹没或非淹没运行, 而实验室实验大都是在一种运行条件下进行的。

因此, 建议在实际丁坝工程设计中应考虑如下改进: 将实际“U”形河床断面简化为理想的“”形河槽断面, 简化时丁坝设计高程的水面宽定为理想河槽宽 B , 设计高程至河底的最大水深定为理想河槽水深, 并设边壁及河底的切应力 $\tau = 0$ 。这样, 计算

出的过水断面面积就比实际过水断面面积大。于是, 当流速取常数时, 理想河槽设计流量就比实际河槽设计流量大, 计算出的水流对丁坝的作用力也就偏大, 因而使设计偏于安全。同时能够大大缩短实验室成果的应用周期。对于实际河床的冲刷, 可以根据设计丁坝时计算出的束水断面的流速进行判断。运行中非淹没丁坝变为淹没丁坝后, 丁坝束水作用降低, 下游回流消失, 丁坝成为一个溢流堰, 丁坝后形成跌水, 产生横轴螺旋流, 冲刷保护区河床, 所以, 从护岸角度来讲, 对于可能淹没运行的丁坝, 宜采用丁坝群布设。

参考文献:

- [1] 龚国仁 丁坝回流及其相似律的研究[J]. 水利水电科技情报, 1978, (2).
- [2] 程年生, 李昌华 有边坡丁坝回流实验研究[J]. 水利水电科学研究, 1992, (4).
- [3] [苏]B. B 切格恰达著, 续庆琪译 内河航道整治建筑物的设计及管理[M]. 北京: 人民交通出版社, 1988
- [4] 黄兴 蜿蜒形河道石笼、水丁坝坝体横断面设计探讨[J]. 东北水利水电, 1997, (12).
- [5] 长江科学院 国外丁坝研究综述[J]. 人民长江, 1979, (3).
- [6] 武汉水利电力学院 计算水力学[M]. 北京: 人民出版社, 1979

作者简介:

班久(1965年-), 男, 西藏日喀则人, 西藏日喀则地区水利队高工, 从事水电工程科研与管理工作的;

梁川(1957年-), 男, 重庆荣昌人, 四川大学水电学院教授, 博士生导师, 从事水电工程教学与科研工作。