

土工织物在辽河护岸工程中的应用

⑩
34-36

王殿武 侯玉芳 贾贵茂

(辽宁省水利水电科学研究院 沈阳 110003)

TV49
TV861

摘要 结合土工织物在辽宁省辽河护岸工程中多年应用试验研究及工程实践,论述土工织物用于辽河护岸工程的主要形式、部位和作用;提出土工织物软体排材料的选择、设计制作、压载量等技术指标;对具有北方寒冷地区特点的土工织物软体排护岸冰上沉排、冰下下排、水上沉排等施工工艺以及这种新型护岸在辽河护岸工程应用中所产生的经济效益、社会效益和生态效益进行了论述。

关键词 护岸工程;土工织物;护岸;辽河

辽河是中国七大江河之一,流域面积 21.89 万 km²,东西辽河在辽宁省福德店汇合之后始称辽河,干流河长 520 km,加上其支流浑河、太子河、大辽河、绕阳河等河道干流总长 1 046.24 km,堤防长 1 436.9 km,保护农田 90.49 万 hm² 和 7 座大、中城市。整治险工、险段历来是治河工程的关键之一,尤其是流经辽宁省的辽河河段属于季节性、多沙、平原游荡型河流,主河道经常变迁,每年汛后都会出现新的险工险段。1985 年大洪水过后,使上述河流出现险工 186 处,险段长达 144.27 km。几百年来,河岸与闸坝底脚防护的传统方法多是采用梢料、竹、木等作成的帮枕、柴排以及抛石、铁丝石笼和木桩等。这些防护方法的缺点是无反滤或反滤效果差,基土易被淘刷而使防护失效,而且材料用量及运输量大,工期长,造价高,此外,有些材料来源日益缺少,大量使用梢料亦不利于生态环境保护。这些问题在辽河整治工程中尤为突出,为此结合“七五”期间辽河重点整治,于 1985 年开始进行了土工织物护岸工程技术研究,使土工织物软体排在辽河护岸工程中得到了广泛应用,基本替代了传统的柴排护岸,成为辽宁省治

河工程中的一场技术革命。

1 辽河土工织物护岸工程概况

截止 1997 年,辽宁省已在 147 处河道护岸、护底工程及多处防汛抢险工程上应用了土工织物,共应用土工织物 200 万 m² (不含防汛抢险用量),其中编织布 194.5 万 m²,无纺布 5.4 万 m²。

1.1 应用的土工织物种类及主要工程特性

辽河护岸应用的土工织物主要是聚丙烯编织布,达 90% 以上,无纺布应用量较少。辽河护岸工程应用的几种不同规格编织布主要工程特性试验结果见表 1。

1.2 土工织物的应用部位及作用

土工织物在辽宁省河道护岸工程中,主要用于平顺护岸的护脚、护坡滤层,丁坝护岸及潜坝的基础处理,堵截工程合龙口的护底及防汛抢险等工程。土工织物通过加工缝制成软排用于护岸工程中具有反滤、隔离、防冲及加强整体性、提高适应性等作用。

a. 反滤作用。无论是做护坡滤层,还是做护脚、护底的土工织物软排都具有反滤要求,即要求土工

表 1 辽河护岸工程中应用的几种编织布性能指标

编 号	重量 /(g·m ⁻²)	厚度 /mm	条样抗拉				等效孔径 α ₉₀ /mm	渗透系数 k _p /(cm·s ⁻¹)
			强度/(N·(5 cm) ⁻¹)		伸长率/%			
			经	纬	经	纬		
Z ₁	91	0.430	355	331	21.6	26.0	0.18	2.12 × 10 ⁻²
Z ₂	100	0.450	496	408	26.0	20.0	0.70	6.84 × 10 ⁻⁴
Z ₃	110	0.669	666	551	28.6	25.0	0.72	3.57 × 10 ⁻³
Z ₄	100	0.20	404	394	23.0	27.0	0.10	6.64 × 10 ⁻³
Z ₅	103	0.21	584	526	13.0	17.5	0.15	
Z ₆			540	480	15.3	13.8	0.66	

第一作者简介:王殿武,男,高级工程师,从事土工合成材料应用技术研究。

织物软排具有渗透性和保土性。

b. 隔离作用. 对于护脚、护底软排隔离作用显得尤为重要, 因为软排可以使其上的抛石、混凝土块、土枕等单体压载不致于陷入河底泥沙中而失去保护作用。

c. 防冲作用. 土工织物软体排是由具有无数小孔洞的土工织物软排及其上的抛石、混凝土块或土枕压载组成的, 这就使得作用于被保护土体的冲刷水流在经过压载孔隙及土工织物软排孔径时通过周边摩擦进行了两次消能, 从而提高了被保护土体的抗冲刷起始流速。

d. 整体性作用. 根据设计要求工厂化或人工缝制的软体排制成每块宽 20~50 m, 长度为伸进水下护脚长度, 从下游至上游相邻排块之间冰上、冰下施工可缝接, 水上船体(木排)施工可搭接 0.5~1.0 m, 连接成一体, 只要排上压载足够大并使排体稳定, 就可充分发挥整体护岸的作用。

e. 适应性作用. 软体排护岸最突出的特点还在于它具有很强的适应性, 可随河底凹凸不平的形状而使排体和被保护土体接触, 从而增加排体对土体的约束力和土颗粒之间的摩阻力。

2 土工织物软体排的设计与施工

2.1 软体排类型

辽宁省河道护岸工程应用的土工织物软体排, 按软排所用材料可分为两大类: 即聚丙烯编织布和涤纶无纺布软体排. 编织布软排分为单层、双层布排两种. 按软排上主要压载材料可分为: 抛石(块石)软体排、混凝土块软体排、条型石笼网格软体排以及土枕软体排, 此外还有和柴排(柞条、树枝或秸秆)相结合的软体排。

2.2 材料选择

根据土工织物软排在护岸工程中作用可以看出, 缝制软排所用的土工织物的选择主要从反滤要求、抗拉强度两方面考虑, 同时还要考虑土工织物的材质情况, 如是否有再生料(因有再生料, 老化速度就很快), 是否厚薄均匀等。

a. 反滤要求. 对于无纺布按目前国内外普遍采用的准则: $o_{90} \leq 1d_{90} \sim 2d_{90}$, $k_g \geq 5k_s$, 选择即可(o_{90} 为土工织物的等效孔径, d_{90} 为被保护土特征粒径, k_g 为土工织物的渗透系数, k_s 为被保护土的渗透系数), 国产无纺布大多数都能满足这一要求. 对于编织布按辽宁省水利水电科学研究院提出的准则: ①对于粘粒含量大于 10% 的粘、壤土, 在有覆盖保护条件下, 可以采用 $o_{90} \leq 10d_{90}$; ②对于粘粒含量小于 10% 的砂性土, 在有覆盖保护条件下, 可以采用

$o_{90} \leq 2d_{90} \sim 5d_{90}$, 水流含沙量较大时取大值, 水流含沙量较少时取小值; ③渗透要求均采用 $k_g \geq 1k_s \sim 5k_s$ 。

b. 抗拉强度要求. 抗拉强度要求应通过计算确定, 一般不应低于 200 N/5cm, 加筋绳强度应满足施工或沉排下沉时的应力。

2.3 排体尺寸设计

a. 横向排长(垂直水流方向). 对于平顺护岸排体分为水上和水下两部分联在一起, 成整排结构, 按枯水位分水上和水下两部分, 水上属于稳定排体, 水下属于变位排体. 水上排长属于护坡垫层, 按已削好的设计坡度很好确定, 水下排长按最大冲刷深计算, 最大冲刷深按下式计算:

$$H_{\max} = H_m \left(\frac{2B}{R_m} + 1 \right) \quad (1)$$

式中: $H_{\max}$ 为河床冲刷的最大深度, m; H_m 为计算断面的冲刷前平均水深, m; B 为对应造床流量时的河宽, m; R_m 为弯曲段河道曲率半径, m。

水排长按下式计算:

$$\left. \begin{aligned} L &= L_1 + L_2 \\ L_2 &= S_1 S_2 \sqrt{1 + m_0^2 (H + H_{\max})} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

式中: L 为水下排长, m; L_1 为与护坡排体联接及锚固长度, m; S_1, S_2 分别为水下折皱及收缩系数, 据护岸实测: $S_1 = 1.4$, $S_2 = 1.05$; m_0 为水下稳定冲刷边坡系数, $m_0 = 2.0 \sim 2.5$; H 为枯水位时平均水深, m; 其余符号意义同前。

对于丁坝或潜坝护底软排横向长度可按下式计算:

$$L = l + m_1 h + l_0 + a \quad (3)$$

式中: L 为坝底排长, m; l 为丁坝(潜坝)长度, m; m_1 为丁坝(潜坝)坝头边坡系数; h 为丁坝(潜坝)坝高, m; l_0 为排体伸出坝底边缘长度, m; $l_0 = K_0 \sqrt{1 + m_0^2 h_s}$, h_s 为丁坝(潜坝)周围可能产生的局部冲刷坑深度, m, 可按有关冲刷深计算公式计算或通过试验或观测确定, 辽河实测资料 $h_s = 1.1 \sim 2.8$ m; a 为考虑河底折皱及水下排体收缩等因素的超长, m。

b. 纵向排长(平行水流或顺水流方向). 从理论上讲, 沿纵向排长是越长越好, 越长则整体性越强, 且接头也少, 但施工难度大, 尤其是考虑排体缝制、运输、铺放及工地的设备条件和沉排方法, 冰上、冰下施工一般采用 20~50 m; 水上船(排)施工采用 10~20 m, 多数采用 20 m. 对于丁坝或潜坝护底软排纵向(另一方向)长度可按下式确定:

$$B_0 = b + 2m_2 h + 2l_0 + a \quad (4)$$

式中: b 为丁坝(潜坝)坝顶宽度, m; m_2 为丁坝(潜坝)两侧边坡系数。

目前工厂已能按设计排体尺寸及筋绳配置将排体缝制好出厂。

2.4 软体排压载类型及压载量设计

辽河护岸工程水下软体排压载种类及压载量大致如下:

a. 边载采用混凝土预制块,中间采用混凝土预制块方格压载,固定在排体上.排体沉入之后加抛块石,平均压载为 1.2 kPa.排边要加大压载,达到 1.6 kPa,迎水面要加大到 2.0 kPa,水上船体施工应用较多。

b. 双层聚丙烯布排上为 1.0 m × 1.0 m 网格柳条或柞条把,中间抛石,其抛石压载量为 0.2 ~ 0.3 m³/m² 约 3.7 ~ 5.6 kPa.新民、辽中等地冰上沉排施工应用较多。

c. 土枕压载,采用不透水的聚丙烯涂膜编织布,幅宽 2.0 m,纵向抗拉强度为 838 N/5cm,横向抗拉强度为 517 N/5cm,加工制成长 5 m 或 10 m,扁径(宽)为 0.95 m 两种规格的枕袋,预留装土口,并对长为 10 m 的土枕袋间隔 1.0 m 加固 $\varnothing 4 \sim 6$ mm 聚乙烯绳腰筋一道,共 8 道,每道长 2.5 m,在施工现场装土,缝合扎成土枕,有腰筋土枕用于边载,无腰筋用于中载.冰上、冰下下排采用较多。

d. 边载采用直径为 0.3 ~ 0.6 m 石笼压载,中间采用同种规格石笼网格压载,网格内散抛 0.3 ~ 0.5 m 厚块石.铁岭地区使用较广。

e. 石笼、抛石、土枕组合压载,即边载采用石笼,中间每隔 10 ~ 20 m 压一道石笼,在其中间抛土枕或块石,形成混合型压载,压载量一般按 1.0 ~ 2.0 kPa 考虑。

2.5 软体排的沉放

软体排沉放可分为冰期沉排和水上沉排两种施工方法.冰期沉排有冰上、冰下两种方式;水上沉排有水上船体、浮桥及人工三种方式.可根据工程实际条件选择确定。

3 辽河土工织物护岸工程效益分析

3.1 经济效益分析

辽宁省传统河道护岸多采用柴排抛石,根据铁岭、沈阳、鞍山、辽阳等地 8 处土工织物软体排护岸与柴排抛石护岸工程造价对比分析得知:土工织物软体排护岸比柴排护岸节省投资 35.0% ~ 80.2%,平均为 54.7%,即每平方米节省投资 12.83 ~ 51.44 元,平均为 31.15 元,200 万 m² 土工织物施护面积按 133 万 m² 计算,则节省工程直接投资 4 143 万元。

3.2 延长工程使用年限效益

根据老化试验分析得知,河道护岸土工织物在有保护条件下至少可使用 15 ~ 20 年,这可比柴排护

岸 3 ~ 5 年寿命延长 3 ~ 7 倍.即使按延长寿命 1 倍计算,141 处已采用土工织物软体排的护岸工程投资约 3 185 万元,如采用柴排抛石则需投资 7 328 万元,这样不仅一次性投资比柴排少 4 143 万元,而且可节省重复投资 7 328 万元,两项合计为 11 471 万元。

3.3 生态效益

传统柴排护岸需砍伐大量枝条、幼树,有些河段两岸已被砍伐殆尽,致使水土流失严重.水土流失的结果又加速了河道淤积和险工、险段的形成和扩展,从而形成了恶性循环.采用土工织物软体排护岸,从根本上解决了这个问题.据辽河 141 处土工织物软体排护岸工程粗略统计,约少砍伐枝梢料 12 ~ 20 万 t,这相当于保护约 1 700 hm² 速成林地,不但产生了较大的生态经济效益,且对维护生态平衡无疑也起着积极作用。

3.4 综合效益分析

a. 减少运输量.辽河 141 处土工织物软体排护岸,其土工织物软排运输量只有 250 ~ 500 t,如采用柴排,其运输量可达 12 ~ 20 万 t,后者为前者的 250 ~ 800 倍.可见减少运输量效果非常明显,这对于缓解交通、节约能源具有重要意义。

b. 促进化纤工业的发展.土工织物软体排护岸是辽宁省治河工程的一场革命,辽宁省传统柴排护岸已基本被土工织物软体排取代,这不但促进了治河工程技术的发展,同时,由于治河工程及其它土木工程中土工织物的大量应用,对与之相应的化纤工业发展也起到了积极的促进作用.从表 1 中可看,十多年来仅辽河护岸工程就应用土工织物达 200 万 m²,其材料费用达上千万元.省内已出现了能生产土工织物、土工膜的厂家 10 多个,土工织物或土工膜已成为一些厂家的支柱产品。

(收稿日期:1999-01-18 编辑:张志琴)

