

多沙河流灌区新型渠首橡胶坝引水防沙工程研究

15
53-55

卞玉山¹, 尚梦平¹, 宋志强¹, 官永波¹, 甘志升², 卞俊威³

TV671
TV644

(1. 山东省水利厅, 山东 济南 250013; 2. 济南水文局, 山东 济南 250014; 3. 山东省水利科学研究院, 山东 济南 250013)

摘要:针对黄河下游山东引黄灌区清淤难、沉沙难、渠首沙化等难题,总结黄河下游无坝引水防沙工程建设的经验,根据黄河水沙动态变化规律,提出适合中国黄河特点的新型渠首橡胶坝引水防沙工程的基本模式,解决了黄河下游引水防沙工程中增引含沙量少、粒径细的表层水,减少河道底部粗沙入渠,同步进行引水与防沙等技术难点,通过工程实践,大幅度提高了工程防沙减淤效果。

关键词:多沙河流;防沙工程;渠首;橡胶坝

中图分类号:TV671

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2000)05-0053-03

多年来,山东省大力发展引黄灌溉,建成渠首引黄涵闸47处,设计引水流量 $2\,047\text{ m}^3/\text{s}$,形成多口门、连片灌区 180 万 hm^2 ,对山东省国民经济持续发展发挥了巨大作用。但在引水的同时,引进的黄河泥沙造成了灌区“清淤难”、“沉沙难”和“渠首沙化”等问题。80年代,山东省年均引黄河水 76 亿 m^3 ,引进泥沙 $6\,400\text{ 万 m}^3$,约50%的泥沙需要人工或机械清除,仅清淤年均耗资上亿元;沉沙池占压耕地 4 万余 hm^2 ,干渠两侧清淤占压耕地 2 万余 hm^2 ;沉沙池和干渠两侧清淤占压的耕地55%被沙化,给渠首地带群众的生产、生活造成极大的困难,也破坏了生态环境。

1 黄河下游渠首无坝模式

1949年以来,黄河下游山东河段修建的47处引黄渠首涵闸工程,皆属弯道无坝引水防沙工程模式(简称无坝模式,见图1(a)和图2(a))。

无坝模式的主要构成为:①河流弯道整治段;

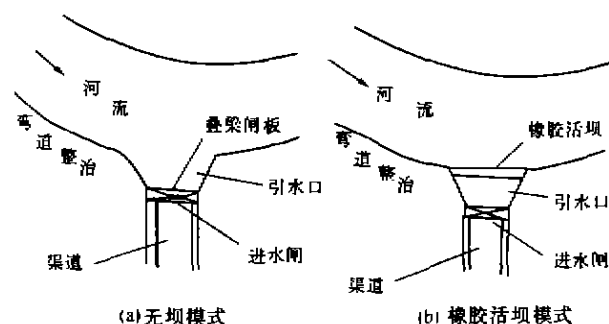


图1 工程模式平面位置示意图

②喇叭形引水口;③进水涵闸;④渠道。该模式的弊端是:由于各工程部位皆是固定、刚性结构,立面高程要素和平面位置要素配置失当,不能适应多变的水沙条件,不能最大限度地引取表层含沙量少、粒径细的水体,不能有效地防止河道底层粗沙进入灌区,不能同步进行引水与防沙等,致使引水含沙量与大河含沙量之比一般大于1,最大达1.8以上。为此,研究新型渠首引水防沙工程模式,提高引水防沙效果,十分必要。

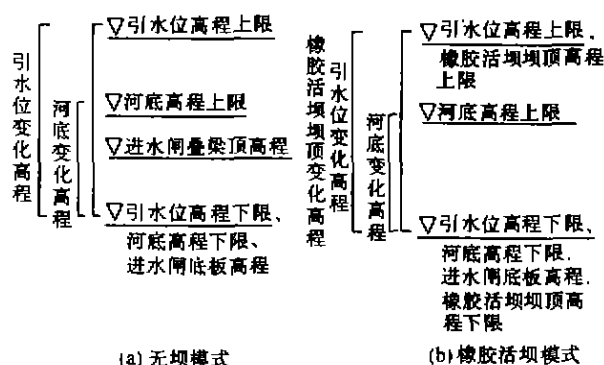


图2 工程模式立面高程示意图

2 新型渠首橡胶坝引水防沙工程基本模式的创立

2.1 橡胶活坝引水防沙工程模式的特点

80年代初,笔者总结了黄河下游无坝引水防沙工程建设的经验和弊端,根据黄河水沙变化规律,提出了适合黄河特点的新型渠首橡胶坝引水防沙工程模式,于1991年在黄河下游邹平县张桥建成首座橡胶坝引水防沙工程,橡胶坝长30m,高2m,设计引水

流量 $15 \text{ m}^3/\text{s}$, 灌溉面积 1.33 万 km^2 . 继之于 1993 年在菏泽市刘庄建成第二座橡胶坝引水防沙工程, 橡胶坝长 81 m , 坝高 2.1 m , 设计流量 $80 \text{ m}^3/\text{s}$, 灌溉面积 10 万 km^2 .

该工程模式的构成: 在弯道无坝引水防沙工程喇叭形引水口前沿增建橡胶活坝及充排水装置, 从而成为一种新颖的引水防沙工程模式, 简称橡胶活坝模式(图 1(b)和图 2(b)).

橡胶活坝模式的特点是: ①以“需则立, 不需则平”的活动、柔性坝, 代替以往无坝模式的固定、刚性坝(坎), 从而克服了后者过低妨碍防沙、过高妨碍引水的弊端; ②以置于喇叭形引水口前沿的橡胶潜坝, 实现了坝上“宽、浅、缓”表层取水, 代替了以往引水口末端进水闸的闸下“窄、深、急”底层取水; ③以可随黄河水位、河床高程变化的橡胶坝坝顶变化高程, 代替了以往固定不变的进水闸底板高程, 实现了河道水位、床高多变条件下的引水防沙.

2.2 引水防沙机理

利用黄河弯道横向环流作用、黄河水含沙量和粒径“垂向分布表层少而细、底层多而粗”的变化规律及黄河河床冲淤多变的特点, 以橡胶坝潜置于黄河弯道引水口前沿, 利用其自由升降作用, 将表层水漫坝引入灌区, 而将底层粗沙导向河道下游, 从而大大提高引水防沙效果.

刘庄引水口橡胶坝分流边界模型试验表明, 橡胶坝坝顶取水时, 引水口前表层流宽度 B_{s1} 较小, 底层流宽度 B_{d1} 较大, 橡胶坝升坝后, 表层流宽度 B_{s2} 较前增加, 而底层流宽度 B_{d2} 较前减少(图 3). 根据

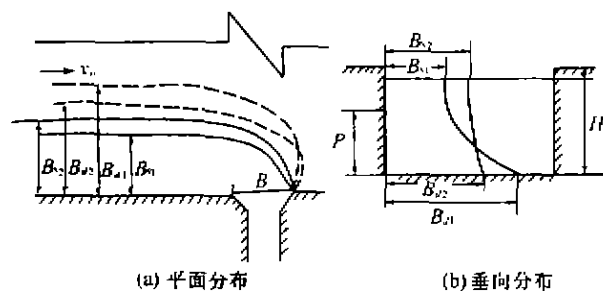


图3 橡胶坝升坝与塌坝分流边界示意图

试验资料, 得出以下经验关系式(分流比 $K_Q = 0.1 \sim 0.3$):

$P/H = 0$ (塌坝) 时

$$\begin{cases} B_{s1} = 1.6(K + 0.06)B \\ B_{d1} = 3.05(K + 0.192)B \end{cases} \quad (1)$$

$P/H = 0.552$ (升坝) 时

$$\begin{cases} B_{s2} = 1.6(K + 0.11)B \\ B_{d2} = 2.8(K + 0.13)B \end{cases} \quad (2)$$

式中: B 为橡胶坝引水口宽度; B_s 为引水口前表层

流宽度; B_d 为引水口前底层流宽度; P 为橡胶坝高; H 为橡胶坝前水深.

橡胶坝升坝与塌坝相应的 B_{s1}, B_{d1} 的比值为

$$\frac{B_{s2}}{B_{s1}} = \frac{1.6(K + 0.11)B}{1.6(K + 0.06)B} \approx 1.14 \sim 1.31 \quad (3)$$

$$\frac{B_{d2}}{B_{d1}} = \frac{2.8(K + 0.13)B}{3.05(K + 0.192)B} \approx 0.723 \sim 0.8 \quad (4)$$

橡胶坝升坝表层流宽度 B_{s2} 较塌坝表层流宽度 B_{s1} 平均增大了 22.5% , 而升坝底层流宽度 B_{d2} 较塌坝底层流宽度 B_{d1} 平均减少了 24% . 又由于黄河水垂向泥沙变化的规律是“表层少而细、底层多而粗”(图 4), 橡胶坝升坝后增加了表层流宽度即增引了泥沙少而细的水体量, 减少了底层流宽度即减引了泥沙多而粗的水体量.

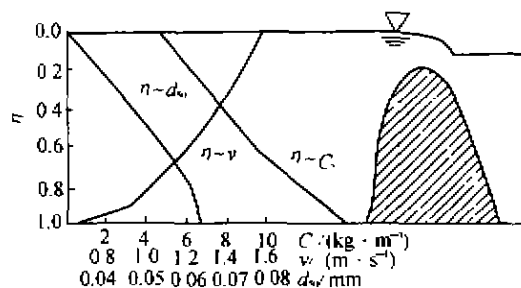


图4 黄河水垂向泥沙特征与橡胶坝分层取水示意图

该设施以调节橡胶潜坝高度提高防沙能力, 以增加坝长(将坝置于口门前沿)满足潜坝顶过水流量要求. 坝顶过水流量按堰流基本公式校核:

$$Q = \sigma m B \sqrt{2gh}^{\frac{3}{2}} \quad (5)$$

2.3 解决黄河下游引水防沙工程三个技术难点

橡胶活坝模式以其立面高程要素和平面位置要素的合理配置, 解决了引水防沙工程三个技术难点.

a. 黄河下游引黄闸前的引水道一般水深 3 m 左右, 表层为底层含沙量及泥沙中值粒径的 $1/4 \sim 1/2$. 涵闸自下而上开启, 无坝模式的进水闸引河道下层水体较多. 橡胶活坝模式靠橡胶坝坝上表层溢流引水, 水深仅 0.5 m 左右, 为闸前引水道水深的 $1/6 \sim 1/5$, 从而最大限度地引取表层含沙量少、粒径细的水体.

b. 黄河下游引黄闸底板低于黄河河床溪点 1.0 m 以上, 无坝模式的进水闸前引水道纵比降很大, 致使河道底层粗沙大量入渠. 橡胶活坝模式的橡胶坝顶可随黄河河床的变化自由升降, 且始终高于河底, 进水闸前的引水道比降很缓, 水流挟沙能力降低, 从而有效地防止了河道底层粗沙入渠.

c. 无坝模式中的进水闸, 处于喇叭形引水口的末端, 引水宽度较小, 引水与防沙两者总是矛盾: 闸底板低了利于引水妨碍防沙, 高了利于防沙妨碍引

水.橡胶活坝模式中的橡胶坝潜置于喇叭形引水口前沿,坝上引水宽度为进水闸引水宽度的5~6倍,当最低水位、最低床高组合时,将坝顶坍塌落到与进水闸底板平,当最高水位、最高床高组合时,将坝顶升至设计坝高,均不影响引水与防沙.从而同步地解决了引水与防沙的矛盾.

3 防沙减淤效果及综合效益评价

3.1 工程防沙效率评价

3.1.1 引沙总量减少

采用含沙量比较法,

$$\eta_s = 1 - \frac{V_1}{V_2} \quad (6)$$

式中: η_s 为防沙效率; V_1 为引水含沙量; V_2 为大河含沙量. 根据刘庄工程建坝前1990年和建坝后1994~1996年的4年观测,点绘出引水含沙量与大河含沙量关系(图5),图5中可看出三条不同斜率的直线.

斜率 $K = 1.15$ 的直线是未建橡胶坝和塌坝情况,防沙效率平均为-8%;斜率 $K = 0.73$ 的直线是橡胶坝鼓起,且分流比大于10%的情况,防沙效率平均为12.8%;斜率 $K = 0.67$ 的直线是橡胶坝鼓起,且分流比小于10%的情况,防沙效率平均为27.1%;斜率 $K = 0.73$ 和 $K = 0.67$ 两种情况的平均防沙效率为18.2%,加上塌坝后或未建坝前引水含沙量比大河含沙量多8%,橡胶坝建后较建前防沙效率提高26.2%.

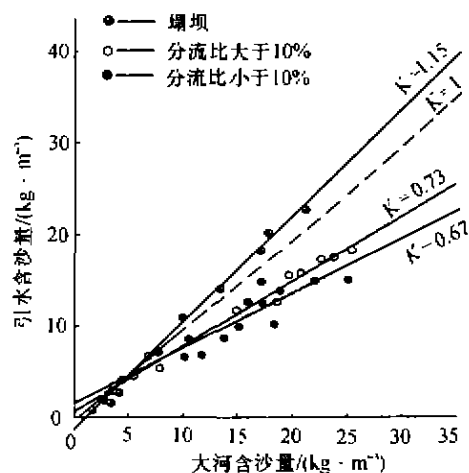


图5 引水全含沙量与大河全含沙量关系

3.1.2 引沙粒径细化

以级配法即以拦截某粒径有害粗沙的多少来衡量橡胶坝的防沙效率.将粒径0.025 mm的泥沙作为粗沙的分界粒径.

$$\eta_{0.025} = 1 - \frac{V_3}{V_4} \quad (7)$$

式中: $\eta_{0.025}$ 为防沙效率; V_3 为引水含沙量中粗颗粒泥沙量; V_4 为大河含沙量中粗颗粒泥沙量. 根据刘庄工程观测资料点绘出引水与大河粗颗粒(≥ 0.025 mm)泥沙量关系(图6),由图中可看出,塌坝拦截粗颗粒泥沙的防沙效率为-6%,橡胶坝鼓起,分流比大于10%与分流比小于10%拦截粗颗粒泥沙的防沙效率分别为16%,29%,平均为24%.因此,两项叠加,橡胶坝建后较建前提高拦截粗颗粒泥沙效率30%左右.

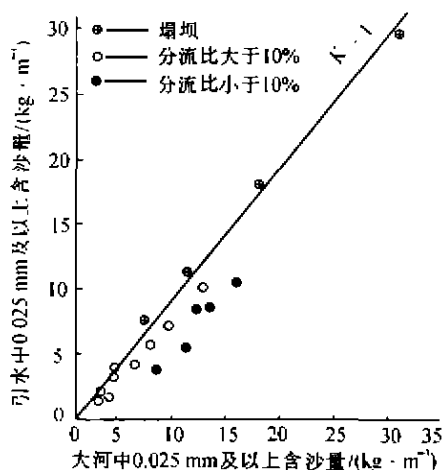


图6 引水与大河粗颗粒(≥ 0.25 mm)泥沙量关系

3.2 工程综合效益评价

张桥、刘庄两引黄灌区灌溉面积11.38万 hm^2 ,年均引黄河水3.08亿 m^3 ,新型工程修建后,提高供水保证率33%,渠首入渠泥沙量和粗沙量较前减少24%~26%,入渠粗沙较前减少30%~38%;干渠年清淤量较前减少74%~84%,近年已完全不用沉沙池,每年减少沉沙池、干渠清淤占压及干渠两侧风沙侵害农田668.74 hm^2 .从根本上解决了引黄灌区清淤难、沉沙难和渠首沙化等问题,改善了引黄灌区渠首地带群众的生产、生活条件及生态环境.

4 结 语

a. 渠首橡胶坝引水防沙工程模式是适合黄河特点的渠首引水防沙的新型工程模式.

b. 该工程模式解决了增引含沙量小、粒径细的表层水,减少河道底部粗沙入渠,同步进行引水与防沙等技术难点,经多年黄河下游工程运行,渠首入渠泥沙量较前分别减少24%~26%和30%~38%.

c. 该新型引水防沙工程适合在平原型、缓比降、细颗粒河流灌区的引水防沙中推广应用,若用于山丘型、大比降、粗颗粒河流灌区的引水防沙,效率会更高.

(收稿日期:1999-07-15 编辑:熊水斌)