

黄河山东段渠首工程要素配置及引水防沙效能

卞玉山¹, 郭小雅², 赵琳¹, 孙智敏¹

(1. 山东省水利厅, 山东 济南 250013; 2. 山东省引黄济青工程管理局, 山东 济南 250013)

摘要:通过对黄河山东段 37 处引黄渠首涵闸工程的渠首位置、引水高度、口门形状、河闸底高差、河道溜势、防沙设施及分流比等工程要素不同配置的分析, 探索其对工程引水防沙效能的影响。黄河山东段渠首工程建设中, 注重了工程要素的合理配置, 提高了工程引水防沙效果。提出今后在渠首工程建设中应注意“三避、两控、一配”问题。

关键词:渠首工程; 引水防沙效能; 黄河山东段

中图分类号: TV146

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2002)02-0028-03

黄河进入山东, 河道兼有游荡型、过渡型、弯曲型三种形态。从山东段选出 37 处渠首涵闸工程(占山东河段渠首涵闸工程总数的 82%), 通过对渠首位置、引水角度、口门形状、河闸底高差、河道溜势、防沙设施及分流比等工程要素的不同配置的研究, 探讨其对引水防沙效能的影响。

1 渠首位置配置

在无坝引水条件下, 引水口位置的配置对渠首工程引水防沙效果起着决定性作用。按渠首工程位置与河道形态的关系, 大体可分为弯道凹岸引水、弯道凸岸引水、汊流引水三种类型, 渠首工程位置配置见表 1。

表 1 黄河山东段渠首工程位置配置

引水方式	弯曲型河段	过渡型河段	游荡型河段
弯道凹岸引水	旧城等 4 处 (顶点区以上) 刘庄等 21 处 (顶点区) 打渔张等 8 处 (顶点区以下)	谢寨 1 处	
弯道凸岸引水	大崔 1 处		
汊流引水			大阎潭等 2 处

弯曲型河段中, 在弯道凹岸设引水口, 利用弯道环流“正面引水、侧面排沙”的原理引水防沙。根据试验和观察, 引水口的最佳位置在弯道顶点以下至末端处, 此处弯道环流作用强, 水位高、低时水流均能靠溜, 引水防沙效果好。打渔张渠首引水口选择在弯道凹岸顶点以下 700 m 处, 位置最佳。

许多渠首工程口门建在弯道顶点区险工段的坝

垛之间, 如苏泗庄等。险工坝垛对河流整治及防洪虽起了很大作用, 但坝垛顶冲水流, 迎水面和顶部产生漩涡, 翻沙大量入渠, 背水面淤积, 使引水口过水断面减少, 不利于引水防沙。

在游荡型河段中, 河势不稳, 建渠首工程则汊流引水, 供水无保障。

2 引水角度配置

引水角即引水口前大河水流与引水渠轴线的夹角, 通常采用河道岸堤与引渠的夹角标定引水角。

37 处引黄渠首工程的设计引水角状况: 45°及以下的有打渔张等 5 处; 60°左右的有刘庄等 10 处; 75°左右的有潘庄等 13 处; 90°左右的有张桥等 6 处; 不固定的有大阎潭等 3 处。

一般引水角应尽量减小, 根据动量定律, 水流离心力为

$$F = \frac{2\rho v^2}{B \tan \frac{\theta}{2}} \quad (1)$$

式中: ρ 为水的密度; v 为水的平均流速; B 为渠宽; θ 为引水角度。

由式(1)知, 引水角 θ 在 90°内增长, F 增大, 竖轴环流增强, 引底流增多, 进沙量增大。 $\theta = 90^\circ$ 时,

$\tan \frac{\theta}{2} = 1$, F 最大, 引沙量最大。 θ 大于 90°时, 随着 θ

的增大, $\tan \frac{\theta}{2}$ 减小, F 也减少。但是, 引水角也不宜过小, 因相同渠宽 B 时引水角过小, 引水口单宽流量、流速分布不均匀, 易产生漩流及淤积。一般引水

作者简介: 卞玉山(1943—), 男, 山东兖州人, 研究员, 从事引黄灌溉泥沙治理和综合节水研究。

角选 $30^\circ \sim 45^\circ$ 都能取得较好的引水防沙效果. 1986 年潘庄闸引水角度与引水含沙量 (Q_1) 和大河含沙量 (Q_2) 之比的关系见表 2.

表 2 潘庄闸引水角与引水防沙效果关系

日期	引水流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	大河流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	引水角 ($^\circ$)	$\frac{Q_1}{Q_2}$
1986-05-10	106	330	35.20	0.71
1986-05-20	106	440	46.70	0.95
1986-05-29	50	200	53.30	0.95
1986-07-07	105	1500	60.50	1.14
1986-07-08	53	1500	67.70	1.05

3 引水口门形状配置

黄河山东段渠首口门的形状,大体分为三种类型:以原刘庄为代表的轴线基本垂直岸线的“勺”形口门,以潘庄、张桥为代表的轴线基本垂直岸线的“基本对称喇叭形”口门,以打渔张为代表的轴线夹角较小的“上长下短非对称喇叭形”口门.

通过对不同形状的引水口门的水沙流态、垂向水沙结构、口门水下地形及引水防沙效能的综合分析,得出“上长下短非对称喇叭形”引水口门引水防沙效能最高,“基本对称喇叭形”引水口门次之,“勺”形引水口门效能最差.

4 河、闸底高差及河道溜势配置

据 1981 年 5 月黄河断面实测资料,32 座引黄河闸底板高程平均低于闸前大河主槽平均高程 3.72 m,闸底板高程平均低于闸前大河深泓点平均高程 0.98 m.

同一渠首工程河、闸底高差不同,渠河含沙量比亦有差别.如李家岸闸 1983 年春低孔运行,闸底板高程比大河主槽平均高程低 4.35 m,比大河深泓点高程低 2.36 m,5~6 月份渠河含沙量比为 99%.1984 年春该闸高孔运行,闸底板高程比大河主槽平均高程低 3.26 m,比大河深泓点高程低 1.45 m,5~6 月份渠河含沙量比为 81%、高孔运行较低孔运行闸底板抬高 1 m,渠河含沙量比降低了 18%.

从弯道横向看,存在着“主溜引水”和“边溜引水”之分.“边溜引水”的防沙效果优于“主溜引水”.如陈垓闸位于弯道顶点区,1984 年春主溜远离引水口 380 m,属“边溜引水”,引水含沙量较“主溜引水”时减少 30%.

从弯道纵向看,有“顶溜引水”和“顺溜引水”之分.“顶溜引水”的防沙效果较“顺溜引水”差.刘庄新闸 1982 年春以来“顶溜引水”,主溜直冲引水口,据

1982 年 4 月实测,入渠含沙量为大河含沙量的 163%,闸后泥沙 d_{50} 为 0.05 mm.打渔张渠首“顺溜引水”,引水口置于弯道末端,水流顺畅入渠,20 世纪 50 年代运用初期,渠河含沙量比 80% 左右,渠河泥沙粒径相比,悬移质、推移质、床沙质垂线平均粒径分别减小 4%~27%、13%~68%、2%~78%.

5 防沙设施配置

a. 防沙闸.在大阎潭、小阎潭、谢寨、张桥、韩墩渠首临堤大闸前均建防沙闸.如阎潭渠首两临堤闸前建防沙大闸和防沙小闸,对有效地防止底沙入渠发挥了重要作用.1975 年 8 月至 9 月,防沙闸关闭失灵,每天仍引水 $30 \sim 40 \text{ m}^3/\text{s}$,临堤闸至防沙大闸和防沙小闸分别设 9.2 km 和 6.4 km 的引渠,平均淤高 2 m,清淤量达 60 万 m^3 .

b. 叠梁闸板.在官家、潘庄、葛店、土城子、胜利、韩刘、小豆腐窝等渠首进水闸门上加装叠梁闸板,如 1976 年潘庄闸底板在低于大河主槽平均高程 3.76 m、低于大河深泓点高程 0.03 m 的条件下,加装叠梁闸板,防沙效果提高了 12%.

c. 拦沙潜堰.打渔张渠首建固定拦沙潜堰,堰顶高于闸底 1.0 m.据 1957 年 11 月 5 日至 16 日实测,堰内侧主流线垂线平均含沙量为同一断面堰外侧主流线垂线平均含沙量的 81.3%~93.3%,即有 6.7%~18.7% 的悬移质泥沙被拦在潜堰之外.

d. 渠首橡胶坝引水防沙工程.1991 年和 1993 年,分别在张桥、刘庄渠首口门前沿修建了橡胶坝引水防沙工程,橡胶坝长分别为 30 m 和 81 m,坝高 2 m.建坝后实测防沙效果提高了 24%~26.2%,防粗沙效果提高了 30%~37%,干渠清淤量减少 74%~84%,并连续多年不用沉沙池沉沙.

6 分流比配置

分流比即入渠流量与大河流量之比.37 处渠首工程设计分流比的状况是:分流比为 0.1 及以下的大阎潭等 22 处;分流比为 0.1~0.2 的刘庄等 8 处;分流比为 0.2~0.56 的潘庄等 7 处.

分流比对渠首工程引水防沙影响显著.从图 1 分流比 K_Q 、含沙量比 K_S 关系曲线看出,随分流比的较小变化,含沙量比呈显著变化.原因是当分流比增加时,进入渠首底层流的宽度 B_d 比表层流宽度 B_s 增加幅度要大得多,故进沙量增加很大.根据刘庄、潘庄、张桥、韩刘等引黄口门的 25 次分流边界的观测结果得出表层分流宽度 B_s 、底层分流宽度 B_d 与

分流比 K_Q 、口门宽 b 之间经验关系公式:

$$B_s = 2.4 + 3.86K_Q^{0.69}b^{0.82} \quad (2)$$

$$B_s = 7.5 + 21.8K_Q^{0.66}b^{0.5} \quad (3)$$

式中 K_Q 的施测范围为 0.01 ~ 0.35.

由于各渠首工程要素配置不同,该曲线也不尽相同,前面分析的 6 种工程要素对引水防沙效能的影响最终无不反映在该曲线上,因此,该曲线应视为

级条件下的分流比与含沙量比关系曲线组.由图 1 可看出,渠首工程的引水防沙效果,随着分流比的增加而降低;在同一分流比下,随着黄河流量的增加引水防沙效果降低;在同一级流量下分流比越大,含沙量越大;曲线斜率越小,防沙效能越好.由此看出,原刘庄闸引水防沙性能最差,打渔张闸引水防沙效能最好,潘庄闸介于两者之间.

7 结 语

a. 黄河山东段的渠首工程建设,注重了工程要素的合理配置,在选址上,一般在弯道凹岸设引水口,利用弯道横向环流“正面引水,侧向排沙”的原理,利于引水防沙;在工程布置上,注意了合理选择引水角和优化引水口门形状;在引水规模上,20 世纪 70 年代以来向多口门、小分流比发展,改变了 50 年代少口门、大分流比的状况;同时注意了防沙闸、渠首橡胶坝等防沙设施的配套,上述工程要素的合理配置,无疑对提高工程引水防沙效果起了重要作用.

b. 今后,在渠首工程的建设上,仍要注意“三避、两控、一配”问题.“三避”即避开在险工坝垛间、翻沙严重处建渠首工程;避开在冲刷切滩、河势不稳的河段选择引水口;避开在大溜顶冲处引水.“两控”即控制引水角度;控制设计分流比.“一配”即渠首工程建设的同时,配备行之有效的防沙设施,对引黄河底沙严重的渠首工程,要进行渠首橡胶坝引水防沙工程技术改造,这一技术改造措施,对黄河小浪底水库建成后清水冲刷期间防止过量的粗沙入渠具有重要的意义.

(收稿日期:2000-12-18 编辑:张志琴)

·简讯·

第 7 届全国混凝土结构教学研讨会 将在河海大学召开

受中国土木工程学会教育工作委员会委托,由河海大学土木工程学院承办的第 7 届全国混凝土结构教学研讨会定于 2002 年 5 月在河海大学召开,会议主要议题有:①请著名学者作专题报告;②介绍混凝土结构新规范修改要点;③面向大土木混凝土结构教材编写及教学方法研讨;④现代化教学手段(CAI、电子教学、网络、多媒体等)在混凝土结构教学中的应用及展示交流,会议论文集将由《河海大学学报(哲学社会科学版)》正式出版.

(本刊编辑部供稿)

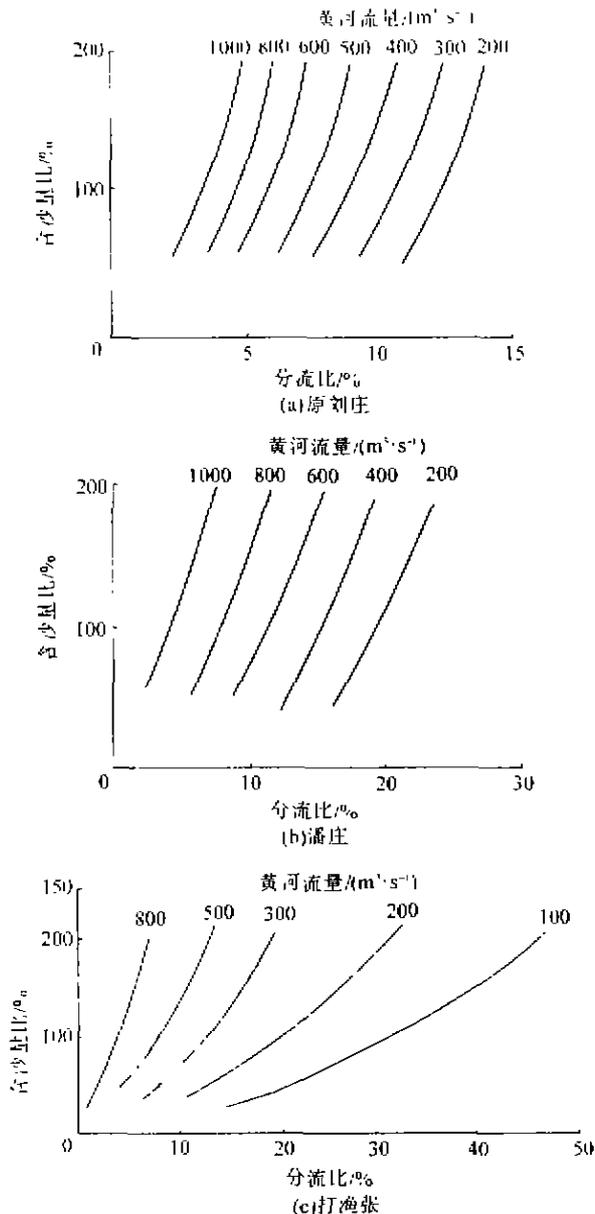


图 1 渠首工程引水防沙综合性能曲线

检验渠首工程引水防沙效能的综合曲线.在此之前,国内外所有研究都把分流比、含沙量比关系线描绘为一条与大河流量级无关的单曲线.通过对刘庄、潘庄、打渔张等渠首与大河流量、含沙量的多年资料分析,发现无大河流量级条件下的分流比、含沙量比关系点非常散乱,在加入不同大河流量级后,分流比与含沙量比的相关就很有规律,表现为大河不同流量