

# 尊村引黄灌区渠道泥沙含量与粒径级配研究

魏杨, 欧阳前超, 周霞, 张超波\* (太原理工大学水利科学与工程学院, 山西太原 030024)

**摘要** 尊村引黄灌区是山西省一座大型多级提水灌溉工程。由于所引黄河水的泥沙含量较高, 导致灌渠泥沙淤积问题十分严重, 影响到了渠道的正常运行。为了掌握灌区渠道水沙分布规律, 缓解渠道淤积问题, 在尊村二干渠设立 7 个观测面开展泥沙含量与粒径级配观测和分析。研究结果可为灌区管理和节水减沙工作提供参考依据。

**关键词** 渠道; 含沙量; 颗粒级配; 尊村

中图分类号 S274 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)31-0205-02

**Research on Canal's Sediment Concentration and Sand Grading in Zuncun Irrigated Area of Yellow River Diversion Project**  
WEI Yang, OUYANG Qian-chao, ZHOU Xia, ZHANG Chao-bo\* (College of Water Resources Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan, Shanxi 030024)

**Abstract** Zuncun Irrigated Area of Yellow River Diversion Project is a large multistage project for irrigation in Shanxi Province. Because of the sediment concentration of the Yellow River is higher, the sedimentation problem of irrigation canal is very serious, affecting the normal operation of the canal. In order to grasp the irrigation canal of distribution regularity of water and sediment and ease the aggradation of canal, seven observation surfaces in Zuncun secondary trunk ditch was set up to monitor water and sediment in this study. The study results can provide a basis for irrigation district management and water-saving and sediment reduction.

**Key words** Irrigation canal; Sediment concentration; Sand grading; Zuncun

引黄灌溉事业经过 60 多年的发展, 黄河的灌溉面积已达 733.23 万  $\text{hm}^2$ , 占全国灌溉面积的 13.8%<sup>[1]</sup>, 引黄泥沙在灌区内有 33% 淤在沉沙池, 35% 淤在干渠渠道<sup>[2]</sup>, 引黄灌区渠系淤积已经成为一个很严重的问题<sup>[3]</sup>。黄河的主要特征是水少沙多, 引水必引沙, 远距离泥沙输送是解决泥沙问题的关键之一<sup>[4]</sup>, 引黄灌区渠系泥沙淤积很严重, 降低了渠道的输水输沙能力, 影响了灌区的正常运行, 尤其是高扬程提水引黄灌区渠道此问题颇为突出。因此, 深入研究高扬程提水灌区渠道的水流挟沙特性, 研究引黄灌区渠系水沙分布规律, 可为灌区调度运行方式提供技术支撑, 对于合理利用黄河水沙资源、优化灌区管理和节水减沙工作, 促进引黄灌区的可持续发展具有重要意义。

## 1 研究区概况

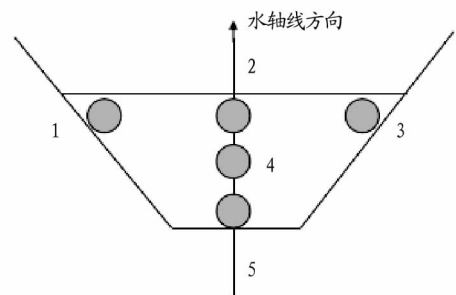
**1.1 基本情况** 尊村灌区是山西省一座大型多级提水灌溉工程, 1976 年动工兴建, 1978 年上水受益。渠首枢纽工程位于永济市西北黄河小北干流中段的尊村咀上, 上距禹门口 78.0 km, 下距潼关 54.5 km。灌区主要受益范围为涑水河流域的永济、临猗、盐湖、夏县、闻喜五县(市、区)的 44 个乡镇, 596 个行政村, 农业人口 74.11 万人, 总耕地面积 12.47 万  $\text{hm}^2$ 。同时还承担着运城市城市和工业供水任务。该工程建设规模为九级三十一站, 设计扬程 165.44 m, 总装机 6.14 万 kW, 设计提水流量 46.50  $\text{m}^3/\text{s}$ , 设计灌溉面积 11.07 万  $\text{hm}^2$ 。灌区总干渠 1 条, 长 113.554 km; 分干渠 5 条, 长 136.753 km; 支渠 134 条, 长 776.589 km<sup>[5]</sup>。

**1.2 试验方法** 该试验研究灌区在分干东下段, 研究区总长为 5 767 m, 铺设的研究断面为 7 个, 二干渠为预制砼板防

渗的梯形断面, 渠道纵坡 1/4 000。

观测面的选择: 在干渠前段合适的位置从渠首往渠尾方向选取了 7 个观测断面分别进行标记, 1 号至 2 号断面, 3 号至 7 号断面之间的渠道为直线段, 2 号至 3 号断面之间有弯道, 2 号和 3 号断面分别在弯道的上下游处, 且前 3 个观测断面地势较高、水面较宽、渠道较深, 后 4 个观测断面地势较低、水面较窄、渠道平缓。对选取的断面进行断面平均含沙量、悬沙级配的观测与分析。泥沙粒径级配采用马尔文激光粒度分析仪测定。

观测点的选择: 渠道水深绝大部分时间内在 1 m 左右, 考虑到取样的每个断面只选取 5 个观测点, 断面取点示意图如图 1 所示。



注: 1. 左岸点; 2. 中间点; 3. 右岸点; 4. 垂线半深处; 5. 渠底点  
Note: 1. the left bank point; 2. middle point; 3. right bank point; 4. vertical half deep; 5. channel bottom point

图 1 各观测点大致位置示意

Fig. 1 Sketch map of the location of each observation point

泥沙的测量方法有很多<sup>[6]</sup>, 该研究采用横式泥沙取样器取样, 每个点上取样 2 次, 点 1、2、3 在渠道两侧和中间, 水面刚淹没取样器时; 点 4 在渠道轴线上, 在渠道半深处且淹没取样器时; 点 5 在渠道轴线上, 取样器刚沉到渠底时。取回的水样, 每个点取 200 mL 过滤, 先将滤纸和湿沙风干然后用烘箱烘干, 再记录相关数据, 按下列公式计算含沙量:

**基金项目** 国家科技支撑计划项目子课题(2015BAD20B03-07)。  
**作者简介** 魏杨(1992—), 男, 湖北公安人, 硕士研究生, 研究方向: 水利工程、渠道水沙。\* 通讯作者, 副教授, 博士, 硕士生导师, 从事山地灾害与护坡工程研究。  
**收稿日期** 2017-08-28

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{200 \times 10^{-3}}$$

式中, $\rho$ 为含沙量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ); $m_1$ 为过滤前滤纸的重量(g); $m_2$ 为烘干后滤纸和干沙重量(g)。

## 2 水沙特性研究与结果分析

**2.1 历史泥沙含量** 黄河为多泥沙河道,选用距枢纽一级站较近的夹马口一级站以及上源头水文站泥沙资料进行分析,选择1967、1961、1965年分别作为丰、平、枯沙年,各典型

年各月含沙量见表1,悬移质泥沙颗粒级配见表2<sup>[7]</sup>。

对选取的典型年1967、1961、1965年作为丰、平、枯沙年分析,平沙年汛期平均含沙量为 $31.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,非汛期平均含沙量为 $11.6 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,泥沙中值粒径为 $0.0197$ 和 $0.0380 \text{ mm}$ ,水源含沙量较大。由于之前多年黄河枯水季节水位较低,采用挖渠引水,运行时拉引河床泥沙,大大增加了水流含沙量,导致各级渠道严重淤积,总干渠淤积量达 $190 \text{ 万 m}^3$ ,造成灌溉难以正常运行。

表1 典型年逐月平均含沙量

Table 1 Monthly average sediment concentration for typical years

典型年 Typical year	汛期 Flood season				非汛期 Non flood season								平均 Average	
	7月 July	8月 August	9月 September	平均 Average	1月 January	2月 February	3月 March	4月 April	5月 May	6月 June	10月 October	11月 November		12月 December
丰沙年(1967年) More sediment year	23.6	71.8	33.7	45.1	3.51	2.31	4.45	5.46	10.0	7.53	10.7	3.09	4.14	7.15
平沙年(1961年) Moderate sediment year	30.4	48.4	18.8	31.2	3.45	5.55	8.32	3.92	4.74	8.29	20.3	13.4	7.05	11.6
枯沙年(1965年) Juvenile sediment	9.00	8.27	6.26	7.96	2.37	3.36	4.02	6.76	2.92	4.28	5.61	6.01	2.39	4.51

表2 各典型年悬移质泥沙颗粒级配

Table 2 Particle gradation of suspended sediment in typical years

典型年 Typical year	项目 Item	小于某粒径的沙重百分比 Percentage of sand weight smaller than a particle size//%							中值粒径 Median particle size//mm	平均粒径 Average particle size//mm
		0.007 mm	0.010 mm	0.025 mm	0.050 mm	0.100 mm	0.250 mm	0.500 mm		
丰沙年(1967年) More sediment year	汛期	19.5	22.6	34.3	60.1	94.7	99.8	100	0.040 0	0.044 0
	非汛期	13.2	15.5	22.7	39.1	85.0	99.0	100	0.059 0	0.064 5
平沙年(1961年) Moderate sediment year	汛期	21.5	32.6	58.8	88.5	99.3	99.8	100	0.019 7	0.025 8
	非汛期	9.7	13.3	31.0	68.8	99.7	99.9	100	0.038 0	0.040 6
枯沙年(1965年) Juvenile sediment	汛期	15.2	18.2	29.9	59.5	96.0	99.5	100	0.042 6	0.044 1
	非汛期	11.2	14.3	21.5	40.6	89.2	98.9	100	0.058 1	0.061 8

为解决黄河水源泥沙含量大的问题,灌区于2003年在一干段修建容积为 $290 \text{ 万 m}^3$ 的湖泊形沉沙池一座,运行初期沉沙效果较好,由于经过近十年运行现已淤积约 $200 \text{ 万 m}^3$ ,沉沙效果明显下降。而2008年在沉沙池进水口配套的廊道式排沙工程,虽将大部分粗沙排至护岸内河道,但沉沙池仍存在出口含沙量偏高及处理后的水流无法自流至沉沙池出水闸等问题。

**2.2 观测泥沙含量** 表3为泥沙在7个观测断面的5个位置的含量。渠道的平均含沙量变化范围在 $0.637 \sim 0.813 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,较多年平均含沙量( $2 \sim 3 \text{ kg}/\text{m}^3$ )低,因为多年含沙量数据观测数据来自于渠道一级站或距离黄河较近的渠道水文站,泥沙在进入渠道后开始逐渐淤积,在渠道输送过程中,泥沙含量逐渐减少。可见,黄河引水来沙量较大,渠道在长期灌溉过程中的淤积泥沙量也较大。

表3 各观测点的泥沙含量

Table 3 Sediment concentration tables at each observation point

观测位置 Observation position	断面 Section						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0.750	0.818	0.690	0.728	0.893	0.915	0.823
2	0.675	0.763	0.575	0.495	0.693	0.655	0.570
3	0.749	0.953	0.603	0.615	0.785	0.740	0.675
4	0.758	0.763	0.603	0.560	0.735	0.665	0.610
5	0.723	0.768	0.818	0.788	0.918	0.893	0.925
断面均值 Mean of section	0.731	0.813	0.658	0.637	0.805	0.774	0.721

**2.3 泥沙颗粒级配** 泥沙颗粒级配是影响泥沙运动的重要因素,在河道整治与防洪、灌溉、渠道冲淤平衡等研究时,都需要了解泥沙颗粒级配的资料。

按美国制计算细沙粒径为 $0.01 \sim 2.00 \mu\text{m}$ ;中沙粒径为 $2.00 \sim 50.00 \mu\text{m}$ ;粗沙粒径为 $50.00 \sim 2000.00 \mu\text{m}$ 。渠道细

沙所占比例平均值为 $23.02\%$ ,中沙为 $66.68\%$ ,粗沙为 $10.30\%$ 。由图2可以看出,在观测渠段内中沙所占比例整体上有所增大,细沙所占比例变化幅度不大,而粗沙所占比例有所减小。断面4至断面5渠段各组分泥沙所占比例有

(下转第240页)

**4.4 加快产业转型升级** 全力推进农业产业化示范区、现代农业产业园区建设,加快培育骨干龙头企业+合作社+家庭农场的新型产业化联合体,大力发展农产品精深加工,延长产业链条。2017年农产品加工产值力争突破570亿元。

**4.5 促进产业融合发展** 大力实施“互联网+现代农业”行动计划,培育农业物联网技术示范应用点10个,发展农业电子商务网站(网店)数量达200家。重点打造城郊特色休闲农业产业环,以及202省道沿线、泗永公路为轴线的特色休闲农业产业带,建设榴园石榴小镇、段园葡萄小镇、渠沟芳香小镇以及百善镇三产融合示范镇,推进田园综合体、美丽乡村产业发展。

**4.6 培育新型经营主体** 重点培育100家农民专业合作社示范社、100家示范家庭农场、20家农业产业化联合体。引导社会力量创办专业化服务组织,开展农资供应连锁、工厂化育苗、农机跨区作业、统防统治、粮食烘干、沼液配送等“订单式”“保姆式”“全程式”服务<sup>[7]</sup>。

**4.7 稳妥推动融资试点** 加强与国有商业银行、农村商业银行、邮政储蓄银行的合作,加快推进“劝耕贷”等金融新产品的推广。加强与农业担保公司等合作,化解新型经营主体融资难和融资贵的问题,帮助农业企业在“新三板、新四板”

融资,推进政策性农业保险提标扩面,稳步开展“保险+信贷+股权”“保险+信贷(担保、期货)”等试点。

**4.8 加强质量安全监管** 开展农产品质量安全追溯试点,推进质量安全信用体系建设,实施“三品一标”农产品补助政策,推行农产品生产“红榜”和“黑名单”制度,培育“三品一标”农产品60个、省级以上知名农产品品牌20个。

#### 参考文献

- [1] 宗锦耀. 三大工程拓展产业融合新境界[EB/OL]. (2016-01-12)[2017-07-13]. [http://news.xinhuanet.com/politics/2016-01/12/c\\_128618735.html](http://news.xinhuanet.com/politics/2016-01/12/c_128618735.html).
- [2] 刘明. 食品工业技术创新与支撑体系研究:以安徽省淮北市为例[J]. 淮北职业技术学院学报,2015(2):122-126.
- [3] 徐永. 浅析淮北市农业基础设施建设[J]. 安徽农学通报,2010,16(1):16.
- [4] 吴永生. 淮北市农业产业化发展势头良好[EB/OL]. (2017-05-19)[2017-07-13]. <http://ah.anhnews.com/system/2017/05/19/007626835.shtml>.
- [5] 中华人民共和国农业部. 农业部关于印发全国农产品加工业与农村一二三产业融合发展规划(2016-2020年)[A/OL]. (2016-12-10)[2017-07-13]. [http://www.moa.gov.cn/govpublic/XZQYJ/201611/t20161117\\_5366803.htm?from=timeline&isappinstalled=0](http://www.moa.gov.cn/govpublic/XZQYJ/201611/t20161117_5366803.htm?from=timeline&isappinstalled=0).
- [6] 丁贤飞. “组合拳”催生现代农业[EB/OL]. (2010-06-15)[2017-07-13]. <http://news.163.com/10/0615/04/696LJAND00014AEE.html>.
- [7] 汪珍. 淮北市农业发展现状及“十三五”农业发展对策[J]. 安徽农学通报,2016,22(9):26-28.

(上接第206页)

明显的变化,推测由于断面4后面的渠道相较前面的渠道过水断面面积变小,水流流速变大,渠道受到一定程度的冲刷,渠底淤积的沙被冲起,导致渠段内中沙和粗沙所占比例增大,细沙比例减小。

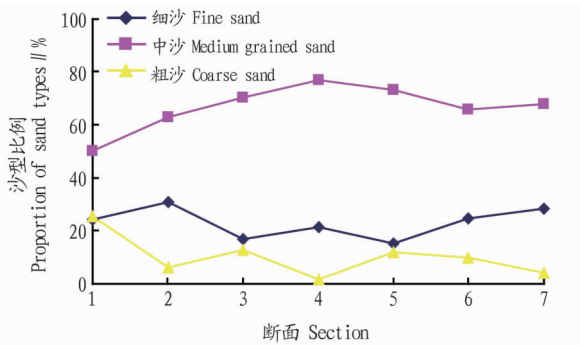


图2 断面各组沙型所占比例

Fig.2 Proportion of sand types in each section of the cross section

### 3 结论

观测断面的引水中细沙偏多,渠道的平均含沙量较历史

多年平均含沙量低,由于渠道部分经过改造部分仍维持天然形态,含沙量变化无明显规律;不同引水条件的引黄灌区,其引沙粗细也有所不同,该研究灌区引水中细沙所占比例达到了89.70%,粗沙所占比例只有10.30%,且细沙含量变化不明显,粗沙含量沿程呈递减的趋势,泥沙整体的淤积情况良好,其证实了一干渠首的沉沙池和西下村段部分渠道的改造起到了良好的效果。

#### 参考文献

- [1] 曹文洪,戴清,方春明,等. 引黄灌区水资源配置理论与关键技术研究[M]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [2] 蒋如琴,戴清. 黄河下游引黄灌溉及发展对策[C]//中国水利水电科学研究院,台湾大学,美华水利学会. 1997 第三届海峡两岸水利科技交流研讨会论文集. 北京:IWHR,1997:312-321.
- [3] 钱宁,万兆惠. 泥沙运动力学[M]. 北京:北京科学出版社,1983.
- [4] 贾希春. 黄河引水灌区渠道泥沙处理措施[J]. 宁夏农林科技,2009(5):36-37.
- [5] 刘贤娟. 黄河尊村灌区泥沙问题研究[J]. 广东水利电力职业技术学院学报,2007,5(3):55-58.
- [6] 水利部水文局. 江河泥沙测量文集[M]. 郑州:黄河水利出版社,2000.
- [7] 运城市水利勘测设计研究院. 山西省尊村灌区续建配套与节水改造工程总体可行性研究报告[R]. 2013.