

# 蹬口扬水灌区输水干渠来沙特性解析

高红艳, 魏占民\*

(内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 呼和浩特 010018)

**摘要:**内蒙古蹬口扬水灌区是内蒙古自治区的大型灌区,近年来渠道泥沙淤积严重,严重影响灌区灌溉运行。**【目的】**探明水沙条件与渠道淤积之间的关系,保障灌区的正常运行,提高灌区灌溉水利用效率。**【方法】**在取水口,通过对灌水期前后测定水位来确定淤积厚度以及对泵站进水口泥沙野外监测及采样分析,并测定了流速及流量,室内分析了泥沙颗粒级配及特性等,综合分析确定了取水口来沙特性。**【结果】**由于停泵时间长、水流含沙量高,第1和第4灌水期前,泵站进水口前泥沙淤积厚度最厚;同时,由于泵站运行的抽吸作用,进入总干渠的泥沙量也最多,近80%以上为粒径小于50 μm的细砂,只有约20%为泥沙粒径大于50 μm的粗砂。泵站运行流量越大,停水时取水口淤积厚度越小,进入渠道的泥沙越多。在来水来沙条件不变的情况下,取水口淤积厚度受停泵时间影响,与停泵时长成正比;随着泵站的运行,在一定的含沙量下,存在一定的渠道不冲不淤临界流量。**【结论】**因此在缓减干渠淤积方面需要有特定的工程和管理措施。

**关键词:**泥沙淤积; 含沙量; 来沙特性; 灌区

中图分类号:S274.3

文献标志码:A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2017.0574

高红艳, 魏占民. 蹬口扬水灌区输水干渠来沙特性解析[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(7): 99-105.

## 0 引言

内蒙古蹬口扬水灌区是内蒙古自治区大型的引黄灌区,由于近年渠道泥沙淤积严重,对灌区的正常灌溉运行造成严重影响。一方面,由于近年来黄河支流来水来沙量加大的影响,加之黄河干流水库控导工程对流量的控制,黄河河床淤积严重,河床抬高,大量泥沙淤积在取水泵站进水口,每年有大量泥沙随泵站取水进入到渠道;另一方面,由于干渠长期高水位、小流量运行,造成灌区渠道泥沙淤积严重。国内外学者在河流泥沙特性与淤积防治方面做了大量研究。20世纪90年代以来,在引黄灌区注重节水灌溉以及水资源高效利用的前提下,广泛开展了灌溉水沙监测、泥沙处理和生态环境保护等方面研究;引黄灌区渠道自身几何要素包括比降、断面形态等不合理是造成渠道淤积的根本原因,引水引沙管理不善也是加重渠道淤积的原因之一<sup>[1]</sup>;灌区渠道存在的主要问题之一是渠道淤积严重,提出了从水源站和沉沙地2方面采取工程措施以减少提黄含沙量以及优化渠道断面以提高挟沙能力等解决方案<sup>[2]</sup>。但是,蹬口扬水灌区在地理位置、引水方式、引水时间方面都有其特殊性,因此造成了该灌区在来水来沙等方面的特有规律。为此,研究蹬口扬水灌区渠道泥沙淤积的影响因素,探明取水口处的来沙特性,以期有效解决灌区泥沙淤积问题等提供一定参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 灌区概况

内蒙古蹬口扬水灌区地处大青山南麓土默特川平原上,位于呼和浩特市和包头市之间,地处东经110°8'55"—111°48'00",北纬40°24'00"—40°34'15"。灌区东西长100 km,南北宽20 km,设计灌溉面积77 333 hm<sup>2</sup>,实际灌溉面积44 666 hm<sup>2</sup>,其中蹬口灌域面积38 000 hm<sup>2</sup>,哈素海灌域面积6 666 hm<sup>2</sup>。灌区种植结构以小麦、玉米、葵花为主。灌区地处温带大陆性季风气候区,属于温暖半干旱农业区,气候温和,光照充足,雨热同期。春季干旱多大风,夏季热雨而集中,秋季凉爽而短促,冬季漫长而寒冷。区域降水量小,蒸发量大,

收稿日期:2017-09-19

作者简介:高红艳(1982-),女,硕士研究生,主要从事农业水土工程研究。E-mail: 1344673532@qq.com

通信作者:魏占民(1960-),男,博士生导师,主要从事农业水土工程研究。E-mail: 444841507@qq.com

气温和降水量季节性变化大,湿度小,温差大,风大沙多,年平均气温为4~8℃;平均气温在11月一次年3月中旬为负,冰期一般为4个月左右,年降水量约在150~450 mm之间,降水多集中在7—9月,占全年降水量的70%左右,从东南向西北呈递减趋势,年蒸发量在1 200~2 000 mm之间。

### 1.2 试验设计

试验分为野外测试和室内测试2部分。野外测试分为2部分,以2012年为典型年份,一部分在总干渠、民生渠以及跃进渠共设置10个测试断面,每次灌水期间,对来水渠道不同断面位置进行取样测试,测定流速及流量、分析悬移质和推移质泥沙特性;另一部分在泵站进水口前端进行水下测量,分析泵站取水口泥沙淤积状况。室内测试为含沙量与泥沙颗粒级配。采样断面具体布置如图1和表1所示。

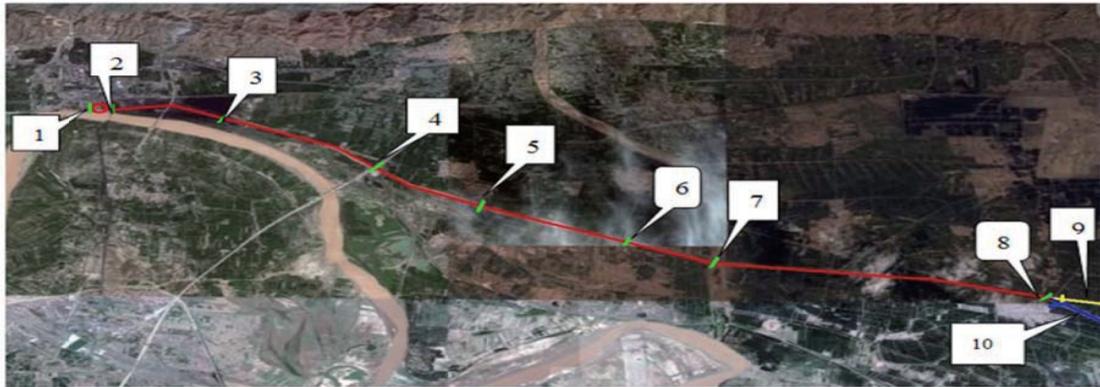


图1 采样断面布置图

表1 采样断面位置

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
断面	泵站取水口	泵站出水口	东富桥	官地桥	土合气桥	大巴拉盖桥	五当沟	总干渠末端	民生渠	跃进渠
桩号	25	0+000	1+129	4+438	7+537	10+378	14+244	18+050	18+650	18+650

根据《河流悬移质泥沙测验规范》(GB 50159—1992)要求,在总干渠各断面布设3条垂线,每条垂线的取样方法采用三点法,即分别在0.2、0.6和0.8  $H$ 处进行采样,并在该断面进行床沙采样,各断面采样点布设如图2所示。

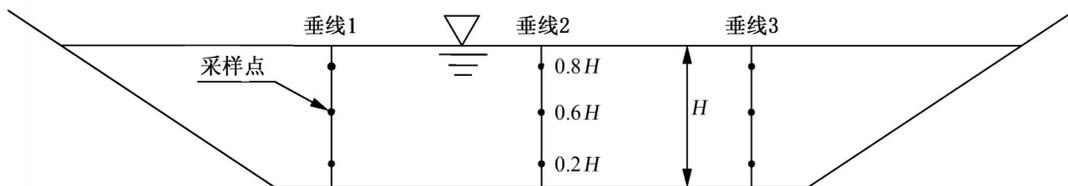


图2 采样断面采样点布设示意图

### 1.3 测试方法

泵前进水口地形测量根据事先布置好的断面位置及采样点,采用LowranceX4声呐及回声测深仪进行测量。

在测流桥及有测量条件的断面,根据《河流流量测验规范(GB50179—93)》采用多普勒超声波流速仪测量流速、流量。

根据《河流推移质泥沙及床沙测验规程(SL43—92)》及《河流泥沙颗粒分析规程(SL42—92)》要求,采用内蒙古农业大学自行研制的塞口持杆式定点水样采集器(专利号201220568757.7)采集悬移质泥沙样品。

采用烘干法测量渠道含沙量;泥沙颗粒级配样品分析检测由国家建筑材料工业地质勘察研究院测试中心完成;细颗粒采用激光粒度仪分析,于2012年在内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院农业水利工程实验室进行。

对每天早、中、晚监测到的数据进行率定、平均,按断面顺序进行整理;按灌水期对相关数据进行整合,

通过Origin、Excel软件绘图分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 泵站取水口淤积状况

以2012年为例,并与2015年对比,在各灌水期前后以取水口为起点进行水位及水深观测,以确定取水口前淤积厚度,进而分析其影响因素。2012年、2015年各灌水期开泵前及开泵后距取水口0~10 m淤积厚度见表2。

表2 2012年和2015年各灌水期开泵前后取水口淤积厚度

m

2012年测量日期	距离	1号	2号	3号	4号	5号	6号	2015年测量日期	距离	1号	2号	3号	4号	5号	6号	
第1灌水期	0330开泵	0 m	2.49	2.43	2.43	2.34	3.13		0 m	3.65	4.05	4.15	4.25	4.35	4.25	
		0 m	2.5	1.71	1.41	1.71	1.91		0404开泵	4 m	4.85	4.55	4.55	4.45	4.35	4.25
	0420停泵	4 m	1.64	1.8	1.98	2.41	1.91		10 m	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	4.75	
		10 m	2.21	1.71	2.01	2.31	2.31		0424停泵	4 m	4.85	4.85	4.95	5.05	5.05	5.15
第2灌水期		0 m	1.43	1.6	1.6	1.6	1.4		10 m	4.75	4.85	4.95	4.95	4.95	5.05	
	0521开泵	4 m	0.33	0.49	0.67	1.1	0.6		0519开泵	4 m	5.3	5.4	5.5	5.2	4.5	4
		10 m	0.9	0.4	0.7	1	1		10 m	4.8	4.9	4.9	5	5.1	5.1	
	0609停泵	4 m	2.15	2.15	2.15	2.25	2.05		0803停泵	4 m	4.15	4.45	4.65	4.65	4.75	3.95
第3灌水期		10 m	1.95	1.95	1.95	1.95	2.05		10 m	4.25	4.25	4.45	4.45	4.45	4.55	
		0 m	0.97	1.47	1.17	1.27	1.47		1016开泵	4 m	5.77	5.82	5.87	5.87	5.87	5.87
	0618开泵	4 m	2.07	2.27	2.37	2.07	2.37		10 m	4.97	4.97	5.07	5.07	5.17	5.17	
		10 m	2.37	2.37	2.37	2.57	2.37		1123停泵	4 m	4.09	4.29	4.39	4.49	4.49	3.69
第4灌水期		0 m	1.03	1.23	1.13	0.93	0.63		10 m	4.49	4.59	4.59	4.59	4.79	4.89	
	0721停泵	4 m	2.23	2.23	1.93	2.03	1.93		-	-	-	-	-	-	-	
		10 m	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43		-	-	-	-	-	-	-	
	1109停泵	4 m	1.17	1.37	1.37	1.17	0.97		-	-	-	-	-	-	-	
	10 m	0.67	0.77	0.97	0.97	0.87		-	-	-	-	-	-	-		

注 点号为取水口处从西至东平均分布的6个进水口,0、4、10 m分别为从取水口向前推移距离(因受实际情况影响,2012年第1灌水期开泵时只得取水口0 m数据,2015年第2和第3灌水期中间没有灌溉间歇期,因此只有1组数据)。

由表2可以看出,2012年和2015年泵站取水口前河道淤积厚度呈相同规律。第4灌水期前泵站取水口淤积最厚,其次为第1、第2、第3灌水期。第1灌水期停泵时间约为130 d,第2灌水期停泵时间约为15 d,第3灌水期停泵时间约为20 d,第4灌水期停泵时间约为90 d。可见,进水口前的淤积厚度与2次灌水周期之间的停泵时长有关。

第1灌水期停泵时间为11月下旬—次年3月,第2灌水期为4月底—5月上旬,第3灌水期为5月底—6月中旬,第4灌水期为7月下旬—10月上旬。第1灌水期前的停泵时间最长,取水口淤积厚度却较第4灌水期小,主要原因是第1灌水期前停泵期间正是黄河凌汛期,支流的来水、来沙量小,加之水位高、流速低,大量泥沙在河道内淤积,使黄河总体含沙量不足畅流期的1/10,而第4灌水期前的停泵期正是黄河夏汛期,其支流的高含沙洪水汇入黄河干流,使泵站前的水流为高含沙水流,致使第4灌水期前取水口淤积厚度最厚。

因此,在来水来沙条件不变的情况下,停泵时间越长,泵站取水口前的淤积厚度越厚;同时停泵时间也是取水口淤积厚度的客观影响因素。

### 2.2 黄河泥沙成分对取水口泥沙的影响

于2012年和2015年在内蒙古磴口扬水灌区取水口取样,测量、分析含沙量,以2012年为例,结果如表3所示。

表3 2012年和2015年取水口含沙量对比

年份	抽水量/亿 m <sup>3</sup>	入渠泥沙总量/万 m <sup>3</sup>	>0.05 mm 颗粒占比/%	<0.05 mm 颗粒占比/%
2012	1.862 4	22.309 8	18.95	81.05
2015	3.150 8	35.743 6	20.60	79.40

表4 2012年不同采样时段泥沙粒径占比

采样时间	0402	0411	0413	0524	0528	0622	0702	0717	1002	1106	平均值
0~50 μm	90.45	77.99	79.41	75.22	88.82	84.80	78.61	94.84	84.60	55.79	81.05
50~75 μm	6.97	10.33	9.23	12.07	7.1	10.85	11.92	4.36	8.25	11.59	9.27
75~100 μm	1.53	3.50	3.27	5.02	2.16	2.53	3.98	0.69	2.18	6.90	3.18
100~250 μm	1.01	6.03	6.26	6.14	1.92	1.72	4.93	0.11	3.12	17.69	4.89
250~500 μm	0.04	2.15	1.83	1.54	0	0.10	0.56	0	1.85	7.90	1.60
500~1 000 μm	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0	0.13	0.01

由表3和表4可知,根据美国制标准,砂粒(>50 μm)平均占18.95%,粉土和黏土量(0~50 μm)平均占81.05%,超过80%的泥沙为冲泻质,不参与造床作用。2012年泵站运行89 d,黄河推移质泥沙占总泥沙量18.95%,黄河悬移质泥沙量占81.05%;2015年泵站运行136 d,进入总干渠的总沙量中,易沉积粗砂占20.6%,易形成推移质,细砂占79.4%,易形成悬移质。

综上,悬移质泥沙粒径小,并不参加造床作用,取水口前淤积的泥沙主要来自黄河河床的推移质泥沙,很少一部分泥沙来自于黄河悬沙在取水口处的沉降泥沙。因此,开泵前取水口淤积的泥沙以推移质形式进入渠道;除此之外,还有部分黄河悬沙经取水口进入总干渠后,在一定的条件下也会沉降,造成渠道淤积。

## 2.3 流量对取水口泥沙的影响

### 2.3.1 流量对取水口泥沙入渠影响

为了分析流量对取水口泥沙入渠的影响,除了在泵站取水口测量淤积厚度外,还在取水口按灌水期进行水样采集。根据采样结果分析泵站出水口含沙量和流量的变化过程,进而确定流量对泥沙入渠的影响关系。以2012年为例,统计各灌水期泵站出水口的含沙量和流量,结果如表5所示。

表5 2012年各灌水期流量、含沙量

指标	第1灌水期							第2灌水期						
	0330	0403	0406	0409	0412	0415	0418	0524	0527	0530	0602	0505	0608	-
含沙量/(kg·m <sup>-3</sup> )	2.9	5.8	4.8	2.5	3.4	0.2	0.9	1.25	1.2	3.75	3.6	2.65	2.65	-
流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	14	18	19	12	12.5	12.5	12.5	13	20	26	19	13	13	-
指标	第3灌水期							第4灌水期						
	0621	0625	0629	0703	0707	0711	0715	1015	1019	1023	1027	1031	1105	1109
含沙量/(kg·m <sup>-3</sup> )	1.75	1.2	2.4	2.7	3.2	2.2	1.25	3.5	2.25	2.6	2.3	2.5	2.4	1.6
流量/(m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )	38	38	25	30	37	38	25	13	25	32	32	31	31	25

由表5可知,第1、2灌水期含沙量呈先增大后减小的变化趋势。第3灌水期整个过程含沙量较小,一方面是因为这一灌水期泵站运行时间较长,流量总体较大,开泵前几天抽吸了大部分取水口淤积泥沙,致使此后入渠含沙量减小;另一方面,由于该时期黄河流量小,挟沙能力弱,水流含沙量小,无明显降雨,支流来沙量小,因此入渠含沙量较小。在第4灌水期初期,流量较小而含沙量较大,这主要是由于开泵前取水口淤积高度大于拦沙坎高度较多,因此开泵后,高于拦沙坎的泥沙很快入渠,此后含沙量与流量呈现基本一致的变化趋势,后期含沙量减小,表明取水口入渠的淤积泥沙也相应减少。

可见,各灌水前期入渠含沙量与抽水流量成正比。同时,与泵站前泥沙堆积及黄河来水来沙量相关,每个灌水期开泵初期入渠含沙量较大,随后含沙量与黄河来水来沙量保持一致。

### 2.3.2 流量对取水口淤积的影响

由表2和表4可知,停泵前后的泵站取水口前淤积厚度的变化与抽水的流量和时间相关,抽水时间越长、流量越大,泵站取水口前的高程越低。图3给出了不同灌水期日均流量的变化。

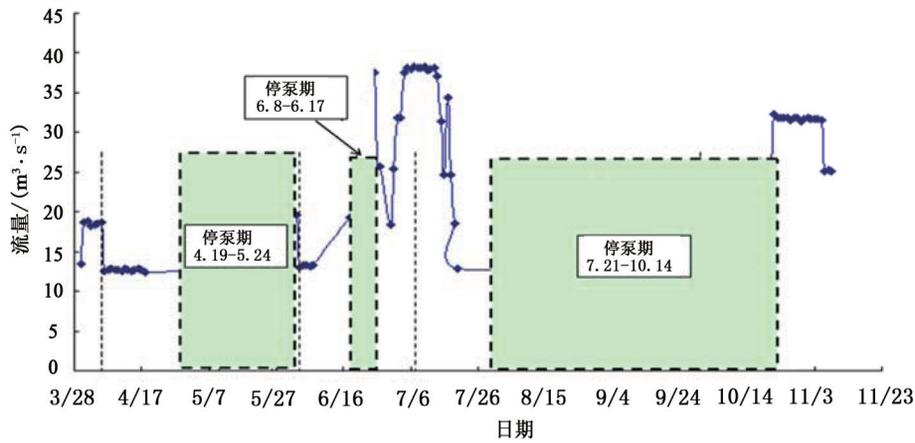


图3 2012年各灌水周期日均流量图

由图3和表2可知,第1灌水期泵站运行20 d,除4月1—6日平均运行流量约为 $18 \text{ m}^3/\text{s}$ ,其他时间平均流量约为 $12 \text{ m}^3/\text{s}$ ,泵站运行时间短,抽水流量小,所以第1灌水期后泵站进水口前的泥沙高度变化不大。第4灌水期抽水流量大,泵站运行时间长,而此时黄河无高含沙水流汇入,黄河含沙量低,所以第4灌水期后,泵站进水口前泥沙淤积厚度明显减小。

第3灌水期灌水前后,泵站进水口前泥沙淤积厚度基本不变,这是因为该时段虽抽水流量大、历时长,但该时期为黄河的夏汛期,从上游“十大孔兑”支流汇入黄河的水流为高含沙水流,导致该时期黄河水流含沙量大,抽取的沙量与黄河输移泥沙基本保持平衡。

开泵时,淤积厚度从取水口前到距离取水口 $4\sim 10 \text{ m}$ 处逐渐减小(第3灌水期开泵前停泵时间较短,其取水口前变化规律有所不同);停泵时,淤积厚度从取水口前到距离取水口 $4\sim 10 \text{ m}$ 处逐渐增大,并且开泵时取水口前淤积厚度大于停泵时的淤积厚度。此现象说明泵站运行过程中,由于拦沙坎的设置,取水口前淤积的泥沙厚度与拦沙坎相同,又由于进入泵站的水流挟沙作用,使淤积厚度由远及近呈现降低趋势,因而在水泵运行过程中始终有推移质泥沙移动向取水口。泵站非运行时期,取水口前淤积泥沙被黄河主流带走,淤积厚度减小,靠近主流处淤积厚度明显降低。

### 2.3.3 流量对干渠淤积的影响

2012年各断面含沙量沿程变化如图4所示。

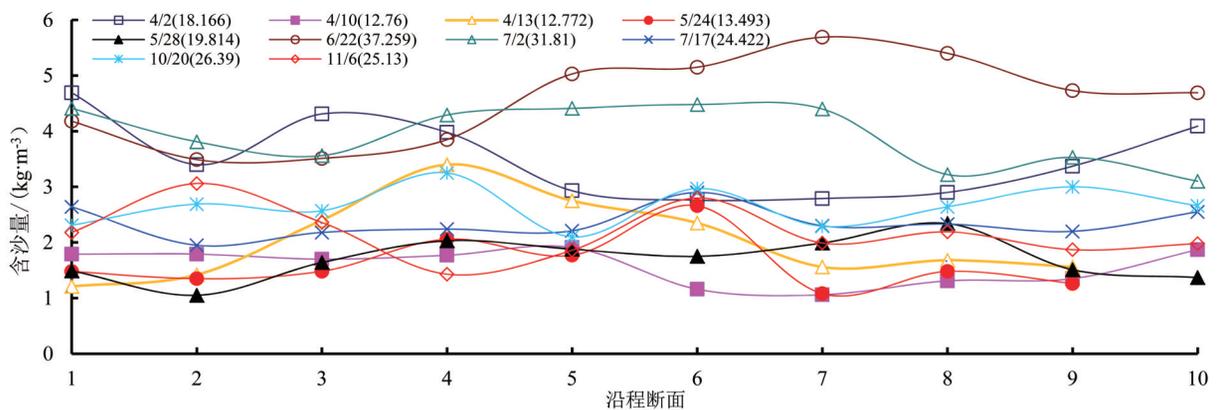


图4 含沙量沿程变化图

从图4可以看出,5月24日和28日,泵站出水口的含沙量都为 $1.5 \text{ kg}/\text{m}^3$ ,5月28日流量( $19.814 \text{ m}^3/\text{s}$ )较5月24日( $13.493 \text{ m}^3/\text{s}$ )多出1台泵流量( $6 \text{ m}^3/\text{s}$ )。5月24日沿程含沙量变化较大,而5月28日变化平缓,即淤积不明显。说明含沙量在 $1.5 \text{ kg}/\text{m}^3$ 左右时,为保证渠道不发生淤积,渠道的流量应该保持在3台泵流量以上。

6月22日和7月2日的含沙量都在 $4.0 \text{ kg}/\text{m}^3$ 以上,而6月22日流量为6台泵运行,7月2日为5台泵运行,6月22日总干渠含沙量沿程增加,7月2日,含沙量沿程略有减小,说明6台泵运行时,即使含沙量较大,但总干渠仍处于冲刷状态,即在高含沙水流( $4.0 \text{ kg}/\text{m}^3$ 以上)时保证总干渠不发生淤积的临界流量为5台泵运行

流量。

7月17日、10月20日和10月6日总干渠内的流量都为4台泵运行流量且含沙量都在 $2.5 \text{ kg/m}^3$ 左右,含沙量沿程变化不明显,即总干渠基本上处于不冲不淤状态。因此,含沙量在 $2.5 \text{ kg/m}^3$ 左右时保证总干渠不冲不淤的临界流量为4台泵流量。

#### 2.4 扬水站位置以及灌水周期对入渠泥沙的影响

由于磴口扬水灌区泵站位于黄河泥沙淤积严重、河道变化频繁的位置,且汛期支流的高含沙、大颗粒泥沙淤积在该河段,而泵站的进水口位置较低,开泵时,泵站的抽吸作用将黄河带来并淤积在取水口前的粗颗粒泥沙抽入总干渠,导致总干渠淤积。同时,泵站的运行时间也是造成总干渠含沙量增加的另一个重要因素。图5给出2011、2012、2015年黄河(内蒙古段)不同年份河道平均输沙率。

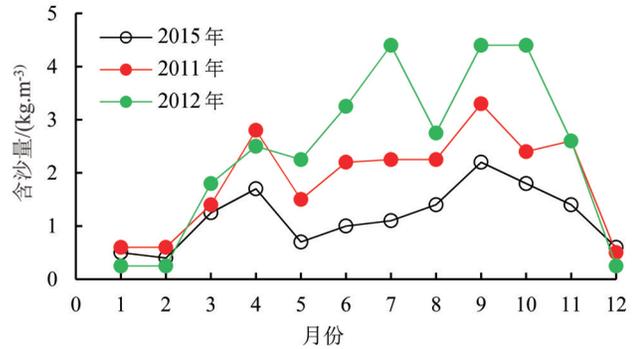


图5 不同年份月平均输沙率

从图5可以看出,河道含沙量高的时期主要为3—4月和8—10月,而第1个灌水期泵站运行时间一般在4月,第4个灌水期为10月上旬至11月中旬,这恰好与黄河的2个高含沙期相同,加之引水量大、引水时间长,因而进入总干渠的总泥沙量增加。

### 3 讨论

内蒙古磴口扬水灌区和其他引黄灌区一样引黄必引沙,因此造成渠道淤积;受地理环境影响,渠道比降小、糙率大、断面不合理等也加重渠道淤积。同时,由于磴口扬水灌区位于黄河内蒙古段主要的沙源地黄河内蒙古段支流“十大孔兑”下游,尤其是汛期高含沙量水流进入到黄河主河道迅速淤积,致使泵站取水口前的淤积高度接近或超过取水口高程,而作物需水期正好与这一时期重合,开泵时,由于水泵的抽吸作用导致淤积在进水口前的泥沙进入到干渠,而成为干渠泥沙的主要沙源之一,这一点和多数研究结果相同;另一方面,干渠经过多年运行,渠道断面发生变化,运行流量已不可能达到设计流量,在实际灌溉运行中,人为的壅高渠道下游水位,减缓了渠道比降,从而使渠道水流挟沙能力不足,造成渠道淤积。内蒙古磴口扬水灌区采用泵站扬水的引水方式,根据泥沙质量浓度垂向分布规律,抽吸的是表层以下的高含沙水流,受前期工程设置及黄河水沙条件限制,一旦河床发生淤积,由于泵站抽吸作用,取水口处会有大量泥沙经过,这一点与自流式灌区取表层低含沙清水的情况有所不同;该灌区取水口来沙主要由悬移质和推移质组成,其中占小部分的推移质是渠道淤积泥沙的主要组成部分,同时在泵站运行稳定期,会产生相对的不冲不淤临界流量。

### 4 结论

以2012年为典型年份,通过对取水口来沙量、泥沙颗级配及流量进行相关分析,得出内蒙古磴口扬水灌区取水口来沙特性:

1)在来水来沙条件不变的情况下,停泵时间越长,泵站取水口前的淤积厚度越厚;同时停泵时间也客观影响取水口的淤积厚度。

2)进入总干渠的泥沙近80%以上为粒径小于 $50 \mu\text{m}$ 的细砂,只有约为20%以上的泥沙为粒径大于 $50 \mu\text{m}$ 的粗砂;各灌水前期入渠的推移质泥沙量与流量成正比,随后与黄河来水来沙量保持一致;另一方面,入渠含沙量与泵站前泥沙堆积及黄河来水来沙量相关,由于泵站的抽吸作用,流量与停泵时取水口淤积厚度成反比;同时,在一定的含沙量下,存在一定的渠道不冲不淤临界流量。

3)为缓解灌区干渠淤积情况,建议一方面在每次开泵前在泵站进水口进行冲沙、拉沙措施,配合在泵站进水口前设置叠梁闸门可以有效阻止泥沙入渠,另一方面优化泵站的管理运行方式,保证高于一定的含沙量临界流量运行,尽量避免长时间在黄河高含沙期引水。

#### 参考文献:

- [1] 李国元,刘春晶,付超,等.引黄灌区渠道淤积的负面影响与原因分析[J].水利经济,2008,26(6):59-60.
- [2] 尚静.黄河小北干流引黄灌区渠道淤积解决方案浅析[J].山西水利,2013(5):46-47.

- [ 3 ] 张瑞瑾,谢鉴衡,陈文彪. 河流动力学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2007.
- [ 4 ] 张瑞瑾. 河流泥沙动力学[M]. 北京:中国水利水电出版社,1998.
- [ 5 ] 麦乔威,赵苏理. 黄河水流挟沙力问题初步研究[J]. 泥沙研究,1958(2):1-9.
- [ 6 ] 李春涛,许晓华. 位山引黄灌区泥沙淤积原因及处理对策[J]. 泥沙研究,2002(2):1-5.
- [ 7 ] 周振民. 黄河下游引黄灌溉排水河道淤积研究[J]. 人民黄河,2002, 24(11):34-35.
- [ 8 ] 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.
- [ 9 ] 曹磊. 沿黄供水泵站泥沙特性及定期冲洗式沉沙池优化设计研究[D]. 太原:太原理工大学,2013.
- [10] 李超,于键,李伟帅,等. 磴口扬水灌区总干渠泥沙特性研究[J]. 灌溉排水学报,2015,34(8):87-91.
- [11] 江恩慧,王远见,张原峰,等. 黄河泥沙研究新进展[J]. 人民黄河,2016,36(10):24-31.
- [12] ARIZA E, JIMÉNEZ J A, SARDÁ R. Seasonal evolution of beach waste and litter during the bathing season on the Catalan coast[J]. Waste Management, 2008, 28(12):2 604-2 613.

## Analysis of the Factors Affecting Sedimentation in Canals Ditching Yellow River Water for Irrigation

GAO Hongyan, WEI Zhanming\*

(Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010018, China)

**Abstract:** Dengkou is an irrigation district pumping water from the Yellow River for irrigation. Its performance has deteriorated over the past few years due to sediment deposit. The purpose of this paper is to analyze the factors that affected the sedimentation. **【Method】** We calculated the depth of the sedimentation at the entry to the canal by measuring the water levels before and after irrigation, as well as the sediment content of the water at the entry to the pumping station. In the meantime, we also measured flow velocity and flow rate and analyzed the size and size-distribution of the sediments. **【Result】** The sediment at the entry to the pumping station was thickest prior to the first and the fourth irrigation because the pumps had been put at rest for a long period and the sediment content in the water was high. As such, more sediments were pumped into the canal, in which 80% had an average diameter less 50  $\mu\text{m}$ . The amount of sediment pumped into the canal increased with the pumping rate. **【Conclusion】** Under the same conditions, prolonging the rest time of the pump increases the thickness of the sediments at the entry. At a given sediment content, there is a critical pumping rate at which there is no sedimentation. Therefore, improving engineering management can reduce sediment deposition in the canals.

**Key words:** sedimentation; sediment content; characteristics of extraneous sediment; irrigation district

责任编辑:刘春成