

治黄基金项目

1990—001

黄河下游凌汛期水资源 合理利用分析

黄委会引黄灌溉局

一九九一年九月

治黄基金项目

1990—001

黄河下游凌汛期水资源合理利用分析

黄委会引黄灌溉局

一九九一年九月

黄委会治黄技术开发基金项目
黄河下游凌汛期水资源合理利用分析

项目负责人：周振民

报告编写：李强坤

审 核：周振民

主要研究人员：周振民 李强坤 占子胜

程广瑜 赵军书

目 录

前 言

- 一、凌汛期黄河下游水资源特点..... (2)
 - (一) 降水稀少..... (2)
 - (二) 黄河水量较小,但尚可利用..... (3)
 - (三) 黄河泥沙含量低..... (3)
- 二、凌汛期引黄的必要性分析..... (7)
 - (一) 引黄灌区面积增大,引黄需水量越来越多。开展凌汛期引黄补源输入,是解决引黄水资源不足的重要途径..... (7)
 - (二) 引黄灌溉,满足农作物的生长需要..... (8)
 - (三) 及早引水,可缓解春旱用水紧张..... (9)
 - (四) 分水防凌,除害与兴利并举..... (10)
 - (五) 水质清洁,利于引用..... (10)
- 三、凌汛期引黄的泥沙和引黄水的肥效问题..... (11)
 - (一) 不经沉沙池可直接利用..... (11)
 - (二) 渠道挟沙能力增大,可实现输沙入田..... (12)
 - (三) 凌汛期引黄水的肥效问题..... (14)
- 四、凌汛期黄河下游水资源利用现状及进一步扩大引黄量的可行性分析..... (15)
 - (一) 利用现状..... (15)
 - (二) 进一步扩大引黄量的可行性分析..... (17)

五、凌汛期引黄效益分析.....	(19)
(一) 灌区运用效益.....	(19)
(二) 引黄送水效益.....	(22)
六、凌汛期引黄存在问题及其对策.....	(24)
(一) 凌汛期水量水温变化和引水时机选择.....	(24)
(二) 水工建筑易被冻坏.....	(24)
(三) 用水管理存在困难.....	(25)
七、凌汛期引黄的前景展望.....	(25)

前 言

近几年来,由于黄河下游地区沿黄两岸工农业生产的迅速发展,引黄灌区范围的不断扩大,年需引黄水量急剧上升。相反,由于各种因素的影响,黄河干流年径流量却不断减少,还时常出现断流现象。据有关资料分析,年黄河下游工农业需水量约266亿 m^3 (其中,河南90亿,山东84亿,河北82亿,天津10亿),而黄河下游平均年可供水量仅为100亿 m^3 左右,是需水量的38%,供需相差166亿 m^3 ,矛盾非常突出。并且据估计,随着生产力的发展,这一矛盾还将进一步激化,变得更加尖锐。

为缓解这一趋势,目前,下游各引黄灌区都纷纷采取了一系列的节水措施,尽量减少水资源的浪费,使每一方水都能发挥出其最大的效益。但在灌溉的淡季—凌汛期(本年11月至翌年3月,又称冬五月或冬季,下同),黄河下游地区却由于作物灌溉需水量不大,因而引黄较少。除个别口门向华北地区缺水比较严重的几个工业城市送水以外,大部分的黄河水都未加利用,白白地注入了大海,从而造成了大量的黄河水资源浪费。

为了合理开发利用凌汛期黄河水资源,通过对凌汛期黄河下游水资源内在机理、引黄泥沙和引黄效益的分析,提出在该时期的黄河水资源开发利用的合理方案,最大限度地减少水资源的浪费,提高黄河水资源利用率,达到缓解下游地区用水紧张之目的,开展了黄河下游凌汛期黄河水资源合理利用的分析研究工作。

《黄河下游凌汛期水资源合理利用分析》是一个综合性较强的题

目,涉及面很广,研究内容难度大,本文在对黄河下游引黄灌区调查的基础上,对凌汛期引黄的必要性、现状和合理引黄方案,进行了分析,提出了开展凌汛期引黄可能出现的问题及相应对策的可行性方案,对今后的发展方向进行了预测,但限于人力、时间和经费之不足,谬误及不足之处,实在难免。渴望在今后工作中不断完善,以便进一步提高引黄的社会效益和经济效益。

一、凌汛期黄河下游水资源特点

黄河进入十一月份后,一直到翌年的二月底、三月初。由于上、下游纬度的差异,封、开河时间先上后下,易在黄河下游形成凌汛。因而,这段时间在黄河上叫做“凌汛期”。这一时期内,黄河下游地区的水资源特点主要表现在:

(一) 降水稀少

黄河下游地区属暖温带半湿润季风气候,其水汽主要来源于西太平洋和南部北部海湾,进入凌汛期后,由于受极地大陆冷气团(以蒙古高压为主)的控制,多西北风,气候寒冷干燥,雨雪稀少。其年降水量虽然在510~790mm之间,但70%—80%的降水量都集中在6—9月份,凌汛期五个月的降水所占比例尚不足全年的10%,个别地区有时整整一个月内都无一滴降水。1987年山东省沿黄六个地市(菏泽、聊城、德州、惠民、济南、东营)十二月份除东营阵有1.0mm的水量外,其余降水量均为0.0mm。1988年,2月份和11月份,沿黄六个地市的降水量都为0.0mm。黄河下游较小的冬季降水资源,对冬小麦的生长十分不利,难以满足其同时期的工农业生产需求。因此,只有通过合理引黄才是解决该时期降水稀少这一问题的根本途径。

(二) 黄河水量较小,但尚可利用

进入凌汛期后,由于气候原因,天然来水较少,该时期的黄河下游河道流量均属上、中游的地下径流汇集,按一般规律来讲属于退水趋势。据历年资料统计,该时期三门峡以上来水约占90%,三门峡—花园口间支流伊、洛、沁河来水量占10%。因受宁夏、内蒙河段封冻、消凌、增多河槽蓄水的影响,凌汛前后期流量大,中间流量小,呈现出由大到小,再由小到大的变化过程。

三门峡水库的调蓄运用方式与下游河道流量的大小关系十分密切。进入凌汛期后,结合黄河下游防凌,三门峡水库放水虽受到一定的限制,但也不能多蓄,多蓄将影响泾、渭两河排涝,因而,还向下游泄有一定的水量。

凌汛末期,由于气温回升,上、中游地区冰雪融化,汇入河槽,也将使下游流量有所上升。此时正值桃花盛开季节,人们俗称之为“桃汛”。

综合上述各种因素,对1919—1974年花园口站56年的实测流量资料,通过还原计算,列出不同水文年黄河花园口站逐月平均流量表,见表1—1。

对表1—1运用径流计算,可得出花园口站不同水文年的年径流量及凌汛期径流量,见表1—2。

由表1—1来看,虽然凌汛期月均流量较小,但表1—2的计算结果表明,即使在干枯 $P>80\%$ 的年份,凌汛期黄河下游也有84亿 m^3 水量通过,平均年份凌汛期下游通过水量118亿 m^3 。不同水文年份凌汛期黄河下游通过水量基本占年总量的20%左右,由此看来,凌汛期黄河下游水资源的开发利用是可行的。

(三) 黄河泥沙含量低

黄河是一条高泥沙河流。据郑州花园口站实测，多年平均输沙量达12.5亿吨，1966年7月18日，黄河干流龙门站实测最大含沙量高达933 kg/m³。其泥沙的主要来源是河口镇以下的黄河中游地区，该地区土层深厚，土质疏松，地面坡度较大，植被稀少，每逢夏、秋两季，降雨集中，表层土不断遭到雨水的侵蚀，平均年0.2—2 cm，是黄河的主要沙源，约占全河来沙的90%左右。但进入凌汛期后，一方面由于受季风气候影响，降雨减少，雨强降低，大大削弱了雨水对地面的冲刷能力；另一方面，凌汛期由于气温过低，土壤被冻结，土质坚硬，也不易冲刷。因而，凌汛期这一地区水土流失较轻。其它地区情况也与之相类似。黄河泥沙含量随之而降低。有些河段甚至出现无沙现象。

表1—3是花园口水文站1974—1986年的逐月平均含沙量资料。从中可以看出，年月均最小含沙量出现在4、5月份，74—86年13年平均分别为4.865、4.245 kg/m³。凌汛期11月~翌年3月份，多年月平均含沙量为6.97 kg/m³，同8月份的39.90 kg/m³相比，差32.9 kg/m³之多，仅占七月份45.26 kg/m³的15.4%。在凌汛期内含沙量的变化也同水量相似，呈现两头大，中间小的变化过程。

表 1—1 不同水文年黄河花园口站逐月平均天然径流量表

(1919—1974)

m³/s

月 份	不 同 水 文 年					备 注
	P<20%	P=20~40%	P=40~60%	(偏枯) P=60~80%	(枯) P>80%	
4	1412	1236	1180	951	801	
5	1568	1365	1428	1219	955	
6	1826	1683	1683	1537	1296	
7	4020	3156	2626	2882	2144	
8	5408	3806	3482	3290	2390	
9	5499	3974	3277	2494	2002	
10	4042	3571	2752	2000	1658	
11	2258	1971	1624	1299	1112	凌汛期
12	895	864	686	597	452	"
1	673	595	567	489	394	"
2	850	717	643	585	497	"
3	1126	1008	1002	898	771	"
平 均	2465	1996	1746	1520	1206	
凌 均	1160	1031	904	774	645	

* 参见《河南省引黄灌溉模式的研究探讨》

表 1—2 不同水文年黄河花园口站年、凌汛期天然径流量表

亿m³

	不 同 水 文 年				
	P<20%	P=20~40%	P=40~60%	P=60~80% (偏枯)	P>80% (枯)
年径流总量	777.3	629.4	550.6	479.3	380.3
凌汛期径流总量	151.2	134.5	118.1	101.0	84.2
凌占年百分比%	19.4	21.4	21.4	21.1	22.1

花园口水文站1974—1986年月平均含沙量统计表

表 1—3

单位: kg/m³

年 份	份												年平均
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
74	7.11	11.3	10.3	7.98	6.61	4.60	23	72.4	22.7	26.5	13.3	11.9	22.1
75	9.68	8.76	6.16	6.28	5.57	3.77	49.2	42.2	41.6	27.7	15.5	6.37	27.6
76	6.07	6.09	5.85	4.82	2.98	2.54	13.2	36.7	25.6	12.8	10.1	6.80	18.3
77	6.07	4.6	5.46	4.49	3.38	5.36	119.0	120	28.5	10.4	7.4	5.86	49.9
78	3.79	2.43	4.53	4.16	4.43	5.36	99.4	59.6	44.0	18.2	10.0	6.54	35.4
79	6.23	6.65	7.09	5.89	3.68	3.0	32.4	68.2	24.8	15.2	9.3	10.9	26.2
80	8.01	7.08	5.85	4.38	4.06	5.13	34.2	46.5	24.2	19.5	12.5	8.78	18.9
81	8.02	6.48	7.99	6.92	5.73	17.8	46.8	51.4	27.1	21.7	9.28	6.66	27.1
82	7.06	7.11	8.04	4.95	4.27	3.43	15.2	29.0	16.0	14.5	6.66	5.43	14.7
83	5.21	4.47	4.03	3.78	3.59	5.50	16.0	21.6	22.0	18.1	9.82	7.39	14.4
84	3.03	3.33	6.89	3.51	3.14	14.7	20.8	29.1	22.7	11.4	6.28	5.80	16.3
85	4.40	4.41	6.90	3.29	4	4.33	9.66	36.3	36.1	15.5	7.30	6.48	16.8
86	4.55	3.63	4.93	2.80	3.02	3.81	31.5	13.7	10.6	4.70	2.99	4.18	11.4
74—86 平均	6.095	5.872	6.463	4.865	4.245	6.1023	45.255	39.90	26.608	16.631	9.2638	7.161	23.01

* 参见《河南省引黄灌溉模式的研究探讨》

二、凌汛期引黄的必要性分析

引黄灌溉近四十年来,虽历经坎坷,但成果丰硕。昔日两岸的沙滩,变成了今日的丰产田。引黄灌溉的重要性已逐步被人们所认识并得到重视。每逢作物需水高峰期间,各级领导都倍加关注,慎之又慎,唯恐一着有失,造成粮棉欠收。相比较而言,对灌溉淡季—凌汛期的引黄,人们却重视不够。以下针对几个方面对开展凌汛期引黄的必要性进行分析,以达到提高对凌汛期引黄的科学认识,合理开发利用凌汛期引黄水资源之目的。

(一) 引黄灌区面积增大,引黄需水量越来越多。开展凌汛期引黄补源输入,是解决引黄水资源不足的重要途径。

黄河下游引黄灌区的灌溉模式,主要有:自流灌溉、提水灌溉、井渠结合灌溉、引黄补源灌溉等。几十年来,各地群众都根据本身的经历和认识以及当地的客观条件选择出他们认为较好的模式开展引黄灌溉。但近几年来,随着黄河水资源供需矛盾的日益激化,由于自流灌溉耗水量大,水资源浪费严重,因而,引黄补源面积发展较快。据统计,山东的两千五百万亩引黄灌区中,补源提灌的占80%以上;河南也有上百万亩的面积都采用了补源提灌模式。据有关资料,在今后的几年里,引黄补源面积还会有很大程度的增加。基于这一现状,单纯依靠与自流灌区同时引黄的办法和运用自流区退水进行输水补源,已远远不能满足该区的需水要求。

补源提灌区以井灌为主,引黄的目的是为了补给地下水源,调控地下水位,维持井灌区的水量平衡,或由地表直接提灌以补充当地地下水之不足。引黄补源区一般都位于灌区最下游,输水距离远,费时较长,

因而，在引黄输水时，必须和自流灌溉实行科学合理的调配。自流灌溉在一定条件下为了实现输沙入田，要求大流量、短时间、浑水灌溉和半浑水灌溉（黄河水经过沉粗、排细的处理）。而向引黄补源区送水，为了减轻清淤负担，则应选在黄河水源含沙量小的季节进行，清水长流。

通过对凌汛期黄河下游水资源的特点分析可知，该时期虽然黄河水量不大，但水源含沙量小，加上自流区冬灌用水量不大，因而正是引黄补源的良机。为了提高补源效果，可与小麦的冬灌、早春灌相结合，以延长引黄供水时机。建议黄河下游以引黄补源为主的灌区，提前做好准备，争取集中冬引，以维持下游井灌区的水量平衡。

（二）引黄灌溉，满足农作物的生长需要

冬小麦是黄河下游地区的主要粮食作物之一。十一月份，小麦进入分蘖期，耗水量较大。若播前墒情不足的话，应适当进行冬灌。翌年二、三月份，正是小麦返青时节，倘若没有冬灌，或虽冬灌过，但土壤仍然缺墒、分蘖不多（三类苗）、群体不够大的麦田都要浇返青水，而且要结合追肥早浇。

返青时浇水的重要性早已被人们所认识并接受。但是否需要冬灌，以及能否促使小麦增产，多年来，一直是人们有所争议的问题。

通过对不同灌区多次试验资料的分析，认为：在冬季天气寒冷的黄河下游地区，适当灌冬水，不仅能够促根、促蘖、促壮苗，同时，由于水的比热大，当气温降低时，还可平抑地温，缩小昼夜温差，利于麦苗安全越冬，减少冻害。另外，冬灌后的麦田经冻消作用，还可使坷垃变酥，表土疏松，减少蒸发，为来年早春麦苗生长发育创造良好条件。适当进行冬灌，有显著的增产作用。山东省冶源灌区1975年试验结果，冬灌小麦比不冬灌的每亩增产一百多斤，见表2—1。

但必须说明，决不是任何情况下，冬灌都可以增产。有些地方盲目

推行冬灌,结果适得其反。小麦冬灌必须因地制宜,掌握好冬灌技术,应主要考虑土壤墒情、苗情和气温。

表 2—1 冬灌小麦的增产作用

品 种	处 理	分 蘖 (万株/亩)	返青死亡率 (%)	每亩穗数 (万)	亩 产 (斤)	增 产 (斤/亩)
高三八	冬 灌 (11月5日)	18.5	31.0	17.9	520.4	132.5
	不冬灌	10.7	57.3	14.1	387.9	
太山四号	冬 灌 (11月5日)	31.4	13.0	36.0	653.8	139.6
	不冬灌	18.4	51.0	20.7	514.2	

(三) 及早引水,可缓解春旱用水紧张

春灌历来都是黄河下游引黄灌区的用水高峰期,一般在四、五月份进行,其时正值黄河枯水期,由于上、中游的大量用水,黄河下游河川径流不能满足下游地区的用水要求。春灌用水多由三门峡水库蓄水提供。近几年来,黄河下游引黄灌区飞速发展,春灌面积不断扩大,春灌需水量也逐年上涨,但三门峡水库却由于自身的原因,加上各方面条件的限制,年春灌蓄水量呈下降趋势见表 2—2,使春灌用水日益紧张。

表 2—2 三门峡水库春灌蓄水情况统计表

年 份	项 目		年 份	项 目	
	蓄水高程 (m)	蓄水量 (亿m ³)		蓄水高程 (m)	蓄水量 (亿m ³)
1973	326.05	18.3	1980	324.03	14.0
1974	323.42	14.2	1981	323.66	13.0
1975	324.03	14.0	1982	323.94	14.0
1976	324.50	15.0	1983	323.74	12.8
1977	325.33	17.8	1984	323.36	12.5
1978	324.26	13.9	1985	319.90	7.1
1979	324.58	14.8	1986	319.99	7.19

从表 2—2 可见, 1973—1980 年平均每年春灌蓄水 15.25 亿 m^3 , 1981—1986 年平均每年蓄水 11.10 亿 m^3 , 比七十年代减少 4.15 亿 m^3 。

鉴于上述情况, 各灌区应从实际出发, 根据各自条件, 争取在春灌前一凌汛期引水, 或进行早春灌, 或蓄于灌区河网沟渠、坑塘之中, 以备春灌时用, 达到缓解由于春季抗旱而引起的用水矛盾这一目的。

(四) 分水防凌, 除害与兴利并举

冬季, 河道结冰封冻后, 阻拦了部分上游来水, 以致河槽内水位上涨。待解冻开河时, 河槽蓄水向下推移, 沿程冰水越积越多, 凌峰不断增大, 容易形成凌汛。轻者漫滩, 重则决堤形成灾害。

分水防凌这一措施在我国 1959 年 1 月的防凌技术座谈会上就已提出。选择有退水出路、分水能力较大的涵闸事先做好准备, 在凌汛期根据河槽蓄水情况, 利用涵闸分水, 减少河谷蓄水量, 为平稳开河创造条件。1974 年、1977 年、1985 年曾利用涵闸分水进行防凌, 累计共分出水量 12.92 亿 m^3 , 从而保证了凌汛期黄河大堤的安全。

因而, 下游各引黄灌区应根据灌区用水情况, 结合引水防凌的目的, 事先安排好渠首和渠道建筑物的维修及渠道清理工作, 将引黄分水与春灌、补源用水结合起来, 达到除害与兴利并举之目的。

(五) 水质清洁, 利于引用

凌汛期由于水温较低, 水中浮游生物难以生存, 所含杂质较少, 其水质经济南、利津两站检测分析, PH 值在 8~8.3 之间, 属弱碱性水。总硬度 112, 属弱硬水, 矿化度 0.27~0.91 克/升, 盐分不高, 液解性固体含量低, 五项有毒物质从 1972~1978 年, 仅检出砷, 其含量原水为 0.06 毫克/升, 澄清后为 0.001 毫克/升, 其余四项均未检出, 水质符合国家规定的饮用水标准。因而, 该时期引用的黄河水不需经过多的处理, 就可满足城镇居民生活及工业用水的要求。

三、凌汛期引黄的泥沙和引黄水的肥效问题

引黄必引沙。泥沙问题多年以来一直是阻挡引黄灌区发展的主要因素,不少灌区因此而一筹莫展、裹足不前,给引黄灌区的发展带来了很大的困难。

经过近四十年的引黄实践,人们虽提出了解决泥沙问题的“少引、巧配、多用、勤挖”八字方针,但在下游引黄灌区中,能真正贯彻这一综合措施的灌区尚属少数。多年来人们一直沿用的利用沉沙池落淤来处理泥沙的方法目前仍是泥沙处理的主要措施。在引黄初期,利用背河洼地自流沉沙,结合土壤改良和淤背固堤,综合效益显著,群众也很欢迎。但近几年来,随着盐碱洼地的逐渐淤高,一是失去了自流落沙的水头,二是群众要求的占地赔偿费越来越高,沉沙池的征用越来越困难。根据人民胜利渠核算,目前,浇一亩地的水费还抵不上一亩地引黄用水的泥沙处理费。黄河不可能变清,引水泥沙无穷无尽,这一问题若得不到妥善解决,对引黄灌区的发展无疑是极为不利的。

凌汛期由于其水源含沙量小,泥沙处理相比较而言要简单的多,这一得天独厚的条件是其它时期无法比拟的。

(一) 不经沉沙池可直接利用。

由表 1—3 可知,凌汛期五个月内的水源多年平均含沙量之和仅为 $34.85\text{kg}/\text{m}^3$, 各月平均仅为 $6.97\text{kg}/\text{m}^3$, 这样的含沙量标准,在个别灌区的其它时期,即使引水经过沉沙池落淤处理后也不可能达到。因而,凌汛期的引水不经沉沙池或经沉沙池稍作处理后都可直接运用。也可对使用过的沉沙池进行盖淤还耕,既可防止沙化,又改良了土壤,增加了土壤肥效。这样以来,将会大大延长沉沙池的使用寿命,减少土地

赔偿。

(二) 渠道挟沙能力增大, 可实现输沙入田。

挟沙能力是指具有一定水力因素的单位水体所能挟带的悬移质数量。黄河流域常用的一些计算公式有:

1. M·A 维里卡诺夫公式:

$$\rho = K \frac{V^3}{gR\omega} \quad (3-1)$$

式中K为未定常数, 以往黄河资料验证K=20

2. 扎马林公式:

$$\rho = 11V \sqrt{\frac{Ri\bar{V}}{\omega}} \quad (3-2)$$

用于引黄渠道时, 加大六倍使用, 即:

$$\rho = 66V \sqrt{\frac{Ri\bar{V}}{\omega}} \quad (\omega \text{单位: m/s}) \quad (3-2')$$

3. 范家骅公式:

$$\rho = 2.34 \frac{V^4}{R^2\omega} \quad (3-3)$$

4. 1958年2月黄科所提出的公式:

$$\rho = 70 \left(\frac{V^2}{gR\omega} \right)^{0.76} \left(\frac{H}{B} \right)^{0.5} \quad (3-4)$$

同年12月用因子依次消去法又得出:

$$\rho = 77 \frac{V^3}{gR\omega} \left(\frac{H}{B} \right)^{0.5} \quad (3-5)$$

式中P: 断面平均挟沙能力 kg/m^3

V: 断面平均流速 m/s

H: 断面平均水深 m

B: 水面宽 m