

综合治理黄河内蒙古河段泥沙淤积 及库布齐沙漠的对策

霍有光

(西安交通大学生态环境与现代农业工程中心,陕西 西安 710049)

[摘要] 提出黄河宁蒙段的十大孔兑、库布齐沙漠及毗邻的砒砂岩地区是黄土高原水土流失最严重的地区。针对以上问题,初步论证了巧妙利用沙漠地形,实施黄河体外循环工程的可行性,指出黄河体外循环工程的优越性:有助于解决黄河泥沙淤积、防范洪灾、凌灾、保护水利设施、治理沙漠与十大孔兑。

[关键词] 黄河;库布齐沙漠;泥沙;生态环境;水土流失

[中图分类号] TV14 [文献标识码] A [文章编号] 1003-9511(2004)03-0045-05

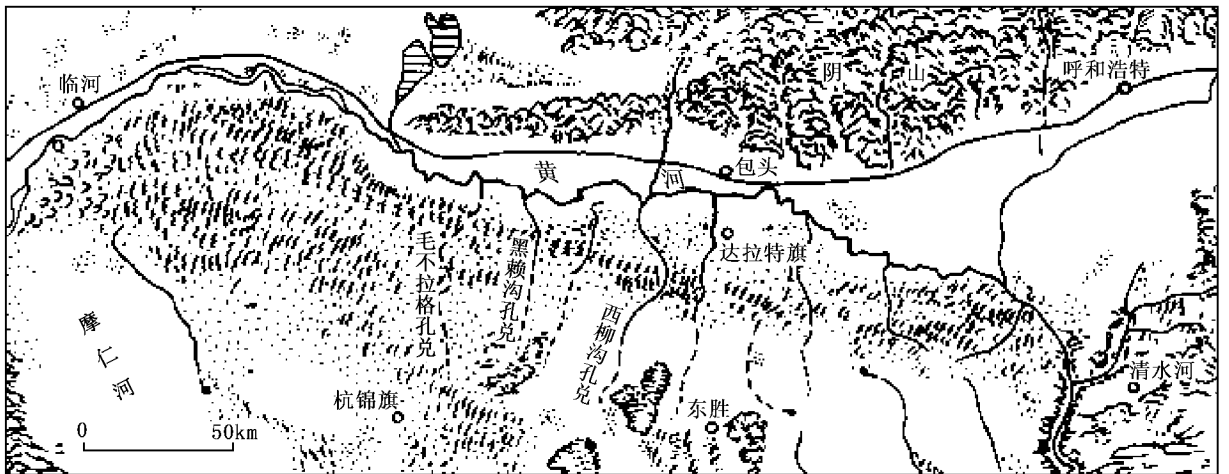
黄河宁蒙段的十大孔兑、库布齐沙漠及毗邻地区,是黄土高原水土流失最严重的地区。当地自产与来自黄河上游的泥沙,是黄河中下游河道淤积、水利设施毁损的大敌。在重点加强本地区小流域生态环境综合治理的同时,如何能够增强黄河中游洪水泥沙的调节能力,充分利用黄河愈显紧缺的水资源,探索解决黄河河道泥沙淤积、保护水利设施及缓解中下游引黄供需矛盾的途径,显然是值得理论创新、群策群力、科学谋划的前沿性课题。

1 黄河宁蒙段十大孔兑与毗邻的砒砂岩地区的水环境概况

黄河宁蒙段十大孔兑、库布齐沙漠及毗邻的砒

砂岩地区,地处鄂尔多斯台地、黄河河套一带,黄河以北是阴山山脉,黄河以南是库布齐沙漠。所谓“孔兑”,蒙语意思是洪水沟。由图1可以看出,大致连接杭锦旗—东胜—清水河一线,构成了一道分水岭,其北是库布齐沙漠,其南是毛乌素沙漠(大部分在图外)。发育于分水岭以北的10多条洪水沟即“十大孔兑”,它们实际是鄂尔多斯台地汇入黄河的一级支流的泛称,与库布齐沙漠的走向垂直,入口广布于黄河流经的临河市南磴口县—包头南岸一线,东西延展长达370 km。

库布齐沙漠地处鄂尔多斯市北部、黄河南岸,西、北、东三面为黄河环绕。西起巴彦高勒对岸,东至托克托对岸。长约400 km,西部宽50 km,东部宽



注:①据马世威等(1998)绘制;②有些孔兑名称在马世威等所制图中未标出,故无法确定。

图1 库布齐沙漠及十大孔兑分布示意图

[基金项目] 国家社会科学基金资助项目(03BSH035)、国家软科学研究计划指导性项目(2003DGQ3B168)

[作者简介] 霍有光(1950—),男,甘肃天水人,教授,主要从事水问题与生态环境的软科学研究。

15~20 km,面积 1.61 万 km²。20 世纪 60 年代初期,库布齐沙漠与毛乌素沙漠相距 75 km。如今,在其中部两大沙漠已握手相连,形成引人注目的“握手沙”。风沙给本区段黄河河床带来严重威胁,河床受风沙影响,逐年抬高,严重阻碍行洪。中国科学院原兰州沙漠研究所 1998 年采用风沙流方法估算,三盛公至毛不拉格孔兑地段年平均入黄沙量为 0.148 亿 t。据沙漠中部区段的恩格贝昭一带的观察资料,10 多年来沙漠每年推进大于 10 km,当地居民无法生存,被迫迁徙。沙暴还对内地环境,造成恶劣影响。近年来,特大风从毛乌素、库布齐沙漠吹起黄沙,可直达北京、济南等地,甚至漂洋过海,抵达东京上空。^[1,2]

十大孔兑的分水岭海拔高度一般为 1 500 m 左右,支沟众多,沟道比降大(大约在 1 200~1 100 m 之间),地形起伏渐缓,大部分地区为“伏沙丘陵”。1 100 m 以下逐渐进入黄河冲洪积平原。这十大孔兑,自西向东依次是:毛不拉格孔兑、卜尔色太沟、黑赖沟、西柳沟、罕台川、壕庆河、哈什拉川、毋花河、东柳沟、呼斯太河等,它们流域形态相似,南北狭长,呈羽毛状,河长 28.6~110.9 km,流域面积 213~1 261 km²,总面积 10 676 km²(见图 1)。鄂尔多斯台地十大孔兑(即由南向北入黄河的山洪沟)上游属鄂尔多斯台地黄土丘陵沟壑区,面积为 5 172 km²,是半农半牧区,丘陵起伏,沟壑纵横,地表坡度一般在 40°左右,最大达 70°。地表覆盖有极薄的风沙残积土,颗粒较粗,粒径大于 0.05 mm 的占 60%左右。下伏地层有大面积砒砂岩出露,极易遭受侵蚀。各孔兑河槽窄深,河道比降约为 1‰,径流主要靠雨水和洪水补给,清水径流少;中游有库布齐沙漠横贯东西,面积 2 762 km²。罕台川以西多属流动沙丘,面积 1 963 km²,罕台川以东为半固定沙丘,面积为 799 km²。当洪水流经沙漠河段时,含沙量进一步增大,粒径进一步变大;下游为洪积、冲积平原,地势平坦,土地肥沃,面积为 2 833 km²。由于河道比降突然变缓(变为 1/800~1/1 300),河槽变得宽浅,造成泥沙迅速淤积。如 1976 年在罕台川水泉坝以下修成的泄流量为 2 000 m³/s 的人工河道现已变成地上河,河底高出两岸地面 4 m 多。

十大孔兑风力侵蚀和水力侵蚀均十分强烈。由于降水少,年均输沙模数仅 2 000~5 000 t/km²,但若遇上特大暴雨,次洪输沙模数可达 30 000~40 000 t/km²。中国科学院自然资源综合考察委员会郭绍礼先生指出:库布齐沙漠诸支流年均入黄泥沙量是:毛布拉格孔兑 17.97 万 t、卜尔色太沟 119.41 万 t、黑赖沟 142.07 万 t、柳沟 274.47 万 t、罕台川 231.38 万 t、垄沟 47.25 万 t、哈什拉沟 249.2 万 t、毋花河 90.86 万 t、吉嘎斯太沟 134.77 万 t、虎斯太沟 108.86 万 t、

西孔兑 77.11 万 t、东孔兑 39.59 万 t,共计 1 505.94 万 t。^[3]大量泥沙入黄,在历史上曾数次阻碍黄河行洪。如 1989 年 7 月 21 日西柳沟发洪水,不仅使黄河形成沙坝,抬高了黄河水位,而且泥沙淤塞了包钢在黄河上的取水口,使包钢和包头市居民生活用水受到严重威胁。^[2]泥沙堵截主槽,引起黄河水位急剧上升,回水延长,给防凌防汛带来很大威胁。这里成为黄河内蒙古段的主要产沙源,据有关研究者测定,黄河泥沙有 1/4 来自库布齐沙漠。^[4]而最新局部测估分析,黄河中可能有高于 1/4 的泥沙来自库布齐沙漠。

2 黄河泥沙对中下游水利枢纽体系构成的危害及河套地区引黄概况

2.1 黄河宁蒙段上游与自产泥沙对中下游水利枢纽体系带来的危害

黄河宁蒙段上游陆续建成梯级水库电站,致使本段河床淤积发生新变化。目前上游建有龙羊峡、刘家峡、盐锅峡、八盘峡、青铜峡等梯级电站,占西北电网总装机的 30% 左右。但是,上游建成这些水库后,对天然径流进行再分配,使黄河汛期小流量运行,虽然减轻了下游河道汛期的洪水压力,发挥了削减洪峰的作用,然而出现水沙异源等问题,河床普遍淤积抬高。西北电业管理局调度通信局薛金淮等指出:经对内蒙古段 1982~1991 年的 113 个大断面量测计算,9 年间共淤积泥沙 3.49 亿 t,年均 0.388 亿 t。^[5]河床持续不断的淤积使河道向地上河(悬河)发展,凌汛期杭锦旗段出现小流量、高水位运行的特殊现象,堤防吃水深度高达 3 m,吃水时间持续长达 100 天。每年 11 月至次年 3 月份黄河宁蒙河段防凌期间,上游水库出库流量受到严格限制,致使梯级电站发电量大幅度降低,而此时正是西北电网用电高峰期,供需矛盾加剧。

黄河内蒙平原段西起磴口县,东至托克托县,全长 516 km,河床平均比降 1/8 000。此段首、尾建有水文站,首部巴彦高勒站年径流量 300.9 亿 m³,平均含沙量 8.45 kg/m³,年均输沙量 0.334 亿 t(不包括本段两岸输入的泥沙);尾部头道拐站实测黄河多年平均来水量 240.9 亿 m³,年均输沙量 1.37 亿 t。^[6]可以看出,如果不考虑本区自产入黄的径流,将首、尾水文站径流量相减,黄河过境大约为本区贡献了 60 亿 m³的径流资源。

为了增加黄河中游水量的调节能力,缓解中下游水资源供需矛盾和发生断流问题,水利部门在兰州以下至三门峡之间的黄河中游河段,早就计划修建若干水利枢纽工程(有的已建成),如大柳树、万家寨、磴口、古贤等枢纽工程(见表 1)。但如上所述,黄河内蒙古区段是黄河流域水土流失、入黄泥沙最

多的河段, 尽管万家寨以下水库与上游水库调节水资源的方式不同(蓄清排浑), 然而仍面临水利设施一经建成就要受到泥沙大量淤积的威胁。

万家寨水库处于十大孔兑下游、黄河中游托克托至龙口河段上, 跨内蒙古自治区和山西省两省区。白世录指出: 万家寨水利枢纽设计多年平均输沙量为 1.53 亿 t, 多年平均含沙量为 5.3 kg/m³。采用“蓄清排浑”的方式运行; 每年 8 月 1 日~9 月 30 日为排沙期, 水库低水位运用, 泄洪排沙; 10 月 1 日至翌年 4 月 30 日为蓄供水期, 库水位由汛期最低水位缓蓄至正常高水位; 5 月 1 日~7 月 30 日为水库供水期, 库水位由正常高水位降至汛期低水位。^[7]目前, 泥沙界专业人员将粒径大于 0.05 mm 的泥沙称为有害粒径, 有害粒径严重磨蚀水轮机, 不宜过机。万家寨水库有害粒径泥沙平均含量为 1.378 kg/m³, 占泥沙总量的 26%。必须指出的是, 库布齐沙漠与乌兰布和沙漠, 在 1954~2000 年间, 有近 12 亿 t 大于 0.1 mm 的粗沙淤积在黄河内蒙古河段, 约占淤积粗沙总量的 76.4%, 这些粗沙向下游“排浑”, 必将对万家寨水库及下游的一系列水利枢纽工程的发电设备构成严重的危害。

表 1 黄河中游水利枢纽体系概况

工程名称	建设地点	总库容/亿 m ³	有效库容/亿 m ³	装机容量/万 kW	发电量(万 kW·h)	最大坝高/m
龙羊峡	青海省	247.0	193.5	128	59.4	178
刘家峡	甘肃省	57.0	41.5	116	55.8	147
大柳树	宁夏回族自治区	107.4	50.2	200	77.9	163.5
万家寨	山西省、内蒙古自治区	8.96		108		90
碛口	陕西省、山西省	124.8	27.0	180	48.7	140
古贤	陕西省、山西省	160.0	46.5	265	82.3	186
三门峡	山西省、河南省	96.4	60.4	40	13.0	106
小浪底	河南省	126.5	50.5	180	58.4	173

注: 根据白世录、杨希刚资料整理。^[7, 8]

碛口水利枢纽位于黄河中游北干流中段, 上距河口镇 422 km, 下距古贤坝址和禹门口分别为 235 km 和 310 km。古贤水利枢纽位于黄河北干流下段, 上距碛口坝址 235.4 km, 下距壶口瀑布和禹门口分别为 10.1 km 和 75 km。古贤坝址处多年平均天然年径流量为 383.4 亿 m³, 设计水平年平均入库径流量 225.7 亿 m³; 多年平均实测输沙量为 10.2 亿 t, 设计水平年平均输沙量为 9 亿 t。

作为控制黄河中游洪水泥沙的骨干工程, 碛口和古贤水利枢纽都具有防洪减淤、发电、供水灌溉等综合效益。李景宗等指出: 碛口水库、古贤水库的拦沙量分别为 144 亿 t 和 139 亿 t, 与三门峡和小浪底水库联合运用, 可分别减少黄河下游河道淤积量 150 亿 t 和 153 亿 t, 分别相当不淤年数 40.4 年和

41.1 年。^[8]古贤水库距禹门口 75 km, 在初期拦沙运用期间, 对龙门灌区的引水引沙量起到较好的控制作用, 对改善灌区引水引沙条件, 减少泵站机械及水工建筑物磨损方面, 优于碛口水库。

三门峡水库的运行方式已经对陕西省渭河下游入黄地区造成泥沙淤积之害。侯江炜指出: 受水库建设和运用方式影响, 潼关以上库区泥沙淤积量达 47 亿 t, 黄河潼关高程比建库前抬升 5 m, 达 328.4 m, 河道普遍成为地上悬河, 防洪标准不断下降。^[9]渭河下游大堤原按 200 年一遇标准修建, 现仅能防 10 年一遇洪水。黄河小北干流河势西倒夺渭, 渭河口被迫上移 5 km。南山支流堤身质量差, 受黄河、渭河洪水倒灌和山洪双重威胁, 极易决口成灾。1985 年 10 万移民返迁库区, 大多居住在 335 m 高程以下, 仅能防御 5 年一遇洪水, 问题突出。

三门峡水库以下, 长期以来也受泥沙所困扰。杨希刚指出: 黄河花园口断面以上, 多年平均天然年径流量仅 560 亿 m³, 来沙量达 16 亿 t, 而且汛期水量占全年水量的 60%, 沙量占全年输沙量的 90%。从水沙来源看, 存在水沙异源, 全年 60% 的水来自上游, 90% 以上的泥沙来自中游, 而且往往是集中在几次洪水中。……随着经济的发展, 用水增多, 上游来水急剧减少, 而中游来沙变化不大, 碛口、古贤、三门峡、小浪底四座水库如果都按蓄清排浑运用, 7、8、9 月份降低水位敞泄, 10 月份同时开始蓄水, 必然造成空库更空, 满库更难……^[10]

2.2 黄河内蒙古段河道干流水资源的开采利用情况

黄河内蒙古段是开采黄河河道干流水资源最多的地区之一。1954 年(有资料以来)至 1960 年间, 内蒙古河套灌区多头自流引水, 年均引水量约 54 亿 m³。任树梅等指出: 据统计, 内蒙古引黄灌区 1990 年引黄河水量达 73.52 亿 m³, 占黄河平均总径流量的 1/7, 占黄河可利用水量的 1/5。其中河套灌区引水量 61.96 亿 m³, 土默川灌区引水量 5.05 亿 m³, 黄河伊盟南岸灌区引水量 6.15 亿 m³, 乌海灌区引水量 0.37 亿 m³。^[11]另有资料指出, 黄河内蒙古段现状总引水量已达到 74.88 亿 m³, 其中工业引水量 1.28 亿 m³, 农业引水量 73.52 亿 m³, 生活引水量 880 万 m³, 农业用水在引黄总水量中所占比例最大, 达 98%。开采黄河地表干流, 只能使本段黄河原本不大的径流量进一步变小, 拉沙动力衰减, 势必造成河道淤积程度日益加重。

3 综合治理黄河内蒙古河段泥沙淤积与库布齐沙漠的对策

降低黄河宁蒙河段泥沙淤积的厚度、保障河道

安全、绿化库布齐沙漠及防止区域水土流失是综合治理黄河中游的难题。迄今为止的共识是：在十大孔兑上游丘陵沟壑区，开展以小流域为单元的综合治理工程，加强沟道坝系建设，恢复植被，拦蓄洪水泥沙，在库布齐沙漠种植灌木和草地，利用大部分孔兑可引洪入沙的地形条件，实施引洪入沙工程，既治理沙漠又减少泥沙下泄入黄。^[12]笔者认为，在认真落实上述治理措施的同时，还可以考虑实施“黄河体外循环工程”以及与之相关的库布齐沙漠生态环境建设工程。

所谓“黄河体外循环工程”，就是开凿人工运河引黄河入库布齐沙漠，目的是利用黄河自高（西）向低（东）流的态势以及库布齐沙漠中的构造盆地，在汛期、凌期“引黄淤沙”，通过沙漠沉淀过滤作用，在非汛期“引清入黄”，实现黄河中游“高泥沙水”“小规模”体外循环（或曰减沙不减流）。“黄河体外循环工程”的大致路线是：在磴口县三盛公之南、黄河东岸，选址引黄，开凿北东走向的引黄淤沙运河，利用三盛公闸在汛期拦洪形成的较高水位，逼黄河水入库布齐沙漠。值得指出的是，杭锦旗、东胜台一带地形成一系列的洪水沟，这些洪水沟由南向北逐渐消失于库布齐沙漠之中，要合理利用沙漠中这些有利地形，譬如摩仁河等洪水沟冲刷的季节性水路，可减少开凿人工运河的工程量，再利用沙漠中的洼地，形成大面积的内陆性湖泊及湿地。库布齐沙漠西部以流动性沙丘为主，其间有较为宽阔的丘间低地和沟川阶地，这是营造沙漠人造湖泊非常理想的储水盆地。三盛公拦河引水枢纽位于磴口县南侧，目前建有现成的河道拦河闸、拦河土堤、库区围堤等设施，正常高水位 1 055 m，最高洪水位 1 056.65 m，总库容 0.8 亿 m^3 。若对这些已有的堤坝设施进行加固、加高处理，就可以大致满足东逼黄河洪水自流入库布齐沙漠的需要。当然，也可以考虑使用国家级节能技术：“全自动虹吸流长距离输引水成套设备”，通过建设多组倒虹吸输水管道向沙漠低地（构造盆地）调运洪水，从而形成人工湖泊与湿地。

实现黄河中游洪水“体外循环工程”，不仅可解决黄河水资源的季节性调节、“蓄洪沉沙”问题，而且可为治理库布齐沙漠提供机遇。自磴口以下、包头以上黄河两岸地区的“引黄灌溉农业”，只需调整一下以往利用水资源的方式，即在保证落实国务院《黄河可供水量分配方案》的基础上，减少地表引黄径流的数量，改为使用地下水来替代，而开采水资源的总量仍以 58 亿 m^3 分配额为准。“引黄淤沙工程”，可使库布齐沙漠及河套地区的地下水位升高，河套地区平时改用黄河汛期补充的地下水，能够降低农灌

区盐碱化程度，发展节水灌溉农业，避免渠网灌溉造成的水分蒸发。这样通过“空间置换”汛期洪水，赢得了“时间置换”。黄河是库布齐沙漠的北界，库布齐沙漠南高北低，总体地势高出黄河侵蚀基准面（见图 1），引黄淤沙后，沙漠地下水的整体运动方向均由南向北，清水通过地下或地表补充黄河，既解决了黄河河道淤积问题，也保证了黄河中必须有足够的流量，供下游地区水力发电、工农业生产所用，不会产生中、下游争水的矛盾。概言之，利用黄河洪水在库布齐沙漠中实现体外循环，形成若干大型人造湖泊及湿地有如下优越性：

（1）“黄河体外循环工程”将黄河上游携带的泥沙，直接引到沙漠中沉积，可防范洪灾、凌灾，大大缓解黄河宁蒙河段平原型河道的淤积速度。黄河汛期，上游水库适当增加洪水的出库量，可以降低上游水库泥沙淤积的数量，黄河凌期，上游水库适当增加水库的发电水量，则可以缓解西北电网用电压力。宁蒙河段平原型河道长 869.5 km，大部分堤段高度不足，河道整治工程少，主流摆动频繁，穿堤建筑物标准低，已成为防洪防凌安全的隐患。在黄河汛期凌期实现分洪分凌和分沙，可延长平原型河道的寿命，避免水毁工程设施，能够节省反复疏浚河道、维修堤坝所消耗的大量经费。

（2）库布齐沙漠西部以流动性沙丘为主，在库布齐沙漠西部低洼地区形成若干大型人造湖泊及湿地，可以直接镇压沙漠，遏制流沙活动。库布齐沙漠风沙活动主要受西北风、西风制约，如果沙漠西部被大面积水面镇压，气候湿润度提高，植物得以生存并固定流沙，可大大降低吹入库布齐沙漠中东部地区十大孔兑里的流沙数量。由于十大孔兑里的堆积物，主要来自沙漠冬、春风季带来的风成沙，如果源头流沙得到治理，那么即便十大孔兑发生洪水，也不再会形成泥石流，从而消除十大孔兑发洪水时席卷风成沙进入黄河的隐患。

（3）清水入黄河不仅消除了该段黄河河床不断淤积垫高、成为悬河的后顾之忧，而且对于保护中下游水利枢纽体系，延长水库与发电设备的寿命都将产生深远的影响。张春英指出，据实地观察发现，三门峡底孔经 20 余年的高含沙水流冲刷磨蚀后，底板及边墙底部 3 m 范围内混凝土粗骨料裸露，最大磨损深度 5 ~ 10 cm；每天沉沙量为 2.576 万 t，折合 1.717 万 m^3 （泥沙体积质量按 1 500 kg/m^3 计），大约每半个月就要提闸冲沙一次。^[13]可见，如果能够化解黄河中游河段的泥沙来源问题，那么下游水电设施养护与悬河治理等工作，都将因此而长期获益。

（4）地下水位抬高，有利于开展沙漠生态治理工

程。库布齐沙漠尤以西部沙丘流动性强,加上自然条件恶劣,沙漠内人口稀少,仅有少数放牧点,偶有小片耕地,土地与水资源开发利用程度极低。据有关资料,库布齐沙漠潜水分布广泛。在中部潜水埋藏深度为3~10m,以 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Ca}$ 型水为主。沙漠边缘的半固定沙丘分布区,潜水埋藏深度不稳定,西部1~3m,向东逐渐变深为3~5m,为 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4$ 型水,矿化度0.2~2g/L,个别地区3~5g/L。沙漠中的许多沙丘间洼地中,潜水埋藏很浅,在1m以内。有些沙丘间低地边缘有泉水涌出,形成湿地。引黄灌沙,可使沙漠地下水位进一步提高,而且有了较为稳定的水源补给,利于开挖水井,发展低洼地的灌木、草地种植业和舍饲畜牧业。^[14]譬如塑料管井是20世纪80年代中期,由鄂尔多斯市基层水利工作者和广大农牧民在生产实践中创造出来的一种水井形式,具有成本低、施工简便、成井速度快、井管与泵管合二为一等特点。单井(平均深度20.9m)配套动力为5HP柴油机,采用TNO—15型人机两用水泵提水,只需投资3000元。在人造湿地及周边可进行飞播,恢复灌木和草地植被,人造湖泊则可用于发展水产养殖业。沙漠由流动可以逐渐变为固定,生态环境将发生根本性的变化。^[15]

河套灌区是内蒙古自治区粮、油基地,总面积约105.33万 hm^2 ,地形平坦,海拔1007~1050m。灌区热量充足,作物种类丰富。河套灌区农业生产部分改为开发地下水(等于分配给河套地区扬黄工程径流量的减少部分),建设“井渠、输水管道、滴灌、温室大棚、舍饲”等配套的高附加值农业设施,既可解决农牧民的生存和致富问题,又可以节约一定的水资源,解决黄河中游地区超采黄河水量以及中下游用水的矛盾问题。目前黄河内蒙古灌区是引黄大户,用水量已远远超过2000年分配给它的水量。因此,适当改变河套灌区黄河水资源利用方式,不仅对该地区国民经济的发展具有举足轻重的作用,而且是缓解黄河水源危机、防止断流的一项有效措施。

有人担心“引黄淤沙”,沙漠渗漏是无底洞,因而发问,如果黄河水全部渗漏在沙漠里,谈何“黄河洪水体外循环”?笔者以为:首先,潜水与承压水是有区别的,引黄淤沙主要补充的是潜水而不是承压水,库布齐沙漠潜水水位普遍较高。“黄河洪水体外循环”可造成“时间差”,把汛期形成的洪水贮存起来,一方面待沉淀为清水以后,让它在非汛期回流到黄河主河道里;一方面补充地下潜水,不可能瞬间完成,需要一定的过程。第二,“引黄淤沙”是季节性行

为,不是常年性的行为,非汛期时黄河水不进入“体外循环”工程。洪水补充沙漠潜水层形成地下水库,既可避免地表蒸发,又可沿地形逐渐向低处(黄河河道)移动。第三,“引黄淤沙”带来的粘土具有很强的隔水性,它们沉淀在湖泊洼地形成一定厚度后,起到隔水层的作用,这样可以通过引清入黄,对补充沙漠地下水的总量进行控制。

总之,综合治理黄河干流宁蒙河段、库布齐沙漠与黄土高原多沙、粗沙区,是国家生态环境建设与保证黄河安澜的艰巨任务,应该集思广益,鼓励创新。以上设想,希望能够得到有关部门的进一步研究与论证。

[参考文献]

- [1] 杨根生,拓万全,戴丰年,等.风沙对黄河内蒙古河段河道泥沙淤积的影响[J].中国沙漠,2003(2):152~159.
- [2] 袁金梁.鄂尔多斯高原水文特性[J].内蒙古水利,1995(1):39~42.
- [3] 郭绍礼.论鄂尔多斯东北部的资源开发与环境整治[J].干旱区资源与环境,1994(1):29~43.
- [4] 包小庆,陈渠昌.库布齐沙漠侵蚀状况及治理构想[J].水土保持研究,1988(3):26~29.
- [5] 薛金淮,朱教新.合理预留刘家峡水库防凌库容提高黄河上游梯级电站保证电量[J].水力发电,1997(9):26~29.
- [6] 王彦成,王文生,李宁,等.黄河内蒙古平原段1954年~1991年河床的冲淤演变[J].内蒙古水利,1994(2):24~27.
- [7] 白世录.论黄河万家寨水库泥沙问题[J].海河水利,1995(6):24~27.
- [8] 李景宗,王海政.黄河中游干流骨干工程开发次序初步研究[J].水利水电科技进展,2001(5):24~27.
- [9] 侯江伟.陕西省黄河流域防洪问题及防治措施[J].地下水,2001(1):50~51.
- [10] 杨希刚.黄河干流骨干工程开发应注意的几个问题[J].人民黄河,1997(6):49~52.
- [11] 任树梅,杨培岭.2000年黄河内蒙古段水量的优化分配方案[J].中国农业大学学报,1998(6):54~58.
- [12] 赵昕,汪岗,韩学士,等.内蒙古十大孔兑水土流失危害及治理对策[J].中国水土保持,2001(3):4~7.
- [13] 张春英.万家寨排沙孔设计探讨[J].海河水利,1995(3):17~22.
- [14] 张武文,蒋有则,杨存良,等.内蒙古杭锦旗穿沙公路沿线水资源合理开发利用[J].干旱区资源与环境,2000(1):49~54.
- [15] 霍有光.策解中国水问题[M].西安:陕西人民出版社,2002.278~344.

(收稿日期:2004-02-15 编辑:梁志建)