

“人民治黄”80年 如何解开黄河“水沙失衡”这道千古难题？



小浪底数字孪生集控中心。

▲小浪底水利枢纽工程。

9月的河南郑州花园口黄河大堤上,惠风和畅。从大堤向北望去,黄河缓缓东流,平静如湖。

几十米开外的花园口水文站里,黄河水文数字系统大屏幕上实时显示着花园口站的水文数据:水位88.42米,流量每秒607立方米。

黄河从这里平稳流过已有80年历史,在此之前,花园口则以“险工”和“决口”闻名于世。1946年,面对千疮百孔的黄河堤防,沿黄军民率先开展复堤堵口,迄今为止,黄河大堤稳如泰山。

短短80年时间,中国人如何治好了黄河的“坏脾气”?近日,华西都市报、封面新闻记者跟随水利部“人民治理黄河80年”采访组,实地探访黄河下游多座水利工程,探索治理黄河的“人民答案”。

“水沙失衡”的母亲河

“黄河宁,天下平”。

黄河是中华民族的母亲河。在中华文明进程中,黄河流域以其适宜人类生存和生产发展得天独厚的条件,哺育了华夏儿女,孕育了光辉灿烂的黄河文化,成为中华文明的发祥地。

同时,黄河也是一条以洪水忧患闻名于世的河流,历史上“三年两决口,百年一改道”,治理黄河成为历朝历代安民兴邦的大事。

唐开元二十九年(741年),诗人杜甫留下“闻道洪河圻,遥连沧海高”的诗句。1843年,黄河发生特大洪水,三门峡一带居民的民谣中如此描述这次水灾:“道光二十三,黄河涨上天,冲走太阳渡,捎带万锦滩”。

据统计,从先秦到1949年以前的2540年里,黄河共决溢1590次,改道26次,其中大改道5次。决溢范围北起天津、南达江淮,纵横25万平方公里。洪水过后,河渠淤塞,良田沙化,满目疮痍,生态环境长期难以恢复。

黄河之患,根在泥沙。

作为我国第二大河,黄河年均径流量约535亿立方米,只有长江的二十分之一。另一方面,黄河历史上年均输沙量约16亿吨,平均含沙量高达每立方米35千克,居世界大江大河之首。

失衡的水沙比例导致下游河段不断淤积,抬高河床,使黄河成为世界上著名的悬河。从西汉贾让的《治河三策》到明代潘季驯的“束水攻沙”,在历史的长河中,中国人不断深化着治理黄河的认识。

“大国重器”守卫黄河安澜

从花园口溯黄河而上128公里,一道高154米,长约1600米的巨型水坝出现



三门峡水利枢纽工程。



黄河博物馆展示的历史上黄河下游改道示意图。

在面前。这就是举世闻名的小浪底水利枢纽工程。

小浪底位于河南省洛阳市与济源市之间,1994年主体工程开工建设,2001年完工,是当时我国坝工技术难度最大、施工环境最复杂的水利枢纽工程之一。控制流域面积69.4万平方公里,占黄河流域面积的92.3%。

“小浪底在整个黄河的防洪体系中发挥着不可替代的作用。”小浪底水利枢纽管理中心水量调度处水量调度专员赵珂对记者表示,这个“大国重器”的建成让黄河的防洪标准从不到60年一遇提升到千年一遇。

2021年秋季,黄河发生罕见秋汛。当年10月9日20时,小浪底水库水位达273.5米,创下小浪底水利枢纽工程建成以来库水位历史最高纪录。

赵珂记得,当时黄河上游和下游都在下雨,雨越下越多。小浪底既要把手

上游的洪水拦住,也要控制好下泄流量,保证黄河不漫滩,避免滩区群众生命财产安全受到损失。

“承受的压力还是比较大的。”赵珂回忆,当时水利部黄河水利委员会下达的调度指令已经精确到厘米级。最终,凭借精细调度,小浪底经受住了这次“大考”,拦蓄洪水约16亿立方米。

“调水调沙”扭转河床升高历史

在破解“水沙失衡”这道难题的过程中,“调水调沙”是人民治黄的一项创举。利用黄河中游水库适时蓄存或泄放水,冲刷“清洗”下游河道,使黄河“血脉疏通”,实现下游河床不再抬高。

华西都市报、封面新闻记者从小浪底水利委员会了解到,自2002年黄河首次开展调水调沙试验以来,截至2026年已连续实施33次调水调沙,取得了巨大的综合效益:在河道减淤方面,累计输沙入海37.4亿吨,实现小浪底水库以下河道全线冲刷,黄河下游河道主河槽平均下切3.1米,最小过流能力从不足1800立方米每秒提升至约5000立方米每秒,彻底扭转了下游河道萎缩抬升的历史趋势。

调水调沙也让小浪底的库容更加“长寿”。赵珂介绍,小浪底的设计拦沙库容为75.5亿立方米,实际建成以来,泥沙淤积量仅36.68亿立方米,占拦沙库容的49%,远低于预期,“相当于又建了一座30多亿立方米的水库”。

“调水调沙”具体如何来实施?赵珂介绍,首先由小浪底水库下泄清水,以大流量、高流速水流冲刷下游河道。然后,由万家寨、三门峡等水库下泄大流量水流,冲刷小浪底水库库区泥沙,塑造人工异重流并沿库底直抵坝前,成功排沙出库。

“自己水库里的水冲刷不了自己水库的泥沙。”赵珂说,这就需要上游水库

群进行“接力配合”。

三门峡水库位于小浪底水库上游130公里处,建成于1961年,是新中国在黄河干流修建的第一座大型水利枢纽,有“万里黄河第一坝”之称。

三门峡黄河明珠集团有限公司水库调度部经理王海军对记者表示,在“调水调沙”过程中,三门峡水库可以起到“承上启下”的作用:小浪底库区的水快放空的时候,三门峡放水冲刷小浪底的泥沙;三门峡的水快放空的时候,再由上游的万家寨水库的水冲刷三门峡的泥沙。通过水库群的接力配合,达到最好的“冲刷”效果。

而在三门峡与万家寨之间,晋陕大峡谷中段,另一座“重器”——古贤水利枢纽工程已经开工建设,预计将于2034年完工。作为黄河水沙调控体系的核心骨干工程,古贤水利枢纽可以控制黄河73%的水量、60%的沙量和80%的粗泥沙量。它与小浪底水库联合运用,可以增强调水调沙的后续动力,提高小浪底水库排沙效率和下游河道输沙效率,实现“1+1>2”的效果,确保下游河床长期不抬高。

给黄河装上“智慧大脑”

近年来,随着数字孪生水利的建设,黄河治理有了更强大的“智慧大脑”。

水利部黄河水利委员会有关负责人表示,“数字孪生黄河”平台可实现洪水演进仿真推演、调度方案模拟优化,为防汛决策、工程管理提供精准数字支撑。

在2021年黄河中下游严重秋汛防御中,平台实时推演洪水演进过程,模拟不同出库流量对应的下游水位变化,辅助调度人员精准测算削峰方案,为花园口洪峰精准削减提供了关键技术支撑。

在小浪底数字孪生集控中心内,记者看到,实时监测数据、防汛调度演示等信息在几块屏幕上一目了然。

赵珂介绍,把调水调沙方案导入系统,就可以模拟入库、出库水量及含沙量变化,精准预测河道淤积与冲刷断面形态。

“以前我们调度靠经验,现在靠数据模型。”赵珂表示,新技术应用之后,数字模型可以预测整个水库的运行过程,包括泥沙的淤积形态变化,对于水库的运行管理起到了很大的帮助。

水利部黄河水利委员会有关负责人表示,下一步,还将加快数字孪生黄河建设,智能监测、智慧预警、数字化管理深度融入治黄各领域,推动黄河治理从“治理”向“智理”跃升。

华西都市报·封面新闻记者 代睿 摄影报道