

比巴拿马运河船闸早两千年

中国这项“水上楼梯”技术,今天仍在用

□ 杨林

近日,湖北宜昌三峡坝区北侧,青山葱茏间机器轰鸣,“十五五”时期首个国家重大标志性工程——三峡水运新通道工程正式破土动工。

这项超级工程,将新建双线五级船闸,并对葛洲坝航运扩能,建成后三峡枢纽年通过能力将从1.73亿吨跃升至3.36亿吨,展现了我国当代通航建筑的科研与建造实力。

我国船舶越坝通航技术,历经两千余年持续演进,技术雏形可追溯至秦代灵渠陡门。

灵渠陡门:现代船闸的经验源头

陡门,又称斗门,是用于帮助船只克服河道中的水位落差、辅助通航的水利设施,也是最古老的船闸雏形。

两千多年前,秦始皇命人开凿一条人工运河——灵渠,将长江水系的湘江与珠江水系的漓江连通,打通了南北水运命脉。灵渠还孕育出被誉为古代“水上楼梯”的陡门——这是世界公认最早的船闸雏形,比巴拿马运河船闸早了约两千年。

灵渠穿行于丘陵地带,河道天然落差大,枯水时水浅滩多,船只寸步难行。古人想出了绝妙办法:在河道狭窄处设置一道可启闭的木门,用竹木材料临时封堵,堵水蓄高上游水位。待船只驶入河道,再开启闸门放水通船,一升一降间,行船难题迎刃而解。

灵渠陡门本质上是“单门船闸”,是现代单级船闸的雏形。两者核心原理都是利用“水涨船高,水落船低”的水位调节规律。但也有所区别:现代单级船闸有上下游两道闸门,形成独立的密闭闸室,船舶过闸时闸室与上下游依次连通;而灵渠陡门只有一道主闸门,依靠上下游自然河道作为临时闸室,通过“塞陡”工艺临时筑坝形成水位差。

历代演进:从摸索经验到制度成型

灵渠建成之初,并未设置系统的陡门,仅靠铧嘴和天平坝调节水量,枯水期通航能力有限。唐代首次在灵渠上创建陡门,通过分段蓄水解决水位落差问题。至北宋嘉祐三年(1058年),

陡门增至36座,船只逐级过闸如登梯。

以陡门为基础,随着运河航运需求的增长,古人不断迭代通航技术,逐步形成了更完善的船闸体系。

唐开元年间的水利法典《水部式》中,已明确记载了“河道连设双闸”的规制,这是正史中最早的复式船闸记载。

至宋代,浙江海宁的长安闸发展为三级闸室相连的复式船闸,标志着中国古代船闸技术走向成熟。

更具前瞻性的是,宋代人已经意识到运河水资源的珍贵,首创了“闸澳制”——在船闸旁边挖水澳蓄水,船闸放水时把水存到澳里,涨水时再把水放回闸室,循环利用水量,能把耗水量降到原来的四分之一。

古人惜水,全凭闸官日积月累的实操经验,依靠肉眼观察水位、人工调度存水,没有数据测算、流体仿真作为支撑,节水效率和稳定性都存在很大局限。

船闸和升船机:现代内河航运的核心支撑

如今,船闸和升船机共同构成了现代内河航运的核心支撑。与古代主要依赖经验不同,现代通航工程从规划、设计到建造、运行,都建立在船闸水力学、岩土力学、流体力学等完整的现代学科体系之上。

船闸是应用最广泛的通航建筑,其基本原理与古代陡门一脉相承,被形象地称为“大船爬楼梯”。它通过闸室水位的升降,使船舶克服河道的水位落差。

根据闸室级数,可分为单级船闸和多级船闸。单级船闸适用于水头较小时,一次充泄水即可完成船舶过闸;多级船闸则将总落差分成若干级,船舶逐级通过,适用于落差大的河



现今灵渠的一座陡门 作者供图

段。三峡双线五级船闸就是典型的多级船闸,它将113米的总落差分成五级(每级约22-23米),让船只“爬楼梯”上行或“下楼梯”下行,船舶过坝需约3小时。

升船机被形象地称为“小船坐电梯”。它利用机械装置将载有船舶的承船厢整体提升或下降,直接跨越水位落差。与船闸相比,升船机过坝速度快、耗水量极少,但受承船厢尺寸和重量限制,通常只用于通航中小型船舶。三峡升船机是目前世界上规模最大、技术最复杂的升船机,最大提升高度113米,可承载3000吨级船舶,过坝仅需约40分钟。

水声千载,初心不改。两千多年来,中国人与水相伴相生,创造了一个又一个船舶通航奇迹。

(作者系南京水利科学研究院当涂基地管理办公室副主任、高级工程师)

《延伸阅读

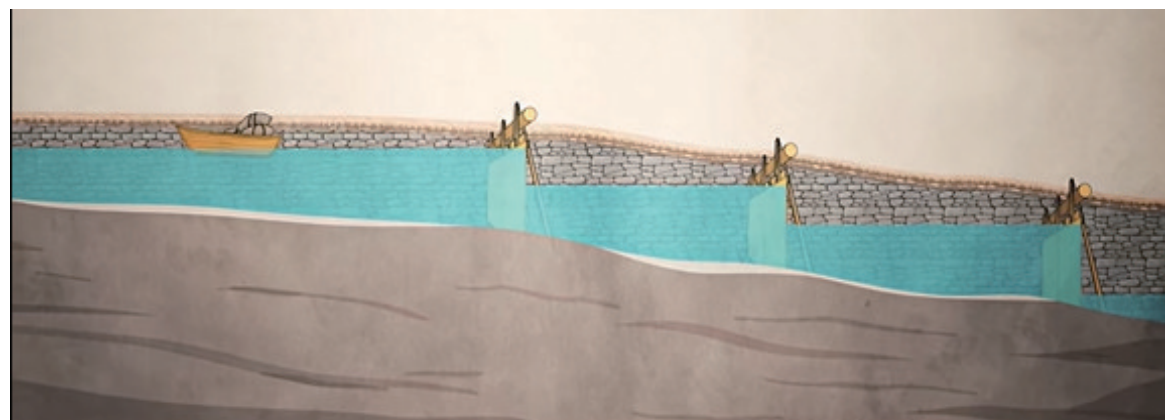
看陡夫如何“塞陡”

古代陡门畅行无阻,离不开一群运河通航的“守护者”陡夫。他们世代傍渠而居,日夜值守在闸边,每当船只临近,陡夫便迅速施展“塞陡”绝活——

先将碗口粗的陡杠下端精准插入水底凿好的石孔,上端斜嵌进墩台的凹槽,再依次架好底杠、面杠,搭成稳固的木架,随后搁枒杈、铺水拼、覆陡簰(diàn),层层叠叠封堵。待水位与上游齐平,便挥斧轻敲陡杠,水势奔涌而出,船只顺流而下;若要逆流而上,便一级一级蓄水上行,如同踏梯登高。



看视频,长知识



陡门抬高河道水位,使船只像“坐电梯”一样,向高处行驶。AI制图