

大流速水流条件下堵口复堤新技术

王寿阳, 聂芳容

(湖南省水利厅, 湖南长沙 410007)

摘要:1998年洪水中, 湖南省安乡县安造垸城关棉纺厂大堤发生特大管涌而溃决, 在大流速水流下成功实现了堵口复堤。文章详细介绍了堵口抢险措施: 第一, 抢修垸内隔堤, 减少垸内外水位差; 第二, 用钢排架填石锁口; 第三, 抛投“铁菱角”垫底; 第四, 浮吊抛投合龙; 第五, 防止渗漏, 吹填复堤。对“铁菱角”的设计、制作、抛投方法作了详尽说明, 并总结了“铁菱角”堵口的优点: 护底防冲作用好, 整体联结好, 充填块石比卵石袋好。

关键词:大流速水流; 堵口技术; 管涌; 决口; 防洪抢险

中图分类号:TV871.3; TV52

文献标识码:B

文章编号:1006-7647(2001)06-0030-03

1998年7月21日, 湖南省澧水流域暴发特大洪水, 洪峰流量达 $19000\text{ m}^3/\text{s}$ (为实测历史最大), 使位于澧水尾间的安乡县安造垸的外河水位达 40.80 m , 超历史最高水位(39.72 m) 1.02 m , 7月23日安乡县城关镇(安乡棉纺厂内)大堤发现管涌, 经抢险无效, 至24日22时堤身突然崩塌, 急流汹涌, 奔袭垸内, 溃口宽达 79.5 m , 最大流量达 $1400\text{ m}^3/\text{s}$, 直接威胁安乡城关镇及安造垸18万人和 20000 hm^2 耕地的安全(如图1)。溃口初进垸洪流汹涌澎湃, 当地群众认为几个小时县城将淹没, 全城居民紧急撤离。

7月24日上午11时, 湖南省委、省政府和省防汛指挥部领导及水利专家共同研究, 认为安乡县城与安造垸原为两垸(统称安造大垸), 中间有书院洲哑河, 哑河槽高程为 25 m 左右, 河东县城地面高程为 35.5 m , 河西安造垸洼地高程为 $32\sim 33.5\text{ m}$, 溃口洪水应先往安造垸低处流, 按 $1000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量计算, 3d后水才会进县城, 而且县城与安造垸之间有书院洲哑河老堤, 老堤长 9 km , 虽然有 1 km 左右遭破坏, 堤基尚存, 可抢修加高, 利用书院洲哑河老堤挡水, 可有6d以上的堵口时间。若在 $6\sim 10\text{ d}$ 内堵住溃口, 可使8万县城居民免遭洪水淹没之苦, 减少财产损失30多亿元。在这紧急关头, 7月25日12时, 省委、省政府果断决定, 调2500名解放军战士和常德市鼎城、汉寿、桃源、石门等6县16000劳力抢修隔堤和堵口。

1 堵口抢险技术措施

a. 抢修垸内隔堤, 减少垸内外水位差。保卫县城的关键是堵口, 而堵口必先减低溃口流速。先在内溃口处设障阻流, 抬高水位, 将外溃口流速从 $6\sim 8\text{ m/s}$ 减少到 $2\sim 3\text{ m/s}$ 。第二步用编织袋装土垒砌书院洲哑河县城段隔堤, 为堵口保卫县城赢得时间。

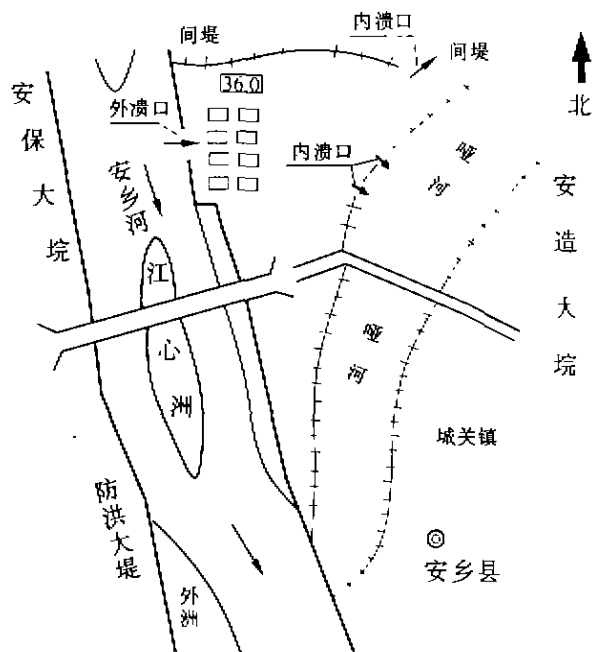


图1 安造大垸溃口位置示意图

b. 钢排架填石锁口。在溃口两端插钢管扎排架锁口, 排架共4排, 行距 1.5 m , 排距 $0.5\sim 1\text{ m}$, 水面以

上用钢管连接成框架,再充填袋装的石料和卵石.排架从两端向中间推进.开始进展较快,当龙口宽从79.5 m锁至宽43 m时,插钢管发生困难,当时龙口水深8~12 m.钢管短,排架悬空太高,钢管无法落地,又遇长江第五次洪峰逼近,溃口水头、流量、流速加大,再采用此法堵口效果已不明显,于是停止排架施工.

c. 抛投“铁菱角”垫底.钢排架无法前进时,从水文、地质、交通等条件看堵口难度很大,当时外河水位39.5 m,溃口处外河为深泓,河底高程为20~21 m,水深19~20 m;溃口处垵内地面高程34 m,冲槽底部为28 m,溃口门坎水深5~12 m.垵内水位38 m左右,外内水位差1.5~2 m.水跃长达25 m,实测最大流速3.6 m/s以上.如此高流速、大流量、深水坑条件下堵口,国内外尚无实例.洞庭湖区过去堤垵溃口多在汛末冬枯堵口,近年有汛期抢堵事例,但多在洪峰过后,流量 $50 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下,水深3 m以下,口门内外水位差0.5 m左右.对堵口能否成功当时许多人存有疑虑.抢险专家们凭借与洞庭湖洪水搏斗40年的经验,提出用“以柔克刚”的办法,用“铁菱角”将急流分割,逐步缩窄口槽,再以砂石袋和块石填堵.8月1~4日,龙口顺水流方向停船3条,施工面由两端2个增加到8个,一昼夜突击抛石 1200 m^3 ,龙口底部平抛“铁菱角”,防止水流淘刷龙口底床,并将龙口底床垫高6 m,口门从43.5 m缩窄至31 m,进口流量减少到 $450 \text{ m}^3/\text{s}$,给合龙打下了坚实的基础.

d. 浮吊抛投合龙.由于口门缩小,中心流速达 4 m/s ,”铁菱角”铁笼体积重量加大,人工抛投困难.8月8日,总指挥部从湖南省路桥公司调来浮吊船,采用浮吊将大“铁菱角”投放到龙口进口的中间,龙口合龙时,特制作了几个大型钢框($3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$),以保证合龙成功.浮吊投放“铁菱角”10 h,龙口中心“铁菱角”露出水面,此时两岸加快抛投“铁菱角”的速度.8月11日4时18分合龙成功,合龙时外河水位38.7 m,落差1.76 m.

e. 防止渗漏和吹填复堤.堵口合龙后,由于龙口都是投放的钢架和石料,是一个不密实的堆石坝,漏水量较大,约 $5 \text{ m}^3/\text{s}$,采用上游面抛投袋土后,覆盖彩条布,再用袋土填压,漏水量减少到 $1 \text{ m}^3/\text{s}$.堵口安全合龙后,立即用3800型大挖泥船吹填堵口内脚深坑,吹填至39.5 m高程,使堵口滴水不漏.

从7月28日至8月11日,经过2500多军民奋战15 d堵口成功,耗用石料 4.33 万 m^3 ,钢材400 t,编织袋、麻袋1500万条,彩条布 1.2 万 m^2 ,薄膜9.52 t,耗费1000万元左右.

2 “铁菱角”的设计和制作

“铁菱角”在堵口过程中发挥了重要作用,下面介绍“铁菱角”的技术设计过程.

a. 型式确定.由于溃口深达5~12 m,流速达 4 m/s ,块石或袋装卵石抛投堵口效果很差,主要原因是抛石体底床土被冲走,抛石体沉塌,堆体很难形成坝坎.因此,考虑利用钢材制成笼子,内填物料进行抛投堵口.通过试验,铁笼沉降落距不远,研究决定制作“铁菱角”.

b. “铁菱角”的形状.“铁菱角”四面均为等边三角形(见图2),即正三菱锥,四端有尖锐的角.其稳定性优于正六棱锥等多面体.”铁菱角”周边由6根角钢焊接而成,内腔为空心(内装块石),比实体混凝土四面体轻,体积大(同质量相比),减少用料,施工速度快.每立方米质量约1 t(包括内填石),比混凝土四面体减少1/3.框内孔隙占50%,透水,可减少水流推力.

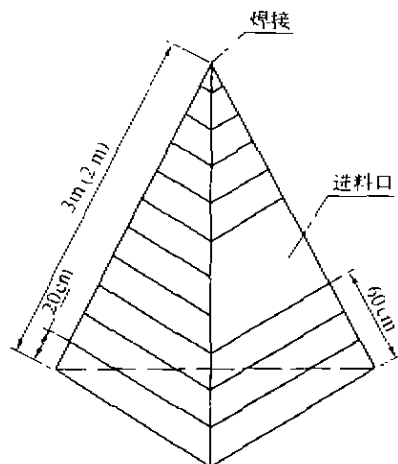


图2 “铁菱角”示意图

c. “铁菱角”设计制作.选用30 mm和50 mm的角钢焊接成边长2 m和3 m的正三菱锥,为防止石料散失,每个面每隔20 cm用扁钢焊成网格,其中一个面在0.6 m高度留进料口,见图2.进料后用8号元丝封堵进料口,即可进行抛投工作.

3 “铁菱角”抛沉操作

3.1 抛距计算

物体在抛下水以后,在下落过程中受水流作用,会发生横向和纵向位移,因横向位移较小,同时对堵口施工影响也小,故不考虑.因此所谓抛石落距的计算,单指纵向落距.计算采用文献[1]中公式:

$$s = \frac{0.8vh}{w^{1/6}} \quad (1)$$

式中: s 为抛石落距,m; v 为抛投时水面流速, m/s ,实测流速为 $3.0 \sim 4.0 \text{ m/s}$; h 为冲坑或龙口水深,实

表1 抛石落距计算

h/m	$w_1 = 1\,129\text{ kg}$				$w_2 = 3\,830\text{ kg}$			
	$v = 2.5\text{ m/s}$	$v = 3\text{ m/s}$	$v = 3.5\text{ m/s}$	$v = 4\text{ m/s}$	$v = 2.5\text{ m/s}$	$v = 3\text{ m/s}$	$v = 3.5\text{ m/s}$	$v = 4\text{ m/s}$
5	3.10	3.72	4.84	4.96	2.53	3.03	3.54	4.05
7	4.33	5.21	6.07	6.94	3.54	4.25	4.96	5.66
9	5.58	6.69	7.81	8.93	4.55	5.46	6.37	7.28
12	7.44	8.93	10.41	11.90	6.07	7.28	8.49	9.71

测为5~12 m; w 为抛投物重量, kg.

根据以往经验,采用边长为2 m和3 m的正三棱锥,其体积分别为 0.94 m^3 和 3.19 m^3 ,充填物以块石为主,密度为 1.8 t/m^3 ,充填正三棱锥空间的2/3,则所抛铁菱角质量分别为1 129 kg和3 830 kg,其抛距计算见表1.

从表1可以看出,抛投落距在2.5~11.9 m之间,实测抛“铁菱角”沉落距离13.6 m,满足堵口要求.因此,正三棱锥大小基本符合要求.

3.2 “铁菱角”抛沉方法

“铁菱角”框在工厂焊接制作,用车或船运到抢险工地,然后用人工抬至抛石平台,再向框内装填块石(每块石重约50~100 kg),抛投可用手工操作,每个班(约10人)负责装一个框,装填块石后,用撬杠将其推入溃口水流中,也可用浮吊船将其投入溃口.

堵口推进方式为平堵和立堵相结合,以两岸向中间挤占为主,在口门较宽的几天(8月4~7日),抓住在溃口上游口门附近能停船的机会,从船台直接向急流主槽抛沉,将主槽底垫高,有效防止槽底冲深.

4 “铁菱角”堵口优点

a. “铁菱角”的护底防冲作用好,“铁菱角”沉落槽底,像铁锚一样,有尖角插入冲坑槽底,“铁菱角”群体使溃口槽底流速减缓为不冲流速,使槽底土不再冲走,“铁菱角”为半透空体,水流可缓速通过,避免实心菱角体集中水流,因此经“铁菱角”铺底,可防止溃口淘深下沉,比其它实体抛投效果好,故在流速达3~4 m条件下,首次做到堵口成功.

b. “铁菱角”整体联结好,抗滑抗倾,上层“铁菱角”尖插入下层铁框内,一环扣一环,结成整体,稳定性好,摩擦系数比块石(混凝土块)之间摩擦系数大很多倍,“铁菱角”堆体坝高6~12 m,宽20 m,在施工过程中和合龙时,尽管水流推力大,坝体无滑动和倾斜现象,裹头钢排架有摇晃摆动现象,用“铁菱角”抛护排架两侧,克服了摇晃现象.

c. “铁菱角”内充填块石比填卵石袋好,“铁菱角”抛沉过程中,挠动大,水流冲力大,尖角碰插,编织袋容易破,卵石容易散出,内装块石体积较大,不易冲走,效果好.

5 堵口的主要效益

安造垸溃口运用堵口复堤新技术,仅用了15 d时间就堵住溃口大流速水流,复堤成功,保卫了安乡县县城安全.

a. 避免了长江第六、七、八次洪峰的冲击,堵口使安造北间堤未淹,在湖北黄金大垸溃决后,为抢修北间堤创造了条件,北间堤挡住了黄金垸8亿 m^3 洪水对安乡的吞淹.

b. 减少了安造垸的进水量和淹没损失,堵口过程中随着溃口的束窄,大大减少了进洪流量,降低安造垸内水位2 m以上,使安造垸大部分楼房第二层未进水,保住了部分灾民的主要财产,使黄山头镇等主要街道未进水,同时也为书院洲隔堤抢修赢得了时间.

c. 保住了安乡县城和安尤乡的安全,堵口的成功,减少县城和安尤乡淹没面积 $6\,027\text{ hm}^2$,使8万人免遭水淹之苦,减少财产损失20亿元.

d. 有力支援了安乡其它各垸的防汛保安,保住了县城这个全县的政治、经济、文化、交通中心,也保证了其境内省道1804线的畅通,使湘北和安乡县的防汛物资得以及时调运,生产生活防汛指挥调度得以正常运行.

参考文献:

- [1] 潘庆棠.长沙中下游抛石护岸工程[A].长江科学院.长沙河道研究成果汇编[C].武汉:长江科学院,1987.383~390.

(收稿日期:2000-11-14 编辑:熊水斌)

