

围海堵口截流体的施工要求和防护

叶泽标

(罗源县水利电力局, 福建 罗源 350600)

摘要:结合福建罗源松山围垦堵口工程施工经验, 探讨围海堵口截流体的施工要求和防护措施, 分析截流体地基冲刷掏空机理. 为保证围海工程中堵口截流体施工的安全, 要做好截流体断面设计, 合理选择堵口程序, 并处理好地基, 使地基满足截流体高速率施工的要求; 在截流体施工过程中, 要做好每一道施工程序的防护, 多使用组合大块体施工, 防止高速水流冲刷, 在截流体底层铺设土工布, 防止地基土体接触面被吸蚀淘空.

关键词:围海堵口; 截流体; 边坡流速; 地基防护

中图分类号: TV551.2

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2002)05-0058-03

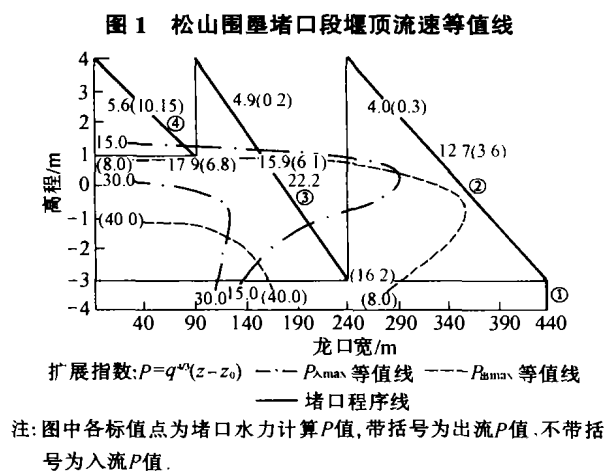
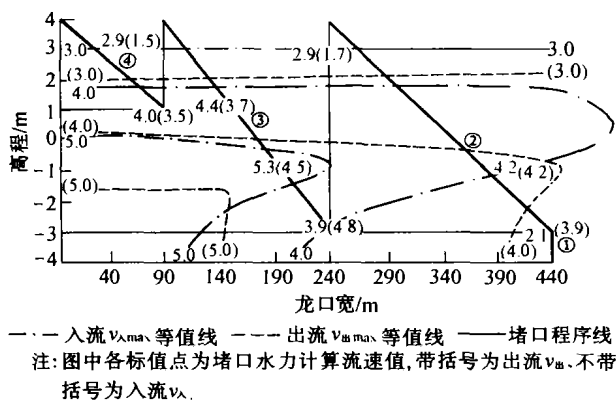
在围垦工程的水闸、海堤和堵口闭气三大工程中, 堵口截流工程最为艰巨. 围垦工程的成败关键在于堵口, 堵口的成功关键在于截流体的建成, 因此堵口截流体的施工防护至关重要.

1 堵口程序

堵口以 Z, v, q (Z 为内外水位差, v 为流速, q 为单宽流量) 三个指标控制, 以 v 值拟定堵口截流体填筑块体的尺寸, 以扩展指数 $P = q^{4/3}(z - z_0)$ 综合体现堵口水力状况, 并作为衡量围海堵口工作困难程度的指标. 堵口时采用平堵抬高口门, 一般 v, P 值从小到大, 再从大到小变化, 中间有个转折点, 转折时的口门称为“转化口门”, 其高程称为转化口门高程, 这时的 v 值或 P 值最大^[1-4]. 由福建罗源松山围垦堵口水力计算成果可知, 龙口进流时其转化口门高程较高, 出流时转化口门较低; 口门越窄转化口门高程也越低. 从流速等值线(图 1)可知, 当截流体施工上升超过 1.5m 高程后, 堰顶流速 $v_{\text{入max}}$ 和 $v_{\text{出max}}$ 都小于或等于 4.0m/s, 且以后每一层堰顶水力 v, P 值在同高程几乎等值, 如图 1 和图 2 所示. 即越过了这一高程之后, v, P 值都大大减少, 减少了堵口难度, 这时采用以立堵为主, 平、立堵结合, 施工可较快地缩小口门宽度, 最后以立堵方式尽快封堵“小龙口”.

从松山围垦堵口水力计算 v, P 等值线图中设计选择的堵口工程程序(在图 1 和图 2 中用粗黑线表示), 堵口分 4 个阶段, 如图 3 所示.

第一阶段: 堵口段 440m, 平堵至 $\nabla - 3.0$ m, 尾屿至三屿之间的 240m 段用铁丝笼护底.



第二阶段: 平、立堵结合, 完成 200m 段截流体填筑, 最后堵口段缩在两个岛屿之间.

第三阶段: 平、立堵结合, 龙口从 240m, $\nabla - 3.0$ m 缩至 90m, $\nabla 1.0$ m.

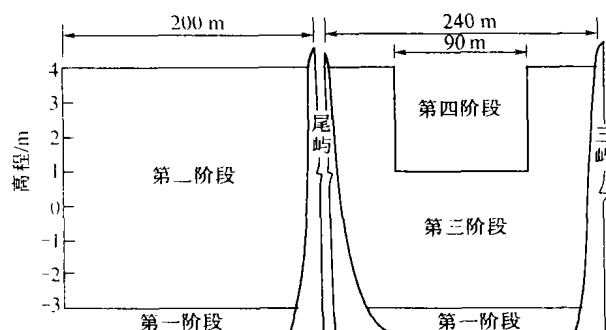


图3 松山围垦堵口施工程序

第四阶段:立堵为主,平、立堵结合,堤轴线两边同时进展,尽快压缩填堵小龙口。

上述堵口程序,截流体堰顶遇到的最大 P 值仅 22.2(口门宽度 $B = 190\text{ m}$,堰顶高程 $\nabla 0.0\text{ m}$),最大流速 $v = 5.3\text{ m/s}$ ($B = 190\text{ m}$, $\nabla - 1.0\text{ m}$),截流体填筑避开了高流速,大 P 值冲击。可避开用一般船只抛石施工所无法承受的高流速,减小堵口施工难度,有利于截流体施工安全。所以合理选择堵口施工程序很重要。

2 地基处理

堵口工程施工,地基要满足堵口截流体填筑施工强度大、施工速率高、增荷速率快的要求。一般来讲,堵口段地基预压时间短,提高地基固结强度工作难以一时完成;另一方面,施工时为了抵抗堵口时的高速水流、大单宽流量,不得不使用铁丝笼装块石填筑,这样,截流体边坡相应变陡了,断面平均坡度也变陡了,相应地对地基强度要求也提高了。所以,要求堵口前预先提高地基的承载力,根据不同地基承载力情况,按设计要求可采用压载、沙垫层、塑料排水带、沙井等措施,以满足截流体对地基强度的要求。

3 堵口截流体施工防护

3.1 截流体失稳状态

a. 截流体溢流面受水力冲刷,常出现“拉沟”险象。截流体溢流面一旦被冲成小缺口,水流将集中冲刷,在溢流面上形成“拉沟”现象。沟坑在水力冲刷下迅速向深、向宽处扩展,往往仅一次潮水就可能造成垮堤。如松山围垦 1993 年堵口时曾出现过严重“拉沟”现象。在松山围垦工程中,当堵口口门宽度压缩至 240 m 时,由于原先未做好截流体施工防护,出现严重“拉沟”现象,240 m 长的截流堤溢流面上 ($\nabla - 3.5\text{ m}$) 形成 2 条沟,水流归槽集中,很快扩大到 30~80 m 宽两处缺口,并迅速从 $\nabla - 3.5\text{ m}$ 刷深至 $\nabla - 11.3\text{ m}$,险些冲垮整条堤,后加强施工强度,

征集百多艘抛石蝴蝶船、机动货运船等日夜抛填铁丝笼和石块,退潮后又通过陆路车载加班填石,经过几个潮水期拼搏,方把缺口填平。

b. 截流体边坡流速增大,堤坡被冲刷失稳。当截流体上升至一定高度后,截流体外边坡流速大于通过堰顶流速。对松山围垦堵口截流体 19 个组合的边坡流速进行计算,其边坡流速比堰顶流速大 85% 左右,在 5.5~7.4 m/s 之间。这么大的流速很容易造成截流体边坡的铁丝笼破裂,单块体块石流失,从而引起塌坡失稳。

c. 截流体地基冲刷淘空,堤身塌陷失稳。截流体内渗流量较大,但其向下游的渗流速度自上而下减小,地基砂土很容易被淘空。如图 4 所示,当堤内外形成水位差后,截流体内就有渗流存在,当溢流面有水体过流时,边坡流速 v_2 远大于截流体地基附近的渗流流速 v_3 ,这样截流体溢流面水压强比地基面渗流压强小得多,由于压力梯度形成的流速垂直分量的梯度为 $\Delta P = \Delta v^2 / 2g$,在截流体内水体产生一股向上的升力,截流体内这股向上的渗流与基底水平渗流冲力的合力,方向是向下游又偏向上方流动,这股合力渗流对地基接面起冲吸作用。这股冲吸力把截流体地基的土粒和砂粒吸吮搬移,冲往下游,就是这吸吮效应促使截流体地基快速淘空,使基础塌陷,随之截流体边坡坍塌,造成截流体失稳溃垮。在图 4 中 MN 断面上, M 处边坡流速最大,因地基至边坡的垂直距离 MN 最短,对地基线而言, N 处渗流流速的垂直分量梯度也最大,该处冲刷合力也最大,那么 N 处周围地基与截流体底交接面砂土被淘空也最严重。随着边坡流速增大,这股偏向上方的渗流流速也越大, N 处地基破坏也越严重,造成截流体失稳溃垮。福建宁德西陂塘 1977 年第一期堵口时,由于截流体断面外坡地基被冲刷淘空,外坡失稳,危及堤身轴线部位稳定,使得截流体上部的截流木框架倾斜,外坡成反坡,个别竹笼成悬空挂状,仅几个潮水,整堤便失稳溃垮。

d. 截流体压载区防护不够,也会引起截流体失稳。在边坡流速作用下,压载部位常受边坡流速产生的淹没流水跃冲刷,甚至受自由流水力直接冲刷,当压载面上的水垫层薄,且压载区(靠近边坡部位)又没有用大块体防护时,压载也常遭破坏,压载地基也极易遭冲刷,引起截流体失稳垮堤。

3.2 截流体防护措施

针对堵口施工出现的问题及造成截流体溃垮机理分析,提出几点施工防护措施:

a. 截流体溢流面施工要平整,严防“拉沟”现象

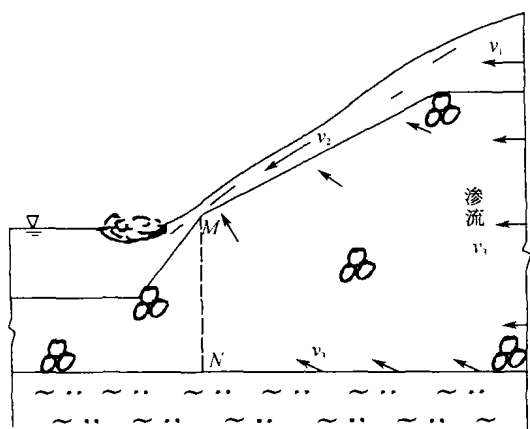


图4 截流体地基冲刷掏空机理分析

发生。截流体施工时首先要保证整个溢流面施工平整,即使铺设铁丝笼,也应尽量靠拢,不留沟槽,不可以出现溢流面坑沟和1m宽以上凹槽,严防水流集中冲刷;其次,用船抛投块石时,应有意识地将大块石抛填在截流体断面临坡处,小块石充填中间,退潮后,用人工理平溢流面,尽量使溢流面平整。

b. 截流体填筑过程中,断面每一层面内、外边沿都应铺设铁丝笼,形成铁丝笼边坡。截流体施工过程中,要求从最低潮位线起在截流体每层面边沿连续铺设铁丝笼,当截流体填筑至一定高度后,内外边坡则形成“铁丝笼边坡”,藉以抵抗边坡流速冲刷,稳住边坡。

c. 在截流体底层铺设土工布,防止地基沙土被水力吸蚀冲刷。在抛石截流体形成一定高程时,为防止截流体上升过程中地基沙土被水力吸蚀冲刷,要在截流体底部平铺一层土工布,目的是阻隔地基沙土被吸上扬,以防产生地基界面冲刷。这层土工布尽量铺设在较低层,在施工条件允许下,越低越好,且最好铺设延伸至断面的水跃区下方。铺设后用块石或铁丝笼压住,防止土工布飘走。

d. 截流体施工前应先做好堵口段地基护底工程。堵口段大都选择在深港处,堵口段地基的防护很重要,首先施工前要计算好地基承受截流体全断面施工安全系数,判断地基能否满足截流体高速率施工要求;其次是做好截流体地基护底工程和提高地基强度工作,一般先依次较均匀铺垫粒砂、细石子等(厚度2.0m以上),后压上粗大块体填料。护底范围一般要护到截流体断面的上、下游一定的宽度,以不冲刷截流体地基为准。

e. 堵口截流后要求紧接着土体“闭气”施工。堵口截流达到设计要求后,要紧接着“闭气”施工。截流体底部的渗流对地基冲刷是不可忽视的,不能任其长时间冲刷。堵口截流后应紧接着进行全面闭气施

工。因闭气工作量很大,在条件允许下应边填筑截流堤,边进行闭气,尽量堵住渗流,保住截流体地基,最后完成堵口施工任务。

4 结 语

a. 截流体施工期防护首先要从截流体断面设计开始,既要考虑承受堵口水力冲击,又要考虑地基承受力和地基防护,地基防护应优先;设计的断面结构要能承受堵口水力冲击,施工方案要方便操作,能否在规定时期内完成堵口任务;堵口之前要充分考虑好各种施工方案,还要备足各种材料物资和船只,并修建好进场道路等前期工作。

b. 选择合适的堵口施工程序,可增加堵口成功把握。在大龙口中,“转化口门”高程以下者,大多采用平堵为主,平、立堵结合方案施工;“转化口门”高程以上者,则多采用立堵为主,平、立堵结合方案施工。截流体施工最后阶段的小龙口应在小潮期进行堵口,因不便于船抛石施工,宜采用立堵方式。拟定合理的堵口程序很重要,应避开一般施工船只所无法承受的高流速、大P值,使截流体既免受高能量水力冲击,又可减少堵口施工难度,使堵口工程顺利进行。

c. 多使用“铁丝笼”等组合大块体施工,防止高速水流冲刷;采用铺设土工布等工程措施,防止地基土体界面被吸蚀冲刷淘空,确保截流体顺利填筑。

d. 堵口截流体填筑及下一步的闭气土体填筑的先决条件是建筑体地基的稳定,地基承载力应满足高强度堵口及闭气施工要求。完成截流体填筑之后,应马上进行土体闭气,减少截流体地基被渗流冲刷,一鼓作气完成堵口施工。

参考文献:

- [1] 严恺. 中国海岸工程[M]. 南京: 河海大学出版社, 1992. 217~230.
- [2] 陈吉余. 中国围海工程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000. 188~197.
- [3] 汪龙腾. 围海堵口工程龙口水力条件及堵口程序[J]. 华东水利学院学报, 1979(4): 1~12.
- [4] 李开运. 海湾堵口的转化口门线[J]. 华东水利学院学报, 1979(4): 13~20.

(收稿日期: 2001-10-22 编辑: 傅伟群)

