

黄河下游建造移动式导流船设想的可行性分析

邓 宇 张宝森 谢志刚

(黄河水利科学研究院 河南 郑州 450003)

摘要 根据黄河下游现状,从机械化治理河道和实际需要的角度出发,提出建造移动式导流船的设想。通过对移动式导流船设计方案的介绍和结构稳定性分析,论证导流船方案的可行性。研究表明,移动式导流船设计方案兼有船舶和浮坝的双重作用,投资少,可重复利用,使用机动灵活,在拦洪护堤、临时改变局部河势、作为水上抢险作业平台等方面都是切实可行的。

关键词 移动式导流船;可行性分析;黄河下游

中图分类号:TV131;TV854 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2007)S2-0167-03

近些年来,为控导河势,防止横河、斜河的发生,黄河下游已修建了大量的控导工程和险工,有效地缩小了河道游荡范围^[1-2],但仍然远未控制住河势,“二级悬河”不断加剧。一旦发生较大洪水,势必发生横河、斜河、滚河等重大的河势变化。鉴于黄河下游河势变化快、控导工程不完善以及主槽不稳定的现状,黄河险情的时空变化对抢险技术也提出了高机动性要求。虽然目前黄河上已在不同的地方建立了相应的水上机动抢险队,但鉴于黄河的特殊情况不利于大型船只的通航以及水上抢险队在装备及经验方面的不足,黄河的水上施工作业并没有取得非常理想的效果。因而,对于黄河下游来说,在防汛抢险中很需要有水上抢险平台和临时导流装置。移动式导流船方案的设想就是针对黄河下游防洪工作的需要提出的,这种移动式导流船主要适用于黄河非汛期及小洪水期,或调水调沙期间,主要作用在于:临时改变局部不利河势,防止畸形河湾形成,在“横、斜”河初期导流防护,改变局部河势;工程出险时进行防护,减缓险情发展。

1 移动式导流船的设计方案

1.1 导流船结构形式

移动式导流船为多船联合作业,经常需要转移水域,哪里需要就航行到哪里。然而黄河的航行条件比较差,水少沙多,很多情况下不利于航行,因此要求船体能使用灵活,船体不宜过大。根据黄河目前的水沙条件,并参考现有水上作业船只的结构形

式,初步设计船体总长 37 m,水线长 35 m,型宽 7.0 m,型深 1.5 m,正常吃水深 1 m 左右。导流船的主要构件有船体、导流板、启闭机、固定桩等。导流船的横截面如图 1 所示^[3-4]。船体是导流船的主体,是导流板装置的基台,在船的纵向中间设有一道导流板安装槽,供安装导流板和导流板控制桩用,导流板槽分为几孔,船上安装启闭机和工作台。为了加大导流船的导流深度,在船的底部安装了导流板。导流作业时,导流板下放到船底与河底之间;不导流时,导流板提升到与船底平行以便于转移和航行。为了升降导流板和导流板控制桩,需要安装启闭机。控制桩控制导流板上下升降,起闸槽的作用,每孔导流板槽内安装控制桩,每孔安装 2 根控制桩,控制桩贴在导流板上,可以上下滑动,具有固定船体的作用。为了稳定船体,在船的 4 个角各安装 1 根稳定桩,使船体在下放导流板前先将船体稳定住;为了固定船体,在船与岸边之间或船与船之间安装了支杆,支杆两头设有套环。每艘导流船上有多根支杆,长短不一。

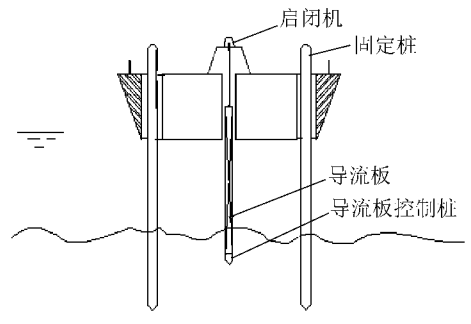


图 1 导流装置横截面示意图

1.2 导流船适用条件

移动式导流船是根据黄河下游河势变化的规律和特点以及各种河道整治工程的效应提出的一种适应河势变化的机动工程,其使用时安装到需要导流的水区,不用时停泊于安全河湾。适用条件如下^[3]:
①流速小于 2 m/s、水深小于 10 m 的工况。②起配合险工和控导工程调整河势、控导主流的作用,不能作为固定坝型选用。③需采用多船联合作业的方式才能形成一定的导流能力,导流能力随着导流船只的增加而增加。④联合作业导流时,船底部和侧部仍有水流通过,不能作为不透水工程看待和选用。⑤在黄河中小流量时运用效果较好,也可在较大洪水中防止滚河,在顺堤行洪时作为护堤用,或作为抢险船。⑥不能在弯道的急流区布置,按修坝规律,在弯道上首的缓流区开始布设,视水流情况往下游进行布置。⑦导流过程中随着导流的作用,船后可能缓流落淤,这时要随时观测落淤情况,随着落淤的厚度提升导流板,以防导流板淤在河底。

2 移动式导流船的可行性分析

2.1 导流船固定方式

导流船能否在水区中正常作业,船的固定很重要。导流船的固定采取以桩固定为主,配支杆连锁在岸边或船上进行固定,以抵抗导流船所受到的水流、水浪、风的水平推力,防止船的移动和倾覆。桩和支杆根据受力情况选用不同型号的钢管加工而成。导流船在不靠岸的水域中作业导流时,还需要配备一般船舶上所用的锚链。目前国内生产和引进的各种钢链和锚完全有能力满足初步固定导流船的要求,能够达到各船之间互相连锁和下放固定桩的目的。

2.2 导流船稳定性分析及简单计算

导流船在固定作业时,所受到的外力有静水压力、水流冲击力、风压力、波浪力。要保持导流船在作业时间的固定状态,需要计算导流船所受的水平合力和相应的倾覆力矩、桩和支杆的承载力,使导流船在作业时不滑动,不倾覆。简单的计算如下^[3 5]:

a. 静水压力。导流船在水中作业时,由于导流的作用,可能在船的上下游形成一个较小的水头差,水头差初步采用 0.1 m,则静水压力如下:

$$F_{\text{静水}} = \frac{\rho(h_1^2 - h_2^2)}{2} l = \frac{1 \times (1.1^2 - 1^2)}{2} \times 35 = 3.7(t)$$

式中: $F_{\text{静水}}$ 为静水压力, t; ρ 为水的密度, $\rho = 1 \text{ t/m}^3$; h_1 为船上游水面到船底的水深, m; h_2 为船下游水面到船底的水深, m; l 为水线长, m。

b. 水流动力。水流流速是沿水深而变化的,其变化规律与河道情况、含沙量和水深等因素有关。根据黄河实测流速情况,得出近似反映速度沿水深的公式^[5]:

$$v_x = v_0 \left[1 - \frac{x}{d} (1 - \alpha) \right] \quad (1)$$

式中: v_0 为水面流速, m/s; v_x 为水面以下 x 米处的流速, m/s; d 为水深, m; α 为修正系数,与水深、流速及河道情况有关。当 $v_0 < 4.5 \text{ m/s}$ 时 $\alpha = 0.6$,否则取 $\alpha = 0.5$ 。 α 越大,流速变化越缓慢。为计算简单,取 $\alpha = 0.6$,则有

$$v_x = v_0 \left[1 - 0.4 \frac{x}{d} \right] \quad (2)$$

水流的动水力计算公式如下:

$$P_{\text{动水}} = 0.5 C_0 \rho v^2 \quad (3)$$

式中: C_0 为阻力系数,与迎水面的形状有关,这里设为矩形,取 $C_0 = 2.0$; ρ 为水的密度, t/m^3 ; $P_{\text{动水}}$ 为水流的动水力, kPa。

将式(2)代入式(3)得

$$P_{\text{动水}} = 0.1 \times \left[v_0 \left(1 - 0.4 \frac{x}{d} \right) \right]^2 \quad (4)$$

在计算时,考虑水流冲击导流板,把导流板与船体当作一个整体考虑,设计水面流速为 2 m/s,水深 10 m,导流板与水流方向垂直,则导流船所受到的水流冲击力为^[5]

$$F_{\text{动水}} = \int_A P_{\text{动水}} dA = \int_0^4 0.1 v_0^2 \left(1 - 0.4 \frac{x}{d} \right)^2 l dx = 47.5(t)$$

c. 风力。一般来说,河道里的风速比较大,计算时采用 8 级风,相应的风速为 20 m/s,则导流船所受到的风力为

$$F_{\text{风力}} = 1.4 k_1 k_2 \frac{v^2}{16} w_2 = 0.6(t)$$

式中: k_1 为风压高度系数,取 1; k_2 为地形地理条件系数,取 1; v 为风速。

至于水流的波浪力,暂且忽略不计,则导流船体所受到的水平推力合力为

$$F_{\text{和}} = F_{\text{静水}} + F_{\text{动水}} + F_{\text{风力}} = 3.7 + 47.5 + 0.6 = 51.8(t)$$

d. 倾覆稳定性分析。船体在水平推力的作用下,会产生倾覆力矩。忽略静水压力及风力的影响,仅考虑由水流引起的力矩,如图 2 所示可知,船体所受倾覆力矩为^[5]

$$M_{\text{倾}} = \int_A P_{\text{动水}} x dA = \int_0^4 0.1 v_0^2 \left(1 - 0.4 \frac{x}{d} \right)^2 x l dx = 89.54(t \cdot m)$$

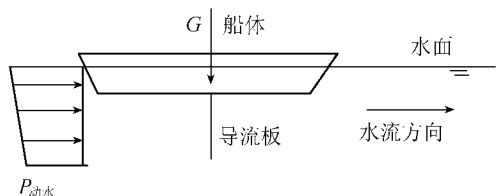


图2 船体倾覆稳定性分析简图

若保证船体稳定,则需要 $M_{重} > M_{倾}$,对于为黄河设计的小型船体,其吨位一般在 50~100 t 之间,取最小值 50 t,并取最危险状态, $e = B/2$,计算如下:

$$M_{重} = We = 50 \times 3.5 = 175 (\text{t} \cdot \text{m})$$

式中: W 为船的自重; e 为偏心距。可见 $M_{重} > M_{倾}$ 。

此外,为了避免导流船不移动、不倾覆,具备一定的稳定性,在设计时在导流船上安设了 4 根稳定桩、10 多根导流板控制桩和多根支杆。船体本身的自重加上这些稳定性设施,能够保证导流船不移动、不倾覆。但是,在水区作业的导流船,小的摆动是不可避免的。

对于普通桩,可认为拔桩力是克服桩侧极限摩擦力所需的数值,即^[5]

$$V = \xi \pi D \sum_{i=1}^n f_i l_i \quad (5)$$

式中: V 为抗拔桩极限承载力, t; ξ 为折减系数,取 0.8; D 为桩径, m; f_i 为第 i 层土的桩侧极限摩阻力, kPa; l_i 为桩身穿过第 i 层土的长度, m。

由所提供的竖向力和上述公式即可得到桩径所需的入土深度。对于上面计算得到的水平合力及合倾覆力矩可以通过桩的设置来平衡。桩的抗倾覆力矩为^[5]

$$M_{桩} = \xi \pi \sum_{i=1}^n D_i l_i f_i e_i$$

式中: e_i 为桩至倾覆中心的距离, m。

对于软土基,基础常常在达到倾覆之前已经由于承载力或滑移稳定性不足而破坏。因此,作为一种破坏模式,倾覆破坏仅发生在地基土较好、结构未遭受较大倾覆力矩的情况。所以对于河底土质松软的地基,在设计导流船稳定桩与导流板控制桩时要先对桩体进行试验研究,然后选取适当桩径、桩长的稳定桩与控制桩来满足结构稳定性的需要。此外,桩体本身也要有足够的强度,其弯曲强度和剪切强度均应满足使用的要求。

综上所述,可知: $M_{稳} = M_{重} + M_{桩} > M_{倾}$,船体稳定具有一定的安全可靠。

3 移动式导流船的作用

在每年汛期过后和枯水季节,河势多有变化,易出现新生河湾、塌滩塌村、险工和控导工程脱河、引

黄涵闸引水困难等现象。这时,可以采用移动式导流船进行导流,调整河势,使不利河势向有利河势发展。其主要作用如下:

a. 引导流向,调整局部河势。在中小水流量时,若河势发生大的变化,可用导流船引导流向,调整局部河势,使其向有利河势方面发展,防止出现“横河”、“斜河”和畸形河湾,使险工、控导工程和引黄涵闸不脱流。导流船的安装形式可根据要求的导流方式进行布置,也可采用垂直导流布置形式,见效快。

b. 护岸导流,缓流落淤。在滩区有塌滩塌村的河岸,可用导流船进行护岸导流,使塌掉河岸处缓流落淤,以保护滩地和村庄。导流船可采用护岸导流和联船导流的方式布置。

c. 疏导河床,畅通水流。在河床淤积严重、水流不畅时,可用导流船造成环流冲刷河床,加大挟沙能力,使河床冲深拓宽,水流畅通。

d. 导堵汉河,水流集中。在出现汉河时,可用导流船布设在汉河口门处,使水流导向主槽,汉河槽口门处落淤。

4 结 语

开发研制移动式导流船可作为黄河下游河段拦洪护堤、导流导沙以及抢险护坝时的水上作业平台,其兼有船舶和堤坝的双重功能,具有投资少、效益高、使用机动灵活等显著优点。这种移动式导流船配合固定式河道整治工程,方能相得益彰,形成更加安全有效的防洪屏障。鉴于目前黄河下游的防洪抢险形势依旧很严峻,如果条件成熟,可以对移动式导流船的技术方案进行详细论证和产品设计,先生产出 1~2 艘导流船投入试用,积累经验后再逐步推广。

参考文献:

- [1] 胡一三,张红武,刘贵芝,等.黄河下游游荡性河段河道整治[M].郑州:黄河水利出版社,1998:21-35.
- [2] 张俊华,许雨新,张红武,等.河道整治及堤防管理[M].郑州:黄河水利出版社,1999:44-65.
- [3] 郭自兴.闸门式导流船的设置[R].郑州:黄河水利委员会河务局,1988:20-60.
- [4] 石小和.导流冲淤艇[C]//黄河及多泥沙河流学术讨论会论文.郑州:黄河水利出版社,1985.
- [5] 曾广武,郝刚,吕庭豪.多用途黄水工船可行性分析论证[R].武汉:华中理工大学船舶及海洋工程系,1988:27-60.

(收稿日期 2006-11-06 编辑 高建群)