



# 吹填工程泄水口土颗粒流失控制相关性计算

罗华锐, 张宏喆

(中交天津航道局有限公司, 天津 300461)

**摘要:**吹填造陆工程中存在混合土质,本文针对淤泥在地基处理时沉降大的问题,对吹填土临界粒径的土颗粒沉降速度、流径、泄水口之间的关系进行研究,采用斯托克斯定律得出临界颗粒值的理论沉降速度。将流径、泄水口流速与颗粒沉降速度相结合,设置排出临界粒径土颗粒的泄水口宽度。以薄壁堰为例,其他堰体可采用相应的流量公式进行计算。通过对临界条件的分析和计算,处理吹填施工和地基处理之间的矛盾,寻求流失量控制的合理薄壁堰参数,为实际工程应用提供参考。

**关键词:**薄壁堰;泄水流速;土颗粒沉速;吹填流失量;临界参数

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)S2-0075-02

## Correlative calculation of soil particle loss control at outlet of hydraulic reclamation project

LUO Hua-rui, ZHANG Hong-zhe

(CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300461, China)

**Abstract:** Mixed soil exists in hydraulic reclamation project. Regarding the problem of large settlement of sludge in foundation treatment, this paper studies the relationship between the settlement velocity, flow diameter and outlet of hydraulic reclamation soil particles with critical particle size, The theoretical settlement velocity of critical particle value is obtained by using Stokes law. The width of the outlet for discharging critical soil particles is set by combining the flow diameter, outlet velocity and particle settlement velocity. Taking the thin-walled weir as an example, other weirs can be calculated by the corresponding flow formula. Through the analysis and calculation of critical conditions, the contradiction between hydraulic reclamation construction and foundation treatment is solved, and reasonable thin-walled weir parameters for loss control are sought to provide reference for practical engineering applications.

**Keywords:** thin wall weir; discharge velocity; settling velocity of soil particles; hydraulic reclamation loss; critical parameter

### 1 问题提出

吹填流失量是吹填造陆工程中对成本、进度控制至关重要的因素。流失量过大会造成泥沙资源浪费、船舶成本增加、进度滞后等。但是对于有造陆高程要求的项目,单纯减少流失量无法解决问题,因为吹填区内淤积的大量淤泥在地基处理时施工困难、沉降过大,需要后期补填或补吹,同样会造成成本和进度的失控。因此需要通过控

制泄水口流速将淤泥排出,但是将黏土、粉土应留在吹填区,以达到效益的最大化。

### 2 问题解决思路

以天津南港工业区某吹填造陆项目为研究对象,其吹填土中存在一定量淤泥质土,其余为黏土、粉土和砂。项目吹填区较大,流径足够长,所以在流场的筛分作用下,细颗粒的沉降距离最

远。利用土颗粒沉降公式中的粒径范围内土颗粒的沉降速度、流径长度和沉降高程等参数, 可计算出临界流速, 确定闸管式泄水口的流量、流速, 也可计算出泄水口的过水宽度和泄水高度等参数, 达到准确控制不同土质流失量的目的。

## 2.1 吹填土沉淀速度计算

天津南港工业区某吹填造陆工程中的取土区为港区航道, 其钻孔资料显示, 取砂区地层土质从上到下依次为淤泥、淤泥质黏土、黏土、粉质黏土, 局部存在夹层。取土深度为 16 m, 其中淤泥约占 15%, 位于取土区表层。

在吹填施工过程中, 首先淤泥被输送至吹填区内, 并在后期的真空预压式软基处理过程中被排出吹填区, 否则将形成软弱层, 增加后期换填处理成本。而其他类型的土质应留在吹填区内, 避免流失。

粉土颗粒粒径  $d \leq 0.075 \text{ mm}$ , 理论沉降速率  $\omega_0$  采用斯托克斯定律<sup>[1]</sup> (适用于粒径小于 0.076 mm 的土颗粒) 进行计算:

$$\omega_0 = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{gd^2}{\nu} \quad (1)$$

式中:  $\omega_0$  为理论沉降速率;  $\rho_s$  为土颗粒密度;  $\rho$  为水密度;  $d$  为土颗粒粒径;  $\nu$  为液体的运动黏性系数, 以细颗粒土为主, 是较为均匀的吹填泥浆, 可视为牛顿体。采用钱宁及马惠民针对牛顿体的研究公式<sup>[2]</sup> 进行计算:

$$\nu = \frac{1+2.55S_v}{\rho_s} \quad (2)$$

式中:  $S_v$  为吹填土含沙量是泥沙所占体积与浑水体积之比;  $\rho_s$  为土颗粒密度。

在吹填含沙量较高的区域存在群体沉速影响<sup>[3]</sup>, 采用以下公式计算实际土颗粒沉速  $\omega$ :

$$\frac{\omega}{\omega_0} = (1-S_v)^m \quad (3)$$

式中:  $\omega$  为实际土颗粒沉速;  $\omega_0$  为理论沉降速率, 由式(1)求得;  $m$  为待定参数, 采用试验条件较为接近的菲尔及盖耶的研究成果, 取 4.5。

## 2.2 计算土颗粒沉降时间所需的临界流速

用吹填区壅水高度  $H$  与需留住的土颗粒的下

沉速度之比计算出下沉时间  $t$ :

$$t = \frac{H}{\omega} \quad (4)$$

式中:  $\omega$  为实际土颗粒沉速, 由式(3)计算得出; 与吹填区内流径  $L$  结合计算, 得出留住该颗粒的泄水临界流速:

$$v_0 = \frac{L}{t} \quad (5)$$

## 2.3 泄水口流速与流量

本工程采用薄壁堰式泄水口进行泄水, 土颗粒在堰前沉降过程及堰体相关参数见图 1。

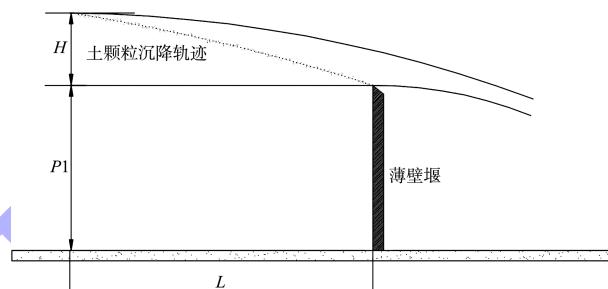


图 1 薄壁堰前土颗粒沉降过程

流量计算采用以下公式<sup>[4]</sup>:

$$Q = \sigma_s \varepsilon m_0 B \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (6)$$

$$H_0 = H + \frac{\alpha_0 v_0^2}{2g} \quad (7)$$

$$m_0 = \frac{2}{3} \left( 0.605 + \frac{0.001}{H} + 0.08 \frac{H}{P_1} \right) \quad (8)$$

式中:  $B$  为堰顶过水净宽度;  $\sigma_s$  为淹没系数,  $\sigma_s \leq 1$ , 当自由出流时  $\sigma_s = 1$ ;  $\varepsilon$  为侧收缩系数,  $\varepsilon \leq 1$ , 无侧收缩影响时  $\varepsilon = 1$ ;  $H_0$  为包括流速水头在内的堰上总水头;  $\alpha_0$  为断面动能修正系数, 堰流可认为是层流, 取 2;  $H$  为堰上水头;  $m_0$  为包括行近流速水头的流量系数;  $P_1$  为上游堰高。

## 2.4 计算堰顶过水净宽度

根据式(1)~(3)可得:

$$B = \frac{Q}{\sigma_s \varepsilon m_0 \sqrt{2g} H_0^{3/2}} \quad (9)$$

式中:  $Q$  为泄水流量, 根据实际吹填流量取值, 将临界流速  $v_0$  代入后可计算  $H_0$ , 其他量均为已知量, 按照实际条件取值。计算所得堰顶过水净宽度即为满足某粒径尺寸时的临界值。

(下转第 103 页)