

吹砂填方技术在机场工程中的应用研究^{*}

孔位学 陆 新

(后勤工程学院军事土木工程系,重庆400041)

摘要:结合机场工程建设的实例,系统地探讨了吹砂填方这一先进技术,指出了吹砂填方技术在大面积填方地基处理工程中的优越性,并得出一些有益的结论,以供参考。

关键词:吹砂填方;机场工程

中图分类号:TU472

文献标识码:A

文章编号:1009-3494(2001)01-0038-04

0 前言

吹填土是人类为了改造自然、发展生产所进行的水力搬运与堆积活动的产物。近半个世纪来,出现了利用需大量清除的航道、港池淤泥作为港口后方陆域形成的吹填工程用料,这一综合利用资源的新技术,其工程应用很快得以推广。至今吹填造陆技术已广泛应用于沿海及内陆近河、湖地区各种机场、堤坝、堆场、建筑物地基等土建工程中。国内外对吹填土进行了一些理论研究,而吹砂填方技术的应用研究在国内外尚不多见。笔者结合某机场建设工程实际,系统地介绍这一先进技术,并就施工中常见的一些问题进行分析,提出了相应的解决方案。

1 吹砂填方技术概况

据文献记载,早在1916年,我国在疏浚黄浦江河道时,就曾采用过吸泥船,对其周边江岸滩地进行吹填。五十年代中期至六十年代,国内吹填工作发展较快,吹填工程由对江岸附近的滩地进行近距离吹填,发展到对离江岸较远的低洼地进行吹填,大都属于围堤造田的项目,而从工程建设角度出发进行吹填的尚不多见,吹填土地基的研究工作就更少了。改革开放以来,随着国内经济建设的高速发展,在吹填技术上也有了长足的进步。在二战后荷兰首都阿姆斯特丹在新发展的市区低洼的软土层上,吹填了大量的砂,并在地基沉降研究中,提出了适合该市的太沙基——皮土门——高贝詹(T-B-K)计算公式。日本于五十年代后在围海吹填造陆地的工程中,采用打设砂井、深井排水等措施,重视吹填地基上沉降与变形的原位测试,并于1976年开始把吹填地基列

入课题进行研究。

对于“吹砂填方”一词,有的文献称为“吹砂”、“吹泥”或“吹填土”,也有的称为“水力吹砂回填”或“水力冲填”等等。吹砂填方,是指利用水力机械冲搅泥砂,将一定浓度的泥浆通过事先铺设的管道泵送至四周筑有围堤的拟吹填区域。若吹填区离取土区较远,通常采用接力泵送的方式,随着施工条件的不同,大致有三种吹填方式:(1)当有稳定的砂源时,可直接采用吸扬式(绞吸式)挖泥船挖出江河底部泥砂,通过挖泥船上的泵和连接船与岸的漂浮管道,将泥浆输送到吹填场地。若此时吹填砂颗粒较粗,可采用分级沉淀的方式进行吹填,即先将泥浆吹填至预设的沉淀池中,然后再将其输送至围堤内;(2)当有理想的砂源且有较好的作业面时,可采用人工水力冲挖的方式,用高压水枪将砂土冲拌成浆液,并用小型泥浆泵吸入进泥管内,一条管道需配备15-20条水力冲挖机组;(3)当无固定砂源时,可用挖泥船将泥砂从江河底部挖至驳船上,加水搅拌后,用泥浆泵输送,吹填至工程场地。

泥浆吹填至围堤后在堤内漫流,流速逐渐减慢,在靠近出砂口处,沉淀的土颗粒较粗,随着漫流距离的增大,沉淀的土颗粒逐渐变细。同时,一定数量的悬浮在水中的较细土颗粒,连同一部分水经围堰排至堤外的蓄水坑内。当露出的冲填土达到设计标高时(应考虑吹填土的下沉量和下卧层的沉降量),整个吹砂填方过程结束,其工艺流程如图1所示。

2 应用实例

* 收稿日期:2000-09-11

作者简介:孔位学(1976-),男,山东人,硕士,研究方向为特殊土与非饱和土;陆新(1959-),男,上海崇明人,博士,教授,从事岩土工程方面的教学与科学研究工作。



图1 吹砂填方工艺流程示意图

2.1 工程概况

某机场工程为国家重点建设工程项目,位于长江某沙岛上。机场所在位置河网沟渠纵横交错,场区耕地均为水稻田,地下水位离地面仅1米左右,表层土质松软,含水量高,在原地面下1~5m范围内是淤泥质土,是典型的新近沉积软粘土。机场场区道坪地面采取抬高设计,以长江江底淤砂为场外土源,采用吹砂填方技术解决填方问题。由于砂源质量较差,拟采用两级沉淀的方式进行吹填。吹填后的场地采用强夯法进行加固处理。

2.2 吹砂填方的应用论证

本工程场地为大面积填土工程,需从场外取土100多万 m^3 。该机场本身已经占用了当地4620亩良田,如果再开挖1200亩附近良田取土,势必造成大面积水土流失,破坏生态环境,且场区周围上源的土质并不理想;若到离场区较远的地方或到岛外取土,其水陆运输的费用将是十分昂贵的。经过周密调查、现场勘测、经济效益和社会效益的全面评估,一个就地取材,挖取该砂岛北侧长江江底淤砂为场外土源,采用吹砂填方的先进方案被明确地提了出来。

本工程吹填料为细砂,强夯前吹填压实,其坚硬程度大于松填土,在强夯加固时,可获取较大的接地速度,有效地传递夯击能量,减少夯击能量的损失。且砂土本身就是一种良好的排水通道,孔隙水压力可以在较短的时间内消散,加速了土体的排水固结,提高了夯击效果。

吹填砂夯前吹填压实,有利于强夯参数的经济选择,降低强夯耗费,在三种场外借土方案中,吹砂填方方案的单价是最低的。而且,可以避免直接夯击松填土造成的强烈起伏现象,提高强夯施工效率。

场外借土方案	岛外运土	岛内运土	吹砂填方
单价(元· m^{-3})	59.2	36.9	27.8

2.3 工艺流程

在长江北泓道上,选择离机场飞行区最近距离的地段(面积 $1000 \times 500\text{m}$)作为取砂地段,自砂源区至填方区域,沿途敷设两条平行的输泥管道,并设置多级接力泵站以驱动泥浆在管道中流动。在砂源区正式开挖之前,先将砂源区表层0.80~0.90m厚的冲积粘土层开挖掉,开挖深度1.3m。为保证取砂

质量,将开挖掉的粘土抛置至远离砂源区300m以外的弃泥区内。在泥浆输送线路上,采取前后两级沉淀措施,这是该工程的一个重要创新点。前期沉淀(或称一级沉淀),是指将泥浆从取砂地段挖出后,通过挖泥船上的泵和连接船与岸的漂浮管道,将泥浆送入预设于岸边的沉淀池中,其目的是使因潮汐而带入泥浆中的土的细颗粒含量增加,包括各种混杂的漂浮的有机沉积物碎屑得以消除。在岸边共设4个一级沉淀池($100 \times 100 \times 4\text{m}$),交替使用。当前期沉淀的泥浆在沉淀池中稍有固结时,用高压水喷射的方法,再次将其和水混合成为泥浆,并在多组泥浆泵作用下,将泥浆经由汇聚于管泵入输送管道,送往填方区域。

经过高压水喷射形成新的泥浆流,泵送至拟吹填区以后,再进行一次沉淀,称为后期沉淀(或二级沉淀)。在后期沉淀中,绝大部分土的粗颗粒都沉落下来,一部分悬浮在泥浆中的细颗粒上,经退水口溢出区外,这又一次改变了吹填土中粗细颗粒的比例,改善了吹填土的工程性质。在长达10km的输送线路上设置了多级接力泵站,如图2所示,这是该工程在工艺上的另一重要突破。每个泵站均设有柴油机、离合器和泥浆泵。

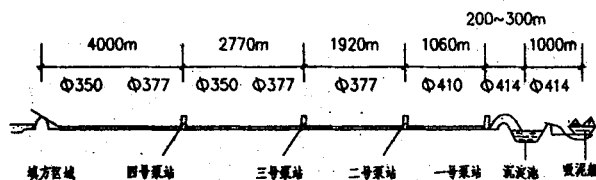


图2 吹填线路中接力泵站布置示意图

将填方区域划分成若干区段,区段与区段之间用围堤隔堤分开,使每个小区段自成封闭体系。划分小填区的目的在于:尽量缩短吹泥口至退水口之间的距离,以利沉淀后土的颗粒组成相对均匀稳定;加速含细颗粒上的水的排出,改善土的工程性质。

2.4 工艺创新

考虑到取砂地段受东海潮汐的影响,在钻孔周围取砂,必须首先剥离江底表层粘土层,然后在深度1米以下的地方吸取中部第二层的砂质粉土和下部的砂土,但这不能彻底解决问题。因为每日昼夜两次的东海潮汐,随时都会将已剥离的粘土层重新覆盖,甚至连长江中的大量泥砂也会淤置在其周围,形成一个根本无法去除的以细颗粒为主的填充层,使绞吸上来的泥砂中细颗粒土的含量增大,土颗粒组成及工程性质达不到设计要求。针对上述情况,在吹填过程中,设计多级沉淀并辅助以“清洗”的措施,使

泥浆在溢流过程中,自行流失了一部分细颗粒土,使细颗粒土(粒径小于0.005mm的土粒)的含量小于10%。这是一个具有独创性的关键技术措施。吹填后填方区的跟踪观测数据(131组试样)表明,砂质质量达到了控制指标,见表2。

表2 吹填砂颗粒分析试验统计结果分析

	大于0.074mm 土颗粒	小于0.005mm 土颗粒
最大	77.90%	6.77%
最小	19.44%	0.18%
平均值	51.78%	1.31%
标准差	11.65%	1.41%
偏差系数	0.2250	0.8702

在总计长达10km的输送线路上,如何进行泵站设计,是摆在设计者面前的一个难题。该工程因地制宜地设置了多级接力泵站,使泥浆在泵力抽送下,不断获得动能以抵消由于管道及系统的内摩擦而损失的动能,以及因地面高程变化而增加的势能。这是该吹填工程工艺上的另一个重要突破。接力泵站的布置见图2。尺寸线下为管道直径,单位mm。

3 施工中常见的问题及解决方案

3.1 管道喷砂涌水

在长距离管道输送过程中,由于管道接口较多,地势起伏不定,最常见的一个现象就是管道喷砂涌水。分析其原因是焊缝出现裂隙或法兰接口松动,可简单地采取补焊或紧固螺丝的方法,但不能从根本上解决问题。解决此类问题的有效措施就是每隔1000m设置一个排泥胶管,并且严格控制管道爬坡时的倾角在30°以内。

3.2 管道穿越较宽河道时,沿河床铺设问题

管道穿越较宽的河道时,管道沿河床敷设,管道喷砂难以控制,造成施工无法继续进行。究其原因主要是刚性管道置于软弱的河床上,无固定支撑,加上由于水流产生的剪力,使接口极易出现焊缝或螺丝松动,又无法在水中补焊或紧固螺丝。解决方案为因地制宜地采取搭设简易桥梁的方法。

3.3 汽蚀问题

当砂质较好,颗粒较大(尤其是中粗砂)时,汽蚀现象比较严重。汽蚀对泥浆泵磨损较大,经常造成泵壳磨穿。汽蚀是水力机械中特有的现象,它是指流动中蒸汽与气体混合的小气泡的形成、发展、破坏以及化学腐蚀作用导致金属材料破坏的全过程,它对泵乃至水力机械的正常工作威胁很大,不仅可以破坏材料,而且会降低其工作性能。为减缓汽蚀对水力机械的磨蚀,过流部件可采用抗汽蚀性能较好的材料,如不锈钢,铝青铜及聚丙烯等;同时改进泵的

进口结构参数,提高其加工工艺水平,尽可能地减少泵的必需汽蚀余量 Δh_r (Required Net Positive Suction Head);合理地设置吸入装置系统,使其具有较大的有效汽蚀余量 Δh_e (Effective Net Positive Suction Head)。

4 结 语

该机场采用吹砂填方这一先进技术,不仅为国家节省了大量人力物力,取得了明显的经济效益和社会效益,而且为大面积机场飞行区的道坪基础和面层的构筑赢得了时间,为今后类似工程的建设提供了可供借鉴的珍贵资料与经验。

(1)实践证明,在解决沿江湖河海地区大面积填土问题时,吹砂填方是一种有效而实用的处理方法。

(2)在强夯法处理软粘土地基时,吹填施工前可先插设塑料排水板,以利排水。

(3)当砂源不太理想时,建议设计多级沉淀并辅助以“清洗”的措施。

(4)在长距离管道输送泥浆时,可因地制宜地设置接力泵站。

(5)管道跨过河(航)道时,管道不能直接沿河(航)道铺设,应搭设简易桥梁;管道爬坡时,管道倾角应控制在30°以内,最大不宜超过4°。

(6)汽蚀现象是泥浆泵被磨穿的主要原因,为减少泥沙对水力机械的磨蚀,应控制泥浆的含砂量在35%以内。

参考文献

- [1] 文海家,严春风,汪东云.吹填软土的工程特性研究[J].重庆建筑大学学报,1999,21(2):79-83.
- [2] 洪家宝.统一固结理论在吹填土中的应用[D].南京:河海大学,1990.
- [3] 蔡萍,李村民.分层回填压在强夯加固深填土中的应用[J].湘潭大学自然科学学报,1999,21(2):106-109.
- [4] 陈玉贵,倪敬军,张善群.强夯加固吹填土软基效果的分析[J].江苏建筑,1998(1):20-23.
- [5] 《地基处理手册》编写委员会.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1988.215-228.
- [7] 叶书麟.地基处理工程实例应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.55-60.
- [8] 阎明礼.地基处理技术[M].北京:中国环境科学出版社,1996.27-45.
- [9] 王铁宏.全国重大工程项目地基处理工程实录[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.1-13.
- [10] 常江涛.泵与风机.中国人民解放军后勤工程学院学报[J],1989.57-75.

(下转第42页)

基本相同,其阻抗接近。

2.3 电极直径

根据计算的导电电流截面积等,确定电极直径 $D_j = [I_e / (0.79 I_{e2})]^{1/2} \text{cm}$, 式中: I_{e2} ——石墨电极允许电流密度,取 $I_{e2} = 15 \text{A/cm}^2$, 代入数据得: $D_j = 327 \text{mm}$, 所以,选用 350 的标准石墨电极(优级)。

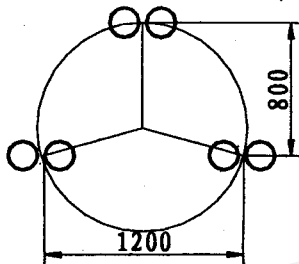


图2 空间三相钢管

2.4 水冷电缆

规格:根据计算的变压器容量和电流大小,选用 HLSJ 型,集束式水冷电缆,规格 2500mm^2 其载流容量 11250A/根 ,最小弯曲半径 $R430 \text{mm}$,冷却水耗量 $1.5 \text{m}^3/\text{h}$ 。

电缆长度计算:由于水冷电缆长度直接影响电炉短网的每相输出功率,根据参数要求和实际的倾炉关系,中间相导电铜管连接的水冷电缆为最长,从耗电角度应是电缆越短越好,但必须满足倾炉的长度要求。其长度以电极提升到最高位置时,倾炉 45° 为最长,几何关系如下图3。

短网初始位置固定点 $A(0,0,9060)$, 动点 $B(300, -1205, 10610)$; 最大倾功 45° 时, $\theta = 2.936^\circ$, $\alpha = 47.936^\circ$, $O_x B' = 4059 \text{mm}$ 。所以运动点 B 坐标 $B'(-5842, -1205, 9209)$, A 点不动则 AB 之间

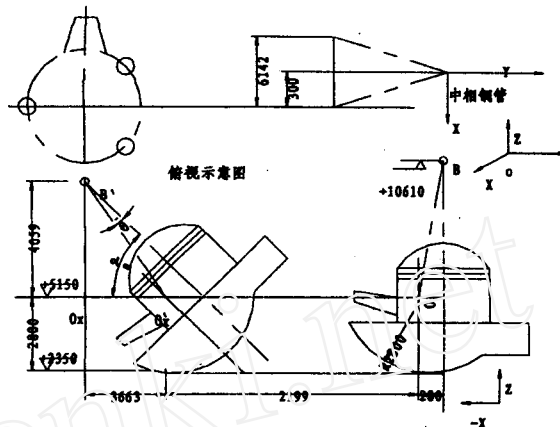


图3 倾动示意图分析图

距离:

$$AB = [(X_1 - X_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2]^{1/2} = 5967 \text{mm}.$$

又,水冷电缆在最大倾炉时应处在弯曲状态,根据经验,取 40% 作余量,则 $1.4AB = 8354$, 圆成标准值,故,水冷电缆长度为 8500mm 。

3 结论

通过对 15t 电弧炉短网的分析,设计出实际中可行的短网结构和布置方式,这不仅在实践中得到较好的运用,而且提供了一种设计思路,设计中不能只考虑机械结构,必须全面分析,把电气要求和机构计算结合起来,达到机械与电气结合,设计出既满足供电要求,又满足机械结构简单、实用、可靠性高的装置。

参考文献

- [1] 汤世金,林汉勇. 炼钢电弧炉机电设备工艺设计[M]. 成都:成都科技大学出版社,1994

Design of Short - Web of 15t Arc Furnace

Cao Yuangang

(Design section, No.4 Plant, Changcheng Special Iron and Steel Co., Jiangyou 621702)

Abstract: In this paper, the power - supply need of electrode pole of 15t arc furnace and line structure are analyzed to balance the three - phase power. The choice of water - cooling cable, the improvement of collocation of short - web, the calculation of contact tube and the design of short - web structure are also discussed.

Key words: short - web; roomage collocation; three - phase power; water - cooling cable

(上接第40页)

Study on the Application of Hydraulic Sand - fill Technology to Airport Engineering

Kong Weixue Lu Xin

(Dept. of Civil Engineering, Logistical Engineering College of PLA, Chongqing 400041)

Abstract: In light of a construction example in an airport, the authors probe systematically into the advanced technology of hydraulic sand - fill, point out its advantage in filling ground treatment projects of large area and arrive at some beneficial conclusions for reference.

Key words: hydraulic sand - fill; airport engineering