



吹填土塑料排水板滤膜淤堵试验

王汝翀, 王荣鹏, 隋宇

(大连港北岸投资开发有限公司, 辽宁大连 116000)

摘要: 吹填土地基排水板淤堵会引发排水通道堵塞, 导致排水不畅而影响加固效果。为此, 依托大窑湾吹填土地基处理工程, 设计了滤膜淤堵室内试验方案, 对抽真空条件下的滤膜淤堵进行了试验和分析。

关键词: 吹填土; 排水板; 抽真空; 滤膜淤堵

中图分类号: U 655.54

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)06-0187-06

Test of dredger fill plastic plate filter membrane's clogging

WANG Ru-chong, WANG Rong-peng, SUI Yu

(Dalian Port North Bank Investment and Development Co., Ltd., Dalian 116000, China)

Abstract: The dredger fill plastic drainage plate's clogging induces the drainage channel's clogging, and thus leads to poor drainage and unsatisfactory effect of foundation reinforcement. Combining the project of Dayaowan bay dredger fill foundation treatment, we design an indoor test program to test and analyze the filter membrane's clogging under the condition of vacuum pumping.

Keywords: dredger fill; plastic drainage plate; vacuum pumping; filter membrane's clogging

近20年来,塑料排水板作为一种经济适用的竖向排水体在软基处理工程中得到广泛的应用。尤其是近几年随着大面积吹填造陆工程的展开,其应用得到进一步推广^[1]。然而,由于吹填淤泥含水量高,黏粒含量多,经常出现排水板淤堵现象^[2-3],对加固效果产生了不利的影响。因此,有必要对排水板淤堵进行研究,从而为设计和施工人员提供参考资料。

1 排水板滤膜淤堵现象

塑料排水板对加固土体起到过滤和阻挡的双重作用^[4-5]。由于吹填土颗粒细小,且在水中处于悬浮状态,因此在地基加固过程中,在真空吸力的作用下,往往在排水板滤膜周围形成“泥皮”,并有部分细颗粒被带入塑料排水板通道中,严重影响了滤膜的渗透性和排水板的通水能力^[4-7]。

通常情况下,比排水板滤膜孔径大的颗粒因筛分作用被阻挡,而比排水板滤膜小的颗粒则会因分子热运动、惯性作用、扩散作用、截留作用、凝聚作用、静电作用在滤膜表面和内部聚集。梁波等^[8]研究人员指出:级配连续的土,致密的织物通过对土粒的截留作用,而形成包括织物在内的厚度较薄的、颗粒由粗到细的自然反滤层;级配不连续的土,织物的致密结构将使某些悬浮颗粒在渗流过程中沉积并聚集在土工织物内部及表面上,从而形成包括土工织物在内的厚度较薄的接触滤层。由于吹填土属于级配不良土,更符合后一种过滤情况。乐超等^[3]采用梯度比试验说明了在较高水力梯度下(真空预压水力梯度介于5.7~16.2之间),饱和软黏土中普通排水板的滤膜淤堵现象加剧,并提出了对滤膜等效孔径适当放宽的建议。

收稿日期: 2014-10-13

作者简介: 王汝翀(1983—),男,硕士,工程师,从事港口工程、地基与基础工程管理工作。

2 排水板滤膜淤堵试验方案

由于塑料排水板滤膜渗透系数对土的加固效果有较大的影响，而排水板滤膜的淤堵会造成整个排水板渗透性降低^[9]，这将对土的固结速度产生较大的不利影响，因此，需要通过相关试验验证排水板滤膜淤堵对渗透性的影响，为选择适宜的排水板滤膜提供参考。

为了进行室内滤膜淤堵试验，首先进行了试验土样制备，之后陆续进行监测仪器的定做与购置，设计并组装了用于滤膜淤堵试验的分级真空预压^[10]设备，通过小型真空吸水试验对分级真空预压设备的真空压力分级稳定性和持续性进行验证。试验结果表明，该套设备可以实现室内真空

预压试验的分级加载的稳定性和持续性，可以用于排水板滤膜淤堵试验。

2.1 土样制备

吹填土主要的粒径范围为0.075 mm以下，占整个粒组含量的98.9%，小于0.005 mm的黏粒含量平均24%，说明取样孔附近吹填土颗粒以粉粒为主，其次是黏粒。

为了能够较为真实地反映北岸吹填土的渗透特性，将现场的吹填土用塑料桶分6桶严格密封装运。由于吹填土分桶装运对吹填土产生了再次扰动，所以土的性质比现场吹填土更差。为此，再次对桶内的吹填土进行了物理力学性质试验，试验结果见表1。

表1 吹填土物理力学性质指标

土样编号	天然状态土的物理性质指标					液限 $W_L/\%$	塑限 $W_p/\%$	塑性指数 I_p	液性指数 I_L	固结		固结快剪	
	含水率 $W/\%$	湿密度 $\rho_0/$ $(g \cdot cm^{-3})$	土粒比重 G_s	孔隙比 e_0	饱和度 $S_r/\%$					压缩系数 a_v/MPa^{-1}	压缩模量 E_s/MPa	粘聚力 C/kPa	摩擦角 $\varphi/(^\circ)$
土样1	105.8	1.47	2.69	2.766	100	39.0	22.6	16.4	5.07	1.63	1.76	3.5	6.0
土样1'	103.4	1.48	2.68	2.695	100	35.6	19.5	16.1	5.21	1.61	1.74	2.9	6.4
土样2	116.0	1.42	2.69	3.092	100	42.7	22.1	20.6	4.62	1.64	1.80	3.0	4.8
土样2'	112.8	1.43	2.69	2.990	100	38.4	20.2	18.2	5.08	1.65	1.75	2.5	4.7
土样3	113.2	1.43	2.69	3.007	100	48.6	28.7	19.9	4.24	1.60	1.78	4.2	5.5
土样3'	109.4	1.45	2.69	2.837	100	39.5	20.5	19.0	4.67	1.62	1.77	3.1	5.6

2.2 滤膜材料选取

塑料排水板选用目前常用SPB-B板，为了研究

滤膜的淤堵特性，分别选用3种等效孔径滤膜，分别用于3组土样的对比试验。其主要参数见表2。

表2 排水板滤膜参数

滤膜试样	纵向干态抗拉强度/ $(N \cdot cm^{-1})$	横向湿态抗拉强度/ $(N \cdot cm^{-1})$	单位面积质量/ $(g \cdot m^{-2})$	渗透系数/ $(10^{-4} cm \cdot s^{-1})$	等效孔径/mm	对应土样
试样1	≥ 40	≥ 35	120	≥ 5	0.025	土样1、1'
试样2	≥ 40	≥ 35	100	≥ 5	0.035	土样2、2'
试样3	≥ 40	≥ 35	80	≥ 5	0.055	土样3、3'

2.3 试验仪器

根据试验要求，滤膜淤堵试验主要仪器有：小型潜水泵、排水系统、土样桶及测试设备。其结构如图1和2所示。

2.4 试验步骤与方法

1) 吹填淤泥现场取样，置入模型箱，模型箱直接采用现场采样塑料桶，直径65 cm，箱口直径

55 cm，高100 cm，箱内吹填土高度0.8~0.9 m。

2) 裁减并插排水板，根据现场排水板间距0.8 m，将模型箱内排水板裁减为80 mm×4 mm规格，并包上相应的滤膜，安装排水板帽、接头、气管、板中和泥中真空表(0.2、0.6 m)，与真空泵相连，真空度由20 kPa逐渐向90 kPa过渡；期间测试淤泥表面沉降、板中和泥中真空度(0.2、0.6 m)；

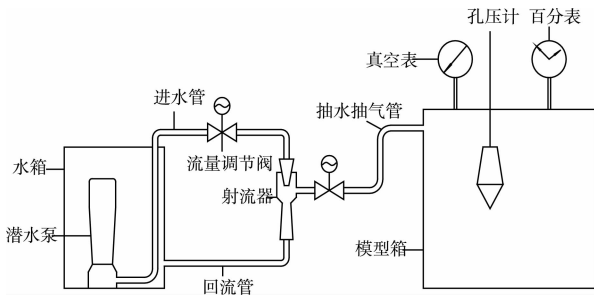


图 1 滤膜淤堵试验抽真空系统



a) -25 kPa

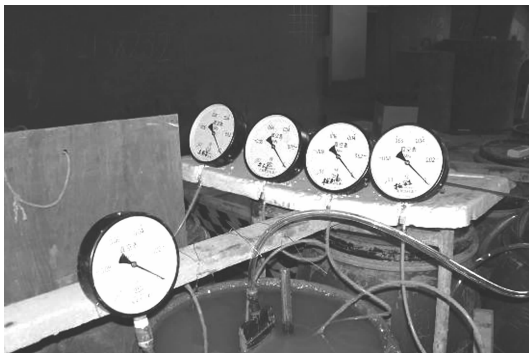


图 2 滤膜淤堵试验测试设备安装

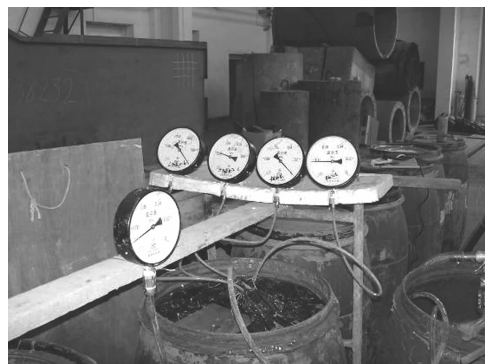


b) -50 kPa

3) 停泵, 取出排水板, 剪下下部 20 cm 滤膜, 送试验室进行滤膜渗透试验;

4) 排水板余留部分重复步骤 2) 进行下一个模型箱试验;

5) 根据测试结果, 确定是否再继续进行余留排水板模型箱试验。



c) -90 kPa

3 滤膜淤堵试验结果

室内滤膜淤堵抽真空试验的目的主要有 2 个: 通过抽真空使土体产生“土柱”, 研究不同等效孔径滤膜在真空压力下淤堵情况; 研究室内分级真空预压的可行性。

图 3 抽真空试验

图 3 是滤膜淤堵试验真空压力分级加载情况。从图中可以看出, 该设备可以实现小型真空预压试验分级加载。图 4 为淤堵试验 3 d 后吹填淤泥的加固情况, 从图中可以明显地看到在排水板周围形成了一圈 5 cm 加固效果较好的密实层, 即“土柱”。说明虽然对真空压力进行了分级, 但由于每级荷载维持的时间仅为 2 h, 真空压力达到 80 kPa 过快, 加速了土柱形成, 这一方面造成排水板淤堵, 另一方面也导致排水板周围土体整体渗透性减小。



图 4 抽真空 3 d 形成“土柱”

图5、6是滤膜淤堵试验1真空压力分级加载曲线和对应的沉降变化曲线。从图中可以直观地看出土样1总沉降量比土样1'小，前期的沉降速率比土样1'大，而试验结束时沉降速率比土样1'小，这说明土样1真空压力加载过快，排水板淤堵现象比土样1'明显，对土体的排水固结产生较为不利的影

响。图7、8是滤膜淤堵试验2真空压力分级加载曲线和对应的沉降变化曲线。从图中可以看出：土样2一级真空压力为-20~25 kPa，土样2'一级真空压力-40~50 kPa，而两者加到-90 kPa时的时间间隔都为2日；而土样2、土样2'对应的总沉

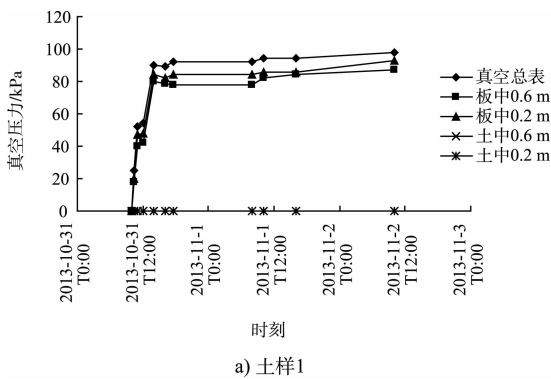
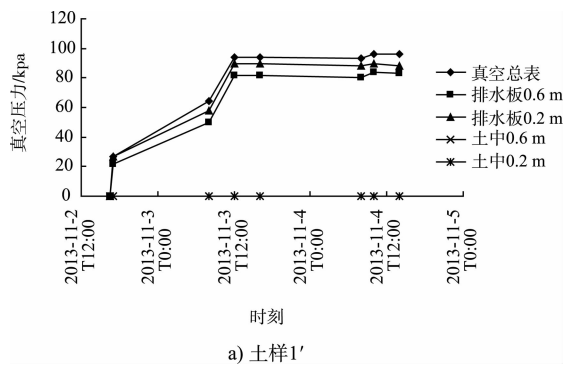
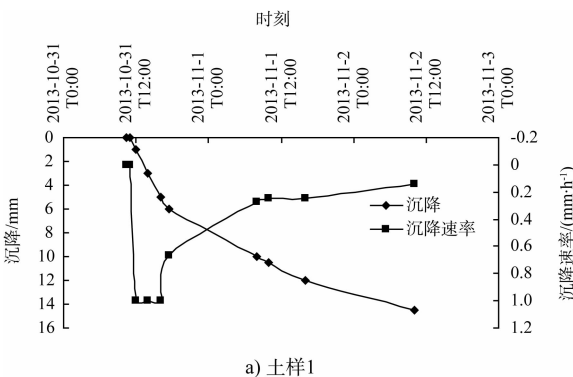


图5 试验1真空压力变化曲线



a) 土样1'



a) 土样1

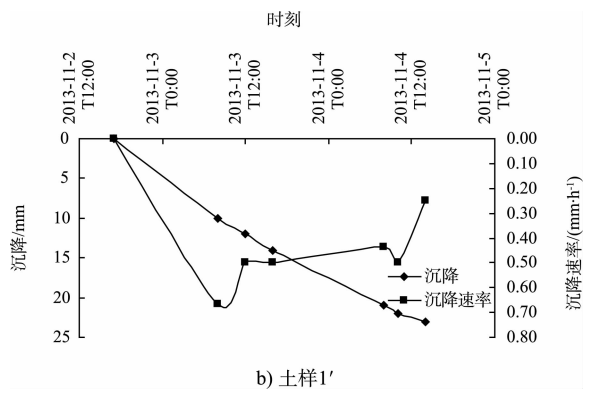
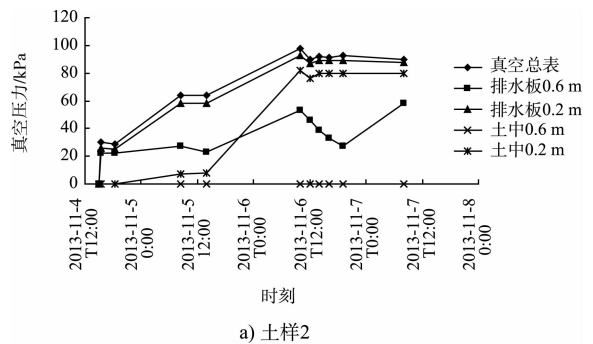
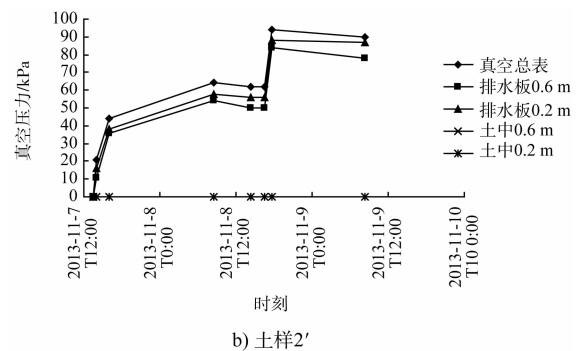


图6 试验1沉降变化曲线

降量土样分别为37.5 mm和13.4 mm。这说明一级真空压力不宜过高，过高的一级真空压力同样会使排水板产生严重的淤堵现象。

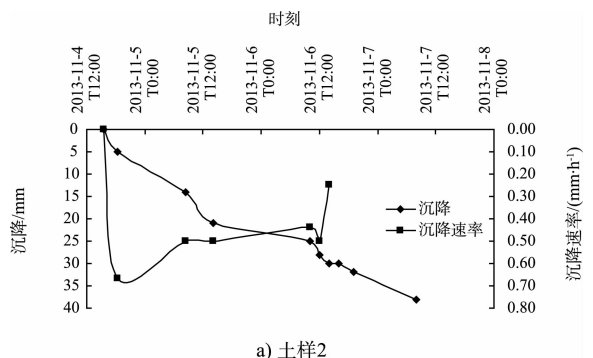


a) 土样2



b) 土样2'

图7 试验2真空压力变化曲线



a) 土样2

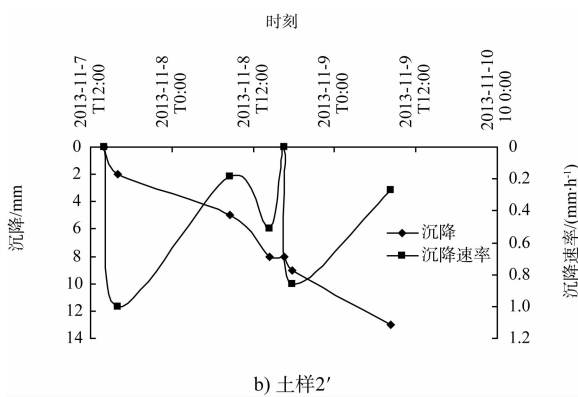
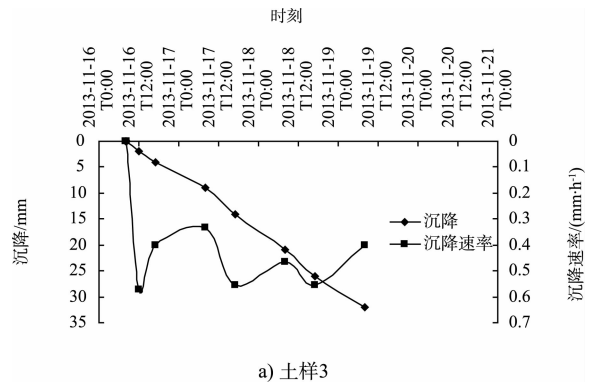
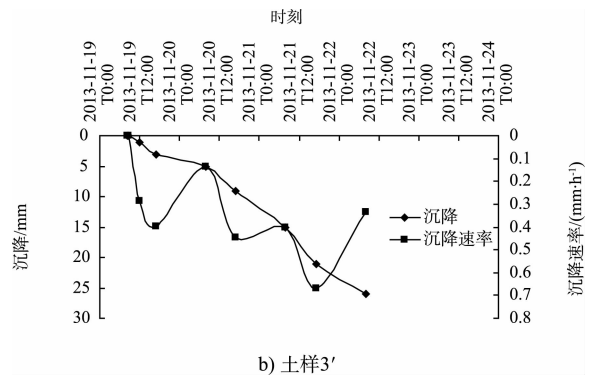


图 8 试验 2 沉降变化曲线

滤膜淤堵试验 3, 将真空压力分 3 级加到 -90 kPa, 每级荷载越 -30 kPa, 如图 9、10 所示。从该组试验沉降变化曲线可以看出, 其总沉降量均控制在 25 ~ 35 mm。这说明, 在真空压力分级荷载确定的条件下, 其沉降变化的规律具有较好的一致性。

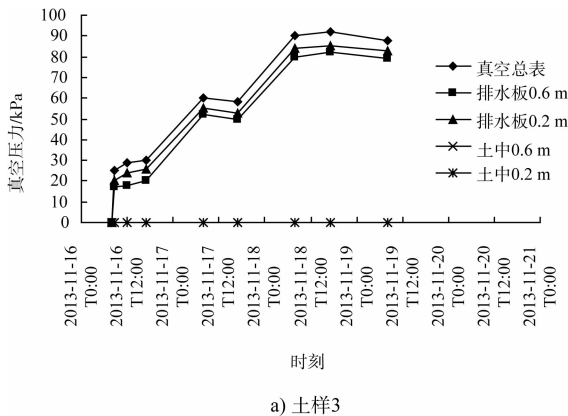


a) 土样 3

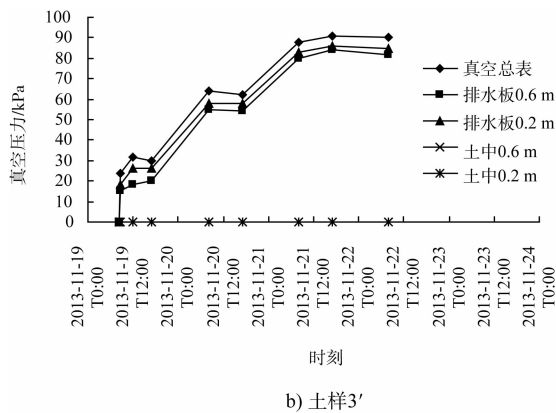


b) 土样 3'

图 10 试验 3 沉降变化曲线



a) 土样 3



b) 土样 3'

图 9 试验 3 真空压力变化曲线

4 滤膜渗透试验

在恒定水头作用下, 测定水流垂直通过单层土工布及相关产品的流速指数及渗透性。滤膜不得折叠, 并尽量减少取放次数, 避免影响其结构。样品应置于平坦处, 不得施加任何压力。在滤膜淤堵试验前后样品要一致, 以便比较滤膜淤堵试验前后渗透系数变换情况。

试验仪器采用 FY020 型测定仪。仪器主体分上下 2 个圆筒, 将试样在水中浸泡 24 h 后取出并夹持在圆筒中间, 通水面积内径 50 mm。在 50 mm 水头差作用下, 开机 30 s 后开始收集水量。

表 3 为滤膜淤堵试验前后的渗透性对比。从表中可以直观的看出, 3 种滤膜试样在进行淤堵试验后渗透系数均出现了明显的降低, 由加固前的 10^{-3} cm/s 减小到 10^{-4} cm/s。结合表 2 发现, 滤膜淤堵除了受到真空压力加载方式的影响外, 等效孔径对滤膜的淤堵也有较大影响, 且越小滤膜淤堵情况越严重。

表 3 滤膜淤堵试验前后渗透系数对比

滤膜试样	厚度/mm	加固前渗透系数/ ($10^{-3} \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)	加固后渗透系数/ ($10^{-4} \text{cm} \cdot \text{s}^{-1}$)
试样 1	0.40	5.68	1.02
试样 1'	0.40	5.33	2.67
试样 2	0.36	6.16	3.49
试样 2'	0.36	6.34	1.72
试样 3	0.32	9.12	6.82
试样 3'	0.32	8.64	4.91

5 结语

1) 通过 3 组试验研究了北岸吹填土“土柱”形成的过程,并在此基础上结合试验数据分析了土柱的形成原因。数据表明:真空预压条件下,大窑湾北岸吹填土“土柱”的形成是必然的,但与真空压力的施加速度有较大关联,并给出了减缓“土柱”形成过程的分级真空预压设想,为分级真空预压试验提供指导。

2) 通过对比滤膜淤堵试验前后滤膜渗透系数的变化,发现抽真空滤膜渗透系数有较大幅度的变小,且滤膜的等效孔径越小其淤堵情况越严重。但由于试验时间的问题,未能进行长期的抽真空试验,未能明确加固时间对滤膜渗透系数的影响。

3) 滤膜与吹填淤泥的匹配是一个关键参数,直接影响排水滤膜的淤堵及排水系统的存活时间,尚需进行试验加以确认。

参考文献:

[1] 程万钊,关云飞,唐彤芝.某围海造陆地基处理技术探讨[J].土工基础,2010(5):1-3.

[2] 金亚伟,张岩,吴连海,等.太湖、天津淤泥固结施工中的淤堵问题[C]//中国土木工程学会土力学与岩土工程分会,中国工程院土木、水利与建筑工程学部.中国土木工程学会土力学与岩土工程分会、中国工程院土木、水利与建筑工程学部.第十一届全国土力学及岩土工程学术会议论文集,2011:7.

[3] 乐超,徐超,吴雪峰,等.两种塑料排水板滤膜淤堵特性试验研究[J].岩土力学,2014(9):2 529-2 534.

[4] 王宏伟.不同排水板滤膜在地基固结中的对比研究[D].天津:天津大学,2009.

[5] 丁长生.天津临港工业区真空预压试验及塑料排水板保土性研究[D].天津:天津大学,2012.

[6] 彭华,刘振宇,张晋.基于极限保土理论的排水板反滤层试验研究[J].节水灌溉,2010(12):51-53.

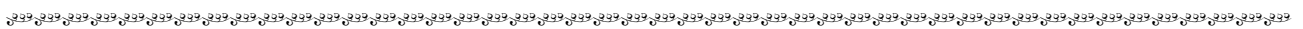
[7] 田正宏,孟思宇,王晓,等.流态混凝土对透水模板布渗淤性能影响[J].过滤与分离,2009(2):1-5.

[8] 梁波,李遇祺.土工织物滤层中几个问题的探讨[C]//刘宗耀.全国第三届土工材料学术会议论文集,1992:167-172.

[9] 王军,蔡袁强,符洪涛,等.新型防淤堵真空预压法室内与现场试验研究[J].岩石力学与工程学报,2014(6):1 257-1 268.

[10] 宋晶.分级真空预压法加固高粘性吹填土的模拟试验与三维颗粒流数值分析[D].吉林:吉林大学,2011.

(本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

振华重工自主研发世界最大起重船安装动力定位系统

近日,振华重工自主设计、研发建造的世界最大的全回转自航式起重船开始安装 DP3 动力定位系统。

该船型长约 290 m,宽 58 m,主钩旋转时最大吊重 7 000 t,固定最大吊重 12 000 t,主要用于海上大件、模块、导管架的起重吊运及吊装。该船安装的 DP3 动力定位系统是国际海事组织的最高动力定位级别,由测量系统、控制系统、推进系统、动力系统 4 部分组成。振华重工将在 45 天内完成 12 台推进器的安装。

振华重工自 2006 年进军起重船市场以来,先后研制了亚洲第一的 4 000 t“华天龙”号全回转起重船、世界单机起重重量最大的 7 500 t“蓝鲸”号自航全回转起重船、世界最大的 8 000 t 韩国“SAMSUNG5”固定双臂架起重船,屡次刷新了起重船行业的世界纪录。完成 DP3 动力定位系统的安装后,12 000 t 全回转自航式起重船将在调试后投入作业,届时将再创世界起重船行业新纪录。

(来源:振华重工)