



疏浚过程中疏浚黏土起球判别指标确定

唐达方¹, 秦亮²

(1. 中交天津航道局有限公司 疏浚工程技术实验室, 天津 300457; 2. 中交天津航道局有限公司, 天津 300450)

摘要: 对黏土成球判别指标进行探讨, 分析现有指标的优势和缺陷, 通过收集近几年天津航道局疏浚工程典型起球黏性土物性指标, 应用数理统计的方法, 对起球黏土的物理力学指标进行相关性分析, 结合天航局工程实际, 总结出一些值得借鉴的疏浚黏土起球判别指标, 并利用实测值对疏浚判别指标进行验证, 表明该判别指标在一定范围内的适用性。

关键词: 疏浚工程; 黏土; 黏粒含量; 相关性分析; 判别指标

中图分类号: U 616

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)08-0176-05

Determination of index of dredged clay ball in the process of dredging

TANG Da-fang¹, QIN Liang²

(1. Dredging Engineering Laboratory, CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300457, China;

2. CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd., Tianjin 300450, China)

Abstract: This paper studies the discrimination indices on the ball clay, and analyzes the advantages and defects of the existing indices. Collecting the physical and mechanical indices of the ball clay from the recent years' waterway dredging engineering of TDC, this paper analyzes the data by correlation, variance analysis, and comparative statistics. Combining with the engineering practice of TDC, this paper sums up some indices on the ball clay, based on which, the discrimination indices, which shows the applicability in a certain range, is verified with the measured values.

Key words: dredging engineering; clay; clay content; correlativity analysis; discrimination index

密实黏性土在管路水力输送过程中会形成球块状, 使得输送的水力损失较不成球黏性土明显增大, 同时堵管潜在风险大, 难以高浓度高产量输送。本文以近2年天津航道局黏土起球工地施工现场数据为基础, 分析现有指标的优势和缺陷, 提出了本文中采用的黏土判别指标, 并且针对工程实例进行验证, 用以初步预测黏性土在疏浚过程中是否发生成球现象, 指导船舶实施安全、高效疏浚作业, 充分发挥船舶性能。

1 表征黏土起球的指标体系

疏浚工程中黏土类土质较为常见, 其常规物

理指标跨度大, 对疏浚施工的影响迥异。从对输送影响的表现上来说, 其可分为不起球黏土与起球黏土2类——不起球黏土输送特性与淤泥、细粉砂类土质相似, 不易发生沉淀堵管; 起球黏土截然相反, 输送阻力大, 易沉淀堵管, 输送特性与粗砂、砾石等相似, 但又难以找出其分析方法。以上2类黏土虽然疏浚界早已明确其发生的现象, 但对于土质的区分指标研究较少, 查阅文献[1]得知, 主要有3种指标体系, 即荷兰IHC公司、水利水电十三局和安徽省水利机械疏浚工程公司分别提出的排泥管内形成泥球的土壤条件。

绞吸船装机功率已达世界第一的天津航道局,

收稿日期: 2013-12-04

作者简介: 唐达方(1981—), 男, 工程师, 从事岩土工程勘察设计和疏浚土质研究工作。

在黏土输送方面所做的工程很多。根据天津航道局已有的工程数据判断认为, 前面提到的 3 种指标范围或过宽, 或者指标体系、数据存在问题, 水电十三局提到的液性指数、塑性指数、液限、塑性 4 个指标重复, 3 个指标即可, 并且其所提到的边界数据存在矛盾。安徽省水利机械疏浚工程公司指标偏少, 不能有效表征黏土的矿物成分及当前状态。IHC 指标体系较为合理, 互不矛盾, 但对土体的当前状态表现不够直接, 范围也过宽。本文依托近几年天津航道局典型黏土施工工程, 统计了近几年连云港、天津、厦门、鲅鱼圈、龙口等工地 287 组起球黏性土原状土的物性指标, 在已有指标体系的基础上, 从输送角度以及天航局疏浚工程实际情况角度, 对起球黏土指标取疏浚土密度、塑性指数、液性指数作为黏土成球的基本判别指标, 其判别指标如下: 1) 密度大于 1.72 g/cm^3 ; 2) 塑性指数大于 17 (起球后的黏土球的塑性指数大于 10.5); 3) 液性指数小于 0.72。

2 起球黏土的物理力学指标相关性分析

2.1 黏粒含量的的相关性分析

黏性土的力学指标 f, c 与土的黏粒含量的相关性较不显著, 线性关系也不明显; 而物理指标 w_L, I_p 与土的黏粒含量线性明显, 相关显著^[2-3], 因此土的塑性指数、液限、塑限都可以表征黏粒含量。图 1 为黏土起球工地黏性土塑性指数与黏粒含量的统计关系。从图 1 中可以看出塑性指数 I_p 与黏粒含量具有良好的相关性, 同增同减趋势明显, 所以黏粒含量指标可考虑用塑性指数 I_p 表征。

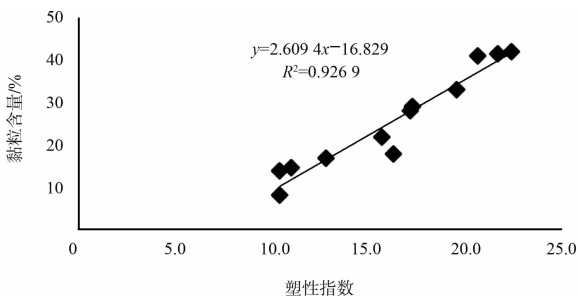


图 1 塑性指数与黏粒含量关系

2.2 液性指数与其他物理力学指标相关关系

目前, 虽有不少关于土的液性指数与其他物理力学指标相关关系的研究^[4-6], 但是, 在对液性指数与其他物理力学指标间关系的研究中还没发现专门针对疏浚黏土的, 特别是海水下起球黏土的研究结果。该节对鲅鱼圈、龙口、连云港等黏土起球工地代表性黏性土的液性指数统计值与标贯击数、压缩模量、天然孔隙比、密度、粘聚力的统计值相关关系进行分析, 结果见图 2~7。

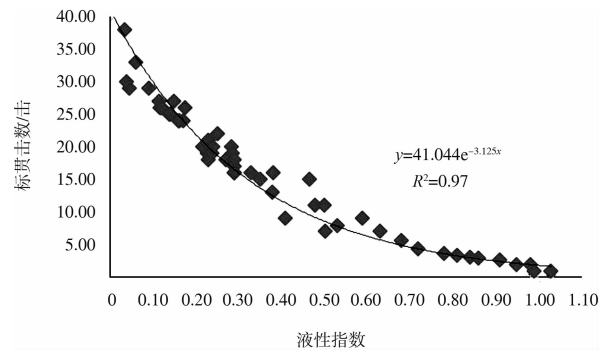


图 2 液性指数与标贯击数关系

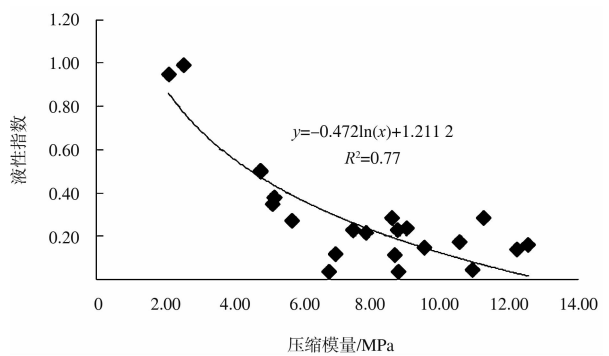


图 3 液性指数与压缩模量关系

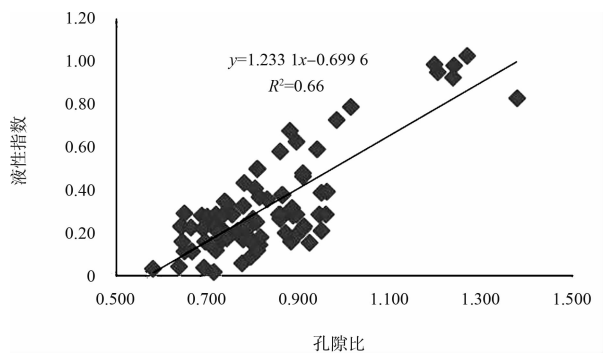


图 4 液性指数与孔隙比关系

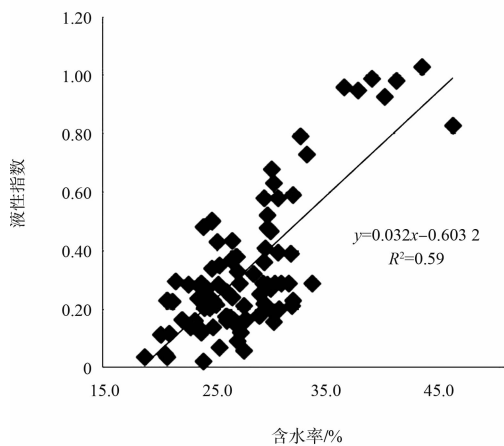


图5 液性指数与含水率关系

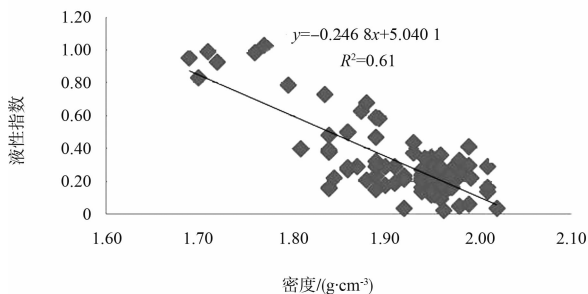


图6 液性指数与密度关系

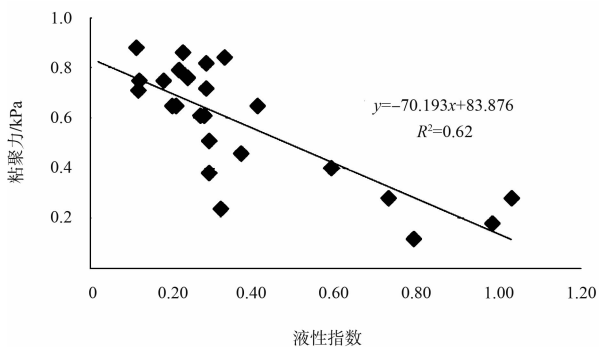


图7 液性指数与粘聚力关系

通过以上的相关性分析，发现液性指数与标贯击数呈非常好的指数相关关系，相关系数达 0.97；液性指数与压缩模量呈很好的线性相关关系，相关系数达 0.77；液性指数与天然孔隙比、含水率、天然密度、粘聚力也呈现了较好的相关关系，相关系数在 0.6 左右。考虑到数据样本间的地区差异性 & 工程项目的随机性，土体物理力学性质复杂，影响因素甚多，以上相关性分析结果表明进行分析的各物性指标之

间有很好的相关性。

黏性土的疏浚岩土工程特性和分级与抗剪强度、天然密度、标贯击数、液性指数以及附着力相关^[7]。其中天然密度和饱和密度相对于疏浚工程中的饱和黏性土表征的为同一土性；由于标贯击数与液性指数相关系数达 0.97，所以标贯击数可考虑用液性指数 I_L 表征；液性指数与粘聚力等相关系数为 0.62，配合与黏粒含量相关系数达 0.93 的塑性指数以及密度指标，在一定程度上也表征抗剪强度与附着力指标，在工程要求的精度范围之内，符合工程要求^[8]。因此起球黏土指标取疏浚土密度、塑性指数、液性指数作为黏土成球的最基本判别指标具有一定的理论基础。

需要说明的是，在以上的相关性分析中，虽然每个相关关系图给出了相应的回归方程和相关系数，但是由于疏浚岩土性质的各向异性，要得到一个普适的公式还很困难，因此图中的回归方程用于物理指标间相互估算时受区域影响比较大，应结合当地情况，检验后应用。

3 工程实例验证

前述内容总结了黏土成球基本判别指标与土的物理力学指标间的回归方程，并进行了相关关系分析，理论上已经可以应用黏土成球基本判别指标来表征其他物性指标，进而预测起球与否。但最终能否实际应用到工程中，须用实际试验数据进行检验。

翔安南部莲河片区造地工程位于福建省厦门市翔安区，南侧为大嶝岛，西与厦门岛隔海相望。施工船舶为国内大型自航绞吸船天麒号。根据地质勘察资料，岩土层自上而下主要有：①淤泥（淤泥混砂）；②粉质黏土等。各土层地质特征如下：①淤泥：饱和，呈流塑-软塑状，成分主要为粉、黏粒组成，一般较纯，仅含少量石英砂及贝壳等，局部有腐殖质，稍有臭味，手捻摸滑腻感强，黏性一般或较好。局部混砂，砂粒以 fines 砂为主。②粉质黏土：可塑状，稍湿-湿，主要由粉

黏粒构成, 含中粗砂约 10%, 手捏具滑感, 无摇振反应, 切面稍光滑, 干强度及韧性中等, 局部地段相变为黏土。力学性能较高, 属中等压缩性土。

图 8 为现场所取黏土球样本, 图 9 为现场泥塘吹填区情况。从图中可以看出现场黏性土质极易形成黏土球, 黏土球直径较大。



图 8 现场土质样本



图 9 现场泥塘吹填区情况

表 1 给出取样的 6 个区域土质及形成该黏土球的原状黏性土化验结果: 该区域黏性土的密度为 1.95 g/cm^3 ; 塑性指数为 21.4; 液性指数为 0.25; 黏土球的塑性指数最小值为 11.2, 以上数据都在范围内, 很好地验证了黏土起球基本判别指标。需要指出的是, 黏土球中物性指标, 因为在黏土球的形成过程中, 参入了大量的砂性土及滚动压密作用, 其物性指标与原状土差异较大。

表 1 黏土球 (X1 ~ X6) 及原状土物理性质指标

编号	颗粒含量/%					土的物理性质					界限含水率			
	粗砂 2.00~0.50	中砂 0.50~0.25	细砂 0.25~0.075	粉粒 0.075~0.005	黏粒 <0.005	含水率 w/%	湿密度 ρ_0 / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	土粒 比重 G_s	孔隙比 e	饱和度 S_r /%	液限 w_L /%	塑限 w_p /%	塑性 指数 I_p	液性 指数 I_L
X1	4.6	4.3	8.1	43.5	39.5	17.5	2.09	2.71	0.524	90.6	26.2	15.0	11.2	0.22
X2		2.9	8.0	33.8	55.3	21.6	2.03	2.73	0.635	92.8	34.8	20.0	14.8	0.11
X3	3.7	1.8	2.6	40.2	51.7	21.8	2.01	2.71	0.642	92.0	35.0	23.1	11.9	-0.11
X4	1.7	0.9	14.3	52.6	30.5	24.3	2.08	2.73	0.631	100.0	36.7	22.0	14.7	0.16
X5	1.5	1.1	9.9	51.7	35.8	24.7	2.02	2.73	0.685	98.4	42.1	26.5	15.6	-0.12
X6	2.6	1.3	2.1	55.9	38.1	27.3	1.89	2.75	0.852	88.1	43.5	23.8	19.7	0.18
原状土 均值						30.5	1.95	2.74	0.84	98.4	46.6	25.2	21.4	0.25

4 结语

1) 研究区域内成球黏性土的塑性指数与黏粒含量相关度高, 相关关系达 0.92 以上, 黏粒含量指标可考虑用塑性指数 I_p 表征。

2) 液性指数统计值与标贯击数、压缩模量、天然孔隙比、密度、粘聚力的统计值相关关系分别为 0.97, 0.77, 0.66, 0.61, 0.62, 显示较好的相关性, 液性指数与密度、塑性指数指标配合一定程度上表征了标贯级数、压缩模量、抗剪强度与附着力指标等, 在工程要求的精度范围之内, 符合工程要求。

3) 采用疏浚黏性土密度、塑限和液性指数 3 个指标可以反映黏性土成球的标准。

4) 根据多地情况分析, 黏性土成球的标志是密度大于 1.72 g/cm^3 , 塑性指数大于 17 (起球后的黏土球的塑性指数大于 10.5), 液性指数小于 0.72。

需指出的是, 黏性土性质复杂, 以上成球指标体系虽已初步建立, 但有关具体界限值尚需进一步加大数据统计范围并与工程实际进行长期的总结研究。对已被绞刀松开或被凿岩机 (或爆破) 破碎的黏性土, 在水力输送过程中, 碎块的大小、

形状、分布对黏性土起球也有很大的影响。此外，起球与否的重要因素中还包括管道中的泥浆流速及与管道的摩擦阻力等非土质因素，所以在运用本文提出的黏土成球基本判别指标时，应结合工程实际情况，纳入非土质因素的影响。

参考文献：

[1] 天津市航浚科技服务有限公司. 绞吸挖泥船泥泵输泥计算手册[R]. 天津: 天津市航浚科技服务有限公司, 1996.

[2] 王红军. 安徽省淮北大堤土的物理力学指标与黏粒含量的相关性分析[J]. 资源环境与工程, 2008, 22(S1): 111-112.

[3] 何停印, 闫美蓉. 黏粒含量与土的物理力学指标的相关

关系[J]. 勘察科学技术, 2004(4): 37-42.

[4] 蒋建平, 章杨松. 长江下游水地下地基土两类参数相关关系试验研究[J]. 四川大学学报: 工程科学版, 2008, 40(3): 15-19.

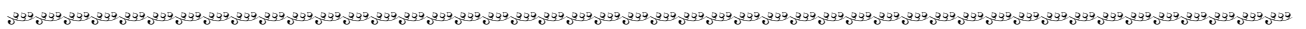
[5] 郑美田, 黎镜源, 郑小战. 冲击粉质黏土层压缩模量与标准贯入击数线性相关关系探讨[J]. 广州建筑, 2004(3): 21-24.

[6] 蒋建平, 罗国煜. 苏通大桥地基粉质黏土物性指标相关关系试验研究[J]. 岩土力学, 29(6): 1 669-1 672.

[7] JTJ/T 320—1996 疏浚岩土分类标准[S].

[8] 洪彦. Excel 统计分析与决策[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.

(本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

振华重工获英国港机订单

7月28日，振华重工与英国皮尔港口集团在上海举行港口机械签约仪式。根据合同，振华重工将向利物浦二期自动化码头提供8台岸桥、22台自动化场桥，合同额约1.6亿美元。振华重工董事长、党委书记、总裁宋海良表示，振华重工计划在利物浦建立服务中心，服务利物浦港口，并辐射英国和欧洲其他客户。希望以此次签约为契机，与皮尔港口集团建立深厚的战略合作伙伴关系，寻求双方在全球范围内的投资合作机会。

皮尔港口集团首席执行官魏马克表示，很高兴与振华重工签订这份重要的协议，这对于整个利物浦港的转型发展至关重要。振华重工不只是提供起重机，还是在帮助皮尔港口集团完成一个能够改变整个英国物流行业的项目。

皮尔港口集团是英国第二大港口集团，年吞吐量超过7 000万t。其利物浦二期自动化码头将于2015年投入使用，建成后将是欧洲第一个半自动化集装箱港口，也是英国最大的跨大西洋深水集装箱码头，届时整个利物浦的集装箱吞吐量将翻倍，促进整个英国北部地区经济社会发展。

(摘编自《中国交通新闻网》)