

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2008.05.020

真空电渗降水及动力挤密脱水加固淤泥技术

储旭,陈波,周建泉,陆取

(河海大学水利水电工程学院,江苏南京 210098)

摘要:介绍真空电渗降水及动力挤密脱水加固淤泥法的施工流程、加固机理。结合福建省厦门市丙洲浅滩陆域形成工程实践,较完整地阐述真空电渗降水及动力挤密脱水加固淤泥技术。该技术将抽真空、电渗、强夯三者的优势相结合,不但能改变传统地基处理方式的应用局限性,而且能有效降低工程造价,缩短工期,提高处理后土体的强度,并具有无二次污染的特点。

关键词:淤泥;疏浚泥浆;真空电渗降水;动力挤密;脱水加固

中图分类号: X705 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-7647(2008)05-0078-02

A novel sediment technique integrating electro-osmotic drainage and vibro-densification//CHU Xu, CHEN Bo, ZHOU Jian-peng, LU Qu (*Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China*)

Abstract: A sediment dehydration and solidification technique proposed in this paper, integrating the traditional techniques of electro-osmotic drainage and vibro-densification, is a novel approach to regenerating soil resources. The construction procedure and mechanisms of this approach are introduced in detail. An application of this approach in Fuzhou Province shows that it can effectively reduce the construction cost and period, and make efficient, cheap, sustainable and environmentally friendly soil regeneration possible.

Key words: sediment; dredged slurry; electro-osmotic drainage; vibro-densification; dehydration and solidification

真空电渗降水及动力挤密脱水加固淤泥技术是在严峻的生态环境下应运而生的一种技术。一方面,人类对自然资源的破坏导致大量水土资源流失,淤塞了江河湖海,政府每年要投入大量的人力和物力治理河道,但清淤疏浚挖出来的泥沙又无处堆放;另一方面,现代化建设对合格土方的需求量日益增加,随着人们环保意识的加强,土方的来源将减少,导致每立方米合格土方的价格飙升。

当前国外对淤泥的脱水加固通常采用外掺剂法^[1],以轻量土为代表,其具有密度小、强度高等优点^[2],但造价很高,采用外掺剂时在搅拌过程中容易离析,并且与水泥浆体界面黏结力差^[3]。国内部分工程采用“低位真空预压法”,但其造价较高,施工周期较长,易受天气状况影响^[4],且再生土资源的强度不够高^[5]。疏浚泥浆的固化处理技术在我国是一种极有发展前途的新兴产业^[6]。

笔者基于 2 项国家专利^[7-8]提出了一种淤泥脱水加固新工法,即真空电渗降水及动力挤密脱水加

固淤泥技术。该工法是一种全新的脱水加固技术,可将淤泥快速、清洁、廉价、高效地转化为可用土地资源。

1 施工流程

真空电渗降水及动力挤密脱水加固淤泥技术的施工流程为:①筑围堰并吹泥入围;②在泥面上竖插真空井点管及安装真空系统^[7];③在真空井点管内侧竖插电渗管,安装智能电渗仪^[8],真空电渗降水开始;④当泥面泛白、电渗管周边土体开裂时,脱水固化工艺结束^[7];⑤对场地进行 2~3 轮低能量强夯;⑥平整场地,振动碾压。工法布局如图 1 所示。

2 加固原理

a. 真空井点管降水,使绝大部分自由水在真空吸力作用下排出,以节省电渗降水时间。

b. 真空电渗降水,使绝大部分孔隙水在真空吸力、电渗(泳)力和烘烤作用下被排出,土体含水量降

国家专利:大面积电渗降水直流电源(200620077083.5)

作者简介:储旭(1987—),男,江苏南通人,本科生。E-mail: chuxu1987@163.com

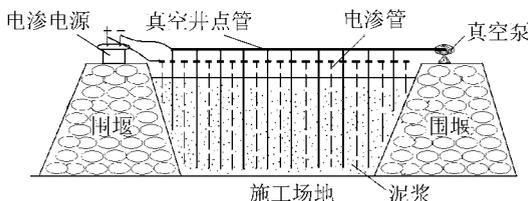


图1 工法布局示意图

至塑限附近,为土方被挖运出来后,进行下一轮碾压、强夯等动力挤密,不产生“橡皮土”创造条件。

c. 经降水处理后的土在动力荷载(强夯、碾压等)作用下,孔隙比大幅度减小,达到超固结,成为具有一定强度的土,从而实现土的“再生”。

3 工程实例

福建省厦门市丙洲浅滩陆域形成工程地处同安县海域浅滩区,原滩地标高 -0.8m 左右,陆域形成后设计标高 4.2m ,拟用附近航道或海域疏浚淤泥吹填抬高后加固处理成陆地,并要求交工面上设计承载力达到 120kPa 。吹填泥浆要求在排出明水后1个月左右即开始加固处理,其渗透系数 $K=3.2\times 10^{-6}\text{cm/s}$ 。此时围堰内淤泥的物理力学指标如表1所示。从表1中可以看出,淤泥的力学性质指标极差,要在较短时间内加固至交工面上的设计承载力难度很大,因此决定采用真空电渗降水及动力挤密法进行快速加固。本工法的施工工艺流程如图2所示。淤泥加固处理后的力学性质指标见表1。

表1 淤泥处理前后的力学性质指标

处理情况	泥层厚 δ/m	密度 $\rho/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	孔隙比 e	压缩模量 E_{s1-2}/MPa	含水率 $\omega/\%$
加固处理前	0~5	1380	2.43	1.13	98.0
加固处理后	0~0.5	1790	0.64	6.42	28.0
加固处理后	0.5~1.5	1740	0.79	5.84	32.3
加固处理后	1.5~2	1730	0.83	5.36	34.8
加固处理后	3.5~5	1680	0.91	4.48	40.5

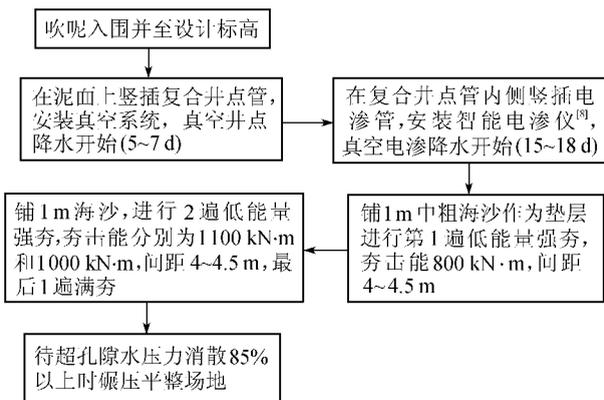


图2 施工工艺流程

经过最后1遍夯击,孔隙水压力计显示超孔隙水压力消散85%以上后即可做静载试验。具体方

法如下:压板尺寸 $1.0\text{m}\times 1.0\text{m}$,用水泥块配重,压板置于中粗砂垫层顶部,位于夯点之间,试验区分别位于场地的中央和边界,载荷及沉降均由相应的传感器控制,试验结果见表2。

表2 试验区土壤沉降值

载荷 P/kN	1号试验区		2号试验区	
	本级沉降	累计沉降	本级沉降	累计沉降
0	0.00	0.00	0.00	0.00
37	1.79	1.79	0.97	0.97
75	0.85	2.64	1.90	2.87
112	1.14	3.78	1.25	4.12
150	0.57	4.35	1.51	5.63
187	0.79	5.14	0.85	6.43
225	0.83	5.97	0.80	7.28
262	0.72	6.69	0.71	7.99
302	1.08	7.77	0.81	8.80
225	-0.20	7.57	-0.18	8.62
150	-0.10	7.47	-0.12	8.50
75	-0.40	7.07	-0.44	8.06
0	-1.63	5.44	-1.43	6.63

根据表2试验数据绘制载荷~位移($P\sim S$)曲线,见图3。

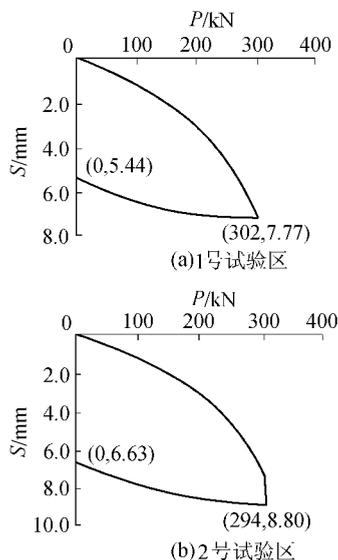


图3 试验区 $P\sim S$ 曲线

由图3(a)知极限承载力 $f_p\approx 302\text{kN}$,计算得设计承载力 $f_s\approx f_p/2=151\text{kPa}$;由图3(b)知 $f_p\approx 294\text{kN}$,计算得设计承载力 $f_s\approx f_p/2=147\text{kPa}$ 。以上结果表明:①26万 m^2 试验区场地经过87d的加固处理,土性指标得到大幅度提高;②由现场静载试验结果知,交工面上设计承载力达到 150kPa 左右,超过设计要求(120kPa)。

在要求达到加固强度 120kPa 的同等条件下,本工法和原设计方案(真空堆载联合预压法)的经济性比较见表3,由比较结果可知本工法工程单位造价比原设计方案降低25%,工期缩短71d,处理后强度提高25%。

(下转第85页)

[18] YOFFE S B, WARD B S. Water resources and indicators of conflict—a proposed spatial analysis[J]. Water International, 1999 24(4) 377-384.

[19] STIGSON B. Industry and water security: overarching conclusions[J]. Water Science and Technology, 2001 43(4): 101-103.

[20] SWAMINATHAN M S. Ecology and equity: key determinants of sustainable water security[J]. Water Science and Technology, 2001 43(4) 35-44.

[21] FALKENMARK M. The greatest water problem: the inability to link environmental security, water security and food security[J]. International Journal of Water Resources Development, 2001 17(4) 539-554.

[22] 叶守泽, 夏军. 水文科学研究的世纪回眸与展望[J]. 水科学进展, 2002, 13(1) 93-104.

[23] BAIRD A J, WILBY R L. 生态水文学: 陆生环境、水生环境与水分的关系[M]. 赵文智, 王根绪, 译. 北京: 海洋出版社, 2002.

[24] 储开凤, 汪静萍. 我国水文循环与地表水研究进展(1998-2001年)[J]. 水科学进展, 2004, 15(3) 32-35.

[25] 刘国纬. 关于水文科技发展的几点思考[J]. 水利科技发展, 2003, 19(1) 52-55.

[26] 国家自然科学基金委员会. 水利科学——自然科学学科发展战略调研报告[M]. 北京: 科学出版社, 1995.

[27] 夏军. 华北地区水循环与水资源安全问题: 问题与挑战(一)[J]. 海河水利, 2003(3): 1-4.

[28] 于贵瑞, 王秋凤. 我国水循环的生物学过程研究进展[J]. 地理科学进展, 2003 22(2): 111-117.

[29] 贾绍凤, 何希吾, 夏军. 中国水资源安全问题及对策[J]. 中国科学院院刊, 2004 27(5) 81-87.

[30] 孙才志, 张蕾, 闫冬. 我国水资源安全影响因素与发展态势研究[J]. 水利经济, 2008 26(1): 1-4.

[31] 周祖光. 海南省水资源供需分析[J]. 水利经济, 2005 23(3) 47-49.

[32] 黄小锋, 纪昌明, 周玉琴. 应用模糊综合评价方法分析水资源安全[J]. 水资源保护, 2004 20(S1) 8-10.

[33] 畅明琦, 刘俊萍, 黄强. 水资源安全 Vague 集多目标评价及预警[J]. 水力发电学报, 2008 27(3) 81-87.

[34] 韩宇平, 阮本清, 解建仓. 多层次多目标模糊优选模型在水安全评价中的应用[J]. 资源科学, 2004(4) 39-42.

[35] 畅明琦, 刘俊萍. 突发性水资源安全风险[J]. 河海大学学报: 自然科学版, 2007 35(3) 281-285.

[36] 畅明琦, 刘俊萍. 水资源系统的弹性及其安全机理分析[J]. 中国安全科学学报, 2008 18(4) 28-36.

[37] 郭安军, 屠梅曾. 水资源安全预警机制探讨[J]. 生产力研究, 2002(1) 37-38.

[38] 郑通汉. 论水资源安全与水资源安全预警[J]. 中国水利, 2003(6): 19-22.

[39] 阮本清, 魏传江. 首都圈水资源安全保障体系建设[M]. 北京: 科学出版社, 2004 35-40.

[40] 叶正伟. 我国农业水资源安全与农村水利调整战略探讨[J]. 农村经济, 2005(10) 3-5.

[41] 畅明琦. 水资源安全理论与方法[D]. 西安: 西安理工大学, 2006.

[42] 洪阳. 中国 21 世纪新的水安全[J]. 中国管理学报, 1999(10) 29-31.

[43] 陈绍金. 水安全系统评价——预警与调控研究[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006 46-48.

[44] 陈绍金. 水安全概念辨析[J]. 中国水利, 2004(17): 13-15.

[45] 郭梅, 许振成, 彭晓春. 水资源安全问题研究综述[J]. 水资源保护, 2007 23(3) 40-43.

[46] 李少华, 董增川, 周毅. 复杂巨系统视角下的水资源安全及其研究方法[J]. 水资源保护, 2007 23(2): 1-3.

(收稿日期 2008-04-15 编辑: 高建群)

(上接第 79 页)

表 3 各工法经济性的比较

工法	工程单位造价/ (元·m ⁻²)	工期/ d	处理后强度/ kPa
真空堆载联合预压	172	158	120
本工法	129	87	150

4 结 语

真空电渗降水及动力挤密脱水加固淤泥技术是一种新的淤泥脱水加固技术。它将传统的真空降水与电渗降水相结合, 并与低位真空预压法相互取长补短, 形成一体, 淤泥加固效果显著, 具有廉价、快捷、无二次污染、可持续发展、施工简单等特点, 市场潜力巨大, 具有巨大的经济和社会效益, 值得在各相应工程中推广使用。

在实际应用中, 还需要综合考虑工程地质状况、气候条件、土体成分、工程特定条件等, 适当调整相关设计参数, 严格控制施工工艺。

本文撰写得到河海大学张志铁教授和何奇芳老师的悉心指导, 在此深表谢意。

参考文献:

[1] 李明东, 朱伟, 姬凤玲. EPS 颗粒混合轻质土的施工方法及工程实例[J]. 岩土工程学报, 2006 28(4) 533-536.

[2] 徐光黎, 杨银湖. 轻量土及其在工程中的应用[J]. 地质科技情报, 2005 24(4) 95-98.

[3] 陈兵, 涂思炎, 翁友法. EPS 轻质混凝土性能研究[J]. 建筑材料学报, 2007, 10(1) 26-31.

[4] 张辉星. 常规真空预压与低位真空预压软基加固比较分析[J]. 福建建设科技, 2006(4) 21-23.

[5] 杨帆, 顾立军, 冯伟骞. 低位真空预压技术在市政道路工程中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2004 24(1) 52-54.

[6] 陈萍, 张振营, 李小山, 等. 废弃淤泥作为再生资源的固化技术与工程应用研究[J]. 浙江水利科技, 2006(6) 1-3.

[7] 张志铁, 叶吉. 真空电渗降水及低能量强夯的深层加固方法: 中国, 200610088344. [P]. 2007-02-15.

[8] 叶凝雯, 张志铁, 叶吉. 大面积地基处理电渗降水的直流电源: 中国, 200620077083. [P]. 2007-09-05.

(收稿日期 2007-04-30 编辑: 高建群)