

文章编号:1006—2106(2005)05—0079—05

深圳西部通道填海及地基处理工程试验研究

周洪涛^{1*} 杨岸英²

(¹ 深圳市勘察研究院, 广东 深圳 518000; ² 深圳市土地投资开发中心, 广东 深圳 518034)

摘要:西部通道口岸场地原为浅海区 and 蚝田, 场地内遍布 7.0~24.0 m 的淤泥及淤泥质粘土, 东侧和南侧海堤所处的位置海水深, 淤泥厚度大, 软基处理难度很大。对此分别提出了不同的软基处理方法。对外海堤(东侧、南侧)的填筑采用抛填块石, 利用爆炸排淤法结合强夯法进行处理; 对场坪内软基采用塑料排水板结合堆载预压排水固结方法进行处理; 隔堤、海堤与场坪的过渡带采用砂石桩加固, 隔堤、海堤堤身采用强夯加固。经实践证明, 上述方法是成功的, 值得在类似工程中推广。

关键词:软土地基; 堆载预压; 爆炸挤淤

中图分类号: U443.1 **文献标识码:** A

1 工程概况

西部通道由深圳湾公路大桥和一线口岸组成。

公路大桥北起蛇口东角头, 南到香港元朗鳌角石, 为双向六车道, 全长约 4 930 m, 桥面宽 32.5 m。大桥为斜拉桥, 跨越深圳湾南北两个航道。一线口岸位于深圳蛇口东角头港东侧, 其主要功能是对出入香港和内地的客车、货车及旅客进行边防和海关检查。

深圳湾公路大桥和一线口岸的建设目前正在加紧进行。

口岸区填海及软基处理面积(包括场坪及海堤、隔堤)为 150 万 m²。在整个方案设计、施工时, 要求口岸近期、远期及口岸生活区的填海和地基处理应一次完成。

2 地质条件

海床表面即为最新沉积的淤泥, 在口岸区普遍存在, 只是在场坪区的南部和西北部的“深槽”部位淤泥层厚度增大, 可达 15~24 m。淤泥为深灰~灰黑色, 流塑状, 具腐臭味, 有机质含量 4.2~7.25%, 混有贝壳碎片, 是高含水量、高孔隙比、高压缩性、低强度、低固结特性的软土。淤泥的下部是硬土层, 主要为粘性土局部是砂土, 性质良好, 可作为大面积地基处理的下限。

3 设计简介

拟建的西部通道口岸场地为浅海区或蚝田, 场地遍布 7.0~24.0 m 厚的淤泥和淤泥质土, 东侧和南侧海堤所处的位置海水深, 淤泥厚度大, 而且毗邻深圳湾, 海堤既要承受场地堆载预压荷载的推力, 还要承受潮流汐和波浪的冲击和侵蚀。经调查研究和分析对比, 外海堤(东侧、南侧)的填筑采用抛填块石, 利用爆炸排淤的方法结合强夯法进行软基处理。场坪采用插塑料排水板填砂(石)堆载预压排水固结方法, 隔堤、海堤与场坪的过渡带采用砂石桩加固, 隔堤、海堤堤身采用强夯加固。填海地基处理工程在围海海堤内进行, 海水的多年平均水位深度从北到南为 0.44~4.73 m, 在抽排完海水后进行堆载预压各工序施工。

全口岸场坪从北向南划分为 I、II、III、IV 区, 各区之间用横向小隔堤分割, 每一区用纵向隔堤分 A、B、C 小区。其顶宽 13 m, 堤身宽约 30 m, 它们都可以用作输送砂石料的通道(见图 1)。

3.1 海堤设计

新筑外海堤(东侧、南侧)为抛石斜坡堤和防浪墙混合结构, 按永久性构筑物的标准设计。海堤下部抛石斜坡堤堤顶高程 3.00 m, 堤顶填土面高程 4.50 m, 填石堤堤顶宽度 18.0 m, 堤底宽度约 20 m。海堤断面如图 2

* 收稿日期: 2005—03—04 周洪涛 高级工程师 男 1962 年 5 月出生

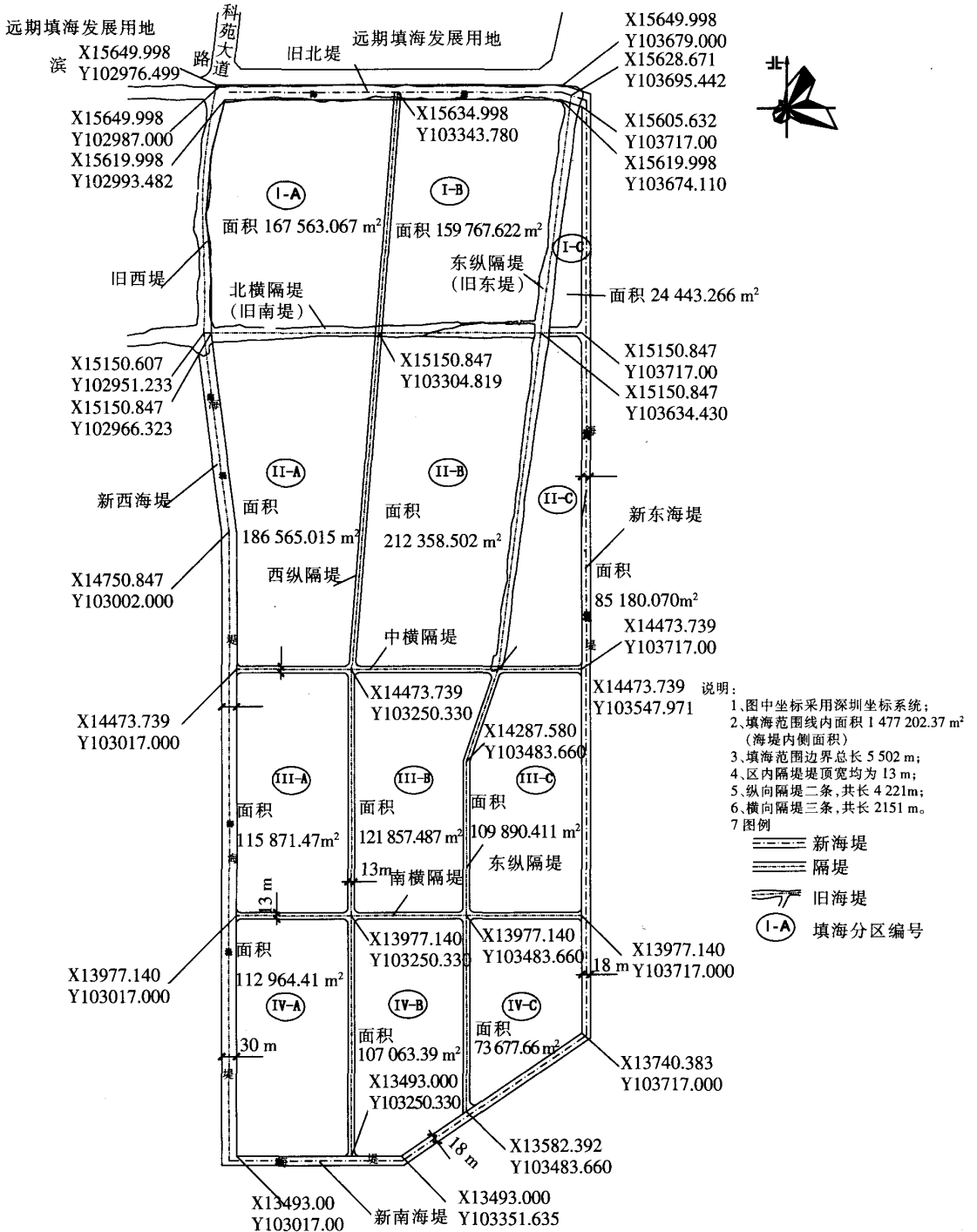


图 1 西部通道口岸区填海总平面图

所示。海堤设计参数如下:

(1) 抛石要求: 块石的容重 $\geq 26 \text{ kN/m}^3$, 岩性均匀, 石料含泥量不大于 10 %。

(2) 设计宽度内淤泥必须完全清除, 堤身两侧按 1:1 成坡。

(3) 挤淤深度同淤泥厚度。

万方数据

(4) 抛石面标高: 3.0 m。交工面标高: 4.5 m。

(4) 堤头爆破: 爆炸扰动宽度为 20.0 m, 药包间距 2.0 m, 平均单药包药量 30 kg, 单循环药包数量 11 个, 单循环进尺 5~6 m, 平均单循环药量 330 kg。根据淤泥厚度调整。

(6) 堤侧爆破: 侧爆长度 50 m, 药包间距 2.0 m, 平

均单药包药量 30 kg, 平均侧爆药量 780×2 kg。根据淤泥厚度调整。

堤头抛填进尺 6.0 m, 每 6.0 m 为一次“抛填——爆炸”循环, 抛填进尺误差小于 0.5 m。当堤头抛填达到进尺时, 在堤头 10 m 的长度范围内, 加高抛填, 由推土机推成斜坡, 保证装药机具能够到达堤头装药作业。

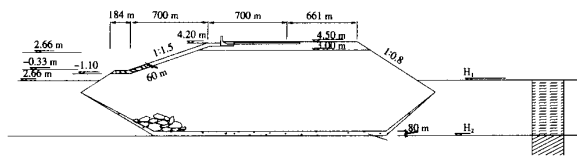


图2 外海堤断面图

3.2 场坪设计

地基处理技术要求: 工后沉降差 $\leq 1.0\%$, 工后剩余沉降量 ≤ 20 cm, 工面承载力 ≥ 140 kPa。

填海地基处理在围海海堤内, 工序都在抽排掉海水后进行作业。

为加快填海的速度, 先行施工内部分隔堤, 再在场区内填筑开山石, 形成厚度为近 8~10 m 的硬壳层, 交工面上的承载力为 140 kPa, 可以得到满足。填石堆载预压为多级等速率加荷状况, 采用建筑地基处理技术规范公式进行平均固结度计算。在此插塑料排水板、堆载预压排水固结方案计算省略。

4 施工方法

4.1 填筑材料

采用开山石混合料、风化砾石土、中粗砂、砾质粘性土。

4.2 施工方法

4.2.1 内隔堤填筑

拟建口岸场坪填海域的四周分别由北海堤(东滨路)、东海堤、南海堤及西海堤, 四条稳定的海堤所围, 海堤是永久性构筑物, 用开山石填筑, 其中东、南海堤用爆破挤淤方法, 使填石海堤落到淤泥底部的硬土层。西海堤采用抛石挤淤法填筑。为了加快施工速度、便于施工管理及有利于今后大面积地基处理的需要, 填筑内隔堤, 将场区分割成 4 大区 12 个小区。隔堤是临时性的, 仅作为施工的道路, 在地基处理过程中将作为场坪地基的组成部分, 最终将消失;

隔堤将用开山石填筑, I、II 区的隔堤一般都能落底, 而在深淤泥区的 III、IV 区并未落底, 因此为消除隔堤的工后沉降, 采用强夯挤密法对隔堤加固处理。

4.2.2 场坪填筑

按堆载预压施工流程一步一步施工, 在上道工序未验收前, 下道工序不得开工。本工程施工流程为: 填筑海堤 → 填筑内隔堤 → 抽排海水 → 铺设土工布 → 铺填砂垫层 → 插塑料排水板及修筑盲沟、集水井 → 铺填 1 m 厚工作垫层(风化砾石土垫层) → 底基层分层碾压、填筑 → 交工面上填筑 1 m 厚砾质(砂质)粘土, 分层碾压 → 填筑超载石料, 无需碾压 → 卸载。

在施工的同时, 埋设各种监测仪器。施工过程中, 对每道工序严格控制,

因海水刚刚抽排完, 淤泥未晾晒, 强度极低, 故此, 在淤泥面上铺设高强度的经编复合土工布, 再在其上铺填 2 m 厚中粗砂水平排水垫层, 以利塑料排水板机械施工。

5 现场测试

本次监测主要内容有: 地表沉降观测、分层沉降观测(沉降磁环淤泥中位置分别为 -5.0 m、-8.0 m、-11.0 m、-15.5 m)、孔隙水压力观测和水位计观测, 静力触探试验和十字板强度试验。以下为场坪中某处淤泥厚度 15.0 m 的监测结果:

该处 2002 年 12 月抽排完海水, 即铺设土工布, 填筑 200 cm 厚砂垫层, 打设塑料排水板, 排水板间距 0.9 m, 等边三角形布置, 排水板顶端高出砂垫层 20 cm, 底端进入淤泥下卧层——粉质粘土层 50 cm, 同时埋设变形监测仪器, 沉降板位置在 -1 m, 其下为 50 cm 厚中粗砂层。从 2003 年 3 月开始至 2003 年 10 月, 其上填筑了 10 m 厚开山石混合料、砾质粘性土及开山石, 目前该处累计沉降量达 4 383 mm, 沉降速率为 0.1 mm/d, 超孔隙水压力已完全消散, 从分层沉降时间过程线中, 淤泥表层 3.5 m 范围内产生的沉降占总沉降量的 35%, 使得淤泥的实测沉降比达到了 29%(沉降量/淤泥厚度), 表层淤泥是沉降发生的主要部位, 其下土层的沉降量和所占比例随深度而减小, 这与沉降量随深度的变化规律一致。表层扰动的淤泥强度极低、性质极差, 是造成整个插板区沉降量较大的主要原因。下卧层沉降量为 0.58 m, 占总沉降量的 13.8%, 说明下卧层的粘性土较软弱, 其沉降量不容忽视。

工后剩余沉降由二部分组成, 一是主固结沉降尚未完成的部分, 二是次固结沉降量。根据实测沉降资料, 可以推算出预压荷载下的最终沉降量, 推算得到的“最终沉降量”实际上是固结度达到 100% 时地基的沉降量, 并不包括主固结完成后发生的次固结沉降量。主固结沉降量的推算按三点法或 Asaok 法进行, 推算的工后剩余沉降量分别为 30 mm、12 mm。预压后次固结

表 1 堆载预压前后淤泥主要物理力学性质指标对比表

地层名称	统计项目	天然含水量 w (%)	天然重度 γ kN/m³	孔隙比 e	液性指数 I _L	压缩模量 E _s MPa	直剪试验		三轴试验						标准贯入 N 击	静力触探		主固结系数 (cm²/s×10 ⁻³)				主固结系数 (×10 ⁻³)	
									UU		CU		CU					主固结系数 (cm²/s×10 ⁻³)		主固结系数 (×10 ⁻³)			
									φ	C	φ	C	φ	C				C _v	C _h	C _v	C _h	Ca	Ca
							φ (°)	C kPa	φ (°)	C kPa	φ (°)	C kPa	100 kPa	C _h	200 kPa	C _h	100kPa	200kPa					
处理前	范围值	58.8~127.8	13.9~16.2	1.60~3.23	2.0~4.92	0.9~2.3	1.8~5.0	3.0~8.0	1.1~3.2	1.0~7.0	13.7~21.0	2.1~13.0	18.6~30.4	6.0~20.0	0.7~1.8	0.1~0.36	1.5~5.0	0.33~0.90	0.40~1.00	0.17~0.59	0.20~0.71	20.00~60.00	10.00~30.00
	平均值	90.9	14.8	2.46	3.37	1.6	2.5	5.3	2.3	3.3	16.3	6.2	23.3	11.5	0.8	0.17	2.57	0.55	0.62	0.33	0.35	40.00	20.00
	标准值	93.4	14.7	2.52	3.51	1.5	2.3	4.7	2.1	2.9	15.9	5.7	22.8	10.7	0.7	0.15	2.28	0.52	0.58	0.31	0.33	43.00	22.00
处理后	范围值	42.9~91.7	1.45~2.17	1.05~2.60	0.82~2.66	1.4~4.0	2.3~5.1	9~19	0.9~2.0	10~23	4.8~18.7	5~16	15.4~26.6	9~31	1~6	0.43~0.84	6.7~16.8	0.34~0.75	0.47~1.15	0.33~0.95	0.49~1.13	8.82~20.38	11.24~22.65
	平均值	55.2	1.7	1.49	1.3	2.2	4.1	14	1.2	15	15.8	10	22.4	15	3	0.64	9.9	0.52	0.68	0.58	0.69	11.96	14.59
	标准值	56.8	1.7	1.57	1.36	2.2	3.4	12	1.0	12	15.2	9	21.8	13	3	0.6	9	0.47	0.57	0.52	0.63	10.50	13.01

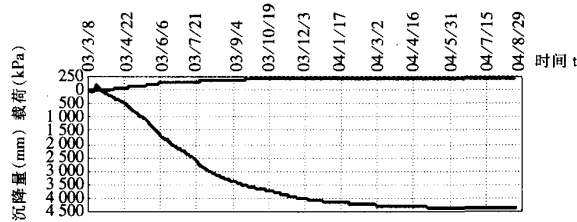


图 3 沉降量-时间过程线

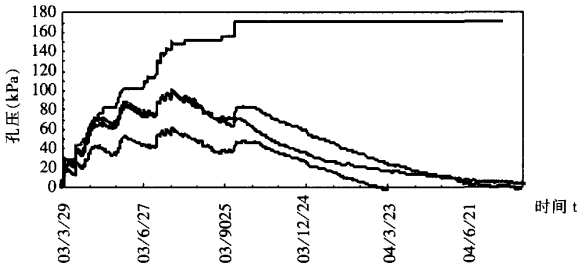


图 4 孔隙水压力-时间过程线

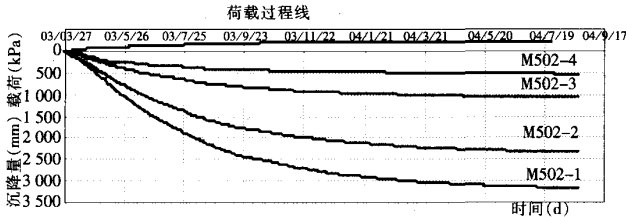


图 5 分层沉降曲线

泥经超载预压后次固结系数减小，按道路使用年限 15 年计算的次固结沉降量为 95 mm(次固结系数取为 0.015),则工后剩余沉降量分别为 125 mm 或 107 mm,均满足设计要求。从沉降观测资料分析看,淤泥固结度绝大部分已达 95 %以上。该标段正安排卸载。

从淤泥处理前后的物理力学性质指标数据统计表看,经堆载预压处理后,淤泥的各项指标都有显著的改善,天然含水量、孔隙比、液性指数已大大降低,天然重度、压缩模量、抗剪强度已有显著的提高,显示堆载预压处理效果是良好的。

参考文献

[1] 林宗元主编. 岩土工程治理手册[S]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993.
[2] 《地基处理手册》编写委员会. 地基处理手册[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988.
[3] GB50021-2001, 岩土工程勘察规范[S].
[4] JGJ79-2002. 建筑地基处理技术规范[S].
[5] GB50286-98. 堤防工程设计规范[S].
[6] 周洪涛. 填海工程地基处理[J]. 杭州: 地基处理. 2002. 12
[7] 深圳市勘察研究院. 深圳市深港西部通道工程口岸场坪填海及地基处理施工图设计[R]. 2002. 7
[8] 浙江省水利河口研究院, 铁道部科学研究院深圳研究设计院. 深圳市深港西部通道填海及地基处理工程监测工作汇报[R]. 2004. 9

变形计算关键是要确定超载预压后软土的次固结系数,以及卸除超载后软土的次固结变形发生的时间,淤

EXPERIMENTAL RESEARCH ON ENGINEERING OF FILLING
SEA AND SUBGRADE REINFORCEMENT FOR SHENZHEN WEST
CORRIDOR

ZHOU Hong-tao¹, YANG An-ying²

¹Shenzhen Survey and Research Institute; ²Shenzhen Land Investment and Development Centre

Abstract: The site of Shenzhen West Corridor Port was neritic zone and oyster land with lots of 7.0-24.0m mud and silt clay.The seae mbankments in east and south were at deep marine zone with great thickness of mud.Therefore,it was difficult to treat subgrade in soft soil zone.The different methods were proposed for treat the subgrade in soft soil zone because of the complexity of the engineering of filling sea and treating subgrade for Shenzhen West Corridor.To the outside sea embankments in east and south,they were filled by stones and treated by the method of explosive drain mud,along with strong consolidation.To the subgrade in soft soil zone within yard plateau,it was treated by the method of plastic drainage plate along with method of stockpile loading pre-pressure for drain water and consolidation.To the insulation embankment and transition zone between sea embankment and yard plateau,they were reinforced by sand pile.The bodies of insulation embankment and sea embankment were treated by strong consolidation.The practices show the application of the methods mentioned above are successful and worth being applied widely.

Key words: subgrade in soft soil zone;stockpile loading pre-pressure;compacting mud by explosion

(上接第 14 页)

IMAGING 2006-2015 PROPECT ON SHANXI RAILWAY


ZHU Tian-gen

Engineering Design Seek Counsel of Group Co.Ltd of Chinese Railway

Abstract: Shanxi is the most important place with reputed coal home of chemical energy. The railway plays a pivotal role in Shanxi coal outside transportation. Through the construction for mang years, Shanxi railroad system preliminary takes shape. The transportation passage of internal artery form north, middle and south three large transportation that arrangement one from north to south and eight across. The branch line of Coal Railway preliminary form scale. To press necessary state-owned economy for Shanxi coal outside transportation, the existing state of equipment ability that Shanxi railway, miserable situation to cope with passive.

To press necessary state-owned economy construction, Shanxi province government and ministry of railway and Taiyuan railway administration project grand blue print for Shanxi railway construction. The new climax of railway construction is forming in Shanxi. The article analyzes present of local railway and transportation passage of internal artery Shanxi,and introduces the imaging 2006-2015 project of Shanxi railway.

Key words: railway; project; imaging

作者: 周洪涛, 杨岸英, [ZHOU Hong-tao](#), [YANG An-ying](#)
作者单位: 周洪涛, [ZHOU Hong-tao](#)(深圳市勘察研究院, 广东, 深圳, 518000), [杨岸英, YANG An-ying](#)(深圳市土地投资开发中心, 广东, 深圳, 518034)
刊名: [铁道工程学报](#) 
英文刊名: [JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY](#)
年, 卷(期): 2005 (5)
被引用次数: 4次

参考文献(8条)

1. [林宗元](#) [岩土工程治理手册](#) 1993
2. <[地基处理手册](#)>编写委员会 [地基处理手册](#) 1988
3. [GB50021-2001](#), [岩土工程勘察规范](#)
4. [JGJ79-2002](#). [建筑地基处理技术规范](#)
5. [GB50286-1998](#). [堤防工程设计规范](#)
6. [周洪涛](#) [填海工程地基处理](#) 2002
7. [深圳市勘察研究院](#) [深圳市深港西部通道工程口岸场坪填海及地基处理施工图设计](#) 2002
8. [浙江省水利河口研究院](#); [铁道部科学研究院深圳研究设计院](#) [深圳市深港西部通道填海及地基处理工程监测工作汇报](#) 2004

本文读者也读过(10条)

1. [贾瑞晨](#), [段仲源](#), [甄精莲](#), [JIA Rui-chen](#), [DUAN Zhong-yuan](#), [ZHEN Jing-lian](#) [塑料排水板与强夯法在软弱地基处理中的应用](#)[期刊论文]-[水科学与工程](#)2007 (2)
2. [张旭东](#) [滨海地区吹填土软弱场地加固处理方法的探讨](#)[期刊论文]-[科技资讯](#)2007 (30)
3. [林峰](#), [廖志强](#), [Lin Feng](#), [Liao Zhiqiang](#) [塑料排水板联合强夯加固法在软基处理中的应用](#)[期刊论文]-[中国水运 \(理论版\)](#) 2006, 4 (11)
4. [吴家强](#), [陈继东](#) [垃圾填埋场防渗层的设计与施工](#)[期刊论文]-[中国建筑防水](#)2004 (10)
5. [张素芳](#), [ZHANG Su-fang](#) [静压排水固结法在软土地基处理中的应用](#)[期刊论文]-[工程与建设](#)2006, 20 (3)
6. [吉登虎](#) [堆土预压排水处理大型油罐软弱地基](#)[期刊论文]-[沈阳建筑大学学报 \(自然科学版\)](#) 2004, 20 (4)
7. [塑料排水板与强夯联合加固法在沿海软土地基中的应用](#)[期刊论文]-[工业建筑](#)2005, 35 (z1)
8. [徐尧](#), [王延祥](#) [强夯一塑料板排水法在粉土和粉质粘土地基加固中的试验研究](#)[期刊论文]-[济南大学学报 \(自然科学版\)](#) 2003, 17 (1)
9. [王坤](#), [蔡永昌](#), [魏赟](#), [周丁恒](#) [深圳地区深层粉质粘土的流变特性试验研究](#)[期刊论文]-[岩土工程界](#)2009, 12 (12)
10. [欧阳平](#), [张玉方](#), [Ou YangPing](#), [Zhang YuFang](#) [强夯联合塑料排水板加固技术在软基处理中的应用](#)[期刊论文]-[城市勘测](#)2008 (3)

引证文献(4条)

1. [张士勋](#), [张亦飞](#), [袁航新](#), [应跃龙](#) [考虑指标不确定性的软基处理方案优选模型](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2010 (3)
2. [郑苑](#) [深圳某疏港通道的软基处理技术](#)[期刊论文]-[广东造船](#) 2007 (4)
3. [付裕](#) [抛石填海夹杂淤泥质土地基处理分析](#)[期刊论文]-[甘肃科技](#) 2010 (23)
4. [严海燕](#) [超深软土地基处理方法研究](#)[期刊论文]-[中国水运 \(理论版\)](#) 2007 (5)

引用本文格式：[周洪涛](#). [杨岸英](#). [ZHOU Hong-tao](#). [YANG An-ying](#) [深圳西部通道填海及地基处理工程试验研究](#)[期刊论文]-[铁道工程学报](#) 2005(5)