

石油化工大型设备吊装现场 地基处理技术标准

Technical standard for foundation treatment on site during
heavy equipment lifting in petrochemical industry

2019 – 07 – 10 发布

2019 – 12 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
国家市场监督管理总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

石油化工大型设备吊装现场
地基处理技术标准

Technical standard for foundation treatment on site during
heavy equipment lifting in petrochemical industry

GB/T 51384 - 2019

主编部门：中国石油化工集团有限公司

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 9 年 1 2 月 1 日

中国计划出版社

2019 北 京

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

2019 年 第 193 号

住房和城乡建设部关于发布国家标准 《石油化工大型设备吊装现场地基 处理技术标准》的公告

现批准《石油化工大型设备吊装现场地基处理技术标准》为国家标准,编号为 GB/T 51384—2019,自 2019 年 12 月 1 日起实施。

本标准在住房和城乡建设部门户网站(www.mohurd.gov.cn)公开,并由住房和城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2019 年 7 月 10 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发 2013 年工程建设标准规范制订修订计划的通知》(建标〔2013〕6 号)要求,编制组进行了广泛的调查研究,总结了多年来石油化工工程建设吊装现场地基处理的实践经验,开展了专题研究,并以多种形式征求了有关设计、施工、监理等相关单位的意见,编制本标准。

本标准的主要技术内容是:总则、术语和符号、基本规定、换填法、刚性桩复合地基法、桩基础法、平整压实法、铺垫法、隐蔽设施保护、监测、验收等。

本标准由住房和城乡建设部负责管理,由中国石油化工集团有限公司工程部负责日常管理,由中石化重型起重运输工程有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送中石化重型起重运输工程有限责任公司(地址:北京市朝阳区惠新东街甲 6 号,邮编:100029)。

本标准主编单位:中石化重型起重运输工程有限责任公司
中石化宁波工程有限公司

本标准参编单位:浙江伊麦克斯基础工程有限公司

本标准主要起草人员:王志远 焦公琦 喻初如 邹磊
陈孟海

本标准主要审查人员:贾桂军 冯顺强 葛春玉 陈照正
肖珍平 万玉新 江坚平 陈文春
孙贺 李永红 刘小平 刘洪坤
李玉磊 李林 董文寰 罗玉新

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(3)
3	基本规定	(5)
4	换填法	(7)
4.1	设计	(7)
4.2	施工	(11)
5	刚性桩复合地基法	(12)
5.1	设计	(12)
5.2	施工	(14)
6	桩基础法	(15)
6.1	设计	(15)
6.2	施工	(16)
7	平整压实法	(17)
7.1	设计	(17)
7.2	施工	(17)
8	铺垫法	(19)
9	隐蔽设施保护	(20)
10	监 测	(22)
11	验 收	(23)
附录 A	吊装现场岩土的分类	(25)
附录 B	换填法吊装地基承载力计算和校核	(27)
附录 C	隐蔽设施保护方法示意图	(29)

本标准用词说明	(34)
引用标准名录	(35)
附:条文说明	(37)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Basic requirements	(5)
4	Replacement method	(7)
4.1	Design considerations	(7)
4.2	Construction	(11)
5	Rigid pile composite foundation method	(12)
5.1	Design considerations	(12)
5.2	Construction	(14)
6	Pile foundation method	(15)
6.1	Design considerations	(15)
6.2	Construction	(16)
7	Flat compaction method	(17)
7.1	Design considerations	(17)
7.2	Construction	(17)
8	Laying support pad method	(19)
9	Protection of underground facilities	(20)
10	Monitoring	(22)
11	Acceptance	(23)
	Appendix A Classification of rock and soil at lifting site	(25)

Appendix B	Calculation and verification of replacement lifting foundation bearing capacity	(27)
Appendix C	Schematic diagram of protecting underground facilities	(29)
Explanation of wording in this standard		(34)
List of quoted standards		(35)
Addition: Explanation of provisions		(37)

1 总 则

1.0.1 为了在石油化工大型设备吊装现场地基处理中做到安全适用、经济合理、技术先进、确保质量、保护环境,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于石油化工大型设备吊装现场地基处理设计、施工、监测和验收。

1.0.3 石油化工大型设备吊装现场地基处理除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 大型设备 heavy equipment

指质量大于或等于 100t 的设备,也指一次性吊装长度或高度大于或等于 60m 的设备,泛指塔器、反应器、反应釜、模块及构件等。

2.1.2 吊装地基 lifting foundation

吊装作业所涉及场地下方的岩土或其他支撑体。

2.1.3 吊装地基处理 lifting foundation treatment

对吊装地基进行处置,使其满足吊装要求。

2.1.4 换填法 replacement method

对于不满足吊装承载力要求的地基,更换成其他材料,并夯压密实以达到吊装承载力要求的地基处理方法。

2.1.5 刚性桩 rigid pile

相对刚性较大的黏结材料构成的灌注桩、预制桩等。

2.1.6 刚性桩复合地基法 rigid pile composite foundation method

采用刚性桩和桩间换填层组成复合地基的地基处理方法。

2.1.7 桩基础法 pile foundation method

采用桩和连接于桩顶的混凝土承台共同组成基础的地基处理方法。

2.1.8 平整压实法 flat compaction method

利用平碾、振动碾等碾压设备将原有地基压实处理的地基处理方法。

2.1.9 铺垫法 laying support pad method

采用钢板或路基箱等对地基进行处理,使其满足吊装要求的方法。

2.1.10 隐蔽设施 underground facilities

在吊装地基中处于隐蔽状态的井、沟、渠、管道、阀门、电缆等设施。

2.2 符 号

2.2.1 作用与作用效应

F_k ——起重机械支垫物(路基箱等)以上部件的重量;

G_k ——起重机械支垫物重量;

p_c ——起重机械支垫物底面处土的自重压力值;

p_{cz} ——换填层底面处土的自重压力值;

p_k ——相应于作用的标准组合时,起重机械支垫物底面处的压力值;

p_z ——相应于作用的标准组合时,换填层底面处的附加压力值。

2.2.2 抗力和材料性能

f_{ak} ——地基地部的承载力特征值;

f_{az} ——换填层底面处经修正后的地基承载力特征值;

f_{cu} ——桩体抗压强度平均值;

f_{sk} ——桩间土地基承载力特征值;

f_{spk} ——刚性桩复合地基承载力特征值;

θ ——换填层(材料)的压力扩散角;

q_p ——桩端土地基承载力特征值;

q_{si} ——第 i 层土的桩侧摩阻力特征值;

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值;

γ ——换填底面以下土的重度;

γ_m ——换填底面以上土的加权平均重度。

2.2.3 几何参数

A ——起重机械支垫物底面面积；
 A_p ——单桩截面积；
 b ——起重机械支垫物底面的宽度；
 b' ——换填层底面宽度；
 d ——桩体直径；
 d_e ——单根桩分担的地基处理面积的等效圆直径；
 h ——换填深度；
 l ——起重机械支垫物底面的长度；
 l_i ——桩长范围内第 i 层土的厚度；
 n ——桩长范围内所划分的土层数；
 u_p ——桩的周长；
 w ——铺垫物边缘到吊装地基边缘的距离；
 z ——换填层的厚度。

2.2.4 计算系数

m ——复合地基置换率；
 K ——偏载和动载综合系数；
 β ——桩间土地基承载力修正系数；
 η ——桩体强度折减系数；
 η_b 、 η_d ——起重机械支垫物宽度和换填深度的地基承载力修正系数。

3 基本规定

3.0.1 大型设备吊装现场地基处理可采用换填法、刚性桩复合地基法、桩基础法、平整压实法、铺垫法等一种或多种方法。大型设备吊装现场地基处理具体方法可根据地质条件按表 3.0.1 选择。

表 3.0.1 大型设备吊装现场地基处理方法选择表

地基处理方法	岩石	碎石土	砂土	黏土	粉土	淤泥、淤泥质土	人工填土	膨胀土	湿陷性土
换填法			√	√	√	√	√	√	√
刚性桩复合地基法			√	√	√	√	√	√	√
桩基础法					√	√	√	√	√
平整压实法	√	√	√	√	√		√		
铺垫法	√	√	√	√	√				

注:1 “√”为可采用的地基处理方法。

2 当地基处理深度有多层不同岩土时,应以承载力较差土层进行确定。

3.0.2 在确定吊装地基处理方案前,应完成下列工作:

1 搜集工程所在地的水文、气象等资料和详细的工程地质资料或原有地基资料等;吊装现场岩土的分类可按本标准附录 A 确定;

2 了解吊装类型、起重机具、载荷大小以及对地作用方式;

3 了解当地地基处理经验和同类施工条件,对有特殊要求的工程,尚应了解其他地区相似场地的地基处理经验和使用情况等;

4 调查邻近建筑、地下工程、周边环境和地下设施等情况。

3.0.3 吊装地基地质或原地下处理情况不明且无资料可查时,应

进行试验。

3.0.4 当地下或邻近设施在设备吊装前施工时,宜与吊装地基处理同时施工,且不得对邻近或地下建筑基础、设施产生不利影响。

3.0.5 选择地基处理方案时,应评估材料、施工噪声等对环境的影响,采用的方案应满足国家和地方的环保要求。

3.0.6 吊装地基处理方案的确定应按下列程序进行:

1 确定地基处理的目的、范围和处理后要求达到的各项技术经济指标;

2 根据吊装类型、起重机具、荷载大小及使用要求,结合地形地貌、地层结构、土质条件、地下水特征、隐蔽设施、环境情况和对邻近建筑的影响等因素进行综合分析,制订地基处理方案;

3 对初步选出的地基处理方案进行安全技术经济分析和对比,选择适用的地基处理方案;

4 对已选定的地基处理方案,必要时进行现场试验;如达不到设计要求时,应调整地基处理方案。

3.0.7 大型设备吊装现场地基处理应编制施工方案,并按规定进行审批,方案需要变更时应按原审批程序进行审批。

3.0.8 地基处理的施工质量应有专人负责,并做好施工记录。

3.0.9 大型设备吊装现场地基处理完成后应满足吊装地基承载力等要求。吊装地基处理工程验收检验时,承载力安全系数不应小于 2.0。

4 换 填 法

4.1 设 计

4.1.1 换填层的厚度应根据置换软弱土的深度以及下卧土层的承载力确定,厚度宜为 0.5m~3.0m。按下卧土层地基承载力确定时,应满足下式要求,地基承载力计算和校核应按本标准附录 B 执行。

$$p_z + p_{cz} \leq f_{az} \quad (4.1.1)$$

式中: p_z ——相应于作用的标准组合时,换填层底面处的附加压力值(kPa);

p_{cz} ——换填层底面处土的自重压力值(kPa);

f_{az} ——换填层底面处经修正后的地基承载力特征值(kPa)。

4.1.2 换填层底面处的附加压力值 p_z 可按下式计算,压力扩散角宜通过试验确定,无试验资料时,可按表 4.1.2 采用。

$$p_z = \frac{bl(p_k - p_c)}{(b + 2z \tan \theta)(l + 2z \tan \theta)} \quad (4.1.2)$$

式中: b ——起重机械支垫物底面的宽度(m);

l ——起重机械支垫物底面的长度(m);

p_k ——相应于作用的标准组合时,起重机械支垫物底面处的压力值(kPa);

p_c ——起重机械支垫物底面处土的自重压力值(kPa);

z ——换填层的厚度(m);

θ ——换填层(材料)的压力扩散角(°)。

表 4.1.2 压力扩散角 θ (°)

换填材料 z/t	中砂、粗砂、砾砂、圆砾、角砾、石屑、卵石、碎石、矿渣、块石、塘渣	粉质黏土、粉煤灰	灰土
0.25	20	6	28
≥ 0.50	30	23	

注:1 t 为基础压力扩散角计算宽度,起重机械支垫物由多块互相独立的路基箱、钢板等构成时, t 可按单块支垫物的底面宽度取值。

2 当 $z/t < 0.25$,除灰土取 $\theta = 28^\circ$ 外,其余材料均取 $\theta = 0^\circ$,必要时宜由试验确定。

3 当 $0.25 < z/t < 0.5$ 时, θ 值可以采用插值方法计算。

4.1.3 起重机械支垫物底面处的压力值,可按下式确定:

$$P_k = \frac{K(F_k + G_k)}{A} \quad (4.1.3)$$

式中: P_k ——起重机械支垫物底面处的压力值(kPa);

F_k ——置于钢板、路基箱等支垫物之上构件的重量(kN);

G_k ——起重机械支垫物重量(kN);

A ——起重机械支垫物底面面积(m^2);

K ——偏载和动载综合系数,取值为 1.1~1.6。

4.1.4 偏载和动载综合系数 K 可按表 4.1.4 取值。

表 4.1.4 偏载和动载综合系数

地基承载类型	偏载和动载综合系数取值
超起配重和设备摆放区域	1.1
起重机械站位区域	1.2~1.6

4.1.5 地基承载力特征值可由载荷试验或其他原位测试、公式计算,并结合工程实践经验等方法综合确定。

4.1.6 换填地基承载力特征值可按下式确定:

$$f_{az} = f_{ak} + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_m (h - 0.5) \quad (4.1.6)$$

式中: f_{az} ——修正后的地基承载力特征值(kPa);

f_{ak} ——地基底部的承载力特征值(kPa);

η_b 、 η_d ——起重机械支垫物宽度和换填深度的地基承载力修正系数,按基底下土的类别查表 4.1.6 取值;

γ ——换填底面以下土的重度(kN/m^3),地下水位以下取浮重度;

b ——起重机械支垫物底面宽度(m),当宽度小于 3m 时按 3m 取值,大于 6m 时按 6m 取值;

γ_m ——换填底面以上土的加权平均重度(kN/m^3),位于地下水位以下的土层取有效重度;

h ——换填深度(m),宜自换填层表面标高算起。

表 4.1.6 承载力修正系数

土的类别		η_b	η_d
淤泥和淤泥质土		0	1.0
人工填土		0	1.0
e 或 I_L 大于或等于 0.85 的黏性土			
红黏土	含水比 $a_w > 0.8$	0	1.2
	含水比 $a_w \leq 0.8$	0.15	1.4
大面积 压实填土	压实系数大于 0.95、黏粒含量 $\rho_c \geq 10\%$ 的粉土	0	1.5
	最大干密度大于 2100kg/m^3 的级配砂石	0	2.0
粉土	黏粒含量 $\rho_c \geq 10\%$ 的粉土	0.3	1.5
	黏粒含量 $\rho_c < 10\%$ 的粉土	0.5	2.0
e 及 I_L 均小于 0.85 的黏性土		0.3	1.6
粉砂、细砂(不包括很湿与饱和时的稍密状态)		2.0	3.0
中砂、细砂、砾砂和碎石土		3.0	4.4

注:1 强风化和全风化的岩石,可按所风化成的相应土类取值,其他状态下的岩石不修正。

2 地基承载力特征值按深层平板载荷试验确定时 η_d 取 0。

3 含水比是指土的天然含水量与液限的比值。

4 大面积压实填土是指填土范围大于两倍基础宽度的填土。

4.1.7 换填层底面的宽度应符合下列规定:

1 换填层底面的宽度应满足基础底面应力扩散的要求,且应满足下式要求:

$$b' \geq b + 2z \tan \theta \quad (4.1.7)$$

式中: b' ——换填层底面宽度(m);

θ ——换填层(材料)的压力扩散角($^\circ$),可按表 4.1.2 采用;

当 $z/t < 0.25$ 时,仍按表中 $z/t = 0.25$ 取值;

2 换填层顶面可从换填层底面两侧向上,按要求适当放坡;

3 整片垫层底面的宽度可根据施工的要求适当加宽。

4.1.8 换填材料应按表 4.1.8 选用。

表 4.1.8 换填材料的选用

换填材料类别	材料要求
砂石	级配良好,不含植物残体、垃圾等杂质的碎石、卵石、角砾、圆砾、砾砂、粗砂、中砂或石屑,最大粒径 $\leq 50\text{mm}$
灰土	体积配合比宜为 2:8 或 3:7。土料宜用不含有松软杂质的粉质黏土,土料应过筛,颗粒 $\leq 15\text{mm}$;石灰宜用新鲜的消石灰,颗粒 $\leq 5\text{mm}$
矿渣	满足环保要求的分级矿渣、混合矿渣及原状矿渣等高炉重矿渣,松散重度 $\geq 11\text{kN/m}^3$,含泥总量 $\geq 10\%$
块石	粒径宜为 200mm~500mm
塘渣	最大粒径 $\leq 150\text{mm}$

4.1.9 回填层的压实标准可按表 4.1.9 选用。矿渣回填层的压实系数可根据满足承载力设计要求的试验结果,按最后两遍压陷差小于 2mm 确定。块石回填层碾压遍数不应少于 3 遍。

表 4.1.9 各种回填层的压实标准

施工方法	换填材料类别	压实系数 λ_c
碾压、振密 或夯实	碎石、卵石	≥ 0.97
	砂夹石(其中碎石、卵石占全重的 30%~50%)	0.94~0.97
	土夹石(其中碎石、卵石占全重的 30%~50%)	0.94~0.97
	中砂、粗砂、砾砂、角砾、圆砾、石屑	0.94~0.97
	灰土	≥ 0.95
	塘渣	≥ 0.94

注:1 压实系数 λ_c 为土的控制干密度 ρ_d 与最大干密度 ρ_{dmax} 的比值;土的最大干密度宜采用击实试验确定,碎石或卵石的最大干密度可取 $2.1\text{t/m}^3 \sim 2.2\text{t/m}^3$ 。

2 表中压实系数 λ_c 系使用轻型击实试验测定土的最大干密度 ρ_{dmax} 时给出的压实控制标准,当采用重型击实试验时,对灰土及其他材料压实标准应为压实系数 $\lambda_c \geq 0.94$ 。

4.2 施 工

4.2.1 换填施工应根据不同的换填材料选择施工机械。施工机械可按表 4.2.1 选择。

表 4.2.1 施工机械的选择

换填材料类别	施 工 机 械
灰土	平碾、振动碾、羊足碾
砂石	振动碾
块石、塘渣、矿渣	平碾、振动碾

4.2.2 软弱下卧层的换填层,应针对不同施工机械设备的重量、碾压强度、振动力等因素,确定换填底层的铺填厚度。

4.2.3 回填施工中应检查每层回填厚度、碾迹重叠程度、压实系数或碾压遍数等。当采用分层回填时,应在下层的压实系数经试验合格后方可进行上层施工。回填厚度及碾压遍数应根据土质、压实系数及碾压机械确定。无试验依据时,填土施工时的分层厚度及碾压遍数应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 填土施工时的分层厚度及碾压遍数

施工设备	每层铺填厚度(mm)	每层碾压遍数
平碾	250~500	6~8
振动碾	250~600	3~4
羊足碾	200~500	3~4

4.2.4 基坑开挖时应避免坑底土层受扰动,可保留约 200mm 厚的土层暂不挖去,待铺填前再挖至设计标高。在碎石或卵石回填层底部宜设置 150mm~300mm 厚的砂层或铺一层土工织物。

4.2.5 换填施工应注意基坑排水,不得在浸水条件下施工。

5 刚性桩复合地基法

5.1 设 计

5.1.1 刚性桩复合地基中的桩体宜采用钢筋混凝土预制桩、灌注桩等刚性桩。

5.1.2 刚性桩应在吊装地基处理范围内布置。桩的中心与吊装地基边缘的距离不宜小于桩径。

5.1.3 当软土较厚且布桩较密,或周边环境对挤土有要求时,宜选用非挤土桩。

5.1.4 选择桩长时宜使桩端穿过压缩性较高的土层,进入压缩性相对较低的土层。

5.1.5 桩距应根据吊装要求的复合地基承载力、土壤性质、施工工艺等确定。采用非挤土成桩工艺及部分挤土成桩工艺,桩间距宜为(3~5)倍桩径;采用挤土成桩工艺的桩间距宜为(3~6)倍桩径。

5.1.6 桩顶和起重机械支垫物之间应设置垫层。垫层材料宜用中砂、粗砂、级配良好的砂石或碎石、灰土等,最大砂石粒径不宜大于30mm,垫层厚度宜取100mm~300mm。桩竖向抗压承载力大、桩径或桩距大时应取高值。

5.1.7 复合地基承载力特征值应通过复合地基竖向抗压载荷试验或综合单桩竖向抗压荷载试验和桩间土地基竖向抗压荷载试验确定。复合地基承载力特征值初步设计时,可按下列公式计算:

$$f_{\text{spk}} = m \frac{R_a}{A_p} + \beta(1-m)f_{\text{sk}} \quad (5.1.7-1)$$

$$m = d^2 / d_e^2 \quad (5.1.7-2)$$

式中: f_{spk} ——刚性桩复合地基承载力特征值(kPa);

m ——复合地基置换率；

R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值(kN)；

A_p ——单桩截面积(m^2)；

β ——桩间土地基承载力修正系数，宜综合复合地基中桩间土地基实际承载力和复合地基破坏时桩间土地基承载力发挥度，结合工程经验取值；无地区经验时，可取 0.8；

f_{sk} ——桩间土地基承载力特征值(kPa)；

d ——桩体直径(m)；

d_e ——单根桩分担的地基处理面积的等效圆直径(m)。

5.1.8 刚性桩的单桩竖向抗压承载力特征值应通过现场载荷试验确定。初步设计时可按式(5.1.8-1)计算桩周土和桩端土的抗力可能提供的单桩竖向抗压承载力特征值，并按式(5.1.8-2)验算桩身承载力。其中 η 可取 0.33~0.36，灌注桩或长桩时应取低值，预制桩应取高值。

$$R_a = u_p \sum_{i=1}^n q_{si} l_i + q_p A_p \quad (5.1.8-1)$$

$$R_a = \eta f_{cu} A_p \quad (5.1.8-2)$$

式中： R_a ——单桩竖向抗压承载力特征值(kN)；

u_p ——桩的周长(m)；

q_{si} ——第 i 层土的桩侧摩阻力特征值(kPa)；

q_p ——桩端土地基承载力特征值(kPa)；

l_i ——桩长范围内第 i 层土的厚度(m)；

n ——桩长范围内所划分的土层数；

η ——桩体强度折减系数；

f_{cu} ——桩体抗压强度平均值(kPa)。

5.1.9 当受力层范围存在软弱下卧层时尚应验算下卧层的地基承载力。

5.2 施 工

5.2.1 各种成桩工艺应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.2.2 挖土和截桩时应保护桩体及桩间土,不得造成桩体开裂、桩间土扰动等。

5.2.3 垫层铺设宜采用静力压实的方法。

5.2.4 当周边设施对变形有要求时,成桩过程应采取减少对周边设施影响的措施。

6 桩基础法

6.1 设 计

6.1.1 当换填法、刚性桩复合地基法、平整压实法等地基处理方法不能满足吊装作业要求或不能满足地下设施保护要求时,可采用桩基础法。

6.1.2 桩应结合工程水文地质条件、荷载、邻近建(构)物的防护、场地及环境条件等因素进行选型。在深厚饱和软土中不宜采用大片密集有挤土效应的桩基。

6.1.3 桩顶嵌入承台内的长度不宜小于 50mm,混凝土桩桩顶纵向主筋应锚入承台内,其锚入长度不宜小于 35 倍纵向主筋直径。

6.1.4 桩基钢筋混凝土承台的受弯、受剪、受冲切计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定,局部受压应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

6.1.5 桩基承台的构造,除满足抗冲切、抗剪切、抗弯承载力的要求外,尚应满足下列要求:

1 边桩中心至承台边缘的距离不宜小于桩的直径或边长,且桩的外边缘至承台边缘的距离不应小于 150mm;

2 承台的最小厚度不应小于 500mm;

3 矩形承台的配筋,其钢筋应按双向均匀通长布置,钢筋直径不宜小于 10mm,间距不宜大于 200mm;

4 承台混凝土强度等级不应低于 C20;纵向钢筋的混凝土保护层厚度不应小于 70mm,当有混凝土垫层时,不应小于 50mm,且不应小于桩头嵌入承台内的长度。

6.2 施 工

6.2.1 成桩工艺应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

6.2.2 挖土和截桩时应对桩体及桩间土进行保护,不得造成桩体开裂、桩间土扰动等。

6.2.3 承台混凝土应一次浇筑完成,混凝土浇筑宜采用平铺法。

6.2.4 起重机械作业前,承台的混凝土强度应达到设计强度。

7 平整压实法

7.1 设 计

7.1.1 吊装地基采用平整压实法时,应通过试验来确定吊装地基的处理效果。

7.1.2 吊装地基压实需要填土时,填料可选用粉质黏土、粉土、灰土、粉煤灰、砂土或碎石土等,并应满足下列要求:

- 1 以碎石土作填料时,其最大粒径不宜大于 50mm;
- 2 以粉质黏土、粉土作填料时,其含水量宜为最优含水量;
- 3 不得使用淤泥、耕土、冻土、膨胀土等土料;

7.1.3 平整压实法处理的吊装地基,应根据碾压机械的压实性能、地基土性质、密实度和压实系数等,并结合现场试验确定碾压方式和碾压遍数。

7.2 施 工

7.2.1 平整压实法宜根据表 7.2.1 选用地基处理所用机械。

表 7.2.1 平整压实法机械选用表

土 壤 类 型	施 工 机 械
非黏性土	平碾、气胎碾、振动碾
其他土	平碾、气胎碾、羊足碾

7.2.2 平整压实法地基的施工应符合下列规定:

- 1 压实或填料前,应清除表层耕土、植被等不符合要求的土层;
- 2 压实填土施工过程中,应采取防雨、防冻措施,防止粉质黏土、粉土等填料受雨水淋湿或冻结;
- 3 碾压方向应从地基的两边逐渐压向中心,每次碾压应有

150mm~200mm 的重叠；

4 需回填时，同一水平层，应采用同一填料。

7.2.3 碾压完成后地基的平整度和坡度应满足起重机械作业要求。

7.2.4 平整压实法地基应经过载荷试验，满足承载要求后方可使用。

7.2.5 吊装地基检验合格后，应及时进行吊装作业。

8 铺 垫 法

8.0.1 铺垫法宜采用钢板、路基箱或道木等,使用前应对铺垫物进行检查,符合要求后方可使用。

8.0.2 铺垫物边缘到吊装地基边缘的距离应满足下式要求:

$$w > z \tan \theta \quad (8.0.2)$$

式中: w ——铺垫物边缘到吊装地基边缘的距离(m);

z ——换填层的厚度(m);

θ ——换填层(材料)的压力扩散角(°)。

8.0.3 铺设钢板或路基箱时,其间距不宜大于 100mm。

8.0.4 铺垫后的铺垫物表面应齐平,坡度满足起重机械作业要求。

8.0.5 铺垫物采用路基箱时,可铺设在吊装地基表面之上,也可以埋设在吊装地基中。采用埋设方法时,路基箱表面宜和吊装地基表面齐平。

8.0.6 必要时路基箱可铺设多层或在钢板上铺设路基箱。

9 隐蔽设施保护

9.0.1 吊装地基宜避开隐蔽设施,无法避开时应采取保护措施。

9.0.2 保护措施应满足隐蔽设施的强度和稳定性要求。

9.0.3 吊装地基涉及的隐蔽设施宜采用下列保护措施:

1 平铺的非脆性材质地下管道宜采用在地下管道上方铺垫沙包、竹排等材料的保护方法。

2 垂直于地面的非脆性材质地下管道宜采用管口封闭后用沙包绕管道圆周方向进行包裹的保护方法。

3 脆性材质地下管道宜在吊装完成后再施工。已施工脆性材质地下管道宜采用砌墙隔离的保护方法。

4 阴井宜采用沙袋、沙填充的保护方法。

5 沟渠宜采用沙袋、沙或碎石填充的保护方法。对于吊装期间正常使用的沟渠,应在沙袋、沙或碎石填充前埋设导流管,导流管宜采用钢管。

6 地下电缆宜采用隔离或包裹的保护方法,并应满足:

1) 电缆采用隔离保护时,在电缆位置的两侧铺设沙、土等,高度应超过电缆顶部 150mm,然后铺设钢板或路基箱;

2) 电缆采用包裹保护时,可根据现场条件采用混凝土槽包裹、沙体包裹和钢管包裹等形式,包裹的长度宜比地基处理范围长 500mm。

7 吊装地基范围内的设备、管架等基础宜在吊装完成后再施工。已施工的设备、管架等基础宜采用在螺栓上设置钢管保护套的保护方法。

9.0.4 吊装地基涉及的隐蔽设施保护可采用本标准附录 C 的方法。

9.0.5 机械开挖基坑前,应确认地下管道、电缆等隐蔽设施的位置、埋深和规格等。机械开挖地下隐蔽设施时应在地下隐蔽设施周边保留不小于 200mm 的原土。

10 监 测

10.0.1 在吊装地基处理前应掌握隐蔽工程情况,并制订相应的保护措施后方可施工,并有专人在现场监控。

10.0.2 吊装地基处理时,应对邻近的建(构)筑物和桩基等进行监测,必要时采取保护措施。

10.0.3 吊装地基处理后,吊装地基周围施工不应影响吊装地基。否则应对吊装地基采取保护措施。

10.0.4 起重机械站位前应对地基的平整度和坡度进行复测,并满足起重机械的使用要求。不满足要求时应进行找平处理。

10.0.5 在设备吊装前应对吊装地基进行检查,满足要求后方可吊装。在吊装过程中应有专人对吊装地基进行监控。

10.0.6 多次吊装的地基,在每次吊装前,应对地基的平整度和坡度进行测量,沉降超过相应要求的应进行找平处理。

11 验 收

11.0.1 吊装地基处理后应提供地基处理过程资料,且应包括下列内容:

- 1 吊装地基处理尺寸;
- 2 开挖后基底情况;
- 3 隐蔽设施保护情况;
- 4 回填情况;
- 5 吊装地基检测记录等。

11.0.2 吊装地基采用换填法、平整压实法、刚性桩复合地基法处理时,表面平整度偏差值不宜大于 30mm。

11.0.3 吊装地基的坡度应执行起重机械操作说明书对地基坡度的要求。

11.0.4 刚性桩复合地基法和桩基础法处理的吊装地基应进行单桩竖向抗压载荷试验。

11.0.5 换填法、平整压实法、刚性桩复合地基法处理的吊装地基承载力检测宜采用浅层平板载荷试验。

11.0.6 在同一起重机械站位浅层平板载荷试验检测点不应少于 3 个。

11.0.7 相同地质条件、相同处理方法的吊装地基,可采用抽样检测的方法。抽样检测位置应按下列要求综合确定:

- 1 抽样检测点宜随机和有代表性分布;
- 2 重要吊装位置;
- 3 局部岩土特性复杂可能影响处理质量的部位;
- 4 地基处理出现异常情况的位置。

11.0.8 浅层平板载荷试验应采用分级加载的形式,加载分级不

应小于 4 级。最大加载量不应小于吊装对地压力值的 2 倍。

11.0.9 单桩载荷试验应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定。

11.0.10 浅层平板载荷试验应符合现行行业标准《建筑地基检测技术规范》JGJ 340 的有关规定。

附录 A 吊装现场岩土的分类

A.0.1 岩土可分为碎石土、砂土、粉土、黏性土和人工填土等。

A.0.2 碎石土为粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50% 的土。

碎石土可按表 A.0.2 分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾。

表 A.0.2 碎石土的分类

土的名称	颗粒形状	粒组含量
漂石 块石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 200mm 的颗粒含量超过全重 50%
卵石 碎石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 20mm 的颗粒含量超过全重 50%
圆砾 角砾	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50%

注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

A.0.3 砂土为粒径大于 2mm 颗粒含量不应超过全重 50%、粒径大于 0.075mm 的颗粒应超过全重的 50% 的土。砂土可按表 A.0.3 分为砾砂、粗砂、中砂、细砂和粉砂。

表 A.0.3 砂土的分类

土的名称	粒组含量
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒含量超过全重 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒含量超过全重 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 50%

注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

A.0.4 黏性土塑性指数 I_p 应大于 10，可按表 A.0.4 分为黏土、粉质黏土。

表 A.0.4 黏性土的分类

塑性指数 I_p	土 的 名 称
$I_p > 17$	黏 土
$10 < I_p \leq 17$	粉质黏土

注:塑性指数由相当于 76g 圆锥体沉入土样中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

A.0.5 粉土介于砂土和黏性土之间,塑性指数 I_p 小于或等于 10 且粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不应超过全重的 50%。

A.0.6 淤泥为在静水或缓慢的流水环境中沉淀,并经生物化学作用形成,其天然含水量应大于液限、天然孔隙比大于或等于 1.5 的黏性土。当天然含水量大于液限、天然孔隙比小于 1.5 但大于或等于 1.0 的黏性土或粉土应为淤泥质土。

A.0.7 红黏土为碳酸盐岩系的岩石经红土化作用形成的高塑性黏土,其液限宜大于 50%。

A.0.8 人工填土根据其组成和成因,可分为素填土、压实填土、杂填土、冲填土。素填土为由碎石土、砂土、粉土、黏性土等组成的填土。压实填土为经过压实或夯实的素填土。杂填土为含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土。冲填土为由水力冲填泥沙形成的填土。

A.0.9 膨胀土为土中黏粒成分主要由亲水性矿物组成,同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩特性,其自有膨胀率应大于或等于 40% 的黏性土。

A.0.10 湿陷性土为在一定压力下浸水后产生附加沉降,其湿陷系数应大于或等于 0.015 的土。

附录 B 换填法吊装地基承载力计算和校核

B.0.1 吊装地基换填层底面总压力值应包括以下两部分：

1 起重机械和支垫物对吊装地基表面的压力按压力扩散角传递到换填层底面处的附加压力值；

2 吊装地基换填层底面处土的自重压力值。

B.0.2 吊装地基换填层(图 B.0.2)地基承载力计算应满足本标准式(4.1.1)的要求。

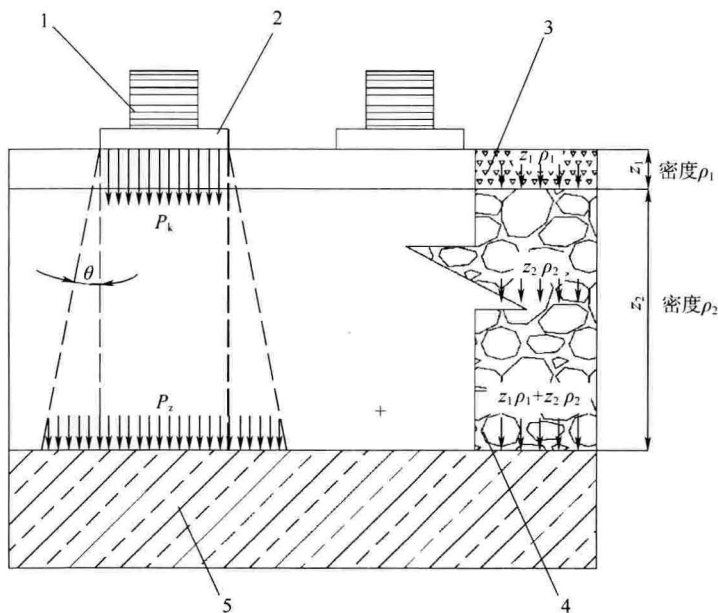


图 B.0.2 吊装基础换填层

1—履带或支腿等；2—支垫物；3—换填层 1；4—换填层 2；5—原土

B.0.3 换填法吊装地基承载力计算和校核时应满足下列要求：

1 换填法吊装地基承载力计算和校核应根据吊装现场的地勘报告、吊装地基设计方案和设备吊装方案等资料；

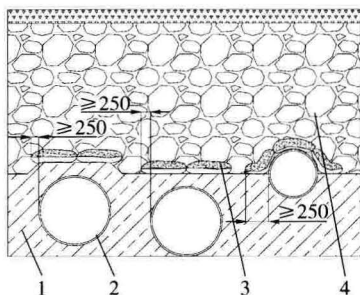
2 起重机械支垫物以上部件重量应包括起重机械本身重量、超起配重重量、所吊设备重量、吊装机索具重量等；

3 起重机履带前后端路基箱未被履带完全接触，且接触长度大于路基箱履带长度方向尺寸的 $1/2$ ，受压面积可按整个路基箱计算；否则受压面积应按实际接触长度计算。

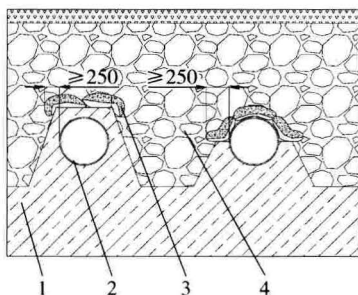
B.0.4 在计算换填层（材料）的压力扩散角时，连续铺设的多个支垫物宜以多个独立的基础进行考虑。

附录 C 隐蔽设施保护方法示意图

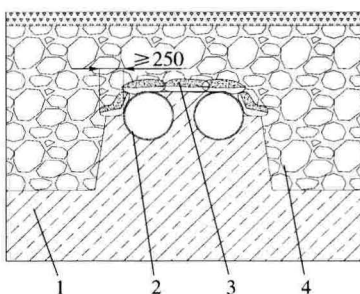
C.0.1 平铺的非脆性材质地下管道需采取保护措施时,可按图 C.0.1-1、图 C.0.1-2 进行保护。



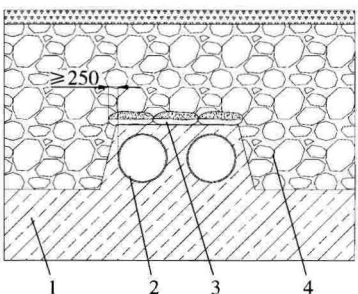
(a)沙包铺垫保护方法一示意图



(b)沙包铺垫保护方法二示意图



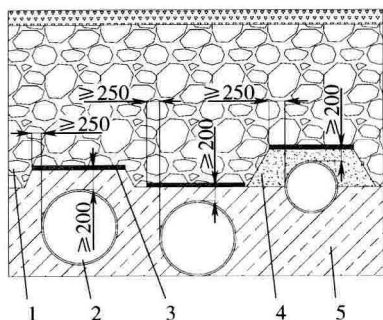
(c)沙包铺垫保护方法三示意图



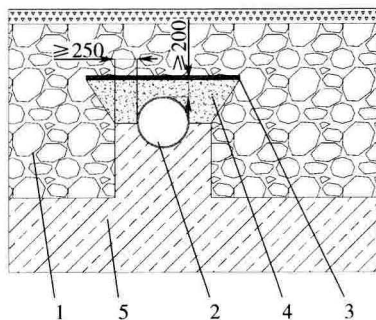
(d)沙包铺垫保护方法四示意图

图 C.0.1-1 沙包铺垫保护方法示意图

1—原土;2—地下管道;3—沙包;4—换填材料



(a) 竹排或土工布铺垫保护方法一示意图



(b) 竹排或土工布铺垫保护方法二示意图

图 C. 0. 1-2 竹排或土工布铺垫保护方法示意图

1—换填材料；2—地下管道；3—竹排或土工布；4—沙或夯实的原土；5—原土

C. 0. 2 垂直于地面的非脆性材质地下管道需采取保护措施时，可按图 C. 0. 2 进行保护。

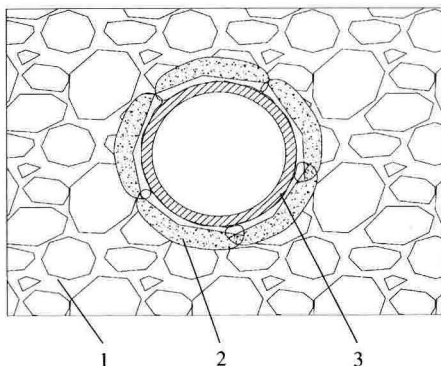


图 C. 0. 2 沙包包裹保护方法示意图

1—换填材料；2—沙包；3—地下管道

C. 0. 3 平铺的脆性材质地下管道需采取保护措施时，可按图 C. 0. 3 进行保护。

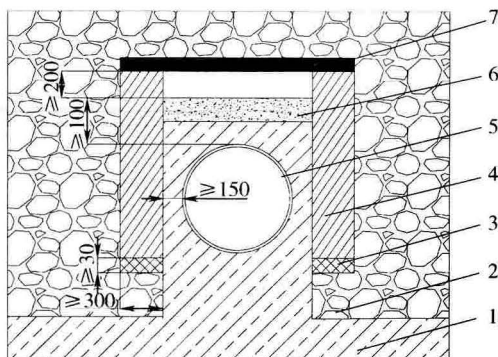


图 C.0.3 砌墙隔离保护方法示意图

1—原土;2—回填材料;3—垫层;4—墙体;
5—地下管道;6—沙;7—盖板

C.0.4 阴井可按图 C.0.4 进行保护。

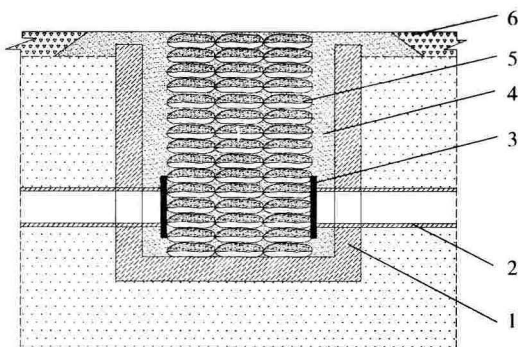


图 C.0.4 阴井保护方法示意图

1—阴井建筑体;2—管线;3—盖板;
4—沙;5—沙包;6—找平材料

C.0.5 沟渠可按图 C.0.5 进行保护。

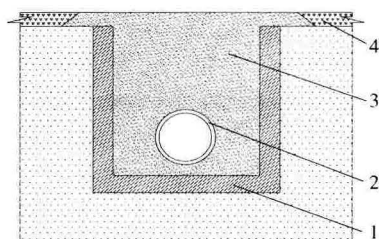
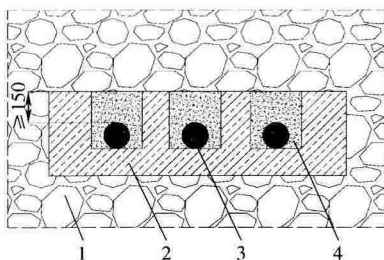


图 C.0.5 沟渠保护方法示意图

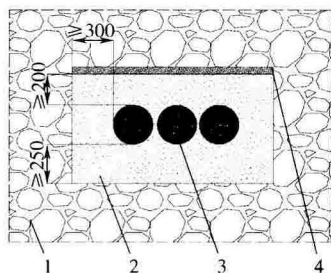
1—沟渠建筑体；2—导流管；3—沙等；4—找平材料

C.0.6 电缆采用包裹保护方法时可按图 C.0.6 进行保护。



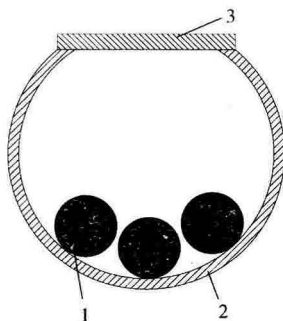
(a)混凝土包裹保护方法示意图

1—回填材料；2—混凝土；
3—电缆；4—沙



(b)沙体包裹保护方法示意图

1—回填材料；2—沙；3—电缆；
4—竹排或土工布隔层



(c)钢管包裹保护方法示意图

1—电缆；2—开口钢管；3—间隔焊接钢板

图 C.0.6 电缆包裹保护方法示意图

C.0.7 方形基础可按图 C.0.7 进行保护。

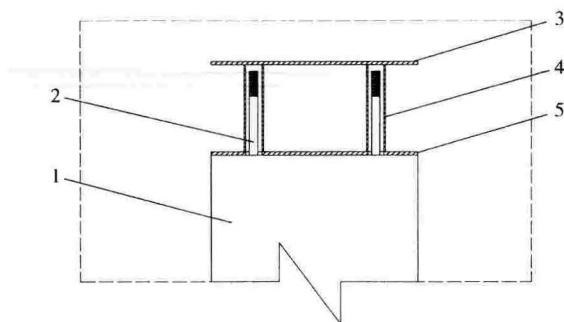


图 C.0.7 方形基础保护方法示意图

1—方形基础；2—基础螺栓；3—上部钢板；4—钢管；5—下部钢板

C.0.8 圆形基础可按图 C.0.8 进行保护。

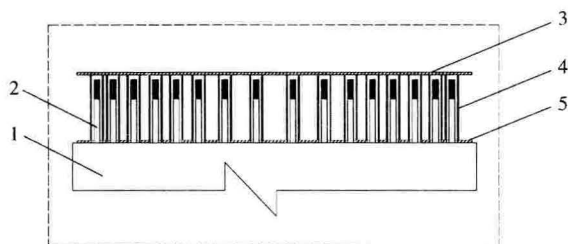


图 C.0.8 圆形基础保护方法示意图

1—圆形基础；2—基础螺栓；3—上部钢板；4—钢管；5—下部钢板

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《建筑桩基技术规范》JGJ 94

《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

《建筑地基检测技术规范》JGJ 340

中华人民共和国国家标准

石油化工大型设备吊装现场
地基处理技术标准

GB/T 51384 - 2019

条文说明

编制说明

《石油化工大型设备吊装现场地基处理技术标准》GB/T 51384—2019,经住房和城乡建设部 2019 年 7 月 10 日以第 193 号公告批准发布。

本标准制定过程中,编制组对我国吊装地基现状进行了广泛的调查研究,总结了我国吊装地基实践经验,并广泛征求了各方面的意见。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定,《石油化工大型设备吊装现场地基处理技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(43)
2	术语和符号	(44)
2.1	术语	(44)
3	基本规定	(45)
4	换填法	(47)
4.1	设计	(47)
4.2	施工	(48)
5	刚性桩复合地基法	(49)
5.1	设计	(49)
5.2	施工	(49)
6	桩基础法	(50)
6.1	设计	(50)
7	平整压实法	(51)
7.1	设计	(51)
7.2	施工	(51)
8	铺垫法	(52)
9	隐蔽设施保护	(53)
10	监 测	(54)
11	验 收	(57)
附录 B	换填法吊装地基承载力计算和校核	(58)
附录 C	隐蔽设施保护方法示意图	(62)

1 总 则

1.0.1 吊装作业是高风险的作业,随着设备吊装重量的增加和起重机械的大型化,吊装地基处理的安全性、经济性在大型设备吊装施工环节中占有愈加突出的重要位置。鉴于吊装地基在施工过程中具有临时性特点,吊装地基若完全按照永久性地基基础设计则过于保守,会造成较大的浪费。通过提高吊装地基处理设计水平、因地制宜地制订吊装地基处理方案,规范吊装地基的施工及检验,以满足大型设备吊装的要求,并具有一定的经济效益和社会效益。

大型设备吊装现场地基主要涵盖起重机械站位及行走地基、超起配重摆放地基、设备摆放地基等,具有临时性,用时短、处理深度浅等特点,与永久地基相比,在满足承载力要求的情况下,可允许一定的均匀沉降,适用条件相对宽松。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.2 大型设备吊装工程类型多,地域分布广,涉及的吊装地基种类繁多,除岩土外,还可能涉及冻土、混凝土基础、码头等。

3 基本规定

3.0.1 吊装地基处理应根据现场地质条件和吊装要求选择适宜方法,许多工程实践证明,当岩土工程条件较为复杂时,采用单一的地基处理方法处理地基往往满足不了设计要求或造价较高,由两种或多种地基处理措施组成的综合处理方法可能会达到较好的处理效果。目前,大型设备吊装工程中常用的综合处理方法有:平整压实法+铺垫法、刚性桩复合地基法+换填法、换填法+铺垫法等。

3.0.2 在吊装地基处理方案确定前,要研究掌握详细的场地、岩土工程资料,对一些非常规地质条件,主要包括冻土基础、码头和桥梁混凝土基础、填海沙土基础等,可参考相似场地的地基处理经验和使用情况,改进工艺和措施后达到较好地基处理效果。

3.0.3 吊装地基地质或原地下处理情况不明且无资料可查时,为保证安全应采取载荷试验方式进行,试验的方法可采用浅层平板载荷试验、静力触探试验、旁压试验等。

3.0.5 为满足国家或地方对环保的日益严格要求,选择地基处理方案时应充分考虑施工过程中产生的噪声、振动及换填材料等对环境的影响。

3.0.6 采用地基处理新工艺、地质条件复杂、处理工程量较大,无现有经验可参考时,为达到更好的经济性和安全性,在理论计算的基础上,选定某个起重机械典型站位区进行处理,通过试验验证地基处理方案的可行性、安全性,以便进行大面积推广和应用,达到满足吊装要求,降低经济成本的目的。

3.0.7 大型设备吊装现场地基处理方案应由专业技术人员负责编制,并按文件管理程序审核和批准。大型设备吊装现场地基处

理方案编制和审批人员的资格和职责见表 1。

表 1 吊装地基处理方案编制和审批人员的资格和职责

岗位	职 责	资 格
编制	1. 现场调查； 2. 编制地基处理方案； 3. 修订方案	工程师
校核	1. 校核地基处理工艺； 2. 校核地基处理计算书	工程师
审核	1. 审查地基处理工艺、流程； 2. 审查施工质量安全技术措施； 3. 审查进度计划、交叉作业计划、劳动力组织	高级工程师
批准	施工方案的最最终确认、批准	企业技术负责人

4 换 填 法

4.1 设 计

4.1.1 吊装地基处理范围内浅层软土的深度不大时,可全部换填处理;处理较深的软弱土层,换填上层软弱土层后,通常可提高持力层的承载力,小于 0.5m 承载力提高不明显,但换填基坑开挖过深,常因地下水位高,需要采取降水措施;坑壁放坡占地面积大或边坡需要支护,及因此易引起邻近地面、管网、道路与建筑的沉降变形破坏;再则施工土方量大、弃土多等因素,常使处理工程费用增高、工期拖长、对环境的影响增大等。因此,换填法的处理最大深度通常控制在 3.0m 以内较为经济合理。

4.1.2 换填层设计为满足吊装地基的承载力和变形要求,首先换填层能换除吊车支垫物下直接承受吊车荷载的软弱土层,代之能满足承载力要求的换填层;其次荷载通过换填层的应力扩散,使下卧层顶面受到的压力满足小于或等于下卧层承载能力的条件;再者地基持力层被低压缩性的换填层代换,能大大减少地基的沉降量。因此,合理确定换填层厚度是换填法设计的主要内容。

对需换填的软弱土层,首先应根据垫层的承载力确定基础的宽度和基底压力,再根据垫层下卧层的承载力,设置换填层的厚度。

4.1.4 受起重机械重心的影响,履带或支腿下的支垫物会出现受压不均衡的现象;起重机械在吊装或行走时,还会产生动载。在吊装地基的验算中,以偏载和动载综合系数 K 加以考虑,取值原则为:①起重机械固定位置作业,且偏载较小时,宜取较低值;偏载较大时宜取较高值。在吊装方案设计时,可通过调整超起配重量来降低偏载情况。②起重机械在行走时,动载较大,偏载和动载综合系数宜取较高值。

4.1.8 块石是岩石经爆破后所得形状不规则的石块,是不成形的石料,处于开采以后的自然状态,俗称毛石。作为回填材料时粒径大于 200mm 的颗粒含量需超过全重 50%。塘渣是风化石和土的混合物,粒径大于 40mm 的颗粒含量大于 30%。

4.2 施 工

4.2.2 换填法的施工参数可根据回填材料、施工机械设备及设计要求等通过现场试验确定,以求获得最佳密实效果。对于存在软弱下卧层的回填层,可针对不同施工机械设备的重量、碾压强度、振动力等因素,确定底层的铺填厚度,使之既能满足该层的压密条件,又能防止扰动下卧软弱土的结构。

4.2.4 换填层下卧层为软弱土层时,因其具有一定的结构强度,一旦被扰动则强度大大降低,变形大量增加,将影响到换填层及起重机械的安全使用。通常的做法是,开挖基坑时应预留厚约 200mm 的保护层,待做好换填垫层的准备后,对保护层挖一段即用换填材料铺填一段,直到全部完成换填。

5 刚性桩复合地基法

5.1 设 计

5.1.5 桩长范围内有饱和粉土、粉细砂、淤泥、淤泥质土层,为防止施工发生窜孔、缩径、断桩,减少新打桩对已打桩的不良影响,宜采用较大桩距。

5.1.6 桩顶和起重机械支垫物之间设置的垫层在复合地基中具有如下作用:

(1)保证桩、土共同承担荷载,是复合地基形成的重要条件;

(2)通过改变垫层厚度,调整桩垂直荷载的分担,通常垫层越薄桩承担的荷载占总荷载的百分比越高;

(3)减少基础底面的应力集中。

5.2 施 工

5.2.4 饱和软土地层采用挤土桩施工时,可以采取较长间隔时间跳打、由中间往两侧施工等办法,减小超静孔隙水压力升高对成桩质量和周边设施的影响。必要时在饱和软土层中插塑料排水板或打设砂井等竖向排水通道,促使超静孔隙水压力消散。施工中加强对相邻已施工桩及施工场地周围环境的监测。

6 桩基础法

6.1 设计

6.1.1 桩基础虽然是一种可靠性较高的地基处理方式,但因为其施工难度和成本均较高,仅在特殊情况时才采用,如沿海地区表层深厚饱和软土地基,跨越已有设施尤其是正在运行的生产设施,需对已有设施进行防护等。

6.1.2 基桩优先选用施工现场使用的桩型,吊装场地地基桩施工可与工程桩同步施工,减少施工对周边建(构)筑物的影响,减少交叉作业并节约成本。常用桩型有钢筋混凝土预制方桩和预应力混凝土空心桩等混凝土预制桩、湿作业成孔灌注桩和干作业成孔灌注桩等混凝土灌注桩、钢管桩等。

在饱和软土中采用挤土桩,如设计和施工不当,会产生明显的挤土效应,损坏邻近建筑物和其他设施。因此在设计时,应考虑沉桩施工对邻近桩的偏位和上浮,建(构)筑物和地下管线变形等不利影响,采取合理的桩型、布桩密度和方式、施工流水和防止措施,例如采用非挤土的灌注桩、取土植桩、设置防挤孔等措施减少挤土对周边环境的影响。

6.1.3 桩顶嵌入承台及桩顶主筋锚入承台,可形成介于铰接与刚接之间的连接方式,既可传递剪力,也可传递一部分弯矩。桩顶嵌入承台过多,则将降低承台有效高度,承台的受力性能及经济性均较差。

7 平整压实法

7.1 设 计

7.1.1 平整压实表层或填土层底面下卧层的土质,对压实填土地基的变形有直接影响,施工前,首先应查明并清除场地内对压实处理不利的耕土和软弱土层。压实设备选定后,应在现场通过试验确定填料的虚铺厚度和压实的遍数,取得必要的施工参数后,再进行压实施工,以确保压实填土的施工质量。

7.1.2 由于本标准规定吊装地基的表面平整度偏差值不宜大于 30mm,以碎石土作填料时,需控制其最大粒径,保证平整压实后吊装地基的表面平整度满足起重机械站位要求。结合吊装地基处理经验,碎石土最大粒径不宜大于 50mm。

7.2 施 工

7.2.1 使用气胎碾作为施工机械时土料处于应力状态的时间比其他碾压施工机械长,压实效果好,可适当增加压实厚度和减少碾压遍数。

7.2.2 对于黏性小的沙土,平整压实施工前表层可回填一层灰土、红黏土等结合度较好的材料。

7.2.5 平整压实法处理的地基容易受雨雪侵蚀的影响,处理完成检验合格后,应及时组织吊装作业,或采取有效措施保证吊装地基质量。

8 铺 垫 法

8.0.4 吊装地基的平整度和坡度对起重机械的作业安全产生很大影响。起重机械站位于铺垫物上方,铺设时应保证铺垫物表面齐平,满足起重机械对平整度和坡度的要求。在不满足时,可在铺垫物下方用颗粒直径小于 $\phi 30\text{mm}$ 的沙、灰土、碎石等材料找平。

8.0.6 在码头、桥梁等场地上使用起重机械,受场地承载力的限制,并无法加固处理时,可采用铺设多层铺垫物的方法,扩大支撑面积,减小对码头、桥梁等设施的压强。也可用于吊装地基承载力较好,采用多层支垫物即可满足吊装要求的情况。

9 隐蔽设施保护

9.0.3 本条规定了对吊装地基涉及的隐蔽设施宜采用的保护措施,其说明如下:

(1)地下管道材质分非脆性材料和脆性材料。非脆性材料是指在外力作用下(如拉伸、冲击等),虽然产生较显著变形而不被破坏的材料,包括低碳钢、合金钢、铜、铝合金等;脆性材料是指在外力作用下,仅产生很小的变形即被破坏断裂的材料,包括铸铁、陶瓷、玻璃、塑料、混凝土等。

(2)非脆性材料地下管道管顶到吊装地基地面距离大于500mm,且地下管道强度和稳定性满足要求,土质较硬时可以不采取保护措施。

(3)非脆性材质的地下管道在基底分布比较密集,采取保护措施困难时,可采用灰土垫层、三合土垫层等抬高地基基底标高。

(4)地下管道采用砌墙隔离的保护方法时,盖板一般采用钢筋混凝土预制板、路基箱或钢板等强度大的材料。采用钢板作为盖板时,可在钢板下铺设一定数量的型钢,增加钢板稳定性和强度。

(5)阴井、沟渠用沙或沙袋填充后,在铺设路基箱前还可以先铺设钢板,提高保护效果。

9.0.5 机械开挖地下管线时按要求保留一部分原土避免损伤地下管线;如果需将地下管暴露,对材质等情况进行确认,一般采用人工开挖的方法。

10 监 测

10.0.1 吊装地基处理需进行全程监控,并对处理过程进行记录,包括文字记录和影像记录等。换填法地基处理文字记录内容可参考表 2。

表 2 地基处理过程控制单

××吊装项目部	地基处理过程控制单	编号: ××	
施工单位			
吊装地基所在装置名称			
施工过程控制记录			
序号	施工过程记录内容	确认与审核	
01 放线	1. 放线完全符合施工图纸要求。 2. 放线变更:现场实际与图纸不符,图纸已经更新且双方确认完毕,更新后的图纸编号为_____	施工单位确认	
		吊装质量负责人确认	
02 开挖	1. 开挖面积完全符合图纸要求。 2. 开挖深度完全符合图纸要求。 3. 开挖变更:现场实际与图纸不符,图纸已经更新且双方确认完毕,更新后的图纸编号为_____。 4. 开挖过程未损坏任何地下管道、电缆等隐蔽设施。 5. 开挖后基坑内的水及时排出	施工单位确认	
		吊装质量负责人确认	

续表 2

××吊装项目部		地基处理过程控制单		编号:××	
施工单位					
吊装地基所在装置名称					
施工过程控制记录					
序号	施工过程记录内容			确认与审核	
03 隐蔽设施保护	1. 对地下管道等隐蔽设施采取了保护措施			施工单位确认	
				吊装质量负责人确认	
04 块石回填压实	1. 块石级配达到设计要求。 2. 按设计要求分层回填,并压实。 3. 回填厚度达到设计要求			施工单位确认	
				吊装质量负责人确认	
05 找平层回填夯实	1. 碎石级配达到设计要求。 2. 回填厚度达到设计要求。 3. 回填压实并达到设计要求。 4. 表面平整度和坡度达到要求			施工单位确认	
				吊装质量负责人确认	

10.0.2 地基处理的每个环节均需按照地基处理方案进行,并进行地基处理的过程监控,每个处理环节合格后方可进行到下一环节的地基处理,换填法地基处理流程可按图 1。

10.0.5 尽管在吊装地基处理完成后进行了验收,但为了确保吊装的安全,在正式吊装前,需进行试吊,再次检查地基情况。

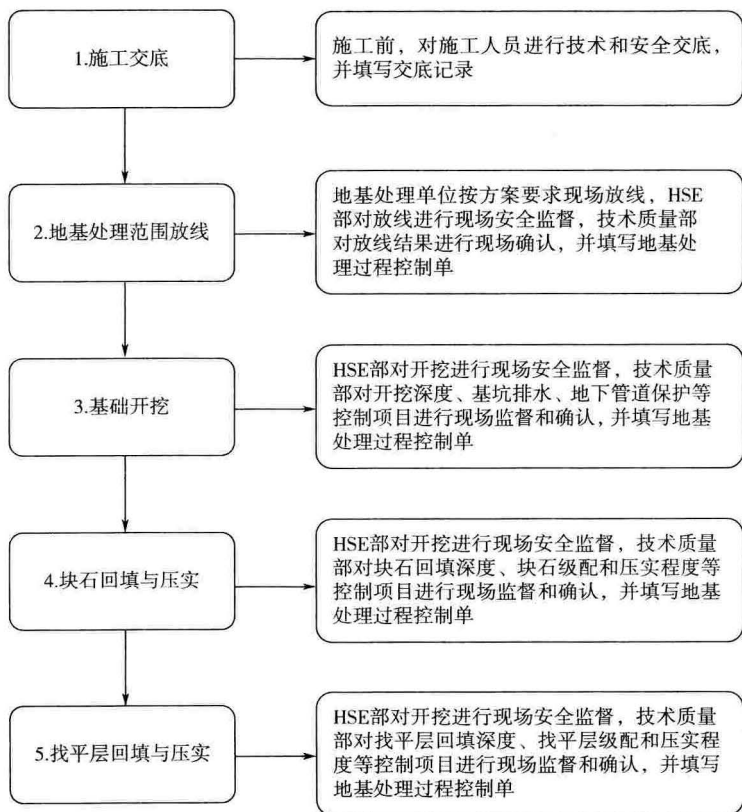


图 1 地基处理流程图

11 验 收

11.0.7 重要吊装位置包括起重机械带载行走的吊装位置、偏载较严重的吊装位置、所吊设备重量较大的吊装位置等。

11.0.8 吊装对地压力值考虑了偏载和动载综合系数。

附录 B 换填法吊装地基承载力计算和校核

B.0.1~B.0.3 以 DEMAG CC8800 型 1250t 级履带式起重机地基为例,具体说明换填法吊装地基承载力计算和校核。

(1)基本数据。

1)1250t 级履带式起重机工况为主臂超起工况,起重机质量 $F_1=1050\text{t}$,超起配重质量 $F_2=200\text{t}$;被吊设备质量 $F_3=540\text{t}$ (包括吊装索具),则支垫物即路基箱以上部件重量为:

$$\begin{aligned}F_k &= (F_1 + F_2 + F_3) \times 9.8 \\&= (1050 + 200 + 540) \times 9.8 \\&= 17542(\text{kN})\end{aligned}$$

式中: F_k ——起重机械支垫物(此处为路基箱)以上部件的重量(kN)。

2)1250t 级履带式起重机两条履带下共铺设路基箱数量 $n=14$ 块,设置时路基箱横铺。单块路基箱长度 $a=7\text{m}$,单块路基箱宽度 $c=2.1\text{m}$,每块路基箱质量 $F_m=8\text{t}$,则:

①单条履带下路基箱构成的支垫物的长度:

$$l = c \times n / 2 = 2.1 \times 14 / 2 = 14.7(\text{m})$$

式中: l ——起重机械支垫物底面长度(m),此处为单条履带下路基箱构成的支垫物的长度。

②单条履带下路基箱构成的支垫物的宽度:

$$b = a = 7(\text{m})$$

式中: b ——起重机械支垫物底面宽度(m),此处为单条履带下路基箱构成的支垫物的宽度。

③起重机械支垫物底面面积:

$$A = a \times c \times n = 7 \times 2.1 \times 14 = 205.8(\text{m}^2)$$

式中: A ——起重机械支垫物底面面积(m^2), 此处为路基箱底面总面积。

④起重机械支垫物重量:

$$G_k = F_m \times n \times 9.8 = 8 \times 14 \times 9.8 = 1097.6 (\text{kN})$$

式中: G_k ——起重机械支垫物重量(kN), 此处为路基箱总重量。

3) 吊装站位地基换填层的厚度 $z = 2.5\text{m}$, 其中块石回填厚度 $z_1 = 2.3\text{m}$, 其上用碎塘渣铺垫压实, 厚度 $z_2 = 0.2\text{m}$ 。块石压实密度为 $\rho_1 = 1.7\text{t/m}^3$, 碎塘渣压实密度为 $\rho_2 = 1.8\text{t/m}^3$ 。

4) 吊装地基地部的承载力特征值 $f_{ak} = 78.4\text{kPa}$ 。

5) 吊装地基地部为红黏土, 含水比 $a_w > 0.8$ 。

6) 吊装地基地面以下土的重度 $\lambda = 1.4\text{t/m}^3$ 。

7) 起重机在吊装过程中不行走, 同时在超起配重的作用下路基箱受力较均匀, 偏载和动载综合系数 $K = 1.2$ 。

(2) 起重机械支垫物底面处的压力值 P_k 计算:

$$\begin{aligned} P_k &= \frac{K(F_k + G_k)}{A} \\ &= \frac{1.2 \times (17542 + 1097.6)}{205.8} \\ &\approx 108.69 (\text{kPa}) \end{aligned}$$

式中: P_k ——起重机械支垫物(此处为路基箱)底面处的压力值(kPa);

K ——偏载和动载综合系数。

(3) 确定换填层(材料)的压力扩散角 θ 值:

1) 按单块路基箱计算 z/t 值:

$$z/t = z/c = 2.5/2.1 \approx 1.19$$

式中: z ——换填层的厚度(m);

t ——基础压力扩散角计算宽度, 此处为单块路基箱宽度(m)。

2) 根据表 4.1.2 查得换填层(材料)的压力扩散角 θ 值为 30° 。

(4) 吊装基础换填层底面总压力值计算：

$$\begin{aligned}
 P_z + P_{cz} &= \frac{bl(P_k - P_c)}{(b + 2z \tan \theta)(l + 2z \tan \theta)} + (z_1 \rho_1 + z_2 \rho_2) \times 9.8 \\
 &= \frac{7 \times 14.7 \times (108.69 - 0)}{(7 + 2 \times 2.5 \times \tan 30^\circ)(14.7 + 2 \times 2.5 \times \tan 30^\circ)} + \\
 &\quad (1.7 \times 2.3 + 1.8 \times 0.2) \times 9.8 \\
 &\approx 106.17 (\text{kPa})
 \end{aligned}$$

式中： P_z ——换填层底面处的附加压力值(kPa)；

P_{cz} ——换填层底面处土的自重压力值(kPa)；

P_k ——起重机械支垫物底面处的压力值(kPa)；

P_c ——起重机械支垫物底面处土的自重压力值(kPa)，此处取 0kPa；

l ——起重机械支垫物底面长度(m)，此处为单条履带下路基箱构成的支垫物的长度；

b ——起重机械支垫物底面宽度(m)，此处为单条履带下路基箱构成的支垫物的宽度；

z ——换填层的厚度(m)；

θ ——换填层(材料)的压力扩散角(°)；

z_1 ——块石回填厚度(m)；

z_2 ——碎塘渣回填厚度(m)；

ρ_1 ——块石压实密度(t/m³)；

ρ_2 ——碎塘渣压实密度(t/m³)。

(5) 地基承载力修正值 f_{az} 计算：

1) 换填底面以上土的加权平均重度计算：

$$\begin{aligned}
 \gamma_m &= (\rho_1 z_1 + \rho_2 z_2) / z \\
 &= (1.7 \times 2.3 + 1.8 \times 0.2) / 2.5 \\
 &\approx 1.71 (\text{t/m}^3) \\
 &\approx 16.76 (\text{kN/m}^3)
 \end{aligned}$$

式中： γ_m ——换填底面以上土的加权平均重度(kN/m³)。

2)修正后的地基承载力特征值计算:

$$\begin{aligned} f_{az} &= f_{ak} + \eta_b \gamma (b-3) + \eta_d \gamma_m (h-0.5) \\ &= 78.4 + 0 \times (1.4 \times 9.8) \times (6-3) + \\ &\quad 1.2 \times 16.76 \times (2.5-0.5) \\ &= 118.62(\text{kPa}) \end{aligned}$$

式中: f_{az} ——修正后的地基承载力特征值(kPa);

f_{ak} ——地基地部的承载力特征值(kPa);

η_b ——起重机械支垫物宽度地基承载力修正系数,查表 4.1.6 为 0;

η_d ——换填深度地基承载力修正系数,查表 4.1.6 为 1.2;

γ ——换填底面以下土的重度(kN/m^3);

γ_m ——换填底面以上土的加权平均重度(kN/m^3);

b ——起重机械支垫物底面宽度(m),此处为单条履带下路基箱构成的支垫物的宽度;此处取 6m;

h ——换填深度,此处与换填层的厚度 z 相同(m)。

(6)结论:

$$P_z + P_{cz} < f_{az}$$

吊装地基符合起重机吊装要求。

附录 C 隐蔽设施保护方法示意图

C.0.1 采用沙包铺垫保护方法时,地下管道顶部可留原土层,也可不留原土层。在地下管道较浅时,为保证吊装地基处理深度和处理效果,地下管道顶部可不留原土层。

S/N:155182·0575



9 155182 057500

统一书号: 155182·0575

定 价: 14.00 元