

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)

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

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 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)

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

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。

住房和城乡建设部信息中心
浏览专用

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_c ——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,应以承载能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 可按下列式计算,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($^\circ$)。

表 4.1.2 压力扩散角 θ ($^\circ$)

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 $2100\text{kg}/\text{m}^3$ 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_{d1} 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:

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

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

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。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

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($^{\circ}$)。

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。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

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。

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用

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砂形成的填土。

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。

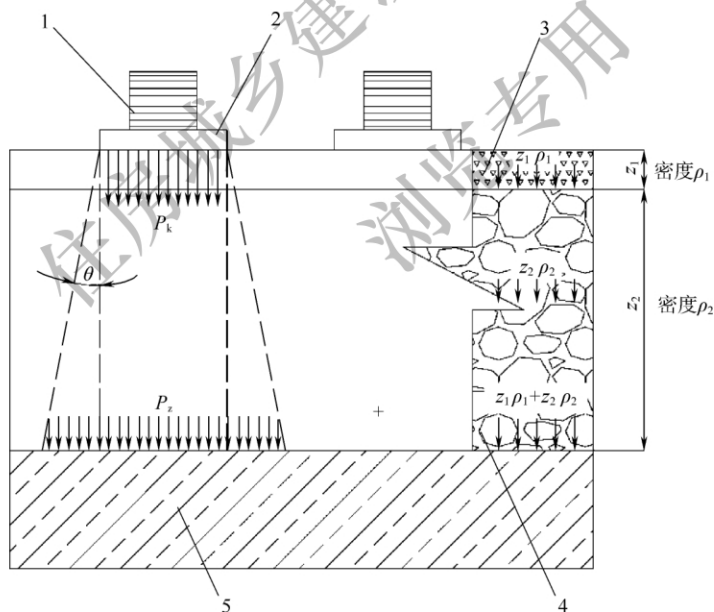


图 B.0.2 吊装基础换填层

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勘测报告、吊装地基设计方案和设备吊装方案等资料；

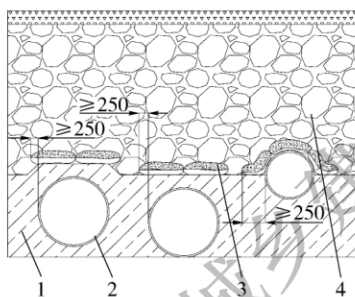
2 起重机械支垫物以上部件重量应包括起重机械本身重量、超起配重重量、所吊设备重量、吊装机索具重量等；

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。

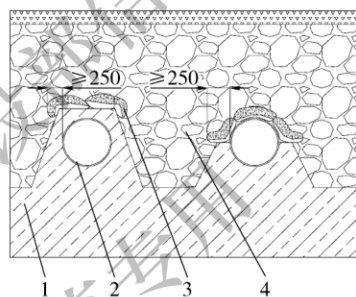
B.0.4 在计算换填层(材料)的压力扩散角时，连续铺设的多个支垫物宜以多个独立的基础进行考虑。

附录 C 隐蔽设施保护方法示意图

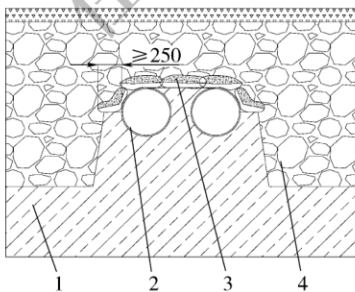
C.0.1 平铺的非脆性材质地下管道需采取保护措施时,可按图 C.0.1-1、图 C.0.1-2 进行保护。



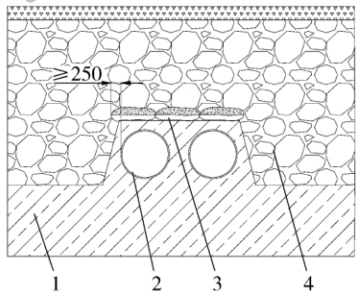
(a)沙包铺垫保护方法一示意图



(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

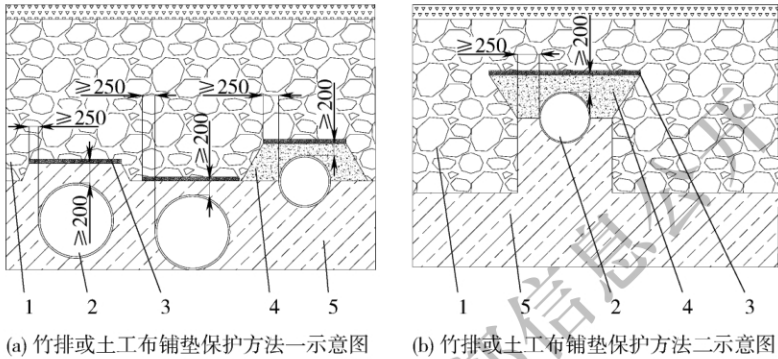


图 C.0.1-2 竹排或土工布铺垫保护方法示意图

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。

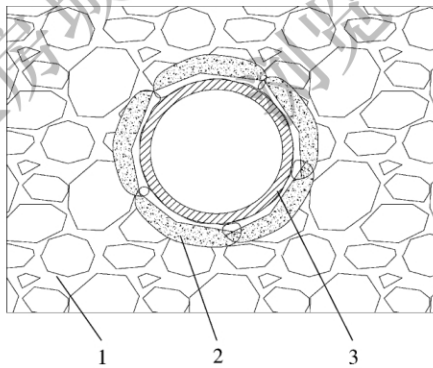


图 C.0.2 沙包包裹保护方法示意图

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。

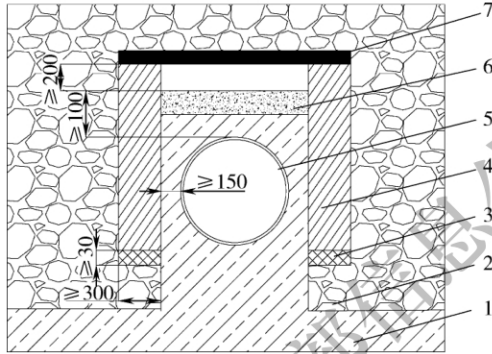


图 C.0.3 砌墙隔离保护方法示意图

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。

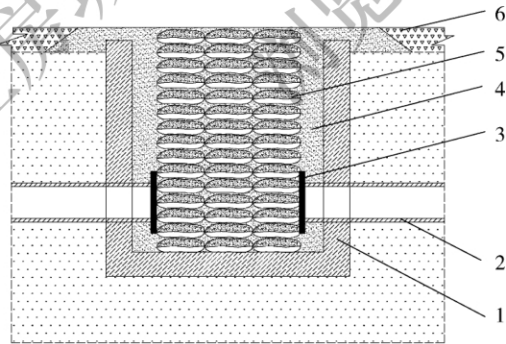


图 C.0.4 阴井保护方法示意图

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。

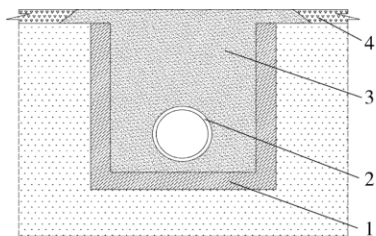
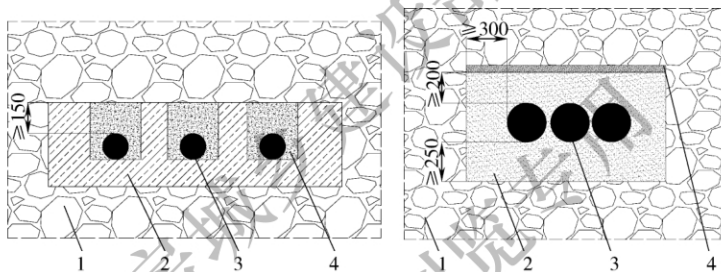


图 C.0.5 沟渠保护方法示意图

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。

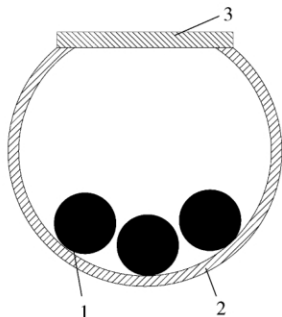


(a)混凝土包裹保护方法示意图

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。

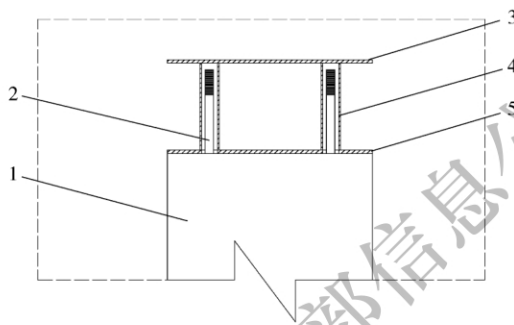


图 C.0.7 方形基础保护方法示意图

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。

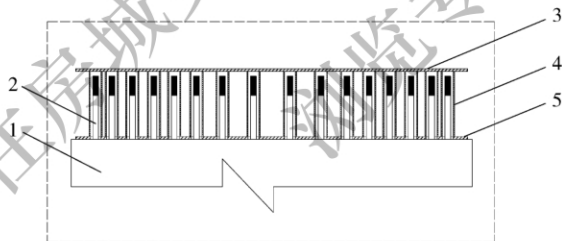


图 C.0.8 圆形基础保护方法示意图

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

住房和城乡建设部信息公开
浏览专用