 **T/CECS XXX:20XX**

中国工程建设标准化协会标准

**吹填土静动组合排水固结技术规程**

**（征求意见稿）**

**（2021.7.10）**

**中国计划出版社**

中国工程建设标准化协会标准

**吹填土静动组合排水固结技术规程**

**CECS XXX:20XX**

主编单位：武汉二航路桥特种工程有限责任公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：20XX年XX月XX日

中国计划出版社

20XX 北京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018第二批协会标准制定、修订计划>的通知》（建标协字[2018]030号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规范。

本规范的主要技术内容是：总则、术语和符号、基本规定、吹填场地的勘察和分类、短程超载真空预压动力排水固结法、堆载降水预压强夯联合法、立体式组合动力排水固结法、工程验收、环境保护及附录。

本规范由中国工程建设标准化协会负责管理和对强制性条文的解释，由武汉二航路桥特种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，请寄送武汉二航路桥特种工程有限责任公司吹填土静动组合排水固结技术规程编制组（地址：湖北省武汉市武昌区小洪山东区湖北省科技创业大厦A座21楼，邮政编码：430073）。

**主 编 单 位：**武汉二航路桥特种工程有限责任公司

**参 编 单 位：**中交基础设施养护集团有限公司

中交水运规划设计院有限公司

中交第二航务工程勘察设计院有限公司

中交第四航务工程勘察设计院有限公司

中铁建港航局集团勘察设计研究院有限公司

河海大学

河北大学

南京水利科学研究院

建研地基基础工程有限责任公司

河北省建筑科学研究院有限公司

**主要起草人员：**

**主要审查人员：**

目录

[1 总则 1](#_Toc46323286)

[2 术语与符号 2](#_Toc46323287)

[2.1 术语 2](#_Toc46323288)

[2.2 符号 3](#_Toc46323289)

[3 基本规定 6](#_Toc46323290)

[4 吹填场地的勘察和分类 7](#_Toc46323291)

[4.1 一般规定 7](#_Toc46323292)

[4.2 吹填场地勘察 7](#_Toc46323293)

[4.3 吹填土土工试验 8](#_Toc46323294)

[4.4 吹填场地分类 10](#_Toc46323295)

[5 短程超载真空预压动力排水固结法 12](#_Toc46323296)

[5.1 一般规定 12](#_Toc46323297)

[5.2 设计 12](#_Toc46323298)

[5.3 施工 16](#_Toc46323299)

[5.4 监测检测 19](#_Toc46323300)

[6 堆载降水预压强夯联合法 21](#_Toc46323301)

[6.1 一般规定 21](#_Toc46323302)

[6.2 设计 21](#_Toc46323303)

[6.3 施工 23](#_Toc46323304)

[6.4 监测检测 24](#_Toc46323305)

[7 立体式组合动力排水固结法 26](#_Toc46323306)

[7.1 一般规定 26](#_Toc46323307)

[7.2 设计 26](#_Toc46323308)

[7.3 施工 27](#_Toc46323309)

[7.4 监测检测 28](#_Toc46323310)

[8 工程验收 30](#_Toc46323311)

[8.1 一般规定 30](#_Toc46323312)

[8.2 验收标准 30](#_Toc46323313)

[9 环境保护 32](#_Toc46323314)

[附录A 预压地基沉降量、固结度及稳定验算计算方法 33](#_Toc46323315)

[附录B 地基最终沉降量及固结度推算 39](#_Toc46323316)

[附录C 施工记录用表 40](#_Toc46323317)

[本规范用词说明 58](#_Toc46323318)

[引用标准名录 59](#_Toc46323319)

[条文说明 60](#_Toc46323320)

[1 总则 61](#_Toc46323321)

[2 术语与符号 62](#_Toc46323322)

[3 基本规定 65](#_Toc46323323)

[4 吹填场地的勘察和分类 65](#_Toc46323324)

[4.2 吹填场地勘察 65](#_Toc46323325)

[4.4 吹填场地分类 65](#_Toc46323326)

[5 短程超载真空预压动力排水固结法 67](#_Toc46323327)

[5.1一般规定 67](#_Toc46323328)

[5.2设计 67](#_Toc46323329)

[5.3施工 68](#_Toc46323330)

[5.4 监测检测 68](#_Toc46323331)

[6 堆载降水预压强夯联合法 69](#_Toc46323332)

[6.2设计 69](#_Toc46323333)

[7 立体式组合动力排水固结法 69](#_Toc46323334)

[7.1一般规定 69](#_Toc46323335)

[7.2设计 69](#_Toc46323336)

[8 工程验收 69](#_Toc46323337)

[9 环境保护 69](#_Toc46323338)

Catalogue

[1 General rules 1](#_Toc46323286)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc46323287)

[2.1 Terms 2](#_Toc46323288)

[2.2 Symbols 3](#_Toc46323289)

[3 Basic regulations 6](#_Toc46323290)

[4 Survey and classification of the hydraulic fill ground 7](#_Toc46323291)

[4.1 general provision 7](#_Toc46323292)

[4.2 Survey of the hydraulic fill ground 7](#_Toc46323293)

[4.3 Soil test of the hydraulic fill 8](#_Toc46323294)

[4.4 Classification of the hydraulic fill ground 10](#_Toc46323295)

[5 Vacuum preloading-dynamic drainage consolidation method 12](#_Toc46323296)

[5.1 General provision 12](#_Toc46323297)

[5.2 Design 12](#_Toc46323298)

[5.3 Construction 16](#_Toc46323299)

[5.4 Monitoring and testing 19](#_Toc46323300)

[6 Preloading-precipitation-dynamic compaction method 21](#_Toc46323301)

[6.1 General provision 21](#_Toc46323302)

[6.2 Design 21](#_Toc46323303)

[6.3 Construction 23](#_Toc46323304)

[6.4 Monitoring and testing 24](#_Toc46323305)

[7 vertical dynamic drainage consolidation method 26](#_Toc46323306)

[7.1 General provision 26](#_Toc46323307)

[7.2 General provision 26](#_Toc46323308)

[7.3 Construction 27](#_Toc46323309)

[7.4 Monitoring and testing 28](#_Toc46323310)

[8 Acceptance of project 30](#_Toc46323311)

[8.1 General provision 30](#_Toc46323312)

[8.2 Acceptance standard 30](#_Toc46323313)

[9 Environmental protection 32](#_Toc46323314)

[Appendix A Calculation method of settlement, degree of consolidation and stability checking 33](#_Toc46323315)

[Appendix B Calculation of final settlement and degree of consolidation 39](#_Toc46323316)

[Appendix C The table for construction records 40](#_Toc46323317)

[Description of words 58](#_Toc46323318)

[Referenced criteria 59](#_Toc46323319)

[Explanation of Provisions 60](#_Toc46323320)

[1 General rules 61](#_Toc46323321)

[2 Terms and Symbols 62](#_Toc46323322)

[3 Basic regulations 65](#_Toc46323323)

[4 Survey and classification of the hydraulic fill ground 65](#_Toc46323324)

[4.2 Survey of the hydraulic fill ground 65](#_Toc46323325)

[4.4 Classification of the hydraulic fill ground 65](#_Toc46323326)

[5 Vacuum preloading-dynamic drainage consolidation method 67](#_Toc46323327)

[5.1 General provision 67](#_Toc46323328)

[5.2 General provision 67](#_Toc46323329)

[5.3 Construction 68](#_Toc46323330)

[5.4 Monitoring and testing 68](#_Toc46323331)

[6 Preloading-precipitation-dynamic compaction method 69](#_Toc46323332)

[6.2 General provision 69](#_Toc46323333)

[7 vertical dynamic drainage consolidation method 69](#_Toc46323334)

[7.1 General provision 69](#_Toc46323335)

[7.2 General provision 69](#_Toc46323336)

[8 Acceptance of project 69](#_Toc46323337)

[9 Environmental protection 69](#_Toc46323338)

# 总则

* + 1. 为了统一新近吹填土静动组合排水固结技术设计和施工的技术要求，有效控制工程质量，提升标准化水平，促进技术进步，在吹填土地基处理的设计和施工中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、保护环境，制定本规程。
    2. 本规范适用于吹填土地基处理的勘察、设计、施工、监测和质量检验。
    3. 吹填土地基处理应坚持因地制宜、就地取材、节能减排、低碳消耗、绿色环保的原则；应综合考虑地基土层性质、地下水埋藏条件、场地使用要求、周围环境、材料供应情况和施工条件等因素，精心设计、精心施工。
    4. 吹填土地基处理除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 术语与符号

## 术语

1. 吹填土hydraulic fill

用挖（吸）泥船通过泥浆泵和管道将含有大量水分的泥砂输送到海（江、河、湖）岸等指定区域而形成的沉积土。

1. 吹填土地基hydraulic fill ground

通过吹填方式形成的地基。

1. 地基处理 ground treatment

为提高地基承载力，改善其变形性质或渗透性质而采取的人工处理地基的方法。

1. 地基承载力特征值 characteristic value of subgrade bearing capacity

由载荷试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值，其最大值为比例界限值。

1. 表层厚砂场地Thick sandy surface area

经过吹填，在吹填口近端形成的表层为大厚度砂层的吹填场地。

1. 泥砂互层场地 Sand and mud interbedded site

经过吹填形成的淤泥层和砂层互相交错沉积的吹填场地。

1. 粉土夹淤场地Silty soil intersilting site

经过吹填形成的粉土和淤泥互相交错沉积的吹填场地。

1. 表层厚泥场地Surface thick mud field

经过吹填形成的表层为大厚度淤泥层的吹填场地。

1. 静动组合排水固结法Static-dynamic Drainage Consolidation Method

通过设置排水通道，在施加静力荷载的过程中叠加动力荷载，使地基保持较高固结速率的综合处理方法。

1. 短程超载真空预压动力排水固结法Vacuum preloading-dynamic drainage consolidation method

通过设置排水通道，在真空预压、堆载和低能量夯击作用下，使地基受到大于使用荷载作用而快速固结压密的综合地基处理方法。

1. 堆载降水预压强夯联合法 Preloading-precipitation-dynamic compaction method

通通过设置排水通道，在堆载预压、降水预压和低能量夯击作用下，使地基土快速固结压密的地基处理方法。

1. 立体式组合排水固结法 vertical dynamic drainage consolidation method

通过布设竖向管井、平面方向真空管等组合排水系统，在动力荷载作用下使地基土固结压密的地基处理方法。

## 符号

1. 作用和作用效应

——土层的自重荷载；

——土层的前期固结压力；

——土层的附加荷载；

——最终沉降量；

——主固结沉降量；

——次固结沉降量；

——*t*时刻的实测沉降量；

——开始时的实测沉降量；

——地基的平均总应力固结度；

——地基的竖向平均应力固结度；

——地基的径向平均应力固结度；

——作用于危险滑动面上滑动力矩的设计值；

——危险滑动面上抗滑力矩的标准值；

——土条的重力标准值；

——土条顶面的可变作用标准值；

——土条滑动面上超静孔隙水压力标准值；

——预压过程中孔隙水压力消散值（kPa）；

——预压前超静孔隙水压力（kPa）**。**

——地基土强度增量的标准值；

——地基垂直附加应力标准值；

——超载下的有效应力；

——卸除超载后最后施加的荷载下的有效应力。

1. 抗力和材料性能

——压缩模量；

——土层的初始孔隙比；

——土层的压缩指数；

——土层的再压缩指数；

——次固结系数；

——预压荷载卸载回弹后的次固结系数；

——径向固结系数；

——竖向固结系数；

——地基水平渗透系数；

——涂抹层水平渗透系数；

——固结快剪内摩擦角标准值；

——固结快剪粘聚力标准值；

——泊松比；

——含水率；

——土的重度；

——土的有效重度。

1. 几何参数

——土层厚度；

——固结时间；

——竖向排水体径向排水范围的等效直径；

——竖向排水体的等效换算直径；

——相邻竖向排水体的中心间距；

——竖向排水体的宽度；

——竖向排水体的厚度；

——竖向排水体当量直径；

——竖向排水体打设深度；

——竖向排水体的纵向通水量；

1. 计算系数

——吹填土沉降计算经验修正系数；

——排水面应力与不透水面应力之比；

——时间因子；

——井径比因子；

——井径比；

—— 换算系数；

—— 换算系数；

——加荷级数；

——轴对称径向排水固结参数；

——涂抹因子；

—— 井阻因子；

——涂抹比；

—— 安全系数；

—— 重要性系数。

——抗力分项系数；

——综合分项系数；

# 基本规定

1. 吹填场地地基处理应根据所在地区的土地和水域开发规划及吹填区的工程用途进行地基处理设计、施工。
2. 在选择吹填土地基处理方案前，应完成下列工作：

1 搜集已有的取土区和吹填区的岩土工程勘察资料、吹填场地的功能、上部结构及基础设计资料等，并进行精细化分区；

2 根据工程的要求和吹填土地基的特性确定地基处理的目的、范围和要求达到的各项技术经济指标等；

3 了解吹填场地的吹填时间、吹填次数、吹填管数以及吹填料性质和来源；

4 调查当地吹填土地基处理经验、施工条件和应用效果等；

5 了解吹填区的环境情况，调查邻近建筑、地下工程和管线布置等情况。

1. 吹填土地基处理方法应按下列步骤确定：

1 根据使用要求、荷载大小，结合土层结构、土质条件、地下水特征和对周围环境影响等因素进行综合分析，按精细化分区（必要时），初步选择可行的差异化吹填土地基处理方案。

2 对初步选出的差异化地基处理方案，分别从加固原理、适用范围、预期处理效果、耗用材料、施工机械、工期要求和对环境的影响等方面进行技术经济分析和对比，选择满足差异沉降要求的最佳吹填土地基处理方法。

3 对已选定的吹填土地基处理方法，宜在场地有代表性的区域进行相应的现场试验、试验性施工及测试，以检验设计参数和处理效果；当设计参数与试验结果不符时，应及时修改设计参数或施工工艺。

1. 确定吹填土场地的设计标高时，除应满足工程需要外，尚应预留吹填场地的固结沉降量。
2. 吹填土地基处理的设计计算应考虑吹填时间和应力历史，按承载能力极限状态验算地基承载力及稳定性，同时应按正常使用极限状态验算地基变形。
3. 吹填土地基经处理后，应符合国家现行标准的规定和设计的承载力、变形、稳定性、抗液化和防渗等要求。
4. 吹填土地基处理所用材料应符合现行有关规范要求。
5. 吹填土地基处理施工中应进行信息化监测。施工结束后应进行工程质量检查和验收。施工监测时，应有专人负责，并做好施工记录。

# 吹填场地的勘察和分类

## 一般规定

* + 1. 吹填取料区勘察应根据吹填工程的技术要求，结合场区地质、地形、水文、吹填土质及吹填工程量等因素确定取土区的地点和范围，查明各种土的分布及性质。
    2. 吹填区勘察应根据吹填土地基处理后的用途及地基处理要求查明吹填区原岩土层及吹填土层的分布特点、岩土性质及分区、水和土的化学成分及腐蚀性、地下水类型、渗透性及与外围地下水的联系等工程地质条件。
    3. 吹填区勘察除应提供吹填土地基处理设计和施工所需的相关地质资料外，应根据吹填土层的分布特点进行精细化分区，根据分区提出合适的处理方法。

## 吹填场地勘察

* + 1. 吹填场地的勘察应完成下列内容：

1 划分吹填土地貌单元；

2 查明吹填土层的分布特点和吹填土性质；

3 查明吹填土层的厚度、水平和垂直方向的分布范围、吹填土的颗粒组成及相应物理力学性质指标；

4 查明吹填场地地下水的埋深、渗透性能、空间变化及地下水与场外地下水的联系状况；

5 查明周边环境条件与吹填土地基处理工程的相互影响关系；

6 量测吹填场地初始高程；

7 分析评价吹填后场地各区段岩土工程条件，建议地基处理方案。

* + 1. 吹填区勘测点布置应符合下列规定：

1 吹填区勘测点平面布置应适应场地非均质特性，不同岩土性质区均应布设勘察点；

2 吹填场地勘察宜按网格形布置，勘探线、点间距可按表 4.2‑1确定，特殊地质条件地区可根据工程需要加密勘察线、点；

表 4.2‑1 吹填后场地勘察勘探线、点间距

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 工程  地区 | 地质  条件 | 定 义 | 勘探线间距（m） | 勘探点间距（m） |
| 吹  填  区 | 复杂 | 吹填后地形起伏大，吹填土水平与垂向分布不均匀，吹填土性质变化大 | 50～100 | 30～50 |
| 一般 | 吹填后地形有起伏，吹填土水平分布较均匀，吹填土性质变化较大 | 75～150 | 50～75 |
| 简单 | 吹填后地形平坦，吹填土水平分布均匀，吹填土性质单一 | 150～300 | 75～150 |

3 吹填后场地钻孔深度应根据吹填土厚度、吹填土对原岩土层影响等因素确定。一般性钻孔应穿透吹填层及原岩软土层底板3m~5m；控制性钻孔应进入原岩压缩层底面以下3m~5m；

4 每个场地钻探取土试样孔不少于勘探孔总数的1/3，且不少于6个，当吹填处理分区难以具体划分时应增加勘察点位；

5 当相邻孔的软土厚度差较大时，宜在现场及时补孔以确定土层的厚度；

6 吹填场地的标高测量宜采用20m×20m方格网，当局部高差较大时宜加大到10m×10m。

* + 1. 吹填场地勘察宜采用下列方法：

1 吹填土为砂土类、粉土类时，宜采用静力触探试验、动力触探试验及标准贯入试验等原位测试方法并采取扰动土样进行颗粒分析；

2 吹填土为黏性土类时，宜采用钻探取样、十字板剪切试验、标准贯入试验及静力触探试验等测试方法；

3 吹填土为淤泥、淤泥质土类时，宜采用轻型钻机钻探取样、静力触探及十字板剪切试验；

4 吹填土为混合土类时，宜采用钻探取样方法并根据混合土质情况，采用静力触探试验、动力触探试验及标准贯入试验等原位测试方法。

* + 1. 钻探、取样及原位测试操作方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的有关规定。
    2. 勘察成果应提供地质柱状图、地质剖面图及静力触探、十字板剪切等原位测试原始数据、土工试验资料数据。
    3. 吹填场地勘察报告应包括下列内容：

1 勘察工作的依据、目的和任务；

2 拟建工程概况；

3 勘察工作布置和技术要求；

4 勘察工作完成情况；

5 吹填场地地形、地貌、吹填土分布情况；

6 吹填土物理、力学、化学指标统计、分析和选用；

7 吹填土的均匀性、压缩性及特殊性的描述和评价；

8 根据吹填场地的岩土工程条件差异进行吹填土分区和分区评价；

9 根据吹填后地基使用要求，提出吹填土地基处理方法和处理深度的建议；

10 对工程施工和使用期可能发生的岩土工程问题进行预测，提出监控和预防措施的建议。

## 吹填土土工试验

* + 1. 吹填土的土工试验应符合现行国家标准《土工试验方法标准》(GB/T 50123)的相关规定。吹填场地水、土对建筑材料的腐蚀性评价应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB 50021）的有关规定执行。
    2. 吹填场地勘察原位测试和室内试验数据的应用应结合地基处理工程进行。根据不同吹填土质，不同的地基处理方法、工艺分别有所侧重。
    3. 土工试验除提供常规的物理力学性质指标外，应提供前期固结压力Pc、压缩指数Cc、次固结沉降系数Ca、有机质含量、固结系数及渗透系数等指标。
    4. 土粒比重宜采用试验测定，有经验的地区可按经验确定。
    5. 渗透试验应符合下列规定：

1 透水性很低的淤泥、淤泥质土可通过固结渗透试验确定渗透系数；

2 吹填土水平、垂直向渗透性相差较大时，应分别测定水平向、垂直向渗透系数；

3 土的渗透系数取值宜与现场抽水、注水试验的成果比较后确定。

* + 1. 吹填土抗剪强度试验方法应根据地基处理工程设计和施工要求、工程竣工后地基土状态和土质特性、模拟土层的实际受荷情况和排水条件等选用，并符合下列规定：

1 对淤泥质土、饱和黏性土，当加荷速率较快时宜采用三轴不固结不排水剪（UU）试验或十字板剪切试验，对极高含水率的流泥、浮泥宜采用现场十字板剪切试验和静力触探对比试验判定其力学强度；

2 对加荷速率不快的工程或排水条件好的土层宜采用三轴固结不排水剪（CU）试验或三轴固结排水剪（CD）试验；

3 当考虑吹填土在地基处理施工中或竣工后的实际固结应力对抗剪强度的影响时，应在不同固结应力时取样进行抗剪强度试验；

4 直接剪切试验的方法应根据地基处理加荷方法、加荷速率和吹填土排水条件、土质情况等采用。在选择施加荷重时，应考虑土的状态。

* + 1. 吹填土固结试验方法应根据地基处理工程需要的设计参数确定，并符合下列规定：

1 吹填土固结试验宜采用标准固结试验。当仅需测定压缩系数、压缩模量时，可采用快速固结试验，试验的最大压力大于有效自重压力与附加压力之和。试验成果可用e～p曲线整理；

2 当考虑吹填土及其原下卧土层应力历史时，试验成果可用e～lgp曲线整理，确定前期固结压力并计算压缩指数和回弹指数。需计算回弹指数时，应在估计的前期固结压力之后，进行一次卸荷回弹，再继续加荷，直至完成预定的的最后一级压力；

3 吹填土需测定沉降速率、固结系数、次固结系数时，应在需要的压力段按规定的时间顺序测定并记录试样的高度变化，一般土试样宜以每级荷载下24h为稳定标准，特殊土试样应以量表读数不大于0.005mm/h为稳定标准。

* + 1. 土工试验成果整理应符合下列规定：

1 当整理单项试验结果发现异常数据时，宜进行补充试验。对明显不合理的数据，应查明原因后进行取舍，对取舍后的试验数据，应分别进行计算、绘图，汇总成表。

2 应对汇总的土工试验成果总表和报告进行检查、分析和确认：

1）同一土样不同土性指标之间匹配性；

2）同一土层相同试验项目指标离散性；

3）相邻钻孔土层分布及试验结果合理性；

4）根据当地相同条件土性指标或经验，对试验指标进行最后取舍。

* + 1. 试验报告应包括下列内容：

1 工程概况、试验项目、试验要求及试验条件、完成的工作量；

2 试验过程及有关问题的说明；

3 试验质量的评述；

4 有关附图、表。

## 吹填场地分类

* + 1. 根据吹填场地的土颗粒组成将吹填场地划分为表层厚砂场地、泥沙互层场地、粉土夹淤场地、表层厚泥场地。不同类别吹填场地地质特征如图4.4-1所示。

表4.4-1 不同类别吹填场地地质特征

| 场地类型 | 特 征 |
| --- | --- |
| 表层厚砂 | 在吹填口的近端易形成，场地表面为大厚度砂，渗透性较好，外围地下水补给量大，砂土易液化。 |
| 泥砂互层 | 在吹填场地内随机分布，因吹填口位置、吹填时序变化导致泥层、砂层无序沉积，排水条件复杂。 |
| 粉土夹淤 | 在吹填场地内随机分布，粉土与粘性土共同沉积，形成粉土夹淤吹填层，渗透性低，排水固结困难。 |
| 表层厚泥 | 在吹填口排水口附近易形成，场地表面为大厚度淤泥，初始强度低，施工设备难以进场，固结沉降大，一般需二次处理。 |

* + 1. 按场地条件可分为一次处理和两次性处理的大区，然后再按分区原则划分施工小区。

1 一次性处理区：场地表层具机械施工条件的场地为一次性处理区，可同步进行填土层与下覆软土的加固处理；

2 两次性处理区：场地表层稀软，不具备机械施工条件的范围，先进行表层加固处理，而后实施填土层与下覆软土加固处理；

3 施工小区划分：将场地按处理难易程度、补土厚度、施工沉降大小、垂向排水体的打设密度与深度、降水性质与降水预压时间等划分若干小区。

* + 1. 吹填土地基应根据吹填土性质及分类，结合不同地基处理方法的工艺特点，判定吹填土地基处理方法的适宜性。各种不同性质吹填场地对处理方法的适宜性宜符合表4.4‑1的规定。

表4.4‑1 各类场地适用方法

| 场地类别 | 处理重点 | 适用方法 | 推荐方法 |
| --- | --- | --- | --- |
| 表层厚砂 | 消除表层厚砂层的砂土液化 | 堆载降水预压强夯联合法、振动增压法、振冲置换法、振冲挤密法、降水强夯法 | 堆载降水预压强夯联合法 |
| 泥砂互层 | 消除浅层吹填砂土液化、完成深层淤泥或淤泥质土排水固结 | 堆载降水预压强夯联合法、堆载预压法、强夯法 | 堆载降水预压强夯联合法 |
| 粉土夹淤 | 粉土夹淤层的排水固结 | 立体式组合动力排水固结法、堆载预压法、固化法、电渗法 | 立体式组合动力排水固结法 |
| 表层厚泥 | 完成淤泥的排水固结 | 短程超载真空预压动力排水固结法、真空预压、堆载预压、覆水真空预压法、真空-堆载联合预压法等 | 短程超载真空预压动力排水固结法 |

# 短程超载真空预压动力排水固结法

## 一般规定

1. 短程超载真空预压动力排水固结法适用于厚层泥场地，特别适用于有大厚度下卧饱和软土的大面积新近吹填工程。
2. 当存在粉土、砂土等透水透气层时，加固区周边应采取确保膜下真空压力满足设计要求的密封措施。
3. 地基处理加固后，地基承载力、固结度、允许沉降和差异沉降等应满足设计或使用要求。
4. 真空预压地基加固区边线与相邻建筑物、地下管线等的距离不宜小于20m，当距离较近时，应对相邻建筑物、地下管线等采取保护措施。
5. 当强夯施工所产生的振动对邻近建筑物或设备可能产生有害影响时，施工前应查明场地临近范围内地上、地下建（构）筑物和各种地下管线的位置、基础形式及标高等，强夯振动的安全距离宜为20m~30m，施工时应由距邻近建筑物近处向远处夯击，同时应设置振动监测点，必要时并采取挖隔震沟等隔震或防震措施。
6. 施工准备收集资料包括施工现场自然环境、设计文件、地质资料、平面控制点和高程基准点。场地的工程地质资料应包括土层的应力历史、含水率、重度、界限含水率、压缩曲线、水平与垂直固结系数、渗透系数、地下水位、承压水层、透水透气层及其与水源的连通情况，可包括抗剪强度等物理力学指标。
7. 应按施工图布放施工区域边界线，宜按照20m×20m方格网测量施工区的地面高程。
8. 应根据需求进行信息化监测，同时进行工前原位检测。

## 设计

1. 短程超载真空预压动力排水固结法的设计应包括下列内容：

1 计算吹填土地基的沉降量、固结度及稳定性；

2 确定地基处理范围、静力荷载和动力荷载的大小、预压时间和卸载标准；

3 排水系统设计，包括竖向排水体、水平向排水体的设计；

4 密封系统设计，包括密封墙、密封膜、压膜沟的设计；

5 真空系统设计，包括真空预压分区、真空泵、真空滤管的设计；

6、动力固结的防震设计，包括防震沟的距离、深度和宽度设计；

7 静力荷载设计，包括真空预压时间、堆载预压加载时机、堆载总厚度、分层堆载厚度、堆载时间；

8 动力荷载设计，包括强夯加载时间、夯击能、夯点间距、夯击遍数、间隔时间；

9 提出监测要求和目的，确定监测项目、监测设备、监测方法、控制标准、测点布置和数量；

10 地基处理时的过程控制设计，包括静力加载时间、加载量、沉降速率和施工沉降量等。

1. 对边界密封条件良好的淤泥、淤泥质土或黏土地基，真空预压荷载设计值不宜小于85kPa；当加固区土层条件复杂时，真空预压荷载设计值不宜小于80kPa。堆载预压荷载宜考虑经济成本和处理后地面交工高程确定。
2. 吹填土地基的沉降量、固结度及稳定性应按照附录A进行计算。
3. 水平排水系统采用中粗砂时厚度不宜小于0.4m，含泥量不宜大于5%，渗透系数大于1×10-2cm/s；中粗砂垫层中应设置排水滤管，滤管横向间距宜为6m～7m，纵向间距宜为20m～30m。
4. 砂垫层验收标准应符合表 5.2‑1的规定。

表 5.2‑1 砂垫层允许偏差、检验数量和方法

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 允许偏差（mm） | 检验单元和数量 | 单元测点 | 检测方法 |
| 1 | 顶面标高 | +30、-20 | 每处（100m2一处） | 1 | 用水准仪测量 |
| 2 | 厚度 | ±h/10 | 1 |

注：1. h为砂垫层厚度；2.排水砂垫层只检查厚度

1. 水平排水垫层施工前，宜先铺设一层编织土工布。
2. 砂源不足或不易施工时，水平排水通道可采用波纹滤管代替，滤管间距宜为1~2倍塑料排水板水平布置间距，并将二者进行联结，滤管的技术要求应符合表 5.2‑2的规定。

表 5.2‑2 无砂垫层滤管的技术要求

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 项目 | 指标 |
| 1 | 环刚度 | ≥8 |
| 2 | 冲击强度 | TIR≤10% |
| 3 | 环柔性 | 试样圆滑，无反向弯曲，无开裂，两臂无开脱 |
| 4 | 烘箱实验 | 无气泡，无分层，无开裂 |
| 5 | 滤膜 | 涤纶2层，每层质量50g/m2 |
| 6 | 打孔 | 每隔两个螺旋均匀打三个直径2mm圆形透气孔，孔打设在滤管波纹的凹槽中 |

1. 竖向排水体宜采用塑料排水板，间距宜为0.7m～1.3m，正方形或三角形布置，对高灵敏度粘性土取大值，当量直径可按式5.2.1进行计算。塑料排水板型号及性能指标应符合表 5.2‑3的要求。

 (5.2.1)

式中：*d*p ——塑料排水带当量直径（mm）；

α**——换算系数，无试验资料时可取** =0.75~1.00；

*b*——塑料排水带宽度（mm）；

δ——塑料排水带厚度 (mm)。

表 5.2‑3 常用塑料排水板型号及性能指标表

| 型号  项目 | | A型 | B型 | C型 | 条件 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 打设深度（m） | | ≤15 | ≤25 | ≤35 |  |
| 纵向通水量(cm3/s) | | ≥15 | ≥25 | ≥40 | 侧压力350kPa |
| 滤膜渗透系数（cm/s） | | ≥5×10-4 | | | 试件在水中浸泡24h |
| 滤膜等效孔径(mm) | | ＜0.075 | | | 以O95计 |
| 塑料排水板抗拉强度(kN/10cm) | | ≥1.0 | ≥1.3 | ≥1.5 | 延伸率10%时 |
| 滤膜抗拉强度(N/cm) | 干 | ≥15 | ≥25 | ≥30 | 延伸率10%时 |
| 湿 | ≥10 | ≥20 | ≥25 | 延伸率15%时，试件在水中浸泡24h |

1. 竖向排水体可采取等边三角形或正方形布置。竖向排水体等效影响圆的直径de和竖向排水体间距s的关系为：

等边三角形布置 *d*e = 1.05s

正方形布置 *d*e = 1.13s

1. 竖向排水体的间距可根据地基土固结特性和预定时间内所要求达到的固结度确定。设计时，直径为dw的竖向排水体间距可根据井径比n确定（n= de /dw，对塑料排水带可取dw =dp），塑料排水带或袋装砂井的间距可按n=15~22选用。
2. 竖向排水体宜穿透软土层，但不应进入下卧透水层。软土层深厚时，对以地基承载力或稳定性控制的工程，打设深度应超过危险滑动面下3m；对以沉降控制的工程，打设深度应满足工程对地基残余沉降量的要求。
3. 密封膜宜采用2～3层聚乙烯或聚氯乙烯薄膜。单层密封膜的技术要求应符合表 5.2‑4的规定。

表 5.2‑4 密封膜的技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 最小抗拉强度（MPa） | | 最小断裂伸长率（%） | 最小直角撕裂强度（kN/m） | 厚度（mm） |
| 纵向 | 横向 |
| 18.5 | 16.5 | 220 | 40 | 0.12~0.16 |

1. 在预压区边界处及各亚区交界处应开挖压膜沟，压膜沟深度应低于不透水、不透气层顶面以下0.5m。密封膜压入沟内后应用淤泥土回填，地基处理结束后，压膜沟内淤泥应进行换填。
2. 当加固区边界透水透气层较深时，宜采用黏土密封墙作为密封措施。黏土密封墙厚度不应小于1.2m，黏土密封墙的黏土掺入量不低于15%，泥浆比重宜为1.2～1.3，渗透系数应小于1×10-5cm/s。对于处理边界有稳定性要求的地基，密封措施宜采用水泥密封墙，水泥掺量不应小于10%。
3. 采用短程超载真空预压动力排水固结法处理时，密封膜上下均应设置保护层，保护层可采用1~2层无纺土工布，其它指标应该满足表 5.2‑5要求。

表 5.2‑5 无纺土工布力学指标表

| 序号 | 项目 | 单位 | 指标 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 单位面积质量偏差 | % | -8 |  |
| 2 | 厚度 | mm | ≥2.1 |  |
| 3 | 幅宽偏差 | % | -0.5 |  |
| 4 | 断裂强力 | kN/m | ≥8.0 | 纵横向 |
| 5 | 断裂伸长率 | % | 25～100 |
| 6 | CBR顶破强力 | kN | ≥2.1 |  |
| 7 | 等效孔径O90（O95） | mm | 0.07～0.20 |  |
| 8 | 垂直渗透系数 | cm/s | k×(10-1～10-3) | k=1.0～9.9 |
| 9 | 撕破强力 | kN | ≥0.20 | 纵横向 |

1. 真空预压的加固范围宜大于拟建建筑场地外缘所包围的范围，并考虑堆载预压范围边界，真空预压加固范围较大时应分区加固。
2. 抽真空设备宜采用射流泵，其单机功率不宜低于7.5kW，且不宜高于50kW，真空泵应能形成不小于96kPa的压力，在进气孔封闭状态下，膜下真空压力应达到85kPa以上。
3. 抽真空设备宜均匀布置在加固区四周，必要时也可适量布置在加固区中部，当采用7.5kw真空泵时，每台设备的控制面积宜为900m2～1100m2，在真空满载过程中，真空泵的开启数量不得少于分区单元总数的80%，并应准备足够的备用泵。
4. 待真空预压沉降曲线变缓后，进行分级堆载预压，堆载厚度宜为交工标高补土和地基沉降之和，加载速率应根据吹填土的强度确定。
5. 堆载施工过程中，根据施工监控资料综合分析判断地基的承载力和稳定性，软土地基最大竖向变形量不应大于30mm/d，堆载预压边缘处水平位移不应大于5mm/d。
6. 动力加荷采用强夯方式进行，遵循“轻夯多遍”的原则，普夯单击能量宜为400～600kN.m，点夯单击能量宜为800～1500kN.m，满夯单击能量宜为800kN.m。
7. 对于超软土，当场地满足低能量强夯要求即可开始强夯作业，前一次强夯结束后，应在超孔隙水压力消散70%以上后进行下一次强夯。

## 施工

1. 短程超载真空预压动力排水固结法施工工艺宜符合图 5.3‑1要求，施工步骤宜符合下列规定：



图 5.3‑1 短程超载真空预压动力排水固结法施工工艺

1. 施工准备工作应包括以下内容：

1 组建项目部，包括现场办公区、项目人员生活休息区、材料堆放区，并迅速完成场地三通一平；

2 资料收集包括施工现场自然环境、设计文件和地质资料平面控制点和高程基准点；

3 编制施工组织设计，合理安排人员、机械、材料供给计划；

4 应对进场的土工织物、塑料排水板、滤管和密封膜等材料查验出厂质量证明文件如出厂合格证、试验检验报告等，并应按设计要求及现行相关标准的规定进行抽样检验。

5 清除施工作业区内、周边和地下对施工有影响的障碍物；

6 施工边线设置醒目标志，安排安全监督人员，防止非施工人员进入施工场区；

7 平整场地，按施工图布放施工区域边界线，并按照20m×20m方格网测量施工区的地面高程；

8 根据需求布设监测设备并采集工前数据，同时进行工前原位试验。

1. 编制土工织物施工应符合下列规定：

1 编织土工织物技术指标应满足设计要求；

2 编织布拼接宜采用手提式工业缝纫机缝合，用于缝合的线应采用强度不小于150N的尼龙线或其它树脂材料，搭接长度不小于20cm；

3 缝接应采用两道缝方式，两道缝间距不小于4cm，缝合后沿长边方向卷叠成长条状。

1. 水平排水垫层施工应符合下列规定：

1 砂垫层铺设前应对场地进行平整；

2 水平排水垫层的材质和铺设质量满足设计要求；

3 水平排水垫层中无尖石、铁器等有棱角的或尖锐的硬物；

4 当加固区表层无法直接铺设水平排水垫层时，采取相应的施工措施；

5 采用无砂垫层时，需铺设由水平排水滤管和竖向排水体组成的排水通道；

6 水平排水滤管的出膜的开口部分应用布包好，防止砂土进入管内，抽真空主管与次管，次管与次管之间采用四通、三通或二通接头连接，并保证地基沉降后不致拉脱。

1. 塑料排水板打设施工应符合下列规定：

1 塑料排水板材料、打设间距和深度应满足设计要求；

2 塑料排水板定位偏差小于30mm；打设机定位时，管靴与板位标记的偏差不大于50mm；

3 打设过程中套管的垂直度偏差不大于1.5%，

4 回带长度不超过500mm，且回带的根数不超过总根数的5％；

5 塑料排水板在水平排水垫层表面的外露长度不应小于300mm；

6 需搭接处理时，每根塑料排水板不得多于1个接头，且有接头的塑料排水板根数不应超过总打设根数的10％；

6 施工中对每根排水板应做好施工记录，经验收合格后方可进行下一个工序施工。

1. 滤管施工应符合下列规定：

1 滤管埋入水平排水垫层中间；

2 滤管管壁应与排水砂垫层具有流水通道，

2 滤管连接应采用柔性接头并牢固，连接长度不小于 100mm；

3 滤管及其连接件在预压过程中能适应地基变形；

4 滤管出膜处应保证密封效果；

1. 塑料排水板和滤管宜采用缠绕或自拉锁固定的方式进行连接。
2. 密封墙施工应符合下列规定：

1 密封墙宜采用双排搅拌桩机进行施工；

2 密封墙施工宜采用“二喷二搅”法施工工艺；

3 搅拌桩直径不宜小于0.7m，搭接宽度不宜小于0.2m；

4 成桩搅拌应均匀，黏土密封墙的深度、厚度、黏粒含量和渗透系数应符合设计要求。

1. 在铺膜前，应先清理影响铺膜的障碍物，在砂层顶面铺设一层250g/m2的无纺土工布作为膜下保护层。
2. 无纺土工布施工应符合下列规定：

1 无纺土工布的力学指标、搭接长度、允许偏差等应满足设计要求；

2 土工布缝合拼接必须重叠不少于100mm，最小缝针距离织边不小于25mm；

3 缝合线应最小张力不小于60N，并具有抗化学腐蚀和抗紫外线能力。

1. 密封膜施工应符合下列规定：

1 密封膜加工后的边长大于加固区相应边长4m，当加固区地质条件复杂时，适当加长密封膜并松弛铺设；

2 密封膜采用热合法拼接，膜的搭接宽度不小于15mm，无热合不紧或融穿现象，有孔洞时及时修补；

3 每层膜铺设完成后应派专人检查膜是否完好，发现破裂应及时修补；

4 铺膜时风力不应大于5级，铺膜过程中，采取必要的防风措施；

5 压膜沟内的密封膜紧贴内侧坡面铺平；

6 密封膜边界应采取措施压入软土中，压入深度不小于0.5m。

1. 压膜沟的开挖与回填应符合下列规定：

1 压膜沟深度和宽度满足设计要求；

2 压膜沟内回填的粘土不含杂质并分层压实；

3 压膜沟内的塑料排水板沿边坡伸入到加固区内的水平排水垫层中20cm以上。

1. 真空预压施工应符合下列规定：

1 真空设备的位置和数量应满足设计要求；

2 真空管路中应设置止回阀和截回阀；

3 真空压力测头应按照设计位置安装，严禁与滤管直接相连；

4 当膜下真空压力达到50～60kPa以上时稳压一至两周，待膜下真空压力达到85kPa后开始计算预压时间；

5 抽气期间应经常检查密封膜，有破损时应及时补修。

1. 堆载施工应符合下列规定：

1 堆载前先在密封膜上按设计要求铺设保护层；

2 堆载预压时间和各级荷载大小应按照设计要求进行；

3 每级堆载施工完成后立即进行平整碾压，施工过程中注意监测设备保护。

1. 强夯施工宜按下列步骤进行：

1 清理并平整施工场地（根据吹填土的类别必要时进行反铲扰动泌水）；

2 标出第一遍夯点位置，并测量场地高程；

3 起重机就位，使夯锤对准夯点位置；

4 测量夯前锤顶高程；

5 将夯锤起吊到预定高度，待夯锤脱钩自由下落后，放下吊钩，测量锤顶高程；

6 重复步骤5，按设计规定的夯击击数及控制标准，完成一个夯点的夯击；

7 重复步骤6，完成第一遍全部夯点的击数；

8 用推土机将夯坑填平，并测量场地高程；

9 在规定的间隔时间后，按上述步骤逐次完成全部夯击遍数，再用低能量满夯将场地表层松土夯实，碾压后测量夯后场地高程。

1. 强夯施工应符合下列规定：

1 强夯施工前应进行安全评价；

2 强夯时机应满足设计要求，正式强夯施工前应试夯确定施工参数；

3 夯锤应采用接地面积较大（锤径大于2.4m）的扁平锤进行，禁止采用异形锤；

4 强夯施工每夯完一遍应用夯填料将夯坑填平，普测场地平均高程用以计算夯沉量；

4 施工前应检查夯锤质量和落距，对夯点放线进行复核，夯完后检查夯坑位置，发现偏差或漏夯应及时纠正；

5 对于场地特殊部位，如监测设备点位，应适当避开，在交工平整场地前夯实。

## 监测检测

1. 施工过程中应对下列项目进行监控：

1 场地标高；

2 地表沉降；

3 分层沉降；

4 膜下真空压力；

5 孔隙水压力；

6 水平位移监测。

1. 施工过程中应根据需要对下列项目进行监控：

1 地下水位；

2 加固区外侧边桩位移；

3 周边建筑物的位移和沉降。

1. 监测仪器的数量及布设应符合设计要求，除标高测量外，监测仪器应在打设塑料排水板后、铺设密封膜前布设。
2. 施工监控点位的数量应满足下列要求：

1 标高测量按20m×20m网格进行；

2 地表沉降观测点按每2500m2/个；

3 孔隙水压力按每10000m2布设1组孔压观测盒，每个观测盒按2.5m水平间距布设，每组2～3个，纵向间距3m；

4 深层沉降监测按10000m2布设一组深层沉降环，环距为3m，每组2～3个；

5 水平位移监测在处理边界按100m/个布置测斜管。

1. 各监测项目的监测频率宜符合下列规定：

1 膜下真空压力加载初期每2h～4h应监测1次，中后期0.5d~1d观测一次；

2 孔隙水压力、地表沉降在加载初期应每天观测1次，中后期2 d～4 d观测1次；

3 其余监控项目在加载初期应1 d～2 d观测1次，中后期3 d～5 d观测1次；

4 加固区周围有建筑物和地下管线时应对侧向位移加密观测；

5 出现异常情况时应加密观测。

1. 软土地基加固前、中、后应进行现场原位强度检测和现场取土及室内试验，必要时尚应进行加固后的地基承载力检测。
2. 为评价场地软基处理效果，检测宜在软基处理施工结束后35d进行，应包括以下检测内容：

1 平板载荷试验；

2 钻孔标贯试验和取土室内试验；

3 十字板剪切试验

4 静力触探测试。

1. 检测点位的数量宜满足下列要求：

1 平板载荷试验按每10000m2/个；

2 钻孔按每5000m2/个；

3 十字板剪切试验按每5000m2/个；

4 静力触探测试按每5000m2/个。

# 堆载降水预压强夯联合法

## 一般规定

1. 堆载降水预压强夯联合法适用于表层为砂类土、下层为软黏土以及泥砂互层的场地，特别适用于吹填土表层为厚砂层，下层为高含水率粉类、砂类土为主且地下水位埋深浅的新近吹填工程。
2. 查明地基土层的种类、性质及其在水平方向和竖直方向的分布和变化，查明透水层的位置、地下水类型、地下水水位及地下水补给情况等。
3. 通过钻探取土和原位测试测定土层物理力学性指标。
4. 施工前，应查明场地范围内及施工区周边的建筑物、地下构筑物、地下管线等情况，并采取必要的减震隔震措施。当周边建筑有人居住时，应详细论证振动对周边环境和安全影响。
5. 应在有代表性的场地进行试验性施工，确定其适用性、加固效果和施工工艺。
6. 应根据试验区获得的监测资料确定强夯的设计参数和施工参数。
7. 地基处理过程中应动态化设计及信息化施工。

## 设计

1. 吹填堆载降水预压强夯联合法的设计应包括下列内容：

1 计算地基土的沉降量、固结度、强度增长和稳定性；

2 确定地基处理范围、静力荷载和动力荷载的大小、预压时间和卸载标准；

3 降水系统设计，包括竖向排水体、水平向排水体、止水墙的设计；

4 静力荷载设计，包括地下水的下降深度、降水预压时间、堆载预压加载时机、堆载总厚度、分层堆载厚度、堆载时间；

5 动力荷载设计，包括强夯加载时间、夯击能、夯点间距、夯击遍数、间隔时间、夯击点布置形式和间距、收锤标准；

6 提出监测目的和要求，确定监测项目、监测设备、监测方法、控制标准、测点布置和数量。

1. 预压荷载大小应根据地基处理技术要求确定，可与工程使用荷载相同，也可根据处理要求、工期等进行超载预压。
2. 降水预压荷载应根据水位下降深度计算，并应在施工过程中保证水位降深满足设计要求。
3. 加载速率应根据吹填土的强度确定。当吹填土的强度满足预压荷载下地基的稳定性要求时，可一次性加载；否则应分级逐渐加载，待前期预压荷载下地基土的强度增长满足下一级荷载下地基的稳定性要求时方可加载。
4. 竖向排水体可选用管井或普通砂井、袋装砂井及塑料排水带。管井及普通砂井直径可取300mm～500mm，袋装砂井直径可取70mm～120mm，塑料排水带的宽度不宜小于100mm，厚度不宜小于3.5mm，其当量直径、布置间距等可按5.2章节进行计算。
5. 管井或普通砂井的间距依上部砂层的透水性及强夯点距确定，一般为24m~28m。
6. 排水竖井深度应根据建筑物对地基的稳定性、变形要求和工期确定。对以地基抗滑稳定性控制的工程，竖井超过最危险滑动面的深度应大于2.0m；对以变形控制的工程，竖井深度应根据在限定的预压时间内需完成的变形量确定，竖井宜穿透受压土层。
7. 处理区有水源补给时应设置止水墙。当采用黏土止水墙时，厚度不宜小于1.2m，黏土掺入量不低于20%，渗透系数应小于1×10-5cm/s。对于处理边界有稳定性要求的地基，止水措施宜采用水泥密封墙，水泥掺量不宜小于10%。
8. 一级或多级等速加载条件下，当固结时间为t时，对应总荷载的地基平均固结度可按附录A.0.5和附录A.0.6计算。
9. 对排水竖井未穿透受压土层的地基，应分别计算竖井范围土层的平均固结度和竖井底面以下受压土层的平均固结度，通过预压使该两部分固结度和所完成的变形量满足设计要求。
10. 堆载预压法处理地基通常须在地表铺设与排水竖井相连的砂垫层，砂垫层厚度应不小于0.5m，砂垫层砂料宜用中粗砂，黏粒含量不宜大于3％，砂料中可混有少量粒径不小于50mm的砾石，并保证加固全过程中垫层排水通畅。在预压区边缘应设置排水沟，在预压区内宜设置与砂垫层相连的排水盲沟。
11. 对于表层砂层较薄的泥沙互层场地，应铺设砂垫层作为水平排水垫层；当无砂垫层时，应将竖向排水体与水平透水软管绑扎并宜覆盖透水土工布，形成水平排水系统，滤管技术指标应符合表 5.2‑2的规定。
12. 吹填土地基某点任意时间的抗剪强度可按附录A.0.8计算。
13. 采用吹填堆载降水预压强夯联合法施工时，每层堆载厚度不宜大于3m；对于有压实度要求的场地，宜采用分层堆载，每层厚度不宜大于0.5m；施工中分小块摊铺时，应避免引起地表隆起或加载边界区域沉降速率过快。
14. 当场地满足低能量强夯要求即可开始强夯作业，前后两遍夯击间隔时间应根据土中超孔隙水压力的消散状况确定，一般应在超孔隙水压力消散70%以上后进行下一次强夯，参数设计可参考表6.21的规定。

表6.21不同吹填土场地强夯参数

| 场地类型 | 地下水位埋深（m） | 夯锤直径（m） | 夯锤重量（t） | 单击能（kN·m） | 每点击数 | 点夯遍数 | 点距（m） | 单位面积夯击能（kN·m/m2） |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 细、中、粗、砾砂型 | h ≤2.5 m | ≥2.4 | 10~12 | 1200~2000 | 4~6 | 2~3 | 7×7 | 2400~2800 |
| h ≥2.5 m | >2.2 | >12 | 1800~3500 | 6~8 | 8×8 | 2400~2600 |
| 粉砂型 | h ≤2.5 m | ≥2.4 | 10 | 800~1600 | 4~6 | 3~4 | 6×6 | 2400~2600 |

1. 预压荷载下吹填土地基的最终竖向变形量可按本规范附录A计算。
2. 堆载预压和强夯施工期间应不间断进行抽水，降水期间对地下水位进行动态监测。

## 施工

1. 堆载降水预压强夯联合法施工工艺宜符合图 6.3‑1要求，施工步骤宜符合下列规定：



图 6.3‑1 堆载降水预压强夯联合法施工工艺

1. 水平排水垫层施工应符合5.3.4章节的规定。
2. 塑料排水板施工应符合5.3.5章节的规定。
3. 采用袋装砂井施工时，其材料要求和施工参数应符合设计要求，砂井应密实。
4. 采用降水管井施工时应符合下列规定：

1 降水管井间距、深度应满足设计要求；

2 应根据地质资料、设计井径、井深、成井工艺选择钻井设备，根据水位降深、动力条件、出水量选择抽水设备；

3 钻进过程中必须保证平、稳、牢、准，不得发生滑移或倾斜，井口不坍塌；井深达到设计深度后，应用探井器检查井深和井径；当地层为粉土或夹粘性土是管外应充填10cm砂砾石。

4 井管下放时必须直立于井口中心，井管连接应同心，上端口保持水平，不宜碰擦井壁；井管应坐落牢固、管顶高于地面0.3m~0.5m，并预留观测口；

5 降水期间应对水位和抽水量实时监测，应设置双线路动力系统，降水必须连续进行，运行异常管井应及时恢复功能。

1. 采用密封墙作为止水措施时应符合5.3.8章节的规定。
2. 强夯施工机具设备的选用应符合下列规定：

1 起重机：起重能力可按锤重和落距确定，宜采用起重能力为15t以上的履带式起重机或其他专用设备，起吊高度为5m～30m；夯击时宜采用辅助门架或其他安全措施防止臂杆后仰，接地压力应小于地基承载力设计值；

2 夯锤：宜采用圆柱形钢制或铸铁制的平底锤，锤底静接地压力宜为20kPa~80kPa.对于粘性土或加固深度小于5m时，宜取小值；对砂性土、含水率小于25%的土或加固深度大于5m时宜取大值。

3 落锤时宜采用有足够强度、方便、灵活的自动脱沟器。

1. 强夯施工宜按5.3.15章节的规定执行，其技术要点应符合下列规定：

1 强夯施工前应进行安全评价，对周围建筑物和环境的影响评估和安全施工距离以及强夯施工侧向挤压水平变形对人工边坡、海堤、挡墙等构筑物的影响等应通过现场试夯振动测试确定；

2 强夯时机应满足设计要求，正式强夯施工前应进行试夯，根据试夯确定施工参数；

3 施工前应检查夯锤质量和落距，对夯点放线进行复核，夯完后检查夯坑位置，发现偏差或漏夯应及时纠正；

4 对于场地特殊部位，如监测设备点位，应适当避开，在交工平整场地前夯实；

5 夯坑内有积水，可采用小水泵和软管及时将水抽排在夯区外；

6 当天打完的夯坑应及时回填，并整平压实；如遇暴雨，必须及时将夯坑积水排除后，挖净坑底淤土，使其晾干或填入干土后方可继续夯击施工。

1. 雨季施工应及时采取排水措施，防止夯坑积水，加固区周边应设置排水沟。若加固区边长大于30m，场地内应挖纵横排水沟，最大排水距离为15m。

## 监测检测

1. 对于重要的排水固结加固地基工程，应按设计要求的加载进行施工，对地基变形和稳定性变化进行现场原位动态监测。监测数据应及时整理与分析，以及时调整设计参数，指导施工，控制加载速率，防止地基剪切破坏，检验加固效果。
2. 施工过程中应对下列项目进行监控：

1 场地标高；

2 地表沉降；

3 地下水位；

4 孔隙水压力；

5 水平位移监测。

1. 施工过程中可根据需要对下列项目进行监控：

1 分层沉降；

2 加固区外侧边桩位移；

3 周边建筑物的位移和沉降；

4 场地及周边的振动监测。

1. 监测仪器的数量及布设应符合设计要求，除标高测量外，监测仪器应在打设塑料排水板后布设。
2. 监测点位、数量、监测频率的确定应符合5.4章节的规定。
3. 各监测项目的监测频率宜符合下列规定：

1 地下水位应在管井抽水前开始观测，开始后前期每天1次，水位稳定后每2d一次，

2 孔隙水压力、地表沉降在加载初期应每天观测1次，中后期2 d～4 d观测1次；

3 其余监控项目在加载初期应1 d～2 d观测1次，中后期3 d～5 d观测1次；

4 加固区周围有建筑物和地下管线时应对侧向位移加密观测；

5 出现异常情况时应加密观测。

1. 软土地基加固前、后应进行现场原位强度检测和现场取土及室内试验，必要时尚应进行加固后的地基承载力检测。
2. 为评价场地软基处理效果，检测在软基处理施工结束后28d进行，检测内容宜符合5.4.7章节的规定。

# 立体式组合动力排水固结法

## 一般规定

1. 立体式组合动力排水固结法适用于以砂类土夹淤泥质粘性土或粉土、泥砂混填以及原始滩涂下存在泥砂交互土层等非均质场地软土地基处理。
2. 应根据场地用途、荷载性质、场地土质条件、施工机械设备等进行设计，并选择施工方法。
3. 应根据场地土的特性、地质、水文等条件，先进行精细化分区，根据场地条件选择立体式组合动力排水固结技术方案。
4. 场地地下水位高，影响施工或夯实效果时，应采取降水或其他技术措施进行处理。

## 设计

1. 立体式组合动力排水固结技术设计应包括下列内容：

1 降排水设计，主要包括立体式排水系统的选择，确定地下水平排水通道和网格层状水平排水通道的尺寸、间距、布置形式、深度、材料等；

2 确定动力加压区范围、动力加压方式，卸载标准等参数；

3 计算地基土的固结度，强度增长和变形；

4 提出地基监测的要求及目的，确定监测项目、监测设备、监测方法、控制标准、测点布置和数量。

1. 吹填土地基的沉降量、固结度及稳定性应按照附录A进行计算。
2. 立体式组合动力排水系统应包括地下水平（自由水）排水通道、地下网格层状水平（真空）排水通道和竖向重力抽水管井。
3. 地下水平（自由水）排水通道应符合下列规定：

1 排水通道应位于渗透性好并具有自由水水位差的砂类松散土中；

2 排水通道宜为塑料排水板、塑料盲沟、砂石盲沟、普通滤水管的一种或多种组成；

3 排水通道的埋设深度应低于降水前初始稳定地下水位。

1. 地下网格层状水平排水通道应符合下列规定：

1 排水通道位于渗透性差的粘性土中，埋深不小于2.5m。

2 排水通道一般采用真空管水平向交叉布置形成，真空管直径一般为50mm，间距根据土层渗透系数大小确定。

3 水平真空管应尽量布置在设计降落水位的最低处，在透水性差的地基中，一般不超过6m~8m；当吹填场地加固范围大时，水平真空管可设置多层；

4 真空排水管应与真空泵封闭连接，真空压力应不小于60kPa。

1. 竖向重力抽水管井应符合下列规定：

1 管井宜采用PVC波纹管，降水井直径根据地下水储量、出水速率确定，一般为φ300~500mm；

2 竖向排水通道下部为带孔包网过滤管，管井井壁外侧回填厚度不小于100mm的中粗砂滤水层；

3 降水井间距根据工期、砂层的渗透系数和厚度、外围水补给量确定。

1. 地下水平排水通道应与重力抽水管井连通，重力抽水管井的井底设有潜水泵；地下网格层状水平排水通道的交汇处应与竖向排水通道连通，竖向排水通道内设有真空排水管，真空排水管与地下网格层状水平排水通道封闭连接，真空排水管与真空泵连接。
2. 动力加压系统对拟处理非均质场地软土地基进行动力加压，动力加压的方式宜为强夯、振动碾压、冲击碾压、液压夯实中的一种或多种。
3. 采用强夯时，宜采用低能量强夯，强夯设计应包括每遍能级、夯点间距及布置、单点夯击数、夯击遍数、夯击范围等：

1 强夯有效加固深度应根据现场试夯确定，初步设计时可参考表6.21的规定；

2 总夯击能根据工期、需补充附加荷载确定；

3 单点夯击能根据土性、地下水位确定；

4 夯击遍数根据总夯击能、土体加固效果、相邻两击沉降量差值确定。

1. 振动碾压及冲击碾压设计应根据吹填土层状况、变形要求等因素综合分析确定，根据压实机械的压实性能确定碾压厚度、碾压遍数、碾压范围和有效加固深度等参数。单块施工面积不宜小于1500m2，施工最短直线距离不宜小于100m。
2. 场地的标高控制应考虑施工填料的成分与密实情况、场地设计标高、工后沉降等因素。

## 施工

1. 立体式组合动力排水固结技术施工工艺宜符合图 7.3‑1要求，施工步骤宜符合下列规定：



图 7.3‑1 立体式组合动力排水固结技术施工工艺流程图

1. 明沟宜设置在地基处理范围两侧距离处理边界2.0m外，沿边界纵向开挖排水边沟，深度不宜小于2m。明沟的位置、尺寸应精准放样，现场控制明沟断面尺寸，严格控制断面深度。
2. 管井施工应符合下列规定：

1 井管宜采用PVC波纹管，下端0.5m以上、上端1m以下之间为带孔包网滤管，其余为盲管；

2 管井成孔直径≥φ550mm，成孔后应先洗井，然后安装井管，内设潜水泵抽水，外侧应回填不小于10cm厚中粗砂滤水层；

3 横向宜在路中心线及两侧按一定间距布设管井，井深根据处理深度确定，井内设潜水泵抽水。

1. 真空水平排水管施工应符合下列规定：

1 真空水平排水管沿横向布置在管井之间；

2 先沿路基横向挖沟，深度不小于3m，水平排水管埋深不小于2.5m；

3 水平排水管四周用砂土或粉土包裹，每侧砂土或粉土厚度均不得小于20cm；

4 水平管端头应用无纺土工布包裹，防止泥沙进入管内，影响抽水效果；

5 排水管沿路基横向布置，与路基中心线垂直对称布置，纵向间距不得小于12m；

6 水平排水管与PVC管连接并密封严实，PVC管与真空泵连接抽真空，不得漏气，真空压力不小于60kPa；

7 水平排水管的埋设应采用机械开挖，人工埋管的方式进行。

1. 抽真空设备和数量应满足设计要求，试抽气时间宜为4d-10d，应经常检查密封膜密闭性，破损应及时修补，正式抽气阶段膜下真空压力应符合设计要求。
2. 动力加压方式应符合下列规定：

1 动力加压方式需选取代表性的场地通过工前试验确定施工技术参数；

2 当表层真空水平排水管降水出水量较少、管井内水位下降到设计深度以下连续3天后，开始进行动力加压；

3 强夯遍数及每点击数需根据试验确定；

4 振动碾压需通过碾压试验，确定场地松铺系数，同时根据场地交工标高，回填场地至满足交工标高要求，碾压时场地含水量不宜过高，通过含水量试验控制碾压含水量。

## 监测检测

1. 施工过程中应对下列项目进行监测：

1 地基竖向变形量；

2 水平位移；

3 孔隙水压力；

4 膜下真空度；

5 地下水位。

1. 监测点位、数量、监测频率的确定应符合5.4章节的规定。
2. 为评价场地软基处理效果，检测应包括以下检测内容：

1 场地标高；

2 静力触探；

3 静载荷试验；

4 十字板剪切试验。

1. 场地标高检测应符合下列规定：

1 场地地基处理前后应至少进行3次场地标高测量，以保证场地标高满足设计要求；

2 在夯前、每遍普夯后、每遍点夯后和满夯后宜进行标高测量，以观测沉降量；

3 标高测量应精细分区，按划分的方格网进行测量，以确定每遍强夯后的表层沉降。

1. 静力触探检测应符合下列规定：

1 按一定间距沿路中心线布设同点位的静力触探点，每个区应布置不小于3个；

2 在工前、普夯后、点夯后、满夯后各进行一次静力触探试验，了解施工过程中土体改善情况和控制施工过程；

3 夯后静力触探值与夯前静力触探值进行比对，以检测地基处理加固效果，确定影响深度及硬壳层厚度；

4 试验执行严格按照《岩土工程勘察规范》进行。

1. 载荷试验检测应符合下列规定：

1 场地完成处理后，应在35天后进行静载荷试验；

2 根据场地大小进行分区，每个区的场地面积宜在10000m2，每个区布置3个点；

3 加载方法宜采用复合地基采用快速维持荷载法；

4 试验执行按照《建筑地基处理技术规范》进行。

# 工程验收

## 一般规定

1. 吹填土地基处理施工结束，应在一个间歇期后，才开始进行质量验收，间歇期应根据吹填土性质、地基处理方式等确定。
2. 地基加固工程，应在正式施工前进行试验段施工，确定施工参数及加固效果。为验证加固效果，应设计相应监测、检测项目。
3. 地基处理后，其竣工后的结果( 地基强度或承载力)必须达到设计要求的标准。
4. 处理后的地基竣工验收时，承载力检验可采用载荷试验、静力触探试验、标准贯入试验、十字板剪切试验、圆锥动力触探试验、多道瞬态面波法等多种原位测试方法和室内土工试验等不少于三种方法进行检验，综合判定加固效果。
5. 检验数量，每单位工程不应少于必须达到设计要求的标准。

## 验收标准

1. 短程超载真空预压动力排水固结法处理地基完成后，检查验收应符合下列规定：

1 根据现场实测资料推算最终沉降量及固结度；

2 软土地基加固前、后应进行现场原位强度检测和现场取土进行室内土工试验，必要时应进行加固后的载荷试验检测。

3 加固前的地基土检测应在打设塑料排水板前进行，加固后的地基土检测应在卸载35天后进行。

4 检测报告中应对固结沉降、强度增长和其他检测结果进行分析，并对地基处理加固效果作出评价。

1. 堆载降水预压强夯联合法处理地基完成后，检查验收应符合下列规定：

1 处理深度范围内的土层，经地基处理所完成的竖向变形和平均固结度应符合设计要求；

2 应对预压的地基土进行原位强度检测和室内土工试验，必要时，应进行现场载荷试验。

1. 立体式组合动力排水固结法处理地基完成后，检查验收应符合下列规定：

1 动力固结法处理地基施工前应检查动力固结参数等，施工过程中应检查各项测试数据和施工记录，不符合设计要求时应及时采取有效措施；

2 动力固结法施工结束后应间隔一定时间才能进行竣工验收检验。

3 竣工验收检验点数量应根据场地复杂程度和建筑物的重要性确定。

# 环境保护

1. 营造良好的环境。在施工现场和生活区设置足够的临时卫生设施，经常进行卫生清理。施工营地和施工现场院的生活垃圾，应集中堆放。
2. 对有害物质（如燃料、废料、垃圾等)要通过焚烧或其他措施处理后运至专门地点进行掩埋，防止对动、植物造成损害。
3. 施工废水、生活污水按有关要求进行处理，不得直接排入农田、河流和渠道。
4. 在确定施工方法时，尽量选择产生噪声较少的工艺，并选用低噪声的施工设备。并加强设备的现场维修和保养，保证设备长期处于正常的运转状态。
5. 动力固结施工前应做好振动、噪声和扬尘等可能对周围环境、居民、工程、设施设备和工作生产造成的影响及风险的评估，并与当地环保部门沟通联系和备案，并制定防护措施。
6. 在被保护的工程周围应采取隔振防振措施：设置应力释放孔；开挖隔振沟；在靠近被防护对象的地带，采取降低动力固结能级或分层处理的措施，或改变施工参数，用小面积夯锤、小夯击能的施工方法。

**附录A 预压地基沉降量、固结度及稳定验算计算方法**

1. 对于吹填土地基，预压荷载下地基的最终竖向沉降量可按下式计算：

A.0.1

式中：——土层的自重荷载（kPa）；

——土层的附加荷载（kPa）；

——第i层土压缩模量（MPa）；

——第i层土的厚度（m）；

——第i层土沉降计算经验修正系数，经验系数可按表A.0.1选取。

表 A.0.1 吹填土沉降计算经验修正系数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 含水量*w*(%) | 孔隙比*e* | 压缩模量*Es*/MPa | 修正系数 |
| >120 | >3.0 | 0.9~1.1 | >2.2 |
| 80~120 | 1.9~3.0 | 1.1~1.4 | 1.8~2.2 |
| 54~80 | 1.5~1.9 | 1.4~2.4 | 1.45~1.8 |

1. 对于超固结（）的吹填土地基，预压荷载下地基的最终竖向沉降量可按下式计算：

 （A.0.2-1）

当时，压缩量为：

 （A.0.2-2）

当时，压缩量为：

 （A.0.2-3）

式中，——是第i土层的厚度，m；

——是第i土层的初始孔隙比；

——是第i土层的压缩指数；

——是第i土层的再压缩指数；

——第i土层的自重荷载；

——第i土层的前期固结压力；

——第i土层的附加荷载；

1. 对于欠固结（）的吹填土地基，预压荷载下地基的最终竖向沉降量可按下式计算：

 （A.0.3）

式中，—是第i土层的厚度；

—是第i土层的初始孔隙比；

—是第i土层的压缩指数；

——第i土层的自重荷载；

——第i土层的前期固结压力；

——第i土层的附加荷载；

1. 吹填土地基处理后的次固结沉降可按下式计算：

 （A.0.4）

式中，—次固结变形量；

—预压荷载卸载回弹后的次固结系数，与次固结系数有一定联系；

—相当于主固结达到100%的时间；

—需要计算次固结的时间；

—第 i 土层的厚度；

—第 i 土层的初始孔隙比。

1. 瞬时加荷条件下，地基的平均总应力固结度、竖向平均应力固结度和径向平均应力固结度可按下列公式计算：

 （A.0.5-1）

 （A.0.5-2）

 （A.0.5-3）

 （A.0.5-4）

 （A.0.5-5）

 （A.0.5-6）

** （A.0.5-7）

 （A.0.5-8）

式中： *U*rz—— 地基的平均总应力固结度；

*U*z—— 地基的竖向平均应力固结度；

*U*r—— 地基的径向平均应力固结度；

**ab—— 排水面应力与不透水面应力之比，双面排水时**ab =1；

*T*v—— 时间因子；

*C*h—— 地基径向(水平)固结系数（cm2/s）；

 —— 固结时间（s）；

*F*(n)—— 井径比因子；

*d*e—— 竖向排水体径向排水范围的等效直径（cm）；

*C*v—— 地基竖向固结系数（cm2/s）；

H—— 排水面至不透水面的垂直距离（cm），对双面排水为土层厚度之半，对单面排水为土层厚度；

*n*—— 井径比；

*d*w—— 塑料排水板的等效换算直径（cm）；

**—— 换算系数，正三角形布置时取1.05，正方形布置时取1.13；

*d*—— 相邻塑料排水板中心间距（cm）；

**—— 换算系数，无试验资料时可取0.75～1.00；

*b* —— 塑料排水板的宽度（cm）；

**—— 塑料排水板的厚度（cm）。

1. 分级加荷条件下，地基在某时间的平均总应力固结度（图A.0.2）可按下式计算：

 （A.0.6）

式中：*U*rz—— 地基在时间的平均总应力固结度（%）；

*m* —— 加荷级数；

——瞬时加荷条件下，对应于第级荷载时刻的平均总应力固结度；

*t***——**计算应力固结度的时间（s）；

 *T*——第级荷载加荷的起始时间（s）；

——第级荷载加荷的终了时间（s），当计算加荷期间的应力固结度时，应改为*t*；

*P*i——第级预压荷载（kPa），当计算加荷期间的应力固结度时，式中*P*i应为Δ*P*i，Δ*P*i为对应于第级荷载加荷期间时刻的荷载增量。



图A.0.2 分级加荷固结过程示意图

1. 当地基土灵敏度较高、塑料排水板间距较小或塑料排水板打设深度较大时，应计算井阻与涂抹效应对地基应力固结度的影响，可按下列公式计算：

 （A.0.7-1）

 （A.0.7-2）

 （A.0.7-3）

 （A.0.7-4）

 （A.0.7-5）

式中：*U*r——地基的径向平均应力固结度（%）；

**r——轴对称径向排水固结参数；

*t*——固结时间（s）；

*J*——涂抹因子，当不大于0.4时，固结度可按无涂抹影响计算；

*G*——井阻因子；

*d*e——竖向排水体径向排水范围的等效直径（cm）；

*k*h——地基水平渗透系数(cm/s)；

*k*s——涂抹层水平渗透系数(cm/s)，宜用扰动土按常规试验方法测定，无试验资料时，渗透系数比可取1.5～8.0，对的均质高塑性粘土取1.5～3.0，对非均质粉质粘土取3.0～5.0，对非均质并具有粉土或细砂微层理结构的可塑性粘土取5.0～8.0；

**——涂抹比，可取1.5～4.0，施工对地基土扰动小时取低值，扰动较大时取高值；

*q*h——单位水力梯度下，单位时间地基中渗入塑料排水板的水量（cm3/s）；

*q*w——竖向排水体纵向通水量（cm3/s）；

*F*s——安全系数，≤10m时取4，10m＜≤20m时取5， ＞20m时取6；

*L*——竖向排水体打设深度（cm）；

*d*w——竖向排水体的等效换算直径（cm）。

1. 预压加荷期间的整体稳定验算应符合下列规定。

1 整体稳定验算宜采用圆弧滑动面（图A.0.6），按下列公式计算：

 （A.0.8-1）

**** （A.0.8-2）

**** （A.0.8-3）

式中：**—— 重要性系数。安全等级为一级、二级、三级的建筑物分别取1.1、1.0、1.0；

*M*sd—— 作用于危险滑动面上滑动力矩的设计值（kN·m/m）；

**R—— 抗力分项系数；

*M*RK—— 危险滑动面上抗滑力矩的标准值（kN·m/m）；

**s—— 综合分项系数，可取1.0；

*x*R、*z*R—— 圆心的水平、垂直坐标值（m）；

*x*i、*h*i—— 第i土条滑动面上中点的水平、垂直坐标值（m）；

*W*ki——第i土条重力标准值（kN/m）, 可取均值，零压线以下用浮重度计算；当有渗流时，滑动力矩设计值*M*sd中计算低水位以上零压线以下部分的重力标准值用饱和重度计算；

*q*ki—— 第*i*土条顶面的可变作用标准值（kN/m2），应按现行行业标准《港口工程荷载规范》（JTJ215）确定；

*b*i—— 第*i*土条宽度（m）；

*u*ki—— 第*i*土条滑动面上超静孔隙水压力标准值（kPa），可取均值；

**ki、*c*ki—— 分别为第*i*土条滑动面上的固结快剪内摩擦角（°）和粘聚力（kPa）标准值，可取均值；

—— 第*i*土条滑动面上中点的一阶导数值。



图A.0.6 稳定验算示意图

2 当采用十字板剪强度或三轴不固结不排水剪强度等总强度时，式（A.0.6-2）和式（A.0.6-3）中相应土体强度指标应采用十字板剪强度或其他总强度标准值，超静孔隙水压力标准值取零。

3 最小抗力分项系数宜采用表A.0.8中的低值。

表A.0.8 抗力分项系数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 强度指标 | 适用条件 | 抗力分项系数γR |
| 固结快剪 | 宜采用 | 1.3~1.5 |
| 十字板剪 | 宜采用 | 1.1~1.3 |
| 三轴不固结不排水剪 | 有经验时采用 | 根据经验取值 |
| 快剪（直剪） | 有经验时采用 | 根据经验取值 |

4 下一级堆载高度计算宜考虑地基土在已经施加荷载下的强度增长。对于正常压密的粘性土，地基土强度增量的标准值可按下式计算：

 （A.0.8-4）

式中　Δ*S*uk—— 地基土强度增量的标准值（kPa）；

*U*rz—— 地基土的应力固结度；

**zk—— 地基垂直附加应力标准值（kPa）；

**zk—— 固结快剪内摩擦角标准值（°），可取均值。

**附录B 地基最终沉降量及固结度推算**

B.0.1地基的最终沉降量可根据实测沉降资料按下列公式推算：

 （B.0.1-1）

 （B.0.1-2）

式中：*S*t——*t*时刻的实测沉降量（cm）；

*S*0—— 满载开始时的实测沉降量（cm）；

—— 满载预压时间（s），从满载时刻算起；

*S*∞—— 最终沉降量（cm）；

*、*——计算参数，根据实测资料确定，见图B.0.1。



图B.0.1 *α*、*β*值确定示意图

B.0.2地基的应变固结度可根据实测沉降资料按下式推算：

****  （B.0.2）

式中：*U*′rz——*t*时刻地基应变固结度（%）；

*S*t——*t*时刻的实测沉降量（cm）；

*S*∞—— 最终沉降量（cm）。

B.0.3 地基的应力固结度可根据实测孔隙水压力资料按下式推算：

 （B.0.3）

式中：*U*rz——地基应力固结度；

Δ*u*—— 预压过程中孔隙水压力消散值（kPa）；

*P*—— 预压荷载（kPa）；

*u*0—— 预压前超静孔隙水压力（kPa）**。**

**附录C 施工记录用表**

1. 全站仪测角、测距(复核)记录表宜采用表C.0.1格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.1 全站仪测角、测距(复核)记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 第 页，共 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | | | 承包单位 | |  | | | | | | |
| 单位工程名称 | |  | | | | | | | 分包单位 | |  | | | | | | |
| 测量部位 | |  | | | 测 站 |  | | | 网名或路线 | |  | | | | 仪器型号 |  | |
| 仪 高 | |  | | | 测站高 |  | | | 等 级 | |  | | | | 标定编号 |  | |
| 固定常数 | |  | | | | | | | 乘常数 | |  | | | | | | |
| 镜站 | 测 距 | | | | | 垂 直 角 | | | | 水 平 角 | | | | | 平均 距离 | 镜高 | 高程 |
| 正(一) | | 正(二) | 倒(一) | 倒(二) | 倒 | 指标差 | 倾角 | 正 | 倒 | | 2C | 方向角 | 正 |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |
|  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |
| 略 图 |  | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 测量： 计算： 复核： 项目技术负责人： 测量日期： | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1. 控制桩测量(复核)记录表宜采用表C.0.2格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C.0.2 控制桩测量(复核)记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 第 页，共 页 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | 承包单位 | |  | | | | | 仪器型号 | |  |
| 单位工程名称 | |  | | | | | 分包单位 | |  | | | 测量部位 |  | 标定编号 | |  |
| 桩 号 | | | | 设计坐标 | | 实测坐标 | | | 差 值 | | 地 面 高 程 | | | 备 注 | | |
| X | Y | X | | Y | △X | △Y | 设 计 | 实 测 | 差 值 |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
|  | | | |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | |
| 测量 |  | | 计算 |  | | 复核 | |  | | 项目技术负责人 | |  | | 测量日期 |  | |

1. 水准测量(复核)记录表宜采用表C.0.3格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.3 水准测量(复核)记录表 | | | | | | | | | | | | | |
| 第 页，共 页 | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | | | | | | | |
| 单位工程名称 | |  | | | | | | 承包单位 | |  | | | |
| 分包单位 | |  | | | | | | 测量范围 | |  | | | |
| 允许误差 | |  | | | | | | 仪器型号 | |  | | | |
| 闭合差 | |  | | | | | | 标定编号 | |  | | | |
| 测点或桩号 | | | | 水 准 尺 读 数 | | | | 仪 器 高 | | | 标 高 | | 备 注 |
| 后 视 | | 前 视 | |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
|  | | | |  | |  | |  | | |  | |  |
| 计 算 |  | | | | | | | | | | | | |
| 测量 | | |  | | 计算 | |  | | 复核 | | |  | |
| 项目技术负责人 | | |  | | | | | | 测量日期 | | |  | |

1. 塑料排水板施工记录表宜采用表C.0.4格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.4 塑料排水板施工记录表 | | | | | | | | | | | | |
| 共 页,第 页 | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | | |  | | | | 承包单位 | |  | | | |
| 单位工程名称 | | |  | | | | 分包单位 | |  | | | |
| 里程 （区号） | | 设计板底标高 （m） | | | 设计 板类型 | | 设计板间 距（cm） | | 设计板行 距（cm） | | 设计允许 垂直度偏差（%） | 机号 |
|  | |  | | |  | |  | |  | |  |  |
| 序 号 | 板孔  编号 | 地面标高 (m) | | 实插深度 （m） | 实测板间距（cm） | | | 实测板行距（cm） | | | 实测垂直度（%） | 备注 |
| 左 | 右 | | 前 | | 后 |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |
| 项目技术负责人： 质检员： 施工员： 年 月 日 | | | | | | | | | | | | |

1. 回填施工记录表宜采用表C.0.5格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.5 回填施工记录表 | | | | | | | | | |
| 第 页 ， 共 页 | | | | | | | | | |
| 工程名称 | | |  | | | | | | |
| 单位工程名称 | | |  | | | | | | |
| 施工单位 | | |  | | | | | | |
| 施 工 日 期 | | | 开 始 |  | | | 结 束 |  | |
| 结构物砂浆 或砼强度 | | |  | | | 回填面清理情况 | |  | |
| 回 填 范 围 | | |  | | | 回填 材料 | 设计 |  | |
| 摊 铺 方 式 | | |  | | | 实际 |  | |
| 压 实 方 式 | | |  | | | 选用机械 | |  | |
| 回 填 层 次 | | | 压实前含水量 | | | 松铺厚度(m) | | 压实后外观检查 | |
|  | | |  |  |  |  | |  | |
|  | | |  |  |  |  | |  | |
|  | | |  |  |  |  | |  | |
|  | | |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  |  | |  |  |
|  | | |  |  |  |  | |  | |
|  | | |  |  |  |  | |  | |
|  | | |  |  |  |  | |  | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 回填后结构物 有无位移、裂 缝等破坏情况 | | |  | | | | | | |
| 备 注 | | |  | | | | | | |
| 施工员 |  |  | 施工主管 |  | 质检员 |  | | 技术负责人 |  |

1. 深层搅拌桩施工记录表宜采用表C.0.6格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.6 深层搅拌桩施工记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 共 页 ，第 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | | | |  | | | | | | | | | | | | 承包单位 | |  | | | | | | | | |
| 单位工程名称 | | | |  | | | | | | | | | | | | 分包单位 | |  | | | | | | | | |
| 里程（区号） | | | | 设计桩底标高（m) | | | | | | 设计桩顶标高（m) | | | | 设计桩长（m) | | | 设计水灰比 | | 设计水泥掺入量（kg/m） | | | 机具型号 | | | 机号 | |
|  | | | |  | | | | | |  | | | |  | | |  | |  | | |  | | |  | |
| 设计（试桩 成果）参数 | | | | 钻进速度（cm/min) | | | | | | | | 提升速度（cm/min) | | | | 喷浆搅拌速度（cm/min) | | | | 喷气压力（MPa） | | | 浆喷入量（kg/min） | | | |
|  | | | | | | | |  | | | |  | | | |  | | |  | | | |
| 桩 号 | 地面  标高 （m) | | 钻孔  长度 （m） | | 桩底  标高 （m) | | 喷浆  长度 （m） | | 桩顶  标高 （m) | | 工作时间 | | | | | | | 累计喷浆量（kg） | | 累计水泥  用量（kg） | 实际水  泥掺量 （kg/m） | 实际  水灰比 | | 桩位偏差（cm） | | 备注 |
| 钻孔用时 （ min） | | 喷浆搅拌 用时（min） | | 重复搅拌 用时（min） | | 合计 （min） |
|  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
|  |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  | |  |
| 项目技术负责人： 质检员： 施工员： 监理工程师： 设计负责人： 勘察负责人： 建设负责人： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  |  |  | |  |  |  | |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 年 月 日 | | |

1. 强夯施工记录表宜采用表C.0.7格式。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.7 强夯施工记录表 | | | | | |
|  | | | | | 共 页，第 页 |
| 工程名称 |  | | | | |
| 单位工程名称 |  | | | | |
| 施工单位 |  | | | 施工范围 |  |
| 设计要求 | 设计夯击能 |  | 设计夯击次数 | |  |
| 施工参数 | 实际夯击能 | 锤重 | 落距 | | 直径 |
|  |  |  | |  |
| 夯点编号 | 夯击次数 | 最后两击平均夯沉量（cm） | 累计夯沉量（cm） | | 备注 |
|
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
|  |  |  |  | |  |
| 备注: | | | | | |
| 技术负责人： 质检员: 施工员: 监理: 年 月 日 | | | | | |

1. 砂垫层自检记录表宜采用表C.0.8格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.8 砂垫层自检记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 共 页，第 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | 工程部位 | | | |  | | | | | | | | |
| 工程数量 | |  | | | 施工日期 | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 检验项目 | | | 质量情况 | | | | | | | | | | | | | |
| 质量要求 | | | | | 自检记录 | | | | | | | | |
| 1 | 砂垫层原材料 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 2 | 砂垫层宽度 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 3 | 砂垫层厚度 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 实测偏差项目 | | | 允许偏差 | 实测偏差值 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
| 共检查 点，合格 点，合格率 。 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量等级 | | |  | | | 审核意见 | | | |  | | | | | | | |
| 主办技术员 | | |  | 工段、班组长 | |  | | | | 班组质量员 | | | | |  | | |

1. 土工布自检记录表宜采用表C.0.9格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.9土工布自检记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 共 页，第 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | | 工程部位 | | | | |  | | | | | | |
| 工程数量 | |  | | | | | | 施工日期 | | | | |  | | | | | | |
| 序号 | 检验项目 | | | 质量情况 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量要求 | | | | | | | | | 自检记录 | | | | | | |
| 1 | 膜上针刺型土工布缝合搭接宽度 | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |
| 2 | 膜上针刺型土工布铺设范围 | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |
| 3 | 下承面平整度 | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |
| 4 | 下承面拱度 | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |
| 序号 | 实测偏差项目 | | | 允许偏差 | | 实测偏差值 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | | 4 | 5 | | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 |
| 1 | 下承面平整度 | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 2 | 下承面拱度 | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 共检查 点，合格 点，合格率 %。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量等级 | | |  | | | | | | | 审核意见 | | | |  | | | | | |
| 主办技术员 | | |  | | 工段、班组长 | | | | |  | | | | 班组质量员 | | |  | | |

1. 真空膜自检记录表宜采用表C.0.10格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.10 真空膜自检记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 共 页，第 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | | 工程部位 | | | | |  | | | | | | |
| 工程数量 | |  | | | | | | 施工日期 | | | | |  | | | | | | |
| 序号 | 检验项目 | | | 质量情况 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量要求 | | | | | | | | | 自检记录 | | | | | | |
| 1 | 密封膜缝合搭接宽度 | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |
| 2 | 密封膜铺设范围 | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |
| 3 | 下承面平整度 | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |
| 4 | 下承面拱度 | | |  | | | | | | | | |  | | | | | | |
| 序号 | 实测偏差项目 | | | 允许偏差 | | 实测偏差值 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | | 4 | 5 | | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 |
| 1 | 下承面平整度 | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 2 | 下承面拱度 | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  |  | |  |  |  | |  |  |
| 共检查 点，合格 点，合格率 %。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量等级 | | |  | | | | | | | 审核意见 | | | |  | | | | | |
| 主办技术员 | | |  | | 工段、班组长 | | | | |  | | | | 班组质量员 | | |  | | |

1. 塑料排水板自检记录表宜采用表C.0.11格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.11 塑料排水板自检记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 共 页，第 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | 工程部位 | | | |  | | | | | | | | |
| 工程数量 | |  | | | 施工日期 | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 检验项目 | | | 质量情况 | | | | | | | | | | | | | |
| 质量要求 | | | | | 自检记录 | | | | | | | | |
| 1 | 塑料排水板材料质量 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 2 | 塑料排水板下沉情况 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 3 | 塑料排水板打设深度 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 4 | 塑料排水板间距 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
|  | 塑料排水板竖直度 | | |  | | | | | 满足要求 | | | | | | | | |
|  | | | | |
| 序号 | 实测偏差项目 | | | 允许偏差 | 实测偏差值 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 |
| 1 | 塑料排水板间距 | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
| 2 | 塑料排水板竖直度 | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
| 共检查 点，合格 点，合格率 %。 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量等级 | | |  | | | 审核意见 | | | |  | | | | | | | |
| 主办技术员 | | |  | 工段、班组长 | |  | | | | 班组质量员 | | | | |  | | |

1. 真空虑管自检记录表宜采用表C.0.12格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.12 真空虑管自检记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 共 页，第 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | 工程部位 | | | |  | | | | | | | | |
| 工程数量 | |  | | | 施工日期 | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 检验项目 | | | 质量情况 | | | | | | | | | | | | | |
| 质量要求 | | | | | 自检记录 | | | | | | | | |
| 1 | 管网接头 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 2 | 真空滤管间距 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 3 | 真空主管间距 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 4 | 真空泵与主管相连接口距地基处理边线 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 5 | 主管连接沿长度方向钢丝软管接头间距 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 6 | 管网顶面回填铺设砂垫层厚度 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 7 | 钢丝软管套入三通或滤管（主管）的长度 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 8 | 管位布置偏差 | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 实测偏差项目 | | | 允许偏差 | 实测偏差值 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 |
| 1 | 管位布置偏差 | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
| 共检查 点，合格 点，合格率 %。 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量等级 | | |  | | | 审核意见 | | | |  | | | | | | | |
| 主办技术员 | | |  | 工段、班组长 | |  | | | | 班组质量员 | | | | |  | | |

1. 泥浆搅拌桩自检记录表宜采用表C.0.13格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.13 泥浆搅拌桩自检记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 共 页，第 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | | |  | | | 工程部位 | | | |  | | | | | | | | |
| 工程数量 | | |  | | | 施工日期 | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 检验项目 | | | | 质量情况 | | | | | | | | | | | | | |
| 质量要求 | | | | | 自检记录 | | | | | | | | |
| 1 | 搅拌桩材料应符合设计规定 | | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 2 | 桩长不小于设计规定 | | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 3 | 桩基渗透性符合设计规定 | | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
|  |  | | | |  | | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 实测偏差项目 | | | | 允许偏差 | 实测偏差值 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | | 5 | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 |
| 1 | 桩位误差 | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
| 2 | 竖直度 | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
|  |  | | | |  |  | |  |  |  | |  |  |  |  | |  |  |
| 共检查 点，合格 点，合格率 。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量等级 | | | |  | | | 审核意见 | | | |  | | | | | | | |
| 主办技术员 | | | |  | 工段、班组长 | |  | | | | 班组质量员 | | | | |  | | |

1. 堆载预压自检记录宜采用表C.0.14格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.14 堆载预压自检记录 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 共 页，第 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | | 工程部位 | | | |  | | | | | | | | |
| 工程数量 | |  | | | | | | 施工日期 | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 检验项目 | | | 质量情况 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量要求 | | | | | | | | 自检记录 | | | | | | | | |
| 1 | 压实度 | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 2 | 路床纵断高程 | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 3 | 路床中线偏位 | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 4 | 路床平整度 | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 5 | 路床宽度 | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 6 | 路床横坡 | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 7 | 边坡 | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 8 | 路床平整、坚实，无显著轮迹、翻浆、波浪、起皮等现象，路堤边坡密实、稳定、平顺等 | | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | |
| 序号 | 实测偏差项目 | | | 允许偏差 | | 实测偏差值 | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | 7 | 8 | | 9 | 10 |
| 1 | 路床纵断高程（mm） | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
| 2 | 路床中线偏位（mm） | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
| 3 | 路床平整度（mm） | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
| 4 | 路床宽度（mm） | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
| 5 | 路床横坡（%） | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
| 6 | 边坡（mm） | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
|  |  | | |  | |  |  | |  | |  | |  | |  |  |  | |  |  |
| 备注： | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 质量等级 | | |  | | | | | | | 审核意见 | | | |  | | | | | | |
| 主办技术员 | | |  | | 工段、班组长 | | | | |  | | | | 班组质量员 | | | |  | | |

1. 真空预压膜下真空度记录表宜采用表C.0.15格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.15 真空预压膜下真空度记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 第 页，共 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 项目 | 真空泵编号 | | | | | | | | | | | | | | | | | 膜下表 | | | | |
| 编号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 。。。 |  |  |  |  |  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| A1区 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| A2区 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| A3区 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 。。。 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| B1区 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| B2区 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 。。。 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 备注 |  | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|
|
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 记录人： | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | 年 |  | 月 |  | 日 |  |

1. 沉降观测记录表宜采用表C.0.16格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.16 沉降观测记录表 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 第 页，共 页 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | 承包单位 | |  | | | | | | | | 仪器型号 | |  | |
| 单位工程名称 | |  | | | | | 分包单位 | |  | | | | 观测范围 | |  | | 标定编号 | |  | |
| 观测点号或桩号 | | | 年 月 日 | | | 年 月 日 | | | | 年 月 日 | | | 年 月 日 | | | | 年 月 日 | | | |
| 观测值 | 本期  沉降 | 累计  沉降 | 观测值 | 本期  沉降 | 累计  沉降 | | 观测值 | 本期  沉降 | 累计  沉降 | 观测值 | 本期  沉降 | | 累计  沉降 | 观测值 | 本期  沉降 | | 累计  沉降 |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
|  | | |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  | |  |
| 测量 |  | | 计算 |  | | 复核 |  | | | 项目技术负责人 | |  | | 测量日期 | | |  | | | |

1. 分层沉降观测记录表宜采用表C.0.17格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.17 分层沉降观测记录表 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 第 页，共 页 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | | | | 仪器型号 | |  | | | |
| 单位工程名称 | |  | | | | | | | | 标定编号 | |  | | | |
| 施工单位 | |  | | | | | | | | 观测范围 | |  | | | |
| 分包单位 | |  | | | | | | | | 基点高程 | |  | | | |
| 测点  编号 | 标 尺 读 数 (mm) | | | | | 测 点 至孔口 距 离 (mm) | 测 点 高 程 (mm) | | 前 次 测 点 高 程 (mm) | 测 点 沉 降 (mm) | | 测 点 间 距 (mm) | | 测 点 间 压 缩 量 (mm) | 备 注 |
| 1 | | 2 | 平均 | |
| 孔 口 |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
| 测点 1 |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
| 测点 2 |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
| 测点 3 |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
| … |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  | |  |  | |  | |  |  |
| 略 图 |  | | | | | | | | | | | | | | |
| 测量 | | |  | | 计算 | | |  | | | 复核 | |  | | |
| 项目技术负责人 | | |  | | | | | | | | 观测日期 | |  | | |

1. 孔隙水压力观测记录表宜采用表C.0.18格式。

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 表C.0.18 孔隙水压力观测记录表 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 第 页，共 页 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工程名称 | |  | | | | | | | | | | | | | |
| 单位工程名称 | |  | | | | | | 承包单位 | |  | | | | | |
| 观测范围 | |  | | | | | | 分包单位 | |  | | | | | |
| 压力盒号 | |  | | | | 断面号 | |  | | | 仪器编号 | | |  | |
| 高 程 | |  | | | | 填土高程 | |  | | | 标定编号 | | |  | |
| 观测日期  年、月、日 | | 仪器读数 (H2) | | 换算压力 (kPa) | | | 水 位 (m) | | 修正换算压力 (kPa) | | | | 孔隙压力  (kPa) | | 备注 |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  | |  | |  | | |  | |  | | | |  | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 略 图 |  | | | | | | | | | | | | | | |
| 测量 | | |  | | 计算 | |  | | | 复核 | |  | | | |
| 项目技术负责人 | | |  | | | | | | | 观测日期 | |  | | | |

**本规范用词说明**

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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 条文中指明应按其它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**

1. 《吹填土地基处理技术规范》 （GB/T 51064）
2. 《建筑地基处理技术规范》 （JGJ 79）
3. 《岩土工程勘察规范》 （GB50021）
4. 《土工试验方法标准》 (GB/T50123)
5. 《强夯地基处理技术规程》 （CECS 279）
6. 《土工合成材料 塑料扁丝编织土工布》 （GB/T17690）
7. 《软式透水管》 （JC 937）
8. 《软土地基路基监控标准》 （GB/T 51275）
9. 《水运工程质量检验标准》 （JTS 257）

中国工程建设标准化协会标准

**吹填土静动组合排水固结技术规程**

**T/CECS XXX:20XX**

# 条文说明

# 总则

1.0.1 针对传统软土地基处理技术与设计方法不能适应新进吹填场地非均质性明显、二元结构、静置时间短、差异沉降显著的问题，提出了快速消除非均匀吹填场地差异沉降的精细化分区方法和吹填土静动组合排水固结技术，本规程所定义的吹填土静动组合排水固结技术为短程超载真空预压动力排水固结技术、吹填堆载降水预压强夯联合排水固结技术和立体式组合动力排水固结技术，为主编单位专利技术，并已成功应用于多个工程。

# 术语与符号

2.1.5 表层厚砂场地

条文说明：一般位于吹填口近端，砂层厚度范围一般为2~10m，渗透系数*k*>1×10-5cm/s，此类场地土层总体上可分为砂类土、粉类土。表层厚砂场地加固处理中以消除砂层液化、挤密压实为处理重点。

2.1.6 泥砂互层场地

条文说明：泥砂互层场地主要受吹填口位置、次数和次序影响在吹填场地内形成，单层土层厚度范围一般为2~6m，砂层渗透系数k>1×10-5cm/s、泥层渗透系数k<1×10-6 cm/s。泥砂互层场地为渗透性差异明显的泥层与砂层无序分布，渗透性弱的泥层因渗透性强砂层的存在而具有双面排水效应。此类场地处理的重点在于砂层需消除液化、挤密压实，泥层需增加排水通道和固结压力，最终完成排水固结。

2.1.7 粉土夹淤场地

条文说明：粉土夹淤单层厚度一般0.5~5.0m，因淤泥、粉土夹杂，渗透系数k差异大，其排水较为困难，传统的静力排水固结与一般的动力排水固结应用困难，高孔隙水压力难以消散，直接强夯容易形成“橡皮土”。

2.1.8 表层厚泥场地

一般在吹填区排水口附近或吹填途径远端和多管吹填的回水区形成，表层厚泥场地土层厚度范围一般为3~15m，渗透系数k小于1×10-6cm/s。包括浮泥（ω>150%）、流泥（85%<ω≤150%）、淤泥（55%<ω≤85%，1.5<e≤2.4）、淤泥质黏土（36%<ω≤55%，1.0<e≤1.5，IP>17）、淤泥质粉质黏土（36%<ω≤55%，1.0<e≤1.5，10<IP≤17）等。表层为较薄吹填砂（厚度小于2m），而下覆为原滩涂较厚淤泥的场地也属于此类别。

2.1.9 静动组合排水固结技术

静动组合排水固结法强调“以静为主、以动为辅、以静为本、以动为促、无静莫动”。静力荷载是方法的基础，为动力荷载提供作用载体，动力荷载使土体产生微裂缝、超孔隙水压力，形成水柱效应，促进静力排水；二者同时作用、反复加载，不断打破土体平衡，使场地保持较高的固结速率。静力荷载包括堆载荷载、真空预压荷载或降水预压荷载，动力荷载包括强夯、振动碾压或冲击碾压。

2.1.10 短程超载真空预压动力排水固结技术

短程超载真空预压动力排水固结法适用于表层厚泥场地，其理论基础为在同一压力作用下，软土的排水固结速率和有效应力随时间的增长而逐渐减弱，通过增加上部作用的压力，使软土层固结沉降速率保持较快，促进软土固结快速完成。具体原理图2.1-2所示，真空系统布置完成后抽真空，真空度达到设计要求后，分层施工堆载层，形成真空联合堆载预压，快速排水固结。当沉降速率减慢时叠加动力荷载，进一步加速排水固结，使沉降曲线出现多次拐点，固结沉降在短时间内完成。



图 2.1‑1短程超载真空预压动力排水固结系统图



图 2.1‑2短程超载真空预压动力排水固结联合法S-t曲线

2.1.11 堆载降水预压强夯联合法

堆载降水预压强夯联合法适用于表层厚砂场地和泥砂互层场地。其原理是充分利用表面砂层作为水平排水通道，土体在静力荷载（堆载荷载、降水预压荷载）及动力荷载共同作用下，通过设置配套的降排水设施，使土体内的水被排出，超孔隙水压力加速消散，地基强度大大增强。



（1-止水墙、2-排水板、3-初始水位、4-降水水位、5-堆载土、6-管井、7-抽水系统、8-强夯）

图 2.1‑3堆载降水预压强夯联合法处理系统图

2.1.12 立体式组合动力排水固结技术

立体式组合动力排水固结法适用于粉土夹淤场地。其原理是在弱渗透性土层中设置水平向真空吸水装置，通过采用重力抽水、真空负压吸水等不同的排水组合方式，再叠加动力荷载改变松软土中地下水的渗流排出条件，使动静荷载、土体排水条件相互耦合，促使非均质松软土的排水固结同步进行。

图 2.1‑4立体式排水固结系统立面图（单位：m）

图 2.1‑5立体式排水固结系统平面图

# 基本规定

3.0.4 预留沉降量包括场地在形成过程中的沉降量、原状土层的沉降量、施工期间及施工完成后的吹填土层和原状土层的固结沉降量。

# 吹填场地的勘察和分类

## 4.2 吹填场地勘察

4.2.3 由于吹填场地管口位置和吹填次数的影响，导致场地内吹填土层厚度和岩性相差较大，为更好的反映土层的变化，勘察时对流动浮泥或流泥除采用适宜的取土器取土外，还需结合静力触探、十字板剪切等原位测试方法，评价非均质吹填土的性质。

## 4.3 吹填土土工试验

4.3.4 土粒比重无经验的地区可按表 4.3‑1采用。

表 4.3‑1 土粒的比重经验值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 土的名称 | 黏土 | 粉质黏土 | 粉土 | 粉砂 |
| 土粒比重 | 2.74 | 2.72 | 2.70 | 2.68 |

## 4.4 吹填场地分类

4.4.1 吹填土根据分阶段吹填、吹填管口数量以及吹填物料可进一步细分如下：

1 根据分阶段吹填可分为一次性吹填场地和多次吹填场地。

多次吹填是指场地由二次以上管口吹填完成，每次吹填时的管口位置有的相同、有的不同，具体由吹填水力学特征所形成场地物料剖面分布，见图4.4-1和图4.4-2所示。相同管口的两次吹填造成剖面上物料交错重叠，第一次物料受到压缩；不同位置管口两次吹填导致物料剖面相当复杂，如果有第二次吹填则更为复杂。



图4.4-1二次相同位置吹填管口场地物料剖面分布 图4.4-2二次不同位置吹填管口场地物料剖面分布

2 根据吹填管口数量可分为单管口吹填场地、双管口吹填场地和多管口吹填场地。

物料经管道水力输送到围堰内时，一般有一定的落差（与围堰高度有关，一般大于2m），水输物料在泵送压力和水头差作用下，水流由集中流变为分散流，对场地形成吹填作用，在管口前方快速堆积粗粒物料（砾石、粗砂、原岩块体）而形成管口扇形粗粒堆积区；随着吹填水的分散和水力坡度的减小，流速逐渐变慢，水力携带的物料粒径逐渐变小，而形成坡面较小的较细粒度的物料堆积区；随着吹填水距吹填管口的距离加大，流速与坡度越来越小，堆积的物料以粉粒及粘粒为主，当接近出水口的围堰端时，水流流速很慢而沿围堰内侧环流迴水，极细的粘粒呈流泥状，缓慢沉淀而形成淤泥、流泥、浮泥区。



图4.4-3 单管水力吹填场地物料粒度分布 图4.4-4 双管水力吹填场地物料粒度分布



图4.4-5 三管水力吹填场地物料粒度分布示意图

3 吹填物料可分为就近航道（码头）疏浚物料、航道码头开挖或加深物料、异地取用吹填物料、船运物料吹填等。

就近航道（码头）疏浚物料位于造地附近的航道或码头，经长期运行而形成一定厚度的淤塞，一般的淤塞料为淤泥或淤泥质土及淤泥夹砂类土；航道、码头开挖或加深，往往除了水底新近淤积的淤泥或淤泥质土外，大多为沉积历史较长、强度较高的土体或风化残积土，这类土经绞吸切割后往往呈块体（保留了土体原结构）被输送进场地；异地取物料吹填一般是指距离围堰较远和围堰附近不能满足吹填用料的情况；船运物料吹填一般采用船运物料吹填料多为远地的砂或砂类土，在船上采用管输吹填后，场地内多以砂为主，远端出水口的迴水区为淤泥质粉砂或淤泥质粉土，淤泥及流泥区几乎没有。

# 短程超载真空预压动力排水固结法

## 5.1一般规定

5.1.4 大量的工程经验表明，在距真空预压边界15m范围内会有较为明显的沉降，20m以外沉降和侧向位移会较小。

5.1.8 工前原位检测应为吹填场区精细化分区设计提供基础资料。

## 5.2设计

5.2.2 对于淤泥及淤泥质黏土，按照目前的施工工艺，膜下真空荷载能达到85kPa以上，当加固区周边条件复杂需要采取黏土密封墙等措施时，膜下真空荷载一般也能达到80kPa。为节约成本，在地基处理完成后，堆载预压填土顶面高程宜与场地交工高程一致，减少卸载工作量。

5.2.4 现行行业标准《建筑地基处理技术规范》（JGJ79）中规定水平排水砂垫层的厚度不应小于500mm，现行国家标准《吹填土地基处理规范》（GB 51064）中规定水平排水砂垫层的厚度不宜小于400mm。威海港和汕头地区短程超载真空预压动力排水固结工程中水平排水砂垫层的厚度多采用400mm，均取得了满意的加固效果

5.2.6 编织土工布一般采用200g/m2，可根据具体情况调整，主要起隔离淤泥、透水和改变接触方式扩散上部应力的双重作用。

5.2.7 针对砂资源的紧张情况，调查结果显示，有采用波纹滤管代替砂垫层做为水平排水通道的工程实例，也取得了较理想的加固效果。

5.2.8 加固时间同排水距离的平方成反比，塑料排水板间距越小，真空预压加固时间越短。经验表明，由于地基的扰动和涂抹等因素的影响，当塑料排水板间距小于0.7m时，对地基的扰动很大，塑料排水板打设费用增加较多，而加固时间的减少并不明显；当塑料排水板间距大于1.3m时，塑料排水板打设费用减少，而加固时间的增长明显，造成施工的总体费用增加，因此真空预压常用的塑料排水板间距为0.7～1.3m。

5.2.13 压膜沟开挖困难时，可直接将密封膜踩入泥面以下0.5m。

5.2.14 工程实践证明，当黏土密封墙的黏粒含量大于15%时，渗透系数小于1×10-5cm/s，可以起到密封的作用。

5.2.15 土工布保护层宜采用250g/m2，主要防止砂垫层或堆载料刺穿真空膜，影响抽真空效果。

5.2.17 根据工程经验，抽真空设备的功率低于7.5kW时，加固效果不易保证，功率高于50kW时，易使塑料排水带堵淤。考虑真空吸力会加速排水板的堵塞，有效真空预压时间不宜多于120d。

5.2.18 考虑真空吸力会加速排水板的堵塞，有效真空预压时间不宜多于120d。

5.2.19 堆载厚度应充分考虑减少后期卸载和补土的情况，减少作业工序。有压实度要求的场地，堆载填土应进行分级压实，每级厚度不应大于0.5m。

5.2.20 由于预压初期，地基在真空预压荷载下的沉降量较大，而该部分沉降量不会对地基失稳造成影响。工程实践经验表明，在真空联合堆载期间，地基的沉降速率在30mm/d以下较好。

5.2.21 吹填场地采用的是低能量级的动力固结参数和夯击能由低到高的逐步加大的多遍夯击方式，吹填土含水量越大，粒度越细，强度越低，夯击能越低，但夯击遍数越多和夯点间距越小，单位总夯击能基本相同。这是一种特殊的适用于松软土体的轻夯多遍强夯工艺。普夯应锤印边边搭接；点夯遍数宜为4~6遍，每点击数4~5击，每遍点夯位置错开，形成梅花形布置，间距5~7m。

5.2.22 对含水率高、软弱土层较厚、渗透性较差的粘性土和粉性土，宜间歇7d~14d；对砂土、地下水位较低或含水率较小的吹填土、以及其它渗透性较好的地基土宜间歇2d~7d。

## 5.3施工

5.3.2 真空预压施工主要依靠电能，真空泵利用电能在排水系统中形成持续稳定的负压，将浅表层地基中的重力水排出。施工前尽早准备电力资源，当能利用网电时，尽量采用网电供电；当无法利用网电时，则及时准备柴油发电。

5.3.3由于吹填软土承载力低，施工人员难以在地表上作业，存在着很大的施工安全隐患；另外，需要注意塑料排水板头和水平排水管路与其下的浮泥隔开，避免淤泥封堵排水通道，以确保加固效果。而编织布具有透水性良好、抗拉强度较高等特点，铺设在在浮泥表层可起到有效隔泥和安全防护的作用。

5.3.4 砂垫层铺设前整平场地，以保证砂垫层的铺设厚度；真空预压是将密封膜铺在砂垫层上抽真空，而单层密封膜厚度一般只有0.12～0.16mm，因此，如砂垫层中混有尖石、铁器等利刃硬物，往往很容易将密封膜扎破，造成真空压力的损失。有些孔洞微小，发现和粘补均很困难，往往是工程质量的一个隐患。

5.3.5 本条规定塑料排水板的打设位置与设计位置的最大偏差不大于80mm，施工经验表明只要严格管理，精心施工，一般都能达到。

5.3.6 滤管管壁上每隔50~80mm应钻有直径Φ5~7mm的小孔，再包一层土工布作为隔土层，包裹滤管的土工布应无破损，包扎严密，防止堵塞；滤管埋设于排水砂垫层中，其上覆厚度宜为100~200mm。

5.3.12 压膜沟内的塑料排水板不能剪断，需要同水平排水垫层相连通，否则会影响压膜沟处的加固效果。

5.3.16 对周围建筑物和环境的影响评估和安全施工距离以及强夯施工侧向挤压水平变形对人工边坡、海堤、挡墙等构筑物的影响等应通过现场试夯振动测试确定。

## 5.4 监测检测

5.4.1 为合理评估浅表层地基浅表层地基处理效果，在打设排水板之后，进行地表沉降监测。在真空荷载施加之前，浅表层地基在地基自重荷载及施工荷载的作用下已开始固结，该部分沉降变形是超软弱地基固结沉降变形的重要部分。

5.4.2 为防止监测点不被插板施工破坏，在打设塑料排水板后、铺设密封膜前布设监测点，在铺设密封膜后需要将地表沉降观测点移至膜上。

# 堆载降水预压强夯联合法

## 6.2设计

6.2.5 对深厚软粘土地基，应设置塑料排水带或砂井等排水竖井。当软土层厚度不大或软土层含较多薄粉砂夹层，且固结速率能满足工期要求时，可不设置排水竖井。当吹填土层呈流塑状态或在无砂少砂地区施工时可采用无砂垫层法。

6.2.12 无砂垫层施工在多个地区已得到有效实践及应用，经证明是一种加固大面积高压缩性软土地基的行之有效的方法。

6.2.14 分级加载时根据堆载材料的密度，换算成相应散料的每级堆载高度，堆载控制指标宜满足下列条件：最大竖向变形量不应超过10mm/d~15mm/d；边缘水平位移不应大于4mm/d；孔隙水压力不超过预压荷载所产生应力的50％~60％。

6.2.15 吹填场地采用的是夯击能由低到高的逐步加大的多遍夯击施工方式，设计应遵循“先轻后重、轻夯多遍”的原则。吹填土，粒度越细，强度越低，夯击能越低，但夯击遍数越多。淤泥质粉土、粘性土吹填场地的低能量强夯单击夯击能可从400kN.m逐渐增加到2000kN.m。

# 立体式组合动力排水固结法

## 7.1一般规定

7.1.4采用不同的立体式排水系统，对高含水量的淤泥、淤泥质土、砂类土等非均质场地状软土地基进行静力排水，通过采用不同参数，如排水系统布设深度、间距等提高软土固结排水效率，达到同步排水固结的目的。

## 7.2设计

7.2.5 水平真空管各层间的距离可根据土性确定，淤泥质土中控制在4m~5m左右，渗透性较好的粉质黏土或粉土，间距6m~8m。

7.2.8 对渗透性较差的粉土和淤泥质粉质黏土互层场地、淤泥质粉质黏土场地吹填场地在降水预压附加荷载作用下，进行动力加载，消除工后沉降和差异沉降。

7.2.9 动力加载采用“轻夯多遍”的施工工艺，在场地表面形成“硬壳层”，保证地基承载力的同时，对夹层粉土或淤泥质土形成“动力预压”。当粉土和淤泥质粉质黏土互层场地、淤泥质粉质黏土场地在降水预压附加荷载作用下，不能完成90%固结度的情况下，通过增加单位面积动能的方法补充预压荷载的不足。

# 工程验收

本章节规定了短程超载真空预压动力排水固结法、堆载降水预压强夯联合法和立体式组合动力排水固结法处理地基后的相关验收，工行业参考。

# 环境保护

本章节本着低碳环保的原则，对静动组合排水固结技术进行了相应规定，供行业参考。