

建筑施工技术与工程管理

刘海龙 尹克俭 韩 阳◎主编



吉林人民出版社

建筑施工技术与工程管理

刘海龙 尹克俭 韩 阳◎主编

吉林人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑施工技术与工程管理 / 刘海龙, 尹克俭, 韩阳
主编. -- 长春: 吉林人民出版社, 2022.8
ISBN 978-7-206-19352-1

I. ①建… II. ①刘… ②尹… ③韩… III. ①建筑施
工-施工技术②建筑施工-施工管理 IV. ①TU7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 166369 号

责任编辑: 田子佳
装帧设计: 梁 凉

建筑施工技术与工程管理

JIANZHU SHIGONG JISHU YU GONGCHENG GUANLI

主 编: 刘海龙 尹克俭 韩 阳

出版发行: 吉林人民出版社(长春市人民大街 7548 号 邮政编码: 130022)

咨询电话: 0431-85378007

印 刷: 长春市昌信电脑图文制作有限公司

开 本: 787mm × 1092 mm 1/16

印 张: 7.5 字 数: 120 千字

标准书号: ISBN 978-7-206-19352-1

版 次: 2022 年 9 月第 1 版 印 次: 2022 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 52.00 元

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系调换。

前 言

建筑施工技术主要指的是贯穿于整个施工项目的硬软件支持。它决定着建筑工程的质量标准、企业效益及硬核技术水平。较好的施工技术可以为建筑工程带来较高的质量标准，质量标准又是衡量建筑施工的重要条件，两者是相辅相成的。如若建筑企业想要有长足发展，必须大力提升自身的建筑施工技术，增强建筑施工技术的多样性。多样化的建筑施工技术可以提升整个项目的施工质量，并且能大大缩短项目的完成时间。

近年来，随着社会的发展，建筑业虽然得到了迅猛发展，但是建筑事故却依旧频频发生，严重地威胁到人们的生命财产安全。因此，建筑的质量问题俨然已经受到了当前社会各界的高度关注，建筑企业业务必要加以重视。目前，建筑施工技术与施工管理虽然获得了进一步的更新和升级，但是为了最大限度地消除建筑物的安全隐患，建筑企业一定不能掉以轻心。当今的建筑工程施工，建筑产品的技术含量不断提高，没有一定的技术条件和技术装备难以实现产品的现实希望，而这技术条件和技术装备则需要企业的技术力量、技术管理水平来支撑和实施。技术管理工作水平的高低，很大程度上决定了企业的经济效益、企业信誉乃至企业存亡的问题。技术管理是企业管理的重要组成部分。施工过程中，自始至终都渗透着技术管理工作，从工程合同的签订到竣工验收决算过程无不与技术管理工作相联系。通过技术管理，才能保证施工过程的正常进行，才能使施工技术不断进步，从而保证工程质量。本书对建筑施工技术与工程管理两个方面提出了部分具有建设性的建议和意见，对于建筑与城市规划具有非常重要的现实意义和理论价值。由于时间、水平有限，书中难免有疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

目 录

| | |
|----------------------------------|-----|
| 第一章 建筑工程施工技术 | 1 |
| 第一节 特殊土地基的处理技术 | 1 |
| 第二节 桩基础工程施工技术 | 14 |
| 第三节 钢筋工程施工技术 | 25 |
| 第四节 混凝土工程施工技术 | 33 |
| 第二章 高层建筑深基坑支护施工技术管理重点及方法 | 45 |
| 第一节 国内外深基坑支护工程施工技术研究 | 45 |
| 第二节 水泥搅拌桩施工及长螺旋钻孔灌注桩施工技术管理 | 51 |
| 第三节 锚索施工及边坡施工技术管理 | 58 |
| 第三章 施工现场管理 | 66 |
| 第一节 施工现场管理组织内容 | 66 |
| 第二节 施工项目经理责任内容 | 81 |
| 第四章 施工组织设计内容 | 91 |
| 第一节 施工组织设计基本内容 | 91 |
| 第二节 施工组织设计的编制与执行 | 98 |
| 结束语 | 109 |
| 参考文献 | 110 |

第一章 建筑工程施工技术

第一节 特殊土地基的处理技术

一、特殊土地基的工程性质及处理原则

(一) 淤泥类土

软土是指淤泥和淤泥质土。软土是一种主要由黏性颗粒组成的土，在静水或非常缓慢的流水环境中沉积而成。具有含水量大、压缩性高、透水性小、承载力低等特点，主要分布在我国东南沿海、沿江和湖泊地区。软土中分布量最大、面最广的是淤泥类土，它属于低强度、高压缩性的有机土，是事故多发、难以处理的地基土。淤泥类土的工程性质如下所示。

1. 压缩性高、沉降量大。一般情况下，建在淤泥类土上的砖石结构的民用房屋沉降幅度如下：二层为 15~30 cm；四层为 25~60 cm；五层以上多超过 60 cm，其中福州、中山、宁波、新港、温州等地沉降最大。这些地区四层房屋下沉超过 50 cm，有的高达 60 cm 以上。

2. 由黏粒、粉粒构成，黏粒含量高，渗透性低。淤泥类土的渗透系数一般为 $1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-1}$ cm/s，土的固结时间很长，房屋沉降稳定历时达数年至数十年。在正常的施工速度情况下，超过二层的房屋，施工期间沉降占总沉降的 20%~30%，其余的沉降可延长 20 年以上。在新开发区修筑道路时，我们可发现道路填土过多造成路基不均匀下沉现象。路面因不均匀沉降而产生的裂缝，虽经修补但仍很难恢复，其主要原因是填筑后产生的沉陷恢复稳定需要的时间比较长。

3. 快速加荷可引起大量下沉、倾斜及倾倒。饱和淤泥类土的承载能力与加荷排水状况有很大的关系。如果加荷速率过快，土壤中的水分无法排出，则会使孔隙内的水压升高；当外荷超过允许承载力的 50% 时，则会使

地基发生塑性变形，大量的土体被挤压出来，造成地基的沉降或地基失稳。

4. 土的抗剪强度低、易于滑坡。饱和结构性淤泥土的强度决定于黏聚力值，在 10~20 kPa，因此地基的允许承载力最高为 100 kPa，低者 30~40 kPa。软土边坡的稳定坡度值很低，只有 1:5 (坡高与坡长之比)，地震时为 1:10，降水后有所提高，但预压后，地基承载力可提高一倍。

(二) 杂填土地基

杂填土，是指含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土。从上述定义不难看出“杂填土”中的“杂”并不是汉语词典表述的词义：多种多样、不单纯的意思，而是含建筑垃圾、工业废料、生活垃圾的意思。所以对于同时包含碎石、卵石、砂、粉土及黏性土中的一种、一种以上或建筑垃圾、工业废料、生活垃圾含量很少或较少的土不能界定为杂填土。

1. 建筑垃圾

建筑垃圾是指从事建筑业的拆除、建设、装饰、修理等生产活动所产生的渣土、废混凝土、废砖石等废弃物。

2. 工业废料

工业废料，即工业固体废弃物，是指工矿企业在生产活动过程中排放出来的各种废渣、粉尘及其他废物等。如化学工业的酸碱污泥、机械工业的废铸砂、食品工业的活性炭渣、纤维工业的动植物的纤维屑、硅酸盐工业的砖瓦碎块等。

3. 生活垃圾

生活垃圾是指在日常生活或者为日常生活提供服务的活动中产生的固体废物，以及法律、行政法规规定视为生活垃圾的固体废物。

垃圾分类是指按照一定规定或标准将垃圾分类储存、分类投放和分类搬运，从而转变成公共资源的一系列活动的总称。垃圾分类的目的是提高垃圾的资源价值和经济价值，力争物尽其用。

从工程意义上来说，杂填土通常因为其成分复杂、均匀性极差而且可能存在不良工程性能 (比如生活垃圾容易降解)，一般不宜直接作为地基土或填筑材料使用，是工程性能极差的土类型，工程实践中一般作为弃土。

杂填土是一种具有高度压缩不均匀、强度差别较大的软弱地基土。在

没有经过任何处理的情况下，杂填土是不能做地基的，应慎重对待。

(三) 湿陷性黄土

湿陷性土包括湿陷性黄土及具有湿陷性的碎石土、砂土和其他土。湿陷性土的特点是当其未受水浸湿时，一般强度较高，压缩性较低。但受水浸湿后，在上覆土层的自重应力或自重应力和建筑物附加应力作用下，土的结构迅速破坏，并发生显著的附加下沉，其强度也随着迅速降低。

湿陷性土主要由湿陷性黄土组成。湿陷性黄土是指在一定压力下受水浸湿，土结构迅速破坏，并产生显著附加下沉的黄土。它广泛分布于我国甘肃、宁夏、陕西和山西等黄土高原地区，其工程性质如下：

1. 具有大孔结构，孔隙比 >1 ，孔隙率 $n > 45\%$ ，粉粒含量占 60% 以上；
2. 天然含水量接近塑限；
3. 含有大量可溶性盐类。

(四) 膨胀土

膨胀土是主要由蒙脱石、伊利石等强亲水性黏土矿物组成的高塑性黏性土，具有胀缩性、多裂隙性、水敏性、强度衰变性、超固结性和地形的平缓性。膨胀土主要分布于我国湖北、广西、云南、安徽、河南等地，其工程特性如下：

1. 颜色有灰白、棕、红、黄、褐及黑色；
2. 粒度成分中以黏土颗粒为主，一般在 50% 以上，最低也要大于 30% ，粉粒次之，砂粒最少；
3. 矿物成分中黏土矿物占优势，多为伊利石、蒙脱石，高岭石含量很少；
4. 胀缩强烈，膨胀时产生膨胀压力，收缩时形成收缩裂隙。长期反复胀缩使土体强度产生衰减；
5. 各种成因的大小裂隙发育；
6. 早期生成的膨胀土具有超固结性，胀缩变形特性引起巨大危害。

二、特殊土地基的处理方法

在特殊土地基上建造建(构)筑物,这类地基土强度低、压缩性高,易引起上部结构开裂或倾斜,一般都需经过地基处理。因为建(构)筑物不均匀沉降,造成地基处理就是按照上部结构对地基的要求,对地基进行必要的加固或改良,提高地基土的承载力,保证地基稳定,减少房屋沉降或不均匀沉降,消除黄土湿陷的现象。地基处理的方法甚多,仍在不断地涌现和完善,下面将介绍几种常见的处理方法。

(一) 灰土垫层

灰土垫层的材料为石灰和土,石灰和土的体积比一般为3:7或2:8。灰土垫层的强度随用灰量的增大而提高,但当用灰量超过一定值时,其强度增加很小。灰土地基施工工艺简单、费用较低,是一种应用广泛、经济且实用的地基加固方法,适用于加固处理1~3 m厚的软弱土层。

1. 材料要求

(1) 土:土料可采用就地基坑(槽)挖出来的粉质黏土或塑性指数大于4的粉土,但应过筛,其颗粒直径不大于15 mm,土内有机含量不得超过5%。不宜使用块状的黏土和砂质粉土、淤泥、耕植土、冻土。

(2) 石灰:应使用达到国家三等石灰标准的生石灰,使用前生石灰消解3~4天并过筛,其粒径不应大于5 mm。

2. 施工要点

在使用灰土垫层处理特殊土地基时,施工人员应该遵守以下施工要点:

(1) 在施工之前要先验一下槽,将积水和淤泥清理干净,夯实两遍,待其干燥后方可铺灰土。

(2) 在灰土施工时,要适当地控制其含水率,以用手紧握土料成团,手指轻捏就能碎为宜,如土料水分过多或不足时,可以晾干或洒水润湿;应拌和均匀,颜色均匀,拌好后及时铺好夯实;厚度内槽(坑)铺土应分层进行,壁上预设标志控制。

(3) 按设计要求,在现场进行测试,确定每一层的夯打遍数,通常夯打(或碾压)不少于四遍。

(4) 灰土分段施工时, 墙脚、柱墩、承重窗间墙之间的接缝不能有缝隙, 上下相邻两层灰土的接缝间距不得小于 0.5 m, 接缝处的灰土应充分夯实; 当灰土垫层地基高度不同时, 应做成阶梯形, 每阶宽度不少于 0.5 m。

(5) 在地下水位以下的基槽、坑内施工时, 应采取排水措施, 在无水状态下施工; 夯实后的灰土两天内不得受水浸泡。

(6) 灰土打完后, 应及时进行基础施工, 并及时回填土, 否则要做临时遮盖, 防止日晒雨淋; 刚打完毕或尚未夯实的灰土, 如遭受雨淋浸泡, 则应将积水及松软灰土除去并补填夯实; 受浸泡的灰土, 应在晾干后再使用。

(7) 在冬季施工中, 严禁使用冻土或拌有冻土的土料, 并采取有效的防冻措施。

3. 质量检查

质量检查可用环刀法取样, 测定其干密度, 质量标准可按压实系数 λ 鉴定, 一般为 0.93 ~ 0.95。

(二) 砂垫层和砂石垫层

由于地基的软土比较松软, 通常会将基础下面一定厚度软弱土层挖除, 用砂或砂石垫层来代替, 以起到提高基础土地基承载力, 减少沉降, 加速软土层排水固结作用。砂、砂石垫层的主要作用: 提高基础底面以下地基浅层的承载力。地基中的剪切破坏是从基础底面下边角处开始, 随基底压力的增大而逐渐向纵深发展的, 因此当基底面以下浅层范围内可能被剪切破坏的软弱土为强度较大的垫层材料置换后, 可以提高承载能力, 减少沉降量。一般情况, 基础下浅层的沉降量中所占的比例较大。由于土体侧向变形引起的沉降, 理论上也是浅层部分占的比例较大。以垫层材料代替软弱土层, 可大大减少这部分的沉降量, 加速地基的排水固结。用砂石作为垫层材料, 由于其透水层大, 在地基受压后便是良好的排水面, 可使基础下面的空隙水压力迅速消散, 避免地基土的塑性破坏, 加速垫层下软弱土层的固结及其强度的提高。

砂、砂石垫层的适用范围: 适用于 3 m 内的软弱、透水性强的黏性土层处理, 垫层厚度一般为 0.5 ~ 2.5 m 之间为宜; 若超过 3 m, 则费工费料, 施工难度也较大, 经济费用高; 若小于 0.5 m, 则不起作用。

1. 材料要求

砂、砂石垫层宜用颗粒级配良好、质地坚硬的中粗砂、砾砂、卵石和碎石；也可以采用细砂，但宜掺入一定数量的卵石或碎石，其掺入量按设计规定（含石量不超 50%）。此外，如石屑、工业废料，经过试验合格后亦可作为垫层的材料。兼起排水固结作用的垫层材料含泥量不宜超过 3%，碎石或卵石粒径不宜大于 50 mm。

2. 施工要点

在使用砂、砂石垫层处理特殊土地基时，施工人员应该遵守以下施工要点：

(1) 砂石均需机械拌和均匀后方可分层夯填；

(2) 施工前要统一放置标高及清除干净基底杂草浮土，同时应严禁搅动下卧层及周边土质层；

(3) 为防止下雨造成边坡塌方，施工作业前应在基坑内及四周做好排水措施，从而确保边坡稳定；

(4) 如基底尚存在较小厚度淤泥质土，为防止碾压时冒出泥浆或脱层，可在施工前往该处抛石挤密，或将基层压入底层；

(5) 应分层分级夯铺，每层铺设厚度应小于 300 mm，如采用大型碾压机械，其铺设厚度可控制在 500 mm 以内。

3. 质量检查

在捣实后的砂垫层中，用容积不小于 200 立方厘米的环刀取样，测定其干密度，以不小于通过试验所确定的该砂料在中密状态时的干密度数值为合格。如系砂石垫层，施工人员可在垫层中设置纯砂检查点，在同样施工条件下取样检查。中砂在中密状态的干密度，一般为 $1.55 \sim 1.60 \text{ g/cm}^3$ 。

(三) 强夯法

强夯法指的是为提高软弱地基的承载力，用重锤从一定高度下落夯击土层使地基迅速固结的方法。该方法是利用起吊设备，将 10 ~ 100 吨的重锤提升至 10 ~ 40 m 高处使其自由下落，依靠强大的夯击能和冲击波作用夯实土层。现有经验表明：在 100 ~ 200 吨米夯实能量下，一般可获得 3 ~ 6 m 的有效夯实深度。强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与黏性

土、湿陷性黄土、杂填土和素填土等地基。对高饱和度的粉土与黏性土等地基，当采用在夯坑内回填块石、碎石或其他粗颗粒材料进行强夯置换时，应通过现场试验确定其适用性。

1. 机具设备

(1) 夯锤

强夯锤的锤重范围为 10 ~ 150 t，底面形式宜采用圆形或多边形。夯锤的材质最好为铸钢，如条件所限，则可用钢板壳内填混凝土。夯锤底面宜对称设置若干个直径约 250 ~ 300 mm 与顶面贯通的排气孔，以利于夯锤着地时坑底空气迅速排出和起锤时减小坑底的吸力。锤底面积应该按土的性质确定，对于砂质土和碎石填土，采用底面积为 2 ~ 4 m² 较为合适；对于黏性土一般为 3 ~ 4 m²；对于淤泥质土一般采用 4 ~ 6 m² 为宜。锤底静接地压力值可取 25 ~ 40 kPa，对于细颗粒土锤底静接地压力宜取较小值。

(2) 起重机具

一般选用 15 t 以上的履带式起重机或其他专用的起重设备；当起重机吨位不够时，亦可采取加钢支腿的方法，起重能力应大于夯锤重量的 1.5 倍；采用履带式起重机时，可在臂杆端部设置辅助门架，或采用其他安全措施，防止落锤时机架倾覆。

(3) 脱钩器

脱钩器应该有足够强度，起吊时不产生滑钩；脱钩灵活，能保持夯锤平稳下落，同时挂钩方便、迅速。

(4) 推土机

一般情况下，使用 120 ~ 320 型推土机，用作回填、整平夯坑。

2. 作业条件

(1) 应有岩土工程勘察报告、强夯场地平面图及设计对强夯的效果要求等技术资料；

(2) 强夯范围内的所有地上、地下障碍物已经拆除或拆迁，对不能拆除的已采取防护措施；

(3) 场地已整平，并修筑了机械设备进出道路，表面松散土层已经预压，雨期施工周边已挖好排水沟，防止场地表面积水；

(4) 已选定检验区做强夯试验，通过试夯和测试，确定强夯施工的各项

技术参数，制定强夯施工方案；

(5) 当强夯所产生的振动对周围邻近建(构)筑物有影响时，应在靠建(构)筑物一侧挖减振沟或采取适当加固防振措施，并设观测点；

(6) 测量放线，定出控制轴线、强夯场地边线，钉木桩或点白灰标记出夯点位置，并在不受强夯影响的处所，设置若干个水准基点。

3. 质量检查

在使用强夯法处理特殊土地基时，质量检查应该遵守以下几点：

(1) 应检查施工记录及各项技术参数，并应在夯击过的场地选点检验；

(2) 一般可采用标准贯入、静力触探或轻便触探等方法，符合试验确定的指标即为合格；

(3) 检查点数，每个建筑物的地基不少于3处，检测深度和位置按设计要求确定。

(四) 灰土挤密桩

灰土挤密桩常用以消除黄土的湿陷性，适用于处理地下水位以上的湿陷性黄土、素填土和杂填土等。处理深度宜为5~15 m，是湿陷性黄土地基处理常用的方法之一，因此在中国西北及华北等黄土地区已广泛应用。

灰土挤密桩法是利用柴油锤打桩机锤击沉管挤压成孔，使桩间土得以挤密，用灰土填入桩孔内分层夯实形成灰土桩，并与桩间土组成复合地基的地基处理方法。

1. 材料及构造要求

(1) 土料：可采用素黄土及塑性指数大于4的粉土，有机质含量小于5%，不得使用耕植土；土料应过筛，土块粒径不应大于15 mm。

(2) 石灰：选用新鲜的块灰，使用前7d消解并过筛，不得夹有未熟化的生石灰块粒及其他杂质，其颗粒直径不应大于5 mm，石灰质量不应低于二级标准，活性CaO+MgO的含量不少于60%。

(3) 对选定的石灰和土进行原材料和土工试验，确定石灰土的最大干密度、最佳含水量等技术参数。拌和采用集中拌和设备，确保充分拌和及颜色均匀一致，灰土的夯实含水量宜控制在最佳含水量 $\pm 2\%$ 之间，边拌和边加水，确保灰土的含水量为最优含水量。

2. 施工要点

在使用灰土挤密桩处理特殊土地基时，施工人员应该遵守以下施工要点：

(1) 施工前应在现场进行成孔、夯填工艺和挤密效果试验，以确定分层填料厚度、夯击次数和夯实后干密度等要求；

(2) 灰土的土料和石灰质量要求及配制工艺要求同灰土垫层，填料的含水量超出或低于最佳值3%时，宜进行晾干或洒水润湿；

(3) 桩施工一般采取先将基坑挖好，预留20~30 cm土层，然后在坑内施工灰土桩，基础施工前再将已搅动的土层挖去；

(4) 桩的施工顺序应先外排后里排，同排内应间隔一两个孔，以免因振动挤压造成相邻孔产生缩孔或坍孔，成孔达到要求深度后，施工人员应立即夯填灰土，填孔前应先清底夯实、夯平，夯击次数不少于8次；

(5) 桩孔内灰土应分层回填夯实，每层厚350~400 mm，夯实可用人工或简易机械进行，桩顶应高出设计标高约150 mm，挖土时将高出部分铲除；

(6) 如果孔底出现饱和软弱土层时，可采取加大成孔间距，以防由于振动而造成已打好的桩孔内挤塞；当孔底有地下水流入，可采用井点抽水后再回填灰土或可向桩孔内填入一定数量的干砖渣和石灰，经夯实后再分层填入灰土。

3. 质量保证措施

(1) 严格执行现行标准、规范、规程；

(2) 施工时加强管理，进行认真的技术交底和检查，桩孔要防止漏打或漏填，并将每天每班成孔挤成桩工作量及时复核，并整理上报；

(3) 严把质量关，施工过程中各工序都要设专人负责监督成孔、回填、夯实质量并做好施工记录，如发现地基土质异常并影响成孔、回填或夯实时，应立即停止施工并报甲方项目部、监理单位负责人员，待查明情况或采取有效措施处理后方可继续施工；

(4) 每道工序必须实施下道工序对上道工序的验收制度，当班人员在自检的基础上与质量技术组一起进行验收；

(5) 做好技术资料整理。施工人员根据每天实际完成工程量，认真如实填写工程隐蔽验收记录和灰土挤密桩桩孔施工记录表，并上报监理单位；

(6) 施工过程应加强质量抽查, 抽查数量不得少于成桩数量的 2%, 采用环刀取样测定桩身土的压实系数及桩间土的挤密系数, 并做好记录。对不合格的桩应采取加桩补救的措施。

4. 安全措施

(1) 施工人员进入施工现场要进行安全教育, 并做好记录;

(2) 现场施工人员必须严格执行有关规程、规范以及各种安全生产操作规程;

(3) 桩机操作时, 应安放平稳, 防止成孔时突然倾倒或锤头突然下落, 造成人员伤亡或设备损坏;

(4) 成孔时距桩锤 6 m 范围内不得有人进行其他作业;

(5) 已成好的孔尚未回填时, 应加盖板, 以免人员或物件掉入孔内;

(6) 夯填前, 应先检查夯实机等电源线绝缘是否良好, 接地线、开关应符合要求, 电线不得拖地使用, 应一律架空, 倒车时一定要有人看好并拉好电线, 以免拉、轧断电线造成触电事故;

(7) 成孔最好当天填完, 遇隔夜施工要做好防雨措施, 将孔围拢, 孔眼要覆盖, 同时要做好施工现场的排水工作, 做到安全文明施工。

(五) 砂桩

砂桩于 19 世纪 30 年代起源于欧洲。20 世纪 50 年代后期, 日本产生了振动式和冲击式的施工方法, 处理深度可达 30 m。砂桩技术自 20 世纪 50 年代引进我国后, 在工业与民用建筑、交通、水利等工程建设中得到了应用。砂桩是指用振动或冲击荷载在软弱地基中成孔后, 再将砂挤压入土中, 形成大直径的密实柱体。砂桩可以提高地基的强度, 减少地基的压缩性, 提高地基的抗震能力, 防止饱和松散砂土地基的振动液化。

1. 材料和构造要求

砂可用天然级配的中、粗砂或其他有良好渗水性的代用材料, 粒径以 0.3 ~ 3 mm 为宜, 含泥量不大于 5%。构造上要求砂桩直径一般为 220 ~ 320 mm, 最大可达 700 mm, 间距宜为 1.8 ~ 4.0 倍桩径, 桩深度应达到压缩层下限处。如在压缩层范围内有密实的下层, 则只加固软土层部分。砂桩布置应该呈梅花形。桩的平面尺寸, 在宽度及长度方向最外排砂桩轴线到基础边缘距离应

不小于 1.5 倍砂桩直径或 1/10 砂桩有效长度，以防止基土塑性变形及冻胀的影响。在加固饱和软土地基时，一般在桩顶上设置一层厚度不小于 200 mm 的砂垫层，布满整个基底，以起扩散应力和排水的作用。

2. 砂桩的作用

(1) 在松散砂土中的作用：挤密作用、振密作用、砂土地基预震作用。对挤密砂桩的沉管法或干振法，由于在成桩过程中桩管对周围砂层产生很大的横向挤压力，桩管体积的砂被挤向桩管周围的砂层，使桩管周围的砂层孔隙比减小，密实度增大。砂桩有效挤密范围约为 3~4 倍桩体直径。振动法成桩时，桩管周围土体同时受到挤密和振密作用，其有效振密范围比挤密作用更明显，可达 6 倍桩体直径。

(2) 在软黏土中的作用：置换作用、排水作用。砂桩在软弱黏性土中成桩后，地基就变成由砂桩和桩间土共同组成的复合地基。由于密实的砂桩取代了在砂桩体积相等的软土，所以复合地基的承载力比天然地基大，其沉降也就比天然地基小。砂桩在软弱黏性土地基中构成排水路径，可以起着排水砂井作用，使土层中的水向砂桩集中并通过砂桩排走，加快地基固结沉降速率。

3. 施工要点

在使用砂桩处理特殊土地基时，施工人员应该遵守以下施工要点：

(1) 打砂桩时地基表面会产生松动或隆起，在基底标高以上宜预留 0.5~1.0 m 的土层，待打完桩后再将预留土层挖至设计标高，如坑底仍不够密实，可再辅以人工夯实或机械压实。

(2) 砂桩的施工顺序，应从外围或两侧向中间进行。如砂桩间距较大，亦可逐排进行。

(3) 打砂桩通常用振动沉桩机将带活瓣桩尖与砂桩同直径的钢桩管沉下、灌砂、振动拔管即成。振动力以 30~70 kN 为宜，不能过大，避免过分扰动软土。拔管速度应控制在 1~1.5 m/min 范围内，以免形成中断、颈缩，造成事故。对特别软弱土层亦可二次沉管灌砂，形成扩大砂桩。

(4) 灌砂时砂的含水量应加以控制，对饱和水的土层，砂可采用饱和状态，亦可用水冲法灌砂；对非饱和水的土、杂填土或能形成直立的桩孔孔壁的土层，含水量可采用 7%~9%。

(5) 砂桩的灌砂量应按桩孔的体积和砂在中密状态时的干土密度计

算(一般取2倍桩管入土体积),其实际灌砂(不包括水重)不得少于计算的95%,如发现砂量不够或砂桩中断等情况,可在原位进行复打灌砂。

(六) 振冲地基

振冲地基法是指利用振冲器的强力振动和高压水冲加固土体的方法。该法是国内应用较普遍和有效的地基处理方法,适用于各类可液化土的加密和抗液化处理,以及碎石土、砂土、粉土、黏性土、人工填土、湿陷性土地基的加固处理。

1. 施工机具设备

机具设备主要有振冲器、起重机械、水泵及供水管道、加料设备和控制设备等。振冲器为类似插入式混凝土振捣器的设备。起重设备采用80~150 kN履带式起重机或自制起重机具,水泵要求流量20~30 m³/h,水压0.6~0.8 N/mm²。控制设备包括:控制电流操作台、150 A 电流表、500 V 电流表以及供水管道、加料设备等。

2. 施工要点

在使用振冲地基处理特殊土地基时,施工人员应该遵守以下施工要点:

(1) 施工前应先进行振冲试验,以确定其成孔施工合适的水压、水量、成孔速度及填料方法,达到土体密实度时的密实电流值和留振时间等。

(2) 振冲施工工艺,先定位,然后振冲器对准孔点,以1~2 m/min的速度沉入土中。每沉入0.5~1.0 m,宜在该段高度悬留振冲5~10 s,进行扩孔,待孔内泥浆溢出时再继续沉入,使之形成0.8~1.2 m的孔洞。当下沉达到设计深度时,留振并减小射水压力,一般保持0.1 N/mm²,以便排除泥浆进行清孔。亦可将振冲器以1~2 m/min的均速沉至设计深度以上300~500 mm,然后以3~5m/min的均速提出孔口,再用同法扎沉至孔底,如此反复一两次,达到扩孔目的。

(3) 成孔后应立即往孔内加料,把振冲器沉入孔内的填料中进行振密,至密实电流值达到规定值为止,反复进行直至桩顶,每次加料的高度为0.5~0.8m。在砂性土中制桩时,亦可采用边振边加料的方法。

(4) 在振密过程中宜小水量喷水补给,以降低孔内泥浆密度,有利于填料下沉,便于振捣密实。