

振冲法地基处理技术与实践

ZHENCHONGFA DIJI CHULI JISHU YU SHIJIAN

卢靖 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



振冲法地基处理技术与实践

卢靖 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

振冲法地基处理技术在国内已有 30 余年的应用历史，但目前 在方案设计上仍处在半理论半经验的状态，某些设计参数还需要凭经验确定，有待于进一步的完善和提高。本书的编写在实际工程项目运作的基础经验上，并为振冲法地基处理技术的进一步发展提供更为先进的技术支持。同时也对规范国内地基与基础建设工程市场行为与秩序，提高我国相关施工企业技术应用能力与促进企业与市场的健康发展，有着十分积极与重要的意义。

图书在版编目（CIP）数据

振冲法地基处理技术与实践 / 卢靖著. — 北京：中国水利水电出版社，2014. 11
ISBN 978-7-5170-2781-2

I. ①振… II. ①卢… III. ①振冲—地基处理 IV. ①TU472

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第304755号

书 名	振冲法地基处理技术与实践
作 者	卢靖 著
出 版 发 行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www. waterpub. com. cn E - mail: sales@ waterpub. com. cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16 开本 10.75 印张 255 千字
版 次	2014 年 11 月第 1 版 2014 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	40.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换
版权所有·侵权必究

前 言 PREFACE

振冲法地基处理技术在国内各领域已广泛应用，近年来在水利水电行业的应用尤为突出，通过实践积累了大量经验，促进了振冲法地基处理技术在水利水电行业的进步和发展，尤其是在《水利水电工程振冲法地基处理技术规范》(DL/T 5214—2005) 等标准发布以来，使得振冲法地基处理技术在水利水电行业做到了有法可依、有章可循，亦使振冲法地基处理技术在设计、施工、检测与验收等方面更趋规范化、标准化，有力地保证了建设工程的质量。

振冲法地基处理技术，可以提高地基承载力、减小建（构）筑物地基的沉降、提高建筑地基的稳定性、消除地震液化。在水利水电工程项目中，应用振冲法地基处理技术除了可以加固处理水工建（构）筑物（坝、堤、闸等）的地基外，还可对已建成的土石坝（堤）体进行加固处理。如云南省昆明松华坝水库主坝后坡玄武岩风化碎石土松散坝壳，采用振冲法地基处理技术提高了坝体的密实度，为大坝加高、水库扩容奠定了基础。振冲法地基处理技术同时也是提高土石坝（堤）体及地基稳定性的有效方法之一。如云南省南盘江盘虹桥河堤多次滑坡段采用振冲法地基处理技术加固处理之后，有效地保证了河堤的抗滑稳定。

振冲法地基处理技术的处理深度，常规条件下不超过 20m，主要原因是受起吊机具及施工难度等因素限制。对于处理深度要求超过 20m 的工程，当起吊机具的起吊能力满足要求时，其施工工艺、技术工艺、施工质量控制标准等均可达到技术要求。如三峡水利枢纽二期围堰水下抛填风化砂振冲加固工程，其加固处理的深度超过了 30m。在国内，目前振冲法地基处理技术的最大加固深度已经达到 34m。

振冲法地基处理技术在国内已有 30 余年的应用历史，但目前方案设计仍处在半理论半经验的状态，某些设计参数还需要凭经验确定，有待于进一步的完善和提高。因此，当确定采用振冲法地基处理技术进行地基加固处理时，应按照建（构）筑物的级别等级进行必要的现场试验，为设计方案的拟定选取合理的参数。

振冲法地基处理的效果与建设场地地基土的类别和性质、振冲器的类型和型号、振冲施工工艺及施工技术参数的选取有关，应通过原位平板静载荷试验

确定地基的加固效果、复合地基的承载力以及变形模量等。

振冲法地基处理技术和其他地基处理方法一样具有一定的适用范围。当建(构)筑物对地基的要求与地基的工程地质条件符合振冲法地基处理技术的适用条件时,才能充分发挥其技术的优势,同时可以获得良好的经济效益。因此在采用振冲法地基处理技术时应对建(构)筑物的使用功能、建设场地的工程地质条件进行充分研究,对采用振冲法地基处理技术的可行性与经济合理性作出评价。

振冲法地基处理技术对砂类土地基具有良好的挤密效果,亦是消除地基地震液化的有效方法,这一结论已被日本等国家多次地震后的工程实例所证实。

振冲法地基处理技术在施工机具、施工工艺等方面都有较快的发展。目前,我国在常规电动振冲器机型的基础上,又已陆续生产出100kW、125kW、130kW、180kW等型号的大功率振冲器,并已在工程中投入应用,也取得了一些成功经验。遗憾的是,现行标准主要仍是针对30~75kW电动振冲器,而大功率电动振冲器、液压振冲器等施工设备以及水气联动等辅助施工工艺等,由于工程实例数量所限,标准中尚未列入。

近年来,随着我国基本建设的不断发展,各行业大型新建工程广泛展开,特别是沿海经济发达地区的大型近岸与人工吹填建设项目以及西南大型水利水电建设项目的开发,使得国内振冲行业在地基加固处理项目中的工作量,呈连续成倍递增趋向,同时也使振冲法地基处理技术在技术装备、施工工艺、工程应用技术条件与工程规模等方面都得到了高速发展。在技术应用能力与实施工程的复杂程度及工程规模等方面均已达到国际领先水平。在技术装备方面,为满足国内工程界不断增进的需求以及近年来国内施工企业广泛参与海外工程实践,进一步了解、学习国外先进技术、经验,使得我国在振冲技术装备方面得到了快速的发展,特别是大功率液压、电动振冲设备的引进与开发研制的成功,大大缩小了我国与国际先进振冲技术装备与工艺等方面的差距。

与上述情况相比,现行的标准在各方面均已表现出较大的滞后,已不能全面反映国内实际工程的应用水平,也无法满足实际工程的需要。为此需对现行标准进行修订,以满足我国基本建设行业持续发展的需要,并为振冲法地基处理技术的进一步发展提供更为先进的技术支持,同时也对规范国内地基与基础工程市场行为与秩序,提高我国相关施工企业技术应用能力与促进企业与市场的健康发展,有着十分积极与重要的意义。在此形势的驱动下,编者萌生了编写本书的设想。

本书有关资料来源,一为编者亲身经历,一为业内有关专家的支持、帮

助，因此才得以成功地收集到这些工程资料，并完成了本书的编写工作。在此向所有给予支持、帮助的有关专家一并表示感谢！

由于编者水平所限，书中难免会出现一些疏漏之处，敬请读者批评指正，以资改进。

编者

2014年6月

目 录

前言

第一章 振冲技术及其发展	1
第一节 概述	1
一、起源与发展	1
二、国内的发展现状	1
第二节 振冲法分类	2
第三节 振冲法适用地层	3
一、国内相关规范规定	3
二、国外相关资料的规定	3
第四节 振冲加固技术	4
一、常规振冲技术	4
二、其他振冲技术	4
第五节 振冲设备	6
一、水平向振动振冲器	6
二、垂向振动振冲器	9
三、水平、垂直双向振动振冲器	10
四、振冲法质量监控系统	11
第六节 加固机理与效果评述	11
一、加固机理	11
二、效果评述	13
第七节 振冲技术的发展	14
一、加快研制步伐、应用先进机具	14
二、发展和推广干法振冲技术	15
三、发展新工艺开拓振冲新领域	15
第二章 振冲加固设计	16
第一节 复合地基加固设计	16
一、复合地基承载力特征值的确定	16
二、复合地基抗剪强度的确定	16
三、变形计算	17
四、保护桩的设置	18
五、加固设计中应注意的事项	18

第二节 设计实录	18
一、某经济开发区配套园区振冲加固设计计算	19
二、某电厂主厂房地基振冲加固方案的确定	22
三、某水库溢洪道地基处理方案比对	25
四、振冲法应用于油罐地基中的设计思路	27
第三章 加固效果检测	31
第一节 概述	31
第二节 常规检测方法	31
一、标准贯入试验	31
二、圆锥动力触探	34
三、静力载荷试验	38
第三节 其他检测方法	41
一、瑞利波法	41
二、地质雷达法	41
第四节 工程实录	41
一、水利枢纽砂砾石坝基振冲试桩检测	42
二、10 万 m ³ 油罐地基振冲加固试验效果检测	47
三、振冲碎石桩复合地基综合试验检测大纲编制实例	59
第四章 电动振冲器加固	66
第一节 概述	66
第二节 电动振冲器加固应用实录	67
一、江苏某电厂地基加固中的应用	67
二、北方某电厂地基加固中的应用	73
三、振冲挤密（无外加填料）法在水利枢纽工程中的应用	80
四、振冲法加固 10 万 m ³ 油罐地基	85
五、含卵砾石中粗砂坝基振冲加固	91
六、某水库主坝后坡振冲加固	98
七、振冲碎石桩在深厚杂填土地基中的应用	102
八、山东某电厂轻亚黏土地基振冲加固	105
九、昆明地区淤泥及淤泥质黏土地基振冲加固	109
十、振冲置换法在河堤抗滑加固中的应用	115
十一、四川某水库电站大坝左岸地基振冲加固	118
十二、烟囱地基振冲碎石桩加固	125
第五章 液压振冲器加固	129
第一节 概述	129
第二节 液压振冲器应用实录	129
一、液压振冲器在河床透镜体中的应用	129

二、液压振冲器在卵砾石层边坡加固中的应用	133
三、液压振冲器在水利水电工程中的应用	135
四、液压振冲器干法施工在地基加固中的应用	139
第六章 振冲法与其他地基加固法联合加固	142
第一节 概述	142
第二节 振冲加固工程实录	142
一、振冲碎石桩与水泥粉煤灰碎石桩的组合应用	142
二、无填料振冲加振动碾压联合地基处理	148
第七章 振冲机具试验对比	153
第一节 概述	153
第二节 工程实录	153
一、振冲机具在工程实践中的改造	153
二、振冲下出料工艺与常规振冲工艺的对比	157
参考文献	163

第一章 振冲技术及其发展

第一节 概 述

振冲法是为改善不良地基,以满足建(构)筑物基础要求的地基加固处理方法。振冲技术发展至今已有 70 余年的历史,我国引进这一技术也有 30 余年了。目前已经成为使用最多的原位动力地基加固处理方法。在此期间振冲技术不仅在持续的实践中,对使用设备、机具进行了不断地研究、改进,使得振冲设备的能力与适用性有了很大的提高。而且通过大量的工程实践,已形成了一整套较为完善的施工标准体系、精细方案评估设计方法,以及行之有效的实施监控、质量检测与评定方法等。

一、起源与发展

1937 年德国凯勒公司基于混凝土振捣棒原理,设计制造出具有现代振冲器雏形的机具,并首次用于处理柏林市郊一幢建筑物的粗砂地基,没有外加填料。加固后地基承载力了提高一倍多,相对密度由 40% 提高到 80%。其后人们通常认为这种有着鱼雷状外形,通过往复插入土体内部,依靠自身产生的强烈振动和挤压加之辅以压力水冲的“家伙”,可以振密和挤密砂类土地基,在大量工程实践的基础上其有效性和经济性逐渐被人们所认识。20 世纪 40 年代传入美国,50 年代被引进到英国和法国,60 年代在非洲得到应用。20 世纪 50 年代末、60 年代初,英国、德国和美国相继通过回填碎石等粗颗粒填料形成密实粗颗粒桩的方式又把这一技术拓宽到用于黏性土地基的加固处理,从而使得振冲法逐渐发展成两大分支:一是不添加碎石等外加填料的无填料振冲法(国内称之为振冲密实法),二是添加碎石等外加填料的填料振冲法(国内称之为振冲置换法或振冲碎石桩法),其中前者主要用于中、粗砂等粗颗粒土的加固,而后者多用于细颗粒的黏性土加固。日本于 1957 年引进振冲法,因 20 世纪 60 年代经历新潟和十胜冲地震后,经振冲处理过的砂基,其破坏情况远较没有未经处理砂基的破坏程度大,因而振冲法作为砂基抗震防止液化的有效措施而被进一步推广应用。

二、国内的发展现状

我国岩土工程界在 20 世纪 70 年代中期开始了解并注意到国外振冲技术的应用情况,特别在 1976 年唐山大地震后,我国开始重视对地基与基础的抗震加固处理技术研究。1976 年南京水利科学研究所和交通部水运规划设计院开始研究振冲技术,1977 年制造出 13kW 振冲器,首次应用于南京船厂船体车间软土地基加固。同期,水利电力部北京勘测设计院也自行研制出 30kW 振冲器,并成功地应用于北京官厅水库主坝下松散中细砂坝基

的抗震加固处理工程。1982 年为了满足三峡工程建设的需要, 国家组织水电部北京勘测设计院承担了 75kW 振冲器的研制工作。1985 年在昆明淤泥(质)软土地基上应用 75kW 振冲器完成了数十座多层民用建筑的振冲地基加固处理工程。1986 年在四川铜街子水电站应用 75kW 振冲器穿过 8m 厚漂卵石夹砂层加密下卧粉细砂层, 建成 40 余米高堆石坝。1995 年在三峡一期纵向围堰完成了生产工艺性试验, 1997 年成功地用于三峡二期围堰 24~30m 深度抛填风化砂振冲加固处理工程。

2000 年以后振冲法地基处理技术被大量采用, 并且应用范围也逐步扩大, 为适应振冲技术的广泛应用, 达到最佳的处理效果。2001 年在大连轻轨采用了振冲加强夯多重复合地基处理技术; 2004 年在青岛丽东化工采用了振冲加排水板或超真空预压软土地基联合处理技术; 2006 年北京振冲工程股份有限公司研制成功 150kW 大功率振冲器; 2009 年成功研制了 180kW 振冲器并成功应用; 2011 年成功研制出适用于水上施工的新型底部出料振冲设备, 并应用于港珠澳大桥香港人工岛项目。

第二节 振冲法分类

振冲法可从施工工艺、加密方式、填料形式、施工环境以及悬挂方式和悬挂数量等不同角度进行分类。

(1) 按施工工艺分类, 振冲法施工可分为湿法和干法两类。湿法振冲在施工中辅以压力水冲, 在高压水的冲击之下, 有利造孔和加密的进行, 同时还能对振冲器起到冷却作用, 保证机具正常地运行。

干法振冲则是在施工中不加水冲, 但干法振冲常辅以压缩空气以利造孔和加密的进行。干法振冲不用水, 因此不存在泥浆的排出问题, 造孔时通过振冲设备的振挤作用, 将土挤入周围土体中进行加密, 但由于振冲器潜水电机冷却系统原因, 干法振冲适用的土类、制桩深度等均受到限制, 因此国内较少采用。

(2) 按照地基土加密方式分类, 振冲法可分为振冲挤密和振冲置换两类。振冲挤密是指经过振冲法处理后地基土本身强度有明显提高。振冲置换则是指经过振冲法处理后地基土强度没有明显提高, 主要通过用强度高的碎(卵)石置换出部分原土体, 从而形成由强度高的碎(卵)石桩柱与周围土体组成的复合地基, 从而提高地基强度。

(3) 按照填料形式不同, 振冲法分成孔口填料和底部出料两类。孔口填料是指石料在地表面, 从振冲器导杆侧壁与孔壁间填入孔内。底部出料是指通过上料机构将石料从地平面运送至料舱, 再从料舱进入导料管, 最终直接进入振冲器底部。

(4) 按照施工环境分类, 可分为水上振冲施工法和陆上振冲施工法。顾名思义, 水上振冲法是指在水面上设立振冲施工平台, 如方驳等, 振冲起吊设备固定到平台之上, 水上振冲也分为孔口填料(一般为水下垫层法)和底部出料两种施工工艺; 陆上振冲法即是常规的用吊车起吊振冲设备在陆地上面实施的振冲工艺。

(5) 按照振冲器的悬挂方式, 可分为吊车悬挂、固定桩架悬挂等。按照振冲器的悬挂数量可分为单点、双点、三点施工等。

第三节 振冲法适用地层

一、国内相关规范规定

根据目前的《水利水电工程振冲法地基处理技术规范》和《石油化工钢储罐地基处理技术规范》等规范的相关规定，振冲置换法适用以黏土或粉土为主所组成的素填土、冲填土等地基。对于不排水抗剪强度小于 20kPa 的淤泥质土、淤泥等地基应该通过实验确定其适用性。振冲挤密法适用于砂土、粉土以及部分杂填土等地基，对于黏性土，设计前应收集地基土的不排水抗剪强度指标；对于砂土和粉土，应收集地基土的颗粒级配、黏粒含量、天然孔隙比、相对密度或标准贯入击数指标等。

二、国外相关资料的规定

相对于国内规范和参考书籍，国外的相关资料更明确给出了具体的适用范围，对于我们更有一定的借鉴价值，在项目前期阶段，通过勘察报告所展示的参数更能快速地确定振冲的适用程度，如图 1-1 所示。图中通过颗粒分析曲线判断土的可加密性。

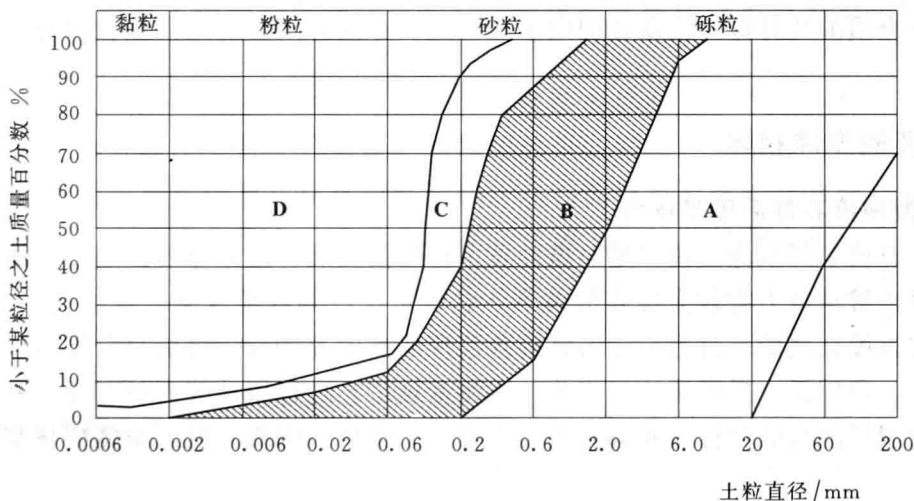


图 1-1 颗粒分析曲线

A 区域内的土层是非常好的可加密土，右侧边界线之外区域是颗粒比较大可能由于振冲器的穿透能力有限达不到预计深度。

B 区域的土层在理论上比较适合振冲挤密，此区域的细颗粒含量不超过 10%，对应到 A 区的土层，在挤密过程中，现场的土流向振冲器，如果没有在顶部另外回填，则会导致地面沉降，由于振冲挤密引起的沉降量，根据原始地层的相对密实度不同，产生的沉降大约为处理深度的 2%~10%。

C 区域仍然是适合振冲挤密，但是相对于 B 区域，此区域需要的挤密时间大幅度提高，因此在挤密的土层中，需要更长时间排出多余的水。挤密过程可能需要从孔口另外增

加回填料, 因为原位土不能自己流动向振冲器。

D 区域土层属于不可加密土层, 此区域土层应该采用振冲碎石桩进行“置换”。

振冲碎石桩法通常用于处理不均匀地层, 不同特征的连续层或内嵌软弱透镜体、广度和厚度不一致的有机土层。这些土质条件实地勘测时也不能都检测到。尽管这种方法不能替代现场勘测, 这些常规的且充分认证过的打桩方法更有可能检测到意料之外的地层不规则情况。可通过以更小间隔追加碎石桩或增大碎石桩直径。在这种环境里, 如果软土厚度不大于两倍桩径, 碎石桩能够作为桥体连接软土层。较厚的土层几乎都通过实地勘测检测到, 应在设计桩时首先考虑。

第四节 振冲加固技术

一、常规振冲技术

国内目前最为常见并普遍应用的振冲法地基处理技术, 是利用不同型号的振冲器 (电力驱动), 通过振冲器自身的强力振动加之强力水冲作用成孔后, 将回填碎 (卵) 石由地面回填至孔内, 依靠振冲器的激振力将填入的碎 (卵) 石逐段挤压密实形成桩体, 从而达到提高天然地基承载力的目的。常规振冲法及工艺, 国内工程界应用非常普遍, 在此不多赘述。以下介绍的几种振冲技术在国内不太常见、亦没有广泛应用, 但在国外已有应用的振冲工艺。

二、其他振冲技术

(一) 振冲碎石桩后压浆技术

振冲碎石桩后压浆施工技术是对振冲技术应用的发展。振冲碎石桩通过后压浆技术可达到比原振冲桩承载力有较大提高的效果。它也可在桩端或桩身某一部分进行压浆处理, 提高桩体在该段地层的承载力。碎石桩桩顶经压浆加固处理后, 桩头部分不再需要二次开挖, 工期快、费用低。后压浆施工工艺: 先按常规工艺进行振冲碎石桩制作, 然后利用地质钻机将改制后的地质钻杆 (底部宜安装直径大于钻杆的探头) 打入至需要压浆的深度进行灌浆。

(二) 干法底部出料振冲技术

干法底部出料振冲技术是复合地基处理的一种工艺方法, 是振冲法的一种。对于特殊性地层, 如淤泥—淤泥质土。为避免对原状土的过分扰动, 常采用干法施工, 所谓干法施工即通过压力空气送料, 压力空气在碎石桩底局部形成气压空腔, 形成水、土、气三相平衡, 依靠振冲器离心运动随振冲器的提升形成连续的碎石置换增强体。根据其施工平台的情况分陆上下出料振冲和水上下出料振冲两种, 当采用砂石泵上料, 据国外的资料表明, 可以施工水深 200m 下的下出料碎石桩, 石料通过砂石泵, 在高压气流的携带下到达振冲器的出口处。

(三) 振冲混凝土挤密法 (VCC)

造孔制桩主要利用原有振冲施工设备, 回填材料为混凝土, 通过混凝土泵压灌而入。

在原有振冲器外部附加1根内径110mm、外径130mm的耐磨钢管作为导料管，出料口设置逆向阀门，与振冲器下缘齐平；导料管上口与混凝土泵压灌系统连接。实际为底部出料技术。

根据国外资料，振冲混凝土桩主要应用于不排水抗剪强度高于 15kN/m^2 或者存在不排水抗剪强度为 $8\sim 15\text{kN/m}^2$ 土层厚度不超过1m的地基中。桩径根据振冲设备的直径而定，一般情况达到 $40\sim 60\text{cm}$ ，根据桩周原状土的情况，承载力可以达到 $400\sim 1000\text{kN}$ 。

（四）气浆振冲注浆法

气浆振冲注浆法是基于振冲法及高压喷射注浆法进行改进后的一种施工方法，在原有振冲+水的基础上，将水管用于输送浆液，同时增设了空气喷射通道，即振冲+浆液+气体三相结合进行施工。气浆振冲注浆法利用气浆气流加振冲器的振动，对原土层进行扰动，重新组织土颗粒的排列方式，重塑土层结构。在振动过程中，不断喷射空气流、注入水泥浆，空气流对土体中原有的空隙及裂缝再次加大，形成浆液通道。同时，借助空气流的搅动，使土层中的细小颗粒或腐殖质等在气流及浆液流的浮力作用下，溢出孔口而排出，通过浆液与土体间的凝聚作用，使加固土体硬结成具有整体性、水稳性和一定强度的柱状加固土，它与土层组成复合地基，以提高土体承载力，或相互搭接成墙以降低土体的渗透性能。同时，由于振冲器的振动作用，气浆振冲注浆法还可有效地消除地基液化问题。

气浆振冲注浆法不但具有振冲法成孔快、对原土扰动大的特点，而且由于增加了水泥浆液，还具有高压喷射注浆法良好的加固效果。同时，气浆振冲注浆法所能达到的有效桩径均高于振冲法及高压喷射注浆法，从而能够更有效地止水或提供更高的复合地基承载力。基于这些优点，此种方法在止水施工及地基处理中将有很广阔的应用空间。由于目前该方法仅局限在水电站围堰止水领域，其提速、注浆量等参数都没有得到大量试验数据的印证，在地基处理方面，目前应用较少，因此，气浆振冲注浆法还有待于进一步研究。

（五）振冲组合工艺

以上各项技术，皆为振冲法为适应不同的需要衍生出的具体的振冲技术的改变。近年来国内相继出现了由几种地基处理方式相结合的组合加固法，其初衷是为了充分发挥各自的效果，经叠加后达到最佳的处理效果，其设计计算或者施工工艺并没有改变常规方式，只是进行简单的叠加，但是这种相互叠加工艺的具体理论模型或者优化空间研究尚且不多，其理论分析有待进一步的研究，施工工艺需要进一步的探讨。具体结合的种类主要有以下几种：

- （1）振冲+振动碾。
- （2）振冲+强夯。
- （3）振冲+竖向降/排水（轻型井点/塑料排水板）。
- （4）振冲+搅拌桩/CFG。
- （5）振冲+灌注桩。

第五节 振 冲 设 备

振冲法施工的主要机具有振冲器、伸缩管和支撑吊机三部分。其中对土体加固效果起决定性作用的主要是振冲器的性能。近年来随着振冲法的不断推广和应用,振冲器的发展也非常迅速,出现了多种类型和性能的振冲器。根据振冲器振动方向的不同,从广义上讲目前常用的振冲器可以分为以下几种类型。

一、水平向振动振冲器

世界上最早的振冲器就是采用水平向振动方式,这也是目前国内外最常用的振冲设备。其振冲器为一带有偏心块的空腔钢管,通过一柔性联轴节连接在伸缩管的下端。振冲器的水平向振动由偏心块沿垂直轴旋转来产生。伸缩管的直径略小于振冲器的直径,其长度可根据具体加固深度进行调整。为了提高振冲器的振动效果,通常在振冲器的周边还镶有一些翼片。目前国内外各厂家常用水平向振动振冲器的技术参数汇总如下。

(一) 部分国产振冲器技术参数

表 1-1 和表 1-2 所列为国内部分厂家所生产振冲器的主要技术参数。

表 1-1 ZCQ 系列振冲器主要技术参数表

设备型号 参数	ZCQ30	ZCQ55	ZCQ75C	ZCQ75 II	ZCQ100	ZCQ132	ZCQ180
电机功率/kW	30	55	75	75	100	132	180
转速/(r/min)	1450	1460	1460	1460	1460	1480	1480
额定电流/A	59	107	146	141	197	250	345
激振力/kN	90	130	160	160	190	220	300
头部振幅/mm	4.2	5.6	5	6	8	10	8
设备质量/kg	940	1430	1800	1670	1900	2536	2820
外形尺寸/mm	φ351 2440	φ351 2642	φ426 3162	φ402 3047	φ402 3100	φ402 3315	φ402 4470

表 1-2 ZQC 系列振冲器主要技术参数表

设备型号	ZQC45	ZQC55	ZQC75	ZQC100	ZQC130	ZQC150	ZQC180
电机额定功率/kW	45	55	75	100	130	150	180
转速/(r/min)	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
额定电流/A	80	100	150	190	250	290	350
频率/Hz	24	24	24	24	24	24	24
动力矩/(N·m)	47	56	69	78	88	96	106
激振力/kN	110	130	160	180	200	225	250
空振振幅/mm	≥10	≥9.8	≥9.5	≥9.2	≥9.0	≥8.8	≥8.5
空振电流/A	≤35	≤45	≤55	≤65	≤75	≤90	≤105

续表

设备型号	ZQC45	ZQC55	ZQC75	ZQC100	ZQC130	ZQC150	ZQC180
机体外径/mm	360	390	426	426	426	426	426
机体长度/mm	≤2230	≤2465	≤2600	≤2750	≤2860	≤3000	≤3150
总质量/kg	1000	1350	1800	1950	2200	2350	2600

(二) 德国 Betterground 公司电动和液压振冲器

表 1-3 所列为 Betterground 公司振冲器主要技术参数。

表 1-3 Betterground 电动和液压振冲器参数表

设备型号	B12 液压	B12 电动	B15 液压	B15 电动	B27 电动	B44 电动	B54 电动
功率/kW	94	90	114	105	140	250	360
转速/(r/min)	3000	3000	3000	3000	1800	1800	1800
激振力/kN	170	170	190	190	270	520	842
振幅(末端)/mm	9	9	12	12	24	42	54
直径/mm	292	292	310	310	354	418	460
长度/mm	2840	2840	3430	3430	3480	4250	4570
质量/kg	1530	1530	1840	1840	2200	3960	4500

(三) 法国地基公司电动振冲器

表 1-4 所列为法国地基公司电动振冲器的主要技术参数。

表 1-4 法国地基公司电动振冲器参数表

设备型号	V12	V23	V32	V48
功率/kW	130	130	130	175
转速/(r/min)	3600	1800	1800	1500
质量/kg	2150	2200	2200	2600
振动力/kN	300	450	550	750
振幅/mm	12	23	32	48
直径/mm	350	350	350	378
长度/mm	3570	3570	3570	4080

(四) 凯勒公司振冲器

表 1-5 所列为凯勒公司振冲器的主要技术参数。

表 1-5 凯勒公司振冲器参数表

设备型号	M	S	A	L
功率/kW	50	120	50	100
转速/(r/min)	3000	1800	2000	3600
质量/kg	1600	2450	1900	1815
振动力/kN	150	280	160	201

续表

设备型号	M	S	A	L
振幅/mm	7.2	18	13.8	5.3
外径/mm	290	400	290	320
长度/mm	3300	3000	4350	3100

(五) PTC 公司液压振冲器

表 1-6 所列为 PTC 公司液压振冲器的主要技术参数。

表 1-6 PTC 公司液压振冲器参数表

设备型号	Vibrolance 140HR	Vibrolance 160HR	Vibrolance 400HR
功率/kW	112	150	176
频率/Hz	50(3000rpm)	40(2400rpm)	28(1680rpm)
激振力/kN	181	116	354
振幅/mm	12	12	26
动力型号	V 220	V 260	V 350
柴油机型号	JohnDeere6068TF275	Caterpillar C7	Caterpillar C9
柴油机动力/kW	138/185 Hp(2500rpm 时)	205/275 Hp(2300rpm 时)	242/325Hp(2200rpm 时)
流速/(L/min)	225	280	335

(六) 英国排摊公司液压振冲器

表 1-7 所列为英国排摊公司液压振冲器的主要技术参数。

表 1-7 英国排摊公司液压振冲器参数表

设备型号	HD130	HD150	BD300	BD400	BD500
激振力/kN	140	200	175	310	314
最大激振力/kN	202	288	252	426	397
频率/Hz	50	50	50	30	20
最大频率/Hz	60	60	60	35	22.5
振幅/mm	8	11	14	17	45
质量/kg	1850	2550	2575	4400	5500
导杆质量/kg	850	850	850	850	3350
直径/mm	310	310	310	400	500
液压流速/(L/min)	180	240	200	450	426
最大液压流速/(L/min)	216	280	230	525	480
液压压力/bar	325	325	360	290~350	300~325

(七) ICE 振冲器

表 1-8 所列为 ICE 振冲器的主要技术参数。