

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

岩土工程施工机械

主 编 王福平
编 者 赵大军 索忠伟
责任主审 黄润秋
审 稿 人 陈 逸 张泽业

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本教材是根据教育部制定的“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”中研究与开发项目——中等职业学校国土资源类重点建设专业主干专业课《岩土工程施工机械教学大纲（试行）》编写的。本书重点介绍了有关桩基础、地下连续墙、地下非开挖施工及地基加固处理等施工设备的组成、构造原理、技术性能与应用。同时，对钢筋混凝土施工、循环及供水、起重、土方工程等设备也作了扼要的介绍。

本书是全国中等职业学校国土资源类岩土工程专业的通用教材，也可供同类专业人员和施工管理人员自学参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

岩土工程施工机械/王福平主编. -北京：地质出版社，2002.7

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-116-03617-2

. 岩... . 王... . 岩土工程-工程机械-专业学校-教材 IV. TU6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2002）第 050539 号

责任编辑：李源明 陈 磊

责任校对：关风云

出版发行：地质出版社

社址邮编：北京海淀区学院路 31 号，100083

电 话：(010) 82324508（邮购部）；(010) 82324577（编辑室）

网 址：<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱：zbs@gph.com.cn

传 真：(010) 82310759

印 刷：北京京东印刷厂

开 本：787×1092

印 张：14.25

字 数：335 千字

印 数：1—3000 册

版 次：2002 年 7 月北京第一版·第一次印刷

定 价：17.40 元

ISBN 7-116-03617-2 T·103

（凡购买地质出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页者，本社发行处负责调换）

前 言

《岩土工程施工机械》是根据教育部“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”中研究与开发项目——中等职业学校国土资源类重点建设专业主干专业课《岩土工程施工机械教学大纲（试行）》编写而成的。

本教材重点介绍了桩基础、地下连续墙、地下非开挖施工及地基加固处理等施工设备的组成、构造原理、技术性能与应用。同时，对钢筋混凝土施工、循环及供水、起重、土方工程等设备也作了扼要的介绍。

本书既可作为中等职业学校岩土工程专业的教材，也可作为基础施工部门的工人自学读物和从事岩土工程工作的工程技术人员的参考用书。

全书共分十章。其编写者为第一章预制桩施工机械、第三章地下连续墙施工机械、第九章起重机械由吉林大学建设工程学院赵大军编写；第四章非开挖施工机械、第五章地基加固处理机械由吉林大学应用技术学院索忠伟编写；第二章灌注桩钻进成孔机械、第六章钢筋加工机械、第七章混凝土施工机械、第八章循环及供水机械、第十章土方工程机械由吉林大学应用技术学院王福平编写。

全书由王福平主编，由吉林大学建设工程学院殷琨教授主审。

在编写过程中，兄弟院校、科研院所及生产单位派出代表参加了大纲的编写与讨论，并提出了很多宝贵意见；编写者参考了相关院校所编写的教材、讲义，亦引用了有关设计单位和工厂提供的资料，在此编者一并向他们表示由衷的感谢。

由于编者水平所限，加之编写时间仓促，故难免有疏漏、错误之处，恳请使用本教材的师生和广大读者批评指正。

编 者

2001 年 6 月

目 录

绪 论.....	(1)
第一章 预制桩施工机械.....	(3)
第一节 柴油锤.....	(3)
第二节 振动锤.....	(7)
第三节 蒸汽锤和液压锤.....	(9)
第四节 静力压桩机	(11)
第五节 桩架	(13)
第二章 灌注桩钻进成孔机械	(16)
第一节 无循环回转钻进机械	(16)
一、螺旋钻进机械	(16)
二、钻斗钻进机械	(21)
三、GXW-1000 型旋挖工程钻机.....	(23)
第二节 正循环回转钻进机械	(27)
一、SPJ-300 型钻机	(27)
二、SPC-300H 型钻机	(34)
第三节 反循环回转钻进机械	(48)
一、GPS-15 型反循环转盘式钻机	(48)
二、GJD-1500 型动力头式钻机	(52)
三、GZQ 型潜水钻机	(58)
第四节 GCF-1500 型冲击反循环钻机	(61)
第五节 8JZ 型冲抓式成孔机	(66)
第六节 振动沉管机	(69)
第三章 地下连续墙施工机械	(73)
第一节 概述	(73)
第二节 地下连续墙挖槽机	(76)
一、挖斗式挖槽机	(76)
二、钻削式挖槽机	(78)
三、冲击式挖槽机	(79)
第四章 非开挖施工机械	(82)
第一节 非开挖施工技术简介	(82)
第二节 GP-220 型水平工程钻机	(83)
一、特点及主要技术性能.....	(83)
二、组成及传动系统	(84)
三、主要部件构造及工作原理	(85)
第三节 油压夯管锤	(86)

一、特点	(86)
二、主要部件构造及工作原理	(86)
第五章 地基加固处理机械	(90)
第一节 概述	(90)
第二节 振动式挤密砂桩机械	(93)
一、挤密砂桩	(93)
二、振动水冲法	(94)
第三节 碎石桩成桩机械	(96)
第四节 生石灰桩施工机械	(98)
一、生石灰桩的特点和加固地基原理	(98)
二、GPF-5 型生石灰桩施工机械	(100)
第五节 旋喷注浆机具	(102)
一、单旋喷管	(102)
二、二重旋喷管	(104)
三、三重旋喷管	(105)
第六节 深层水泥搅拌机械	(109)
一、深层水泥搅拌法加固机理	(110)
二、机械类型及性能	(111)
三、施工工艺	(113)
第六章 钢筋加工机械	(115)
第一节 概述	(115)
第二节 钢筋冷加工机械	(115)
一、钢筋冷加工原理	(116)
二、钢筋冷加工机械	(116)
第三节 钢筋切断机械	(117)
第四节 钢筋弯曲机械	(119)
第五节 钢筋焊接机械	(121)
第七章 混凝土施工机械	(123)
第一节 混凝土搅拌机	(123)
一、混凝土搅拌机的工作原理与类型	(123)
二、锥形反转出料混凝土搅拌机	(124)
三、卧轴式混凝土搅拌机	(127)
四、混凝土搅拌机的运用	(130)
第二节 混凝土搅拌站	(130)
第三节 混凝土搅拌运输车	(132)
第四节 混凝土输送泵	(135)
一、混凝土泵的类型与工作原理	(135)
二、拖式混凝土泵	(137)
三、臂架式混凝土泵 (泵车)	(138)

四、清洗系统	(140)
五、混凝土泵的运用	(141)
第五节 混凝土振动器（振动捣实机械）	(143)
一、插入式振动器	(144)
二、附着式振动器及平板式振动器	(146)
第八章 循环及供水设备	(147)
第一节 概述	(147)
第二节 往复式泵	(148)
一、往复式泵基本工作机构及工作原理	(148)
二、往复式泵特点	(149)
三、往复式泵的分类	(150)
四、往复式泥浆泵的技术标准和系列	(150)
第三节 往复式泵主要技术参数	(151)
一、泵量及泵量图	(151)
二、泵压及吸水高度	(156)
三、功率及效率	(157)
第四节 钻进用泥浆泵	(158)
一、BW-90 型泥浆泵	(158)
二、BW 600/30-1 型泥浆泵	(161)
第五节 泥浆泵易损件及附件	(163)
一、易损件	(163)
二、附件	(166)
第六节 离心式泵	(168)
一、离心泵工作原理	(168)
二、离心泵特性	(168)
三、离心泵的比转数	(173)
四、离心泵吸入真空度和汽蚀现象	(174)
第七节 离心泵类型及构造	(175)
一、单级单吸悬臂式离心泵（IS 型）	(175)
二、分段式多级离心泵（D 型）	(176)
三、井泵	(177)
第八节 射流泵与气升（举）泵	(178)
一、射流泵	(178)
二、气升（举）泵	(179)
第九章 起重机械	(182)
第一节 起重机的类型、组成和主要参数	(182)
第二节 起重机的工作机构	(184)
第三节 简单起重机	(187)
一、千斤顶（举重器）	(187)

二、滑车（葫芦）	(189)
三、卷扬机（也称绞车或提升机）	(190)
第四节 桅杆起重机	(192)
第五节 轮式起重机	(193)
一、汽车起重机	(193)
二、轮胎起重机	(198)
第六节 履带式起重机	(200)
第十章 土方工程机械	(203)
第一节 推土机与松土机	(204)
一、液压操纵履带式推土机	(205)
二、推土机的生产率计算	(206)
三、松土机	(206)
第二节 铲运机与装载机	(207)
一、自行式铲运机	(208)
二、铲运机的生产率计算	(209)
三、单斗装载机	(210)
第三节 单斗挖掘机	(211)
一、单斗液压挖掘机的基本组成和工作原理	(211)
二、单斗液压挖掘机的主要工作装置	(212)
三、机械传动单斗挖掘机	(215)
四、单斗挖掘机的生产率计算	(215)
第四节 压实机械	(215)
一、辗压式压实机械	(216)
二、振动式压实机械	(217)
参考文献	(219)

绪 论

《岩土工程施工机械》是中等职业学校岩土工程专业的一门主干专业课。根据专业要求和教学大纲的规定，要求学生了解岩土工程施工机械的基本概念和基本原理，掌握基本操作技能，初步具备正确选择和使用设备的能力。

岩土工程施工的关键是：熟识施工对象；正确合理选择施工方法和施工手段。岩土工程施工机械是岩土工程施工的主要手段和物质基础，是所选用施工方法、工艺技术以及提高工程质量和效率的前提条件。

随着我国国民经济的持续发展，尤其是基础工程的大量兴建，对岩土工程施工机械的需求量也在日益扩大。特别是从1978年改革开放至今，岩土工程施工技术有了较为迅速的发展。其特点表现在下述诸方面。

(1) 多机型、多品种、高性能和高效率 由于岩土工程施工机械化程度的不断提高，淘汰了若干老式旧机型，出现了许多新机型，其技术新，效率更高，如卧式强制混凝土搅拌机及混凝土泵车等。

(2) 功率大、能力强 由于大规模的岩土工程施工的不断增多，出现了许多功率大、能力强的大型施工设备，如大型的静力压拔桩机、起重量达350t的大型起重机及大功率的土方机械等。

(3) 整体性增强、行走机构日趋合理 在岩土工程施工中，某些机械需要作频繁的运移。因此，机械的整体性好坏、行走机构是否先进合理，直接关系到施工的纯工时和效率。以灌注桩成孔机械为例，它已由过去的散装逐步改进成整体安装；行走机构已由过去的滑撬、滚管、轨道行走改进成拖动、车装、液压步履、履带行走机构等。

(4) 传动形式的变化 现代岩土工程施工机械已由过去单一的机械传动改进成机械传动、液压传动、压力气体传动、电传动等多种动力传动形式。这就使机械的整体结构及操纵方式都有了很大的进步，尤其应该指出的是微电子技术在某些机械设备中的应用，使施工机械具有智能化的效能。

(5) 多功能 由于在岩土工程施工中，岩土的性质、组成具有多样性的特点，要求采用的施工方法、工艺技术也是多样的。于是，多功能的施工机械也就应运而生。例如，灌注桩成孔机械由过去的单一回转钻进、单一的冲击钻进改进成回转、冲击兼而有之的复合式钻进；浆液循环方式也由单一的正循环转变为正、反循环方式。

(6) 节能、环保 节能与环保是现代岩土工程施工中的重要课题之一。目前，已出现许多节能、环保型施工机械。例如：由回转机械、旋挖机械、冲抓机械、静压机械代替了过去的冲击机械、振动机械等，降低或消除了噪声；由孔底动力机代替了地面动力传动机，缩短了传递路线，节约了能源，减少了噪音；由无循环作业代替了有循环作业，降低了成本，节约了能源，并实现了施工的科学化现代化；在有循环施工中，增加了净化装置，实现了环保、文明施工。

《岩土工程施工机械》是岩土工程专业学生的主要专业课程。它的主要研究对象是岩土工程施工机械的类型、技术、性能、构造原理及应用。因此，它无疑与技术基础课程有着密切的联系。如机械制图、理论力学、材料力学、机械设计原理、金属工艺学等课程都是学习和研究本课程的基础课。此外，本课程实际上是一门应用技术课，学习时应该运用、联系所学的基础课的理论知识并与实际相结合，在实践中增强感性知识和掌握实际操作的技能，以期能达到正确选择使用、维护和保养岩土工程施工机械，充分发挥机械设备的效能。

第一章 预制桩施工机械

预制桩是一种人工基础，其主要作用是在软土地基上支承建筑物（承载桩）及在透水地基中防渗（板桩），是工程中最常见的一种基础形式。

桩基础分为两类，即预制桩和现场灌注桩。预制桩是在施工现场依靠机械力埋设于地层中；灌注桩则需在地层中预先成孔，然后将钢筋放入孔内，再灌注混凝土而成桩。

进行桩基础施工的机械称为桩工机械，而进行预制桩基础施工的机械则称为预制桩施工机械。预制桩主要采用打入、振动和压入三种方法施工。打入法利用冲击力打桩入土，所用机械有：柴油锤、蒸汽锤、液压锤；振动法采用振动锤；压入法采用静力压桩机。此外，为了拔桩，还需用各种拔桩机。在特殊情况下，还有采用钻扎置桩，射水置桩和挖土置桩等方法。

第一节 柴油锤

柴油锤的工作原理类似于单缸两冲程柴油发动机。利用桩锤的冲击部分上下跳动产生的冲击力和柴油燃烧爆发的能量，把桩沉入地层的机械，称为柴油锤打桩机，通常简称柴油打桩锤。

按桩锤的动作特点和结构的不同，它又分为导杆式和筒式两种。

1. 导杆式柴油锤

导杆式柴油锤是一种特殊结构的两冲程柴油机，由顶横梁 1（图 1-1）、起落架 2、导杆 3、缸锤 4（冲击部分）、喷油嘴 5、活塞 6、曲臂 7、油泵 9、燃烧室 12 和桩帽 10 等组成。缸锤是活动部分，可沿导杆上下运动。作业时，将柴油锤置于所打桩的顶部，用桩帽卡在桩上，先用卷扬机将起落架放下，钩住缸锤，将其提升到一定高度，然后脱钩，缸锤便自由落下。当缸锤套及活塞时，气缸与活塞之间的空气受到压缩而发热（图 1-2a）；当压缩到一定程度时，缸锤处的撞击销推动油泵出油，柴油通过喷油嘴呈雾状喷入燃烧室（图 1-2b），油雾与气缸内高温空气混合而燃爆（图 1-2c）。燃爆力作用在活塞上，使桩下沉；作用在气缸上，则使缸锤向上跳起。当跳离活塞时，废气排出，并重新吸入新鲜空气（图 1-2d）。缸锤再次在自重下降落，就开始下一工作循环。

柴油锤与桩架、卷扬机配套组成柴油打桩机。（图 1-3）。桩架用于吊桩、吊柴油锤和导引打桩方向；卷扬机充当提（吊）升设备，能吊起缸锤做启动用。

这种柴油锤的特点是构造简单、整机重量轻、运输和安装方便；但打桩能量小，效率低，只能供打小型桩使用。

2. 筒式柴油锤

筒式柴油锤是一种活塞冲击的柴油锤，其特点是柴油在喷射时并不雾化，只在被活塞冲击后才雾化。这种柴油锤的结构合理，具有较大的打桩能力，工作效率高且能打斜桩，

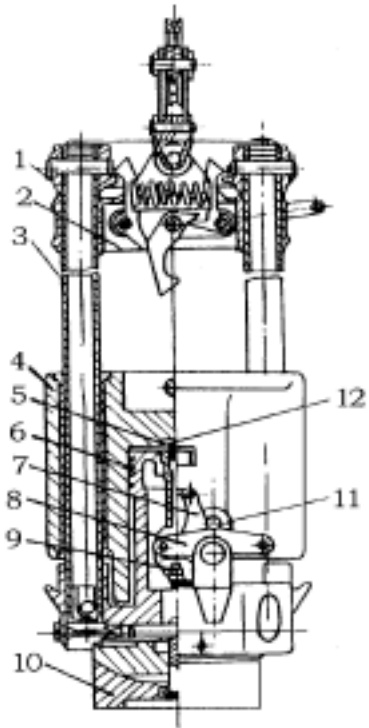


图 1-1 导杆式柴油打桩锤结构

1—顶横梁；2—起落架；3—导杆；4—缸锤；5—喷油嘴；6—活塞；7—曲臂；8—油门调整杠杆；9—油泵；10—桩帽；11—撞击销；12—燃烧室

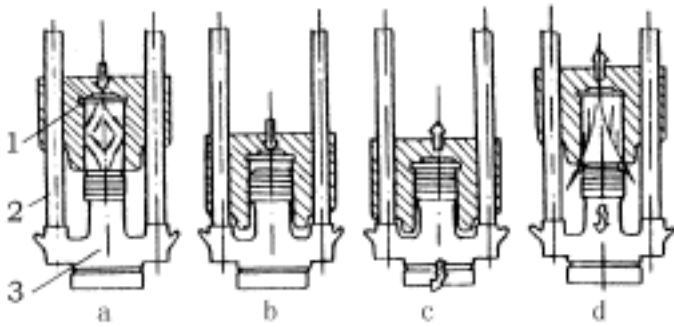


图 1-2 桩锤工作原理

a—压缩；b—供油；c—燃烧；d—排气、吸气
1—缸锤；2—导杆；3—活塞

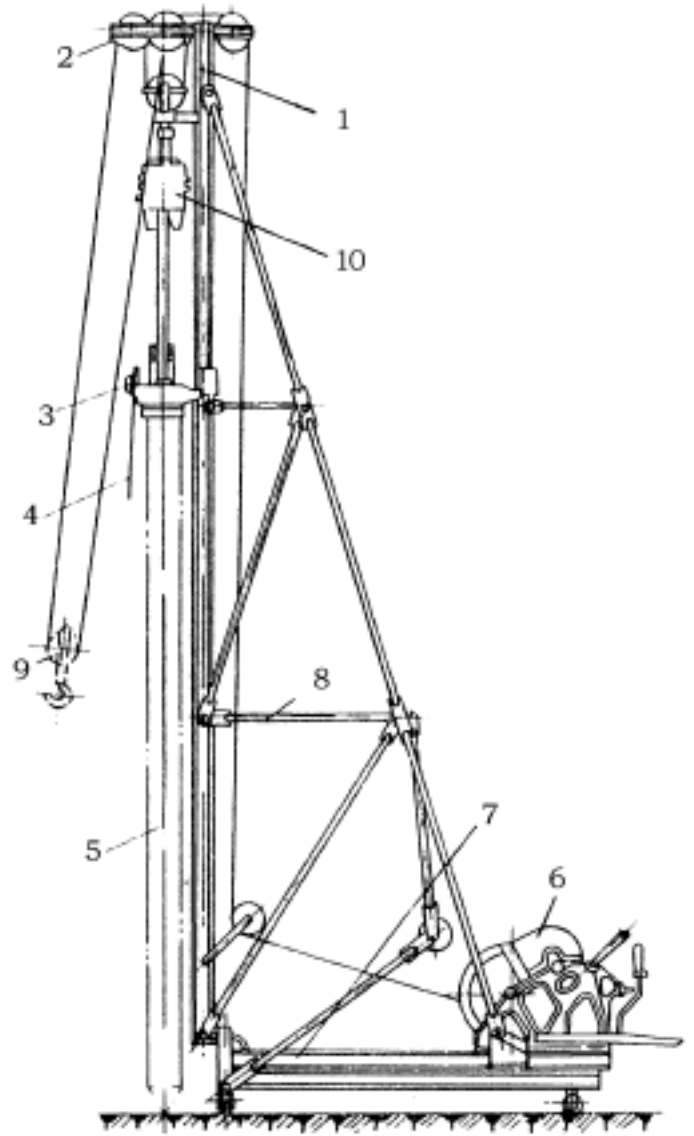


图 1-3 导杆式柴油打桩机

1—龙门；2—架顶；3—油门调整杠杆；4—油门操纵绳；5—柱；6—卷扬机；7—移动台车；8—架身；9—吊钩；10—桩锤

常与万能式桩架组成打桩机进行工作。

图 1-4 所示是筒式柴油锤的构造简图及工作原理图。它是一种气缸固定，活塞做上下往复运动进行冲击的打桩锤，由气缸 1、上活塞 2（冲击部分）、下活塞 3、燃油泵 4 和桩帽 5 组成。整个打桩锤置于桩 6 上进行工作。气缸是上活塞的导向装置，气缸下部有固定的下活塞。下活塞除了封住气缸下端外，其上端面还有凹形球碗，以贮柴油，并且承受上活塞的冲击力，故又称砧子。桩帽 5 是一个缓冲垫，保护桩头，使冲击力比较均匀地传给桩身，以免把桩头打坏。

筒式柴油锤的工作原理如下（图 1-4）：

(1) 扫气喷油 卷扬机通过吊架将上活塞吊起。在吊起的过程中，新鲜空气进入缸内，燃油泵也进行吸油。当吊升到一定高度时，吊架的摇杆与气缸上部的碰块相撞，上活塞自动脱钩而掉落。首先进行扫气；当上活塞继续下降时，推动油泵的压油曲臂，把适量的燃油喷入下活塞的凹形球碗内。

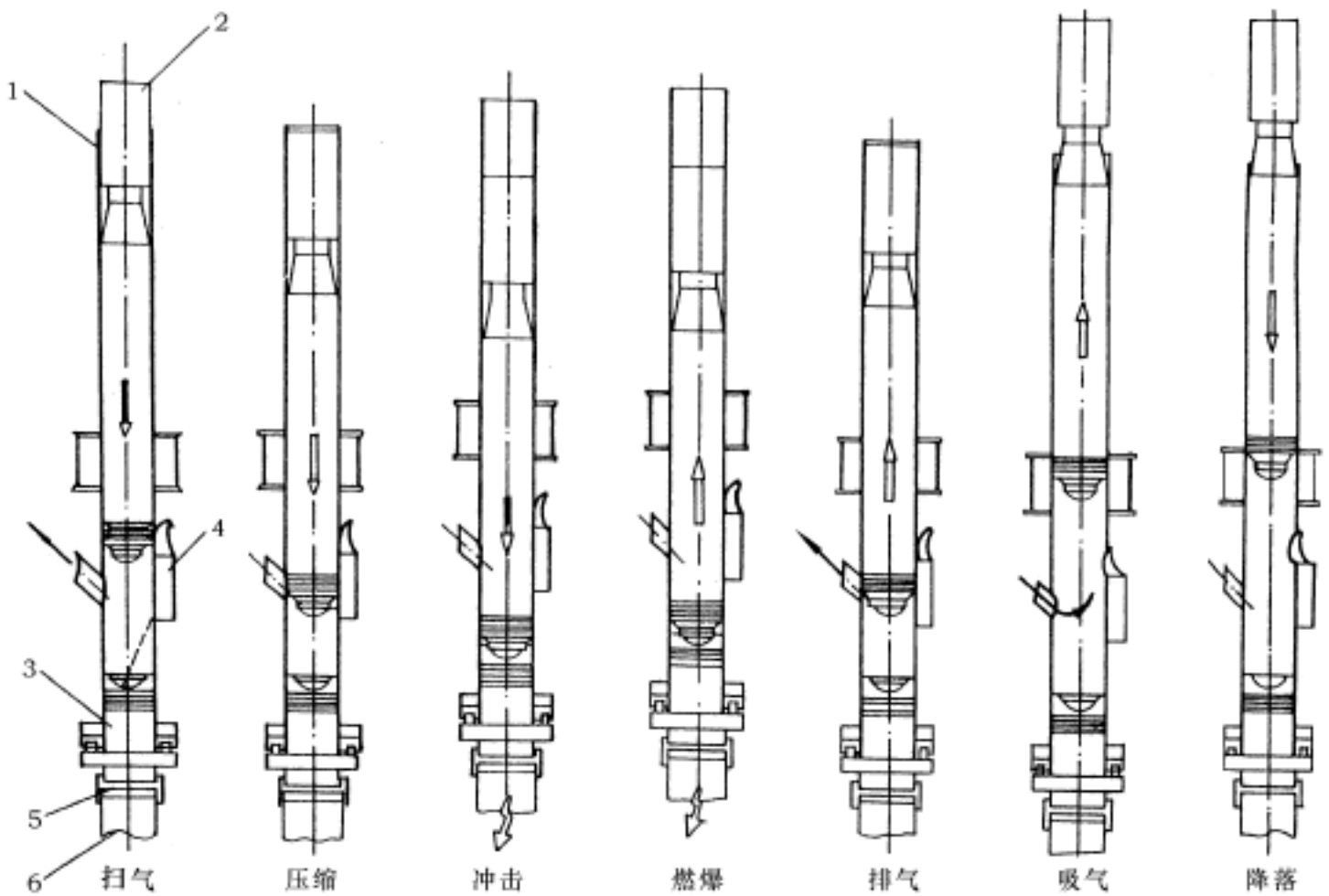


图 1-4 筒式柴油锤构造简图及工作原理图

1—气缸；2—上活塞；3—下活塞；4—燃油泵；5—桩帽；6—桩

(2) 压缩 上活塞继续下降，把吸排气口关闭，气缸内的空气被压缩。温度升高。

(3) 冲击雾化 上活塞继续下降，与下活塞相碰撞，产生强大的冲击力，使桩下沉，同时使凹形球碗内柴油雾化。

(4) 燃烧爆发 雾化后的燃油与高温高压气体混合而燃爆，燃爆力向下对桩进行第二次冲击，向上推动上活塞跳起。

(5) 排气 当上活塞跳起升到一定高度时，将吸排气口打开，气缸内的废气从吸排气口排出；当上活塞越过油泵的压油曲臂以后，曲臂在弹簧作用下恢复原位，吸入一定量的燃油。

(6) 吸气 上活塞在惯性作用下继续上升。此时，气缸内产生负压，新鲜空气便被吸入气缸内。

(7) 降落 在上活塞升高到最高点以后，又复下降，重复上述循环。

由此可见，柴油锤在一个工作循环中，依靠活塞冲击力和柴油燃爆力对桩进行两次冲击沉桩。因其使用方便，既不像振动锤需要外接电源，又不像蒸汽锤需配锅炉设备，只要在气缸外装一油箱即可工作。所以它成为目前最广泛采用的打桩设备。我国已制订有柴油锤系列标准。国外有重 15t、打设单桩承载力达千吨的大型柴油锤。

柴油锤的另一特点是地层愈硬，桩锤跳得愈高，这样就能自动调节冲击力。其缺点是在软地层打桩时，因反跳力不大，工作时有中断，需要重新启动。此外，打斜桩的效果较差，一般情况下，桩与垂线的夹角不宜大于 30°。再有，柴油锤的噪声大、振动亦大、废气对空气污染较严重。因此，柴油锤在城市施工中受到一定限制。

图 1-5 所示是筒式柴油锤的构造总图。由图可见，柴油锤的主要组成部分是锤体、燃

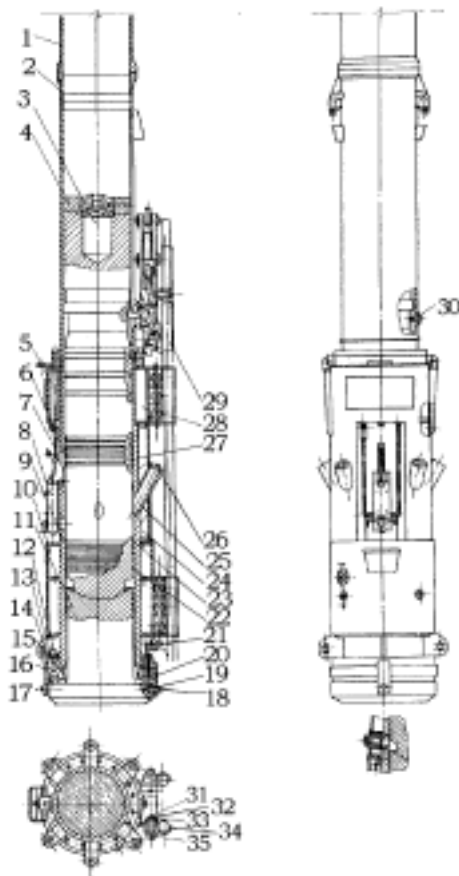


图 1-5 筒式柴油锤总图

1—导向缸；2—上气缸；3—润滑油室；4—上活塞；5—燃油箱；6—燃油滤清器；7—燃油管；8—燃油泵；9—下气缸；10—下水箱；11—下活塞；12—锥头螺栓；13—锥形螺母；14—月牙垫；15—半圆铜套；16—连接盘；17—缓冲胶垫；18—螺钉；19—连接套；20—卡板；21—润滑油泵；22—活塞环；23—阻挡环；24—上水箱；25—进排气管；26—盖；27—导向环；28—润滑油箱；29—起落架；30—安全螺钉；31—固定螺栓；32—圆头螺栓；33—垫圈；34—导向板；35—锥形螺母

料供给系统、润滑系统、冷却系统和吊架等。锤体是桩锤的主要部件，由导向缸 1、上气缸 2、下气缸 9、上活塞 4、下活塞 11 和缓冲胶垫 17 等组成。下气缸是工作气缸，导向缸专为打斜桩时（超过 10° 斜度）导引上活塞方向之用。上气缸既用于导向，又可限制上活塞最大跳起高度。上活塞和下活塞都是工作活塞，承受很大的冲击力和高温、高压。缓冲垫 17 装于下气缸与下活塞连接处，以缓和机械工作时活塞在气缸内窜动而产生的冲击力。

燃料供给系统由燃油箱 5、燃油滤清器 6、燃油管 7、燃油泵 8 等组成。燃油在油箱内初步沉淀后，经滤清器进一步过滤，通过燃油管流入油泵。

润滑系统可分为惯性润滑和强制润滑两类。上活塞与上气缸之间采用惯性润滑，润滑油装在油室 3 里，在惯性作用下流出，以润滑缸壁；下活塞采用的是强制润滑，另设润滑油泵 21 和润滑油箱 28。

冷却系统一般采用水冷。由上水箱 24 和下水箱 10 组成。依靠水分蒸发而进行冷却，冷却效果不如一般柴油机的强制循环冷却系统好。小型柴油锤也有采用风冷却的。风冷却系统较简单，使用维护方便，但效果不如水冷。

起落架 29 用来吊升上活塞进行启动，也用于吊升整个桩锤，它装有吊钩、脱钩装置等。

表 1-1 列有国产筒式柴油锤的型号和技术性能。

表 1-1 筒式柴油锤的型号和技术性能

项 目	型 号					
	D ₂ -1	D ₂ -6	D ₂ -12	D ₂ -18	D ₂ -25	D ₂ -40
上活塞质量 kg	120	600	1200	1800	2500	4000
上活塞行程 mm	178	1340	2500	2560	2500	2500
冲击次数 次·min ⁻¹	50~68	80~100	40~60	40~60	40~60	40~60
冲击能量 N·m	2140	8040	30000	46000	62500	100000
燃料消耗量 L·h ⁻¹	1.2	—	—	9	18.5	23
燃油箱容积 L	20	19	21	37	46	80
润滑油箱容积 L	—	—	3	4.5	9	—
下活塞行程 mm	100	60	270	270	370	280
极限贯入度 mm·次 ⁻¹	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
水箱容积 L	50	110	—	—	111	300
冷却方式	水冷	水冷	风冷	风冷	水冷	水冷
动作方式	单动	半复动	单动	单动	单动	单动
总质量 kg	240	2450	2750	4000	5650	10000

第二节 振 动 锤

1. 工作原理和类型

振动锤是一种带有激振器的电动桩锤。工作时，利用激振器的高频振动（700~1800次/min）通过桩身传给周围土壤，土壤受振后产生液化，颗粒发生位移，从而改变排列状况，使体积逐渐收缩，减少了土壤与桩表面间的摩擦阻力，于是桩在自重或附加外力作用下沉入地层。

根据振动的共振理论，当桩的强迫振动频率与土壤颗粒的自振频率一致时，振动效果最好，能够使桩与周围土壤间的粘结力迅速破坏，桩在自重下便能下沉。土壤的自振频率一般为15~20Hz左右，约合900~1200次/min。根据这个理论，设计有中频振动锤。

有人认为，桩的下沉不单是依靠破坏桩与土壤的粘结力，还由于桩振动时有很大的振动速度，使得桩尖以最大速度冲击土层而产生很大的冲击力，破土下沉。根据这个理论，设计有振动与冲击联合作用的振动冲击锤，简称振动锤。

振动锤的工作装置是振动器。一般为定向偏心块激振器，由两根装有偏心块的平行转轴组成（图1-6）。两轴以等速相同方向旋转，偏心块质量相等、无相位差。因此，两轴上偏心块的离心力在水平方向上的分力相互抵消，而垂直方向上的分力则相互叠相，形成了振动方向固定（垂直于两轴连线）的激振力（如图所示）。施工时，将振动锤固定在桩头上，桩在此激振力作用下，产生沿纵轴线方向的强迫振动。

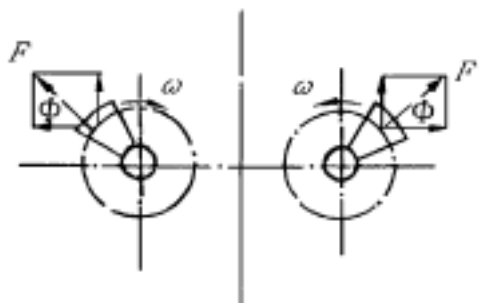


图 1-6 振动锤工作原理示意图

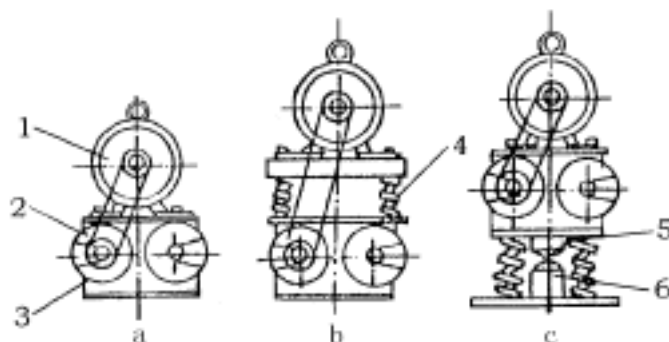


图 1-7 振动锤简图

a—刚性振动锤；b—柔性振动锤；c—振动冲击锤
1—电动机；2—激振器；3—传动皮带；4—弹簧；
5—上锤砧；6—下锤砧

按构造不同，振动锤可分三种型式（图1-7），即刚性振动锤、柔性振动锤和振动式冲击锤。

(1) 刚性振动锤（图1-7a） 它由电动机1、激振器2、传动皮带3组成。由于电动机直接固定在激振器上，工作时电动机也参加振动，故必须采用耐振电动机。此外，由于电动机也作为振动体系的一部分，因而使振动锤的质量增大，振幅减小，使桩锤效率降低。

(2) 柔性振动锤（图1-7b） 它由激振器和底架两部分组成。电动机装在底架上，底架与激振器之间有减振弹簧4。只要弹簧刚度恰当，可使电动机受到的振动减到最少，但其重力仍作用在桩身上，有助于桩的下沉。因此，这种振动锤的结构合理，但构造复杂，未能广泛应用。

(3) 振动冲击锤（图1-7c） 它由激振器（连电动机）、冲击砧头5、6等组成。工作时，

激振器产生的振动通过对冲击砧头的撞击，作用在桩上，其优点是既有振动又有冲击，适用于在粘性土壤和坚硬土层上打击断面较大的桩基，但该电动机极易损坏，故应用不广。

根据我国施工资料。上述三种振动锤中，以刚性振动锤的使用效果最好，应用也较广。

振动打桩的设备简单，工作效率高，不一定要设置导向桩架，只要起重机吊起即可工作，而且振动锤作业时不伤桩头，不排出有害气体，适用于打桩和拔桩；但振动锤需靠电力驱动，必须有电源，而且工作时拖有电缆，是其缺点。

2. 振动锤的构造

振动锤的主要组成部分有：原动机、激振器、夹桩器和吸振器。

(1) 原动机 振动锤的原动机一般为鼠笼式异步电动机，个别小型机上使用汽油机。近年来，为了对激振器频率进行无级调整，开始试用液压马达。电动机在强烈的振动状态下工作，要求运转可靠，有过载能力，并适应室外环境。

(2) 激振器 激振器是机械的振源，振动锤都采用定向式机械激振器，一般是双转轴式。大型振动锤也有采用四轴式和六轴式的，个别振动锤采用单轴非定向式。

图 1-8 所示为双转轴激振器的构造图。转轴 4 支承在箱体轴承上，每一转轴装有两组偏心块，每组偏心块由一固定块 1 和一活动块 2 组成，两者的相对位置用定位销固定。调整两偏心块的相对位置，就可改变偏心力矩，从而改变激振力。电动机通过三角皮带传动带动主动轴，转轴之间有一对同步齿轮相连，以获得相向的转速。

(3) 夹桩器 振动锤工作时必须与桩刚性连接，才能把激振器的激振力传给桩身。因此，振动锤下部都有夹桩器（图 1-9）将桩夹紧，使桩与锤合成一体，一起振动。大型振动锤都采用液压夹桩器，因其夹持力大，操作迅速。一般由液压缸推动杠杆，使夹钳夹紧或放开。夹钳可调换，以夹持不同形状的桩。小型振动锤也有采用手动杠杆式、手动液压式和气动式夹桩器。

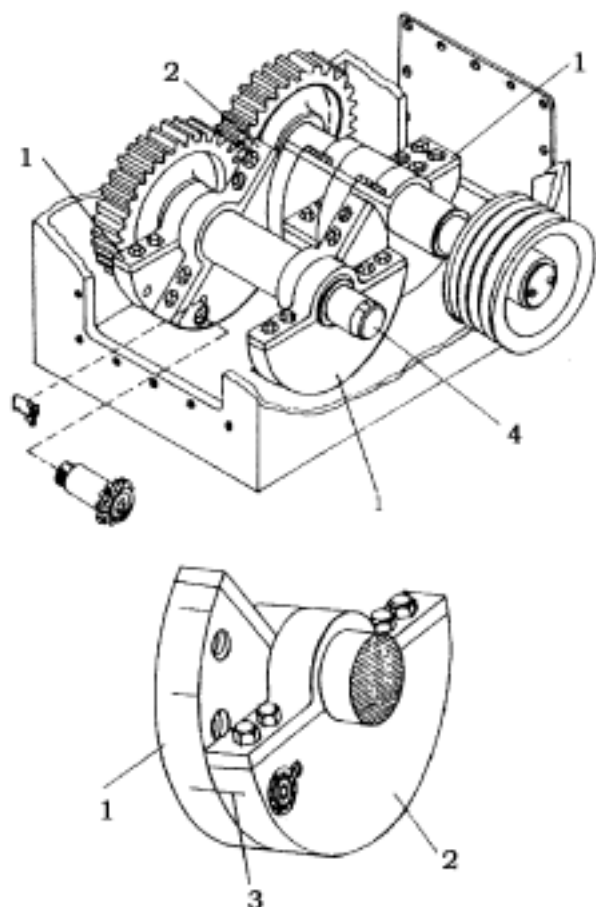


图 1-8 双转轴激振器

1—固定偏心块；2—活动偏心块；3—基准线；4—转轴

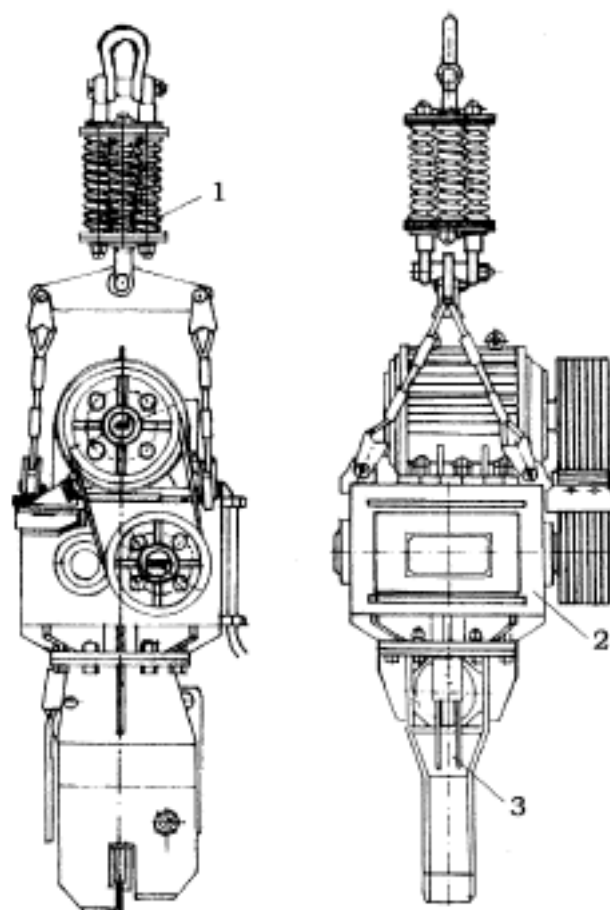


图 1-9 DZ-800 型振动锤外形

1—吸振器；2—激振器；3—夹桩器

(4) 吸振器 吸振器是振动锤的弹性悬挂装置，位于起重机吊钩与振动锤之间，以避免将振动传至起重机吊钩，一般是用若干个压缩螺旋弹簧，装在振动锤的上部。吸振器在沉桩时受力较小，但拔桩时载荷很大，常根据拔桩力来确定弹簧的刚度。

第三节 蒸汽锤和液压锤

1. 蒸汽锤

蒸汽锤是以蒸汽作为动力源的冲击型打桩机械。由锅炉提供饱和蒸汽，供蒸汽锤和卷扬机使用。蒸汽锤的辅助设备较多，效率也较柴油打桩锤低。但是随着桩基向大型化方向发展，特别是在海底石油开发中，当打斜桩和在水下打桩时，柴油打桩锤都受到一定限制，不如蒸汽锤优越。此外，由于蒸汽锤具有结构简单，工作可靠，能适应各种不同性质的地基，而且操作、维修也较容易，因此，得到重视而被列为主要桩工机械之一。

蒸汽锤按动作原理分为单动式、双动式、差动式等几种；按施工特点则分为陆上打桩机和水上打桩船两种。单动式蒸汽锤只有锤体上升时耗用蒸汽，下降靠重力；双动式蒸汽锤的锤体上升、降落，均靠蒸汽推动；差动式蒸汽锤锤体的上升系依靠蒸汽来完成的，其下降则由活塞上、下的蒸汽压力差推动。

(1) 单动式蒸汽锤 单动式蒸汽锤的结构如图 1-10 所示。它由汽缸、活塞导杆、汽缸盖、活塞、配汽阀等组成。图中的排水孔用于排除汽缸内的冷凝水；右侧的限位排气孔用以控制汽缸体的上升极限高度。为了防止高温、高压时蒸汽从汽缸体内向外泄漏，在汽缸盖与汽缸连接处填有铜垫。在活塞上导杆与汽缸之间，还填有耐热密封垫圈。

配汽阀是单作用蒸汽锤的控制机构。蒸汽的进、出，冲程的大小，频率的高低，都是由配汽阀调节和控制的。配汽阀通过螺栓与蒸汽锤的活塞杆相连接，中间加密封垫。在运输过程中，应将配汽阀拆下，妥善保管。

(2) 双动式蒸汽锤 双动式蒸汽锤又称双作用式蒸汽锤。由于锤体下降也依靠蒸汽，故速度很快，打桩频率可达 200~300 次/min。由于频率较大，会使桩发生振动，从而阻力减小，下沉速度加快。这种桩锤还可用来拔桩。

图 1-11 所示为双动式蒸汽锤的结构图。蒸汽锤工作前，锤体处于下止点，打开进汽阀以后，蒸汽由进汽口 9 进入汽阀 6 的汽室内。此时，汽阀 6 的汽道与其下部的蒸汽下通道相通，蒸汽进入活塞 2 下部的汽缸内，把活塞 2 顶起，并带动活塞杆和冲击体 3 一起上升。与此同时，固定在冲击体 3 上部的汽阀杆夹块 7 带动阀杆 5 开始旋转，当活塞与冲击体上升到一定行程时，在汽阀杆夹块 7 和阀杆 5 的作用下，迫使汽阀 6 的下进气口与蒸汽下通道的气路关闭。而汽阀 6 的上进气口与其上部的蒸汽上通道相通，蒸汽下通道与汽阀 6 的下排气口相通，活塞下部的蒸汽就开始排出，活塞上部开始进气，迫使活塞加速下降。通过活塞杆带动冲击体一起下落，敲击冲击砧座 4，进行打桩。

在冲击体落下的同时，通过汽阀杆夹块 7 及阀杆 5，又使汽阀 6 关闭上进汽通道。同时开启上排气通道和下排气通道，并关闭下排气通道，冲击体又开始上升，如此往复循环，进行打桩。

将双动式蒸汽锤用于拔桩时，锤的中心线必须与桩身的中心线一致。作业时，要与起重机一起协同工作，将桩锤固定在桩头上，用钢丝绳吊住，随着桩的拔出，起重机必须随

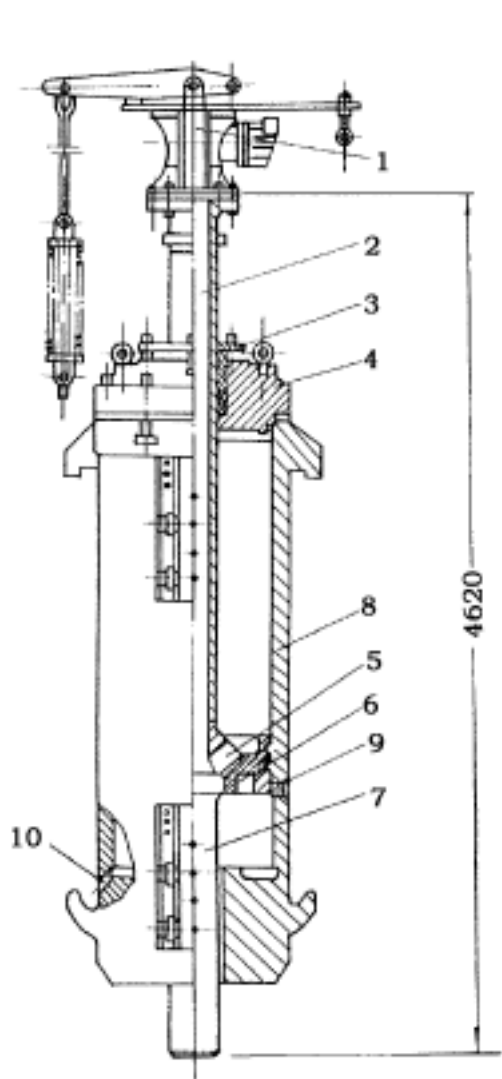


图 1-10 单动式蒸汽锤结构

1—配气阀；2—活塞上导杆；3—填料压盖；
4—汽缸盖；5—通气孔；6—活塞；7—活塞下
导杆；8—汽缸；9—限位排气孔；10—排水孔

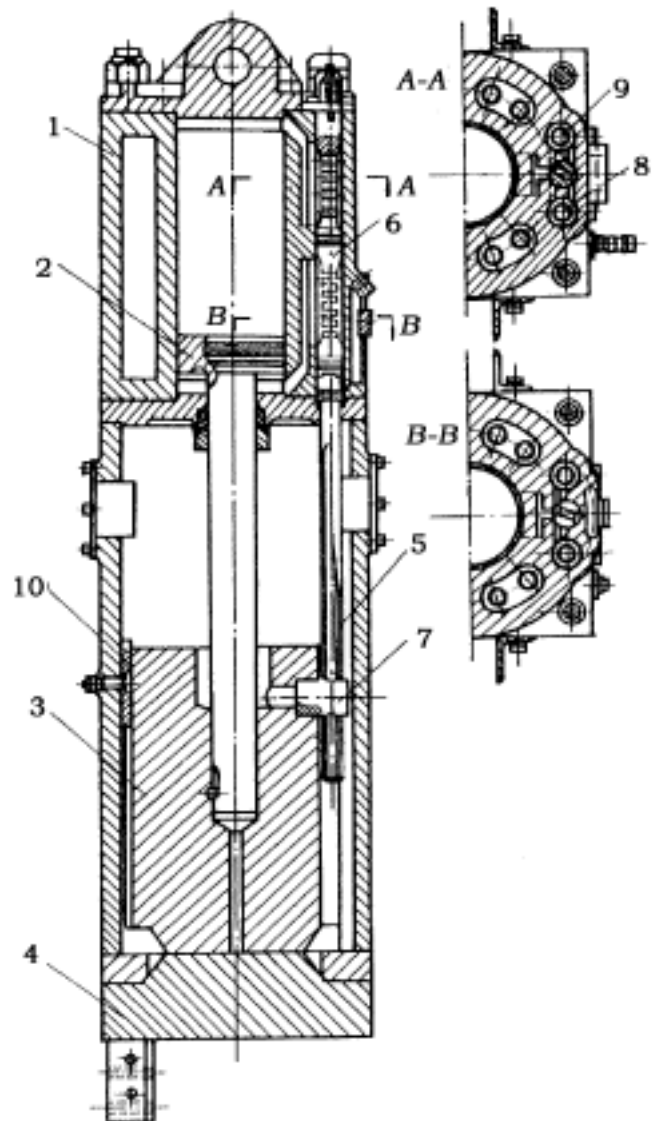


图 1-11 双动式蒸汽锤结构图

1—汽缸；2—汽缸活塞；3—冲击体；4—冲击砧座；
5—阀杆；6—气阀；7—阀杆夹块；8—排气口；9—进气口；
10—导向键

时收紧钢丝绳。

(3) 差动式蒸汽锤 差动式蒸汽锤的工作原理如图 1-12 所示。其汽缸内壁呈阶梯形，在同一根活塞杆上装有两个直径不同的活塞，蒸汽总是通入大小活塞之间的汽室里，力图把冲击部分抬起。当活塞上升时，其上部汽室与大气相通；活塞下降时，则又和蒸汽相通。故活塞下降时的总作用力，等于作用在两活塞端面上的压力差，所以称之为差动式。选用适当的活塞尺寸，在一定的限度内，可以改变蒸汽的总作用力，从而获得桩锤冲击部分与汽缸总重之间的合理比率，避免造成与气压相平衡的汽缸体重过大。

2. 液压锤

理想的打桩机，既具有足够的作用力，又有较长的作用时间，这样才能保证每次冲击使桩柱有较大的贯入度。为此，国内外行家做了不少的研究，其中荷兰的 HBM 液压锤比较出众，在原理和结构上比较成熟。

图 1-13 是 HBM 型液压锤的构造图和工作循环原理图。其工作部分是一个密闭的缸体（冲击缸）2，其上部充满液压油，中部则充满氮气（作为缓冲-传力介质），油与氮之间有一个浮动活塞 3 将两者隔开，缸体的下部装有冲击头 4，冲击缸体由驱动缸 5 推动其升降，一切装置装在外罩壳 1 之内，工作时装在桩头上，其工作循环如下述。