

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



SHUDIANXIANLU SHIGONG
JIXIE JI SHEBEI

输电线路施工 机械及设备

李光辉 江全才 编著
何海波 张巍巍



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



SHUDIAXIANLU SHIGONG
JIXIE JI SHEBEI

输电线路施工 机械及设备

编 著 李光辉 江全才
何海波 张巍巍
主 审 刘文里



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神，加强教材建设，确保教材质量，中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校，满足学科发展和人才培养的需求，坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

目前电力工业迅速发展，需要大批输电线路工程方面的专业技术人才。同时，随着大容量、超高压以及特高压输电线路的出现，对输电线路工程技术人才的要求也越来越高。为此，各大电力院校也相继增设了输电线路工程专业，为电力建设培养高级技术人才。

编者根据输电线路工程专业教学大纲的要求，结合多年来实际的教学经验并参考了业内专家编撰的部分专业书籍，编写了本书。本书融入了现行输电线路施工用机械及设备，并有意地介绍了相关生产厂家的机械及设备的技术参数，以供输电线路建设人员参考。

本书编写的基本原则是力求图文并茂、通俗易懂，并实现理论基础扎实，又兼顾实际运用的特点，基本全面地反映了近年来我国输电线路（电缆）施工、运行与检修用机械及设备。

本书由三峡大学李光辉统稿，并编写第二、三、四章，何海波（厦门电业局）编写第一、六章，江全才（三峡大学）编写第五章，张巍巍（佛山供电局）编写第七章。本书承蒙哈尔滨理工大学刘文里教授审阅，提出了不少宝贵意见，在此表示深深感谢。

本书在编写过程中，查阅、收集、整理了相关生产厂家的网站及产品样本提供的相关资料，同时在编写出版过程中，得到了三峡大学机械与材料学院和出版单位的多方面关怀和大力支持，在此一并谨致谢意。

由于编者经验不足，写作水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大同行和读者批评指正。

编者于三峡大学

2008年6月

目 录

前言

第一章 输电线路基础施工机械及工器具	1
第一节 概述	1
第二节 混凝土基础施工机械及设备	3
第三节 土石方基础工程施工机具	14
第四节 灌注桩基础施工用机械及设备	20
第五节 打桩机械、抽水设备简介	25
第二章 杆塔组立常用设备及配套用工器具	28
第一节 杆塔组立用抱杆	28
第二节 起重滑车	50
第三节 绳索	57
第四节 U形环	70
第五节 牵引绞磨	72
第六节 双钩紧线器、起重葫芦	78
第七节 锚桩	83
第三章 牵引机	92
第一节 牵引机类型及组成	93
第二节 牵引机的动力装置和制动装置	98
第三节 牵引机的传动方式	104
第四节 牵引机引卷筒及钢丝绳卷绕机	112
第四章 张力机	122
第一节 张力机的分类及组成	122
第二节 张力机制动方式	127
第三节 张力机的放线机构	133
第四节 张力机的增速装置	140
第五节 张力架线施工设计	142
第五章 牵引机和张力机液压系统基础知识	151
第一节 牵引机和张力机的液压系统	151
第二节 牵引机和张力机的液压传动系统	163
第三节 钢丝绳卷绕机液压系统	168
第六章 架线施工常用辅助机械及设备	171
第一节 放线滑车	171
第二节 放线架	184
第三节 导线、避雷线压接工具	187

第四节	防捻器、牵引板及配套牵引绳	193
第五节	架线附件安装机具	201
第六节	现代放线施工技术用机器具简介	204
第七章	电力线路带电作业和电缆施工用设备	213
第一节	电力线路带电作业用设备简介	213
第二节	电缆施工用器工具简介	229
参考文献	239

第一章 输电线路基础施工机械及工器具

第一节 概 述

一、输电线路杆塔基础

输电线路杆塔地下部分的总体统称为基础。它的作用是用来稳定输电线路杆塔。

混凝土电杆基础的组成部件已形成单一类的底盘、卡（夹盘）和拉盘，它们被运到施工现场后装配，使用较为方便。

杆塔基础由于塔型种类较多，底面积较大，必须根据施工地形、地质条件和设计基础方案进行施工。目前常用的杆塔基础有现浇混凝土基础、装配式基础、桩式基础、锚杆基础等。

(1) 现浇混凝土基础。该基础根据情况可决定是否配筋。塔腿下段主材可直接插入混凝土，或在混凝土内预埋地脚螺栓，以便与塔座连接。无筋混凝土基础多用于铁塔的上拔腿。

(2) 装配式铁塔基础。该基础多用于山区土质较好，无地下水的直线塔。通常采用镀锌角铁组成格构形基础，铁塔主材下段是基础的一部分。施工时，基坑底层浇制混凝土垫层，装配格构形基础置于其上，回填土夯实即成。

(3) 桩式基础。该基础主要采用钢筋混凝土灌注桩，多用于河滩、淤泥地带等地基为弱土层的塔基以及跨越中心桩及转角塔位，桩位置、档距和断面高程，进行全面复核测量。

(4) 锚杆基础。该基础适用于山区岩石地带，利用岩石的整体性和坚固性做成，所以称为岩石基础。

二、基础施工用测量仪器设备

输电线路基础施工的任务，就是按设计要求进行施工。普通土坑在开挖前都必须做好复测和分坑工作。这就要使用测量仪器设备，如经纬仪、水准仪、全站仪等。同时这些仪器设备也将用在架空输电线路导线弧垂的测量等工作中。

输电线路施工复测，是指线路施工前，施工单位对设计部门已测定线路中心线上的各直线桩、杆塔位中心桩及转角塔位桩位置、档距和断面高程，进行的全面复核测量。这就需要测量仪器设备。常用的检测设备主要是经纬仪、水准仪及相配套的塔尺等。随着科技的发展，有的单位已使用电子全站仪及卫星定位系统等先进的测量技术。

1. 经纬仪

经纬仪主要用来测量水平角、竖直角、距离和高程，有罗盘的经纬仪还可测定方向。

经纬仪的种类很多，结构也多种多样，一般常用的经纬仪有游标、光学、电子经纬仪。

光学经纬仪是最早使用的测量仪器，图 1-1

(a) 所示为 J2 型光学经纬仪。它适用于工程测量、

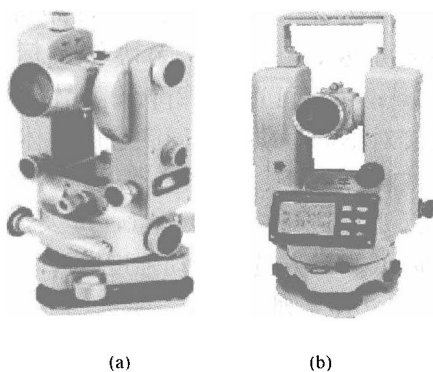


图 1-1 经纬仪（部分）实物图

(a) J2 型光学经纬仪；(b) DT200 系列电子经纬仪

工业及大地测量，如三角及导线测量、精密工程测量、隧道及矿山施工测量、地籍测量、变形测量，是目前采用较多的经纬仪。

电子经纬仪广泛应用于国家和城市的三、四等三角控制测量，如铁路、公路、桥梁、水利、矿山等的工程测量，也可用于建筑、大型设备的安装，以及地籍测量、地形测量和多种工程测量。

图 1-1 (b) 所示为 DT200 系列电子经纬仪，它采用光栅增量式数字角度测量系统，具有使用微型计算机技术进行测量、计算、显示、存储等多项功能，可同时显示水平、垂直角测量结果，可以进行角度、坡度等多种模式的测量。该测量设备，采用四节 AA 碱性电池，可连续工作 80h，可随数据同步输出时间格式，具有检测精度优良，支持断电数据保护，操作更安全等特点。

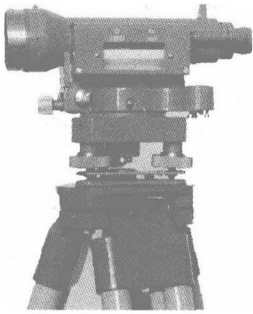


图 1-2 DS3 型水准仪实物图

2. 水准仪

水准仪（见图 1-2）是为水准测量提供水平视线的仪器，类型较多。普通水准测量一般使用 DS3 型（简称 S3 型）水准仪，它由望远镜、管水准器和基座三部分组成，有多种型号。望远镜通过基座与三脚架连接，支承在三脚架上。基座有三个脚螺旋，用以粗略整平仪器。望远镜旁装有一个管水准器，转动望远镜微倾螺旋，可使望远镜做微小的上下俯仰，管水准器也随之上下俯仰。当管水准器中气泡居中，此时望远镜视线水平。仪器在水平方向的转动，是由水平制动螺旋和微动螺旋控制的。

3. 电子全站仪

电子全站仪是一种高精度的野外测量仪器。

图 1-3 (a) 所示为 TC 标准全站仪（IR 测距模式），它是具有简便、快捷、可靠的全中文全站仪，沟通无障碍，测量更轻松。该设备的特性是：具有大量的机载程序满足不同测量任务的需求；便携式摄像机电池，灵活的充电手段，直观的软按键快速激活各功能项，导航键可使操作更迅速，数据交换和外接电源串口，双轴补偿器保证精确置平。

图 1-3 (b) 为 130R 系列全站仪，可实现高精度、远距离、无协作目标测距，反射片测距及棱镜测距。全站仪单棱镜测距可达 5km，精度可达 $2+2\text{ppm}$ ；反射片测距可达 1.3~500km，精度可达 $3+2\text{ppm}$ ，无协作目标测距可达 0.3~350m；精度可达 $3+2\text{ppm}$ 。无协作目标测距功能可直接对不同材质、不同颜色的物体（如建筑物墙面、电线杆、电线、悬崖壁、山体、泥土、木桩等）进行远距离、高精度的测量，可大大提高测量工作效率降低测量人员的劳动强度。

130R 系列全站仪，质量约 5.8kg，携带更轻便，大显示屏幕，全中文操作系统，字母数字键盘和快捷键、软键使操作更方便，防护等级为 IP64，可有效地防止灰尘和水的进入。

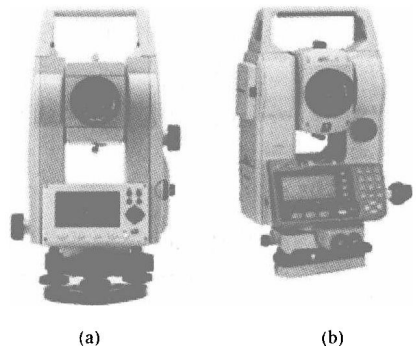


图 1-3 全站仪（部分）实物图
(a) TC 标准全站仪（IR 测距模式）；
(b) 130R 系列全站仪

第二节 混凝土基础施工机械及设备

常用的混凝土基础施工机械及设备有搅拌机械、振捣器、混凝土运输设备以及模板等。

一、混凝土搅拌机

混凝土搅拌机是使混凝土配合料均匀拌和，制备混凝土的专用机械，是现代化建设施工中不可缺少的机械设备。为了适应不同混凝土搅拌要求，搅拌机有多种机型，按工作性质分有周期式和连续式搅拌机，按搅拌原理分有自落式和强制式搅拌机。

搅拌机类型较多，各搅拌机的分类见表 1-1。

表 1-1 搅拌机的分类

自落式			强制式			
鼓筒式	双锥式		涡桨式	立星式		卧轴式 (单轴双轴)
	反转出料	倾翻出料		定盘式	盘转式	

1. 自落式混凝土搅拌机

自落式混凝土搅拌机适用于搅拌塑性混凝土。这类搅拌机的搅拌筒内壁焊有弧形叶片。当搅拌筒绕水平轴旋转时，叶片不断将物料提升到一定高度，然后自由落下，互相掺合。

自落式混凝土搅拌机（JZC 系列）实物图如图 1-4 所示。它由机架、机架底部的支撑轮，安装在机架上的搅拌筒、曲梁和手柄组成。

(1) 自落式混凝土搅拌机的工作原理。自落式混凝土搅拌机工作原理如图 1-5 (a) 所示。将混合料放在一个旋转的搅拌鼓内，随着搅拌鼓的旋转，鼓

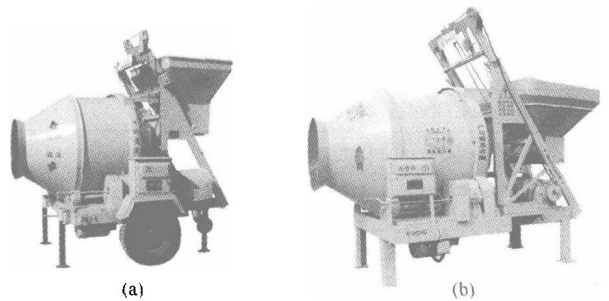


图 1-4 自落式混凝土搅拌机（JZC 系列）实物图
(a) 拖车式；(b) 固定式

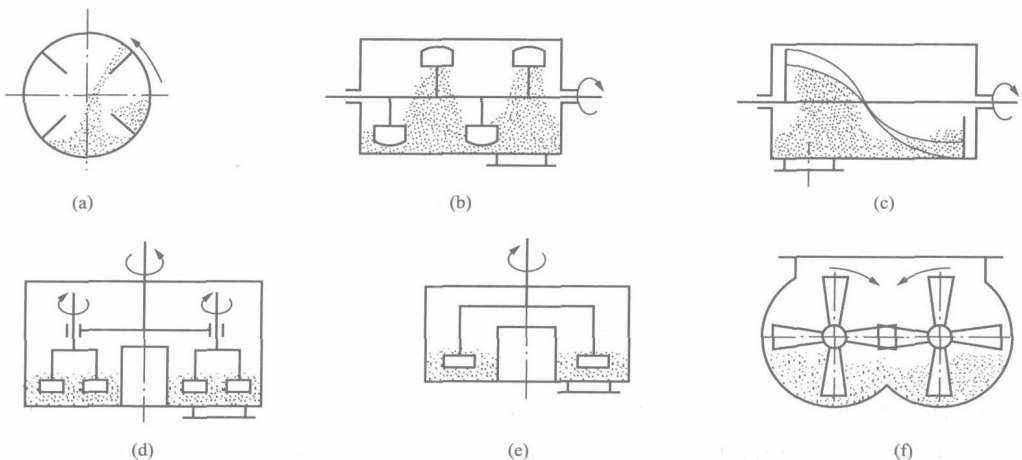


图 1-5 混凝土搅拌机的工作原理图

内的叶片把混合料提升到一定的高度，在重力作用下物料又自由坠下，反复进行，互相穿插、翻拌、混合使混凝土各组成成分搅拌均匀。搅拌鼓筒的转速根据鼓筒的容量而定，约为12~24r/min。

自落式混凝土搅拌机一般用于拌制塑性和半塑性混凝土。

自落式混凝土搅拌机的装料可用装料斗或斗式提升机装料。

卸料方法可根据混凝土搅拌机的结构而定，可用搅拌筒倾翻卸料，或用出料槽卸料，还可用螺旋出料叶片鼓筒反转出料。

(2) 自落式混凝土搅拌机技术参数举例分别见表1-2和表1-3。

表1-2 JZC350 锥形反转出料混凝土搅拌机（半爬式）

项 目 名 称	参 数
进料容量 (L)	560
出料容量 (L)	350
最大生产率 (m ³ /h)	14
配套动力搅拌机电动机型号 (Y132S-4) (kW)	5.5
搅拌机电机转速 (r/min)	1440
水泵电机功率 (kW)	9/0.55
水泵电机转速 (r/min)	2800
搅拌筒转速 (r/min)	14
骨料最大粒径 (卵石/碎石) (mm)	60/40
轮胎型号 6.50-16 (10层), 轮距 (mm)	2120
最大托行速度 (km/h)	50
外形尺寸 (长×宽×高) (mm×mm×mm)	3000×2200×2800
整机质量 (kg)	2000

注 本表参数引自甘肃兰州新丝路建筑设备有限公司产品样本。

表1-3 JJ-170 型搅拌主要技术参数

项 目 名 称	参 数	项 目 名 称	参 数
出料容量 (L)	170	搅拌筒转速 (r/min)	21
出料次数 (次/h)	20	柴油机功率 (kW)	5.58
骨科最大粒径 (卵石、碎石) (mm)	60	水泵功率 (kW)	0.55
搅拌提升功率 (kW)	4	轮距 (mm)	1780
供水精度	<2%	整机质量 (kg)	1300
最大拖行速度 (km/h)	<20	外型尺寸 (长×宽×高) (mm×mm×mm)	2500×1040×1700

注 本表参数引自扬州华能机具制造公司产品样本。

2. 强制式混凝土搅拌机

强制式混凝土搅拌机实物外形如图1-6所示。它适于搅拌干硬混凝土及轻骨料混凝土。与自落式搅拌机相比，其优点是搅拌效果好、生产率高。但其缺点是消耗功率大，搅拌叶片磨损快。

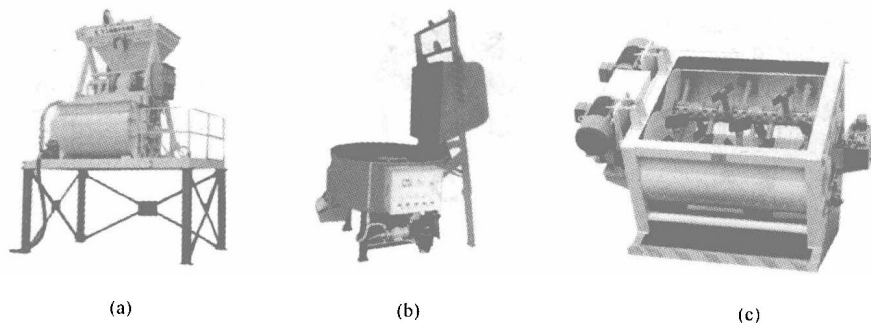


图 1-6 强制式混凝土搅拌机（部分）产品实物图

(a) 卧轴式 (JS-500 型); (b) 立轴式 (JW-500); (c) 双卧轴强制式搅拌机 (JS4000 型)

(1) 强制式混凝土搅拌机工作原理。其工作原理如图 1-5 (b)、(c)、(d)、(e)、(f) 所示。这类混凝土搅拌机分转轴式与转子式。前者的搅拌叶片装在位于固定的或转动的盘上转动的转轴上 [见图 1-5 (b)、(c)、(e)、(f)], 后者的搅拌叶片位于固定的或转动的转子上 [见图 1-5 (d)、(e)]。强制式搅拌机利用转子或转子上的搅拌叶片对原材料强制地推挤, 使其产生相对位移而掺合搅拌。

转子式的强制式搅拌机又分涡桨式、行星式。涡桨式是在盘中央装有一个回传的转子, 在转子上固定着几组叶片 [见图 1-5 (d)]。行星式是在盘中装有两个固定着几组叶片的转子 [见图 1-5 (e)], 这两个转子上的叶片除绕自身轴线转动 (自转) 外, 还绕盘的中心回转 (公转)。如盘是旋转的, 则两转子不绕盘中心回转, 而是盘作相反方向旋转。

(2) 强制式搅拌机技术参数举例见表 1-4。

表 1-4 JS500 强制式双轴搅拌机产品技术参数

项目 名称	参 数	项 目 名 称	参 数
出料容量 (L)	500	搅拌时间 (s)	35~45
进料容量 (L)	800	提升转速 (r/min)	>13
骨料最大料径 (mm)	60/80	总功率 (kW)	25

注 本表参数引自南宁市佛峻建筑机械有限公司产品样本。

3. 其他混凝土搅拌机简介

(1) 小型便携式混凝土搅拌机。由于传统的搅拌机容量大、价格高、托运搬运不方便, 对于小型工程, 工人们只好在地面上人工搅拌, 不仅效率低、质量差、劳动强度大而且浪费原料、污染环境。为改变这一现状, 不少研究部门及生产厂家研制生产了适应小型工程维修队在施工中搅拌小量混凝土或其他材料, 具有体积小、重量轻、组装方便、移动灵活、操作简便、噪声低等特点的小型便携式混凝土搅拌 (灰混) 机。设备以出口型柴油机为动力, 锥齿轮传动, 手摇倾翻出料, 具有操作简便、机动灵活等特点。小型便携式混凝土搅拌机 (部分) 实物外形图, 如图 1-7 所示, 基本功率为 0.5~2.0HP, 容量分别为 120~180L。

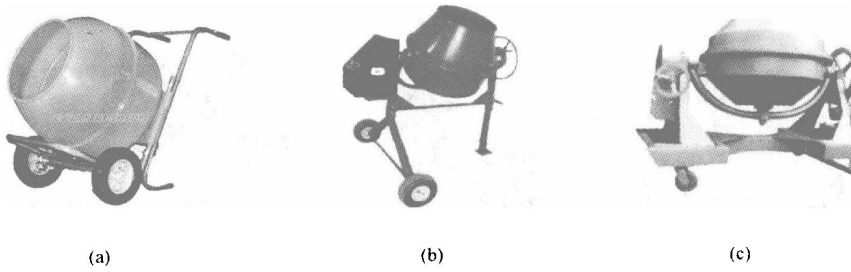


图 1-7 小型便携式混凝土自落式搅拌机（部分）系列产品实物图
(a) PCM5-HS 型；(b) CM-100L-160L 型；(c) TD430D 型

(2) 混凝土搅拌运输车。它由汽车底盘和混凝土搅拌运输专用装置组成。我国生产的混

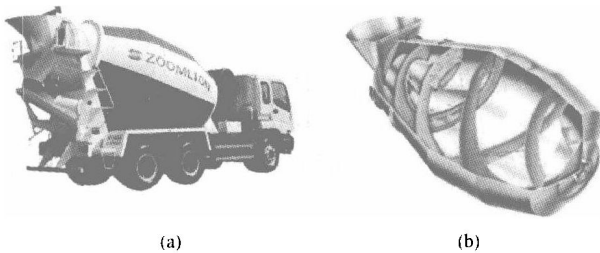


图 1-8 混凝土搅拌运输车及滚筒叶片
(a) ZLJ 系列混凝土搅拌运输车；(b) 滚筒叶片

凝土搅拌运输车的底盘多采用整车生产厂家提供的二类通用底盘。其专用机构主要包括取力器、搅拌筒前后支架、减速机、液压系统、搅拌筒、操纵机构、清洗系统等。图 1-8 (a) 所示混凝土搅拌运输车运输混凝土施工现场直接浇筑混凝土。

混凝土搅拌运输车工作原理：通过取力装置将汽车底盘的动力取出，并驱

动液压系统的变量泵，把机械能转化为液压能传给定量马达，马达再驱动减速机，由减速机驱动搅拌装置，对混凝土进行搅拌。

1) 取力装置。国产混凝土搅拌运输车采用主车发动机取力方式。取力装置的作用是通过操纵取力开关将发动机动力取出，经液压系统驱动搅拌筒，搅拌筒在进料和运输过程中正向旋转，以利于进料和对混凝土进行搅拌，在出料时反向旋转，在工作终结后切断与发动机的动力连接。

2) 液压系统，将经取力器取出的发动机动力，转化为液压能（排量和压力），再经马达输出为机械能（转速和扭矩），为搅拌筒转动提供动力。

3) 减速机，将液压系统中马达输出的转速减速后，传给搅拌筒。

4) 操纵机构，它的作用是：①控制搅拌筒旋转方向，使之在进料和运输过程中正向旋转，出料时反向旋转；②控制搅拌筒的转速。

5) 搅拌装置，由搅拌筒及其辅助支撑部件组成。搅拌筒是混凝土的装载容器，转动时混凝土沿叶片的螺旋方向运动，在不断地提升和翻动过程中受到混合和搅拌。在进料及运输过程中，搅拌筒正转，混凝土沿叶片向里运动；出料时，搅拌筒反转，混凝土沿着叶片向外卸出。叶片是搅拌装置中的主要部件，损坏或严重磨损会导致混凝土搅拌不均匀。另外，叶片的角度如果设计不合理，还会使混凝土出现离析。

6) 清洗系统，用来清洗搅拌筒，有时也用于运输途中进行干料拌筒，还对液压系统起冷却作用。

一般混凝土搅拌运输车到达浇灌现场前 10~15min 进行搅拌，到达浇灌现场正好搅拌完即可进行浇灌。输送距离较长时，为防止混凝土在输送过程中产生分离与初凝现象，以确

保混凝土质量，需使搅拌鼓筒以 $1\sim 3r/min$ 的低速转动，以对筒内的混凝土加以搅动。

混凝土搅拌车拌筒叶片线型通常采用等螺旋角对数螺旋线，如图 1-8 (b) 所示。

JCD 型混凝土搅拌运输车上车主要技术参数见表 1-5。

表 1-5 混凝土搅拌运输车上车主要技术参数

型号	罐公称搅拌容量 (m^3)	搅拌罐容积 (m^3)	装填比	搅拌罐转速 (r/min)	进料口高度 (mm)	排料槽最小离地高 (mm)	底部机架尺寸 (mm×mm)
JCD3-B	3	5.05	0.67	0~12.5	2096	1000	4200×86
JCD6-B	6	10.58	0.67	0~7.10	2563	1000	5550×860

注 本表参数引自郑州市鑫宇机械制造有限公司产品样本。

二、混凝土搅拌方式

为了保证混合料的拌制质量，必须按设计配合比，将碎石、砂子和水泥按要求称量准确，已称（或量）好的混凝土材料可用人工搅拌或装入拌合机械内搅拌。

1. 人工搅拌

一般在灰盘或钢板上进行人工搅拌，可用于小规模混凝土工程，或因电源及搅拌设备等条件限制时采用。

人工搅拌劳动强度大，而且要求混凝土具有较大的坍落度，否则很难拌匀，质量不易保证。通常水灰比不变时，人工搅拌要比机械搅拌多耗 $10\%\sim 15\%$ 的水泥，比机械搅拌的强度约降低 $10\%\sim 20\%$ 。人工搅拌通采用“三三制”，即先倒入砂和水泥，干拌三次混合均匀，然后加规定用水量 80% 的水，搅拌三次成水泥浆，最后将石子倒入水泥浆中，反复搅拌三次，并随后拌和，加入其余 20% 的水，直至拌和均匀为止。

2. 机械搅拌

机械搅拌具有提高搅拌质量和生产效率等优点，适用于大型基础，混凝土量较大，线路交通方便等宜用搅拌机搅拌混凝土的场合。

用搅拌机搅拌混凝土，加料顺序为砂→水泥→石子→水，即先将砂倒入搅拌机提升斗内，随之又将水泥、石子倒入；然后将提升斗内大配料一并投入搅拌机的滚筒内，这可以把水泥夹在砂、石子之间，使水泥不致向外飞扬；最后加入需要的水量进行搅拌。

若搅拌机搅拌混凝土完毕后不再使用或停工时间长，应向搅拌鼓内倒进一些碎石或砂子，搅拌 10min 再放出；同时，必须在运转中用清水冲洗干净，以防剩余的混凝土在机内残存结块影响下一次使用。

三、搅拌机的主要参数和生产率计算

1. 搅拌机的主要参数

周期式混凝土搅拌机的主要参数是指额定容量、工作时间和搅拌转速。

(1) 额定容量。额定容量有进料容量和出料容量之分。我国规定出料容量为主参数，表示机械型号。进料容量（又称装料容量）是指搅拌筒的物料体积 V_0 （单位：L）。出料容量是指卸出的物料（混凝土等）体积 V_2 （单位： m^3 ）。通常取搅拌筒的进料容量 V_0 和装进干料容量 V_1 之比 $V_0/V_1=2:4$ 。拌制好后卸出的混凝土出料容量 V_2 和装进干料容量 V_1 之比用 φ_1 表示，称出料系数，取 $\varphi_1=V_2/V_1=0.65:0.7$ 。拌制好后的新鲜混凝土体积 V_2 和捣实后的新混凝土体积 V_3 之比用 φ_2 表示，称压缩系数，它与混凝土的性质有关，可用下述方法

表示:

对于干硬性混凝土, 取 $\varphi_2 = V_2/V_3 = 1.45 : 1.26$;

对于干缩性混凝土, 取 $\varphi_2 = V_2/V_3 = 1.25 : 1.17$;

对于软性混凝土, 取 $\varphi_2 = V_2/V_3 = 1.10 : 1.04$ 。

(2) 工作周期。它是指搅拌机工作时间 (单位: s), 分上料时间、出料时间、搅拌时间和循环时间。

1) 上料时间: 从给拌筒送料开始到上料过程结束。

2) 出料时间: 从出料开始至少 95% 以上搅拌物料卸出。

3) 搅拌时间: 从上料结束到出料开始。

4) 循环时间: 在连续生产条件下, 先一次上料过程至紧接着的后一次上料开始之间的时间, 也是一次作业循环的总时间。

(3) 搅拌转速。它是指混凝土搅拌机筒搅拌旋转转速。

2. 混凝土搅拌机的生产率

周期式混凝土搅拌机的生产率 Q 的计算式为

$$Q = 3600 \left(\frac{V_2}{t_1 + t_2 + t_3} \right) k_1 \quad (1-1)$$

式中 Q ——混凝土搅拌机生产率, m^3/h ;

V_2 ——搅拌机的额定出料容量;

t_1 ——每次上料时间, 使用上料斗进料时, 一般为 8~15s, 通过漏斗或链斗提升机装料时, 可取 15~26s;

t_2 ——每次搅拌时间, 随混凝土坍落度和搅拌机容量的大小而不同, 可根据实测确定或参考表 1-6 确定;

t_3 ——每次出料时间, 倾翻出料时间一般为 10~15s, 非倾翻出料时间为 40~50s;

k_1 ——时间利用系数, 根据施工组织而定, 一般为 0.90。

表 1-6 搅拌物在自落式搅拌机中延续的最短时间

出料容量 (m^3)	每次搅拌时间 (s)	
	坍落度 $\leq 60mm$	坍落度 $> 60mm$
≤ 0.25	60	45
0.75	120	20
1.5	150	120

四、振捣器

混凝土振捣器是机械化捣实混凝土的机具, 主要用于排除混凝土的中气泡, 使混凝土密实结合, 消除混凝土的蜂窝麻面等现象, 以提高其强度, 保证混凝土构件的质量。

1. 混凝土振捣器的种类

混凝土振捣器的种类较多, 常用的分类方法有以下几种:

(1) 按传递振动的方法分, 有内部振捣器、外部振捣器和表面振捣器三种。

内部振捣器又称插入式振捣器。插入式振捣器按动力来源又分内燃式、电动式、风动式

三种。内燃式和电动式振捣器实物外形如图 1-9 所示。

外部振捣器和表面振捣器，在输电线路基础施工中很少采用。输电线路混凝土基础振捣，多以插入式振捣器为主。

(2) 振捣器按振动频率分有低频式、中频式和高频式三种。

低频式的振动频率为 $25 \sim 50\text{Hz}$ ($1500 \sim 3000$ 次/min)；中频式为 $83 \sim 133\text{Hz}$ ($5000 \sim 8000$ 次/min)；高频式为 167Hz ($10\,000$ 次/min) 以上。

(3) 按振捣器产生振动的原理分有偏心式和行星式两种。偏心式的激振原理是利用振动棒中心安装的具有偏心质量的转轴，在高速旋转时产生的离心力，通过轴承传递给振动棒壳体，从而使振动棒产生圆周振动的。行星式的激振原理是利用振动棒中一端空悬的转轴，在它旋转时，其下垂端的圆锥部分沿棒壳内的圆锥面滚动，从而形成滚动体的行星运动，以驱动棒体产生圆周振动。

2. 混凝土振捣器操作规程及方法与要求

混凝土振捣器的振捣方法有两种：一种是垂直振捣，即振动棒与混凝土表面垂直；另一种是斜向振捣，即振动棒与混凝土表面成一定角度，约为 $40^\circ \sim 45^\circ$ 。其主要操作规程与要求如下：

(1) 使用前检查各部位连接是否牢固，旋转方向是否正确。以电动机为动力的振捣器，当接通旋转时，若软轴不转，则电动机转向不对，任意调换两相电源线即可；若软轴转动棒不起振可摇晃棒头或将棒头轻磕地面，即可起振。

(2) 插入式振捣器操作时振动棒应自然垂直地沉入混凝土，不得用力硬插、斜推或使钢筋夹住棒头，也不得全部插入混凝土中。

(3) 振捣器的操作要做到“快插慢拔”。快插是为了防止先将表面混凝土振实而与下面混凝土发生分层、离析现象；慢拔是为了使混凝土能填满振动棒抽出时所造成的空洞。对于半硬性混凝土，有时还要在振动棒抽出的洞旁不远处，再将振动棒重新插入才能填满空洞。在振捣过程中，宜将振动棒上下略为抽动，以使上振下捣密实均匀。每次移动距离以 50cm 左右为宜，每一位置振捣持续时间一般应以混凝土表面呈现水泥浆、不再出现气泡并不再沉落为度，一般在 $20 \sim 30\text{s}$ 之间。振捣器插点要均匀排列，可采用“行列式”或“交错式”的次序移动（见图 1-10），插点间的移动间距不应大于振捣器作用半径的 1.5 倍（即 700mm ）。但“行列式”、“交错式”不可混用，以免漏振。

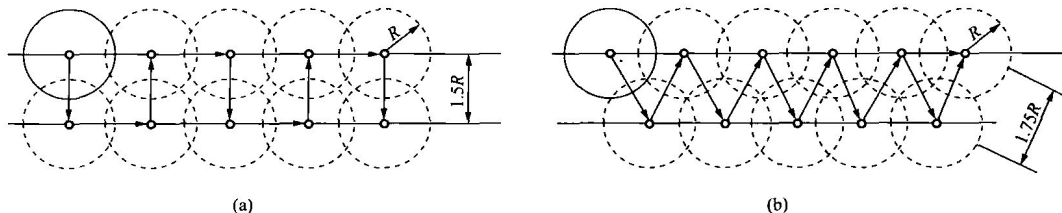


图 1-10 振捣方法

(a) 行列式；(b) 交错式

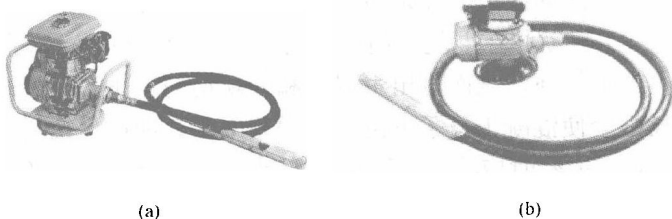


图 1-9 振捣器实物外形图

(a) 内燃机（汽油机或柴油机）驱动振捣器；

(b) 电动机驱动振捣器

振捣棒的振捣半径是指振捣棒在振捣过程中的有效半径。一般按其棒半径的3倍计算。

(4) 振动棒在混凝土内振密的时间,一般每插点振密20~30s,以混凝土不再显著下沉,不再出现气泡,表面翻出水泥浆和外观均匀为止。振捣时间过短,不能使混凝土捣实,时间过长则会使混凝土石子下沉,水泥浆上浮,即产生离析现象。

(5) 振密时应将振动棒上下抽动5~10cm,使混凝土振密均匀;棒体插入混凝土的深度不应超过棒长 $2/3\sim 3/4$,以免因振动棒不易拔出而导致保护软管损坏;不许将保护软管插入混凝土中,以防砂浆浸蚀保护软管及砂浆渗入软管而损坏机件。

(6) 振捣器使用时,振捣器距离模板不宜大于15cm,也不宜紧靠模板,且应尽量避免碰撞钢筋及各种预埋件。

(7) 振捣器作业时,保护软管弯曲半径应大于规定数值,软管不得有断裂。钢丝软轴使用200h后应及时更换,若软管使用过长,长度变长时应进行修复或换新。

(8) 振捣器在使用中若温度过高,应停机冷却检查,是机件故障,要及时修理。冬季低温下,振捣器作业前应缓慢加温,在棒内的润滑油解冻后,再投入作业。

(10) 操作人员应注意用电安全,在穿戴好胶鞋和绝缘橡皮手套后方能操作插入式振捣器进行作业。

(11) 振捣器作业完毕,应将振捣器电动机、保护软管、振动棒刷洗干净,按规定要求进行润滑保养工作;振捣器存放时,不要堆压软管,应平直放好,以免变形;应防止电动机受潮。

五、混凝土工程施工用模板及抬架

模板是浇制混凝土的模型。其作用是成型、支撑、改善混凝土表面质量及保护混凝土。模板结构包括模板面板、支承件和连接件等。在混凝土结构施工中要耗用大量的模板材料。

模板有以下三种分类方式:

- (1) 按材料分有木模板、钢模板、混凝土预制模板、混合模板等。
- (2) 按形状分有曲面模板、曲线型混凝土模板(如电站进水口)、平面模板等。
- (3) 按支撑方式分有简支、悬臂、半悬臂。

1. 木模板

木材是传统的模板材料,其树种可按各地区实际情况采用,材质不宜低于Ⅲ等材。

木模板以钉结合,即由面板和串用圆钉钉制而成,并以散装、散拆为主要的施工方式。木模面板厚度一般采用30mm,当承受的荷载较小时,也可采用厚度为15、20mm或25mm等的木板。串是将单块木板连成整体的条形构件,其尺寸应根据面板幅面的大小选用,一般串的断面为60mm×90mm、50mm×70mm、30mm×40mm等。施工单位大多根据自己的支模习惯和工程的实际情况将木材制成一定的模板标准件,供周转使用。

模板是按施工图要求进行配板和计算,复杂的工艺需放大样。

2. 钢模板

钢模板具有尺寸精确、表面光滑、接缝严密的特点,可满足阶梯式基础外形尺寸准确和表面光洁,且组合装拆方便,可提高现场施工效率。钢模板有定型和非定型两种产品。

定型产品均为直角模,用于四边互为直角(90°)的情况。

非定型产品均为斜角模（或称楔型专用模板），用于基础四个边的夹角不是直角的情况。使用组合钢模板应执行 GB J214—1989《组合钢模板技术规程》的有关规定。

组合钢模板由钢模板和配件两大部分组成，具有组装灵活、通用性强、装拆方便、安装工效高、周转次数多、可节省大量木材等优点。钢模板包括平面模板、阳角模板、阴角模板、连接角模等通用模板和其他专用模板。配件的连接包括 U 形卡、L 形插销、钩头螺栓、扣件等。配件支承件包括钢楞、柱箍、斜撑等。

钢模板由厚度为 2.3、2.5mm 的 Q235 钢冷轧冲压成槽板后，组装焊接成型。采用模数制设计，通用模板的宽度模数以 50mm 进级，长度模数以 150mm 进级。

通用钢模板型式及规格如图 1-11 及表 1-7 所示。

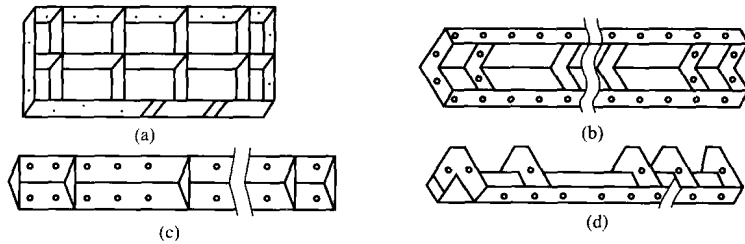


图 1-11 钢模板型式

(a) 平面模板；(b) 阴角模板；(c) 阳角模板；(d) 连接角模

表 1-7

钢模板规格

名称		宽度 (mm)	长度 (mm)	肋高 (mm)
平面模板 (P)		300、250、150、100	1500、1200、900、 750、600、450	55
转角模板	阳角模板 (Y)	100×100、50×50		
	阴角模板 (E)	150×150、100×150		
	连接角模 (J)	50×50		
倒棱模板	角棱模板 (JL)	17、45		
	圆棱模板 (YL)	R20、R35		
梁腋模板 (LY)		50×150、50×100		
柔性模板 (Z)		100		
搭接模板 (D)		75		
双曲可调模板 (T)		300、200		
变角可调模板 (B)		200、160		
嵌补模板	平面嵌板	200、150、100	300、200、150	
	阴角嵌板	150×150、100×150		
	阳角嵌板	100×100、50×50		
	连接角板	50×50		

(1) 平面模板，用于基础、墙体、梁柱和板等各种结构的平面部位。

(2) 转角模板，用于结构的转角部位，分阴角、阳角模板和连接角模三种。

(3) 倒棱模板，用于柱、梁、墙体等阳角的倒棱部位，分角棱和圆棱模板两种。

(4) 角钢围楞，是在各层台阶模板和立柱模板外面，用以承受混凝土的侧压力，不使模板变形的构件。围楞与坑壁之间用木支撑，以防变形。每层台阶模板一般设两道围楞，当立柱模板高度超过 1m 时要设三道围楞。

3. 胶合模板

用作模板材料的胶合板有木胶合板和竹胶合板两种。木胶合板是一组单板（薄木片）按相邻层木纹方向互相垂直组坯胶合而成的板材，其表板和内层板对称地配置在中心层或板芯的两侧。竹胶合板是一组竹片铺放成的单板互相垂直组坯胶合而成的板材。

竹胶合模板，以速生的竹材为主要原料，具有收缩率、膨胀率和吸水率低，承载能力大的优点，有很大的发展前途。目前竹胶合模板按林业部标准《混凝土模板用胶合板》（ZBB 70006—1988）的规定而制作的，是具有高耐气候、耐水性的 I 类胶合板，主要用桦木、马尾松、云南松和落叶松等树种加工，胶粘剂为酚醛树脂胶，且板面经处理后形成保护膜。

钢框合板模板，以热轧异型钢为周边框架，以覆面胶合板作面板，并加焊若干钢筋承托面的一种新型工业化组合模板。

4. 连接件

钢模板的连接件外形如图 1-12 所示，规格见表 1-8。

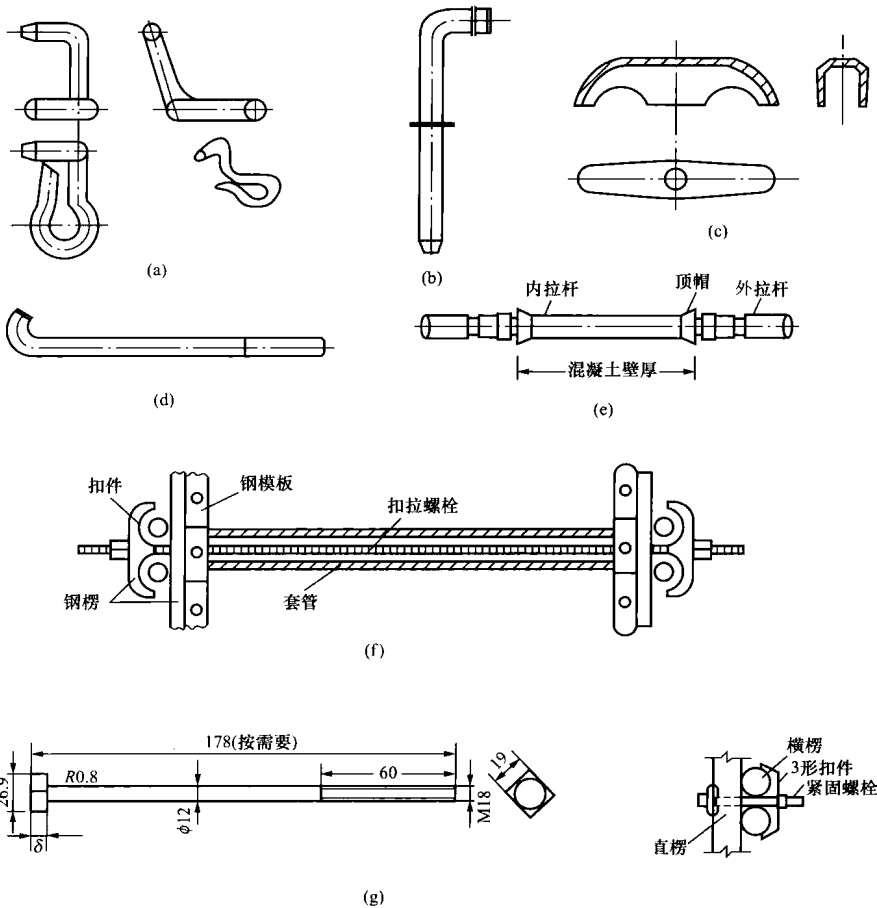


图 1-12 钢组合模板连接件

(a) U 形卡；(b) L 形插销；(c) 3 形扣件；(d) 钩头螺栓；(e) 组合式拉杆；(f) 整体式拉杆；(g) 紧固螺栓