

塑料成型工艺与实例丛书



塑料低压成型 工艺与实例

● 张玉龙 李 萍 主编



化学工业出版社

塑料成型工艺与实例丛书

塑料低压成型工艺与实例

张玉龙 李 萍 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书重点介绍了纤维缠绕成型、手糊成型、喷涂(射)成型、铺层成型、塑料封装成型与塑料浇注成型等的工艺特点、工艺设备、工艺过程与控制、常见故障与排除方法等内容,并精选制备实例,每个制备实例均按照选材与配方设计、制备工艺、性能与效果(或应用)的编写格式逐一阐述。

本书是塑料行业研究、产品设计、制品加工、管理、销售和教学人员必读必备之书,也可作为培训教材使用。

图书在版编目(CIP)数据

塑料低压成型工艺与实例/张玉龙,李萍主编. —北京:
化学工业出版社,2011.1

(塑料成型工艺与实例丛书)

ISBN 978-7-122-09687-6

I. 塑… II. ①张…②李… III. 低压-塑料成型-工艺
IV. TQ320.66

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 201689 号

责任编辑:仇志刚

文字编辑:冯国庆

责任校对:顾淑云

装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京云浩印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张10 $\frac{3}{4}$ 字数290千字

2011年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00 元

版权所有 违者必究

编写人员名单

主 编：张玉龙 李 萍

副 主 编：崔应强 刘锡鼎 岳乃凤 朱洪立

参编人员（按姓氏笔画排序）：

王仲平	王兆德	邓桃益	石 磊
石元昌	闫 军	庄明忠	刘 娟
刘 燕	刘小兰	刘洪章	刘荣田
刘景春	刘恩骞	刘锡鼎	杜仕国
朱洪立	吕春健	宋兴民	李 萍
李 静	吴宝玉	张广成	张玉龙
张军营	张 伟	张福田	张 蓓
杨振强	杨士勇	杨守平	岳乃凤
陈 国	陈德展	赵峰俊	侯京陵
律微波	徐丽新	徐勤福	崔应强
柴 娟	葛圣松	蔡玉海	蔡志勇
解海华	薛维宝		

前 言

近几年，塑料成型加工技术得到快速发展，材料改性与配方设计逐步深入，设备不断创新与改进，成型工艺技术也得到长足进步，致使塑料产品质量不断提高，更新换代制品不断涌现。塑料制品已经成为国民经济建设、国防建设和人们日常生活中不可短缺的制品之一，极大地丰富了消费市场，满足了工业建设和人们物质生活的需要。

为满足塑料加工发展的需求，特别是满足塑料成型加工技术人员与工人迫切需要，普及塑料成型加工基础知识，宣传推广近年来塑料成型加工出现的新成果，我们组织编写了《塑料成型工艺与实例丛书》一套五册，即《塑料注射成型工艺与实例》、《塑料挤出成型工艺与实例》、《塑料吹塑成型工艺与实例》、《塑料模压成型工艺与实例》和《塑料低压成型工艺与实例》。各册书均在介绍工艺装备、工艺过程、工艺条件与注意事项的基础上，列举了大量实例，每一实例均按照选材与配方设计、工艺设备、制备方法、性能与效果的格式编写，逐一做了详细介绍。是塑料材料研究、产品设计、制品加工、管理营销和教学人员，特别是产品加工技术人员和技术工人必备之书。也可作为培训教材。

本系列丛书突出实用性、先进性、可操作性和仿效性，以生产实例为中心，以技术操作为导线，由浅入深加以介绍。本系列丛书结构严谨清晰、语言简练、通俗易懂，凡具有中等文化程度而无专业知识的人员，也可看懂学会。相信本丛书的出版发行将有助于进一步提高现有塑料产品的档次，改善生产工艺，开发新型产品，进而为企业的技术创新和经济效益提高会起到积极作用。

由于水平有限，文中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编者

2010. 10

目 录

第一章 纤维缠绕成型技术与制备实例	1
第一节 纤维缠绕成型技术	1
一、简介	1
二、缠绕设备	2
三、芯模	19
四、缠绕成型工艺	23
第二节 制备实例	30
一、缠绕成型管材	30
二、缠绕成型容器	80
三、缠绕成型其他制品	118
第二章 塑料手糊成型技术与制备实例	129
第一节 塑料手糊成型技术	129
一、简介	129
二、模具	131
三、脱模剂与工具	134
四、成型工艺过程	137
第二节 制备实例	152
一、手糊成型塔体及容器	152
二、手糊成型罩体	172
三、塑料车体的手糊成型制备实例	182
四、其他塑料制品的手糊成型制备实例	198
第三章 塑料喷涂成型与制备实例	219
第一节 塑料喷涂成型技术	219
一、简介	219

二、设备	221
三、喷射工艺	224
第二节 制备实例	228
第四章 塑料铺层成型技术与制备实例	245
第一节 塑料铺层成型技术	245
一、简介	245
二、工艺过程与质量控制	246
三、铺层加压固化方法	248
四、加压设备	252
第二节 制备实例	254
第五章 塑料封装成型与制备实例	263
第一节 塑料封装成型技术	263
一、简介	263
二、环氧塑封料的配方与成型工艺	264
三、半导体器件环氧塑封料封装技术	268
第二节 制备实例	270
第六章 塑料静态浇注成型与制备实例	287
第一节 塑料静态浇注成型	287
一、简介	287
二、模具	288
三、浇注工艺过程	290
第二节 应用技术和制备实例	297
一、应用技术	297
二、制备实例	310
参考文献	334

第一章 纤维缠绕成型技术与制备实例

第一节 纤维缠绕成型技术

一、简介

(一) 缠绕成型的基本原理

缠绕成型是把连续的纤维经浸渍树脂胶液后，在张力作用下，按照一定的规律缠绕到芯模上，然后通过加热或常温固化成型，制成具有一定形状制品的工艺技术（图 1-1）。根据缠绕时树脂的物理化学状态不同，缠绕成型又可分为干法、湿法和半干法三种形式。

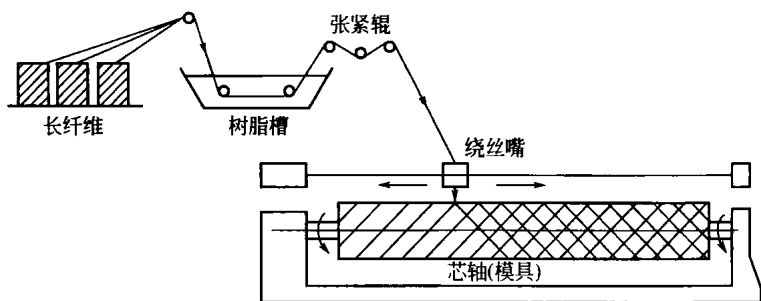


图 1-1 纤维缠绕成型工艺

(二) 纤维缠绕成型的特点

① 由于纤维是加张力后卷缠的，制品中纤维含量高，最高可达 80%，致使制品强度较高，其比强度高于钛合金。

② 通过改变纤维方向，可制得各向强度相同和相异的制品，

便于确保制品质量的稳定性。

③ 可制得内表面光滑、质量好的制品。

④ 此法生产效率较高，适于大批量生产。

其缺点是制品强度方向性比较明显，层间剪切强度低，对加工设备性能要求较高。

(三) 工艺的适用性

纤维缠绕成型通常适用于制造圆柱体、圆筒体、球体和某些正曲率回转体制品，如国防工业中的火箭发动机壳体、枪炮管等。这些制品以高性能纤维为增强材料，树脂基体以环氧树脂居多。而民用工业中则采用价格便宜的无碱玻璃粗纱，基体树脂以不饱和聚酯代替环氧树脂，并简化缠绕设备以利于高速生产，特别是成型生产管道、容器、贮槽等制品，可用于油田、炼油厂和化工厂。

二、缠绕设备

(一) 机械式缠绕机的类型

根据芯模和纤维供给机构（绕丝嘴）的运动形式，机械式缠绕机可分为以下几类。

1. 小车环链式缠绕机

缠绕机的工作原理：芯模水平放置，以环链、丝杆机构带动小车运动，能进行螺旋和环向缠绕。缠绕时芯模绕自身轴匀速转动，小车在平行于芯模轴线方向往复运动。芯模转速与供给纤维的小车

速度要均衡控制，以保证缠绕角不变。

小车往复运动过程中，从芯模一端到另一端会形成反向螺旋线型。螺旋缠绕角控制范围为 $12^{\circ} \sim 70^{\circ}$ ，环向缠绕时只在筒身段上进行，小车移动速度变慢，芯模转速变快。缠绕角控制范围通常在 $85^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。

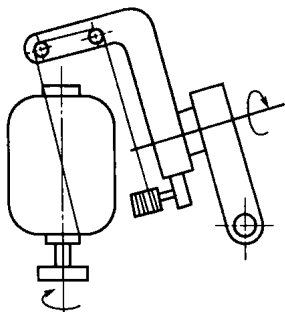


图 1-2 绕臂式缠绕机

2. 绕臂式缠绕机

绕臂式缠绕机（图 1-2）又称立式

缠绕机，其芯模垂直放置。这样布置便可消除芯模的挠度，同时也使绕臂容易配置。这种结构布局适合于中型或大型的缠绕机。缠绕时，将绕臂以小角度倾斜，这样便可避开芯模两端的金属接嘴，并采用改变倾斜角度的方法来调整缠绕角。而位于绕臂端部的丝嘴则随绕臂的旋转，在一个固定的平面内做匀速圆周运动。芯模绕自身轴线慢速转动，每转一周，芯模则转动一个微小角度，反映在芯模表面上是一个纱片宽度。纱片与两端极孔相切，依次连续缠绕到芯模上。各股纤维互相紧靠着，不得发生交叉。纤维缠绕轨迹呈单圈平面封闭曲线。封头外形设计必须按满足应力分布和防止纤维打滑的条件。通过丝杆驱动丝嘴上下往复运动来完成环向缠绕。

3. 滚转式缠绕机

滚转式缠绕机（图 1-3）又称翻斗式缠绕机，适用于干法和湿法平面缠绕。其工作原理：芯模围绕迹线轴转动，并进行斤斗式翻转，另外又绕自身轴线转动。翻转一周，芯模自转与纱片宽度相应的角度。芯模可以一端或两端固定，在垂直或水平平面内滚转，由固定的伸臂供给纤维，然后由附加装置来实现环向缠绕。由于滚转的动作限制制品的尺寸，所以该缠绕机使用受到限制。

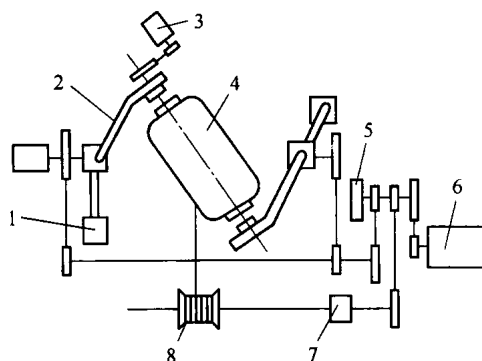


图 1-3 滚转式缠绕机

- 1—平衡铁；2—摇臂；3—电机；4—芯模；
5—制动器；6—电机；7—离合器；8—纱团

4. 跑道式缠绕机

此缠绕机适用于平面缠绕成型的大型产品。其工作原理：围绕芯模有一个环形轨道，装着纱架和绕丝嘴的小车沿轨道运动。小车绕芯模运转一周，芯模自转一个微小角度，从而呈现出平面缠绕线型。环形轨道平面必须与芯模轨道成一个缠绕角，以便使吐出的纱带能避开芯模两端机孔的接嘴芯模轴倾斜或水平放置。

5. 电缆机式纵向缠绕机（图 1-4）

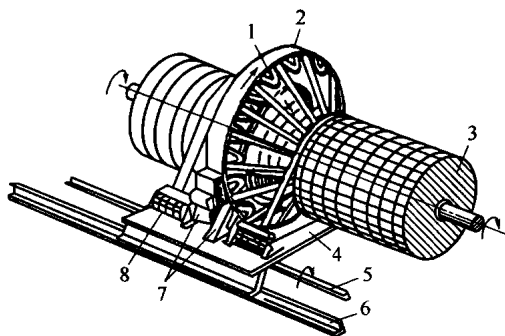


图 1-4 电缆机式纵向缠绕机

- 1—纵向层纱盘；2—转环；3—芯模；4—小车；5—小车丝杆；
6—小车导轨；7—转环旋转传动机构；8—环向缠绕纱架

这种缠绕机为干法缠绕，利用安装在芯模环上的加热元件或热空气喷管，通过热空气加热、辐射加热或接触加热软化预浸纱，实施缠绕。其缠绕过程：由装有纵向纱团的转环与芯模进行同步回转，并沿芯模轴线做往复运动，进行纵向缠绕。而环向层缠绕则由纱片从转向的纱团拉出敷到芯模上构成纵向层后，再将环向纱团的纱片缠绕在纵向层上，构成环向层。缠绕纵向层与环向层的比例应确保 1：2。该机适用于缠绕无封头的圆筒形容器或管道等制品。

6. 球形容器缠绕机（图 1-5）

此机可使用无捻粗纱和玻璃布带，芯模轴可直立或横卧放置。这类机器广泛用于缠绕环形发动机壳体和压缩空气用容器。

其工作原理：球形芯模悬臂连接在摆臂上。摆臂能摆动，球芯

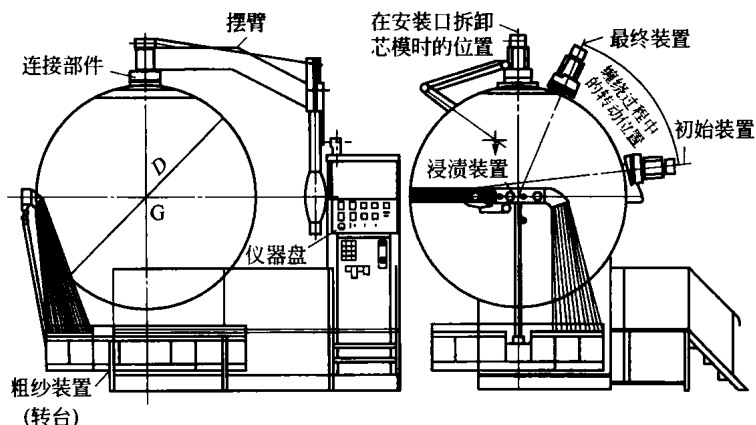


图 1-5 球形容器缠绕机

模又能在摆臂上绕自轴转动。绕丝嘴与浸胶装置都固定在转台上，转台内装置纱架。胶量由计量泵控制。

在缠绕过程中，球形容器缠绕机可做四种运动（图 1-6）。

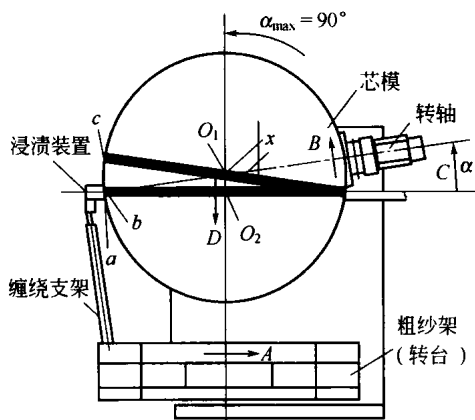


图 1-6 球形缠绕机缠绕起始位置

① 粗纱架（转台）转动，绕丝嘴速度约为 60m/min。

② 芯模绕转轴转动，转台与芯模的转速比约为 25 : 1，但随球体大小而变化。

③ 摆臂转动，其转角是转台转数的函数。

④ 缠绕起始不在赤道圆上进行，而在 $a-b$ 方向进行。缠过一定数量后，球轴以 a 为转动中心开始摆动，并转过弧长 $b-c$ ，于是缠绕开始在 $a-c$ 方向逐步进行。

开始缠绕时，摆臂处于起始位置，开动送料泵将胶液注进浸渍装置。用手把纱带经过浸渍系统抽出来，并固定在芯模上，同时转台（纱架和浸胶装置）在低速下转动一次。此后缠绕程序的其余部分就能借助于控制装置自动地进行。当缠绕到预定转数时，机器停止，切断纱带，用加热器进行初步固化，然后使摆臂处于垂直位置，取下产品，再装另一个芯模。重复上述动作。

7. 内侧缠绕机

(1) 内侧缠绕法（图 1-7） 内侧缠绕成型是在高速转动的筒状成型模内侧，借助离心力的作用将玻璃纤维粗纱缠绕到模内侧的方法，此法可制成具有特殊性能的玻璃钢制品。其工作原理：向加热到特定温度的金属圆筒模中心，推进预先绕有玻璃纤维的辊筒。金属圆筒按逆玻璃纤维卷绕方向高速旋转，这时由于离心力的作用，玻璃纤维每分钟以数千米的高速均匀地、高密度地移绕到圆筒模的内表面（图 1-8）。然后，粗纱辊筒转 180° ，使树脂流出，树脂借离心力浸渍到圆筒模内的玻璃纤维上（图 1-9），与此同时，加热使树脂快速固化。

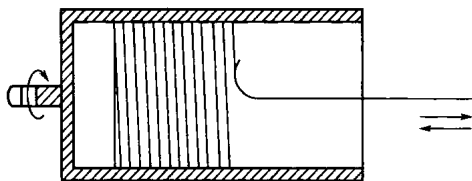


图 1-7 内侧缠绕

(2) 成型机械（图 1-10） 工作原理：主电机通过齿轮带动成型模高速旋转。空心的粗纱导管和纱团受差速电动机副轴驱动，以稍慢的速度同步旋转。粗纱导管由铜质外管和聚氯乙烯内管构成。导管在滚动轴承座上可自由旋转，并能随导管支座往复运动，导管支座由模进电机丝杆驱动。在内导管的左端接一个黄铜嘴，这样可

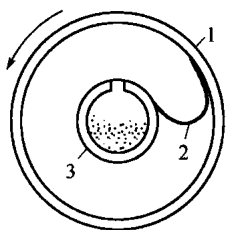


图 1-8 缠绕纤维

1—成型模；2—玻璃
纤维粗纱；3—粗纱辊筒

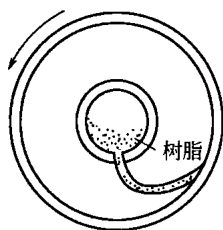


图 1-9 浸渍树脂

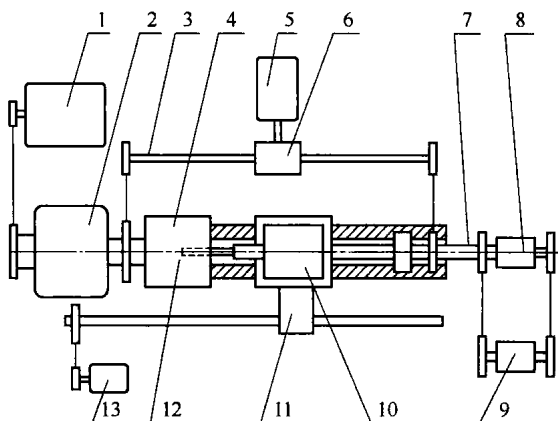


图 1-10 内侧缠绕机成型原理

1—主电动机；2—齿轮装置；3—副轴；4—圆筒模；5—差速电动机；
6—差速器；7—粗纱导管；8—粗纱团；9—粗纱进给速度调节装置；
10—导管支座；11—支座横进装置；12—粗纱；13—横进电动机

使通过导管供给的玻璃纤维粗纱平稳地抽出来。导管纱团中间纱的移动靠滚轮完成，其粗纱送进速度可由直流电机自动调整。

缠绕开始，粗纱从纱团中抽出，穿过进给滚轮、导管和嘴子，并粘贴到圆筒模内侧。然后，依次开动主电机、粗纱进给电机和横进电机，粗纱从黄铜嘴连续抽出，靠径向离心力把送进去的纤维绕在成型模的内侧。

如果导管转速比粗纱进给速度大，那么在粗纱绕完圆筒模一周的时间内可决定缠绕线型，导管支座因触到行程限位开关而使导管往复运动多次。这时得到的是一种正弦线型（图 1-11）。



图 1-11 正弦缠绕线型

缠完后，进行浸胶，并用红外线灯或远红外加热固化，芯模继续旋转到固化为止，在旋转过程中使无捻粗纱能充分浸渍，剩余的树脂流出来。圆筒模的转速越高，树脂胶液黏度越低，浸渍的时间越长，则制品的气孔就越少。待树脂完全固化后，拆开组合式的圆筒模，即得到与圆筒模形状一样的制品。

（3）内侧缠绕的特点

① 可以制造出性能优异的玻璃钢管。玻璃含量较低，为 40%~60%，容易在管壁的内侧形成富树脂层，有利于提高玻璃钢管的耐腐蚀性能。

透明度极好，气泡少。由于圆筒模的转速高（直径 30cm 玻璃钢管的圆筒模转数为 770r/min），以 150~900 倍重力的离心力浸渍纤维，因而可制得气泡少、不“发汗”、透明度也极好的制品。

外径准确，表面光滑，因而无需像一般缠绕制品那样，加工连接部分和进行修饰性加工。

② 用内侧缠绕法可实现正弦缠绕线型，当需要增加纵向强度时，取用内侧缠绕可将纤维几乎全部排列在轴向上，以提高轴和纤维含量。

可绕制心脏形状（中间凸两侧凹）的制品，而用外侧纤维缠绕法生产是非常困难的。

③ 一般外侧纤维缠绕需要四个工序（纤维缠绕、加热固化、脱模、机械加工），而内侧缠绕法只需一个工序即可完成。由于高速缠绕，可大幅度缩短操作时间，工序少，操作简单，易实现自动

化。由于采用装配式模具，制品的脱模也非常容易。

④ 成型操作是在密闭的圆筒模内进行的，故有害气体易排出室外。

8. 斜缠缠绕机

斜缠缠绕机（图 1-12）工作原理：预浸渍斜切布带搭接后卷成胶布带卷盘 5，胶布带经过导向辊 4 进入夹紧辊 3，夹紧辊的压力使布带产生一定张力。而后进入热锥辊 2，胶布带在热锥辊表面被加热变软，并在缠绕张力作用下使其在热锥辊上发生扇形预变形，随着芯模转动及热锥辊的压力作用，使已变形变软的胶布带紧密地过渡到环锥形斜块的表面上。如此循环下去，即可使胶布带均匀地斜缠满芯模表面。斜缠缠绕机的结构如图 1-13 所示。

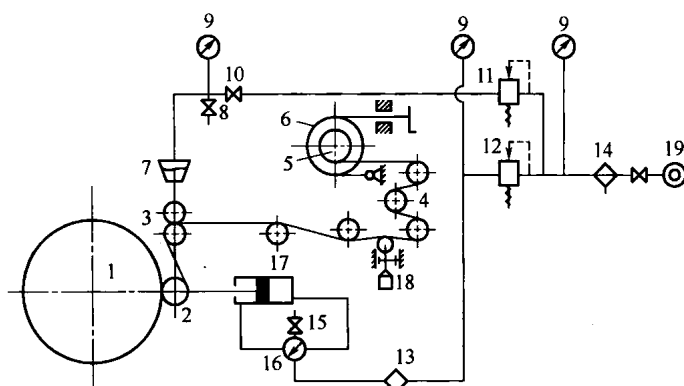


图 1-12 斜缠缠绕机的结构

- 1—芯模；2—热锥辊；3—夹紧辊；4—导向辊；5—胶布带卷盘；
6—刹车带张力装置；7—膜片式气动缸；8，10，15—截止阀；
9—压力表；11，12—减压阀；13—油雾器；14—水分分离器；
16—换向阀；17—活塞式气动缸；18—张力传感器；19—气源

（二）程序控制缠绕机

1. 缠绕机

（1）程序控制装置 一般具备两种功能。

① 控制程序的转换使其做出规定的动作。

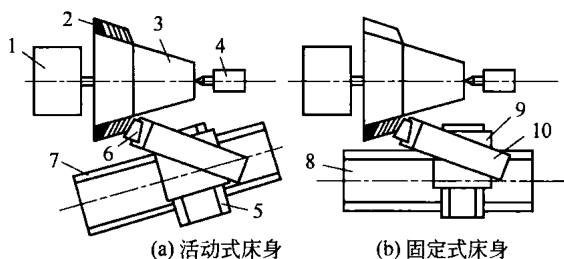


图 1-13 斜缠缠绕机

1—床头箱；2—环锥形斜块；3—锥体芯模；4—尾座；5—横向导轨；
6—热锥辊；7—纵向导轨；8—床身；9—横向溜板；10—缠绕托架

② 根据加工工艺要求，控制各个加工参数。

如果是以断续数字量来控制的，或在信息处理上具有对数字进行运算要求的，则这类控制称为数字控制。如果是连续模拟量来控制的，在信息处理上不进行数字运算的，则称为模拟控制。整个操作过程可达到很高的自动程度。

(2) 工作原理 在纤维缠绕成型机中，要求纤维缠绕设备具有较高的精度、较大的灵活性和通用性，以适应缠绕制品的要求。为满足一些特殊异形制品（如三通、弯头等）的精确缠绕，绕丝头的运动坐标已由一个发展到多个，再加上芯模主轴的旋转（或摆动）（图 1-14），这样就能使纤维不产生滑移地按制品的缠绕成型进行精密缠绕。

程序控制缠绕机系统的方框图如图 1-15 所示。

(3) 控制系统 由控制介质及控制装置组成。控制介质用于记载整个加工工艺过程，以便为控制装置所接受。

(4) 伺服传动系统 主要是驱动执行机构、传动机构，并有检测装置。

2. 控制方式

程序控制缠绕机的控制方式分下列四种。

(1) 开环控制系统（图 1-16） 控制装置根据控制介质输入的指令，经过运算、比较，分别向芯模主轴和绕线头的伺服驱动装置