

520

2646

716715

高等纺织院校教材

化纤机械设计原理



纺织工业出版社

高等纺织院校教材

化纤机械设计原理

魏大昌 主编

纺织工业出版社

内 容 提 要

本教材介绍化纤机械中的反应器, 输送设备, 纺丝设备, 卷绕机构, 变形机构, 拉伸、卷曲和切断机构的结构特点、工作原理和基本的设计计算方法, 并讨论了化纤机械的总体设计问题。

本教材可供高等院校纺织机械专业和化纤专业教学之用, 也可供纺织机械厂、化纤厂和有关科研单位的技术人员参考。

责任编辑: 周峻林

高等纺织院校教材
化纤机械设计原理

魏大昌 主编

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

北京纺织印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

87×1092毫米 1/16 印张:18 字数:410千字

1984年1月 第一版第一次印刷

印数: 1—8,000 定价: 2.45 元

统一书号: 15041·1263

前 言

本书以几年来使用的教学讲义的内容为基础，吸收有关纺织机械厂的设计资料和化纤厂的使用经验，修改增补而成。本书经纺织工业部纺织机械专业教材编审委员会审定作为纺织机械专业教材之用。

化学纤维的品种很多，使用的机械设备不下数百种。在有限的教学时间内，按照生产流程对机器逐台进行讨论是不可能的，也是不必要的。本书的编写方法是将机器设备分类，阐明主要设备和机构的设计要求、结构特点和计算方法，特别是力图从机构的工作原理上进行分析，以得出普遍适用的理论基础和设计方法，使学生在学习之后，能够掌握必要的专业理论知识，提高分析和解决实际问题的能力。

本书由魏大昌同志主编，参加编写工作的有：顾兰英、张芝芬、薛金秋、龚绍堂同志。在编写过程中，道德锬同志也参加了部分工作。

本书编写过程中，承蒙工厂、研究所和兄弟院校提供有关资料，并有上海第二纺织机械厂孙寅斋、上海第四纺织机械厂丁仁荣、邵阳第二纺织机械厂朱世铎、北京化纤工学院王悌义、上海石油化工专科学校姚寿令等同志参加审稿，提出宝贵意见，在此一并致谢。

由于参加编写的同志业务水平有限，书中缺点和错误在所难免，热忱希望得到读者的批评指正。

化纤机械设计原理教材编写组

一九八二年五月

目 录

第一章 总体设计	(1)
第一节 变形机总体设计	(1)
一、变形机的主要技术参数.....	(1)
二、总体布置.....	(3)
三、传动系统的拟定.....	(7)
第二节 联合机总体设计	(11)
一、联合机的作用.....	(11)
二、联合机的组成.....	(14)
三、联合机的设计要则.....	(14)
四、联合机的传动系统.....	(15)
第二章 反应器	(18)
第一节 反应器的主要尺寸	(18)
一、反应器的容积.....	(18)
二、反应器的直径.....	(20)
第二节 材料选择	(20)
第三节 受内压的反应器壳体	(21)
一、内压薄壁筒体壁厚计算.....	(21)
二、容器设计的标准化.....	(29)
三、封头设计.....	(29)
第四节 受外压的反应器壳体	(32)
一、外压壳体的稳定问题.....	(32)
二、外压反应器筒体壁厚计算.....	(32)
三、外压封头壁厚的决定.....	(36)
第五节 卧式容器壳体计算	(37)
一、支座反力计算.....	(37)
二、弯矩计算.....	(37)
三、圆筒的轴向应力验算.....	(38)
四、支座处壳体周向应力验算.....	(40)
第六节 搅拌器设计	(41)
一、搅拌功率的决定.....	(41)
二、搅拌器的传动装置.....	(45)
三、搅拌轴直径的计算.....	(45)
第七节 转轴密封	(47)

一、填料箱密封.....	(47)
二、机械密封.....	(49)
第八节 反应器的附件.....	(54)
一、法兰联接.....	(54)
二、支座.....	(56)
三、传热装置.....	(57)
四、开孔和加强.....	(59)
第三章 输送设备.....	(62)
第一节 柱塞泵.....	(62)
一、泵的吸入和送出过程.....	(62)
二、泵的扬程.....	(65)
三、泵的流量.....	(65)
四、泵的结构设计.....	(68)
五、柱塞泵的性能和使用.....	(71)
第二节 曲杆泵.....	(71)
一、曲杆泵的工作原理.....	(72)
二、曲杆泵的参数.....	(73)
三、曲杆泵的材料选用.....	(75)
四、曲杆泵的性能和使用.....	(76)
第三节 离心泵.....	(76)
一、离心泵的参数.....	(77)
二、离心泵的结构与类型.....	(77)
三、离心泵的性能和使用.....	(78)
第四节 齿轮泵.....	(78)
一、啮合腔及引液槽.....	(79)
二、流量计算.....	(82)
第五节 气力输送设备.....	(84)
一、气力输送设备的类型.....	(84)
二、气流速度和流量计算.....	(86)
三、管道设计.....	(88)
四、主要部件.....	(90)
第四章 纺丝设备.....	(92)
第一节 螺杆挤压机.....	(92)
一、工作原理.....	(92)
二、产量计算.....	(98)
三、功率及转速的确定.....	(102)
四、螺杆设计.....	(106)
五、套筒设计.....	(112)

六、螺杆和套筒的材料	(115)
七、传动系统设计	(116)
八、新型螺杆	(118)
第二节 熔融纺丝箱	(120)
一、纺丝箱的结构	(120)
二、熔体分配管的设计	(121)
三、纺丝箱的加热	(124)
第三节 纺丝计量泵及其传动	(127)
一、计量泵的结构	(128)
二、材料的选择	(129)
三、计量泵的效率	(129)
四、计量泵的传动	(133)
五、计量泵的发展	(134)
第四节 喷丝头组件	(136)
一、熔融纺丝的组件	(136)
二、湿法纺丝的组件	(148)
三、异形纤维和复合纤维纺丝的组件	(153)
第五节 熔融纺丝的冷却装置	(157)
一、丝条直径、速度和温度的分布	(157)
二、冷却装置	(160)
第五章 卷绕机构	(165)
第一节 卷绕基本原理	(166)
一、卷绕运动的分析	(166)
二、卷绕稳定性	(167)
三、卷装的凸边	(170)
四、卷装的起皱和胀边	(177)
五、卷装的重叠现象	(178)
第二节 变频式导丝机构	(183)
一、变频装置	(183)
二、凸轮和导丝器	(185)
三、多头凸轮	(190)
四、高速导丝机构	(191)
第三节 变幅式导丝机构	(197)
一、单纯变幅导丝机构	(197)
二、加捻变幅导丝机构	(203)
第四节 单纯卷取机构	(209)
一、筒管的传动方式	(209)
二、卷取机构的相对位置	(211)

三、接触压力的调节	(213)
四、筒管夹头	(214)
第五节 加捻卷取机构	(219)
一、卷取方式	(219)
二、改变锭速的效果	(220)
三、锭子变速凸轮的设计	(221)
四、锭子	(222)
五、钢领、钢丝钩	(226)
第六节 圈条机构	(227)
一、环状凸起的形成	(227)
二、导条机构的设计	(229)
三、高速导条机构	(230)
第六章 变形机构	(235)
第一节 转子式假捻器	(235)
一、转子假捻原理	(235)
二、转子假捻器的型式	(236)
三、假捻器的结构设计	(237)
第二节 摩擦式假捻器	(240)
一、摩擦假捻原理	(241)
二、摩擦盘轴的设计	(244)
三、摩擦盘的材料和表层组织	(247)
四、其它摩擦假捻器	(250)
第三节 喷气变形器	(251)
一、喷气变形原理	(251)
二、喷气变形器	(253)
第四节 加热器与冷却区	(254)
一、加热器的主要参数	(254)
二、加热器设计	(256)
三、冷却区	(258)
第七章 拉伸、卷曲和切断机构	(259)
第一节 拉伸机构	(259)
一、机构的型式	(259)
二、拉伸辊设计	(260)
三、压辊设计	(264)
第二节 卷曲机构	(265)
一、卷曲轮	(266)
二、卷曲箱	(266)
三、卷曲功率的估算	(268)

第三节 切断机构.....	(269)
一、海轮式切断机构.....	(270)
二、刀框式切断机构.....	(275)

第一章 总体设计

化学纤维的品种很多，所用的机器设备差别很大。即使在同一种纤维的生产中，长丝设备和短纤维设备也有很大的差异，其中，长丝的纤度细，质量要求高。为了提高产量，每台生产长丝的机器配置有许多工作部位；为了达到各部位生产的丝条均匀一致，需要有一集中控制的传动系统；为了在同一台机器上能加工生产不同纤度的丝条，传动系统中应有有级或无级的速度调节点。一般来说，长丝用的机器比较复杂，机器的横截面布置和纵向排列上要考虑的问题也比较多，本章以加工低弹丝的牵伸变形机为例进行具体讨论。

短纤维的质量要求比长丝低，但希望在一生产线上生产的丝束总旦数尽可能地大。此时，在一生产线上的机器就有一个前后机器速度的同步问题；由于加工的丝束很粗，工艺阻力很大，机器工作机构的强度和刚度应进行必要的校核；由于纤维的产量大，一条生产线中任一机器出现故障，对生产影响很大，所以可靠性要求很严格。在本章中，对短纤维生产线中的联合机的总体设计也作一些介绍。

第一节 变形机总体设计

一、变形机的主要技术参数

任何一台机器，都有很多与机器的结构和尺寸有关的技术参数。其中有些技术参数、对机器的布局、结构和性能有着决定性的影响。这些参数称为主要技术参数。确定主要技术参数是总体设计中的一项重要内容。

为了确定主要技术参数，一般应先收集国内外同类型机器的技术资料，吸收国外的先进技术，参考以前设计中所积累的经验和科学研究的成果，听取操作人员和工程技术人员意见。然后加以综合分析，合理地确定各个参数，为整个设计工作打下基础。

(一) 变形丝的品种和纤度

假捻法生产的变形丝，分为高弹丝和低弹丝两种。生产高弹丝，只需一个加热器；生产低弹丝则需要两个加热器。加热器的温度，在 $150 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 之间，温度偏差控制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 左右。

聚酰胺变形丝较多的是70旦；聚酯变形丝则有40、75、100和150旦等多种。粗旦丝的加热变形停留时间长，假捻器的转速低，丝的张力需适当加大。丝的停留时间和加工丝速决定加热器的长度，而加热器的长度与总体布置有密切关系。关于丝的捻向，可通过改变龙带传动方向或改变假捻器与龙带的接触面予以改变。

(二) 丝速

加工丝速系指正常生产时所用的速度，而设计时的最高机械速度要比加工丝速稍高一些。加工粗旦丝时最高机械速度受加热器长度的限制，加工细旦丝则决定于假捻器的

最高转速。这就是说，粗细不同的丝，其加工丝速不同。在确定最高机械速度之后，就可定出加热器的长度和假捻器的最高转速。

假捻器的最高转速与假捻方式有关。转子式假捻器的最高转速可达 80 万转/分，甚至 100 万转/分，对 150 旦（167 分特）聚酯丝，加工丝速达 320~350 米/分。摩擦式假捻器的加工丝速，目前达到 600 米/分，最高可达 1000 米/分。实践经验表明，预取向丝的加工丝速可比全取向丝高 20% 左右。机械速度的进一步提高主要受到三个因素的限制，一是在过分长的加热区和冷却区中丝的行走不稳定性；二是喂入丝的质量；三是维修和清理工作太多，停车过于频繁，生产效率太低。

（三）加热区和冷却区长度

1. 第一加热器长度 加热器的有效长度主要决定于机械速度和停留时间，可由下式求得：

$$L = Vt \quad (1-1)$$

式中：L——加热器的有效长度（米）；

V——机械速度（米/分）；

t——停留时间（分）。

图 1-1 是不同旦数丝的加热器长度与丝速（即机械速度）的关系曲线。加热器长度为 1.5 米时，100 旦聚酯丝的速度达 600 米/分，150 旦聚酯丝的速度为 530 米/分；加热器长度为 2 米时，前者的速度达 800 米/分，后者的速度达 700 米/分；加热器长度加长到 2.5 米时，后者的速度可达到 900 米/分。

2. 第二加热器长度 第二加热器长度也可利用式（1-1）计算。考虑到此处的丝已呈膨松状态，传热面很大，虽用非接触的管式加热器，加热器长度也可比第一加热器短些，约为其 65% 左右。对第二加热器来说，希望在穿丝以后的器温波动程度尽量小。图 1-2 表示温度变化的状态。

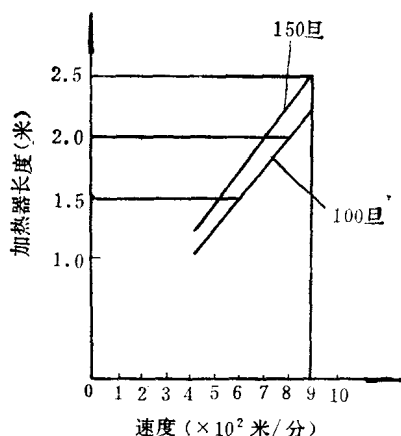


图1-1 加热器长度与丝速的关系曲线

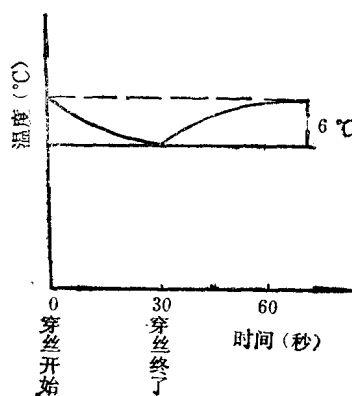


图1-2 温度变化状态

3. 冷却区长度 冷却区长度仍可用式（1-1）计算。对聚酯丝来说，从第一加热

器出来的丝温达 200°C ，经冷却区冷却到 100°C 以下，才能进入假捻器，否则假捻不充分，膨松度不匀，丝易起圈。冷却的方式有自由空气冷却、在冷却板上由周围空气冷却和水冷却三种。常用的是空气冷却板和水冷却。图1-3为三种冷却方式的冷却区长度和丝速的关系，当加工150旦聚酯丝而丝速为600米/分时，自由空气冷却区长需1.3米，冷却板空气冷却为0.95米，水冷却则只需0.7米左右。

(四) 卷装容量

喂入卷装容量与前道工序有关。如加工全取向丝，牵伸加捻卷装的重量一般为3公斤，卷装的外径小而长度长；如加工预取向丝，高速纺丝卷装的重量达十几公斤，甚至几十公斤，卷装的长度既长，外径又大。设计丝架之前应首先决定采用何种喂入卷装。

变形丝的卷装，为3~8公斤，视后道工序的需要而定。直接供作机织或针织用卷装，卷装尺寸应尽量大些，常用卷装直径为250毫米，卷装长度也为250毫米。而丝的卷绕升角为 17° ，卷装的密度约 $0.4\sim 0.6$ 克/厘米³。

二、总体布置

在变形机上，需要完成喂给、输送、加热、冷却、变形和卷绕等工序，配备着能产生各种工艺动作的机构和传热装置。总体布置的第一个任务就是根据已经决定的技术参数和选定的主要机构和装置的结构，安排各个工序的位置，绘制横截面图和纵向排列图。此时，不仅要使机器符合当前的生产水平，诸如加工过程的灵活性，变形丝产量和质量，能源消耗及占地面积等等，而且要考虑到今后发展的趋势。在作总体布置时要强调适用性，如操作点的易近性，控制信号的容易观察，看管和检修的方便程度，良好的工作环境，符合卫生和安全的規定。

至于机器的外形，也是一个不可忽视的重要方面。各个部分应匀称、协调、机器造型应整齐、大方、表面的装饰和色泽应美观、舒适。必要时，在总体设计阶段应绘制彩色外形透视图，甚至制作缩小的模型。

(一) 横截面布置

1. 拉伸方式 拉伸方式有外拉伸和内拉伸两种。外拉伸的优点是拉伸和变形分开，先拉伸，后变形，两者可以各自独立调节。适当减小变形加工时的张力，可以使丝的卷缩细而丰满。但外拉伸的丝路长，需要增加加热装置和拉伸罗拉。内拉伸时，拉伸和变形在同一区域内同时进行，丝路短，机构简单。加工低弹丝时，卷缩的丰满程度可在第二加热器中得到补偿。现代的牵伸变形机，绝大多数采用内拉伸方式。

2. 丝路布置 可以设想，理想的变形加工丝路，在喂入罗拉到末道输出罗拉之间完全成一直线（如图1-4所示）。从喂入罗拉到第二加热器（b~d区），由于某些部分的丝温高于二次转变点，丝条处于最脆弱的状态，应当尽量避免引起单丝断头一类的疵点；特别是喂入罗拉到假捻器之间是加捻区，不允许存在捻度传递的阻滞现象。因此，

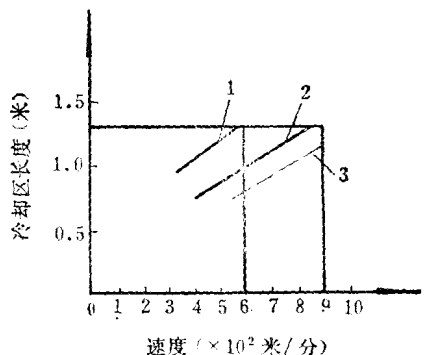
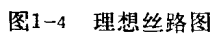


图1-3 冷却区长度和丝速的关系曲线

1—自由空气冷却 2—冷却板 3—水冷却



This technical drawing illustrates a mechanical hoist system. The main vertical assembly includes a large pulley (1) at the top, a series of smaller pulleys (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14) arranged vertically, and a horizontal beam (15) at the bottom. A rope or cable is shown passing through the pulleys, with one end attached to a fixed point (1) and the other end attached to a hook (14). The system is designed to lift or move heavy loads.

图1-5 直线式丝路

1—喂入卷装 2—切丝器 3—输入罗拉 4—吸烟管 5—第一加热器 6—冷却器
7—假捻器 8—第一输出罗拉 9—第二加热器 10—第二输出罗拉 11—断丝检测器
12—上油罗拉 13—成品卷装 14—吸丝管 15—操作台

b~d区最好能安排成一直线。

从喂入卷装到喂入罗拉(a~b区)和从第二输出罗拉到卷装(d~e区),丝条是冷而坚韧的,所以丝路的曲折是可以允许的。

然而,由于丝的导热系数小,在加热器和冷却区的停留时间大约需要0.2秒左右,加热器和冷却区的长度将随机械速度的提高而增长。现在,机械速度已接近1000米/分,按照理想丝路的布置,机器势必变得很高,给生产带来困难。

目前采用的丝路布置,大体上可以分成直线式、半直线式和折线式三种。

(1) 直线式布置:如图1-5所示,从第一加热器的入口到第二输出罗拉之间,丝路呈一直线。第一加热器长2米,冷却区长1米,第二加热器长1.5米,全机高达6.3米,分上下两层操作,加工速度为500~600米/分。

直线式丝路的优点是捻度传递顺利,冷却区不用冷却板,减少了捻度的阻滞;机器的适应性广,可加工不同品种和规格的丝;丝的损伤少,质量好;丝路短,丝的行走较稳定;转动零件基本上集中在主机架一侧,传动系统的布置比较方便。缺点是丝在第一加热器中的走向与油剂蒸发的热烟上升方向相反,不利于排烟,在加热器壁上易凝结污垢;全机高度高,增加了厂房高度,操作也不够方便;加热和冷却长度不允许再有大幅度地增加,机器的速度难以进一步提高。

(2) 半直线式布置:为了使机器有一个可以接受的高度,以保证机器各操作点易于接近,引丝生头和维修工作方便和有较高的劳动生产率,在进一步提高机械速度以后,丝路布置须改用非直线式。

半直线式的布置如图1-6所示,从第一加热器入口到第一输出罗拉之间的丝路与水平方向倾斜30~45°,位于操作通道的上方,仍保持为一直线,而在第一输出罗拉处,丝路转向后垂直向下,以后的丝路与直线式雷同。第一加热器长2.5米,冷却区长1.56米,第二加热区长1.4米,加工速度可达600~1000米/分。半直线布置的优点是捻度传递不受阻碍,加工丝的均匀度好;假捻器水平安装,能把“雪花”甩开,不致堆积在主机架附近;喂入罗拉靠近第一加热器出口,操作方便;第一加热器采用管式汽相加热器,热效率高,能源消耗少,生头较简单。缺点是丝在第一加热器内的走向与烟气逆向而行;喂入罗拉与第一加热器入口之间有一段无用的丝路;冷却区长度受到机器宽度的限制。

(3) 折线式布置:图1-7所示是折线式布置的丝路。第一加热器移到喂入丝架一侧,高度方向有了扩展的余地,第一加热器长2.5米。冷却区可以做得很长,达2.9米,有的用空气冷却,有的则先用空气冷却,再用水冷却。第二加热器的长度一般为1.5米,加工速度也可达600~1000米/分。为了提高丝条输送的稳定性,必须尽量减小喂入罗拉和第一加热器的入口、第一输出罗拉和假捻器以及和第二加热器入口之间的距离。折线式布置的优点是丝在第一加热器中的走向与烟气上升方向相同,便于排烟;第二加热器中丝的走向仍然自上而下行走,符合小张力松弛热定型以提高膨松性的原则。缺点是在第一加热器与冷却区之间,丝路曲折,捻度传递不及直线式通畅,对加工异形丝和细旦丝不利,但实际使用结果表明,这种影响不明显。

(二) 纵向排列

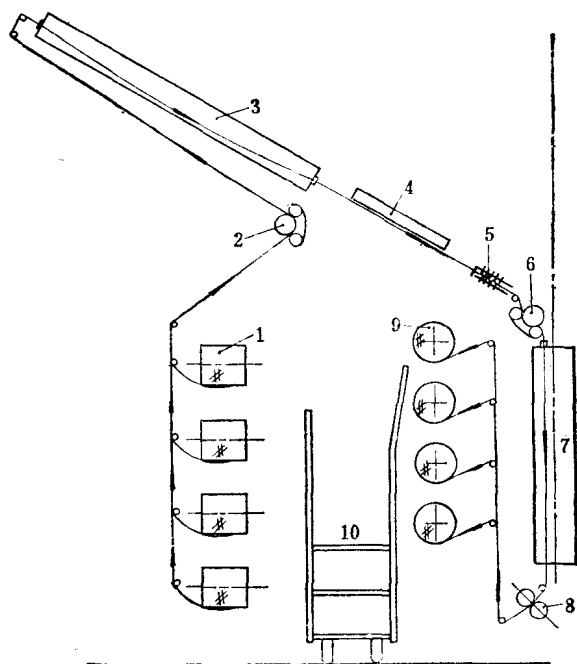


图1-6 半直线式丝路

1—喂入卷装 2—喂入罗拉 3—第一加热器 4—冷却板 5—假捻器
6—第一输出罗拉 7—第二加热器 8—第二输出罗拉 9—卷装 10—操作台

1. 锭距 锭距主要与变形丝卷装长度有关。长为 250 毫米的卷装，整个筒管托架约有 360 毫米。为了尽量减少纵向尺寸，一般将卷绕机构上下叠置三层，把锭距缩小到 110~120 毫米。如果卷装长度减小，锭距还可相应缩短。

一台机器的总锭数大多定为 216 锭，分成若干节，每节锭数有 8, 12 或 16 锭等几种。

2. 锭数 根据化纤厂的不同需要，一台变形机的锭数应是可以改变的。因此，纺织机械厂按锭数多少予以系列化，系列化的排列方案大体有两种。一种是把机器分成头、中、尾三部分，各部分的锭数不同。全机锭数的改变以中段的数量来调整。这种方案可用下式表示：

$$A + nB + C \quad (1-2)$$

式中：A——头段锭数；
B——中段锭数；
n——中段数量；
C——尾段锭数。

另一种是把机器分成头、中、尾前和尾四部分，改变中段和尾前段的数量以获得不同的锭数。这种方式可用下式表示：

$$A + nB + mD + E \quad (1-3)$$

式中：D——尾前段锭数；
m——尾前段数量；
E——尾段锭数。

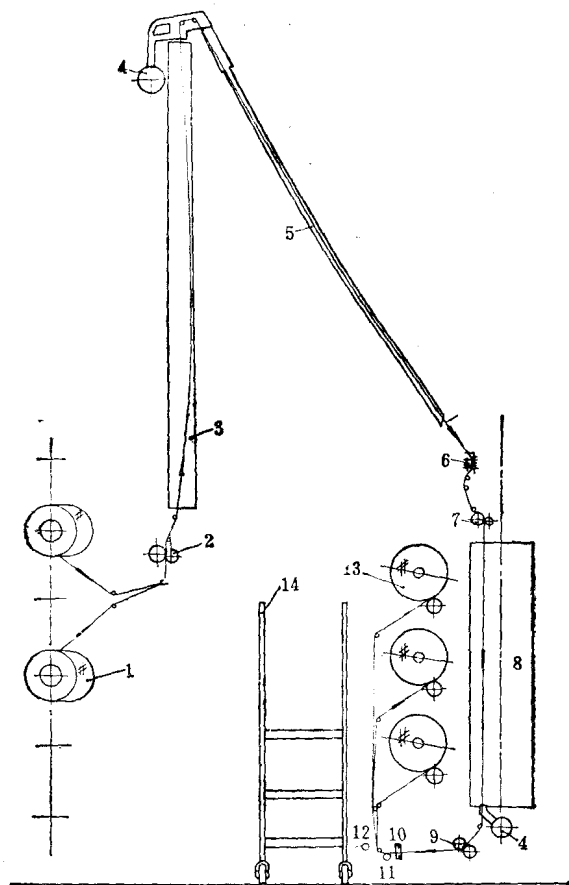


图1-7 折线式丝路

1—喂入卷装 2—喂入罗拉 3—第一加热器 4—吸烟口 5—冷却板 6—假捻器
7—第一输出罗拉 8—第二加热器 9—第二输出罗拉 10—切丝器 11—上油罗拉
12—吸丝口 13—卷装 14—操作台

第二种排列方式，可以获得锭数差异较小的机器，更能适应不同的需要，但零件的规格稍有增多。为了统一热箱宽度，也可将头、中、尾各段的锭数取得完全相同。图1-8即为纵向排列图的一个例子。在机器的端部配有传动箱和电气控制箱。

3. 每节罗拉的锭数 每节罗拉的锭数，即两罗拉座之间的锭数，是一个纵向基本参数。每节罗拉锭数的多少与锭距大小、加热器型式有关。由于罗拉的转速很高，设计时，除应进行挠度计算外，还应进行振动的校核。

三、传动系统的拟定

传动机构的作用，就是要把电动机输出的能量，传递给各个工作机构，把电动机单一和恒定的运动方向，转换成工作机构所需要的不同类型的运动和不同的速度。

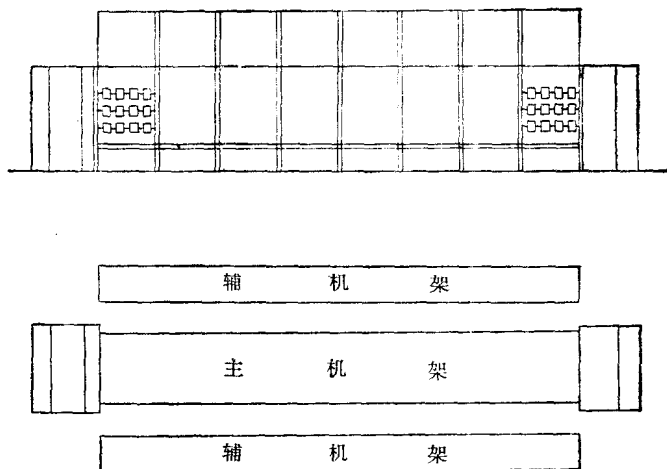


图1-8 变形机的纵向排列图

变形机的工作机构很多，分布又不集中，所以一台机器往往用几台电动机传动。在拟定传动系统的时候，应满足以下几项基本要求：

(1) 能够加工不同规格的变形丝。一台变形机，往往要求既能加工细旦丝，也能加工粗旦丝，一般要求适应的范围为 30~250 旦。有时除了要求能加工聚酯丝外，还要求能加工聚酰胺丝。丝的品种和规格不同，其拉伸倍数、假捻度、喂入率、卷绕密度等也不同。因此，设计传动系统时，必须考虑有调整有关工艺参数的变速机构。

(2) 保证变形丝加工的质量指标。变形丝的质量在很大程度上决定于机器传动系统的调节精度和运转速度的恒定性。在用有级调速机构时，变速的级差应控制在加工丝质量标准所允许的偏差范围之内。

(3) 各工作机构之间的相互协调。各工作机构之间运动的协调，是保证加工丝质量的必要条件。例如，假捻度决定于第一输出罗拉线速度和假捻器转速的配合。各区的张力大小是由相应输入和输出罗拉线速度的配合调节而确定的。

(4) 传动系统的降速应按“先少后多”、功率分配应符合“先大后小”的原则。使承受大功率、大扭矩的零件尽量减少。

(5) 传动链尽可能短，并适当集中。变换齿轮应尽量集中在一起，并加以封闭，以便于操作和维护保养，减少噪音。

(6) 高速传动零件的制造精度要相应提高，以减少振动，降低噪音。

变形机的传动系统，可以划分成为主机传动、假捻器传动、卷绕机构传动等部分。至于吸烟和吸丝风机的传动，都用单独电机传动。上油罗拉的传动，由于转速极慢，调节范围不大，也可采用单独的小电机传动。卷绕机构中的导丝机构，与卷取机构间的调节精度不高，也可以单独传动。这样，把允许单独传动的部分分开之后，传动路线可大大缩短和简化，机械加工量减少，机械制造的周期可以缩短。

1. 假捻器传动计算 假捻器的传动方式有两种：一种是用小型变频电动机单独传