

## 内 容 简 介

本书较为系统地阐述了游动芯头拉管的基本原理、工艺和拉伸力的确定。着重介绍了铜及铜合金游动芯头拉管的特点、工艺流程的制订方法、各种管材生产的操作、工具的设计和制造以及长链拉伸机和圆盘拉伸机等，对铝、铝合金和钢管也有所涉及。

本书主要取材于我国游动芯头拉管的实践经验，只扼要地谈到了国外有关拉管技术情况。本书稿是由洛阳铜加工厂易茵菲同志执笔、经工人、技术人员和干部集体讨论审定的。主要供从事铜、铝管材生产的工人和技术人员阅读，也可供有关教学、科研人员参考。

## 游 动 芯 头 拉 伸 铜 管

洛阳铜加工厂

(只限国内发行)

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张 5 1/2 字数 117千字

1976年5月第一版 1976年5月第一次印刷

印数 0,001~3,600册

统一书号：15062·3216 定价（科三）0.45元

## 出版说明

遵照伟大领袖毛主席关于“**要认真总结经验**”的教导，为适应有色金属加工工业发展的需要，我们组织了有关单位，以生产实践中积累的丰富经验为基础，认真总结，编写一套侧重或适用于中小有色金属加工方面的生产技术图书，按专题内容分若干分册陆续出版。《游动芯头拉伸铜管》是其中的一本，它是由洛阳铜加工厂负责编写的。

本书着重总结了游动芯头拉管生产实践经验，较为系统地阐明了拉管生产技术的原理和生产中经常碰到的基本运算，扼要地谈到了国外有关拉管技术情况。主要供从事铜、铝及其合金管材生产的工人、技术人员阅读，对冶金院校有关专业工农兵学员、教员亦有一定的参考价值。

书中不足之处，欢迎广大读者提出批评意见。

一九七五年四月

# 目 录

## 概述

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 第一章 游动芯头拉管的理论基础 .....         | 4  |
| 第一节 实现游动芯头拉管的基本条件 .....       | 4  |
| 一、芯头在变形区内的平衡方程 .....          | 4  |
| 二、实现游动芯头拉管的基本条件 .....         | 5  |
| 第二节 芯头在变形区内的稳定性 .....         | 5  |
| 一、引起芯头移动的原因 .....             | 5  |
| 二、游动芯头轴向移动几何范围 .....          | 8  |
| 三、影响芯头在变形区位置的主要因素 .....       | 14 |
| 第三节 成盘拉管的应力与变形 .....          | 17 |
| 一、管材横断面上的应力 .....             | 17 |
| 二、管材纵断面上的应力 .....             | 20 |
| 三、管材横断面形状变化 .....             | 20 |
| 第四节 游动芯头拉管的拉伸力 .....          | 23 |
| 一、影响游动芯头拉管拉伸力的主要因素 .....      | 23 |
| 二、拉伸力的确定 .....                | 31 |
| 第二章 游动芯头拉管工艺 .....            | 46 |
| 第一节 游动芯头拉管的工艺特点 .....         | 46 |
| 一、芯头在变形区内自行稳定 .....           | 46 |
| 二、提高道次加工率 .....               | 47 |
| 三、提高工具使用寿命 .....              | 47 |
| 四、减壁量必须有相应的减径量配合 .....        | 48 |
| 五、摩擦条件的变化对拉伸过程的稳定性有显著影响 ..... | 50 |
| 第二节 拉伸工艺流程的编制及工艺操作 .....      | 51 |
| 一、拉伸工艺流程的编制 .....             | 51 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 二、拉管工艺操作 .....             | 58  |
| 三、游动芯头拉管废品 .....           | 60  |
| 第二节 拉伸时的润滑剂 .....          | 63  |
| 一、各种润滑材料的润滑效果 .....        | 63  |
| 二、铜及铜合金管材游动芯头拉伸常用润滑剂 ..... | 64  |
| 第四节 成盘拉管的管材品种 .....        | 64  |
| 一、成盘拉管的管材品种范围 .....        | 64  |
| 二、管材品种扩充方法 .....           | 67  |
| 第五节 拉管生产工艺流程 .....         | 69  |
| 一、紫铜管 .....                | 69  |
| 二、黄铜管 .....                | 78  |
| 三、铝及铝合金管 .....             | 84  |
| 四、钢管 .....                 | 85  |
| 第三章 拉伸工具 .....             | 86  |
| 第一节 工具设计 .....             | 86  |
| 一、拉模、芯头的几何参数 .....         | 86  |
| 二、工具的结构形式 .....            | 88  |
| 三、工具的材质及技术参数 .....         | 93  |
| 第二节 芯头规格统一化 .....          | 95  |
| 一、统一化的意义 .....             | 95  |
| 二、统一原则 .....               | 95  |
| 三、统一方法 .....               | 95  |
| 第三节 游动芯头的制造、使用和损坏 .....    | 98  |
| 一、游动芯头的制造 .....            | 98  |
| 二、芯头的使用和损坏 .....           | 100 |
| 第四章 拉管设备 .....             | 103 |
| 第一节 直线拉伸机 .....            | 103 |
| 一、概述 .....                 | 103 |
| 二、链式拉伸机本体 .....            | 103 |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| 三、辅助机构 .....                                         | 110 |
| 第二节 圆盘拉伸机概述 .....                                    | 117 |
| 第三节 立式圆盘拉伸机 .....                                    | 120 |
| 一、正立式圆盘拉伸机 .....                                     | 120 |
| 二、倒立式圆盘拉伸机 .....                                     | 124 |
| 第四节 卧式圆盘拉伸机 .....                                    | 137 |
| 一、非连续卸料式 .....                                       | 137 |
| 二、连续卸料式 .....                                        | 141 |
| 三、多次拉伸机 .....                                        | 141 |
| 第五节 辅助设备和装置 .....                                    | 143 |
| 一、夹头制作设备 .....                                       | 143 |
| 二、管材内表面润滑装置 .....                                    | 145 |
| 三、管头压坑装置 .....                                       | 145 |
| 四、盘管精整设备 .....                                       | 145 |
| 第六节 卷筒直径的选择及回弹后盘卷直径的确定 .....                         | 146 |
| 一、卷筒直径的选择 .....                                      | 146 |
| 二、回弹后管材盘卷直径的确定 .....                                 | 152 |
| 附录                                                   |     |
| 一、拉伸时金属变形程度指数及相互关系 .....                             | 155 |
| 二、常见金属、合金冷加工率与屈服强度的关系 .....                          | 156 |
| 三、确定拉伸力计算公式中某些数据的图、表 .....                           | 158 |
| 四、铝合金拉管硬化曲线 $\sigma_s = A\epsilon^n$ 中的常数及机械性能 ..... | 161 |
| 五、国外生产的圆盘拉伸机主要技术特性 .....                             | 162 |

## 概 述

游动芯头拉管是目前管材拉伸的一种较为先进的加工方法，近年来得到日益广泛的使用。这种方法适于铜、铝、软钢等塑性好的金属和合金管材的生产；其它合金也可采用。对于外径6~40毫米的中、小管及毛细管，采用游动芯头拉伸，具有明显的优越性。它的主要特点是：拉伸过程中芯头在变形区内自行稳定；拉伸力小；可以高速拉伸长管；改善管材质量；提高道次加工率；减小工具消耗；需用设备、工具比较简易，大、中、小企业均可采用；是一种多、快、好、省的管材拉伸方法。

在毛主席革命路线指引下，冶金战线广大革命职工，认真贯彻“鞍钢宪法”，开展了“工业学大庆”的群众运动。为适应社会主义革命和社会主义建设迅速发展的需要，材料加工技术领域的工人和技术人员很早就进行了游动芯头拉管的试验研究工作，对黑色、有色金属及合金的各种规格的管材拉伸进行了广泛的实践，自制和改制了不少专用设备，成批地生产出各种管材，供国民经济各部门使用。实践证明：采用游动芯头拉伸技术可获得显著的技术经济效益，运用到异型管材生产方面也取得了一定的成效。

游动芯头拉管与其它技术成就一样，是从实践中产生又在实践中完善的。最初出现的游动芯头形状如图1所示。但当时没有受到广泛的重视，并且由于缺乏专用设备，也没有应用到生产上去。随着科学技术的迅速发展，冶金、电力、电讯、造船等工业部门需用的管材要求愈来愈长，如几

十米甚至数百米，质量要求也相应提高。这些要求，用过去采用的固定短芯头拉伸法生产，往往是难以达到的。与此同时，国民经济各部门对管材的需用量日益增加，短管生产方式，就成品质量和生产效率而言，也显得愈来愈不相适应。因此，游动芯头拉管的试验研究工作广泛开展起来。工具的几何形状、制造质量不断改进，长管拉伸的专用设备也开始制造，游动芯头拉管逐渐用于生产。起初还只局限于直线拉伸机，随着圆盘拉管设备的改进和工艺的成熟，特别是近年来设计、制造出专供游动芯头拉管用的高效率的圆盘拉伸机后，游动芯头拉管正逐渐代替老式的轧制和固定短芯头拉伸法，而成为目前管材冷加工主要方法之一。

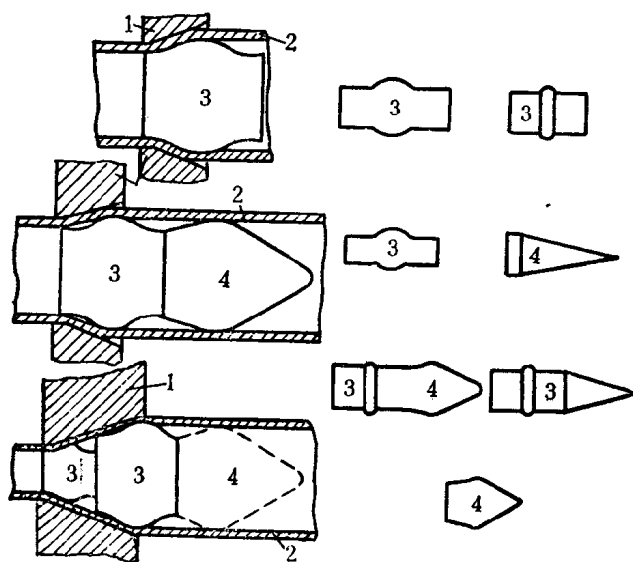


图 1 最初的游动芯头拉管示意图

1—拉模；2—管材；3—游动芯头；4—扩张管材的后芯头

高速、多线、完全自动化的长管直线拉伸机不断革新和管材圆盘拉伸机的出现，新型工艺润滑材料的采用，保护性气氛和真空感应退火技术的日益成熟，超声波游动芯头拉管的研究及拉管生产全部工序连续自动化程序作业线的探讨等等，为发展游动芯头拉管工艺和现代管材生产开拓了广阔的前景。

# 第一章 游动芯头拉管的理论基础

## 第一节 实现游动芯头拉管的基本条件

### 一、芯头在变形区内的平衡方程

游动芯头在变形区内的稳定性取决于芯头上作用力的轴向平衡。当芯头处于稳定位置时，在它的定径圆柱段和圆锥段表面上分别作用着正压力 $N_1$ 、 $N_2$ 及摩擦力 $T_1$ 、 $T_2$ ，它们之间的平衡方程是：

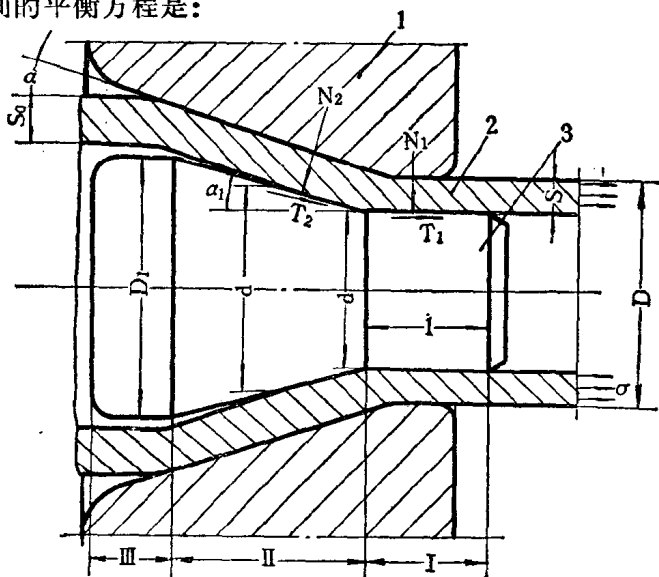


图 1-1 游动芯头在变形区内受力情况

1—拉模；2—管材；3—游动芯头；I—芯头定径圆柱段，  
II—圆锥段；III—后圆柱段

$$\Sigma N_2 \sin \alpha_1 - \Sigma T_2 \cos \alpha_1 - \Sigma T_1 = 0 \quad (1-1)$$

$$\text{或} \quad \Sigma N_2 (\sin \alpha_1 - \mu \cos \alpha_1) = \Sigma T_1 \quad (1-2)$$

因为  $\Sigma N_2$ 、 $\Sigma T_1$  均大于零，所以

$$\frac{\sin \alpha_1}{\cos \alpha_1} > \mu$$

$$\text{即} \quad \operatorname{tg} \alpha_1 > \mu \quad \text{或} \quad \alpha_1 > \rho \quad (1-3)$$

式中  $\alpha_1$ ——芯头锥面与轴线的夹角，度；

$\mu$ ——芯头与管材接触表面的摩擦系数；

$\rho$ ——芯头与管材接触表面的摩擦角，度。

## 二、实现游动芯头拉管的基本条件

(一) 游动芯头锥面与轴线之间的夹角必须大于摩擦角。即公式 (1-3)，不符合此条件，芯头将被深深的拉入模孔造成断管或芯头拉过模孔。

(二) 游动芯头的锥角必须小于或等于拉模的锥角。即

$$\alpha_1 \leq \alpha \quad (1-4)$$

不符合此条件，在拉伸开始时，芯头上尚未建立起与  $\Sigma T_1$  方向相反的推力，因此，芯头顺着拉伸方向移动并在拉模的锥形区挤压管材而造成断管。即使不发生断管，在拉伸过程中，由于轴向力变化，芯头往复移动也将在管材内表面挤出明显的环状纹。

## 第二节 芯头在变形区内的稳定性

### 一、引起芯头移动的原因

拉伸管材时，管坯沿圆周和纵向壁厚不均、局部凹陷、性能不均将引起沿管材长度上壁厚压下量  $\Delta S$  及单位压力  $N$  的变化；拉伸速度、管坯酸洗质量、润滑情况的改变也会引起管材与芯头接触表面摩擦系数变化；正压力和摩擦系数的

改变，破坏了芯头在变形区中原已建立的平衡，使之发生轴向移动。无论是采用固定短芯头或游动芯头拉管，芯头的这种移动均是可能的，然而两种芯头在变形区内的稳定性有根本区别。

(一) 固定短芯头 用固定短芯头拉管时，芯头与芯杆为刚性联结。如果芯头在变形区内处于稳定位置，则作用在芯头上的总摩擦力 $\Sigma T$ 与芯杆弹性拉伸之反力 $Q$ 平衡，它们之间的平衡方程是：

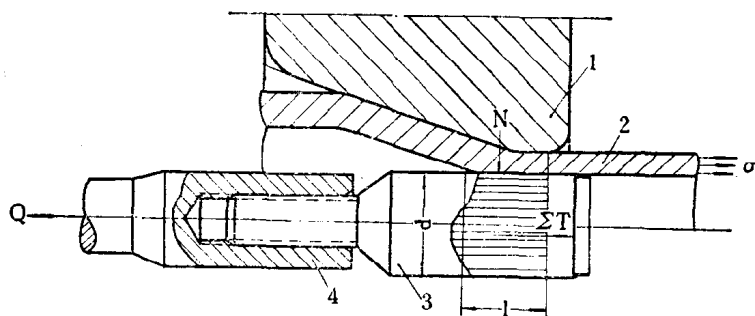


图 1—2 固定短芯头在变形区内受力情况

1—拉模；2—管材；3—短芯头；4—芯杆

$$\Sigma N \mu l \pi d = Q \quad (1-5)$$

正压力和摩擦系数的频繁变化，将不断破坏公式(1-5)的平衡，引起芯头—芯杆弹性系统的振动。这种振动的结果使管材表面产生明暗交替的环状纹和纵向壁厚不均，通常称之为“跳车”。

“跳车”时芯头轴向振动的幅度取决于摩擦力 $\Sigma T$ 的大小和芯杆的刚度（长度、断面积及材质），振动的频率则取决于拉伸速度和引起摩擦力变化的正压力、摩擦系数变化的

次数。当拉伸速度足够高时，芯头—芯杆系统在强迫振动的基础上，还会产生自行振动，二者谐振的结果，使芯头—芯杆系统的振动幅度达到极大值。

因此，固定短芯头拉管时，由于存在芯头—芯杆这个弹性系统，拉制管材的长度、道次加工率、拉伸速度的增大均受其限制，小规格长管的拉伸则更加困难。这些问题用游动芯头可以解决。

(二) 游动芯头 用游动芯头拉管时，芯头与芯杆不作刚性联结或不用芯杆。由于减壁量或金属性质的变化，使作用在芯头圆锥面上的正压力 $N_2$ 增大时，如果作用在定径圆柱面上的摩擦力 $T_1$ 不变，公式(1-1)所示的平衡条件破坏，芯头将向后移动，这与固定短芯头拉伸时恰好相反。同样的情况下，作用在固定短芯头上正压力的增大将使之向前移动，并使管材与芯头接触表面积和摩擦力增大。

其次，由于游动芯头不与芯杆刚性固定，不存在弹性系统，因此完全消除了芯头—芯杆系统近似共振及共振的产生。

至于拉伸速度增大引起自行振动同样是不可能的，因为沿管材长度方向上 $\Delta S$ 、 $N$ 、 $\mu$ 的变化都没有一定的规律，不呈周期性。

游动芯头在变形区内非周期性的纵向移动，取决于 $\Delta S$ 、 $N$ 、 $\mu$ 的变化，其移动幅度小于固定短芯头，由芯头的动平衡及管材在变形区的几何形状严格限定。

在不正常的拉伸条件下，采用游动芯头拉管，管材表面也可能出现环状纹。例如：

1. 芯头几何形状与管壁压下量不相适应，变形从芯头后圆柱面上开始。如图1—3， $l_1 < l$ 。

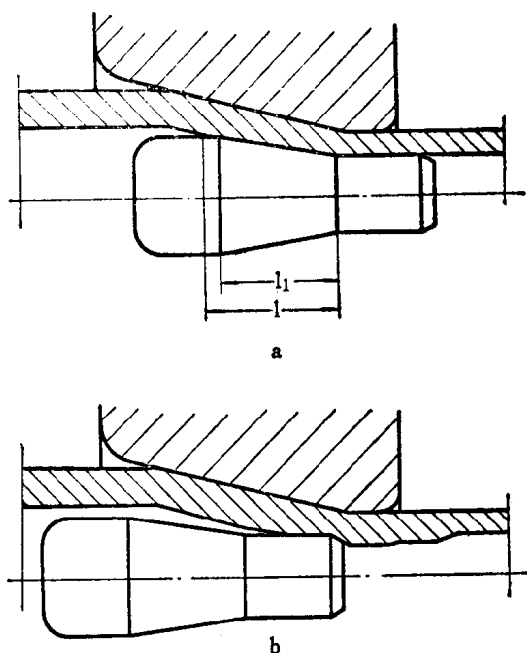


图 1—3 不正常的游动芯头拉管过程

a—变形从芯头后圆柱面上开始；b—芯头冲击

2. 沿管坯纵向和圆周方向存在很大的壁厚不均、或摩擦系数有很大的波动，引起芯头在变形区内冲击。

## 二、游动芯头轴向移动几何范围

(一) 变形区特征 游动芯头处于稳定位置时，变形区可分为六部分，如图 1—4 所示。

I——非接触变形区，在实际计算中往往略去此区而假定变形从 A—A 断面开始。

II——空拉区，在该区最终断面上管坯内壁开始与芯头接触。当管材与芯头的间隙相等和其他条件相同时，游动芯

头拉伸的空拉区长度大于固定短芯头，因此管壁增厚也较多。空拉区的长度随芯头锥角  $\alpha_1$  及间隙  $C$  的增大而增大，其数值可由下式近似确定：

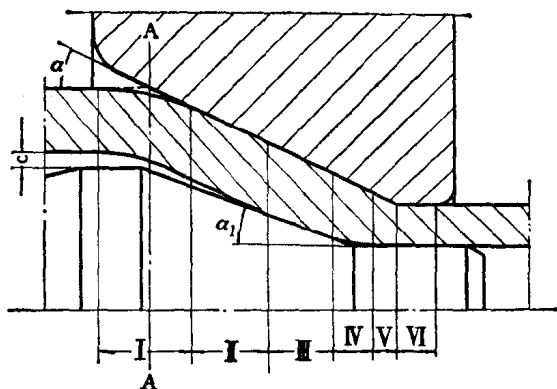


图 1-4 游动芯头拉管变形区特征

$$l_{\text{II}} = \frac{C}{\tan \alpha - \tan \alpha_1} \quad (1-6)$$

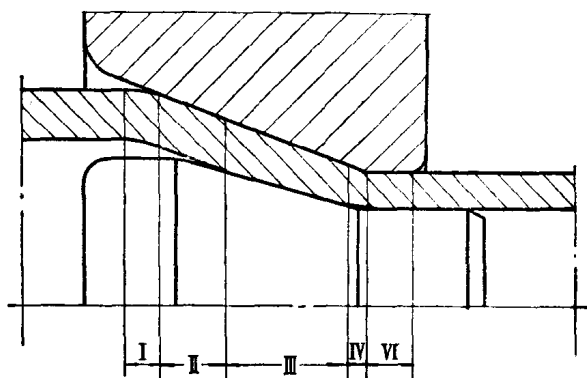
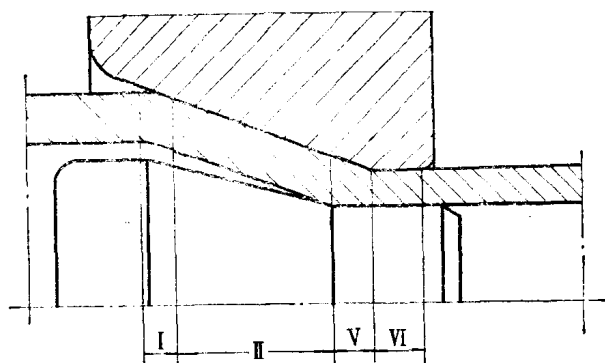
Ⅲ——减径区，管坯在该区产生较大的减径，同时有减壁，减壁量大致等于空拉区的增壁量，因此可近似认为该区最终断面上管材壁厚与原始壁厚一致。

Ⅳ——第二段空拉区，管材由于拉应力的方向改变而稍稍离开芯头表面。

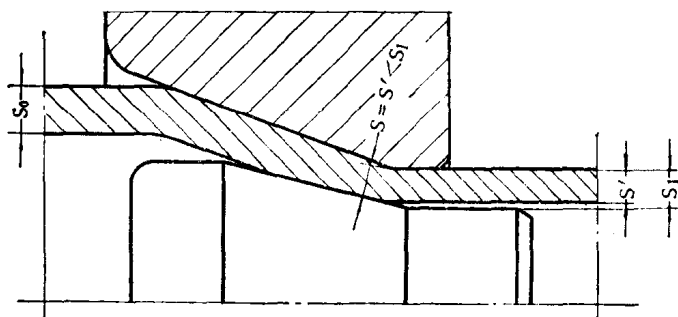
Ⅴ——减壁区，产生主要的壁厚变形。

Ⅵ——定径区，管材不产生塑性变形，该区的作用在于规整管材的形状和尺寸。

变形区的这种划分，可从磨损后芯头表面状况得到证实。芯头磨损主要发生在圆锥和定径圆柱面上靠近交接线的



b



c

图 1—5 芯头在变形区内的位置

a—芯头在后极限位置；b—芯头在前极限位置；c—芯头超出前极限位置

区域，柱面磨损更为严重。圆柱、圆锥面交接不良（例如有凹沟）的芯头能够正常的使用，凹沟处不产生显著的金属粘着，并能保留润滑油，由此亦证实了Ⅳ区的存在。

拉伸过程中，由于外界条件的变化，芯头将产生轴向移动。因此，变形区各部分的长度和位置不是一成不变的。例如，芯头在后极限位置时，Ⅴ区增长，Ⅲ、Ⅳ区消失。芯头在前极限位置时，Ⅲ区增长，Ⅴ区消失。芯头向前移动超出前极限位置，其圆锥段可能切断管材；芯头后退超出后极限位置不能实现游动芯头拉伸。如图 1—5 所示。

（二）芯头轴向移动几何范围的确定 芯头在前、后极限位置之间的移动量，称为芯头轴向移动几何范围，以  $l_j$  表示，如图 1—6 所示。

芯头在前极限位置时， $OD=OE=S$ （见图 1—6 a）；

芯头在后极限位置时， $BC=S_0$ ，如图 1—6 a 虚线所示。

$$l_j = \frac{S_0}{\sin \alpha} - \left( \frac{S}{\tan \alpha} + S \tan \frac{\alpha_1}{2} \right)$$

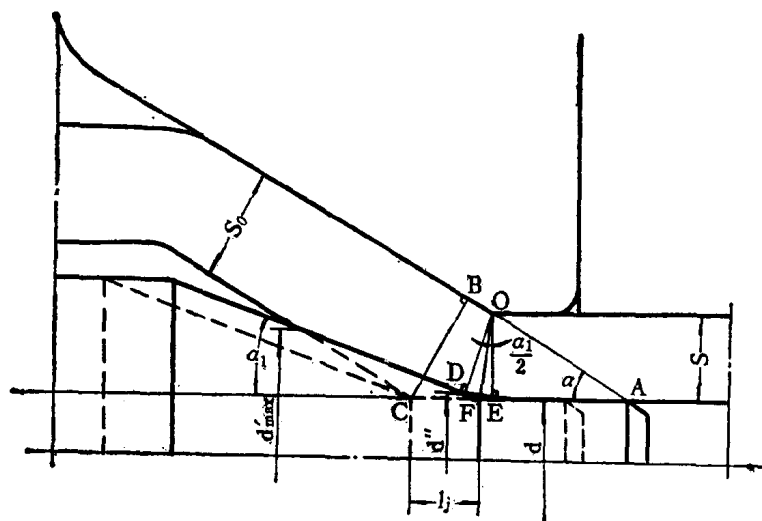
$$= S \frac{\frac{S_0}{S} - \cos \alpha}{\sin \alpha} - S \tan \frac{\alpha_1}{2} \quad (1-7)$$

或

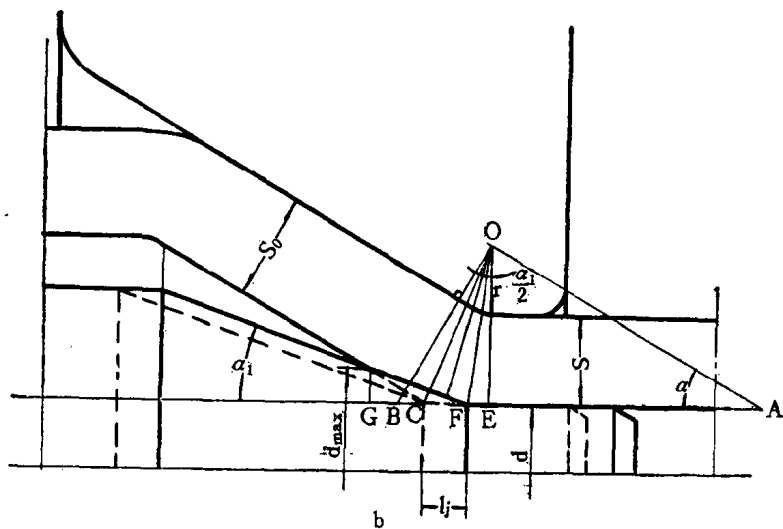
$$l_j = \frac{S_0 \cos \frac{\alpha_1}{2} - S \cos \left( \alpha - \frac{\alpha_1}{2} \right)}{\sin \alpha \cos \frac{\alpha_1}{2}} \quad (1-8)$$

如果拉模工作带与定径带交接处有一过渡圆弧  $r$ ，如图 1—6 b，则

$$l_j = \frac{(S_0 + r) \cos \frac{\alpha_1}{2} - (S + r) \cos \left( \alpha - \frac{\alpha_1}{2} \right)}{\sin \alpha \cos \frac{\alpha_1}{2}} \quad (1-9)$$



a



b

图 1—6 芯头轴向移动几何范围

a—拉模无过渡圆弧；b—拉模有过渡圆弧  $r$