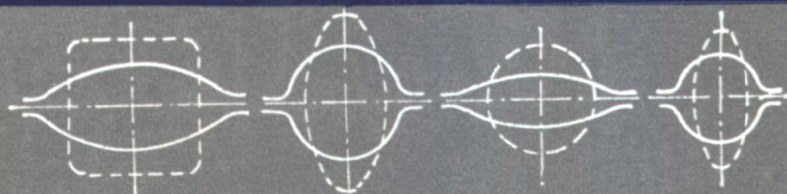
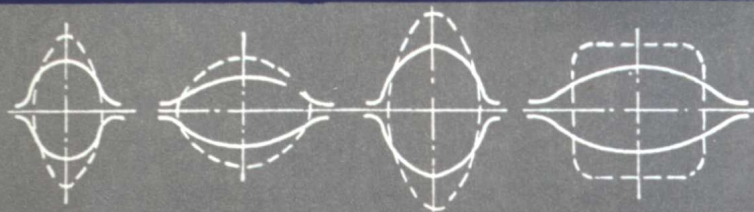
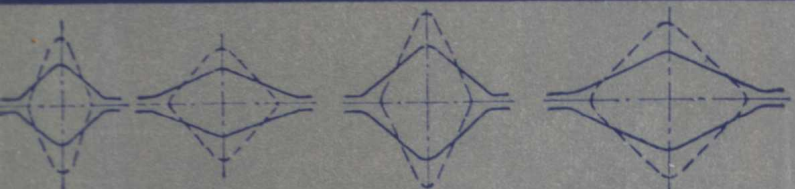
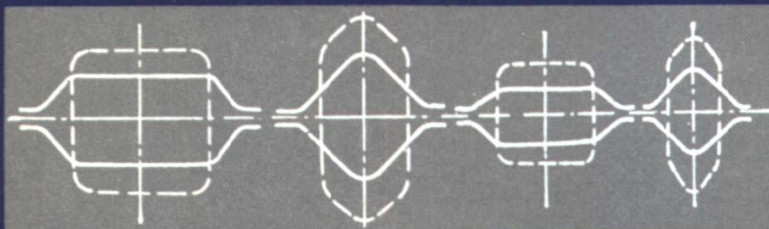
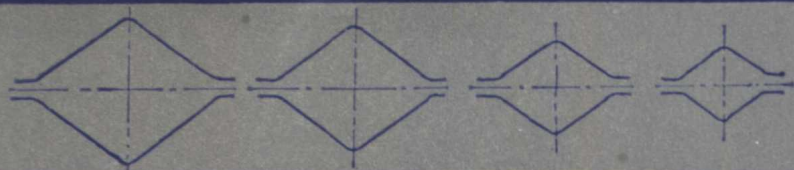
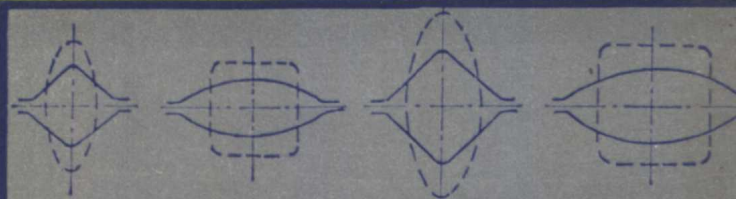


# 孔型设计

白光润 栾瑰馥 朱殿强 编著



东北工学院出版社

# 孔 型 设 计

白光润 栾瑰馥 朱殿强 编著

期 限 表

东北工学院出版社

(辽)新登字第8号

### 内 容 简 介

本书除全面系统地介绍了孔型设计的基础知识、基本理论外,还分别介绍了简单断面型钢、线材、异型断面和特殊型钢的工具设计。包括初轧坯、板坯和管坯的工具设计,同时对切分轧制、无孔型轧制、H型钢轧制等先进领域也做了扼要介绍。

本书兼具深度和广度适宜的特点。不仅可做本科生的教材,也是有关工程技术人员和从事孔型设计者极为有用的参考书。

### 孔 型 设 计

白光润 栾瑰馥 朱殿强 编著

---

东北工学院出版社出版发行 北镇满族自治县印刷厂印刷  
(沈阳·南湖) (辽新出许字92074号)

---

开本: 787×1092 1/16 印张: 11 字数: 275千字  
1992年12月第1版 1993年2月第2次印刷  
印数: 1001~4000册

---

责任编辑: 长 仁 责任校对: 张德喜  
封面设计: 唐敏智 责任出版: 高志武

---

ISBN 7-81006-442-8/TB·27

定价: 6.70元

# 目 录

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 绪 论                 | (1)   |
| 1 孔型设计的基本知识         |       |
| 1.1 孔型设计的定义、内容 & 要求 | (4)   |
| 1.2 孔型设计的原则与步骤      | (5)   |
| 1.3 孔型的分类           | (8)   |
| 1.4 孔型的组成及各部分的功用    | (9)   |
| 1.5 孔型在轧辊上的配置       | (12)  |
| 2 延伸孔型设计            |       |
| 2.1 延伸孔型系统及其设计方法    | (20)  |
| 2.2 箱形孔型系统          | (22)  |
| 2.3 菱-方孔型系统         | (28)  |
| 2.4 椭圆-方孔型系统        | (36)  |
| 2.5 六角-方孔型系统        | (46)  |
| 2.6 椭圆-立椭圆孔型系统      | (49)  |
| 2.7 椭圆-圆孔型系统        | (53)  |
| 3 钢坯孔型设计            |       |
| 3.1 初轧机孔型设计         | (56)  |
| 3.2 三辊开坯机孔型设计       | (67)  |
| 3.3 无孔型轧制           | (73)  |
| 3.4 切分轧制            | (83)  |
| 4 简单断面型钢孔型设计        |       |
| 4.1 圆钢孔型设计          | (92)  |
| 4.2 角钢孔型设计          | (101) |
| 5 异型断面型钢孔型设计        |       |
| 5.1 异型断面孔型中变形特点     | (117) |
| 5.2 工字钢孔型设计         | (126) |
| 6 连轧机的孔型设计          |       |
| 6.1 连轧机孔型设计的原则      | (144) |

|          |                   |       |
|----------|-------------------|-------|
| 6.2      | 连轧机孔型设计的方法.....   | (145) |
| 6.3      | 连轧机孔型设计的步骤.....   | (147) |
| 6.4      | 几种连轧及其拉堆钢系数.....  | (151) |
| <b>7</b> | <b>导卫装置的设计</b>    |       |
| 7.1      | 导卫装置的作用.....      | (156) |
| 7.2      | 横 梁.....          | (156) |
| 7.3      | 卫 板.....          | (157) |
| 7.4      | 导板 (门子) .....     | (159) |
| 7.5      | 夹 板.....          | (160) |
| 7.6      | 导板箱 (导板盒) .....   | (162) |
| 7.7      | 围 盘.....          | (163) |
| 7.8      | 滚动的导卫装置.....      | (167) |
|          | <b>参考文献</b> ..... | (170) |

## 绪 论

在工业现代化过程中,钢铁工业是整个工业发展的基础。不论农业的现代化、工业的现代化,还是国防的现代化;也不论原材料工业、矿山、煤炭、水电、石油、化工、铁路、交通、机械、纺织、建材、农、牧、鱼、林及其他部门,都需要有质量优良、品种齐全,数量足够的钢铁。历史经验证明,钢铁工业在现代化建设过程中,具有极为重要的战略地位。

钢铁生产中,所有冶炼的金属约有 $3/4$ 通过轧制,只有 $1/4$ 的金属用于异型铸造、锻造与压挤。在轧制产品的三大类钢材——板、管、型材中,目前我国型材约占各种钢材总量的 $50\%$ 以上。尽管不断大力提高板、管材占钢材总量的比重,但型材的总产量仍将随钢材总产量的增加而不断增多,品种规格也将不断扩大。

孔型设计不仅包括生产简单断面型钢、线材、异型断面和各种特殊型钢等的工具设计,同时也包括生产钢坯如初轧坯、板坯和管坯的工具设计。因此几乎所有钢材的生产都涉及到孔型设计。特别是孔型设计对轧机生产率、成材率、能耗、产品质量、设备的使用期限、各种消耗、产品成本与生产的劳动强度等等都有非常密切的关系。因此,在轧钢生产中,特别是钢坯生产与型钢生产方面的轧钢工作者对孔型设计尤为关注。

从1686年用阶梯辊轧出既定尺寸的棒材就涉及了孔型设计,1728年轧制了圆钢,1747年轧制了异型钢,1800年轧制了角钢,1849年生产了工字钢,1857年生产了重轨,1873年生产了槽钢。实际上,孔型设计已有240~300多年的历史。在漫长的1686—1903年之间,孔型设计都处于秘传技术的状态。1903年才出现有关孔型设计的专著,以后又陆续出现一些,这些专著主要出自于法国和德国。1933年苏联开始发表孔型设计的专著。虽然,巴赫钦诺夫在其轧辊孔型设计的巨著序言中指出,在1953年以前出版的孔型设计专著,都以经验主义为基础,巴赫钦诺夫在其巨著中很大程度上结束了经验主义。实际上,在其巨著中虽然企图摆脱经验主义,但仍没有跳出依靠实验数据和经验系数的圈子。

国外发表的孔型设计的专著与论文,其中在我国有一定影响的有巴赫钦诺夫等人著的《轧辊孔型设计》,国内部分型钢生产工作者主要用它设计延伸孔型;我国虽曾译出版过塔尔诺夫斯基著的《金属塑性加工变形》一书,实际应用的极少,甚至早已被淡忘;乌萨托夫斯基的相对展宽公式,在我国南方曾获得较广泛的应用,主要用于计算延伸孔型,实际上该公式仍属于实验公式,而且仅是简单断面的孔型设计方法之一。此外还有达维多夫著的《孔型设计》一书,在我国上海举办孔型学习班时翻译过,实际应用者也极少。

到目前,国外相继发表了不少有关孔型设计的专著,关于针对某个孔型系统或某个产品或确定某个参数的论文,就更不胜枚举了。就已发表专著和论文的实质,大致可将其归纳为如下几种:即平均高度法,外接矩形法,相似轧件法,等效轧件法,移动体积法,能量法以及以实验数据和现厂数据为基础的经验方法。其中有些方法还互相结合使用。

平均高度法是根据轧前轧件断面面积和孔型面积除以宽度,即将轧件或孔型简化为

矩形, 根据计算轧矩形件展宽的方法确定展宽量, 再乘以考虑坯料和孔型形状影响的系数。

外接矩形法, 是将非方或矩形轧件断面, 在其上下画出水平线, 在其左右画垂直线, 形成与轧件周边相切的外接矩形, 按轧矩形件计算展宽, 再考虑坯料和孔型形状的影响。

相似轧件法, 是将非方形或矩形轧件断面简化为面积相等, 高宽比相同的矩形或方形, 按矩形件计算展宽, 再考虑坯料与孔型形状的影响。

等效轧件法与外接矩形法相类似, 但轧件高度取外接矩形高度和平均高度法高度的平均值, 等效轧件的宽度为坯料和孔型在轧制状态中的最大宽度, 然后再考虑坯料与孔型形状的影响。

移动体积法是根据轧制过程被压下的金属体积向纵横方向流动的数量与其变形阻力成反比的关系, 按轧前轧件形状与孔型形状和尺寸确定轧件变形后的形状和尺寸。

能量法是利用能量守恒定律和最小变形功或总功率最小的变分原理, 在已知变形条件下确定纵横变形与力能参数。不仅用这种方法研究了确定简单孔型中轧件变形与力能参数的计算, 也研究了各种异型钢变形与力能参数的计算。

随着电子计算机的广泛应用, 不仅使能量法获得了广泛地发展, 即利用变分原理解各种型钢轧制问题, 而且已开始利用有限元法成功地解析了型钢的轧制变形与力能参数问题, 为进行使用计算机模拟各种型钢的轧制过程提供了可能。计算机辅助孔型设计也日益广泛应用。

虽然孔型设计从一般的经验方法, 如从简单的平均高度法逐步提高到现在用变分原理和有限元方法, 但是经验方法仍在不断的发展着。有的学者提出了用一个通式确定各种简单断面轧件的纵横变形, 用不同的系数分别考虑辊径、轧制温度和速度、摩擦条件、轧前轧件形状、孔型形状, 以及所轧钢种等等的影晌。

随着连铸坯的广泛应用, 为适应连铸, 最近多槽切分轧制获得一定的发展。由于型钢的产品品种规格数量较多, 为更便于满足小批量产品的生产, 近来出现了少道次或单道次轧制异型钢的技术和无孔型轧制技术。为了扩大型钢生产的品种, 不断提高金属利用率, 以及为提高产品质量, 降低能耗和辊耗与提高成材率, 多辊孔型轧制也得到了发展。

新中国建立后, 在钢铁生产方面注意了孔型设计, 第一个五年计划期间不仅派人出国学习, 而且请国外专家边工作边传授这一技术。由于我国孔型设计工作者们的刻苦钻研, 50年代末60年代初, 就使我国的孔型设计水平步入世界先进行列。顺利地成功地轧出了不等厚不对称的Z-310, 成功地轧出标志型钢轧制技术水平的钢桩。轧制这些产品的试轧时间之短, 生产的稳定程度都超过了国外的同类厂。无疑, 社会主义制度为孔型设计的发展与普及开辟了广阔的道路。

我国较有影响的孔型设计专著有鞍山钢铁公司孔型设计室编著的《型钢孔型设计及其改进》和《钢材孔型设计》, 上海市冶金局孔型学习班编写的《孔型设计》, 集中总结了两个单位孔型设计的丰富经验, 是对我国型钢孔型设计的写实, 内容丰富实用, 具有可贵的指导作用和参考价值。

为适应孔型设计技术的最新发展需要，本书主要结合作者多年来的研究成果，总结归纳现有的和较适用的孔型设计方法，并适当地扩充一些新内容，如切分轧制、无孔型轧制、H型钢的孔型设计等。对于计算机辅助孔型设计内容，由于已有专著，故在本书中未列入这部分内容。

孔型设计与导卫装置的设计和使用密切相关。特别是异型钢的孔型设计，若没有合适的导卫装置，再好的孔型设计也难以顺利轧制，因此本书中专列一章。

本书由白光润教授主编；朱殿强副教授编写第一、二章；栾瑰馥教授编写第三、四、五章；白光润教授编写绪论及第三章中的无孔型轧制和切分轧制，第五章中的工字钢孔型设计，以及第六、七章。

本书既可供孔型设计者阅读，也可做为大学生和有关人员培训教材使用。



# 1 孔型设计的基本知识

## 1.1 孔型设计的定义、内容 与要求

### 1.1.1 孔型设计的定义

#### (1) 轧 槽

热轧型钢时，往往把轧辊车削成用来轧制轧件的环形沟槽和凸台，通常把它们称为轧槽。

#### (2) 轧制面

通过两个或两个以上轧辊轴线的垂直平面称为轧制面。

#### (3) 孔 型

两个或两个以上轧辊的轧槽，或者一个轧辊的轧槽与另一个轧辊的凸台对合起来时在轧制面上所形成的孔口叫做孔型。

#### (4) 孔型设计

钢锭或钢坯只有依次通过一系列孔型，经过若干道次的轧制变形后，才能获得所要求的断面形状和尺寸的型钢。把为达到此目的而确定各孔型形状，计算各孔型尺寸，把孔型合理地配置在轧辊上以及进行导卫装置的设计与计算工作称为孔型设计。它是型钢轧制时的工具设计。

### 1.1.2 孔型设计的内容

#### (1) 断面孔型设计

根据坯料和成品的断面形状、尺寸及对产品性能的要求，选择孔型系统；计算轧制道次；分配各道次变形量；确定各孔型形状和计算各孔型的尺寸。

#### (2) 轧辊孔型设计

根据设计出的断面孔型，确定各孔型在每个机架上的配置方式及其在轧辊上的位置，即把设计好的断面孔型合理地配置在各架轧机的轧辊上。在轧辊上配置孔型时要保证做到以下几点：产品有最好的质量；轧制节奏时间最短，能获得较高的产量；轧辊具有足够的强度；轧件能顺利轧制，工人操作方便。

#### (3) 导卫装置设计

为了保证轧件能够按照所要求的状态顺利地出入孔型，或者使轧件能在进孔型前或出孔型后产生一定的变形、矫直和翻转，所以必须正确地设计与计算导卫装置。

### 1.1.3 孔型设计的要求

#### (1) 获得优质产品

质量要符合产品技术条件的要求，即成品的断面几何形状正确；断面尺寸精确，要

在允许偏差范围以内或达到高精度；轧件表面光洁，无耳子、折迭、裂纹、麻点、刮伤等表面缺陷；残余应力小，金相组织和机械性能良好。

### （2）轧机产量高

轧制节奏时间和轧机作业率影响着轧机的生产能力。因此，合理的孔型设计应使轧制节奏时间最短。一般情况是轧制道次数愈少愈好；选择合理的孔型系统，使操作顺利，减少间隙时间，可提高轧机作业率；孔型的负荷分配合理，减少各孔型磨损的不均匀性，以使换辊的次数最少，也可保证轧机作业率高。

### （3）产品的成本低

合理的孔型设计，应使影响生产成本的主要因素——金属消耗、电能消耗和轧辊消耗等技术经济指标降到最低。

金属消耗在成本中起主要作用，成本的80%以上取决于金属消耗。降低金属消耗的基本措施是按负偏差轧制，减少切损和降低废品率。按负偏差轧制就是使成品尺寸在允许的负偏差范围以内，这样就可以大量节约金属。废品率的高低与孔型设计的关系很大，如果孔型设计的不合理，就会造成孔型充填不满或过充满，使成品断面形状不正确、尺寸不合或者产生耳子、折迭等缺陷，使废品率增加。

轧辊的消耗与孔型设计有着密切的关系。孔型设计不当，造成孔型的局部磨损严重或个别孔型的磨损严重，在车修轧辊时车削量就大，因而消耗轧辊也多。

电能消耗与孔型设计也有密切关系。减少电能消耗的基本措施是使变形均匀，变形量分配合理，孔型配置正确，孔型形状和孔型系统选择合理。

### （4）劳动条件好、劳动强度小

在进行孔型设计时应使轧制稳定、轧制顺利、操作方便、便于调整，以改善劳动条件；还应考虑轧制过程易于实现机械化和自动化，以减轻劳动强度。

### （5）适应车间的设备条件

设计出来的孔型必须适应车间各主辅设备的性能及其布置。

应指出，与工人结合，深入生产实际，充分掌握车间各设备与工艺特性，孔型设计工作者方能满足上述要求，以作出正确的孔型设计。

## 1.2 孔型设计的原则与步骤

### 1.2.1 孔型设计的基本原则

①孔型系统合理。轧制一种钢材所需要通过的一系列孔型称为孔型系统。选择合理的孔型系统是极为重要的，它不仅影响到钢材的质量和产量，而且有时还直接关系到能否轧出成品。若孔型系统选择不合理，则可能无法修改，从而导致全套轧辊及辅件报废。

②充分利用钢的高温塑性，把大的变形量和不均匀变形尽量集中在前几道次，然后顺轧制程序逐渐减小变形量。

③采用形状简单的孔型，专用孔型的数量要适当。

④道次数、翻钢程序及其次数要合理。

⑤轧件在孔型中的状态应稳定或力求稳定。

⑥生产多品种的型钢轧机,其孔型的共用性应广些。

⑦要便于轧机调整。

### 1.2.2 孔型设计的步骤

进行孔型设计是一个创造性的劳动过程。由于所要考虑的各种条件比较复杂,因此孔型设计时很难严格地应用数学公式加以计算,一般都是根据生产经验进行设计与计算。通常按以下步骤进行:

#### (1) 掌握产品、原料和设备条件

①掌握产品的技术条件 其内容包括产品的断面形状、尺寸、偏差要求、钢种、表面状态、金相组织及机械性能等。必要时还应了解用户要求,产品使用情况等。

②掌握原料条件 掌握已有的钢锭或钢坯的断面形状和尺寸,或者是按照孔型设计的要求重新选定原料的规格。

③掌握轧机性能及其他设备条件 了解轧辊直径、轧制速度及主电机能力等轧机性能;还要了解其他设备条件及车间平面布置型式等。

④收集国内外生产该产品的有关工艺资料 这些工艺资料包括选用何种孔型系统,延伸系数在什么范围以及生产该产品的难点及存在的问题等。

#### (2) 选择孔型系统

要根据产品的情况选择孔型系统。对于新产品,在设计孔型之前,应该了解生产类似产品所使用的孔型系统、轧制情况及其存在的问题,做为考虑新产品孔型设计的依据之一。对于老产品,应该了解在其他轧机上生产该产品的孔型系统、轧制情况及存在的问题。同时还应尽量考虑能够与轧制其他产品共用所选择的孔型系统,以减少换辊时间、提高作业率和减少轧辊储备量。

在上述基础上,认真地进行科学分析,拟定出几种可能的轧制方案,反复分析比较各种方案的优缺点,最后确定出最为合理的孔型系统。

#### (3) 确定轧制道次数

若坯料的断面面积 $F_0$ 和成品的断面面积 $F_n$ 均为已知,则总延伸系数 $\mu_x$ 为:

$$\mu_x = F_0/F_n = F_0/F_1 \cdot F_1/F_2 \cdot F_2/F_3 \cdots F_{n-1}/F_n = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdots \mu_n$$

式中 $F_1, F_2, F_3, \cdots, F_n$ 为第1, 2, 3,  $\cdots, n$ 道次的轧件断面面积; $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \cdots, \mu_n$ 为轧件在1, 2, 3,  $\cdots, n$ 道次的延伸系数。

在确定轧制道次时,用平均延伸系数 $\mu_p$ 代替各个道次的延伸系数。所谓平均延伸系数是指在轧制道次和总延伸系数一定的条件下,各个轧制道次的延伸系数相等。它是为了简化轧制道次的计算而提出来的假想延伸系数。在生产中各个道次的延伸系数实际上并不相等。

如果用平均延伸系数 $\mu_p$ 代替各道次的延伸系数,则:

$$\mu_x = \mu_p^n$$

把上式取对数,则可求出轧制道次数 $n$ 为:

$$n = \log \mu_x / \log \mu_p = (\log F_0 - \log F_n) / \log \mu_p$$

因此可根据总延伸系数 $\mu_x$ 与平均延伸系数 $\mu_p$ 确定出轧制道次数 $n$ 。计算所得的 $n$ 值

必须取整数。应根据轧机布置的具体条件可取奇数道次或偶数道次。

平均延伸系数 $n_p$ 一般是根据生产经验数据确定的。

在总轧制道次 $n$ 确定之后,还要根据设备条件以及保证轧制节奏时间为最短的原则,继续确定在每个机架上的轧制道次数。

#### (4) 各道次延伸系数的分配

在轧制过程中,各道次的延伸系数实际上是不相等的,因此在总延伸系数 $\mu_s$ 和总轧制道次数 $n$ 确定以后,还应合理地分配各个道次的延伸系数。分配各道次的延伸系数的一般原则是:

①轧制的前几道次的延伸系数应小一些。轧制开始时,轧件温度高,氧化铁皮厚而且附着在钢锭或钢坯表面上,摩擦系数较低,咬入困难。电机能力也是限制前几道次延伸系数大小的一个因素。因为在前几道次中原料的断面面积较大,虽然延伸系数不大,但因轧件断面面积减缩量 $\Delta F$ 较大,轧制时电机负荷亦大。对于某些合金钢锭,在未受变形前其塑性较差,因此要求前几道次的延伸系数要小些。

②中间道次的延伸系数由大到小。轧件经过前几道次的轧制后,氧化铁皮已经脱落,咬入条件得到了改善;而且此时的轧件温度仍然很高,要充分利用轧件的高温塑性,可使延伸系数比前几道次要大些;由于轧件断面面积不断减小,亦使延伸系数相对提高,并达到最大值。

当延伸系数达到最大值以后,金属的变形抗力就成为了限制延伸系数大小的主要因素。因为此时轧件的断面尺寸已大为减小,轧件温度开始急剧下降,金属变形抗力显著增加。因此,此时延伸系数亦应逐渐降低。

③最后几道次的延伸系数要小。在最后几道次中,为了减小孔型的磨损程度和磨损速度,保证成品断面形状的正确性和尺寸的精确性,应采用较小的延伸系数。

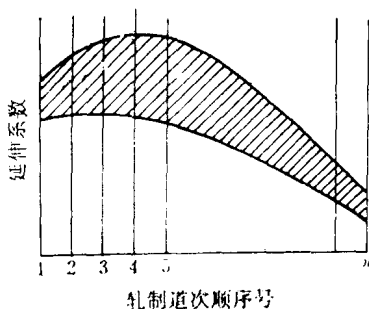


图 1-1 横列式型钢轧机各道次延伸系数分配曲线

根据上述原则,在一般的情况下延伸系数的分配如图 1-1 所示。

#### (5) 延伸系数分配的校核

在各个道次的延伸系数被确定之后,要用其连乘积进行校核。若其连乘积等于总延伸系数,说明确定的各道次的延伸系数是合理的;若其连乘积不等于总延伸系数,说明确定的各道次延伸系数不合理,此时须调整各道次的延伸系数,使其连乘积等于总延伸系数。

#### (6) 确定各道次轧件的断面形状和尺寸

首先根据各道次的延伸系数,确定出各道次轧件的横断面面积;然后再根据各道次轧件的横断面面积及其变形关系,确定出轧件的断面形状和尺寸。

#### (7) 确定孔型形状和尺寸

在一定的断面形状和尺寸的孔型中,能够得到相应断面形状和尺寸的轧件。前者是手段,后者是目的。因此,要根据各道次轧件的断面形状和尺寸,确定相应道次的孔型形状和尺寸,并绘制孔型图。应当指出,在实际设计中,孔型设计者往往不是根据轧件尺

寸确定孔型尺寸及构成孔型，而是根据经验数据直接确定孔型尺寸和构成孔型的。

在设计孔型时，通常是逆轧制道次进行设计。但有时是顺轧制程序进行设计或从中间道次开始设计。

#### (8) 绘制配辊图

把设计出来的断面孔型，合理地配置在轧辊上，并绘制配辊图。

#### (9) 孔型设计的校核

通常要校核咬入能力及电机负荷，在必要时也要对轧辊强度进行校核。

#### (10) 设计导卫装置

根据断面孔型图和配辊图设计导卫装置。

## 1.3 孔型的分类

### 1.3.1 按孔型的用途分类

#### (1) 开坯孔型

亦称延伸或粗轧孔型，其主要任务是把方形或矩形的大断面钢锭或钢坯轧成小断面的方坯或板坯，使轧件的断面面积缩小，长度增加。

#### (2) 毛轧孔型

亦称荒轧或造型孔型，其任务是在继续减小轧件断面面积的同时，使轧件断面形状逐渐具有与成品断面形状相似的雏形。

#### (3) 精轧孔型

亦称预轧孔型。一般是指成品孔之前的2~4个孔型。在精轧孔型中，位于成品孔之前一道次的孔型称为成品前孔型，它的作用是为在成品孔型中轧出合乎要求的成品做好准备。

#### (4) 成品孔型

亦称完成孔型，是指最后一个轧出成品的孔型，是确定轧件在轧制过程中最终断面形状和尺寸的孔型。其孔型的形状和尺寸与产品的标准规格极接近。

### 1.3.2 按孔型的开口位置分类

#### (1) 开口式孔型

两轧辊的辊缝 $s$ 位于孔型周边上的孔型称为开口式孔型，如图1-2(a)所示。

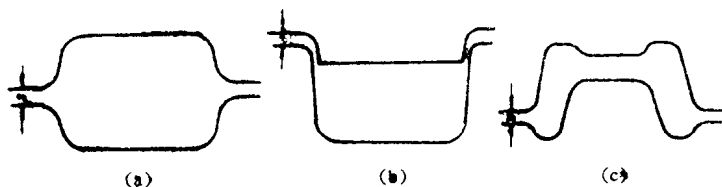


图1-2 按开口位置分的孔型种类

(a) —开口孔型；(b) —闭口孔型；(c) —一半开（闭）口孔型

#### (2) 闭口式孔型

上下轧辊的辊缝 $s$ 位于孔型周边之外并有锁口的孔型称为闭口孔型,如图1-2(b)所示。

(3) 半开口孔型或半闭口孔型, 亦称控制孔型, 图1-2(c)所示。

### 1.3.3 按孔型形状分类

#### (1) 简单断面形状孔型

按孔型的直观形状, 最常见的有箱形、菱形、方形、椭圆形、六角形和圆形孔型等

#### (2) 异型断面形状孔型

又称复杂断面形状孔型。按孔型的直观形状, 常见的有工字形、槽形、帽形和轨形孔型等。

## 1.4 孔型的组成及各部分的功用

实际生产中使用的孔型是多种多样的, 无论使用哪一种形状的孔型, 在其几何结构上都有共同的组成部分: 辊缝、侧壁斜度、圆角、锁口及辊环等(如图1-3)。现分述如下。

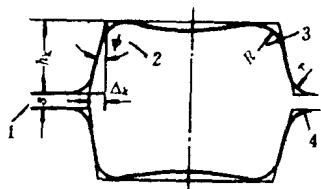


图 1-3 孔型各部分的名称

1—辊缝; 2—侧壁斜度; 3—圆角口; 4—辊环

### 1.4.1 辊 缝

沿轧辊轴线方向用来把轧槽与轧槽分开的轧辊辊身部分称为辊环。在型钢轧机轧制轧件时, 同一孔型两侧的上、下轧辊辊环之间的距离叫做辊缝, 以 $s$ 表示之。辊缝有如下作用:

①在轧辊空转时, 为防止两轧辊辊环间发生接触摩擦, 要在两轧辊环间留有缝隙。此外, 在轧制过程中, 除了轧件的塑性变形外, 工作机架的各部件在轧制力的作用下还发生弹性变形, 如工作机架牌坊立柱的拉伸, 轧辊弯曲, 压下螺丝、轴承和轴瓦的压缩等, 再加上各部件之间的缝隙因部件受压而变小。上述各种因素作用的结果, 使机架窗口高度增大, 上、下两轧辊力求分开, 而使其缝隙增大, 这种现象称为“辊跳”, 缝隙增大的总数值称为“辊跳值”。因此, 在孔型图上所标注的辊缝值, 应等于轧辊空转时上、下轧辊辊环间的缝隙加上轧制轧件时轧辊的辊跳值。用公式表示如下:

$$s = L + c$$

式中  $s$ ——辊缝值;

$L$ ——轧辊空转时上、下辊环间的缝隙;

$c$ ——辊跳值。

辊跳值的大小取决于轧机性能、轧制温度以及轧制钢种等。例如 $\phi 280$ 轧机轧辊辊颈安装在油膜轴承中, 其辊跳值为 $0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ ; 而安装在胶木瓦轴承中其辊跳值则增至 $1.0 \sim 2.5 \text{ mm}$ 。钢种和轧制温度等都对辊跳值有影响。

②简化轧机调整。

③在不改变辊径的条件下, 增大辊缝可减少轧槽切入深度, 这就相应地增加了轧辊

强度，并增加轧辊重车次数，延长了轧辊使用寿命。

④在开坯孔型中使用较大的辊缝，可用调整辊缝的办法，从同一个孔型中轧出断面尺寸不同的轧件，因而减少了换辊次数，提高了轧机作业率。

辊缝值的大小取决于机架构造、轧制压力的大小以及孔型的用途。对于延伸孔型，在不影响轧件断面形状和轧制稳定性的条件下，辊缝值愈大愈好。在接近成品孔型的几个孔型中，其辊缝值不能太大，否则就会影响轧件的断面形状。当轧制异型断面型钢时，辊缝值不应大于孔型的最小高度，以便保护轧槽。

辊缝值应大于轧机的弹跳值，一般是根据生产经验数据确定，其数据通常如表 1-1 所示。

表 1-1 各种型钢轧机的辊缝值

| 轧 机               | 初轧机及<br>二辊开坯机 | 500~650开坯机 | 轨梁、大型和中型轧机 |      |     | 小型轧机 |     |     |
|-------------------|---------------|------------|------------|------|-----|------|-----|-----|
|                   |               |            | 开坯         | 毛轧   | 精轧  | 开坯   | 毛轧  | 精轧  |
| 辊缝值 $s/\text{mm}$ | 6~20          | 6~20       | 8~15       | 6~10 | 4~5 | 6~10 | 3~5 | 1~3 |

辊缝值有时也按经验关系式确定，其关系式为：

成品孔型及精轧孔型  $s = (0.005 \sim 0.01)D$ ；

毛轧孔型  $s = (0.01 \sim 0.02)D$ ；

开坯孔型  $s = (0.02 \sim 0.03)D$ 。

式中： $D$ 为轧辊直径，mm。

#### 1.4.2 孔型侧壁斜度

无论哪种孔型的侧壁在任何情况下都不垂直于轧辊的轴线，而是与轧辊轴线的垂直线有一定的倾斜。孔型侧壁倾斜的程度，通常称为孔型侧壁斜度（见图 1-3）。

（1）孔型侧壁斜度的表示方法

①用百分数表示（见图 1-4）：

$$y = \frac{B_k - b_k}{2k_k} \times 100\%$$

②用角度  $\phi$  直接表示。

（2）孔型侧壁斜度的作用

①能使轧件易于正确地进入孔型。假若孔型做成垂直的侧壁，当送料不正或偏斜时，轧件将碰到辊环上，使轧件入孔困难。在具有侧壁斜度的孔型中，倾斜的侧壁使轧槽形成一个喇叭口，轧件送入孔型时借助于它可以自动找正，顺利地进入孔型。

②使轧件易于脱槽，减少缠辊事故。如果孔型侧壁与轧辊轴线垂直，则轧件进入孔型后，由于宽展将被轧槽侧壁夹持得很紧，致使轧件脱槽困难，甚至会造成缠辊和断辊事故。倾斜的侧壁可以减轻对轧件的夹持作用，使轧件易于脱槽。

③重车轧辊时可减少车削量，延长轧辊的使用寿命。侧壁斜度的大小对轧辊磨损后

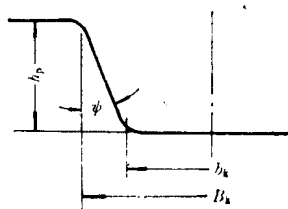


图 1-4 孔型侧壁斜度百分数表示法

的修复和轧辊的使用寿命有很大的影响。如图1-5 (a) 所示, 对于无侧壁斜度孔型, 当侧壁磨损 $a$ 后则无法恢复原轧槽宽度; 而带侧壁斜度(图1-5(b)及(c))的孔型, 侧壁磨损 $a$ 后经过重车可以恢复原轧槽宽度。

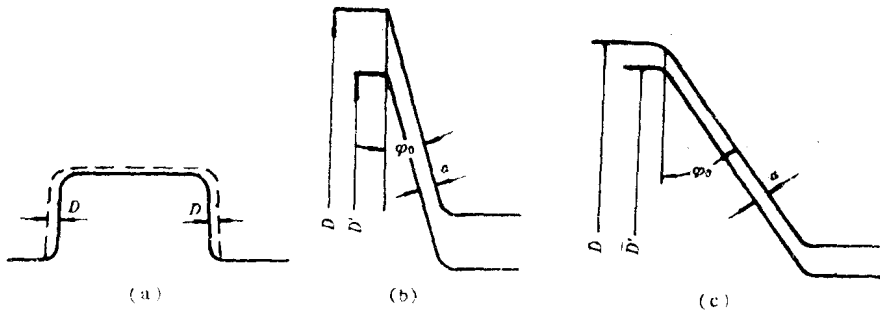


图1-5 孔型侧壁车削量示意图

(a) 无侧壁斜度; (b) 有侧壁斜度磨损后; (c) 有侧壁斜度重车后

侧壁斜度的不同, 为恢复轧槽原来形状和尺寸所必需的重车量亦不同。车削量 $D-D'$ 与磨损量 $a$ 和孔型侧壁斜度 $\phi$ 的关系如图1-6所示。为恢复原来的孔型尺寸所必需的重车量为:

$$D-D' = \frac{2a}{\sin\phi}$$

由上式可知, 当磨损量 $a$ 一定时, 孔型侧壁斜度 $\phi$ 愈大,  $\sin\phi$ 亦愈大, 则车削量 $D-D'$ 就愈小; 反之, 孔型侧壁斜度 $\phi$ 愈小, 车削量 $D-D'$ 就愈大。因此, 大侧壁斜度的孔型, 对减少轧辊的车削量, 降低轧辊消耗, 提高轧辊的使用寿命有很大的意义。

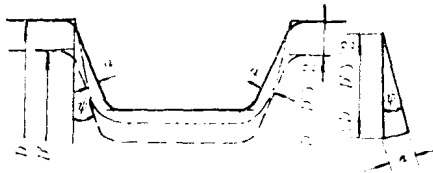


图1-6 轧辊车削量与孔型侧壁斜度的关系

④当轧制异型断面型钢时, 孔型侧壁斜度愈大, 允许的变形量亦愈大, 甚至可以减少轧制道次, 不仅可以节约轧辊, 而且可以减少电能消耗。

⑤用大侧壁斜度的孔型, 如大斜度的箱形孔型, 通过控制轧件在孔型中充满度的办法, 可以轧出宽度尺寸不同的轧件。这一点对于初

轧机、开坯机以及型钢轧机的毛坯孔型很为重要。

### 1.4.3 孔型圆角

在设计孔型时, 孔型轮廓线交接处常用不同半径的圆弧连接, 此圆弧称为孔型的圆角。孔型内侧角部的圆弧称为内圆角, 其圆心在断面孔型之内, 以 $R$ 表示; 孔型外侧角部的圆弧称为外圆角, 其圆心在断面孔型之外, 以 $r$ 表示(见图1-3)。

在设计孔型时正确选用圆角有很大的意义, 由于内、外圆角的位置不同, 其作用亦不相同。

#### (1) 孔型内圆角 $R$ 的作用

可防止轧件因角部急剧冷却而产生角部裂纹和孔型磨损不均; 可使孔型角部应力集



中减小,增加轧辊强度;给轧件在下一孔型的宽展留有余地。例如通过改变菱形、方形孔型内圆角半径 $R$ 的数值,可以改变轧件在孔型中的变形量和在下一孔型中的充满程度,这样就可以给轧件在下一孔型内的宽展留有余地。

初设计孔型时,孔型内圆角半径 $R$ 应取大些,因为内圆角半径 $R$ 在轧辊重车时可由大变小,而由小改大则比较困难。成品孔型的内圆角半径 $R$ 取决于成品断面的标准要求。

## (2) 孔型外圆角 $r$ 的作用

当轧件进入孔型不正时,外圆角能防止轧件的一侧受辊环切割,即防止刮铁丝的现象发生;保证轧件在孔型中过充满不大的情况下形成钝而厚的“耳子”,使“耳子”处避免有尖锐的折线,因而轧件在下一孔型内继续轧制时不会形成折迭;对于异型断面孔型,增大外圆角半径 $r$ 可使轧辊的应力集中减小,从而增加轧辊的强度。

应指出,在轧制某些简单断面型钢时,其成品孔型的外圆角半径可取小些,甚至可为零。

## 1.4.4 锁 口

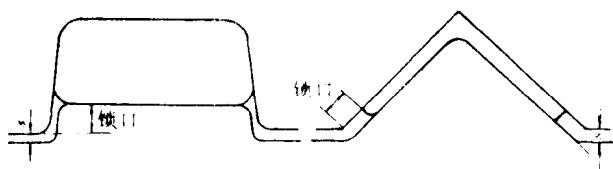


图1-7 孔型的锁口

在闭口孔型中,辊缝至孔型轮廓的一段过渡部分称为锁口,如图1-7所示。在同一孔型中轧制几种厚度或高度差异较大的轧件时,其锁口长度也须大些,以防止轧制较厚或较高的轧件时金属流入辊缝。使用带锁口的闭口

孔型,其相邻两孔型的锁口位置,一般是互成 $180^\circ$ 交替布置的。

## 1.5 孔型在轧辊上的配置

孔型在轧辊上配置的实质是解决孔型在轧制面上的水平和垂直两个方向所处的位置问题。

### 1.5.1 孔型沿辊身长度方向(即在轧制面上水平方向)的配置

#### (1) 孔型沿辊身长度方向配置的原则

沿辊身长度方向配置孔型考虑的因素是轧机操作方便,便于实现机械化,保证产品质量和产量以及轧辊的利用率等,因此应遵循下述原则:

①尽量使轧件在各机架中的轧制时间均衡,以充分发挥轧机的生产能力。例如,在横列式轧机上,开始轧制时,由于前几道次的轧件长度短,在前几个孔型中的轧制时间亦短。随着轧制的进行,轧件逐渐增长,在以后各孔型中的轧制时间也逐渐增。长接近成品孔时,轧件细长,轧制时间亦更长。从均衡各机架轧制时间出发,应当在第一个机架的轧辊上多配置一些孔型,在后面的各机架上配置孔型的数目应依次递减。