

型钢

孔型设计

(第2版)

赵松筠 唐文林 编著

XINGGANG KONGXING SHEJI

冶金工业出版社

型钢孔型设计

(第 2 版)

赵松筠 唐文林 编著

北 京

冶金工业出版社

2000



内 容 简 介

本书系统地介绍了孔型设计的基本知识,反映了国内外型钢孔型设计的新方法和新发展。书中阐述了延伸孔型设计、具有代表性的简单断面和异型断面型钢的孔型设计及导卫装置设计;并对近年来才发展起来的无孔型轧制、热切分轧制以及计算机辅助孔型设计作了较为详细的介绍。书中各章均附有大量例题,以便读者掌握各种设计方法。

本书可供从事轧钢生产、设计和研究部门的工程技术人员参考,亦可作为大学金属压力加工专业高年级学生的教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

型钢孔型设计/赵松筠,唐文林编著. -2版(修订本).

北京:冶金工业出版社,2000.4

ISBN 7-5024-2494-6

I. 型… II. ①赵… ②唐… III. 型钢-孔型(金属压力加工)-设计 IV. TG332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 68138 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 张登科 美术编辑 李 心 责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

北京源海印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

1993 年 1 月第 1 版,2000 年 4 月第 2 版,2000 年 4 月第 3 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 10.75 印张; 288 千字; 336 页; 5501-8000 册

24.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64044283

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

GD/H10/25

再版前言

《型钢孔型设计》自 1993 年出版以来,受到广大读者的欢迎,同时也提出了一些宝贵意见。在此向关心本书的广大读者表示最诚挚的谢意。

随着国民经济的发展和科学技术的进步,在型钢生产方面也出现了不少新工艺、新技术和新方法。为了满足广大读者的需要,本书在这次再版时,对原有的内容作了较大的变动。删掉了初轧机孔型设计和窗钢孔型设计,增加了热轧和冷轧螺纹钢设计、方钢和扁钢孔型设计,对计算机辅助孔型设计进行了全面改写,增加了大量的编程实践内容。

全书仍分七章,每章都力求反映国内外型钢孔型设计的新方法和新发展,如延伸孔型设计一章,除介绍传统的孔型系统外,还介绍了无孔型轧制法。在设计方法上,除介绍了目前轧钢厂常用的经验系数法外,还增加了 Z. 乌萨托夫斯基方法和 B. K. 斯米尔诺夫方法。这两种方法对没有孔型设计经验的初学者来说是非常适用的,并有较好的计算结果。在型钢孔型设计一章中,除介绍常见的具有代表性的型钢外,还较为详细地介绍了 H 型钢的孔型设计基础。书中介绍的热切分轧制,是解决大坯料与小规格成品之间矛盾的有效方法,对横列式轧机可实现一火成材;对连续式小型轧机可有效地利用现有设备,均衡轧机负荷,提高轧机产量。计算机辅助孔型设计是 20 世纪 70 年代以来才发展起来的孔型设计新方法,它不仅可使孔型设计周期大为缩短,设计精度显著提高,而且可以利用最优化技术设计出用传统设计方法所无法得到的最优孔型。关于计算机辅助孔型设计的内容本书在第七章作了较为详细的介绍。

本书第二章第九节,第四章第六节、第九节和第十节,第五章和第七章由赵松筠编写,其余各章节由唐文林编写。全书由唐文林统一整理定稿。

本书在初版编写过程中，得到过鞍山钢铁公司李忠福高级工程师的大力帮助，在这次再版之际再次向他表示衷心的感谢。

由于作者水平和经验所限，书中不妥之处在所难免，恳切希望广大读者提出宝贵意见和建议。

作 者

1999 年 7 月

前 言

型钢孔型设计是制定型钢轧制工艺的重要内容之一。型钢孔型设计的好坏直接影响轧机的产量、产品的质量、成本和工人的操作条件，所以各轧钢厂的工程技术人员都十分重视型钢孔型设计。但到目前为止，型钢孔型设计基本上仍处于经验设计阶段。因此，为了促进我国的孔型设计水平进一步提高，我们在参考国内外大量有关资料和在多年教学、科研及设计实践的基础上编写了此书。

全书共分七章，每章都力求反映国内外型钢孔型设计的新方法和新发展。如延伸孔型设计一章，除介绍传统的孔型系统外，还介绍了无孔型轧制法；在设计方法上，除阐述了经验系数法外，还增加了 Z. 乌萨托夫斯基方法和 B. K. 斯米尔诺夫方法，这两种方法，特别是后一种方法，对没有孔型设计经验的初学者来讲是非常适用的，并有较好的计算结果。在型钢孔型设计一章中，除介绍常见的具有代表性的型钢外，还较为详细地介绍了 H 型钢的孔型设计基础。书中介绍的热切分轧制，是解决大坯料与小轧机之间矛盾的方法之一。计算机辅助孔型设计是 20 世纪 70 年代以来才发展起来的孔型设计新方法，它不仅可使孔型设计周期大为缩短，设计精度显著提高，而且可以利用最优化技术设计出用传统设计方法所无法得到的最优孔型。关于计算机辅助孔型设计的一些内容，本书在第七章作了详细介绍。

本书在编写过程中，得到了鞍山钢铁公司李忠福高级工程师的大力帮助，在此谨向他表示衷心感谢。

由于水平和经验所限，书中的缺点和错误在所难免，恳切希望广大读者批评、指正。

编 者
1991 年 2 月

目 录

第一章 孔型设计的基本知识	1
第一节 孔型设计的基本概念	1
第二节 孔型设计的程序	2
第三节 孔型及其分类	12
第四节 孔型的组成及各部分的作用	13
第五节 孔型在轧辊上的配置	18
第二章 延伸孔型设计	28
第一节 延伸孔型系统	28
第二节 箱形孔型系统	28
第三节 菱一方孔型系统	32
第四节 菱—菱孔型系统	37
第五节 椭圆一方孔型系统	42
第六节 六角一方孔型系统	44
第七节 椭圆—立椭圆孔型系统	47
第八节 椭圆—圆孔型系统	49
第九节 无孔型轧制法	51
第十节 混合孔型系统	60
第十一节 延伸孔型的设计方法	62
第十二节 经验系数方法	63
第十三节 Z. 乌萨托夫斯基 (Wusatowski) 方法	70
第十四节 B. K. 斯米尔诺夫 (Смирнов) 方法	79
第三章 三辊开坯机的孔型设计	87
第一节 压下规程的制定	88
第二节 孔型在轧辊上的配置	91
第三节 孔型尺寸的确定	93
第四章 型钢孔型设计	97
第一节 成品孔型设计的一般问题	97

第二节	圆钢孔型设计·····	100
第三节	螺纹钢孔型设计·····	112
第四节	方钢孔型设计·····	120
第五节	扁钢孔型设计·····	123
第六节	角钢孔型设计·····	127
第七节	异型孔型中金属变形的特点·····	153
第八节	工字钢孔型设计·····	165
第九节	H型钢孔型设计基础·····	187
第十节	连轧机孔型设计·····	200
第五章	热切分轧制·····	230
第一节	热切分轧制的优缺点及经济效益·····	230
第二节	切分方法及应用·····	234
第三节	切分孔型设计的特点·····	236
第六章	导卫装置的设计·····	246
第一节	横梁·····	246
第二节	卫板·····	248
第三节	导板·····	252
第四节	导板箱与夹板·····	256
第五节	围盘·····	259
第六节	滚动的导卫装置·····	267
第七章	计算机辅助孔型设计编程与实践·····	270
第一节	概述·····	270
第二节	CARD 软件的功能和特点·····	270
第三节	计算机辅助孔型设计中数学模型的选择·····	272
第四节	计算机辅助孔型设计系统·····	295
第五节	线棒材连轧机计算机辅助孔型设计软件编制 实践·····	304
参考文献	·····	335

第一章 孔型设计的基本知识

第一节 孔型设计的基本概念

将钢锭或钢坯在连续变化的轧辊孔型中进行轧制，以获得所需的断面形状、尺寸和性能的产品，为此而进行的设计和计算工作称之为孔型设计。

一、孔型设计的内容

孔型设计是型钢生产的工具设计。孔型设计的全部设计和计算包括三个方面：（1）断面孔型设计。根据原料和成品的断面形状和尺寸及对产品性能的要求，确定孔型系统、轧制道次和各道次的变形量，以及各道次的孔型形状和尺寸。（2）配辊。确定孔型在各机架上的分配及其在轧辊上的配置方式，以保证轧件能正常轧制、操作方便、成品质量好和轧机产量高。（3）轧辊辅件设计——导卫或诱导装置的设计。诱导装置应保证轧件能按照所要求的状态进、出孔型，或者使轧件在孔型以外发生一定的变形，或者对轧件起矫正或翻转作用等。

二、孔型设计的要求

孔型设计是型钢生产中的一项极其重要的工作，它直接影响着成品质量、轧机生产能力、产品成本、劳动条件和劳动强度。因此，合理的孔型设计应满足以下几点基本要求。

1. 保证获得优质产品

所轧产品除断面形状正确和断面尺寸在允许偏差范围之内外，应使表面光洁，金属内部的残余应力小，金相组织和力学性能良好。

2. 保证轧机生产率高

轧机的生产率决定于轧机的小时产量和作业率。影响轧机小时产量的主要因素是轧制道次数及其在各机架上的分配。在一般

情况下，轧制道次数愈少愈好。在电机和设备允许条件下，尽可能实现交叉轧制，以达到加快轧制节奏，提高小时产量的目的。影响轧机作业率的主要因素是孔型系统、孔型和轧辊辅件的共用性。

3. 保证产品成本最低

为了降低生产成本，必须降低各种消耗。由于金属消耗在成本中起主要作用，故提高成材率是降低成本的关键。因此，孔型设计应保证轧制过程进行顺利，便于调整，减少切损和降低废品率；在用户无特殊要求的情况下，尽可能按负偏差进行轧制。同时，合理的孔型设计也应保证减少轧辊和电能的消耗。

4. 保证劳动条件好

孔型设计时除考虑安全生产外，还应考虑轧制过程易于实现机械化和自动化，轧制稳定，便于调整；轧辊辅件坚固耐用，装卸容易。

应当指出的是，孔型设计时必须考虑各轧钢车间主辅设备的性能及其布置。机械地将某一轧钢车间的孔型设计搬到另一车间使用往往是要失败的。由于孔型设计目前还处于经验设计阶段，孔型设计的合理与否主要取决于孔型设计工作者的经验与水平。为了正确解决上述问题，利用计算机辅助孔型设计是十分必要的。目前，国内外已利用这种设计方法做出最优孔型设计。

第二节 孔型设计的程序

一、了解产品的技术条件

产品的技术条件包括产品的断面形状、尺寸及其允许偏差，也包括对产品表面质量、金相组织和性能的要求；对某些产品还应了解用户的使用情况及其特殊要求。

二、了解原料条件

原料条件包括已有的钢锭或钢坯的形状和尺寸，或者是按孔型设计要求重新选定原料的规格。

三、了解轧机的性能及其他设备条件

包括轧机的布置、机架数、辊径、辊身长度、轧制速度、电机能力、加热炉、移钢和翻钢设备、工作辊道和延伸辊道、延伸台、剪机或锯机的性能以及车间平面布置情况等。

四、选择合理的孔型系统

选择孔型系统是孔型设计的关键步骤之一。对于新产品，设计孔型之前应该了解类似产品的轧制情况及其存在的问题，作为考虑新产品孔型设计的依据之一。对于老产品，应了解在其他轧机上轧制该产品的情况及其存在的问题。在品种多，但产量要求不高的轧机上，应该采用共用性大的孔型系统，这样可以减少换辊次数及轧辊的储备量。但在品种比较单一，即专业化较高的轧机上，应该尽量采用专用的孔型系统，这样可以排除其他产品的干扰，使产量提高。

五、总轧制道次数的确定

孔型系统选择之后，必须首先确定轧制该产品时所采用的总轧制道次数及按道次分配变形量。

1. 当钢锭或钢坯的断面尺寸为已知时

如用矩形断面的钢锭轧成矩形断面的钢坯，如图 1-1 所示，则总压下量为：

$$\Sigma \Delta h = (1 + \beta)[(H - h) + (B - b)]$$

总轧制道次为：

$$n = \frac{\Sigma \Delta h}{\Delta h_c}$$

式中 $\beta = \frac{\Delta b}{\Delta h}$ 宽展系数， $\beta = 0.15 \sim 0.25$ ；

Δh_c ——道次平均压下量， $\Delta h_c = (0.8 \sim 1.0) \Delta h_{\max}$ 。

轧制型钢时，由于断面形状比较复杂，而且压下量是不均匀的，所以变形量通常用延伸系数来表示。当坯料和成品的横断面面积为已知时，总延伸系数为：

$$\mu_{\Sigma} = \mu_1 \mu_2 \mu_3 \cdots \mu_n$$

$$= \frac{F_0}{F_1} \times \frac{F_1}{F_2} \times \frac{F_2}{F_3} \times \cdots \times \frac{F_{n-1}}{F_n} = \frac{F_0}{F_n}$$

式中 F_1 、 F_2 、 F_3 、 $\cdots$ 、 F_n ——各道轧后的轧件横断面面积；

F_0 、 F_n ——坯料和成品的横断面面积。

如用平均延伸系数 μ_c 代替各道的延伸系数则：

$$\mu_\Sigma = \mu_c^n$$

由此可以确定出总轧制道次数

$$n = \frac{\lg \mu_\Sigma}{\lg \mu_c} = \frac{\lg F_0 - \lg F_n}{\lg \mu_c}$$

轧制道次数应取整数，具体应取奇数还是偶数则取决于轧机的布置。平均延伸系数 μ_c 是根据经验或同类轧机用类比法选取。表 1-1 为我国某些轧钢厂生产各种产品时所采用的平均延伸系数和总延伸系数的数据，供设计时参考。

在实际设计时也可以根据轧机的具体条件，首先选择最合理的轧制道次，然后求出生产该产品的平均延伸系数

$$\mu_c = \sqrt[n]{\mu_\Sigma}$$

然后将这一平均延伸系数与同类型轧机生产该产品所使用的平均延伸系数相比较，若接近或小于上述数字，则说明生产是可能的，若大于这些数字很多时，则需要增加道次。若增加道次也不能解决，则说明原料断面过大，需要首先轧成较小的断面，然后经过再加热才能轧出成品。

2. 如有几种钢坯尺寸可以任意选择时

应根据轧机的具体情况选择最合理的轧制道次，然后求出钢坯的横断面面积

$$F_0 = F_n \mu_c^n$$

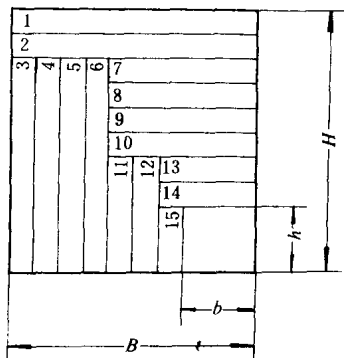


图 1-1 确定总压下量的示意图

表 1-1 几种典型轧机轧制不同产品的延伸系数

轧 机	产 品		锭 坯 边长/mm	道 次	$F_{\text{总}}$ /mm ²	$F_{\text{来}}$ /mm ²	总延伸 系数 μ_{Σ}	平均延伸 系数 $\mu_{\text{平}}$	备 注
	名 称	规格/mm							
$\phi 750 \times 1$		120	480	19/21	230000	14400	15.97	1.157	轧制道 次不一， 取决于钢 质
		120	510	21/23	260000	14400	18.05	1.141	
		140	480	17/19	230000	19600	11.74	1.134	
		140	510	19/21	260000	19600	13.26	1.155	
	方 坯	140	550	23/25	300000	19600	15.30	1.139	
		220	480	15/17	230000	48500	4.74	1.147	
		220	550	19/21	300000	48500	6.18	1.132	
$\phi 630 \times 1/\phi 500 \times 2/ \phi 400 \times 4$	方 坯	60	263	14	67000	3600	18.60	1.127	
	方 坯	68	263	14	67000	4624	14.42	1.210	
	方 坯	75	263	13	67000	5625	11.90	1.210	
	板 坯	9.8×240	263	15	67000	2450	27.30	1.247	
	板 坯	8×220	263	15	67000	1760	38.10	1.275	
$\phi 515 \times 2/\phi 450 \times 2$		6.5 号	90×120	9	10800	751	14.40	1.345	
		8 号	90×120	9	10800	1024	10.54	1.299	
	槽 钢	10 号	120×160	9	19200	1274	15.08	1.352	
		12 号	120×160	11	19200	1569	12.25	1.256	
		10 号轻	90×120	9	10800	1090	9.90	1.289	

续表 1-1

轧 机	产 品 名 称	规格/mm	锭 坯 边长/mm	道 次	$F_{\text{顺}}$ /mm ²	$F_{\text{顺}}$ /mm ²	总延伸 系数 μ_2	平均延伸 系数 μ_1	备 注
$\phi 515 \times 2 / \phi 450 \times 2$	角 钢	8×75	90×120	9	10800	1150.3	9.40	1.282	
		8×80	120×160	9	19200	1230.3	15.60	1.358	
		8×90	120×160	9	19200	1392.8	13.78	1.338	
		8×100	120×160	9	19200	1560	12.30	1.321	
		10×120	120×160	9	19200	2780	6.90	1.240	
		6×56/90	90×120	9	10800	855.7	12.63	1.326	
		8×56/90	90×120	9	10800	1113.3	9.70	1.287	
	轻 轨	8kg 18kg	90×120 125×165	9 11	10800 20625	1076 2307	10.03 8.95	1.292 1.220	
	工字钢	10号	110×140	11	15400	1430	10.76	1.241	
	球扁钢	9号	90×105	11	9450	703	13.43	1.334	
		12号	90×120	9	10800	1115	9.70	1.287	
	电梯导轨	15kg	125×165	9	20625	1923	10.73	1.302	
	轮 纲	106	110×140	9	15400	961	16.04	1.361	
		138	80×175	7	14000	1185	11.81	1.422	

续表 1-1

轧 机	产 品		锭 坯 边长/mm	道 次	$F_{\text{锭}}$ /mm ²	$F_{\text{成}}$ /mm ²	总延伸 系数 μ_{Σ}	平均延伸 系数 μ_c	备 注
	名 称	规格/mm							
$\phi 430 \times 2 / \phi 300 \times 5$	网 钢	30	120	14	14400	706.9	20.40	1.240	
		28	120	14	14400	615.8	23.40	1.252	
		24	120	16	14400	452.4	31.85	1.242	
		22	120	16	14400	380.1	37.90	1.255	
		52	140	12	19600	21240	9.23	1.203	
		48	140	14	19600	1810	10.83	1.185	
		33	140	14	19600	855	22.95	1.251	
		65	140	12	19600	3318	5.90	1.116	
		60	140	12	19600	2827	6.95	1.176	
	六角钢	24	140	14	19600	499	39.28	1.299	
	方 钢	35	140	14	19600	1225	16.00	1.219	
		40	140	14	19600	1600	12.25	1.196	
	扁 钢	25×50	140	14	19600	1250	15.70	1.217	
		30×60	140	14	19600	1800	10.90	1.186	

续表 1-1

轧 机	产 品		锭 坯 边长/mm	道 次	$F_{\text{原}}$ /mm ²	$F_{\text{成}}$ /mm ²	总延伸 系数 μ_2	平均延伸 系数 μ_c	备 注
	名 称	规格/mm							
$\phi 360 \times 2 / \phi 300 \times 4$	角 钢	3×40	60	9	3600	235.9	15.27	1.354	
		3×45	60	9	3600	265.9	13.55	1.337	
		5×50	75	11	5625	480.3	11.65	1.222	
		6×45	75	11	5625	507.6	11.00	1.244	
		5×56	90	11	8100	541.5	14.95	1.241	
		5×63	90	11	8100	614.3	13.20	1.265	
		6×50×75	90	11	8100	7260	11.15	1.246	
$\phi 550 \times 4 / \phi 450 \times 3 /$ $\phi 400 \times 2 / \phi 350 \times 4 /$ $\phi 300 \times 6$	槽 钢	8 号	90	11	8100	1024	7.90	1.206	
		12	150	19	22500	113.1	198.94	1.321	
	圆 钢	14	150	19	22500	153.9	146.20	1.300	
		16	150	19	22500	201.1	111.89	1.282	
		18	150	19	22500	254.5	88.41	1.266	
		20	150	17	22500	314.2	71.61	1.286	
		22	150	17	22500	380.1	59.20	1.271	
		25	150	17	22500	490.9	45.83	1.252	
		28	150	15	22500	615.8	36.54	1.271	
		30	150	15	22500	706.9	31.83	1.259	
		32	150	15	22500	804.2	27.98	1.219	

续表 1-1

轧 机	产 品		锭 坯 边长/mm	道 次	$F_{原}$ /mm ²	$F_{减}$ /mm ²	总延伸 系数 μ_2	平均延伸 系数 μ_c	备 注
	名 称	规格/mm							
$\phi 500 \times 1/\phi 400 \times 5/\phi 350 \times 2/\phi 320 \times 6/\phi 280 \times 8$	线 材	6.5	150	26	22500	33.2	677.71	1.285	
		8	150	24	22500	50.3	447.32	1.290	
$\phi 600 \times 4/\phi 480 \times 5/\phi 360 \times 4/\phi 275 \times 4/\phi 210 \times 10$	高 线	5.5	150	27	22500	23.8	945.38	1.289	
		6.5	150	27	22500	33.2	677.71	1.273	
		7	150	25	22500	38.5	584.41	1.290	
		8	150	25	22500	50.3	447.31	1.277	
		9	150	23	22500	63.6	353.77	1.290	
		10	150	23	22500	78.5	286.62	1.279	
		11	150	21	22500	95.0	236.84	1.297	
		13	150	21	22500	132.7	169.56	1.277	