



高等专科学校教学用书

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

型钢孔型设计

冶金工业出版社

PDG

前 言

《型钢孔型设计》一书是根据 1990 年冶金有色系统高等专科学校教材出版规划和压力加工专业型钢孔型设计课程教学大纲编写的。全书包括孔型设计基本知识、延伸孔型设计、三辊开坯孔型设计、简单断面型钢孔型设计、复杂断面型钢孔型设计一般问题、复杂断面型钢（工字钢、槽钢、钢轨、轮辋钢和窗钢）孔型设计、连轧机孔型设计等七章，内容力求结合国内型钢生产实际。介绍的孔型设计方法力求简明、实用。本书除作为高等专科学校压力加工专业教学用书外，也可供从事型钢生产的工程技术人员参考。

本书由上海冶金高等专科学校许云祥任主编，编写第 2、3、4、7 章，重庆钢铁高等专科学校喻庭信编写第 1、5、6 章。

本书初稿完成后，召开了审稿会议，上海冶金高等专科学校翁正中、天津大学分校张亚松等对本书提出了许多宝贵意见，编者在此深表谢意。另外本书在编写过程中，参考了国内外公开发表的一些有关孔型设计方面的文献，在此也向各位作者表示感谢。

由于编者业务水平有限和时间仓促，书中的缺点和错误在所难免，请读者给予批评指正。

编 者

一九九二年五月

目 录

1 孔型设计的基本知识	1
1.1 孔型设计的内容和要求	1
1.2 孔型设计的基本原则与设计程序	2
1.3 孔型及其分类	8
1.4 孔型的组成及各部的功用	9
1.5 孔型在轧辊上的配置	13
2 延伸孔型设计	25
2.1 箱形孔型系统	26
2.2 菱-方孔型系统	31
2.3 椭圆-方孔型系统	36
2.4 六角-方孔型系统	42
2.5 椭圆-圆孔型系统	44
2.6 延伸孔型系统设计方法	48
2.7 延伸孔型设计实例	57
3 三辊开坯孔型设计	64
3.1 钢锭、钢坯的选择	64
3.2 压下规程制订	67
3.3 三辊开坯机孔型配置与共轭孔型设计	72
3.4 翻钢滑板与长夹板	76
4 简单断面型钢孔型设计	80
4.1 圆钢孔型设计	80
4.2 螺纹钢孔型设计	93
4.3 方钢孔型设计	97
4.4 扁钢孔型设计	103
4.5 角钢孔型设计	113
5 复杂断面孔型设计的一般问题	135
5.1 复杂断面型钢断面特征	135
5.2 复杂断面型钢轧制时的变形特点	136
5.3 复杂断面型钢孔型设计一般原则	146
5.4 万能轧机在轧制复杂断面型钢中的应用	150
6 复杂断面孔型设计	157
6.1 工字钢孔型设计	157
6.2 槽钢孔型设计	173
6.3 钢轨孔型设计	189

6.4 汽车车轮轮辋钢孔型设计	204
6.5 窗钢孔型设计	214
7 连轧机孔型设计	230
7.1 连轧的基本概念	230
7.2 连轧机孔型设计	236
7.3 连轧机孔型设计实例	244
参考文献	248

1 孔型设计的基本知识

1.1 孔型设计的内容和要求

将钢锭或钢坯在两个或两个以上带槽轧辊间经过若干道次的轧制变形,以获得所需要的断面形状、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。

1.1.1 孔型设计的内容

孔型设计是型钢生产的工具设计,完整的孔型设计包括三方面:

(1) 断面孔型设计 根据原料和成品的断面形状、尺寸和产品的性能要求,选择孔型系统,确定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) 轧辊孔型设计 根据断面孔型设计确定孔型在每个机架上的分配及其在轧辊上的配置,要求轧件能正常轧制且操作方便,并且其轧制节奏时间短,轧机的生产能力高,成品的质量好。

1.1.2 孔型设计的要求

孔型设计合理与否直接影响到产品的质量、轧机的生产能力、产品的成本、劳动条件和劳动强度等。因此,合理的孔型设计应满足以下几点要求:

(1) 获得优质的产品 即保证成品的断面几何形状正确,断面尺寸达到所要求的精度范围内,表面光洁,无耳子、折迭、裂纹、麻点和擦伤等表面缺陷,金属内部的残余应力小,金相组织及机械性能达到标准要求。

(2) 轧机生产率高 孔型设计是通过轧制节奏时间和轧机作业率影响着轧机生产能力。

影响轧制节奏时间的主要因素是轧制道次,一般情况是轧制道次越小越好。但在交叉过钢轧制条件下往往不但不减少道次数,反而适当增加道次数对提高轧机能力有利。

影响作业率的主要因素是孔型系统、负荷分配、孔型和导卫装置的共用性等。孔型系统选择不当,会增加操作的困难,造成轧制时间的损失;若孔型的负荷分配不合理,则会影响各轧机能力的发挥或因个别道次轧制困难而影响轧机的生产能力,或因个别孔型磨损过快迫使换槽或换辊的次数增加;当备用孔型及其数目确定不当,或孔型的共用性差时,也会迫使换辊次数增加。这些都会影响到轧机的作业率的提高。

合理的孔型设计应能充分发挥轧机设备能力(电动机能力和设备强度),以及满足工艺上的允许条件(咬入能力和金属的塑性)等,以求达到轧机的最高生产能力。

(3) 产品成本低 为达到降低成本的目的,必须降低金属、轧辊及其他的各种消耗。由于成本的80%以上取决于金属消耗,因此降低金属消耗是降低产品成本的主要途径之一。

节约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。按负偏差轧制是使成品尺寸控制在允许的负偏差范围内,这样可节约大量金属。但根据用户要求或后部工序的需要有时也采用正偏差轧制。废品率的高低与孔型设计的关系很大,若孔型设计不当,就会造成孔型充满不良,成品断面形状不正、尺寸不合格或出耳子、折迭等缺陷,也会引

起操作困难而使中途轧废增加,严重的甚至轧不出合格的成品,使轧辊和导卫装置等报废。

轧辊消耗与孔型设计有着密切关系,孔型设计不佳,造成孔型的局部磨损严重或个别孔型磨损严重,轧辊重车时车削量就大,轧辊寿命降低、轧辊消耗增加。

轧制电能消耗与孔型设计也有着密切关系;若孔型设计时使变形均匀或处理不均匀变形得当,变形量分配合理,孔型配置正确,以及孔型形状和系统选择合理等,电能消耗就会减小。

(4) 劳动条件好、降低劳动强度 孔型设计应保证生产安全,改善劳动条件,减轻笨重的体力劳动。孔型设计时,应考虑轧制过程易于实现机械化和自动化,轧制稳定,调整方便;轧辊导卫装置坚固耐用,装卸容易。

(5) 适应车间的设备条件 孔型设计时必须考虑车间各主、辅设备的性能及其布置。

应该指出,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和水平。因此为了正确解决上述要求,孔型设计工作者必须深入车间生产实际,与工人相结合,不断总结提高。

1.2 孔型设计的基本原则与设计程序

1.2.1 孔型设计的基本原则

(1) 选择合理的孔型系统 选择孔型系统是孔型设计的重要环节,孔型系统选择得合理与否直接对轧机的生产率、产品质量、各项消耗指标以及生产操作等有决定性的影响。在设计新产品的孔型时,应根据形状变化规律,拟定出各种可能使用的孔型系统,经过充分地分析对比,然后从中选择合理的孔型系统。

(2) 充分利用钢的高温塑性,把变形量和不均匀变形集中在前几道次,然后顺轧制程序逐道减小变形量。

(3) 尽可能采用形状简单的孔型;专用孔型的数量要适当。

(4) 轧制道次数、翻钢程序和次数要合理。防止认面操作。

(5) 轧件在孔型中的状态应稳定或力求稳定。

(6) 在生产品种多的型钢轧机上,多选用共用性好的孔型。

(7) 要便于轧机调整和考虑到工人的操作习惯。

1.2.2 孔型设计的程序

(1) 查标准,了解产品的技术条件 其中包括产品的断面形状、尺寸及其允许偏差;产品表面质量、金相组织和性能要求。对于某些产品还应了解用户的使用情况及其特殊要求。

(2) 了解供料条件 掌握已有的钢锭或钢坯的断面形状和尺寸,或者按产品要求重新选定坯料尺寸供料的可能性。

(3) 了解轧机性能及其他设备条件 包括轧机的布置、机架数目、轧辊直径与辊身长度、轧制速度、电机能力、以及加热炉、移钢机和翻钢设备、工作辊道与延伸辊道、剪机或锯的性能等。

(4) 选择孔型系统 对于新产品应了解类似产品的轧制情况及其存在问题,作为新产品孔型设计的依据之一;对于老产品应了解该产品在其他轧机上轧制情况及存在问题。同时还应考虑与其他产品共用孔型的可能性,拟定出可能采用的孔型系统,进行分析对比确

定出较为合理的孔型系统方案。

(5) 坯料尺寸选择 坯料尺寸对轧机生产率、产品质量以及生产工艺与操作均有很大影响。因此, 选择坯料尺寸必须综合考虑各种因素来确定:

1) 从坯料到成品应具有一定的压缩比, 并能使终轧温度控制在工艺规程要求的范围内, 以保证成品的组织和性能要求。这对于用钢锭直接轧制成材、小型轧机或合金钢轧制尤为重要。

2) 必须考虑轧机型式与能力, 一般对于一定的轧机来讲, 应确定该轧机能力的合理的道次 n 和平均延伸系数 $\bar{\mu}$ 以及坯料的尺寸范围 (表 1-1)。对于普通三辊式或二辊式型钢车间粗轧机或开坯机, 若坯料断面尺寸选用过大, 将因轧辊的切槽深度太深而影响到轧辊强度和咬入能力, 引起轧制道次增加。因此, 坯料断面的高度 H_0 与粗轧机轧辊名义直径 D_0 必须保持一定的比值 $K = H_0/D_0$ 。根据实际生产的轧机统计, 各类轧机使用的 K 值见表 1-2。

表 1-1 几种典型轧机轧制不同产品的延伸系

轧 机	产 品		锭 坯 (边长) mm	道 次 n	F_0 mm ²	F_n mm ²	总延伸 系数 μ_{Σ}	平均延伸 系数 $\bar{\mu}$	备注
	名 称	规格, mm							
$\phi 630 \times 1 /$ $\phi 500 \times 2 /$ $\phi 400 \times 2$	方坯	60	263 ²	14	57000	3600	18.6	1.232	
		68		14		4024	14.42	1.21	
		75		13		5025	11.9	1.21	
	板坯	9.8 × 240		15		2450	27.3	1.247	
		8 × 220		15		1760	38.1	1.275	
$\phi 515 \times 2 /$ $\phi 450 \times 2$	槽钢	6.5 [#]	90 × 120	9	10800	751	14.4	1.315	
		8 [#]	90 × 120	9	10800	1024	10.54	1.299	
		10 [#]	120 × 160	9	19200	1274	15.08	1.352	
		12 [#]	120 × 160	11	19200	1559	12.25	1.255	
		10 [#] 轻	90 × 120	9	10800	1090	9.9	1.265	
	角钢	8 × 75	90 × 120	9	10800	1150.3	9.4	1.282	
		8 × 80	120 × 160		19200	1230.3	15.6	1.357	
		8 × 90	120 × 160		19200	1392.8	13.78	1.338	
		8 × 100	120 × 160		19200	1560	12.3	1.322	
		10 × 120	120 × 160		19200	2780	6.9	1.239	
		6 × 56/90	90 × 120		10800	855.7	12.63	1.325	
		8 × 56/90	90 × 120		10800	1113.3	8.95	1.287	
	轻轨	8kg	90 × 120	9	10800	1076	10.03	1.292	
		18kg	125 × 165	11	20625	2307	8.95	1.22	
	球扁钢	9 [#]	90 × 105	9	9450	703	13.75	1.334	
		12 [#]	90 × 120	9	10800	1115	9.7	1.287	
	电梯导轨	15kg	125 × 165	9	20625	1923	10.73	1.302	
	轮钢	106	110 × 140	9	15400	961	16.01	1.379	
		138	80 × 175	7	14000	1485	11.81	1.422	
	工字钢	10 [#]	110 × 140	11	15400	1430	10.76	1.241	
$\phi 580 \times 4$	圆钢	$\phi 55$	110 ²	7	12100	2345	5.16	1.264	
		$\phi 60$	120 ²	7	14400	2827	5.094	1.262	
		$\phi 90$	150 ²	7	22500	6362	3.54	1.194	
	工字钢	10 [#]	100 × 165	11	16500	1430	11.65	1.25	

续表 1-1

轧 机	产 品		锭 坯 (边长) mm	道 次 n	F_0 mm ²	F_n mm ²	总延伸 系数 μ_z	平均延伸 系数 $\bar{\mu}$	备注		
	名 称	规格, mm									
$\phi 430 \times 2 /$ $\phi 300 \times 5$	圆钢	$\phi 22$	120 ²	16	14400	380.1	37.9	1.255			
		$\phi 33$	140 ²	14	19600	855	22.95	1.251			
		$\phi 48$	140 ²	14	19600	1810	10.33	1.183			
		$\phi 52$	140 ²	12	19600	2124	9.23	1.203			
		$\phi 60$	140 ²	12	19600	2827	6.95	1.176			
		$\phi 65$	140	12	19600	3318	5.9	1.116			
	六角钢	24	140	14	19600	499	39.28	1.3			
	方钢	35 ²	140	14	19600	1225	16	1.219			
		40 ²	140	14	19600	1600	12.25	1.196			
	扁钢	25×50	140	14	19600	1250	15.7	1.217			
30×60		140 ²	14	19600	1800	10.9	1.196				
$\phi 320 \times 2 /$ $\phi 250 \times 3 /$ $\phi 320 \times 1$	圆钢	$\phi 12$	25×60	9	1500	113.1	13.27	1.335			
		$\phi 13$	25×60		1500	132.7	11.3	1.309			
		$\phi 14$	28×60		1680	153.9	10.9	1.303			
		$\phi 15$	28×60		1680	176.1	9.52	1.284			
		$\phi 16$	60 ²		3600	201.1	17.9	1.378			
		$\phi 17$	60 ²		3600	227	15.85	1.359			
		$\phi 18$	60 ²		3600	254.5	14.15	1.343			
		$\phi 19$	60 ²		3600	283.5	12.7	1.326			
		$\phi 20$	60 ²		3600	314.2	11.45	1.310			
		$\phi 360 \times 2 /$ $\phi 300 \times 4$	角钢		3×40	60 ²	9	3600		235.9	15.27
3×45	60 ²			9	3600	265.9	13.55	1.337			
5×50	75 ²			11	5625	480.3	11.65	1.25			
6×45	75 ²			11	5625	507.6	11.08	1.244			
5×56	90 ²			11	8100	541.5	14.95	1.279			
5×63	90 ²			11	8100	614.3	13.2	1.264			
6×50×75	90 ²			11	8100	726.0	11.15	1.245			
槽钢	8 [#]			90 ²	11	8100	1024	7.9	1.207		
$\phi 400 \times 4 /$ $\phi 350 \times 2 /$ $\phi 300 \times 6 /$ $\phi 275 \times 8$	线材		$\phi 5.5$	68 ²	20	1624	23.75	195.5	1.302		
			$\phi 6$	75 ²		5625	28.27	191.0	1.300		
		$\phi 6.5$	75 ²	5625		33.18	162.5	1.290			
		$\phi 7$	75 ²	5625		38.48	140	1.279			
$\phi 300 \times 5 /$ $\phi 250 \times 10$	线材	$\phi 6.5$	60 ²	17		33.18	108.5	1.315			
		$\phi 8$		15	3600	50.27	71.5	1.327			
		$\phi 9$		15		63.62	56.6	1.309			
$\phi 210 \times 2 /$ $\phi 210 \times 5$	扁钢	6×50	25×60	10	1500	300	5	1.174			
		6×40	25×60	10	1500	240	6.25	1.2			
		3×50	22×50	10	1100	150	7.34	1.221			
		3×40	22×50	10	1100	120	9.17	1.248			
		3×35	18×50	10	900	10.5	8.57	1.24			
		3×30	18×45	10	810	90	9	1.246			
		3×25	18×45	10	810	75	10.8	1.26			
		3×20	18×40	10	720	60	12	1.281			
		3×16	17×38	10	646	48	13.45	1.297			
		3×10	17×38	12	646	30	21.53	1.36			
		4×10	17×38	12	646	40	16.15	1.321			

表 1-2 各类轧机使用的 K 值范围

轧 机 名 称	K 值	备 注
三辊开坯机	0.3~0.5	生产大断面钢坯用大值
大型轧机	0.25~0.48	兼作生产钢坯用的取大值
中型轧机	0.15~0.27	生产大断面产品时用大值
小型轧机	0.1~0.30	生产大断面产品时用大值
线材轧机	0.17~0.20	
初轧机	0.64~0.8	因初轧机轧辊切槽深度浅, 故 K 值大

3) 应考虑金属成型的需要, 例如轧制工、槽钢时, 进入第一个变形孔 (切入孔) 的钢坯高度应等于成品腿高 1.8~2.5 倍, 以保证工、槽钢腿部受到良好的加工和腿长; 其宽度应等于成品的宽度减去各孔的宽展量, 但各孔宽展不宜取得过大, 以免将腿拉短。又例轧制角钢的钢坯轮廓尺寸应能将角钢断面包容进去 (图 1-1); 轧制重轨时, 最好采用高而扁的钢坯, 使轨底部分在各帽形孔内得到良好的加工, 这样有利于改善轨底的质量; 在轧制扁钢时, 钢坯的边长与扁钢的宽度应保持一定的比例。

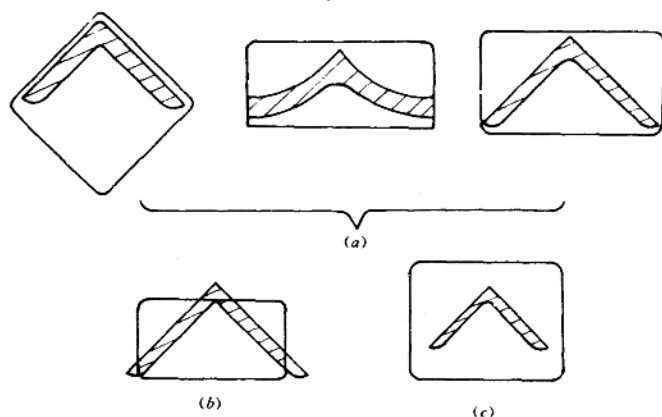


图 1-1 角钢钢坯尺寸的确定

(a) 合适的钢坯; (b) 钢坯尺寸太小; (c) 钢坯尺寸太大

4) 选用坯料断面尺寸和长度应考虑加热炉、冷床等辅助设备允许长度 (坯料或成品)、以及各设备之间的距离, 以免生产时相互干扰。对于线材轧机为了增大盘重, 应在允许的范围内尽量增大坯重。

5) 对于多品种型钢车间, 要考虑尽量减少钢坯的规格, 以减轻开坯车间的工作, 简化开坯轧机的孔型及操作。

(6) 轧制道次确定 在孔型设计中表示变形量的方法有绝对压下量、延伸系数和压下系数三种, 用于不同的轧制产品。因此, 轧制道次确定方法有以下三种。

1) 用绝对压下量确定轧制道次 (用于初轧机与开坯轧机), 即

$$n = \frac{\sum \Delta h}{\Delta \bar{h}} \quad (1-1)$$

式中 $\sum \Delta h$ ——总压下量, mm。根据图 1-2 可得

$$\sum \Delta h = (1.15 \sim 1.20)[(H_0 - h) + (B_0 - b)]$$

B_0 、 H_0 ——坯料的宽度和高度, mm;

b 、 h ——成品的宽度和高度, mm;

$\Delta \bar{h}$ ——平均压下量, mm。由轧机能力所决定, 可参照各类轧机上的经验数值选取。

2) 用延伸系数确定轧制道次 (大部分型钢轧机设计中采用), 即

$$n = \frac{\lg \mu_x}{\lg \bar{\mu}} = \frac{\lg F_0 - \lg F_s}{\lg \bar{\mu}} \quad (1-2)$$

式中 μ_x ——总延伸系数, 见值为 $\mu_x = F_0/F_s$;

F_0 、 F_s ——坯料与成品断面积, mm^2 ;

$\bar{\mu}$ ——平均延伸系数, 与轧机能力和轧制产品有关, 参见表 1-1。

3) 用压下系数确定轧制道次 (用于扁钢孔型设计), 即

$$\eta = \frac{\lg \eta_x}{\lg \bar{\eta}} \quad (1-3)$$

式中 η_x ——总压下系数, 其值为 $\eta_x = H_0/h$;

$\bar{\eta}$ ——平均压下系数。

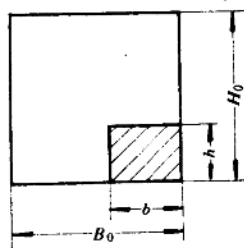


图 1-2 按压下量确定轧制道次图示

(7) 各道次变形量分配 道次变形量分配在以上确定的平均变形量基础上进行, 但合理分配各道次变形量应注意以下问题:

1) 咬入条件。一般情况下咬入条件是限制道次变形量的主要因素, 尤其是前几道次, 因为此时轧件断面大、温度高, 轧件表面常附着氧化铁皮等。故轧辊切槽较深, 摩擦系数较小, 前几道的变形量常受咬入条件的限制。

2) 电机能力与轧辊强度在某些情况下也是限制道次变形量的因素, 例如当轧槽深时须考虑轧辊强度, 前几道次坯料断面积较大, 虽然延伸系数不大, 但轧件断面减缩量 ΔF 较大, 轧制负荷较大须考虑到电机能力, 尤其在横列式轧机上同时过钢根数受限制时要使各道次的负荷均匀。另外, 要考虑到轧制过程中轧制条件 (如温度、张力、速度等) 的变化, 引起轧件机械性能的变化, 影响到轧机的负荷, 所以应在准确估计轧制条件变化的基础上, 要留有余地的分配道次变形量。

3) 孔型的磨损将影响到轧件的表面质量和换辊次数以及前后孔型的衔接, 因此为了保证成品表面质量, 一般成品孔型和成品前孔型的变形量要小些, 以减小孔型的磨损程度和磨损速度。在多列机架横列式型钢轧机上, 由于各机架的换辊周期不一样, 因此有时前面 1~2 架的第一孔型和最后一个孔型的延伸系数也应取得略小些, 以使换辊后轧制情况正常。

4) 金属的塑性。经研究表明, 金属的塑性一般不成为限制道次变形量的因素。但对于某些合金钢锭, 在未加工前其塑性较差, 因此要求前几道次的变形量要小些。

5) 应根据成型要求、轧件的宽展和孔型的型式与作用, 合理分配各道次的变形量, 具体将在以后各章、节的介绍。

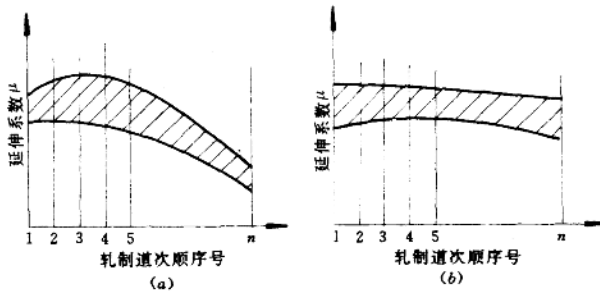


图 1-3 变形系数按道次分配的典型曲线
(a) 在横列式轧机上; (b) 在连轧机上

上述各种因素对变形量分配的影响很复杂, 目前很难用严格的数学方法来解决。在大多数情况下, 采用按经验曲线 (图 1-3) 来分配。在横列式型钢轧机上按图 1-3a 曲线分配变形系数, 轧制开始道次考虑到轧件断面大和咬入条件等限制因素, 取相对较小的变形系数; 随着表面氧化铁皮脱落, 咬入条件的改善, 而轧件温度较高, 故变形系数逐渐增加到最大值; 此后, 轧件断面减小, 温度降低, 变形抗力增加, 轧辊强度和电机能力成为限制变形量的主要因素, 因此变形系数降低; 在最后几道中, 为了减小孔型磨损, 保证成品尺寸精度和表面质量, 采用较小的变形量。在连轧机上, 由于轧制速度较快, 轧件温度变化较小, 所以各道的变形系数可以取得相等或相近 (图 1-3b)。

为了能得到各道次的变形系数, 可采用以下方法设定各道的延伸系数: 在方格纸上绘制以延伸系数 μ (或 $\lg \mu$) 为纵坐标, 轧制道次为横坐标 (图 1-4)。在纵坐标轴上平均延伸系数 $\bar{\mu}$ (或 $\lg \bar{\mu}$) 处作一横线, 然后以此横线为基准按变形系数分配规律画出曲线, 使横线上下两部分 (阴影部分) 的面积大致相等, 即可在此曲线上得到对应于各轧制道次的 μ (或 $\lg \mu$) 值。最后修正并校核各道的延伸系数, 使其满足以下关系:

$$\mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \mu_3 \cdot \dots \cdot \mu_{n-1} \cdot \mu_n = \mu_z$$

或
$$\lg \mu_1 + \lg \mu_2 + \lg \mu_3 + \dots + \lg \mu_{n-1} + \lg \mu_n = \lg \mu_z \quad (1-4)$$

(8) 根据各道次的延伸系数确定各道次轧件的断面积, 然后根据轧件的断面积和变形关系确定轧件断面形状和尺寸, 并构成孔型绘制出孔型图。

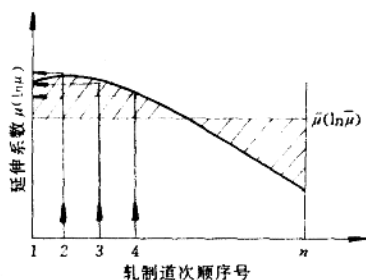


图 1-4 延伸系数分配方法图示

(9) 将设计出的孔型按一定的规则配置在轧辊上, 并绘制出配辊图。

(10) 进行必要的校核, 其中包括咬入条件、电机能力、轧辊强度、孔型充满程度以及轧件在孔型中位置的稳定性等。

(11) 根据孔型图和配辊图设计导卫、围盘、轧辊车削和检验样板等辅件。

1.3 孔型及其分类

1.3.1 轧槽 在一个轧辊上用来轧制轧件的工作部分, 即轧制时轧辊与轧件接触部分的轧辊辊面叫轧槽。

1.3.2 轧制面 通过两个或两个以上轧辊的轧辊轴线的垂直平面, 即轧辊出口处的垂直平面称为轧制面。

1.3.3 孔型 由两个或两个以上轧辊的轧槽, 在轧制面上所形成的几何图形称为孔型。孔型尺寸即为孔型设计所确定的尺寸, 是指在轧制时的尺寸。

1.3.4 孔型的分类

(1) 按孔型的形状分类 即按孔型的直观形状可分为圆、方、箱、菱、椭圆、立椭圆、六角、工字、槽、轨形和蝶形等孔型。

(2) 按孔型的用途分类 (图 1-5)

1) 延伸孔型, 又称开坯孔型、粗轧或压缩孔型。这种孔型的任务是把钢锭或钢坯断面减小, 使其延伸。

2) 预轧孔型, 亦称毛轧、荒轧、造型或成型孔型。其任务在继续减小轧件断面的同时, 并使轧件断面形状逐渐成为与成品相似的雏形。此种孔型在轧制复杂断面型钢时, 是必不可少的, 但在轧制简单断面型钢时则较少甚至没有。

3) 成品前孔型, 又称精轧前孔型或 K_2 孔型。位于成品孔型的前一个孔型, 为成品孔型中轧出合格成品做好准备。

4) 成品孔型 (或精轧孔型、 K_1 孔型)。是指最后一个轧出成品的孔型。其作用是对轧件进行精加工, 使轧件断面具有成品所要求的形状和尺寸。

随着成品形状不同, 上述四种孔型的形状可以是多种多样的, 但一般产品的孔型系统均有以上四种 (或三种) 孔型组, 有的将后三种孔型组成的孔型系统称为某种产品的成品

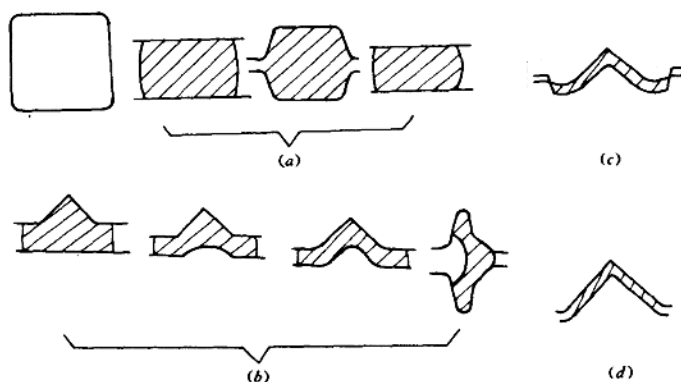


图 1-5 孔型按用途分类

(a) 延伸孔型；(b) 预轧（或毛轧）孔型；(c) 成品前孔型；(d) 成品孔型

（或精轧）孔型系统，如图 1-5 可称为角钢成品孔型系统。

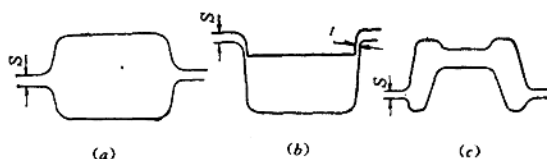


图 1-6 孔型按开口位置分类

(a) 开口孔型；(b) 闭口孔型；(c) 半闭（开）孔型

(3) 孔型按开口位置分类

1) 开口孔型（图 1-6a），其轧辊的辊缝 S 直接与孔型的几何图形接通。

2) 闭口孔型（图 1-6b），其轧辊的辊缝 S 由锁口 t 与孔型的几何图形隔开。

3) 半闭（开）口孔型（图 1-6c），此孔型虽然与开口孔型相似，但此种孔型常用于轧制凸缘型钢时控制腿高，而存在一部分闭口腿，但辊缝又与孔型相通，故称它为半闭（开）孔型，又称控制孔型。

1.4 孔型的组成及各部的功用

实际生产中虽然使用的孔型形状多种多样，但任何一种孔型其构成均可归纳为一些共同的组成部分，例如，辊缝、侧壁斜度和圆角等（1-7）。各组成部分的功用和确定原则分述如下。

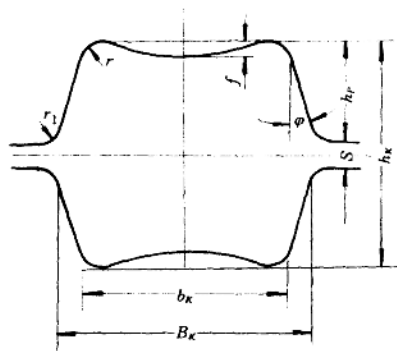


图 1-7 孔型的构成

B_k —槽口宽度； b_k —槽底宽度； φ —侧壁角； S —辊缝； f —槽底凸度；
 r —槽底圆角； r_1 —槽口圆角； h_r —轧槽深度

1.4.1 辊缝 S

(1) 辊缝 S 是指轧制时两个轧辊的辊环间的间距称为孔型的辊缝。

(2) 弹跳 在轧制过程中，工作机座里的轧辊、机架、轴承、压下螺丝与螺母等受力零件，在轧制力的作用下均会产生弹性变形，而使实际（有载）辊缝增加，通常把这些受力零件的弹性变形总和称之为轧辊的弹跳，简称辊跳。

(3) 辊缝的作用

1) 补偿轧辊的弹跳值，以保证轧后轧件高度。因此辊缝值 S 应大于轧辊的弹跳值。

2) 补偿轧槽磨损，增加轧辊使用寿命。当孔型磨损后孔型高度增加，可通过调整辊缝（压下）来恢复孔型高度。

3) 提高孔型的共用性，即通过调整辊缝得到不同断面尺寸的孔型。

4) 方便轧机调整。当轧件温度的变化和孔型设计不当时，可通过调整辊缝来调节各个孔型的充满情况。

5) 减小轧辊切槽深度，增加轧辊强度和重车次数，提高轧辊的使用寿命。

(4) 辊缝取值 在不影响轧件断面形状和轧制稳定性条件下，辊缝值 S 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，否则会影响到轧件断面形状和尺寸的正确性。一般根据经验数据确定，其数值见表 1-3，或按经验关系式确定：成品孔型 $S = (0.05 \sim 0.01) D_0$ ；毛轧孔型 $S = 0.02 D_0$ ；开坯孔型 $S = 0.03 D_0$ ，式中 D_0 表示轧机的名义直径，mm。

表 1-3 各种型钢轧机的辊缝值 S

轧机名称	初轧机二辊开坯机	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 , mm	6~20	6~15	8~15	6~10	4~6	6~10	3~5	1~3

1.4.2 侧壁斜度 ($\tan\varphi$ 或 φ)

1.4.2.1 孔型侧壁斜度表示方法 孔型的侧壁几乎在任何情况下都不垂直于轧辊轴线,而与轧辊轴线的垂直线成 φ 角(称为侧壁角)。通常将侧壁相对轧辊轴线的垂直线的倾斜度称为孔型侧壁斜度(图1-7),其值用下式表示:

$$\tan\varphi = \frac{B_k - b_k}{2h_p}$$

或
$$y = \frac{B_k - b_k}{2h_p} \times 100\% \quad (1-5)$$

式中符号见图1-7所示。

1.4.2.2 侧壁斜度的作用

(1) 侧壁斜度能使孔型的入、出口部分形成喇叭口,轧件进入孔型时能自动对中,方便操作;轧件出孔型时脱槽方便,防止产生缠辊事故。

(2) 改善咬入条件,这是因为孔型侧壁对轧件具有夹持作用,使咬入条件改为

$$\tan\alpha \leq f \sin\varphi \quad (1-6)$$

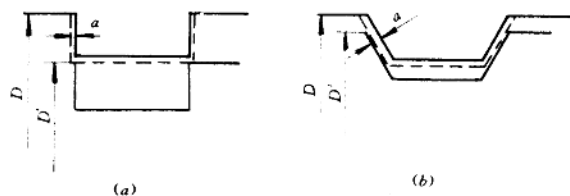


图1-8 侧壁斜度与轧辊重车量的关系

(a) 无侧壁斜度时; (b) 有侧壁斜度时

(3) 减少轧辊的重车量,提高轧辊的使用寿命。在轧制过程中,孔型不断磨损,其形状、尺寸发生变化,工作表面呈现凹凸不平的磨痕等缺陷,继续使用将影响产品的质量。此时需要重车以恢复孔型原来的形状和尺寸。当无侧壁斜度时(图1-8a)需要重车去全部原来孔型才能恢复;而有侧壁斜度时(图1-8b),设轧槽的磨损量为 a ,则一次重车轧辊的直径减小(即重车量)为

$$D - D' = 2a/\sin\varphi \quad (1-7)$$

由上式可见,侧壁斜度越大,重车量越小,由新辊至旧辊间的重车次数也越多,轧辊的使用寿命增大,消耗下降。

(4) 孔型侧壁斜度能增加孔型内的宽展余地,这意味着孔型允许轧制变形量有较大的变化范围,而出耳子的危险性减少。因此,可通过控制轧件在孔型中的充满程度来得到不同尺寸的轧件,提高孔型的共用性。这一点对于初轧机、采用箱形孔型的开坯机以及型钢轧机的粗轧孔型很重要。

(5) 对于轧制复杂断面型钢,侧壁斜度大小往往与允许变形量(侧压量)有关:侧壁斜度愈大,允许变形量愈大。采用大侧壁斜度有时可以减少轧制道次,并有利于轧机的调

整，这对节约轧辊，减少电能消耗也有利。

但侧壁斜度增加将影响到孔型中轧出轧件形状的正确性；以及减少对轧件的夹持作用，影响到轧件在孔型中的稳定性。因此在确定侧壁斜度时应根据孔型在整个成型过程中的作用而定。具体数值将在以后章、节中介绍。

1.4.3 圆角

孔型的角部一般都设计成带圆弧形的圆角（图 1-7）。根据圆角在孔型上的位置可分为槽底圆角 r （内圆角）和槽口圆角 r_1 （外圆角）两种。其作用分别为：

1.4.3.1 槽底圆角的作用

（1）防止轧件角部急剧地冷却，而引起轧件角部开裂和孔型的急剧磨损。

（2）改善轧辊强度，防止因尖角部分的应力集中而削弱轧辊强度。

（3）通过改变槽底圆角半径 r ，可以改变孔型的实际面积，从而改变轧件在孔型中的变形量，以及轧件在下孔型中的宽展余地、调整孔型的充满程度。有时还对轧件的局部起到一定的加工作用。

在初设计孔型时，一般槽底圆角半径应取大一些，因为大半径在加工中可以改小，而由小改大则困难。成品孔型的槽底圆角半径取决于成品断面的标准要求。

1.4.3.2 槽口圆角的作用

（1）当轧件在孔型中略有过充满（即出耳子）时，槽口圆角可避免在耳子处形成尖锐的折线（图 1-9a），而仅形成纯而厚的耳子（图 1-9b），这样可防止轧件在继续轧制时形成折迭缺陷。

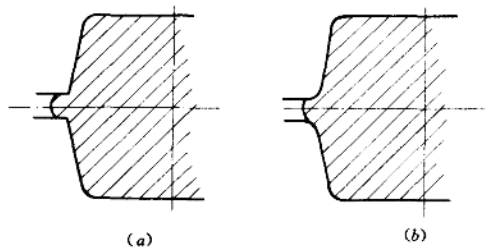


图 1-9 槽口圆角对耳子形状的影响

(a) 无外圆角；(b) 有外圆角

（2）当轧件进入孔型不正时，槽口圆角能防止辊环刮切轧件侧面，而产生刮丝现象。这不仅会使轧件表面产生表面缺陷，而且还将损伤导卫装置造成事故。

（3）对于复杂断面孔型，增大槽口圆角半径能提高辊环强度，防止产生辊环爆裂。

在轧制某些简单断面型钢时，其成品孔型的槽口圆角半径作用（1）已失去意义，故可取小，甚至为零。此时主要保证成品断面达到标准要求。

1.4.4 锁口 t

在闭口孔型中用来隔开孔型与辊缝的两轧辊间的缝隙 t （图 1-10），称为孔型的锁口。其作用是为了控制轧件断面的形状，便于闭口孔型的调整。因此要求相邻孔型的锁口位置应上下交替设置。

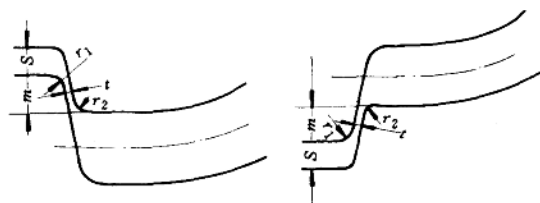


图 1-10 孔型的锁口

当轧制几种厚度或高度轧件共用同一孔型时,为防止轧制厚或高的轧件时,孔型直接与辊缝相接,锁口高度 m 的设计应满足以下关系

$$m = r_1 + (2 \sim 8) \text{mm} \quad (1-8)$$

式中 r_1 ——辊环之圆角半径, mm;

(2~8)——锁口直线段高度,其中包括轧制厚或高规格时的调整量, mm。

锁口 t 的确定在后面有关章节中介绍。

1.4.5 槽底凸度 f

某些孔型如图 1-7 所示的箱形孔型将槽底做成具有一定高度、形状的凸起,这称之为槽底凸度,其作用是:

- (1) 使轧件断面边稍凹,在辊道上运行比较稳定,进入下一道孔型时咬入条件也较好。另外可提高轧槽的使用寿命。
- (2) 给翻钢后的孔型增加宽展余地,减少出耳子的危险性。
- (3) 保证轧件侧面平直。

1.5 孔型在轧辊上的配置

1.5.1 轧机尺寸与轧辊直径

1.5.1.1 轧机的名义直径 D_0 型钢轧机往往需要几个机架,而且有时各机架排成几列,各机列和各机架中所用的轧辊直径又各不相同;在使用过程中,即使是在同一架上的轧辊也因重车而每次使用的轧辊直径也各不相同。因此型钢轧机的大小,不能按实际使用的轧辊直径来表示,而采用传动轧辊的齿轮座内齿轮的中心距或节圆直径 D_0 来表示型钢轧机规格的大小(图 1-11)。通常把 D_0 称为轧机的名义直径。

1.5.1.2 轧辊直径 轧辊直径通常指轧辊辊环处的直径 D_h 。为了提高轧辊的使用寿命,常使新辊直径 $D_{\max}$ 大于 D_0 ,而最终使用报废前的轧辊直径 $D_{\min}$ 小于 D_0 。因孔型配置到轧辊上的需要,假想把辊缝值也包括在轧辊直径内,这时的轧辊直径 D 称为轧辊的原始直径。显然轧辊使用时对应于轧辊的 $D_{\max}$ 和 $D_{\min}$,原始直径也有最大值 D 和最小值 D' (图 1-11)。原始直径与轧辊直径间的关系为 $D = D_{\max} + S$; $D' = D_{\min} + S$ 。孔型配置时是以新轧辊直径 $D_{\max}$ 对应的轧辊原始直径 D 为依据。

h