

中小型钢材轧制经验

上海钢铁公司 编



冶金工业出版社

中小型鋼材軋制經驗

上海鋼鐵公司 編

冶金工业出版社

中小型鋼材軋制經驗

上海鋼鐵公司 編

編輯：叶建林 設計：周广、朱駿英 校對：婁哲

1959年3月第一版 1959年4月北京第一次印刷 21,000冊

850×1168·1/32·180,000字·印張7 $\frac{12}{32}$ ·插頁14·定價0.90元

北京五三三工廠印刷

新華書店發行

統一書號：15062·0899

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號



2966/3500

出版者的話

本书是上海鋼鐵公司所属几个厂几年来在各种中小型鋼材生产上的經驗总结。我們知道上海鋼鐵公司各厂从一九五五年以来在利用旧設備生产新品种方面出色地做出了成績，其中有不少經驗是值得向全国推广的。

在一九五八年鋼鐵工业飞跃发展的基础上，为了进一步促进中小型鋼材生产在全国各地普遍开花，我們出版这本汇编。书中包括了有关中小型鋼材轧制和孔型設計方面的八篇文章。

本书是介绍軋鋼生产經驗的一本比較好的书，适合于孔型設計人員、軋鋼生产工程技術人員及大专学校师生閱讀。

序 言

自从我国执行发展国民经济的第一个五年计划以来，在经济建设战线上已取得辉煌成就。钢铁工业的生产有着显著的增长。第二个五年计划期间，党提出的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线的基本点之一是：“在重工业优先发展的条件下，工业与农业同时并举，在集中领导，全面规划，分工协作的条件下，中央工业和地方工业同时并举，大型企业和中小型企业同时并举”。全国钢铁产量正以史无前例的速度飞跃增长，地方中小型钢铁企业亦正在蓬勃发展。今年全国轧钢生产促进会议指出了今后新旧轧钢厂的重大任务是：提高生产能力，改进质量和扩大钢材品种。各钢铁企业必须迅速地掌握型钢孔型设计与轧制技术以提高型材生产，从而使全国钢材在平衡与协作的原则下得到合理发展。

几年来，在党与上级的正确领导下，上海各轧钢厂不论在产品产量上或质量上都得到了不断的提高，在扩大中小型钢材品种方面也获得了一定的成就。这些成绩的取得是由于全体职工的努力，同时也是与广泛学习苏联与国内兄弟厂的先进经验，尤其是苏联专家给予我们的具体指导与帮助分不开的。为了进一步提高现有技术水平并与国内企业、学校、研究单位相互交流经验，我们从50年起就着手进行总结工作，对技术上较为成熟的孔型设计与轧制经验予以分析与提炼。本书着重把过去向苏联学习与贯彻执行专家建议工作中如何有效地与我们具体情况相结合的技术改进与体会编写出来，其中也有些独创性的见解与成就。通过本书总结，一方面希望上海各厂把今后的学习与独创能更好地结合起来，另一方面也希望对新建的中小型轧钢厂能有所帮助。但必须指出：书中所介绍的是上海各中小型轧钢厂所使用的一些轧制工艺与设计方法，由于我们各厂的特点是设备陈旧、机械化程度差，因之这些方法未必能完全适合于其他厂的具体情况。所举经验数据亦有一定的局限性，希望具体从事轧钢生产的同志发挥独创精神，根据自己的实际情况加以运用、丰富。

由于工作进行得不全面，且编写人水平有限，故本书内容系统性较差，只能以汇编形式出版。本书理论基础很差，论点上错误在所难免，希望读者多提批评意见。

编者 一九五八年七月

目 录

序言

中小型圓鋼和螺紋鋼的軋制經驗.....	1
規圓机.....	31
周期断面鋼材的軋制經驗.....	53
中小型等边角鋼的孔型設計經驗.....	87
T 字鋼的軋制經驗	117
下字鋼的孔型設計經驗.....	160
Z 字鋼的孔型設計經驗.....	171
小型和異型槽鋼的孔型設計經驗.....	206

中小型圓鋼和螺紋鋼的軋制經驗

林 万 敬

I 前 言

圓鋼是軋鋼車間最普通的型鋼產品，在軋制圓鋼的軋鋼機上往往亦軋制螺紋鋼。上海各軋鋼車間生產圓鋼與螺紋鋼品種範圍比較廣。圓鋼的品種從 $\phi 5.5$ 公厘起一直到 $\phi 40$ 公厘。螺紋鋼自 $\phi 6$ 公厘起一直到 $\phi 22$ 公厘。由於上海生產圓鋼為期已久，生產數量很多，加以近年來上海擔負着軋制較高精確度的圓鋼的任務，在提高質量要求促使之下，已摸索到並積累了一些經驗。圓鋼及螺紋鋼雖然屬於對稱形狀之型鋼，一般說來孔型設計及軋鋼工藝是比較簡單的，但在長期生產期內，在生產與設備不斷發展情況下，要經常保持產量、質量的穩定與提高，對本產品來說亦有其一定的困難。我們經常遇到各種不同的問題，對這些問題，進行了研究並且也總結了經驗。為了促進今后的生產，我們認為拿出這方面的經驗來和兄弟廠交流並共同討論是非常有意義的。

II 孔型設計與軋輥調整

一、圓鋼成品孔型設計

成品孔的設計，直接地影響着圓鋼成品的質量。成品孔的正確形式，不僅要求在�新孔型時，即使在用舊孔型時，其公差喪失應該亦是最小的。合理的成品孔型在構成形式上，認為最好能依循下列的一些原則：

1. 構成成品孔型圓周半徑的確定：

D_x = 冷狀態的成品直徑（標準尺寸）

m_1 = 正公差

m_2 = 負公差

R_r = 構成成品孔型圓周的半徑

R_r 採用負公差（或負公差的一半）乘收縮系數，或採用標

准尺寸不乘收縮系数，以公式表示：

$$R_T = \frac{D_x - (0.5 \sim 1) m_2}{2} \times (1.011 \sim 1.014)$$

或
$$R_T = \frac{D_x}{2}$$

构成成品孔型圓周半径采用負公差的理由：

(一) 軋制負公差圓鋼，为了節約金屬，要求成品孔型在不同方向直径上的公差喪失为最少。在 R_T 采用負公差时，就能达到这个要求。如图 1，設 $P(x, y)$ 为以 O 为圆心、 R_T 为半径的圓上任意一点。在軋制調整时，軋縫是有变化的，有时要把軋縫放大一些（如軋縫放大 S 值，則此时孔型中心为 O_1 ），有时要把軋縫压紧一些（如軋縫减小 S 值，則此时孔型中心为 O_2 ）。

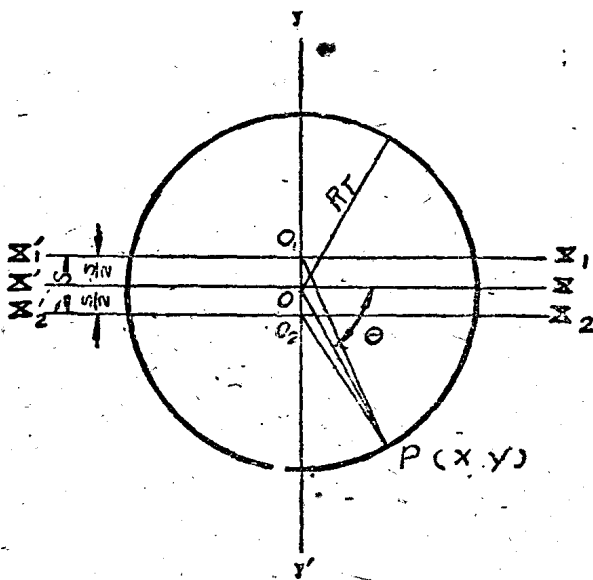


图 1

$2PO_1$ 或 $2PO_2$ 即为通过 P 点的圓鋼直径尺寸。

当軋縫放大 S 值时，通过 P 点的圓鋼直径为：

$$\phi_1 = 2 \left[R_r^2 + S \sqrt{R_r^2 - x^2} + \frac{S^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

式(1)中, 当 $x=0$ 时, $\phi_1 = 2R_r + S$, ϕ_1 值此时趋于最大。

在 $90^\circ > \theta >$ 张开角的范围内当 x 值增大时, ϕ_1 值则逐渐减小。当辊缝减小 S 值时, 通过 P 点的圆钢直径为:

$$\phi_2 = 2 \left[R_r^2 - S \sqrt{R_r^2 - x^2} + \frac{S^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

式(2)中, 当 $x=0$ 时, $\phi_2 = 2R_r - S$, ϕ_2 值此时趋于最小。在 $90^\circ > \theta >$ 张开角的范围内当 x 增大时 ϕ_2 值则逐渐增大。

为了从数量上明确 ϕ 值的变化对公差的影响, 兹举两种设计方法的例子:

如轧制 16 公厘的圆钢, $m_1 = +0.4$ 公厘 $m_2 = -0.5$ 公厘

第一法: R_r 采用全部负公差乘收缩系数。

$$R_r = \frac{(16 - 0.5)}{2} \times 1.013 = 7.85 \text{ 公厘。}$$

第二法: R_r 采用正公差。

$$R_r = \frac{16 + 0.4}{2} = 8.2 \text{ 公厘。}$$

轧制负公差的时候, 如控制圆钢热态时的天地尺寸 = $(16 - 0.30) \times 1.013 = 15.9$ 公厘 (冷后尺寸为 15.7 公厘)。

在用第一法构成的孔型轧制时, 需要把辊缝抬高 0.2 公厘。

以 $S=0.2$ 代入公式(1)得

$$\phi_1 = 2 \left[7.85^2 + 0.2 \sqrt{7.85^2 - x^2} + 0.01 \right]^{\frac{1}{2}}$$

设 $x=0$ ($\theta=90^\circ$ 时) 得: $\phi_1 = 15.9$ 公厘。

设 $x=4$ ($\theta=60^\circ$ 时) 得:

$$\phi_1 = 2 \left[7.85^2 + 0.2 \sqrt{7.85^2 - 16} + 0.01 \right]^{\frac{1}{2}} = 15.86 \text{ 公厘。}$$

设 $x=5.6$ ($\theta=45^\circ$ 时) 得:

$$\phi_1 = 2 \left[7.85^2 + 0.2 \sqrt{7.85^2 - 5.6^2} + 0.01 \right]^{\frac{1}{2}} = 15.85 \text{ 公厘。}$$

設 $x = 6.9$ ($\theta = 30^\circ$ 時) 得:

$$\phi_1 = 2 \left[7.85^2 + 0.2 \sqrt{7.85^2 - 6.9^2} + 0.01 \right]^{\frac{1}{2}} = 15.8 \text{ 公厘。}$$

最大公差喪失 $= 15.9 - 15.8 = 0.1$ 公厘。

在用第二法构成的孔型軋制時，需要把軋縫收小 $16.4 - 15.9 = 0.5$ 公厘。以 $S = 0.5$ 代入公式 (2) 得:

$$\phi_2 = 2 \left[8.2^2 - 0.5 \sqrt{8.2^2 - x^2} + \frac{(0.5)^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}}$$

設 $x = 0$ ($\theta = 90^\circ$ 時) $\phi_2 = 15.9$ 公厘。

設 $x = 4$ ($\theta = 60^\circ$ 時) 得:

$$\phi_2 = 2 \left[8.2^2 - 0.5 \sqrt{8.2^2 - 16} + \frac{(0.5)^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} = 15.96 \text{ 公厘。}$$

設 $x = 5.6$ ($\theta = 45^\circ$ 時) 得:

$$\phi_1 = 2 \left[8.2^2 - 0.5 \sqrt{8.2^2 - 5.6^2} + \frac{(0.5)^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} = 16.04 \text{ 公厘。}$$

設 $x = 6.9$ ($\theta = 30^\circ$ 時)

$$\phi_2 = 2 \left[8.2^2 - 0.5 \sqrt{8.2^2 - 6.9^2} + \frac{(0.5)^2}{4} \right]^{\frac{1}{2}} = 16.12 \text{ 公厘。}$$

最大公差喪失 $= 16.12 - 15.9 = 0.22$ 公厘。

以不同圓弧半径构成成品孔的直径差如表 1 所示。

表 1

以不同圓弧半径构成成品孔的直径差

圓弧半径	2Rr	S	ϕ (熱态尺寸)				$\Delta \phi$
			$\theta = 90^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 30^\circ$	
全部負公差乘收縮系数	15.7	+0.2	15.9	15.86	15.85	15.8	0.10
全部正公差不收縮系数	16.4	-0.5	15.9	15.96	16.04	16.12	0.22

显然，在 R_r 采用负公差时能使公差丧失减小，有利于节约金属。至于 R_r 应该采用全部负公差，还是部分负公差，那就要看：（1）现场轧制负公差的负度控制与（2）成品孔型的磨损特点。如果负公差轧得好，工人调整水平高，钢条温度控制适宜， R_r 就可采用全部负公差乘收缩系数。如情况差些，则用负公差的一半乘收缩系数。又如成品孔最大磨损在水平辊相交 $30^\circ \sim 45^\circ$ 之方向上，则也可采用全部负公差乘收缩系数。如最大磨损在孔型的垂直方向上，则应考虑其磨损量而取部分负公差。上述两个因素必须全予考虑，单纯只考虑一方面，决定的 R_r 数值就不会适合现场的应用。

为了简便计算起见，对于某些尺寸的圆钢品种来说，如果其冷缩尺寸与欲采取的部分负公差值相差不大时，则可采用标准尺寸而不乘收缩系数。

（二）用 R_r 采用负公差的孔型，在实际轧制时调整工往往将轧辊抬起，以期获得接近平均直径尺寸，那时成品孔型各部份直径尺寸以垂直直径（ $\theta = 90^\circ$ 时）为最大，故椭圆轧件进入成品孔能够保持稳定咬入。

（三）孔高取得小时，可用辊缝调整方法补救之。如果孔高取大了，影响调整困难，在辊跳大的轧钢机中就会引起碰辊。

2. 孔型宽度的确定：

成品孔宽度（B）采用正公差或正公差之半乘收缩系数：

$$B = [D_x + (0.5 \sim 1) m_1] \times (1.011 \sim 1.014)$$

正公差取多少的问题也要看现场工作条件，如轧件长度，轧辊线速度，钢坯加热情况，成品温度差，工人调整水平，是否采用规圆机等。现场工作条件好，为了进一步控制圆钢的负度，B 可用正公差之半乘收缩系数。反之，条件差或成品孔采用规圆机者，B 可用全部正公差乘收缩系数。

3. 孔型宽度的张开：

为了使成品宽度波动在公差范围内的圆钢都能成为合格品而不出耳子，并使孔型新旧时期其公差丧失为最少，圆钢成品孔型宽

度應該张开。孔型宽度的张开以用圆弧接圆周的办法为最好。通过孔型中心和切点所作的直接与孔型水平軸形成的角“ α ”称为张开角。张开角“ α ”的大小与圆鋼品种大小及要求軋得成品公差的精确度有关。大孔型采用小张开角，小孔型采用大张开角。要求得到較高精确度的成品时采用的张开角就應該較普通精确度者为小，张开角变化范围由 $15^\circ \sim 32^\circ$ ，要看生产具体情况来作适当选择。

4. 軋縫及两边倒角：

軋縫大小取决于圆鋼大小与軋鋼机設备情况，一般采用 1 ~ 5 公厘，各厂可根据經驗选择与修正之。

如孔型宽度已采用了最大正公差，孔型两边可以不必倒角，倒角会减小孔型实际宽度，对軋制是不利的，不倒角亦可使軋鋼工容易借目力来对准上下軋輥。

二、螺紋鋼成品孔型設計

螺紋鋼的公差虽然比同号的圆鋼大，并无椭圆形规定的限制，但因检查項目比較多，有些尺寸是互相牵制的，同时从負公差軋制节约金屬來說，研究螺紋鋼成品孔設計也是有现实意义的。

根据过去上海各厂軋制螺紋鋼的經驗教訓，經常出現下列毛病。这些毛病在設計成品孔时必须予以适当考虑。

1. 圆度尺寸 d 不足，造成出格，特别是在与孔型水平軸相交近 30° 的直径方向上。

2. 軋縫 a 的尺寸容易出格。

3. 螺紋筋高度不足。

4. 螺紋鋼的計算拉力低于鋼的真正拉力 $2 \sim 8$ 公斤/公厘²，有时造成机械强度不足。

为了提高螺紋鋼的質量并节约金屬，認為依照如下的一些原則設計成品孔型为最合理：

1. 构成成品孔圆周的半径 R_F 采用負公差乘收縮系数，孔寬采用部份正公差，其理由与圆鋼成品孔相同。如为作图簡便，

易于制造样板及車削軋輥起见，亦可用直径为标准尺寸（或部份正公差）的正圓构成。

2. 軋縫尺寸应与 R_F 的尺寸相适应，不能互相矛盾。

$$S = \text{軋縫} = a - (0.5 \sim 1) m_n$$

3. 螺紋深度采用部份正公差。若正公差太大則引起車削量增大，若正公差太小則容易引起螺紋筋不滿，这可根据具体情况进行选择，一般采用正公差之半。

4. 螺紋筋宽度亦須用正公差之半，使軋出螺紋宽度正好为标准尺寸。

5. 螺紋筋的导角应根据三道螺紋的规定而計算。筋距 (l) 的确定根据两种不同情况而異。其一，如銑螺紋筋时，旧有筋槽必須車光，則筋距 l 采用接近标准尺寸；其二，为了节约軋輥車削量，如能改进銑螺紋筋的工艺，旧筋不必車光，則在新軋槽上考虑銑螺紋数目时，筋距 l 尽量接近正公差。

选择筋距 l 与每周軋槽上的螺紋数时，可依照下列公式計算：

$$n \times \left(1 + \frac{\Delta}{\text{正}} \right) = \frac{S_{\text{最大}} \pi \left(D_n + a - \frac{F}{dp} \right)}{\alpha_{\text{最小}}}$$

以后在軋輥直径逐渐車小时，如每周螺紋数目不变，則驗算軋輥直径应符合如下公式：

$$D_n > \frac{n(l - \frac{\Delta}{\text{負}}) \times \alpha_{\text{最大}}}{S_{\text{最小}} \times \pi} + \frac{F}{dp} - a$$

式中：— D_n = 軋輥外径（公厘）

a = 軋縫尺寸（公厘）

F = 截面的計算面积（平方公厘）

dp = 截面的計算直径（公厘）

S = 前滑系数

α = 冷縮系数

n = 每周軋槽上的螺紋数

Δ = 螺紋筋距的公差（公厘）

冷縮系数与前滑系数按照車間的具体条件而異，一般冷縮系

数在1.011~1.014之間，我們对其厂15号及14号成品的节距及前滑系数进行了测定与計算：

$$S_{最大} = 1.036$$

$$S_{最小} = 1.044$$

全部的数据如表 2 序列。

表 2

14号和16号螺紋鋼的节距与前滑系数

截面 号	孔型	D _B 軋鋼 外径 (公厘)	a 軋鋼 半径 (公厘)	F 截面积 (公厘 ²)	d _p 計算 直径 (公厘)	n 每 周 螺 紋 数	軋 完 温 度 °C	收 縮 系 数	l 平 均 (公厘)	l 最 大 (公厘)	l 最 小 (公厘)	S		
												平 均	最 大	最 小
14	新孔型	221	2	154	14	100	850°C	1.012	133.8	130.0	133.6	1.055	1.056	1.053
14	旧孔型	221	2	154	14	100	850°C	1.012	133.2	138.6	137.4	1.05	1.053	1.044
16	新孔型	219	2	201	16	86	850°C	1.012	160.4	160.6	160.2	1.065	1.066	1.064
16	旧孔型	219	2	201	16	86	850°C	1.012	160	160.2	159.8	1.063	1.064	1.062

各厂在应用上列公式前，最好进行一些测定工作以求出 $S_{最大}$ 、 $S_{最小}$ 、 $a_{最大}$ 、 $a_{最小}$ 的数据就能得到滿意的的結果。

6. 32号以下的螺紋鋼做抗張試驗时，其截面积按 $F = K \frac{\pi}{4} d^2$

的經驗公式計算，因之螺紋鋼成品孔各部份构成尺寸的決定必須与鋼的机械性能相联系起来，以达到提高質量与最大限度地合理節約金屬的目的。

三、万能孔型系統的应用

万能孔型系統乃现代圓鋼孔型設計的方法，其具体优缺点及設計方法，有关文献已有叙述，这里只談两个問題：

1. 立軋机的稳定性問題；
2. 共用性問題。

我公司各厂应用万能孔型系統軋制过 $\phi 14 \sim 40$ 圓鋼，惟 $\phi 14$ 的軋制情况不好， $\phi 16$ 以上应用較好，在应用万能孔型中所

碰到的主要問題是立軋孔及 K_2 橢圓孔內軋件扭轉問題，對於這些問題，有予以分析的必要。

立軋孔的構成如圖 2。

設：立軋孔高度 = h 。

設：立軋孔寬度 = b 。

槽底圓弧半徑 = R

槽邊斜度 = 30%

槽底偶角圓弧半徑 = r

軋縫 = S

O 為孔型中心

O' 為槽底圓弧半徑中心

O'' 為槽底偶角圓弧半徑中心

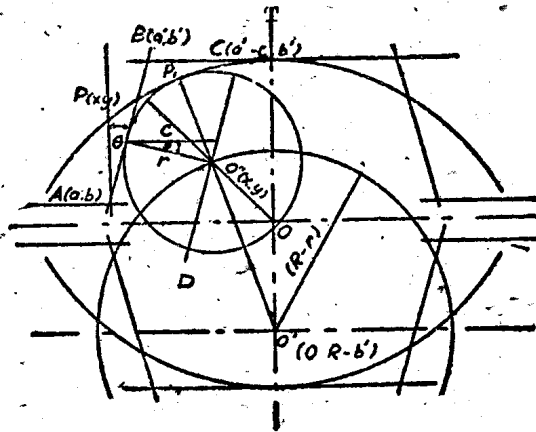


圖 2

連接 $O O''$ 直綫并延長之，交于孔型槽底偶角圓弧上 $P(x, y)$ 點。

設 P_1 為圓 O' 與圓 O'' 相切的切點。

$$P_1 O' = O' T = R$$

$$P_1 O + O O' > P_1 O'$$

$$P_1O > P_1O' - OO' = OT$$

$$\therefore P_1O > OT$$

$$PO = PO'' + O''O$$

$$= P_1O'' + O''O' > P_1O$$

$$\therefore PO > P_1O > OT$$

OP 乃通过圆 O'' 中心的线段，故 OP 为立轧孔内最大直径尺寸。由于立轧孔最大尺寸不是 h_s ，故 P 点之地位具有重要意义。P 点之位置可用图解法算出坐标 x 与 y 之值，亦可用计算法求得。

平轧孔的构成如图 3，设平轧孔高度 = h_s ，平轧孔宽度 = b_s ，槽底偶角圆弧半径 = r_s 。

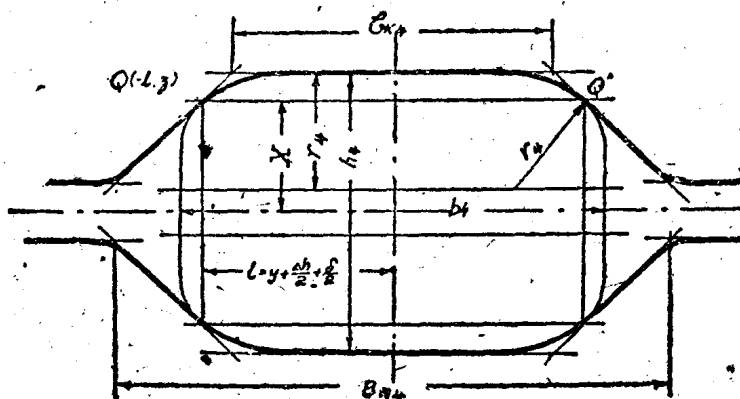


图 3

欲使轧件在立轧孔内轧制稳定，消除扭转，必须注意平轧孔内 Q 点位置，使它与立轧孔内 P 点对应，这样使轧件在正立时，最大尺寸也正好对准孔型中的最大尺寸处，因而轧件就能在孔型内自动对正。

设 Q 点坐标为 $(-l, z)$ ，欲与立轧孔中 P 点对应，则需：

$$z = x$$

直线 QQ' 平行于槽底线，并与孔型中心线相距 x 尺寸。QQ'

直綫与二边斜綫相交于 QQ' ，令 Q, Q' 二点为偶角圆弧之切点。

若 $b_4 - h_s = \Delta h$

必須 $l = y + \frac{\Delta h}{2} + \frac{\delta}{2}$ (此处 $\delta = 0 \sim 4$ 公厘)

$$b_4 > 2l$$

$$h_s + \Delta h + \delta > b_4 > 2l$$

在这样的孔型构成与調整 b_4 尺寸的条件下，就可保証 Q 点与立軋孔中 P 点相对应。鋼条借导板引入后，就能自动站正，消除扭轉。

K_3 (立軋孔) 軋件用围盘进入 K_2 孔， K_3 孔出口未装扭轉管有时前面有一段不翻身而被咬入，形成 K_2 軋件尺寸发生变化。这主要是立軋孔高寬比不足，影响軋件在 K_2 孔內的稳定性。尤其以大的 K_3 孔同时用来軋小尺寸的时候，扭轉的毛病易于发生。共用性强是万能孔型系統的一个优点，但共用性亦有一定的限度，上面已分析到构成立軋孔及 K_2 孔內軋件稳定性是有一定条件的，过分強調共用性，仅仅依靠調整軋件尺寸，难以保証軋件在孔型內自动对正，因此我們認為将立軋孔的共用范围予以合理的縮小，个别小尺寸圓鋼采用独有的立軋孔，对于軋制过程來說是有好处的。

四、圓—橢圓孔型系統的应用

圓—橢圓孔型系統用于軋制 $\phi 8 \sim 16$ 公厘圓鋼的最后四个孔型上也具有一定的优点。根据应用情况，其最后三个孔型的經驗公式如下：

