

冷轧钢管

〔苏联〕J·A·考夫曼 著

李长穆 李向杰 译

中国工业出版社

冷 轧 钢 管

[苏联]3·A·考夫等 著

李长穆 李向杰 译

中国工业出版社

本书研究了冷軋管的設備結構和生产工艺，闡述了冷軋管机的运动学和动力学，并且指出了选择各个部件主要参数的依据。书中詳細地說明了有关金屬变形特点、孔型設計和軋管工具制造等問題；总結了冷軋各种用途鋼管的先进經驗；并且研究了提高冷軋管机生产率和改善产品质量的方法。此外，还闡明了冷軋管生产的发展远景。

本书可供工程技术人員、設計和研究人員参考；对高等学校和中等专业学校的教师和学生亦有所裨益。

З. А. Кофф, П. М. Соловейчик

В. А. Алешин, М. И. Гриншпун

ХОЛОДНАЯ ПРОКАТКА ТРУБ

МЕТАЛЛУРГИЗДАТ

СВЕРДЛОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

СВЕРДЛОВСК — 1962

* * *

冷 軋 鋼 管

李长穆 李向杰 譯

*

冶金工业部科学技术情报产品标准研究所书刊編輯室編輯

(北京燈市口71號)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第110號

535厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店經售

*

开本 850 × 1168 $\frac{1}{32}$ • 印張 13 $\frac{3}{16}$ • 字数 319,000

1965年3月北京第一版 • 1965年3月北京第一次印刷

印数 0001—2,940 • 定价(科六)2.00元

*

統一書号: 15165 · 3666(冶金-535)

序 言

增加管子产量的任务，一部分是依靠用高生产率的现代化设备装备起来的新建的工厂和车间来完成，而另一部分，同时也是主要部分要依靠对现有车间进行改建，使现有设备现代化和机械化以及实现生产过程自动化和在生产中运用最新的科学技术成就。在提高管子总产量的同时，要特别迅速地增加中、小直径的薄壁无缝钢管的产量。

生产中、小直径的薄壁无缝管的主要方法之一是冷轧，这是一种最现代化和最经济的方法；并且在一些情况下，譬如在生产变断面管、薄壁管、特殊钢管和合金管时，冷轧乃是唯一可以采用的一种方法。

在苏联的机器制造厂和机床制造厂里，生产了各种规格的高生产率的冷轧管机(XIIT)和变形工具的加工机床；苏联和一些外国的工厂就是用这些设备装备起来的。

在苏联钢管生产中，之所以能够广泛而有成效地利用冷轧方法，是因为建立了专门设计冷轧管机的机构和一些专门生产冷轧管机的机器制造厂，同时还因为高等学校，特别是钢管科学研究院同工厂一起进行了冷轧生产过程的研究工作。

在冷轧管机设备设计和冷轧管工艺方面之所以能够得到进展，在很大程度上是与许多苏联学者的工作分不开的，诸如 П. Т. 叶美里扬连科、А. И. 采利柯夫、В. В. 诺萨里、П. К. 捷捷林、Я. Е. 奥萨得、Ю. Ф. 谢瓦金、О. А. 谢明诺夫、В. И. 索柯洛夫斯基，等等。

本书作者的任务是根据冷轧管机的设计和操作经验以及苏联学者的研究成果，来探讨现有冷轧管机的结构，阐明管子冷轧过程的理论基础和最好的冷轧管工艺。

IV

第一、二、五和十七章由 М. И. 格林思彭编写，第三、四、六、七、八、九、十章和附录由 П. М. 索洛維琴柯编写，第十一和十二章由 В. А. 阿列森编写，第十三、十四、十五和十六章由 З. А. 考夫编写。

在本书取材和出版工作中，得到了 Ю. Н. 柯日夫宁柯夫、Л. М. 包利紹夫和 В. Н. 薩拉普洛夫等的大力帮助；技术科学副博士 В. А. 考莫高洛夫也曾給予宝贵的指示，作者在此表示衷心的感谢。

目 录

序 言	
緒 論	1
冷軋管机的工作原理	2
冷軋管时管坯的变形	3
第一章 确定冷軋管机主要参数的依据	6
工作軋輥的直徑	6
机架的行程长度	11
主动齿輪的直徑	12
曲柄半徑、連杆长度、錯距	14
机架工作行程和空載行程之間的最佳关系。空載部分的长度	16
机架在极限位置时軋輥的迴轉角度	20
第二章 X11T 冷軋管机的設備組成、布置、分类和技术性能	22
冷軋管机的設備組成	22
冷軋管机的設備布置	26
X11T 冷軋管机的分类	27
X11T 冷軋管机的技术性能	28
第三章 工作机架和工作机架的底座	33
工作机架	33
工作机架的底座	43
第四章 傳动机构和主傳动	55
傳动机构	55
主傳动	60
第五章 送进迴轉机构	65
对送进迴轉机构的一般要求	65
馬尔泰盘式的送进迴轉机构	68
杠杆式的送进迴轉机构	73
带止动彈簧的送进机构	76
减速箱式的送进迴轉机构	80

第六章 托架	95
活动托架	95
固定托架	98
第七章 卡盘	101
XПТ75 冷軋管机的管坯卡盘	101
XПТ32 冷軋管机的管坯卡盘	102
XПТ55-2 冷軋管机的管坯卡盘	103
中間卡盘	106
前卡盘	108
第八章 芯棒杆卡盘的固定机构和返回机构	111
芯棒杆卡盘的固定机构	111
芯棒杆卡盘的返回机构	113
第九章 装料台和装料机构。出料台和切管設備	116
小型 XПТ 冷軋管机的装料台	116
中型 XПТ 冷軋管机的装料台	116
XПТ32 冷軋管机的前台	120
装料机构	125
切管設備	128
出料台	133
第十章 軋制变断面管的机构	136
擋持器	137
配重机构	141
变速箱	142
可逆装置	143
芯棒杆卡盘的固定机构	143
冷軋变断面管时各机构的配合	146
第十一章 管子冷軋过程的受力条件	149
冷軋管时的相对变形	149
咬入角的确定	153
金屬同軋輥的接触面积的計算	157
金屬作用在軋輥上的单位压力和总压力	162
軸向力	165
按 Ю. Ф. 謝瓦金法計算金屬作用在軋輥上的总压力	167

第十二章 軋管工具的孔型設計	171
冷軋管过程的运动学基础	171
孔型工作部分和空轉部分的計算	172
孔型設計的任务	174
Я. Е. 奧薩得的孔型設計法	178
П. К. 捷捷林的孔型設計法	184
Ю. Ф. 謝瓦金的孔型設計法	187
第一烏拉尔新鋼管厂(HTЗ)的孔型設計法	190
孔型寬度的确定	194
Ю. Ф. 謝瓦金孔型設計法的計算范例	201
НИТИ-HTЗ 孔型設計法的計算范例	205
第一烏拉尔新鋼管厂(HTЗ)孔型設計法的計算范例	210
ХПТ 冷軋管机孔型設計的分析	212
多輓式冷軋管机(ХПТР)工具的孔型設計	217
第十三章 冷軋管的工艺	237
冷軋管机开动以前的准备工作	237
ХПТ55 冷軋管机的自动化操纵	237
軋制前的管坯准备工作	242
工具的冷却	248
冷軋管的軋制程序表	250
冷軋管机的工作制度	255
冷軋管机的生产率	257
提高冷軋管机生产率的方法	262
軋槽块的更換	265
冷軋管机的調整	267
管子的切断	276
冷軋管的尺寸精确度	277
冷軋管机工作中的故障及其消除方法	283
冷軋管时的廢品及其防止方法	288
第十四章 高合金鋼鋼管的冷軋	300
不銹鋼鋼管的冷軋	300
冷軋前管坯的准备工作	301
軋制	306

冷軋耐熱鋼鋼管的一些特點	309
不銹鋼鋼管的中溫軋制	310
用管坯預熱法軋制不銹鋼管和耐熱鋼管	311
冷軋軸承鋼鋼管的特點	312
有色金屬管和合金管的軋制特點	315
第十五章 錐形管和變斷面管的軋制特點	318
錐形管的軋制	318
軋制變斷面管時工具孔型設計的計算范例	319
變斷面管的冷軋	323
軋管工具和芯棒移動量的計算方法	325
變斷面管的冷軋工藝	333
第十六章 軋管工具的制造	337
二輓式冷軋管機的工具	337
XIII 冷軋管機的工具	375
鏗制和研磨 XIII 冷軋管機孔型時所用靠模的計算方法	380
工具的使用壽命	384
第十七章 冷軋管生產的發展方向	388
曼乃斯曼-米爾公司設計的冷軋管機	388
連續式冷軋管機	390
大直徑管子的冷軋管機	391
橫軋式的冷軋管機	393
附 錄	396
XIII 冷軋管機工作機架的計算	396
牌坊的計算	397
軋輓的計算	400
軋輓軸承使用期限的計算	405
曲柄軸的靜扭矩和動扭矩的計算	406
參考文獻	412

緒 論

目前，小尺寸和中等尺寸的高质量的无縫鋼管，都是用冷拔和冷軋方法生产的。冷拔和冷軋这两种方法各有一定的优点和缺点。

冷拔的特点是它的多次循环性。在鋼管生产的循环过程中，拔制本身只占 30—35% 的时间，其余时间都花费在中間輔助工序上了。在短芯棒拔制(应用最广泛的一种方法)的一个循环中，原始管坯截面只能減縮 32—38%，在长芯棒拔制时截面減縮率可以达到 36—42%。絕大多数的薄壁管，如果用冷拔方法来生产，往往需要 3~5 个拔制循环。

为了实现冷拔管时的各个輔助工序(切断、鍛头、退火、矯直、酸洗、磷化、鍍銅等)，在車間里除了主要設備以外，还要配置大量的輔助設備，而安装这些設備就需要很大的厂房面积。在这些輔助工序中，不仅需要大量的操作工人，同时还要消耗各种材料、燃料和动力。在冷拔生产中，有大量的金屬以切头和氧化鉄皮的形式消耗掉了。用冷拔方法生产高合金鋼管，一般是比較困难的，并且只有在采用了特殊的塗层和显著地减小每一循环中的变形量以后，才有可能用冷拔的方法来生产高合金鋼管。

冷拔方法的优点是：生产的万能性，工具比較便宜，冷拔机构造簡單、容易操作和維護，生产率高。

在軋式冷軋管机上冷軋管子的特点，是在每一个循环中有可能把管坯的截面减小 75—85%，因为在冷軋过程中金屬的变形条件要比冷拔时好得多。用冷軋方法生产薄壁无縫管，可以大大地减少主要工序和輔助工序，从而可以显著地降低金屬、燃料、动力和輔助材料的消耗，同时，可以縮短和改善生产流程。在高合金鋼管以及低塑性鋼和合金管的生产中，采用冷軋方法就更为有

效了。

目前，在苏联新設計和新建的車間里，已經采用冷軋这种最先进的方法作为薄壁无縫管生产工艺的基础。

冷軋管生产中所存在的缺点是：冷軋机的生产率比冷拔机低，工具制造比較困难，冷軋管机构造复杂并且维护費用較大。

冷軋管机的工作原理

冷軋管机是一种具有周期性工作制度的二軋式軋机，它的工作机架借助于曲柄連杆机构作往复运动。

安装在机架轴承中的工作軋輥，在軋制过程中借助于装在軋頸上的齿輪作往复运动，同时又进行滚动；在下軋輥(或者上軋輥)两侧(靠外面)装着的一对齿輪，是同装在工作机架底座两侧壁上的齿条相嚙合的。如图 1 所示，冷軋管时，管子是在一根擰在芯棒杆 4 上面的固定不动的錐形芯棒 3 上，用装在軋輥 2 切槽中的两个軋槽块 1 进行軋制的，在軋槽块的圓周上开有截面不断变化的孔型。孔型起点的尺寸相当于管坯 5 的外徑，而其末端尺寸相当于成品管 6 的外徑。

冷軋管机在結構上同热軋鋼管生产中所用的周期式(皮尔格)軋管机的区别在于，冷軋管机的工作机架作往复运动，而用来軋管的錐形芯棒却固定不动。此外，在冷軋管生产中，管坯可以被全部利用，而在周期式热軋鋼管生产中，坯料的相当大的一部分(未被軋制的“皮尔格头”)成了廢料。

当工作机架在原始位置(图 1 中的 I - I 位置)时，借助于专门的机构把管坯向軋制方向送进一段叫做“送进量”的距离。当工作机架向前移动时，已送进的这一段管坯，在由孔型和芯棒所构成的、逐渐减小的环形間隙中进行减徑和管壁压下。在軋制过程中，管坯后端被压住，不能在中心綫方向移动。

当工作机架在前面的极限位置(图 1 中的 II - II 位置)时，管坯同芯棒一起迴轉 $60 \sim 90^\circ$ 。当工作机架返回时，孔型即可使已經軋制的一部分管子得到一定尺寸的正圓形，并且可以在芯棒上对

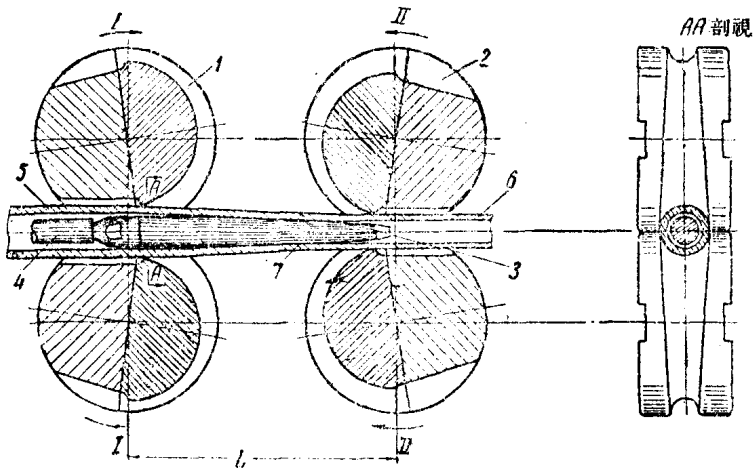


图 1 在軋式冷軋管机上冷軋管的示意图

管坯变断面的錐形部分 7 (称做工作錐) 进行均整。接着, 重复这些动作。

在軋槽块孔型的始端和末端均有一个叫做“开口”的切槽, 这样, 在送进和迴轉的时候, 管坯和管子就可以不同軋槽块接触了。

冷軋管时管坯的变形

冷軋管时, 管坯是按照下列方式进行变形的。当工作机架在原始位置时, 由于管坯的送进, 工作錐 1 在軋制方向移动一段距离 m (图 2, a), 此时, 等于管坯截面的工作錐的 I-I 截面, 也移动相同的距离, 到了 I_1-I_1 位置。工作錐的 II-II 截面移动一段距离 m 以后, 到了 II_1-II_1 位置。

在管坯送进的时候, 工作錐的内表面与芯棒 3 的表面离开, 形成了一个間隙 s 。当工作机架向前移动时, 工作錐的直径先减小到内表面同芯棒相接触的程度, 然后直径和壁厚才同时受到压下。此时, 送进到軋槽块孔型 2 中去的一部分金属进行变形, 这部分金属的体积被称为“送进体积”, 等于管坯截面积与送进量 m 的乘积。

随着工作机架向前移动和軋槽块的轉动, 处于軋槽前面的一

部分工作錐由于压下而向前延伸。此时，工作錐的末端截面 $\Pi_1-\Pi_1$ 移动到过渡位置 $\Pi_x-\Pi_x$ ，相对于 $\Pi-\Pi$ 截面移动一段等于 $\mu_x m$ 的距离，这里 μ_x 为延伸系数的瞬时值。工作錐的末端截面，当工作机架在过渡位置时，相对于 $\Pi_1-\Pi_1$ 截面移动一段等于 $m(\mu_x-1)$ 的距离。

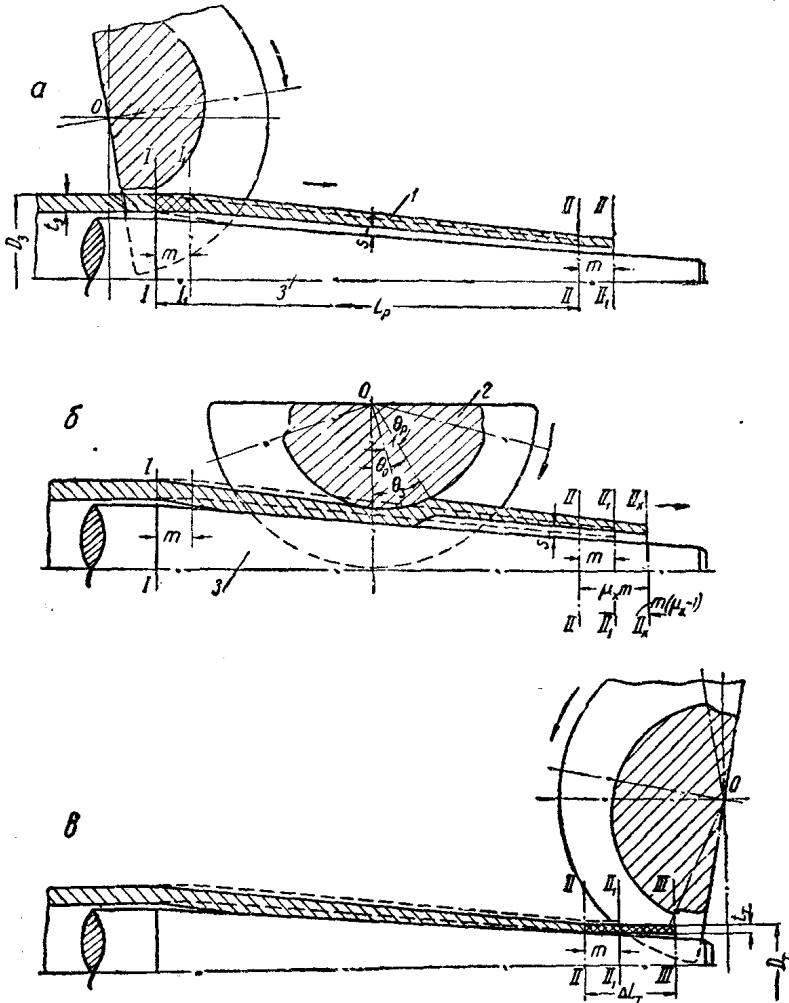


图2 冷轧管时的金属变形

如图 2, 6 所示, 当工作机架向前移动时, 随着轧槽块的转动, 工作锥内表面与位于轧槽块前面的芯棒之间的间隙 S 不断地增大。

如上所述, 当轧槽块迴转时, 在工作锥的壁厚压下之前, 先要减小直径。因此, 瞬时变形区可以被认为是由两部分组成的(图 2, 6), 即由中心角 θ_p 所构成的部分和由中心角 θ_0 所构成的部分; 在前一部分中工作锥的直径减小到其内表面同芯棒相接触, 而在后一部分中工作锥的直径和壁厚同时得到压下。我们称 θ_p 角为减径角, 而称 θ_0 角为压下角。在机架的往复行程中, θ_p 角和 θ_0 角的大小是变化的, 这两个角构成了啮入角 θ_3 。

工作机架回到原始位置(图 2, a)时, 在一个工作循环中所得的一段管子就算轧制完了。送进轧槽块孔型中的一段管坯的长度为 m , 它的体积等于

$$V_3 = \pi t_3 (D_3 - t_3) m。$$

在一个轧制循环中, 可以从送进的一段管坯得到长度为 ΔL_T (图 2, b) 的一段管子, 它的体积等于

$$V_T = V_3 = \pi t_T (D_T - t_T) \Delta L_T。$$

从体积的等式中, 不难确定在工作机架的往复行程中所轧制的一部分管子的长度同管坯截面和送进量大小之间的关系。这个关系可以用下式来表示:

$$\Delta L_T = \frac{\pi t_3 (D_3 - t_3) m}{\pi t_T (D_T - t_T)} = \mu m。$$

式中 μ ——总延伸系数, 由管坯的截面积与所轧管子的截面积的比值来确定。

第一章 确定冷轧管机主要参数的依据

在设计冷轧管机的时候，首先必须正确地确定整个冷轧管机和其各个部分的参数。

冷轧管机的主要参数是：a)工作轧辊的直径；b)主动齿轮的节圆直径；c)机架的行程长度；d)连杆长度，曲柄半径和传动机构的错距；e)轧槽块上孔型空转部分的长度和轧辊的迴转角度。

下面来研究一下影响冷轧管机主要参数的一些原始数据和确定参数的方法。

工作轧辊的直径

决定工作轧辊直径的主要因素是：a)轧辊的强度；b)所轧制的金属相对于孔型的滑动；c)在结构上有布置下滚动轴承或其他轴承的可能；d)能够轧出所要求的最小壁厚的管子；e)冷轧管机运动部分的重量。

上述因素中有一部分可以用增加轧辊直径的办法来解决；而另一部分则恰恰相反，增大轧辊直径是不利的。因此，对于每一种规格的冷轧管机来说，都有一个最合理的工作轧辊直径。

轧辊直径对于轧辊强度的影响可以用这样两条曲线(图3)来表示：一条曲线是垂直压力和轧辊直径之间的关系 $P = f_2(D_0)$ ，另一条曲线是在轧辊最危险断面上的弯曲应力和轧辊直径的关系 $\sigma = f_1(D_0)$ 。大家知道，随着轧辊直径的增加，垂直压力也要增大。尽管如此，轧辊中的应力还是会减小的，因为轧辊的断面系数要比垂直压力增加得快一些。

图3中的曲线，是在XПТ120冷轧管机的工作机架的行程长度一定的情况下，按照最繁重的轧制程序表画出来的。垂直压力是针对于轧辊在行程中受到最大压力的位置上取的。工作轧辊中

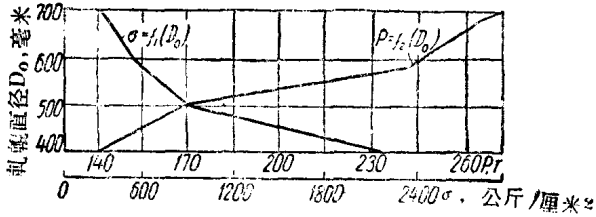


图 3 垂直压力和弯曲应力同軋軋直徑的关系

的应力可以按照一般(不考虑应力集中)的公式来计算。軋軋轴承之间的距离在所有的情况下都保持不变。从图 3 中可以看出, 如果所取的許用应力为 $1000 \sim 1200$ 公斤/厘米², 那么根据强度条件, 允許的最小軋軋直徑等于 $480 \sim 490$ 毫米。

在冷軋管过程中, 金屬同孔型表面之間的相对滑动是不可避免的。孔型頂部及其側緣上各点的圓周速度是不相同的, 因为頂部和側緣的半徑不一样。假若把两个軋軋中心連綫上孔型各点的速度画出来(图 4), 就可以說明, 在 db 弧上孔型各点的速度是同軋軋移动方向一致的, 而在 dc 和 ba 弧上孔型各点的速度則具有相反的方向。速度的瞬中心位于 O_1 点上, 該点正是主动齿輪同齿条的嚙合点。

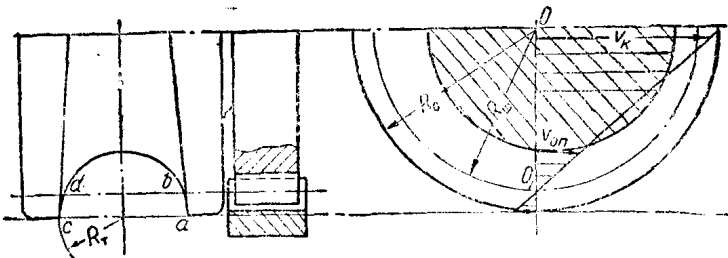


图 4 孔型各点的速度图

为了确定滑移的大小, 我們引用一个系数 α_{ck} , 这个系数表示孔型頂点的速度 v_{on} 同軋軋移动速度 v_k 的比值(见图 4)

$$\alpha_{ck} = \frac{v_{on}}{v_k} 100\%。$$

必須說明, 速度 v_{on} 并不是管子相对于軋槽塊的实际前滑速

度，因为实际前滑速度应取决于 v_{on} 同管子的金属流动速度之差。

假定主动齿轮的节圆半径 R_m 把轧槽块上孔型的高度平分开来，即

$$R_m = R_o - 0.5R_r,$$

式中 R_o ——轧辊辊身的半径；

R_r ——管子的半径，

那么就可以得到二辊式冷轧机的滑移系数同轧辊半径和管子半径之间的关系：

$$\alpha_{c\kappa} = \frac{R_r}{2(R_o - R_r)} 100\%。$$

XIII120 冷轧管机 ($R_r = 60$ 毫米) 的这种关系的曲线示于图 5 中。冷轧管机的操作经验表明，最大允许的滑移系数不应超过 15—20%。滑移系数的进一步增大会引起孔型的严重磨损。从这一观点出发，XIII120 冷轧管机轧辊直径的最小允许值应为 500 毫米。

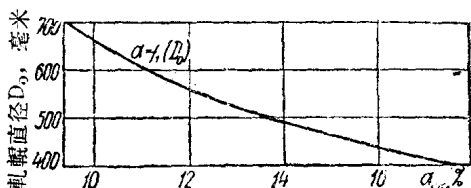


图 5 相对滑动同轧辊直径的关系

在确定轧辊直径的时候，必须考虑到轧辊轴承的外形尺寸。XIII 冷轧管机的轧辊轴承多半是采用滚动轴承。在机座移动的机架中，轴承 2 的外径应该比轧辊 1 的直径小 25—50 毫米(图 6, a)，以便使轴承座能够有 10~20 毫米的厚度(即图中的尺寸 a)，同时使上下轧辊的轴承座之间能够有 5~10 毫米的间隙(即图中的尺寸 b)。

在机座固定的机架上(图 6, b)，滚柱轴承外圈 3 的内径应该比轧辊直径小 100~180 毫米，因为轴承外圈用来将垂直轧制压力传递到支承轨道上，它的厚度(即图中的尺寸 a)要经计算确定，根据冷轧管机规格的大小，这一厚度在 50~90 毫米的范围内。

确定了各种不同直径的工作轧辊的轴承尺寸以后，就可以画