

# 张力减径技术的早期和近期发展<sup>(A1)</sup>

——《无缝钢管百年史话》(续释8-2)

**摘要:** 自1932年张力减径技术专利诞生以来, 张力减径工艺已有长足的进步, 张力减径机已从二辊式发展到三辊式, 已从集体差动传动发展到分组差动传动, 其应用范围不断扩大。介绍了张力减径工艺的理论基础及其发展; 研究了张力减径机稳态和非稳态轧制阶段的应力、应变条件的影响因素; 讨论了管端增厚和管子纵向壁厚差异的问题。随着管端增厚控制技术和壁厚控制系统的应用, 已可消除或减轻管子的壁厚差异, 且管头的切损率也有大幅降低。

**关键词:** 张力减径; 基础理论; 发展; 管端增厚控制; 壁厚控制

**中图分类号:** TG333.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-2311(2003)05-0050-10

## 1 钢管张力减径工艺的理论基础及其发展

### 1.1 引言

张力减径工艺过程是在前后布置的一系列轧辊机架中对荒管进行连续轧制的过程。在这一过程中, 采用适当的孔型系列, 使荒管的外径得以连续的减缩。与此同时, 凭借机架系列中轧辊转速比例的调节, 可以取得预定的壁厚变化。热轧成品管壁厚的调节比较简单, 只是在工件中导入附加力的纵向张力, 这一张力值是通过轧机传动电机的转速调节或变速机构加以控制的, 而不需要采用内工具。

在张力减径过程中可以避免由于采用内工具而引起的钢管生产的特殊问题, 轧管工艺过程中芯棒的采用对钢管生产的经济效益和钢管质量都有重大影响, 这是由于工具成本、磨损以及小直径管的生产工艺限制造成的。

生产过程的高度灵活性是张减工艺过程的又一特征。成品管规格即外径或壁厚的改变只需要少量的调整。张减成品管在质量方面, 即在尺寸精确性、表面质量以及材质结构方面的不同, 取决于毛管的材质以及所选择的变形条件。

从钢管生产工艺的技术现状及今后发展来说, 张力减径工艺过程对经济效益和成品质量具有极为重要的意义。扩大张力减径工艺过程的应用范围以及充分利用这一过程的可能性意味着减轻其他钢管生产工序相当的工作量, 而且, 能有效地提高整个钢管生产线的经济效益和质量。

以下将示出这一工艺过程的最佳化途径、进一步的发展和已经取得的成果, 并举例说明在轧管机组的生产和发展中实际应用的理论计算方法。

### 1.2 变形过程及传动系统

#### 1.2.1 稳态条件

相对于早期使用的二辊式机架而言, 三辊式机架在变形条件和工艺方面具有较多的优越性, 因此, 现代化的张力减径机采用不可调的三辊式机架。在三辊式机架的张力减径机中, 前后机架中3个轧辊的布置相错 $60^\circ$ 。单架减径率由于受轧机部件的负荷以及变形的几何学方面的限制, 实际上其最大值约为12%。除外径减缩量以外, 决定机架负荷的主要参数为: ①工件的截面积(直径和壁厚); ②屈服强度(取决于材质、温度、变形及变形率); ③纵向张力值。

由于变形过程中的金属特性以及实现外径减缩的几何要求, 为防止金属横展到辊缝之中, 孔型必须具有侧边开口。到现今采用的孔型加工工艺中, 孔型形状取决于椭圆度 $\alpha$ ,  $\alpha=A/B$ , 如图1所示。为保证产品质量, 当下列参数值较大时, 所选用的 $\alpha$ 值亦应大一些。这些参数是: ①外径减缩量; ② $D/S$ 值(直径与壁厚之比); ③ $D_k/D_w$ 值(孔型直径与轧辊直径之比)。

此外, 在选择 $\alpha$ 值时应顾及进入某一机架时毛管的截面形状, 亦即前一机架的孔型形状必须加以调节以适应后一机架的要求。由于质量的缘故, 当外径减缩量较大时须采用三角-椭圆形孔型以取代圆孔型, 但成品机架仍为圆孔型。为此, 在轧制方向的外径减缩量增大时, 孔型侧边开口亦增大, 而在后部机架中外径减缩量则逐渐减少, 孔型侧边开口亦减小(见图1)。

在主要变形机架中所实现的变形量通常是外径

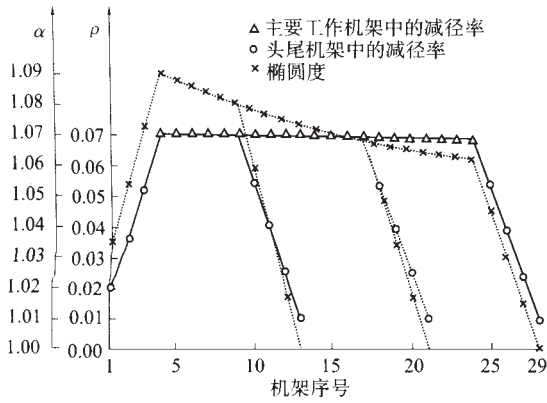
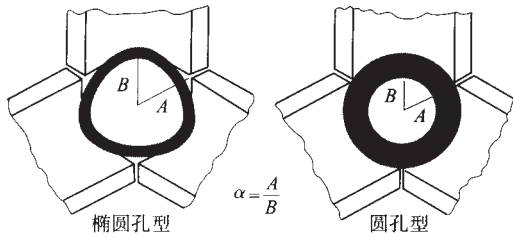


图1 孔型、孔型系列和减径系列

减缩量的一个近乎恒定的百分数。若在主要变形机架中采用递减的外径减缩量，则后部机架中由于温降所引起的负荷增加可以在一定程度上得到平衡。

在张力减径工艺中，轧件几何形状的改变(主要是壁厚及延伸率的变化)除了受外径减缩量的影响以外，还受纵向张力的影响(有时是压应力)。通常将纵向张应力和屈服值之比称为张力值。

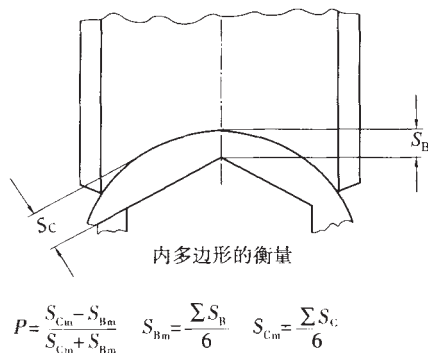
轴向力主要靠摩擦力在两个或两个以上机架中传递。在轧辊和轧件接触表面间的摩擦剪应力的方向和大小或相对速度的大小和方向决定了所产生张

力的大小。这样，在轧辊和轧件的复合系统中就产生了一个轴向力平衡的问题，即随着机架间速度比例的增大，在力的传递的可能范围内，轧件将减小壁厚和增大延伸，随之与变化了的摩擦力状态相适应。

下列各参数的增大均可能导致传递的纵向张力的增大。这些参数是：① $S/D$  (壁厚与直径之比)；② $D_w/D$  (轧辊直径与钢管直径之比)；③摩擦系数；④单架减径率。

此外，张力值愈大，则在单一机架中进一步提高张应力的可能性将小一些。由于摩擦力所能传递的力的限制，为了取得较大的张力，有必要将3~5个机架中的效应统一考虑。

通过调节轧辊或传动电机的转速而获得的轴向张力不仅是控制壁厚，而且是改善钢管质量的最佳手段。由于张力值限制了钢管内表面的自由变形，所以也就能防止内表面出现轧制缺陷。张力减径薄壁管时所采用的张力值应考虑周向压应力过大时所出现的径向压垮现象。最后，在张力减径工艺过程中通常在轧件截面内发生不均匀变形，从而导致钢管内表面出现或多或少的内多边形(图2)，但是，通过正确调节张力值，在不均匀变形区实现有效的减径量仍是可能的。这种变形的不均匀性是由于与几何形状有关的一些因素，如减径率、摩擦条件以及变形抗力等引起的。由于轧辊布置的交替性，一方面在轧槽底部和侧边开口部具有不同的变形条件，另一方面处于这两点之间的中间部分的变形亦不同于这两点的变形。因此，当生产厚壁管(即 $S/D$ 值较大)时，内多边形现象特别严重，管子内表面形状与圆形的差异更明显。



$v=0.26 \quad \rho_{\mu n}=0.81 \quad Z_n=0.6 \quad \alpha_n=1.07$   
 $v=0.31 \quad \rho_{\mu n}=0.72 \quad Z_n=0.4 \quad \alpha_n=1.04$

图2 关于衡量内多边形的定义以及具有不同形状内多边形的例证

Biller博士将相对于轧辊布置的内多边形的剧烈程度和位置定义为 $P$ (图2)<sup>(1)</sup>。当孔型设计中采用较大的椭圆度即 $\alpha$ 值时，以及各参数发生相应变化

时，如①管子直径较大(假定 $D/S$ 为定值)；②轧辊直径较小；③张力值较大；④ $D/S$ 比较小；⑤单架减径率较大，则 $P$ 值增大。此外， $\rho$ 值的绝对值随

着以下各参数的增大而增大,即①孔型的椭圆度增大;②单架减径率增大。

然而,在两者间,椭圆度是首要因素。因此,为了覆盖较宽的壁厚范围并顾及管子质量和轧机负荷,从避免轧辊过度磨损以及改善表面质量的角度出发,通常当管壁较薄时,采用较大的单架减径率和孔型侧开口;而当管壁较厚时,为了改善内多边形,采用较小的单架减径率和孔型侧开口。应当指出:调节平均张力以及纵向张力类型以适应 $D/S$ 值,从而可以有效地减轻内多边形现象。

### 1.2.2 管端增厚问题

在张力减径工艺过程中,采用较大的纵向张力除具有金属变形过程的上述优点外,也存在所谓“管端增厚问题”的缺点。当增厚端管子的壁厚大于成品管壁厚允许偏差时,则这部分管端必须切除(图3)。管端切除量取决于毛管长度、轧管工艺以及品种规格等方面。与管子中段相比,管端的延伸率较小是由于稳态的轧辊转速不可能在管端产生足够大的张力值;而在非稳态时,可能最大的张力在管子端部也不足以产生像稳态时那样大的张力。衡量管端增厚程度的办法是比较每一阶段即每一机架在稳态时的张力值的差异。由于原始条件的不同,在管子前端及尾部形成的增厚端是不同的(图4),其区别在于:①管端增厚段的最大壁厚值不同;②壁厚的形成不同;③增厚端的长度不同。当纵向张力值及单架减径率大时,管子尾部增厚段的长度是前部增厚段的两倍。

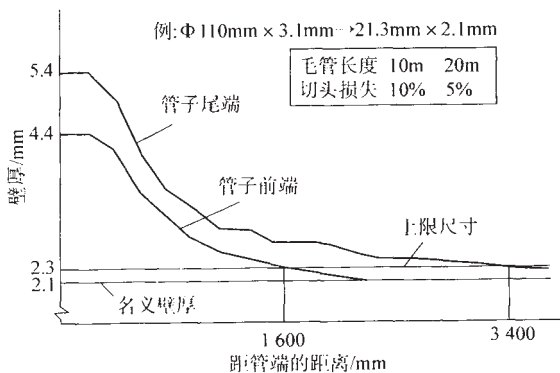


图3 张力减径过程中管端增厚现象

Neber博士指出:随着以下参数的变化,管端增厚现象加剧,即①平均张力较大;②总减径量较大;③机架间距较大;④单架减径率较大;⑤ $D/D_w$ 比较大;⑥摩擦系数较小;⑦ $D/S$ 比较大。

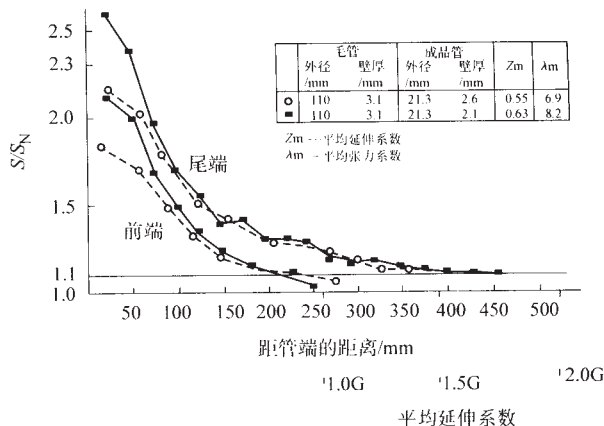
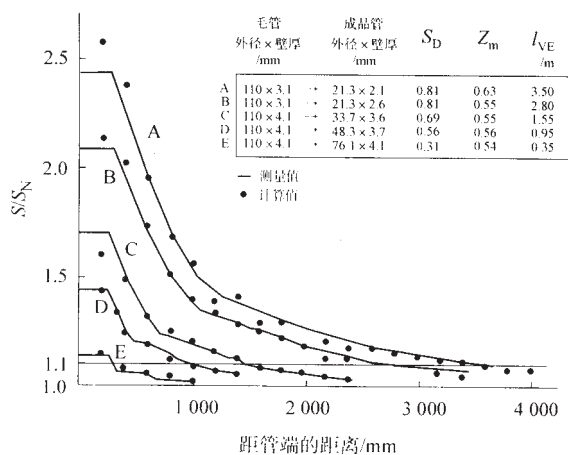


图4 不同张力对管子前端壁厚的影响

图5示出总减径量和平均张力值对形成尾部增厚端的影响。这些曲线是根据实测值及计算值得出的。应当指出:对于切头损失量来说,以下诸因素很重要,即①纵向张力值的类型;②电机的调速性能;③入口毛管的壁厚差异。



S — 管子某一部位的壁厚值 S<sub>N</sub> — 名义壁厚

图5 减径量和不同张力对管子尾部壁厚的影响

假如在设计轧辊转速比时,能使在入口侧张力具有最大可能的递增,而在出口侧张力具有最大可能的衰减,由此最大张力值降低,从而减少切头损失。这一方法的缺点是:①轧辊磨损加剧;②表面质量恶化;③管子拉断的危险性增大(特别对出口端而言);④不利于形成良好的内表面(这点与孔型设计轧制参数有关)。

因此,为了取得良好的管子质量及收得率,对于轧制过程的稳态及非稳态两种情况应具有不同的转速比例。

### 1.2.3 传动系统

由于壁厚变化是通过高速轧辊转速来实现的,所以张力减径机的传动系统就成为轧制过程的调节、控制及最佳化的至关重要的系统。就改变轧辊转速,即就稳态速度曲线的设计和动态速度调节而言,轧辊机架的单独传动意味着最大的灵活性。借助于复合输出和差动减速箱对轧辊机架实现集体传动,在牺牲速度调节灵活性的条件下,能取得传动系统投资少的优点。而设计轧管机组时就产生了一个“速度单独调节的必要性和优越性”的问题。为了在变形阶段对于一定的减径系列实现延伸率和壁厚的调节,改变各机架轧辊转速的比值即改变减速箱的传动比已足够。假如为了轧机的负荷和产品质量而采取不同的减径系列,或者对于不同规格管子的轧制需采用从最大值直至零的不同的张力值,或者工作机架要采用大的减径率而同时末端机架又要采用小的减径率,则轧辊转速改变的可能性势必要满足较高要求,否则对工艺过程将形成一定程度的限制。

就灵活性和投资而言,单独电气传动系统和集体差动传动系统代表了传动概念的两个极端,在单独电气传动系统中每一机架采用单独的直流电机传动,这意味着在电机供电及额定容量的范围内每一机架的轧辊转速均是单独可调的;而在集体差动传动系统中,借助于1台传动电机或者2台传动电机的速度调节,所有机架的机架间的速度关系同时发生变化,而在设计减速箱速比时所确定的速度系列特性曲线则保持不变,因此,在这一传动系统中得以改变的仅仅是平均张力或平均延伸率,而不是在机架系列中工艺参数的分配。

此外,在这两个极端的传动系统之间形成了种种中间形式,其目的在于以最少的投资满足各种情况的生产要求<sup>(3)</sup>。

单独电气传动系统的高度灵活性对于产品规格范围宽的生产要求来说是必要的,但它需要较高的轧机操作水平。若仅就张减工艺原理而言,选用这种传动系统并没有工艺方面的难点,对管端增厚来说也同样如此,假如对张力类型和入口管壁厚差异的重要影响要予以足够的考虑,则传动系统对切头损失量的影响就不能从公诸于众的测得的数据中取得。

假如速度单独调节的工艺优越性可以放弃,而且允许轧辊和工件间较大的滑移,后者在产品规格范围较窄时是可以接受的,则集体差动传动系统往往就可以满足工艺的要求。

### 1.3 原理及应用

#### 1.3.1 理论基础及计算方法

钢管张力减径工艺发展初期的轧制理论与计算方法是从小管工艺的计算方法转化而来的,这一工艺过程的高度发展乃是基于这一原理的。由于各机架尺寸相对较小,而变形的几何特性又相似,因此尽管采用了不少简化,对于壁厚变化以及轧辊速度计算来说,这一计算方法的结果令人满意。简化的主要之点是:①一个机架内的轧辊数是无限多的(实际上通常是三辊机架);②孔型截面是圆形的(实际上采用的是或多或少的椭圆孔型);③弹性变形忽略不计;④平面截面保持不变。

实际上,当在与轧制方向相反的方向作用有摩擦力时,由于轧辊线速度是变化的,在工件截面积上金属流动的速度有较大的差异,因此,中性点的位置、接触面积的比例在周向是变化的。为了获得轧辊线速度和应力状态之间的关系式,从确定摩擦条件的角度出发,需确定接触表面的模型并将其区分为前滑区及后滑区。在《无缝钢管百年史话》(续释8-1)的注释(5)中,给出了关于相对速度的详细计算。计算时假定图6所示中性线是轴向的,其位置借助于出口截面内的 $\beta$ 角确定,这样就简化了几何关系和速度关系。

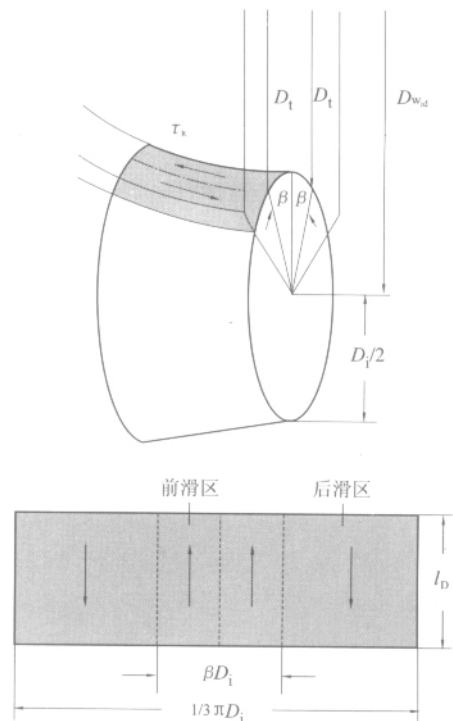


图6 三辊式机架中接触面积示意

由 $\beta$ 角所确定的轧辊直径被称为工作辊径，并用来计算轧辊速度和工件速度。然而应该指出：做这种简化时，沿轧制方向与轧制方向相反的最大张力的边界条件和当 $\beta=0\sim 60^\circ$ 时所确定的轧辊速度并不吻合，为此在计算中必须导入孔型的椭圆度、管子的实际截面积以及截面变形和张力的关系，以便计算更准确一些。采用《无缝钢管百年史话》(续

释8-1)的注释(5)和(3)所示的方法(图7)，微分方程式的求解得以简化。这一方法乃是基于对变形区工件力的平衡的计算，对于决定过程参数来说，显然这一计算方法具有足够的准确性。假如忽略未予测定的诸如温度和摩擦条件变化的干扰因素，当计算管子的总延伸率时，其计算结果只有 $\pm 5\%$ 的偏差。

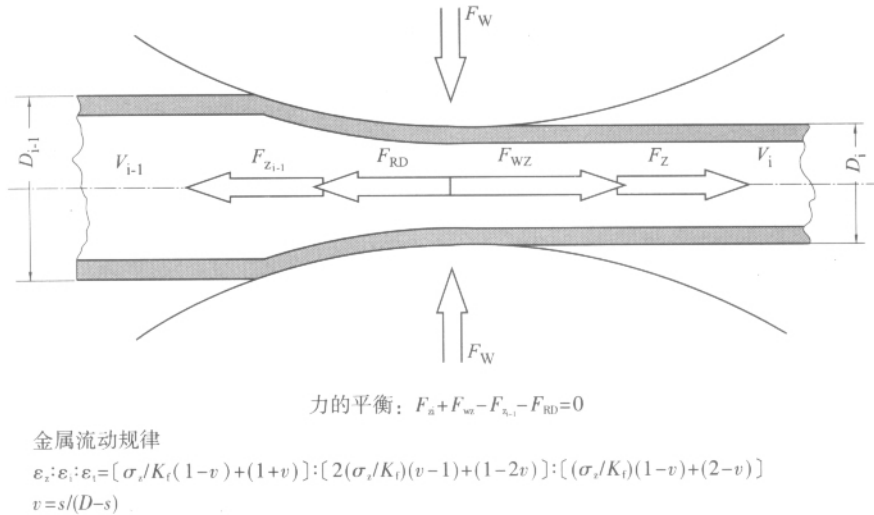


图7 Neumann与Hancke的计算法

### 1.3.2 管端增厚的计算

许多文献对张减管端部的增厚作了计算。如将非稳态轧制过程按照参与变形过程的机架数目而分割为准稳态变形阶段(图8)，且假定处于这些变形阶段的各个机架的变形状态是恒定的，则计算结果与试验结果两者之间具有较佳的一致性。工件可区分为具有恒定壁厚的各截面，这些截面内的管段长度和壁厚在一定的时间内在确定作为金属平移和延伸结果的金属流动后可以确定下来。

对壁厚计算的结果与实测值加以比较，可以发现在管子尾端是比较一致的，而在管子前端，壁厚的计算值远低于实测值(图9)。鉴于这一点，计算方法尚需作适当的修正。

### 1.3.3 关于内多边形的计算

对于导致产生内多边形的非均匀变形区应力与应变的计算需要顾及以下各个重要因素：①由于孔型和管子截面的非圆形而导致在圆周方向半径压下的差异；②由于轧辊和工件之间接触长度变化而产生的在圆周方向变形抗力的差异；③在塑性变形的边界区应力状态与工件截面管壁厚度变化的相互关系；④由于发生在轧辊与工件接触面外部的变形

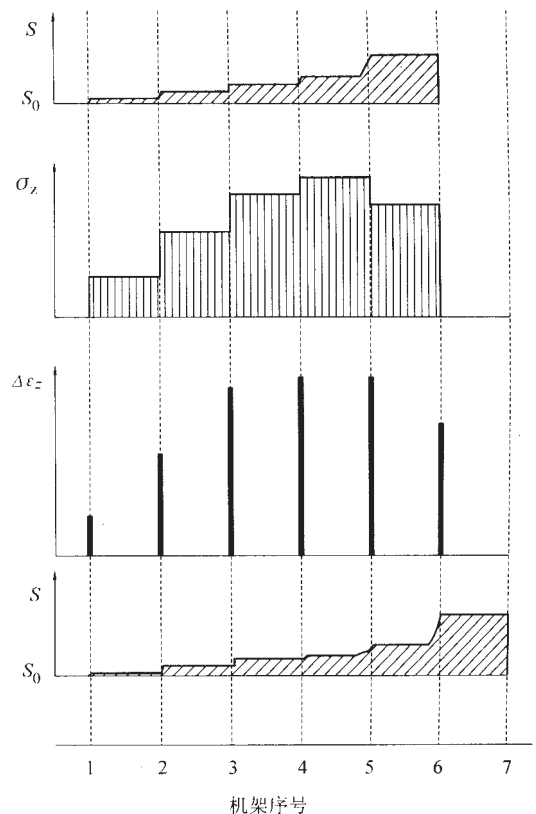
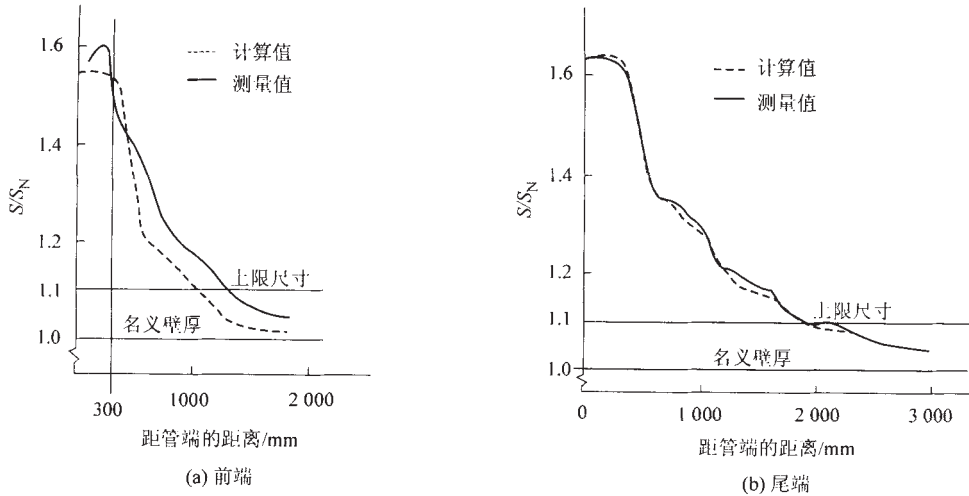


图8 非稳态壁厚形成的研究(管子前端进入第6架时)



S — 管子某一部位的壁厚值 S<sub>N</sub> — 名义壁厚

图9 管端壁厚的形成

特别是弯曲变形而产生的纵向张力对接触面积的影响。

为了对张力减径变形过程中发生的内多边形能

够进行近似计算，需要采用一种修正的方法或者经验公式。图10示出采用这种扩展计算方法计算而得的内多边形的形成。

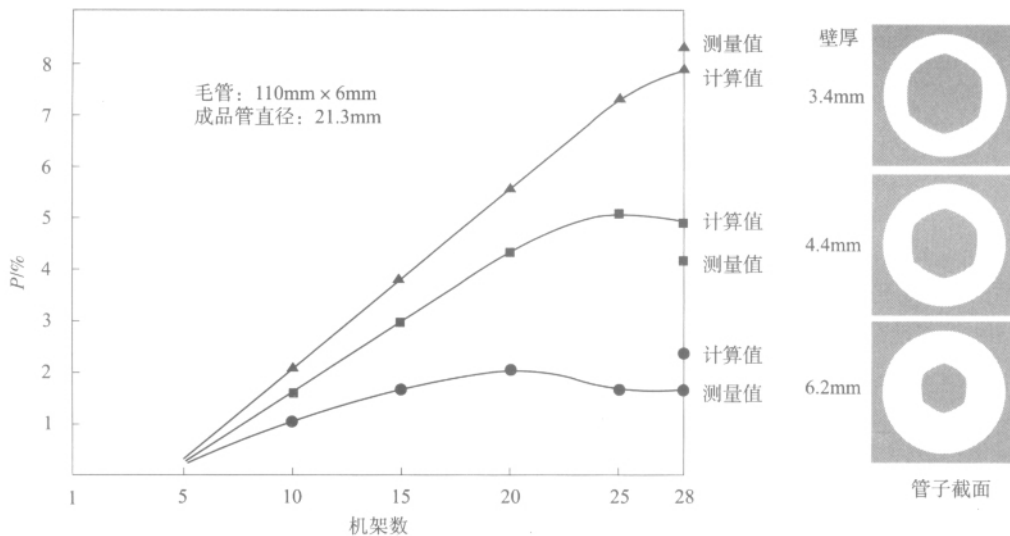


图10 内多边形计算实例

### 1.4 工艺过程的新发展<sup>(4)</sup>

在张力减径工艺过程中计算机辅助计算主要用于：①对新张力减径机开发新的工艺过程；②在建议阶段对过程实现最佳化；③对于已投产的张力减径机的生产计划的合理化及产品的最佳化。

对于发展和应用起重要作用的变形数模来说，主要是用于减少切头损失的管端增厚控制(CEC)和壁厚控制系统(WTC)。

#### 1.4.1 管端增厚的控制(CEC)<sup>(5)</sup>

对张力减径机传动电机的转速作可选择的调整以使管子端部的应力、应变状态尽可能接近稳态变形条件，这就是切头损失控制的含义。

增大轧制过程轧入阶段和轧出阶段的转速比例，从而增大作用于管端的张力以使管子端部壁厚超差的现象得以克服，这样就可以减少由于管端增厚而产生的切头损失。由于在低于稳态转速比例下

参与变形过程的机架数目的增加,所以在管子前端管壁增厚现象的增强导致由轧辊至管子间力的传递的增大,因此在管端可能导入大于稳态轧制时的张力。由于轧出阶段开始时管子尾端承受较大的纵向张力,所以开始时管壁增厚现象比较轻微。随着轧制过程的继续进行,参与变形的机架数目逐渐减少,假如转速调整保持不变,则张力水平便逐渐降低。通过转速控制,既可以增大张力,又可以减小管壁增厚。

图11示出了具备转速控制和不具备转速控制两种情况下管子尾端的壁厚曲线。在这种轧制情况下计算的切头损失减少70%。在所例子中,为了实现电机速度的动态调节,必须采用单独传动并具有电机快速调节的性能。通过进一步的模拟计算已经证明:在集体差动传动系统中,在减少切头损失方面也能取得比较显著的成效,其条件是采取适当的机架分组和传动元件(电机及减速箱)具有足够快的加速性能。基于上述原理,已经研制出具有切头损失控制的分组差动传动系统。在这种传动系统中即使管子持续时间较短也能对增厚管端产生有效的影响。这种张力减径机由机械上相互独立的两组机架组成,每一组机架由2台直流电机通过差动减速箱进行传动(图12)。由于整个张力减径机分成两组进行传动,因此可以对每组机架的2台电机的速度同时进行调整,从而可以迅速地增大延伸,在保持轧入、轧出速度不变的条件下进行轧管。在轧入阶段影响管端的转速控制系统只对第一组机架(轧入侧机架组)加以配备,而对轧出阶段来说,两组机架均备有转速控制系统,由此实现了最佳的管端增厚控制。

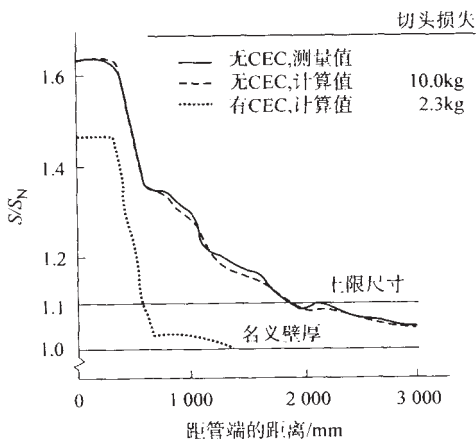


图11 在具有或不具有CEC控制情况下管子后端壁厚形成及切头损失比较

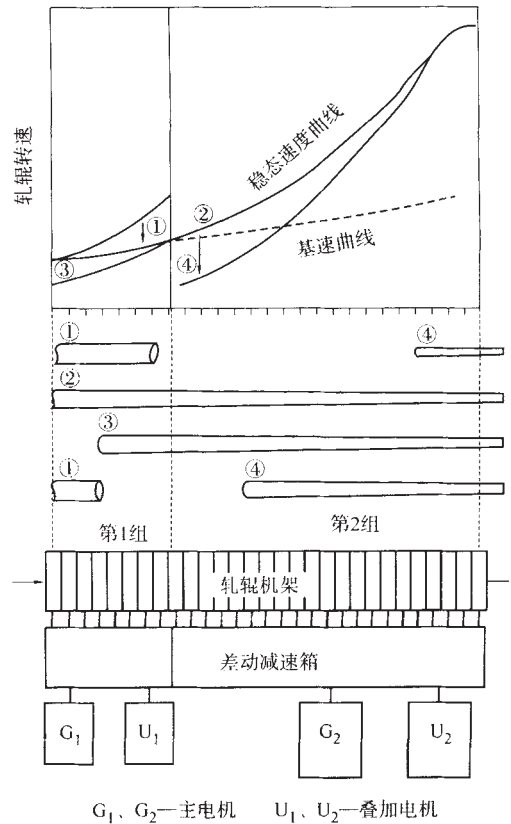


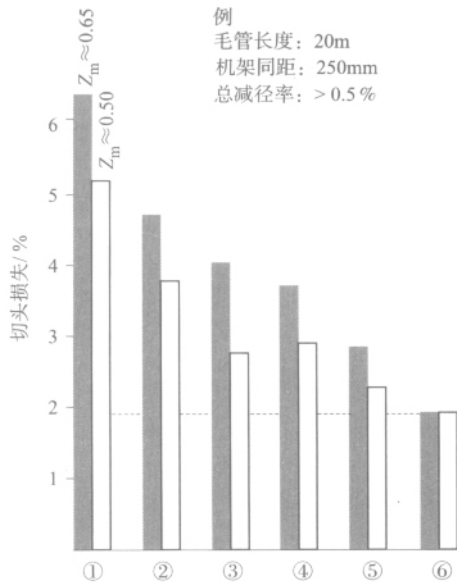
图12 双叠加传动系统示意

这一传动原理首次用于CPE无缝钢管轧机的张力减径机。该钢管轧机是1986年投产的。在这台张力减径机CEC控制系统的基本整定值尚未进行最佳化调试的情况下,采用各种大减径量和张力进行轧制,以重量计的切头损失减少20%~25%。进一步进行试轧,充分利用这一控制系统及其传动装置的潜力,有可能实现更精确的转速控制,从而取得在尾端减少切头损失50%的效果,如图13所示。这一结果和理论计算值是一致的。

在单独电气传动的张力减径机上可以进一步发挥提高收得率的潜力,因为在这一系统中能更精确地对具有增厚现象的轧件截面增大张力,在某些机架采用较大的转速比例。

此外,CEC控制系统要进一步提高收得率的条件是:①轧制条件尽可能稳定,尽可能减少干扰因素;②毛管的壁厚偏差要尽可能小,在控制系统中要采用毛管壁厚测量装置。

最后,应该指出,采用张力减径成品管的壁厚测量装置是有好处的。这是由于:①可对CEC控制系统的最佳化的结果进行核对;②可作为质量保证措施;③可确定切头的方式。



- 例  
毛管长度: 20m  
机架间距: 250mm  
总减径率: > 0.5 %
- ①无CEC, 单独电气传动(电气控制性能差)  
②无CEC, 双叠加传动  
③有CEC, 未最佳化的单独传动  
④有CEC, 未最佳化的双叠加传动  
⑤有CEC, 最佳化的双叠加传动  
⑥有CEC, 最佳理论值

图13 管端增厚造成的切头损失

在充分发挥CEC控制系统的潜力的条件下, 今后有可能更好地利用张力值较大的工作段。这对提高张力减径机的经济效益和成品质量以及使用较短的毛管来说, 都具有重要的意义。

#### 1.4.2 壁厚控制系统(WTC)<sup>(6)</sup>

壁厚控制系统是: 对张力减径工艺过程前后的管壁厚度进行测量, 然后借助于传动电机转速控制系统, 用于壁厚的开环或闭环控制。

在张力减径工艺过程中对延伸率进行一定程度的调整可以减小毛管壁厚的差异或者与名义壁厚的偏差对这一工艺过程的影响。当然, 纵向的与名义壁厚的差异也是可能发生的。此外, 在张力减径机前的机组中也可能发生如下现象: ①温度波动; ②工具的不均匀磨损; ③端部现象, 即由于连续变形过程中机架之间的相互影响而造成的壁厚差异。

因此, 对壁厚进行测量, 并借助于测量的数据对张力减径机进行调节是必要的, 其目的在于: ①提高收得率; ②降低钢管加工成本; ③加强质量控制。④对张力减径机进行快速而简单的调整; ⑤张力减径机操作的自动化。

就壁厚差异而言, 焊管厂和无缝钢管厂的产品

两者的情况极为不同, 因此对控制系统的要求也截然不同。通常焊接钢管纵向的连续的壁厚差异较小, 因此在焊管厂的张力减径机上可安装闭环控制系统, 将壁厚作为被控变量, 且将测得的实际壁厚与成品管的要求壁厚两者之差作为转速调节的控制变量。

张力减径机的开环控制和轧入端的壁厚测量装置可以扩展自动控制系统的控制功能。为有效地实现这一自动控制系统的功能, 控制范围要小一些, 仅对不能通过测量而确定的干扰因素进行控制。这一开环控制系统<sup>(7)</sup>可以保证在轧制速度较高的情况下对轧入侧的壁厚差异进行快速反应。

就功能和效果而言, 闭环控制<sup>(8)</sup>系统和开环控制系统是相类似的, 而它将延伸率作为被控变量。采用这一系统时, 没有轧出端的壁厚测量也能实现控制功能, 可凭借对轧件的速度测量来测得延伸率, 这样花费可以少一些, 当然这就意味着丧失轧出端壁厚测量装置所具有质量监控和确定切头方式等优点。

如要消除沿管子长度方向的壁厚差异, 将闭环控制系统用于无缝钢管机组则往往是不合适的, 这是由于减径管太短, 而要在较小的管子截面内实现较大的壁厚调整较难, 此时仅仅只有自适应开环壁厚控制系统能满足要求。该系统对入口毛管的壁厚进行连续测量, 并按照控制功能对于实测壁厚与名义壁厚之间的偏差进行速度调节, 借助于计算机对测得的数据进行诸如平正以及统计评价等处理。张力减径过程中料流跟踪对保证这一控制系统的操作和效果是很重要的。借助于出口端的壁厚测量, 再加上对结果的监控, 对于消除从属的干扰因素的影响来说, 控制功能是可以适应的。

不论是就整台张力减径机而言或是就传动系统而言, 仅仅是轧入、轧出端一些机架参与壁厚控制的速度调节。对单独电气传动系统来说, 参与壁厚控制的机架数是可变的, 且可按壁厚与名义尺寸有偏差的轧入毛管的长度进行调整。但由于当足以影响壁厚值的机架数目减少时, 在既定的速度调节中延伸率的变化亦较小, 所以, 上述调节的作用也是不大的。采用自适应开环壁厚控制系统, 从原理上讲是可以充分利用张力减径机所有的调节功能的。

#### 1.5 结 语<sup>(9)</sup>

对影响张力减径机稳态轧制阶段和非稳态轧制阶段应力、应变条件的各个因素进行研究后, 很明显地得出采用复杂的最佳化系统的必要性。就改进



质量以及这一变形过程的合理化、自动化而言，潜力还是相当大的。影响发挥这一潜力的主要问题是：①内多边形；②管端增厚；③毛管的纵向壁厚差异。就设计而言，作为张力减径工艺过程最重要控制手段的传动系统往往在速度调节的灵活性和投资费用两者之间取折衷办法。

计算机辅助数模化和仿真是进一步有效地发展张力减径工艺过程和张力减径机的基础。

分组差动传动系统的采用是集体差动传动系统性能的重大改进。为这一传动系统以及其他传动系统所设计的切头损失控制系统能进一步提高收得率。

采用壁厚控制系统能够消除或减轻毛管的壁厚差异的影响，取得张力减径工艺的进一步合理化和改进成品管质量的效果。

与焊管机联用的张力减径机可采用闭环壁厚控制系统或开环控制系统，而与无缝钢管轧机联用的张力减径机，则采用开环壁厚控制系统。

## 2 注 释

(A1)见《钢管》2003年第4期第57页。

(1)Dr.Biller是1967年在Aachen大学获博士学位的，论文题目为“Beitrag Zuminneren Unrundwerden beim Reduzieren von Rohren”，后来又就内六方的形式及厚壁管张力减径的孔型设计等问题发表多篇文章，后任Rath钢管厂厂长。

(2)Dr.Neber自Karlsruhe技术大学毕业后，1962年起在Mannesmann工作，1970年在Aachen大学获博士学位，其论文题目为“Über die Ausbildung der Verdickten Enden beim Reduzier Walzen von Rohren”。这篇文章是根据1963~1966年在Mannesmann Witten钢管厂所作的试验而写就的，该文的结论部分声称：①随着机架间距、切向总变形量、平均张力值、减径管坯外径的增大，增厚管端的长度及重量均加大；②随着单架减径率、S/D值、理想辊径及摩擦系数的增大，增厚管端的长度及重量均减少。

文中的七点，根据在此（“减径管坯外径”一点除外）。

(3)20世纪80~90年代，张力减径技术发展的一个重要方面就是“打破传动系统的传统观念，出现种种混合、中间形式”。文中这一段话说明了传动系统新发展的实质，即在单独传动和集中传动的两种极端形式之间又增加了以下三种形式，见表1。

表1 几种新增的传动方式

序号	入口侧若干架	出口侧若干架	制造厂
1	双电机集中传动	单独传动	INNSE
2	双电机集中传动	双电机集中传动	MDM
3	1号叠加电机+G	2号叠加电机+G	Kocks

注：G为主传动电机。

表1中第1种传动方式被称为混合传动（MD-drive）；第2种传动方式被称为串联差动传动（Tandem differential drive）；第3种传动方式被称为三电机组传动或变速组传动（3-motor group drive or VGD-variable group drive）。

由于本文系Meer Report，所以仅仅讲了第2种传动方式。

(4)从20世纪80年代后期至今的张力减径技术发展可概括为以下三方面：①传动技术方面；②测厚技术方面；③计算机管理和张力减径过程自动化方面。

传动技术方面的新进展已在注(3)中介绍。

测厚技术方面包括：①WTCA和WTCL两种壁厚控制方式；②闭环壁厚及开环壁厚控制；③测量及传感技术。

过程自动化方面包括：①管端增厚的计算和CEC控制；②内六方的计算；③入口管坯纵向壁厚不均的消除；④过程控制；⑤模拟及诊断技术。

采用以上新技术的目的在于提高质量，并使变形过程合理化、自动化。

(5)CEC是Crop End Control的缩写，现代化的CEC控制和传动系统的发展分不开，而且和管壁测厚技术结合在一起形成张力减径工艺过程自动化的一个主要内容。

(6)WTC是Wall thickness Control的缩写，细言之，可分为以下两大类：①WTCA(A:average)平均壁厚控制系统的功用是根据入口侧壁厚测量值对张力减径机的基速曲线加以修正，从而使张力减径成品管的平均壁厚更接近标准值；②WTCL(L:local)局部壁厚控制系统的任务是对每根管坯的纵向壁厚差异进行局部补偿。

(7)现代张力减径机中采用的测量系统和开环控制系统的主要特征为：①轧入端和轧出端的壁厚测量系统；②WTCA、WTCL和CEC三个基本控制功能；③作为控制计算基础的过程模拟软件包。

(8)将测厚仪作为张力减径机控制的信号源，

测得数据输入在线过程自动控制系统,则张力减径机本身成为闭环控制系统,自动完成WTCA、WTCL、CEC三个基本控制功能。

(9)Pehle和Eichholz合写的这篇文章发表于《SuE》1988年第19期和第20期。文章发表后的10年内,张力减径工艺过程自动控制有了长足的发

展。Dr. Voswinckel发表于1995年7/8月的《TPT》杂志,题为“Process Management System for SRM”一文已足以说明上文发表后6~7年内这方面的新进展。

(待 续)

金如崧译注

## ● 信 息

### 中国钢铁工业协会钢管分会三届三次会员大会在鞍山召开

中国钢铁工业协会钢管分会(以下简称钢管协会)三届三次会员大会于2003年9月23~26日在鞍钢召开,来自钢管协会40多个会员单位代表90多人参加了会议。应邀到会的有中钢协副秘书长黄金干、钢结构协会副秘书长刘万忠、冶金信息中心主任杨志强、冶金价格中心主任张兰英等。

黄金干副秘书长对今年1~8月的钢铁市场形势及发展趋势发表了重要讲话;刘万忠副秘书长介绍了国内外钢结构行业的发展状态以及目前的大好形势;张兰英主任对2003年的冶金产品及钢管市场行情进行了分析;杨志强主任介绍了拟实施钢管市场电子商务的方案;钢管协会张振钢理事长就协会一年来的工作及全国钢材、钢管发展形势作了重要的工作报告;孔令铭秘书长向大会作了2003年钢管协会工作的汇报。

与会代表认真听取了报告和讲话并分组进行了热烈的讨论,主要会员单位代表介绍了本企业近期概况和发展规划。代表们对协会1年来的工作给予了充分肯定,并对今后的工作安排达成了共识。

代表们参观了鞍钢无缝钢管厂新建的Φ159mm MPM机组。会议感谢鞍钢无缝钢管厂对会议的支持。

(本 刊)

### 钢管产品标准研讨会在北京召开

2003年7月15~18日,钢管协会在北京礼士宾馆主持召开了钢管标准研讨会,协会25个会员单位代表35人参加了会议。中钢协科技环保部徐寅副主任、冶金信息标准研究院王丽敏副院长、标准研究院标准所有关人员及钢标准委员会(简称钢标委)钢管分技术委员会晏如秘书长出席了会议。

会议明确了协会标准化工作的方向、任务:①协会标准化工作应定位于服务企业,了解、反映企业意见,为钢管标准化作贡献;②在标准化工作方面,应及时了解上级协会标准化工作年度计划,据此开展调研,反映企业呼声;③增强团结,促进钢管标准化工作的发展;④协会的标准化工作应与钢标委钢管分技术委员会紧密配合,推动钢管标准化工作的发展。

与会代表针对现行钢管标准存在的问题,提出很多建设性意见。

钢管协会将根据会议确定的内容,加强同中钢协、标准院以及钢标委钢管分技术委员会的联系和沟通,搞好协调,形成合力,反映企业呼声,代表行业提出建议,把我国钢管标准工作推向前进。

### 钢管协会信息工作会议在大连召开

钢管协会信息工作会议于2003年8月20~22日在大连召开。钢管协会副理事长姜长华、中国钢铁工业协会市场部处长李秀华、大连无缝钢管联合公司董事长郑东亮、冶金信息中心主任杨志强、冶金报社编辑杜秦、济钢集团科长李厥友及协会30多名会员单位代表50余人参加了会议。

会议总结了协会上半年的信息工作,分析了上半年钢铁行业的宏观状况并安排了下半年的工作;提出了钢管网的维护及网站建设的建议;介绍了中厚板统计工作的经验;表彰了信息工作的先进单位和个人。代表们对协会信息工作达成共识:①加强信息的收集管理及网站的建设。要充分利用“钢管网”这一平台,广泛收集钢管行业及其上、下游品种的信息动态,丰富钢管网内容。②强化信息的有关性和利用性。各会员单位应积极、及时报道企业的相关信息和数据,协会及时汇总后,在钢管网会员区内发布。③建立钢管网站“电子商务”。由冶金信息中心提出具体操作方案,报协会常务理事会审议批准实施。④各会员单位应及时向钢管网填报“交换信息指标目录”,并交纳上网费和广告费。

会议原则通过《钢管协会信息管理工作暂行办法》,并认真听取了代表们对协会信息工作提出的建设性意见。

(钢管协会秘书处)