

如何提高无缝钢管市场竞争力

作者：德华公司 王里

由于生产能力远大于市场需求，大型钢管生产企业面临着保持市场份额的压力，特别是在国际市场上这种压力与日俱增。如何战胜竞争对手，使自己立于不败之地，每个大型钢管企业都在寻找新的方法。众所周知，提高市场竞争力的关键在于生产成本和产品质量。而“质量”这个概念从根本意义上来说就包含了用户将产生与节省的费用。

举一个例子来简单说明质量就等同于费用的原因。通常来说，在确定的材质强度的范围内，一根钢管需要达到一个必要的最小壁厚。任何大于此的壁厚都是无用的，可以说这些材料等同于都浪费。用数字来简单表示，在壁厚偏差为 $\pm 10\%$ 时，此偏差范围的平均壁厚大于最小壁厚 10%。而在壁厚偏差为 $\pm 5\%$ 时，平均壁厚大于最小壁厚 5%。而大于最小壁厚的无用偏差代表着可以节省的材料。对于一条年产量为四十万吨的钢管生产线来说，如果无用的壁厚偏差为 5%，换算成能节省的材料可达 2 万吨。由此可以想象，减少钢管壁厚偏差并降低材料损耗可以使钢管生产厂家节省生产成本，提高钢管质量，大幅度提高在同行业内的竞争能力，从而获得巨大的经济收益。而高质量低重量的钢管对用户方也将具有更大的吸引力。以下篇幅将介绍改善质量的具体措施及数据标准。

结论：“质量改善”的意义就是节省成本。由此提高市场竞争能力，增加盈利，节约资源。

工具的使用

要想节省生产成本，首先必须在斜轧穿孔机的穿孔工艺方面着手进行，穿孔工艺在无缝钢管生产里起着关键作用。穿孔过程中的缺陷和工艺极限会贯穿整条轧制生产线，在很大程度上影响到成品管的质量。

此外，无缝钢管的绝大部分壁厚偏差（大约 80%）都需归于偏心率的问题上。若轧机中心线准确前提下，它产生的原因主要为：穿孔前加热炉的管坯加热温度不均；穿孔顶头，顶杆 及导盘等工具的各种缺陷。

工具 - 穿孔顶头

穿孔顶头是决定性的工具。在穿孔过程中，顶头要承受极重的负载，磨损很快，由此工具成本将增加且轧件易产生单边及其他缺陷。

在使用过程中，穿孔顶头的成本也因不同顶头的类型而不同。最简单的普通顶头大多是采用热工具钢材质的铸造件作为基体，表面具有约 0.2 毫米的氧化铁保护层，以起到绝热保护和防磨损作用。除此之外，还有一种高费用的顶头，采用轧钢件用机床车削加工而成，表面涂层厚度较厚。涂层材料包括镍合金及一些类似昂贵材料在内。

考虑到顶头本身的低成本现阶段无缝钢管生产厂家普遍采用普通铸造件顶头。但每吨钢管的顶头成本并不能作为选择顶头的唯一标准。因为普通顶头会对整个轧制过程带来不可避免的负面后果。

首先，频繁地更换顶头会减少钢管设备的生产效率。其次，普通顶头在穿孔过程中极易受到影响，对于斜轧机组的设置和管坯温度变化都非常敏感。在穿孔后，无法预测顶头何时出现变形或损坏，而最终导致毛管内表缺陷，出现过大小单边及报废。顶头使用寿命的波动会造成频繁更换顶头，使穿孔过程变得不稳定，产品缺陷不能够被及时发现。

另一方面，在轧制合金钢的过程中，穿孔顶头在刚刚穿了少数的管坯后，其表面保护层就开始剥蚀脱落，导致穿孔顶头和管件之间产生粘连，也会造成毛管内表缺陷而报废。管坯合金钢含量的高低决定了顶头的工作寿命。管坯合金含量越高，穿孔顶头的寿命就越低。轧制高合金钢管坯时普通顶头甚至完成不了一次穿孔就会磨损。因此钢管厂只能采取缩短管坯长度，来确保穿孔的进行，如此会极大地降低成材率。

综上所述，在当今无缝钢管生产中已无法忽视提高穿孔顶头使用寿命并稳定穿孔过程的重要性。为此，众多的钢管生产厂家尝试了一些提高顶头寿命的方法。

其中一种被普遍采用的方法是增加保护涂层的厚度。至今为止大多数厂家的涂层只能达到 0.2 毫米的厚度，少数厂家的涂层厚度可达到 0.5 毫米。而传统顶头的涂层厚度理论上最多只能达到 0.8 毫米，因为大于 0.8 毫米的涂层容易在剪切力的作用下脱落。

另一种可以考虑的方法是加大穿孔时对顶头外表面冷却的强度。但外表面冷却时由于温度突变出现热冲击，可能使顶头保护层脱落或基体产生裂纹，最终导致顶头开裂。为了解决这个问题，需要采用优质材质作为顶头基体来抵抗热冲击的作用，但是昂贵的材料也会增加生产成本。一种值得推荐的新方法是进行顶头内表面冷却，这种持续性的内表面冷却可以有效降低热冲击的强度。

可以看出，优化穿孔顶头的使用寿命是一个棘手的问题。如何解决这个问题也是每家无缝钢管生产厂翘首以待的事。（见参考文献 1）

这个问题因为一种新型顶头涂层的成功研发而得到解决。图 1 展示出这种新的顶头涂层，图中可以看出新型涂层与传统涂层的比较。新涂层不仅具有更大的厚度，而且能更好的抗剪切力。

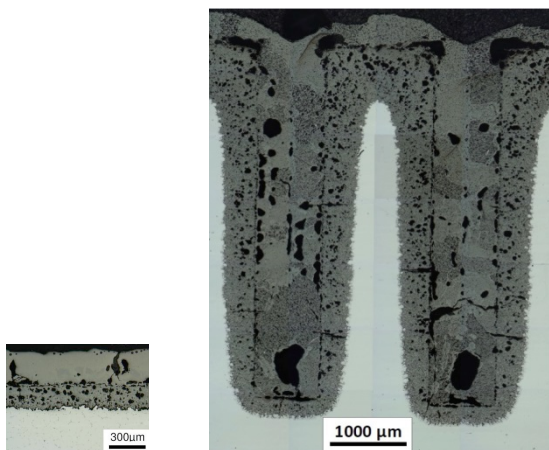


图 1：左：通常的顶头表面涂层。 右：新的顶头表面涂层

图 2 充分地展示了高厚度保护涂层的优势：当涂层厚度为 0.5 毫米时，顶头温度很高并会造成基体材料软化。为了使基体的温度低于临界软化范围必须采用高强度的冷却。而此方法带来的短时间内的剧烈温差会使基体材料内部应力剧增并最终出现裂纹。因此需要优质材料来抵抗该高强度负荷。

使用厚度为 5 毫米的涂层能够大幅度降低顶头的温度及温度陡度，从而明显减少基体材料的负荷并降低对材料本身的要求。

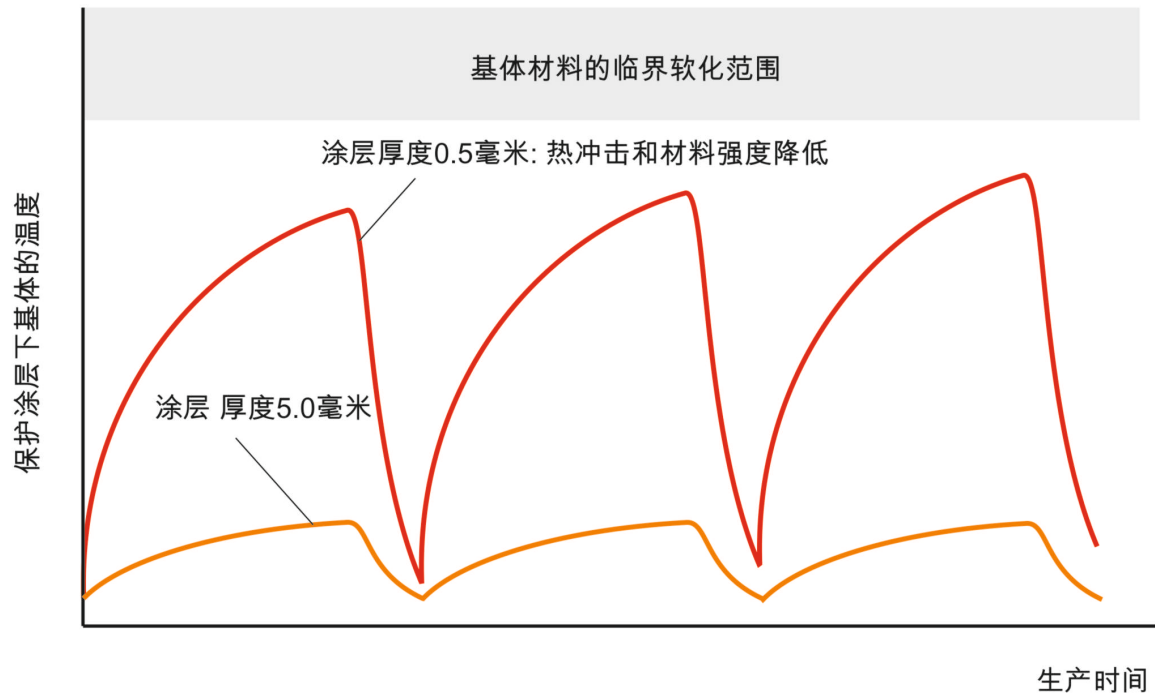


图 2：顶头的温度变化与保护涂层厚度的关系

涂层厚度最长达 6 毫米的新型顶头至今已在众多钢管厂的穿孔机上使用，与各钢管厂之前采用的普通顶头相比，使用寿命达到了它们的 10 倍到 40 倍！这种顶头不再需要以往的外部冷却，改用缓和的持续性内部冷却方法。既稳定了穿孔工艺，又具有可再现性的高寿命和更低的生产费用。即使与昂贵的镍合金材质顶头的对比，新型顶头也具有明显的优势。

新型顶头的主要优点如下：

1. 绝热性更高
2. 更抵抗剪切应力
3. 尤其适合于高合金钢的穿孔（寿命显著提高）

增加涂层厚度虽然使顶头的生产成本有所增加，但是与增加的顶头使用寿命相比是微不足道的。因为通过提高寿命后节省的成本约为顶头生产成本的 20 倍。

当下还有一种更新的涂层在研发之中。此种涂层可以进一步的降低生产成本，增加涂层厚度并加强抗损耗强度。

结论：新型材质的顶头应该具有和本体相连的至少 5 毫米厚度的涂层（氧化物陶瓷）。根据具体情况采取合适的内部冷却，可为持续性，也可为暂时的。这应作为改进后的新技术标准。

工具—芯棒

在 MP—和 PQF 连轧机上使用的芯棒和顶头的情况类似，现阶段芯棒的成本往往作为厂家的唯一选择标准。至今为轧机制造厂所推荐使用的芯棒用耐热工具钢锻造而成，然后根据图纸进行机械加工，最后表面进行镀铬。这种芯棒价格非常昂贵。在整个钢管市场疲软的形势下，为了降低生产成本，钢管生产厂不得不设法开始寻找便宜的代替品。很多特钢厂看到芯棒带来的利润纷纷开始了制作芯棒，但是由于技术缺陷生产的芯棒质量较差。还有的钢管生产厂采取芯棒修补办法，例如当芯棒表面裂纹出现后进行局部堆焊然后再磨光后继续使用。这种方法忽视了一个问题，修补过的芯棒容易造成钢管内表面缺陷：通过堆焊修复的芯棒表面裂纹可能和钢管粘连，从而造成钢管内表面出现裂纹或折叠。这些缺陷在生产过程中无法立即得知，只有在成品管时才被发现。而芯棒作为导致这些缺陷的根本原因却往往容易被忽视，这些都会耽误生产的正常进行，增加生产成本。有时还会造成修磨和重轧。钢管厂家还必须承受买主对钢管质量提出的索赔。由此可见，为了单纯节省芯棒采购成本导致其他问题的出现，使钢管成品质量受到严重影响，失去竞争能力，得不偿失。

结论：优质的轧制工具（芯棒，顶头）是长期保证钢管质量的重要前提。

创新的解决方法—控制钢管偏心率

现阶段的技术水平理论上已经能够把钢管的偏心率降低到一个较小的数值，但往往却无法持续性地实现（理论数值 2% 至 3% 偏心率），在实践中偏心率通常达到了理论值的 2 到 3 倍。这是因为在穿孔过程中具有大的自由度和诸多影响因素，现阶段普遍使用的过程控制系统需要极高的成本却达不到最佳效果。

据统计，几乎所有的钢管厂都会出现过大的偏心率。这就表示传统的过程控制系统并不能有效的解决偏心率的问题。一个有创意的新构思可能成为该问题的解决方法。参考文献 2 中详细介绍了一种基于对顶头在穿孔过程中的运动进行有目的性的控制方法，使偏心率得到良好的控制。

此外，在早期及时测量出偏心率具体数值后尽快开始纠正调节也对控制偏心率有很大帮助。虽说直接测量空心坯并非不可能，但此种测量非常困难且会耗费大量资源。一个简单有效的方法是测量顶杆的偏移度，由此可以快速地获取富有启发性的数据。

结论：现代化的钢管厂都应该采取合适的措施，确保偏心率数值在 4% 之下。

测量技术

大多数钢管厂允许出现钢管偏心的原因是，在过程控制系统足够好的情况下，壁厚偏差能够控制在很小的范围内，或者在热变形工程中可以大幅减少。为此精确的壁厚测量尤为重要。

而要精确地测量壁厚则必须使用合适的壁厚测量仪器。至今为止有两种不同类型的测量技术被广泛应用：一种是透射性测量，另一种是局部测量。透射性测量大多利用伽马射线（吸收测量）；而局部测量是通过激光扫描热钢管进行超声波测量（时间行程测量）。

选择测量仪器时首先要考虑所使用的测量技术。其次要考虑测量头（又称测量通道）的数量和布置以及钢管与测量系统之间的相对位移等因素。测量头的数量和布置需根据钢管的几何数据及相关成本来确定。不同布置下测量头可沿着钢管轴向作直线相对运动，也可沿着螺旋线方向（见图 3）做相对运动，甚至可能作出振动和其他类型的相对运动。

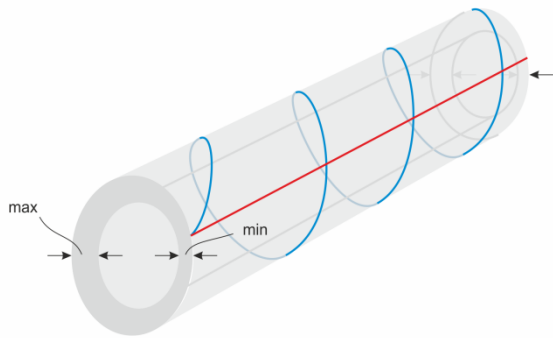


图 3:轴向单通道测量线和螺旋线单通道测量线

进行此类测量的目的是检测和排除测量点前的钢管缺陷，或是正向调节并排除已出现的偏差，亦或是在质量检测时进行数据定性分析。

接下来用平均壁厚值测量的例子来讨论一下两种测量技术的实用性。壁厚平均值可以用来调控张力减径机的转速，从而平衡壁厚偏差，减少壁厚不均的缺陷。在使用透射性测量的情况下，小口径的钢管因为横截面数据能够被单个轴向测量通道收集，所以测量平均壁厚值相对简单。而大口径钢管的横截面数据若使用单通道轴向测量，因横截面无法被单通道完全透射，则必须使用螺旋线通道使测量头达到一定的转速从而完全收集数据。此情况下使用纵轴向测量线则至少需要 5 个测量通道。使用局部测量的情况与大口径钢管透射性测量相似，也必须使用单通道螺旋线测量或者至少 5 个纵轴向测量通道。测量通道的增多将大幅度增加投资成本。值得一提的是，张减机前的钢管平均壁厚值也可通过测量长度和重量相对简单地求出。

综上所述，要获取钢管横截面的局部壁厚偏差，无论采取那种测量方法都必须使用多个测量头，测量头的具体数量取决于要测量偏差的种类。另一种方法是测量头沿着钢管的圆周线进行合适的运动。

结论：壁厚测量系统至少应该能够测出钢管横截面的平均壁厚值。为此沿着管轴向进行线性运动的局部测量（例如激光测量）是不可行的。

自动化系统

降低壁厚偏差的可靠方法就是在张减机上安装一种自动化系统，该系统具有智能学习并自动调控轧辊转速的功能。它不仅可以排除已经产生的壁厚偏差，而且还可以防止新的壁厚偏差的出现（相比之下其它方法，例如大幅度减径，取消拉力是不可取的）。

此类自动化系统已经在实践中得到验证。但大多钢管厂安装的自动化系统都非常复杂。它需要跟众多的其它系统进行数据通信，如轧机操作系统，PLC 控制系统，物料跟踪系统，测量系统以及上位微机系统（Level-2）和一些自有数据库。

一旦这种自动化集成系统在某个环节出现故障，比如出现错误操作，即可能导致钢管出现轧制缺陷，达不到定尺长度。因此该系统对操作和维护人员提出了很高的技术要求，且经过培训的技术人员无法调离到其它岗位。

而理想的自动化系统应具备出现故障时的应急能力。该系统应能够通过一个单一的传感器与电机控制系统进行连接，使用少量输入的数据，有效完成管端调控以及简单的壁厚调控。据参考

文献 3 介绍, 这种自动化系统是可行的, 已设计研发成功并在市场上使用。图 4 是该系统的工作原理示意图。

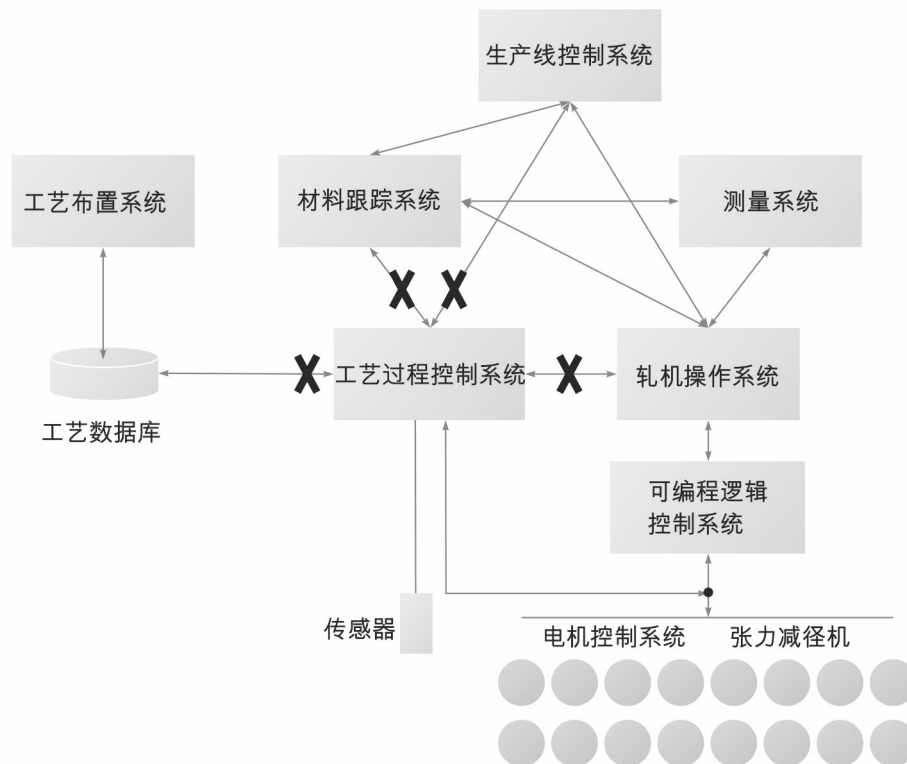


图 4: 自动化集成系统内的数据传送

如图 4 所示, 即使打 X 的地方的链接中断或在根本无连接的情况下, 该控制系统也会对工艺程序进行有效地调节。

此类自动化系统设计时把最基本的功能作为重点，因此费用较低，甚至可以用于定径机的自动化控制。

控制系统可以连接一种工艺专用用于优化转速和校正的系统。此类系统具备程序能清楚定义，可优化，易理解和一目了然的特点。而系统的程序定义不应该建立在成千上万的数据组的基础上，相反使用已知的参考数据来覆盖全部的轧制程序。

自动化系统的优劣主要由管端切损耗和平均壁厚偏差来评判。

通过测量张减机上的管端切损耗，系统可计算出要管端切除重量：

$$\text{相对管端切除重量} = \frac{\text{管端切除重量}}{(\text{荒管重量}/\text{荒管长度}) \times 2 \times \text{机组间距}}$$

在张力值为 0.6 时，相对管端切除重量值应该控制在 ≤ 1 的范围内。该数值可以作为每一个张减机标准参考值。

而壁厚调节系统应该对荒管的平均壁厚偏差进行调节,使成品管的壁厚偏差达到 $\pm 0.5\%$ 。

结论：对于张减机和定径机来说，为了减少投入，使用简单易行且高效的自动化系统，势在必行。

结语：

在现代无缝钢管生产中, 由于生产能力过剩造成的激烈市场竞争给各钢管厂带来了诸多困难, 预计这种困境将会仍旧持续下去。因此钢管生产厂家都面临着一个问题: 如何提高钢管质量, 在激烈的竞争中利于不败之地? 该文章陈述了实现此目标的必要措施, 供大家参考。

如果想获取上述文中各种题目的有关细节和进一步的信息请与以下电子邮件联系:

info@dehua-gmbh.com

参考文献来源：

/1/K.Serin 和 H.J. Pehle 发表在”钢与铁“134 卷(2014)第11期, 题为“提高无缝钢管生产中热变形工具的寿命”

/2/H. J. Pehle W02014/067514A1 : 无缝钢管生产中减少偏心率的设施和方法

/3/ www.atrac-automation.com