卷板弯曲变形的原因与对策

临沂市技术学院 （山东 276005） 贾玉斌 刘世红

在卷板过程中，常常会遇到卷制出的筒体出现中间大、两头小的情况，即腰鼓形变形。对于具有相同材质性能的中薄板，板宽尺寸越大，卷制的筒体直径越小，越容易产生上述变形。当板宽尺寸超过5m（此种情况一般是先将平板拼焊后再卷制）时，桶状变形就会比较明显。变形的产生给焊接或内部装配带来极大的不便，若变形太大，必须通过对工件进行整形才能满足后面工序的要求，但变形的整形是非常困难的。为尽量减少整形量，一次性卷制出合格的筒体，必须分析产生变形的原因，并采取适当措施加以防止或弥补消除。

1. 产生桶状变形的原因

卷板机在工作过程中，上辊向下压，两侧辊旋转（对于四辊卷板机，则是上辊旋转，上辊、下辊夹紧钢板，两侧辊斜向上升施压），使板材绕上辊发生连续弯曲，从而卷制出所要求半径的筒体。

根据卷板机的结构形式，可以把各辊轴在工作过程中的受力情况视为简支梁来分析。一般来讲，卷板机的上辊较粗，刚性较好，侧辊或下辊略细，刚性不如上辊。卷板时如果上辊的下压力太大，而侧辊的刚性不足，就会使辊轴在卷制筒体的过程中发生变形而出现挠曲，如图1所示。尤其对辊轴较长的卷板机（如超过5m），当压紧力和卷板力接近设备极限时，辊轴更容易出现弯曲

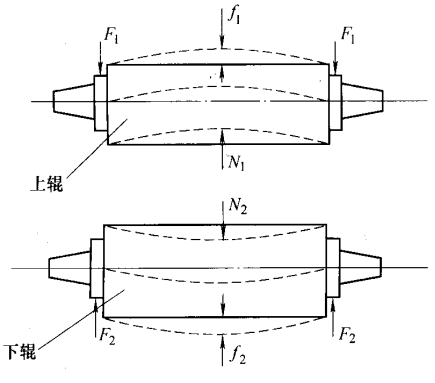


图1 卷板机辊轴受力变形示意图

变形，使卷板机上、下辊之间沿长度方向的间隙大小不一致，中间部位间隙大，两端间隙小，从而造成辊轴两端对板材的压紧力大、中间压紧力小的情况，即在卷制筒体时板材同一层面沿辊轴长度方向各点受力不均，应力应变不一致，使卷出的筒体中间部位弯曲半径变大而形成桶状。对于具有相同材质性能的中薄板，当板厚与卷制的筒体直径相同而板宽尺寸越大或板厚与板宽尺寸相同而卷制的筒体直径越小时，所需要的压紧力和卷板力也就越大，辊轴变形产生的挠度也越大。因此，板材沿辊轴长度方向各点的受力大小差别越大，桶状变形越明显。若卷筒时板料宽度尺寸超过5m而卷制的筒体直径又比较小（比如小于ϕ1000mm）时，则卷出的筒体将会出现明显的桶状变形。

2. 防止桶状变形的措施

由以上分析可知，为卷制出理想的筒体，始终保持上、下辊轴之间的间隙均匀一致，保证它们对板材的压紧力和弯曲力相同是非常重要的。为达到这一目的，就应采取相应的措施来防止辊轴变形或对辊轴产生的变形予以弥补及消除。针对具体情况，可分别采取以下措施。

（1）卷板机的各辊轴要有足够的刚性，即使在卷制最大规格的板料时各辊轴也不至于发生过大的变形。但辊轴的刚度是和其截面模量相关的，受设备结构及其他因素的限制，不可能将辊轴做得特别粗。在此情况下，应建议设备厂家根据卷板机的长度及卷板材质的性能、板厚等不同参数，将各辊轴设计得略带弧形（只适用于一定的板材厚度范围），即对辊轴进行弧形修正，如图2所示。

弧形修正的目的就是为了在卷板过程中，当上、下辊受力出现挠曲变形后，夹持板材的部分基本趋于平直，保证夹持板材的上、下辊之间的间隙一致，使板材沿辊轴长度方向各点受力均匀，见图2b。弧形尺寸的大小应根据材质及适用的板料厚度范围等参数，由经验丰富的专业技术人员进行慎密的计算。

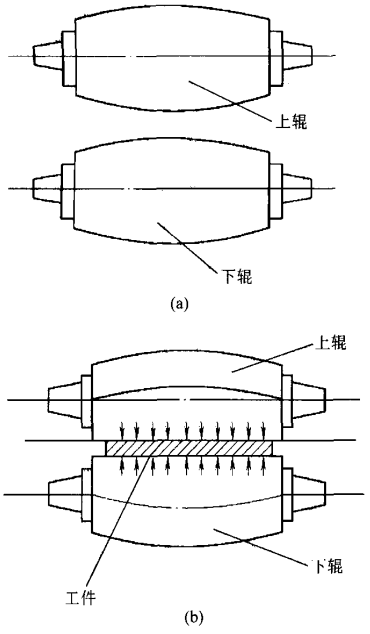


图2 辊轴修正及其对卷板的影响

(2) 卷板机下辊中间部位应带有辅助支承滚轮以增强下辊的刚性，辅助支承滚轮的数量根据设备长度设定；或者辊轴弧形修正与辅助支承滚轮两者兼而有之，如图3所示。目前，国外大多数知名的卷板机制造商都

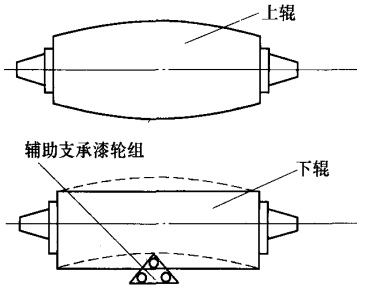


图3 带辅助支承的卷板机受力变形示意图

已采取对辊轴进行弧形修正及对下辊增加辅助支承的方法来设计、制造较长的卷板机，但各厂家根据自己的经验所采取的修正方法有所不同，国内也已有少数具有这方面经验的厂家制造了此类卷板机。这样在卷制不同尺寸的筒体时，适当调整辅助支承滚轮向上的压力，使下辊在卷制筒体的过程中首先具有一个向上的反变形，上辊向上加压后使下辊的反变形消除，上、下辊很好地与材料贴合在一起，保证板材同一层面的各点受力一致，变形相同，从而消除桶状变形，卷制出合格的筒体。该办法比单纯对辊轴进行弧形修正能适应更广泛的板材范围，效果也更好。

(3) 对于已有的既无弧形修正又不带辅助支承滚轮的卷板机，尽量不要在设备极限能力时卷制筒体，而应将筒体分段卷制后拼接，使卷板机各辊轴的刚性能够承受卷板时的压紧力和卷板力而不变形，这是最基本也是最容易做到的。

(4) 在不影响对板材的压紧和卷制的情况下，适当降低上辊的压力，减少每次的压下量，从而减少各辊轴的挠曲变形，使上、下辊之间的间隙基本保持一致，这样就可以减少成形筒体的桶状变形量。

(5) 在卷板过程中板料和上辊之间垫两块橡胶垫块进行辅助调整，以保持板材在辊轴长度方向所受压紧力和弯曲力基本一致，如图4所示。橡胶垫块的形状如图4b所示，尺寸 A 可视板宽尺寸的大小取其3/4或2/3即可（全长最佳），尺寸 B 取略小于上辊周长的一半，f（$f \approx f_1 + f_2$）值为上、下辊的挠曲变形量之和，此值很难进行精确计算，因此，在实际生产中可把上下辊当做简支梁变形进行概算或估算。

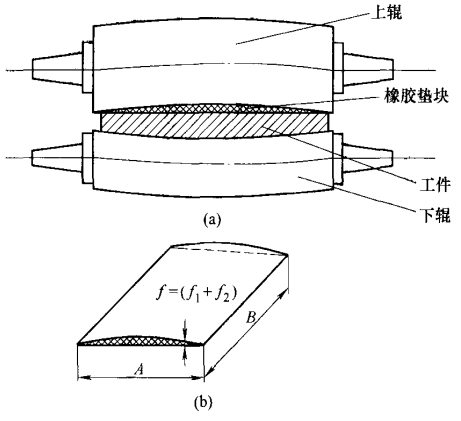


图4 用橡胶垫块调整辊轴之间的间隙

卷制筒体时，不断移动垫块的位置，使其始终和上辊及板材保持接触，以保证板材沿辊轴长度方向各点受力基本相同，达到减少筒体尺寸误差的目的。对于桶状变形误差不太大的工件，在卷制过程中，可沿板宽方向在中间部位用较薄的矩形橡胶垫进行粗略调整，这样对筒体的桶状变形也可有一定的弥补甚至消除作用。

(20060119)