

三辊卷板机 $h = f(\phi)$ 曲线的推导及应用

广西冶金建设公司修造厂

程 纯 海

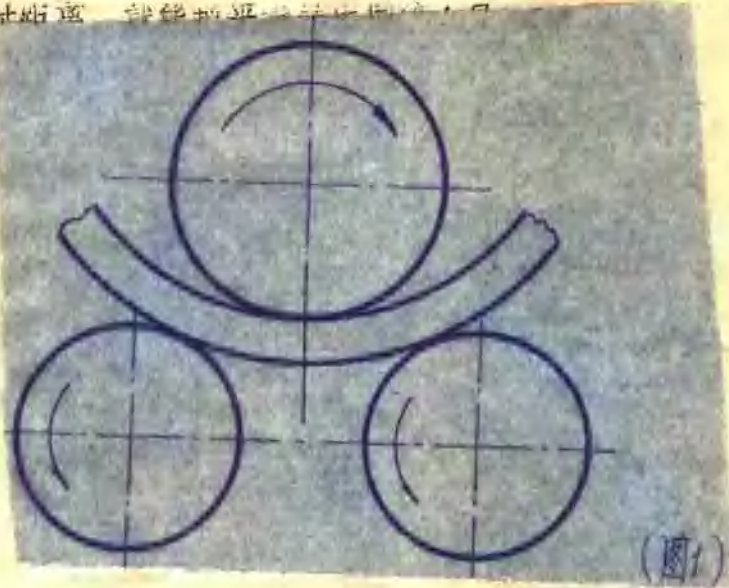
一 九 八 三 年

三辊卷板机 $h = f(\varnothing)$ 曲线的推导及应用

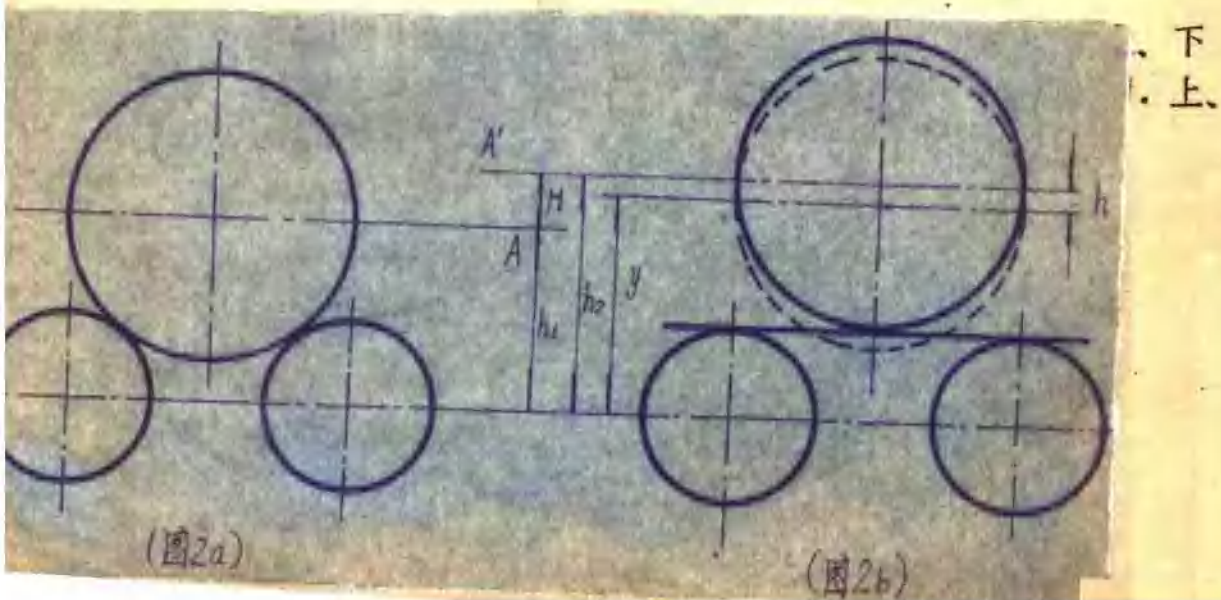
目前，在三辊卷板机上，用板材卷制圆筒时，需经常停机用样板度量，既费工又难保证质量。笔者通过对实践的总结，推导出上辊位移量 h 与圆筒直径 $\varnothing$ 的关系曲线。实践证明，应用此曲线，可以简便地根据 h 确定圆筒直径。现将 $h = f(\varnothing)$ 曲线的推导及应用序述如下，与同行们商榷。

(一) 卷筒工作原理

卷筒工艺，普遍使用三辊卷板机。两下辊（主动）水平、平行安装，上辊（被动）能垂直移动，将板材置于上、下辊之间，改变上、下辊的相对距离，就能将平



(二) $h = f(\varnothing)$ 曲线原理



所以，上辊的最大位移量 H ，等于 h_2 与 h_1 之差即： $H=h_2-h_1$

用线段表示 H ，则： $H=AA'$

当上辊中心轴线位于 A 点时，称上辊处于“零位”。圆筒被卷成最小的直径，理论上等于上辊直径，以 $\varnothing_{min}$ 表示。

当上辊中心轴线位于 A' 点时，称其处于“上限”。圆筒被卷成的直径，理论上为无限大，以 $\varnothing_{max}$ 表示。

当 h 从 $0 \rightarrow H$ 则 $\varnothing$ 从 $\varnothing_{min} (= \text{上辊直径}) \rightarrow \varnothing_{max} (\infty)$

所以，凡卷大于上辊直径的圆筒，上辊的中心轴线，必定位于 AA' 区间之内。 AA' 上每一点，均对应着唯一数值的圆筒直径。

(三) $h=f(\varnothing)$ 方程的推导

方法如下(见图3)。

(1) R 、 r 分别代表上、下辊半径。

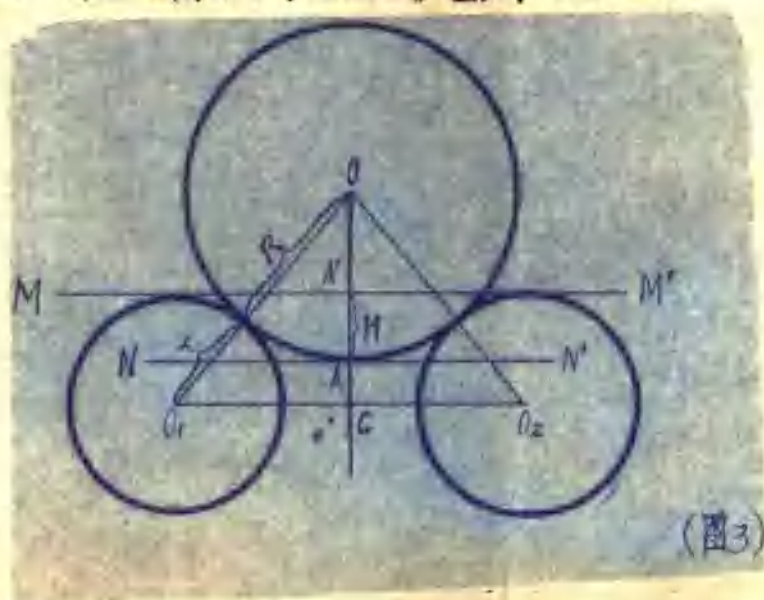
(2) 分别以 O 、 O_1 、 O_2 为圆心， R 、 r 为半径作一大圆(在上)与两小圆相切。

(3) 作 O 、 O_1 、 O_2 三点的连接线，成等腰三角形 O 、 O_1 、 O_2 。

(4) 作 O_1 、 O_2 的垂直平分线 OC 。

(5) 作 O_1 、 O_2 的平行线 II' 与 MM' ，且使两条线分别与大圆及两小圆相切。

(6) II' 与 MM' 截 OC 于 A 和 A' 。已知： $AA'=H$



在三角形中 $O_1 O_2 C$ 中: $O_1 O_2 = R + r$, $O_1 C = \frac{1}{2} O_1 O_2$ (1)

$$O_1 C = \sqrt{(R+r)^2 - (O_1 O_2)^2} \quad \text{即} \quad O_1 C = \sqrt{(R+r)^2 - \left(\frac{O_1 O_2}{2}\right)^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{所以 } R = O_1 A' + H, \quad r = A' C + H \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{所以 } R + r = O_1 A' + A' C + 2H \dots\dots\dots (4)$$

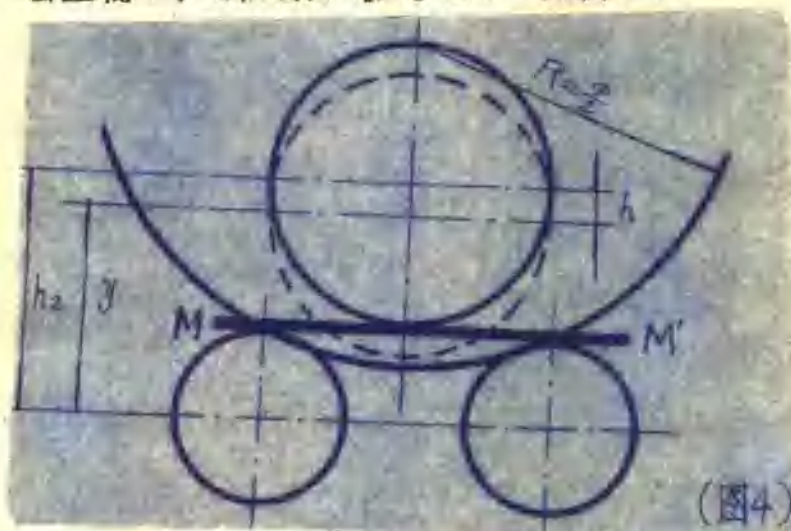
$$\text{而 } O_1 C = O_1 A' + A' C + H \dots\dots\dots (5)$$

$$(4)-(5) \quad \text{得 } H = (R + r) - O_1 C \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{将(2)代入(6)得:} \quad H = (R + r) - \sqrt{(R + r)^2 - \left(\frac{O_1 O_2}{2}\right)^2} \dots\dots I$$

I式是根据卷板机基本参数(上、下辊半径 R 及两下辊的距离 $O_1 O_2$) 求解上辊最大位移量 H 的方程。

当上辊的中心轴线由 h_2 位移至 y (见图4)



其变化量 $h = h_2 - y$. 并将圆筒直径当作上辊直径 D 看待. 即 $R = \frac{\varnothing}{2}$.

$$\text{则方程 I 可写成: } h = \left(\frac{\varnothing}{2} + r\right) - \sqrt{\left(\frac{\varnothing}{2} + r\right)^2 - \left(\frac{O_1 O_2}{2}\right)^2} \dots\dots\dots (II)$$

方程 (II) 是 $h = f(\varnothing)$ 的表达式. 适用于所有三辊卷板机. 根据圆筒直径中求解上辊位移量 h .

例(1). 有一台 19×2000 卷板机. 基本参数如下. 求该机上辊最大位移量 H . 已知: $R=140 \quad r=125 \quad O_1 O_2=360$ 求 $H=?$

应用方程 (I) 求解

$$\text{解: } H = (140 + 125) - \sqrt{(140 + 125)^2 - 180^2} = 70.51 \text{ mm}$$

答: 该卷板机的最大位移量 H 为 70.51 mm

三辊卷板机的基本参数 (R 、 r 、及 Q_0) 决定了 H 的值, 所以每一台卷板机的最大位移量 H 都有其相应的确定值。

例(2) 仍用上述卷板机, 卷制直径为 800 mm 的圆筒, 试求上辊位移量 h 。(提示: 将圆筒直径当作上辊直径看待, 且设圆筒的板厚 $\delta = 0$, 则已知参数如下):

$$\frac{\varnothing}{2} = \frac{800}{2} = 400, \quad r = 125, \quad Q_0 = 180 \quad \text{求 } h = ?$$

$$\text{解: } h = (400 + 125) - \sqrt{(400 + 125)^2 - 180^2} = 31.82 \text{ mm}$$

答: 见图 4) 当上辊由上限即 h 位移致 y , 其位移量为 $h = 31.82 \text{ mm}$, 时, 板材恰好被卷成直径为 800 的圆筒。

(四) 上辊位移量的性质

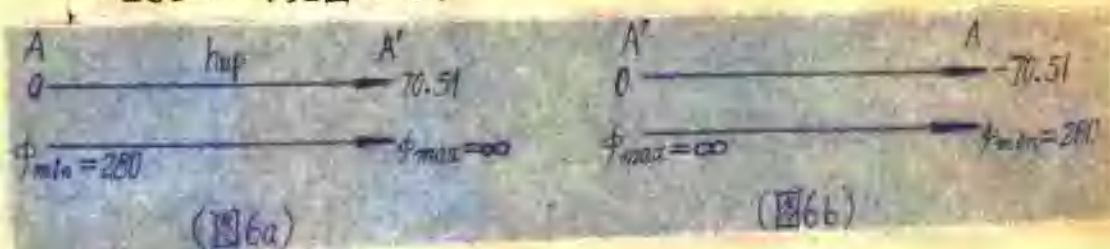
(1) h 的方向性

上辊位移量可以用线段表示, 而线段可以有不同的取向。若规定上辊的中心线轴由 A 点位移至 P 点, 方向由下而上, 取正值, 称作升辊量, 用 h_{up} 表示; 若上辊的中心轴线由 A 点位移至 P 点, 方向由上而下, 则应取负值, 称作降辊量, 用 h_d 表示 (见图 5 a、b)



将A点作为始点。当上辊中心轴线位于A点时，升辊量 $h_{up}=0$ 。板材被卷成的直径为： $\phi_{min}=280\text{mm}$ 。上辊由A点上升至A'点时，升量 h_{min} 到达终点。离始点 70.51mm 。即 $h_{up}=70.51\text{mm}$ 。板材被卷成的直径 $\phi_{max}=280\text{mm}$ (见图6a)

如将A点作为“始点”。当上辊中心轴线位于A点时，降辊量 $h_d=0$ 。板材被卷成的直径为 $\phi_{max}=\infty$ 。上辊由A点下降至A'点时，降辊量到达“终点”。离“始点” -70.51mm 。板材被卷成的直径 $\phi_{min}=280\text{mm}$ (见图6b)



以上是借用例(1)卷板机基本参数。且将板材当作没有厚度 ($\delta=0$) 处理的。但实际上任何板材都具有一定的厚度 ($\delta>0$)。故必须把板材厚度加上去才有意义。所以图(6a、b)的表达形式应改为(见图6c d)的表达形式。

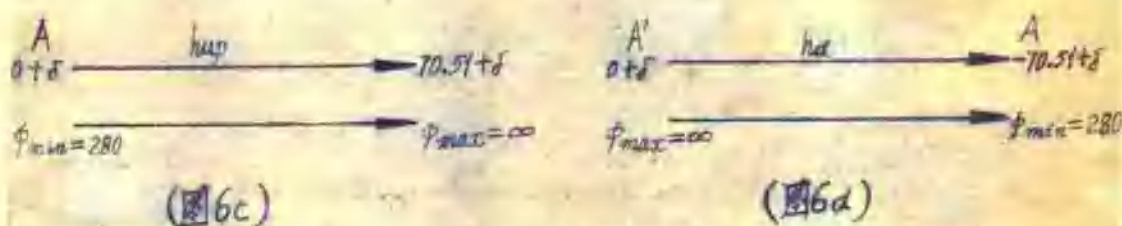
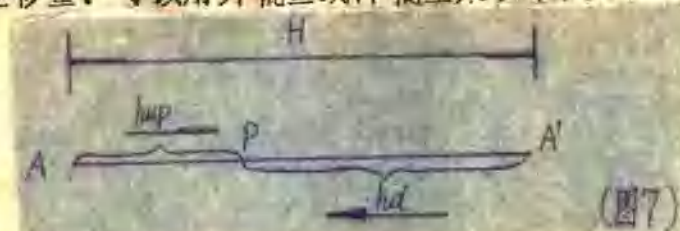


图6c、d)是分别用 升辊量 h_{up} 与降辊量 h_d 表达上辊位移量。在 h_{up} 与 h_d 的始点和终点加上同一数值的板材厚度 δ 。始点和终点的实际位置变了。但它们之间的距离并未改变。

(2) 升辊量和降辊量的关系

上辊位移量，可以用升辊量或降辊量来表示关系（见图7）



当上辊由A点上升至P点，与始点的距离为AP，即 $AP = h_{up}$ 。如用 h_d 表示，可以看作上辊由A点下降至P点，与“始点”的距离为AP。一般 $AP \neq |A'P|$ ，二者关系式如下：

$$AP = AA' - A'P \quad \text{已知 } AP = h_{up} \quad A'P = h_d$$

$$\text{因此：} h_{up} = H - |h_d| \dots\dots\dots (\text{III})$$

$$\text{或：} |h_d| = H - h_{up} \dots\dots\dots (\text{II})$$

公式(II)表达了升辊量与降辊量的关系；升辊量等于上辊量最大位移量与降辊量绝对值之差。

注意，上辊位移量 h ，一般是不考虑始点和终点及它的方向性，而升辊量 h_{up} 和降辊量 h_d 的始点和终点与方向性都有明确的规定，因而 h 与 h_{up} 、 h_d 的含义是不同的。但方程(I)是由(图3)的几何作图推导出来的，故上辊位移量 h 与降辊量 h_d 数值相等，即 $h = h_d$ 。所以方程(I)实际上是 $h_d = f(\varphi)$ 的表达式。

(3) 降辊量与升辊量曲线

应用公式(I)和(II)，取一系列的中值，求得相应的 h_d 和 h_{up} 绘制成的 $h_d = f(\varphi)$ 和 $h_{up} = \psi(\varphi)$ 曲线，称作降辊量曲线和升辊量曲线。曲线的绘制步骤如下：

(1)将该卷板机(三辊)的实际参数(已知) $R=140$ 、 $r=125$
 $Q_0=360$)代入方程(I)先求出上辊最大位移量 $H=70.51\text{ mm}$ 。

(2)把圆筒直径 ϕ 当作上辊直径 D 看待,即 $R=\frac{\phi}{2}$ 。取一系列的圆
 筒直径 ϕ 当作已知参数,逐个代入方程(I)直接求得降辊量 h_d 之
 值(见表一)

$$h_d=f(\phi)$$

(表一)

ϕ	280	300	400	500	600	700	800	900	∞
h_d	76.51	67.09	-54.4	46.02	-40	-35.43	-31.32	-28.9	0

如果用升辊量 h_{uP} 表达上辊位移量 h ,要运用公式(Ⅱ)

$$h_{uP}=H-h_b \quad (\text{见表二})$$

$$h_{uP}=\psi(\phi)$$

(表二)

ϕ	280	300	400	500	600	700	800	900
h_{uP}	0	3.42	16.11	24.49	30.51	35.03	38.69	41.61

(3)采用纵轴表示 h_d (取负值)、 h_{uP} (取正值),横轴表示 ϕ 。
 将一系列 ϕ 与 h_d 的对应值在座标纸上描点。

(3)连点成线,即成为该卷板机 $h_d=f(\phi)$ 和 $h_{uP}=\psi(\phi)$
 特性曲线(见图8)。

曲线上的所有点,都能满足方程(Ⅱ)和公式(Ⅲ),所以,只要
 根据任何已知圆筒直径 ϕ ,通过曲线就能找到与之相对应的 h_d 或
 h_{uP} 的值。

$h_d=f(\phi)$ 和 $h_{uP}=\psi(\phi)$ 曲线,在实践运用中,根据
 实际情况,只采用其一,不必二者都用。应特别注意,安装标尺(或
 指示表时,它的始点必须与 h_d 或 h_{uP} 的始点一致。我们是将实际
 尺寸放大六倍,用指示表显示的。

(五) 曲线与板厚的关系。

$h=f(\varnothing)$ 曲线，是将圆筒当作没有厚度 ($\delta=0$) 而任何板材都有一定的厚度 ($\delta>0$)。且直径为同一值的圆筒，壁厚不同，上辊位移量 h 也不同，所以必须把板厚 δ 这一参数包括进去，使它成为 h 、 $\varnothing$ 、 δ 三者关系的曲线才有实用意义。所以，如拟了一个标尺 (或指示表) 它的功用是将 h 、 $\varnothing$ 、 δ 三者关系统一为一个数据，转换为标尺或表的指示读数用 h_B 表示，关系式如下：

$$h_B = \delta + h_{uP} \quad \dots\dots\dots ()$$

$$\text{或 } h_B = \delta + h_d \quad \dots\dots\dots ()$$

(六) 曲线的实际应用

例 (三) 用上述卷板机，使用本机曲线表，将厚板 $\delta=16\text{ mm}$ 、
(2) $\delta=19\text{ mm}$ 两种规定的板料，卷成外径 $\varnothing 300\text{ mm}$ 的圆筒，问
标尺或指示表的指示读数 h_B 应各为何值？

A. 使用 h_{uP} 曲线表

(1) 先在横轴上找到 $\varnothing=300$ 在曲线上的对应点 P ，及 P 在纵轴上的
响应点 $h_{uP}=38.69\text{ mm}$ 。

(2) 应用公式 (II) $h_B=\delta+h_{uP}$ ，转换为标尺 (表) 的指示读数。

$$\text{当: } \delta=16 \quad h_B=16+38.69=54.69\text{ mm}$$

$$\text{当: } \delta=19 \quad h_B=19+38.69=57.69\text{ mm}$$

B. 使用 h_d 曲线表

(1) 方法同上，从曲线表查得 $h_d=-31.82\text{ mm}$ 。

(2)应用公式 $hR=h\delta + \delta$ 转变为.....

当: $\delta=16$ $hR=31.82+16=47.82\text{mm}$

当: $\delta=19$ $hR=31.82+19=50.82\text{mm}$

小 结

(1)三辊卷板机的基本主要参数 R 、 r 及 O_1O_2 为定值, K 为一常数。它们决定了 h_uP 和 h_d 曲线的特性及能卷圆筒最小直径 ϕ_{min} 的值。

(2) h_uP 和 h_d 曲线都是表达上辊位移量的。在实践应用中, 可根据具体情况, 只用其一, 不必二者并用。曲线必须与标尺(表)配合使用。标尺(表)的始点必须与 h_uP 和 h_d 的始点一致。

(3)只要知道待加工的圆筒外径, 应用曲线, 就能查出上辊位移量。故可根据本机的能力, 使用最大限度的降辊分量, 与最少的降辊次数进行卷筒。

(4)产生在应用曲线的设想, 来源于实践, 经过总结提高, 变为理论—— $h=f(\phi)$, 转而又用它指导卷筒实践。所以, $h=f(\phi)$ 曲线是实践和理论结合的产物。使用方便, 能够提高卷筒工效和质量。

注: 若指示表的实际指示读数, 与理论不符, 即产生误差, 误差大致来自三方面:

- a. 由于卷板机的主要零部件的实际参数与设计参数不相符。
- b. 指示表本身精度和灵敏度不够, 或安装与调整不正确。
- c. 卷板机和指示表, 使用一定时间, 主要零部件磨损, 间隙过大。

凡有上述情况, 应当根据误差的数值, 对指示表加上校正和修正。