文章编号:1005－0523(2004)04－0110－03

辙叉反弯矫直理论研究

陈　慧[1]，熊国良[2]

(华东交通大学 1.机电工程学院;2.教务处,江西 南昌 330013)

摘要:运用弹塑性力学的基础理论,分析了辙叉压点式反弯矫直的基本原理.给出了实用的确定矫直压下量参数的方法,从而为实际矫直工作提供了的理论指导.文章最后运用该方法对某辙叉实例进行了计算.

关 键 词:矫直;弹塑性;压下量;MATLAB语言

中图分类号:TH123.1　　**文献标识码**:A

0 前 言

辙叉是铁路道岔设备中的一个关键零件,为保证列车通过道岔时的平稳性,当辙叉弯曲变形达到一定程度时须对其进行矫直,现场采用三点式压力矫直的工艺.国内目前对辙叉压力矫直还缺乏较系统的理论研究,实际中是凭操作者的经验来调整各控制参量的大小,严重制约了矫直精度和生产效率的提高.

1 辙叉矫直的原理

通过大量调查发现,辙叉的初始弯曲形式是有规律的:其弯曲集中发生在长度中点附近数百毫米的小范围内,此范围内辙叉截面的形状一致且其尺寸变化很小,在简化分析中可以忽略.其截面左右对称,截面右半部分形状如图1的右边部分.综上所述,辙叉压力矫直的问题可作为简支梁受横向集中载荷作用的情况,图2为其矫直示意图.

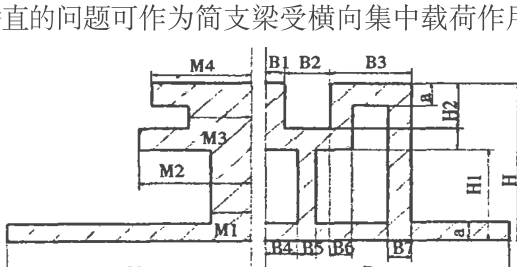

图1　辙叉截面形状

辙叉矫直过程中的变形既有弹性变形又有塑性变形,应运用弹塑性理论对其进行分析.首先作如下假设:1) 材料是均匀、连续且各向同性的,为理想弹塑性材料;2) 零件的弯曲符合伯努力平面假说;3) 卸载满足简单卸载定理,即符合线性规律.辙叉弹塑性弯曲后必然有一部分变形得到恢复,另一部分则残留下来,如图2,δ_0为初始变形,δ_w为反弯变形,δ_Σ为矫直压下量,只有当反弯变形等于弹复变形时零件卸载后才会变直.从图中可见,辙叉的矫直必须确定压点位置、支点位置和压下量三个参数.

由简支梁受压的力学分析可知,梁最大变形将发生在其长度中点附近;在相同压力作用下支点距离越大则压点弯矩越大,增大支点距离有利于充分发挥矫直机能力.因而压点应尽量作用于初始变形量最大的点处,两支点距离宜尽量增大,在压点和支点位置确定后,以下主要分析矫直压下量的确定.

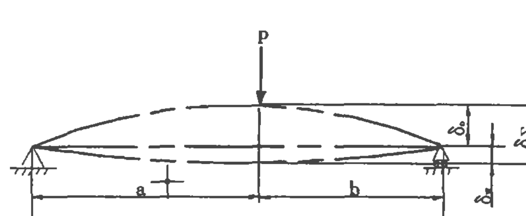

图2　矫直示意图

收稿日期:2003－07－01

作者简介:陈慧(1974－),女,江西上高人,讲师.

2　辙叉矫直压下量的确定

2.1　应力、应变及曲率关系

矫直过程各种曲率关系如图 3,图中各符号的含意:A_0 为原始曲率;A_ω 为反弯曲率;A_c 为残留曲率;A_f 为弹复曲率;A_s 为塑性弯曲曲率;A_Σ 为总弯曲率,规定各曲率凹者为"+",凸者为"-".引入弹性极限曲率 A_t(相当于工件表层纤维达到弹性极限变形时的曲率值,$A_t=2\varepsilon_t/H$),定义各曲率对 A_t 的比值为相应的曲率比,用带下标的字母 C 表示,各曲率比之间的关系如下:$C_\Sigma=C_0+C_\omega$;$C_s=C_0+C_c$;$C_f=C_\omega-C_c$.根据矫直的需要,使 $C_c=0$ 工件即得到矫直,因而须使:

$$C_f=C_\omega \tag{1}$$

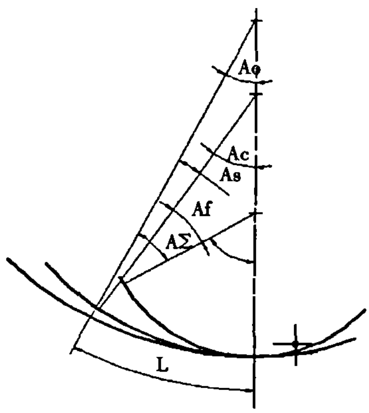

图 3　曲率变化关系

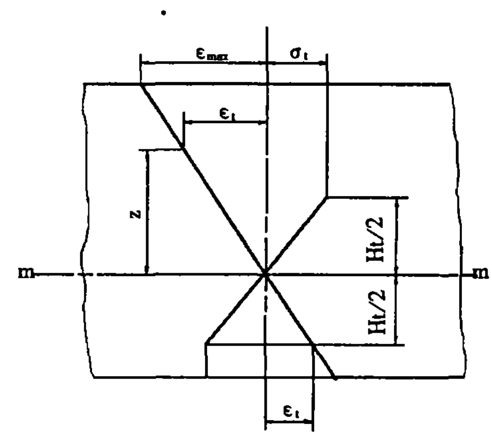

图 4　应力与应变关系

图 4 为弯曲的应力应变模型,各层纤维变形的大小与该层至中性层的距离成正比,图中 H_t 为弹性区深度、ε_z 为距中性层深度 Z 处的应变.则有:

$$C_\Sigma=A_\Sigma/A_t=H/H_t \tag{2}$$

2.2　矫直挠度

其中 δ_0 可以测知,须计算的是反弯挠度 δ_w,由于辙叉矫直的变形量小,一般 $C_c\leqslant 1$(即残留曲率 $A_c\leqslant A_t$),其残留挠度及弹复挠度均可按弹性原则进行计算,设 δt 为弹性极限挠度,则反弯挠度为:

$$\delta_w=\delta_f+\delta_c=\delta_t+\delta_t(C_\omega-C_f)=\delta_t C_\omega \tag{3}$$

对于图 2,由材料力学可知弹性极限挠度的计算式为:$\delta_t=Pa^2b^2/3EIL=abM_t/3EI$,故反弯挠度的计算式为:

$$\delta_w=\delta_t C_\omega=abM_t C_\omega/3EI \tag{4}$$

式中 E 为工件的弹性模量,I 为其截面的惯性矩,M_t 为截面弹性极限弯距,L 为两支点间的距离.可见矫直压下量计算的关键在于求得反弯曲率比 C_ω.

2.3　反弯曲率比的计算

反弯曲率比可从弯距计算入手.如图 1,辙叉截面是非对称的异型截面,其弹塑性弯曲有多种不同状态,当产生塑性弯曲时中性层位置将随内力平衡关系而改变,因而其弯距计算不同于矩形、圆形等简单对称截面,要比简单对称截面复杂得多,本文将其弯距计算过程总结如下:

Ⅰ) 按面积相等原则将辙叉截面等效为图 1 左边部分的形式.

Ⅱ) 计算各种弹性参数,包括纯弹性弯曲中性层高度 y_0、弹性断面模数 Z_t、弹性极限弯矩 M_t 及截面惯性矩 I_z,其中距中性层距离 h 处的应力为:$\sigma=h\sigma_t/(H-y)$,式中 σ_t 为弹性极限应力.

Ⅲ) 分析各种可能的弹塑性弯曲状态(如图 5),再按截面应力和等于零的条件筛选出合理的几种弯曲状态,对每种状态计算其弯曲中性层高度 y,计算相应的弯距 M,进而计算弯矩比 $\overline{M}$:

$$\overline{M}=f(H_t)=\Psi(C_\Sigma) \tag{5}$$

把前面相关公式代入上式,可得一仅含 C_0、C_ω 两变量的高次非线性方程:

$$C_\omega=\Psi(C_\omega+C_0) \tag{6}$$

Ⅳ) 运用式(6)解出与各种 C_0 值对应的 C_ω 值,要注意结合每种情况下 H_t 应满足的条件去除不合理的解;作出 $C_\omega-C_0$ 曲线以方便实际运用,根据测得的 C_0 值由该曲线查得 C_ω 值后代入公式(4)求得反弯挠度 δ_w,最终求得矫直所需的压下量.本文通过运用具有强大矩阵处理、符号运算和绘图功能的 MATLAB 语言编程来完成 C_ω 值的计算及绘制 $C_\omega-C_0$ 曲线.

下面通过一个实例来进一步说明上述过程.

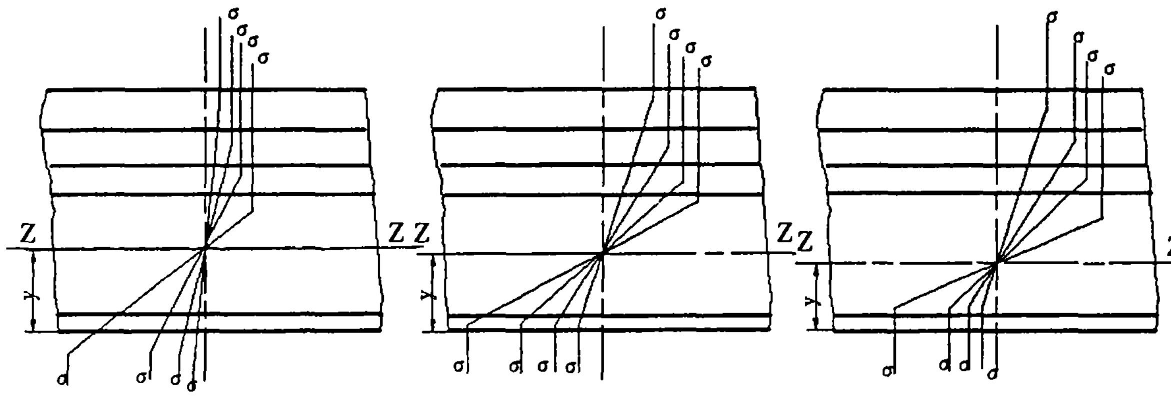

图 5 辙叉弯曲变形状态

2.4 实例分析

对应于图 1,某辙叉截面尺寸如下:$m=240$;$m_1=40$;$m_2=89$;$m_3=44$;$m_4=80$;$H=172$;$H_1=100$;$H_2=50$;$s=25$;$t=22$;$d=20$;本例长度单位均为 mm.

解:Ⅰ) 计算 y_0:

$$y_0=\sum_{i=1}^{5}A_iy_i/\sum_{i=1}^{5}A_i=\left\{\frac{md^2}{2}+\frac{m_1(H_1^2-d^2)}{2}+m_2t(H_1+\frac{t}{2})+m_3(H_2-s)\left[\frac{H_2-s}{2}+H_1+t\right]+m_4s(H-\frac{s}{2})\right\}/[md+m_1(H_1-d)+m_2t+m_3(H_2-s)+m_4s]\approx 70.78$$

计算 Z_t:

$$Z_t=M_t/\sigma_t=\frac{2}{H-y_0}\{\int_0^{y_0-d}m_1h^2dh+\int_{y_0-d}^{y_0}mh^2dh+\int_0^{H_1-y_0}m_1h^2dh+\int_{H_1-y_0}^{H_1-y_0+t}m_2h^2dh+\int_{H_1-y_0+t}^{H-s-y_0}m_3h^2dh+\int_{H-s-y_0}^{H-y_0}m_4h^2dh\}\approx 861\ 238$$

计算 I_z:

$$I_z=\int_A h^2dA=2\{\int_0^{y_0-d}m_1h^2dh+\int_{y_0-d}^{y_0}mh^2dh+\int_0^{H_1-y_0}m_1h^2dh+\int_{H_1-y_0}^{H_1-y_0+t}m_2h^2dh+\int_{H_1-y_0+t}^{H-s-y_0}m_3h^2dh+\int_{H-s-y_0}^{H-y_0}m_4h^2dh\}\approx 87\ 445\ 907.76$$

Ⅱ)以图 6 所示弯曲状态为例,计算其弯曲中性层高度 y,进而计算弯矩比 $\overline{M}$.

1) 计算中性层高度 y

联立求解以下三式:

$$0<H_t/2\leqslant y-d \tag{7}$$

$$0<H_t/2\leqslant H_1-d \tag{8}$$

$$\int_{H_t/2}^{y-d}m_1dh+\int_{y-d}^{y}mdh=\int_{H_t/2}^{H_1-y}m_1dh+\int_{H_t-y}^{H-y-H_2}m_2dh+\int_{H-y-H_2}^{H-y-s}m_3dh+\int_{H-y-s}^{H-y}m_4dh \tag{9}$$

得:$y=63.225$ (10)

$0<H_t/2\leqslant 36.775$,即 $C_\Sigma\geqslant 2.3\ 385$ (11)

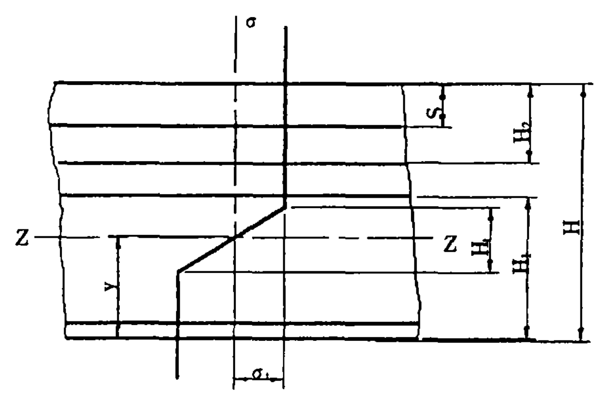

图 6 一种弹塑性弯曲状态

2) 求弯距比

$$\overline{M}=M/M_t=M/Z_t\sigma_t=2\sigma_t\{\int_0^{H_t/2}4\frac{M_1h^2}{H_t}dh+\int_{H_t/2}^{y-d}m_1hdh+\int_{y-d}^{y}mhdh+\int_{H_t/2}^{H_1-y}m_1hdh+\int_{H_1-y}^{H-H_2-y}m_2hdh+\int_{H-H_2-y}^{H-s-y}m_3hdh+\int_{H-s-y}^{H-y}m_4hdh\} \tag{12}$$

$$C_\omega=\overline{M} \tag{13}$$

$$C_\Sigma=C_0+C_\omega \tag{14}$$

由式(3)(12)(14)(15)得:$C_\omega=1.58\ 932-0.229/(C_0+C_\omega)^2$ (15)

又 $C_\Sigma\geqslant 2.3\ 385$ (16)

本例计算完所得 $C_\omega-C_0$ 曲线如图 7.实际运用中根据测得的 C_0 值由该曲线查得 C_ω 值后,最终矫直所需的压下量 δ_Σ 可由下式求得:

$$\delta_\Sigma=\delta_0+\delta_w=\delta_0+abM_tC_\omega/3EI \tag{17}$$

(下转第 128 页)

[2]Harary F,Nash—Williams C St J A,On spanning and dominating circuit in graphs,Can Math Bull,1977,20,215—220.

[3]Bondy J·A,Pancyclic graph,pro second Louisian conference on combinztorics,graph theory and computing (Mullin R·C·et al·,eds·),congresses Numerantium 3(1971)181—187.

[4] Xiong,L,Edge degree conditions for subpancyclicity in line graphs,Discrete Math,188(1998)225—232.

Degree Sums of Two Independent Vertics Condition for Subpancyclicity in Iine Graphs

HU Ming-ying,LIU zhan-hong

(Institute of Mathemaction and Informatics,Jiangxi Normal University,Nanchang 33027,China)

Abstract:Given a graph which satisfies conditon of ·We have the following two main results· If and,is subpancyclicity· If and,is subpancyclicity·

Key words:line graph;pancyclic graph;subpancyclic graph

(上接第 112 页)

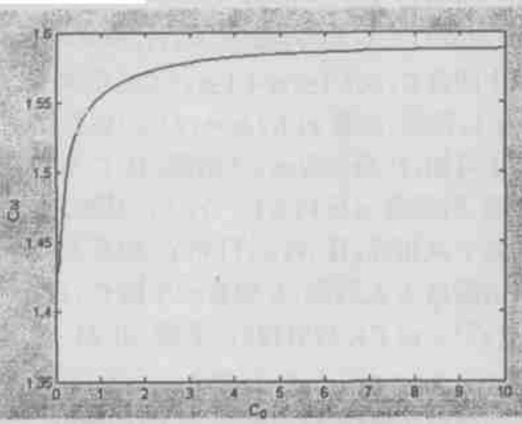

图 8 本例的 $C_\infty - C_0$ 曲线

3 结束语

本文基于弹塑性力学基本理论,提出了实用的辙叉矫直压下量确定方法,该方法既为辙叉矫直工作提供了理论指导和计算依据,也对研究其它复杂金属工件的矫直提供了有意义的参考.

参考文献:

[1] 崔 甫. 矫直原理与矫直机械[M]. 北京:冶金工业出版社,2002.

[2] 朱伯驭. 弹塑性力学[M]. 北京:科学出版社,1990.

Study on Op—bending Straigtening Theory of Crossing

CHEN Hui,XIONG Guo-liang

(1. School of Mechanical and Electrical Information;2. Educational Administration,East China Jiaotong Uni.,Nanchang 330013,China)

Abstract: The paper anaylzes the basic principles of crossing's op-bending straightening by using the basic theory of elastic-plastic mechanics. A practical computation method for the stroke of pressing down is derived,which can be used to direct the straightening operation. At the end of this paper,a calculating example is put forward.

Key words: straightening;elasticity & plasticity;stroke of pressing down;MATLAB language