

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200510112495.8

[43] 公开日 2007 年 7 月 4 日

[51] Int. Cl.  
B21D 7/12 (2006.01)  
B21D 7/14 (2006.01)

[11] 公开号 CN 1990133A

[22] 申请日 2005.12.30

[21] 申请号 200510112495.8

[71] 申请人 上海船舶工艺研究所

地址 200032 上海市中山南二路 851 号

[72] 发明人 金永昌 钟明辉 陈 强 姚建春  
杜敏捷 吴向阳 任丽霞 袁海燕

[74] 专利代理机构 上海世贸专利代理有限责任公司  
代理人 李浩东

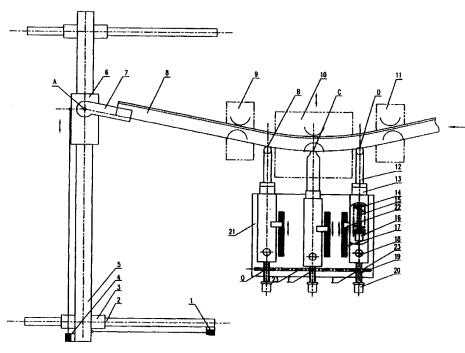
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置及其加工方法

[57] 摘要

本发明公开了一种用于数控肋骨冷弯机的加工方法，其特征在于它包括以下步骤：A、从肋骨加工的起始点开始用定弦长  $S_0$  对待加工肋骨曲线进行分割；B、分别求出起始点到各分割点的弦长  $L_i$ ；C、对于由弦长分割成的肋骨曲线，在定弦长的一半处求出的对应的圆弧的拱高  $H_i$ ；D、对于每根肋骨曲线，求出一组  $\{L_i, H_i\}$  数据；E、将计算出的一组  $\{L_i, H_i\}$  作为数控肋骨冷弯机自动控制时的加工控制量，其中  $L_i$  为目标进料量， $H_i$  为目标拱高量。本发明还公开了为实现该加工方法而采取的加工装置。本发明的优点在于它赋予逐段进给式数控肋骨冷弯机以简单、可靠的测量方法，保证肋骨自动弯成形的精度。



1、一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置，它包括主油缸，与主油缸连接的控制器，其特征在于它包括平行排列的三个加工夹头，两边两个加工夹头固定，中间的加工夹头与主油缸连接，中间加工夹头与测量台连接，测量台上设有拱高测量装置，在测量台之外还设有弦长测量装置，拱高测量装置与弦长测量装置均与控制器连接。

2、如权利要求1所述的一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置，其特征在于拱高测量装置包括设在测量台上的联杆轴，联杆轴与三个平行排列的拱高测量机构连接，每个拱高测量机构有一个测量探头。

3、如权利要求2所述的一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置，其特征在于每个拱高测量机构包括与联杆轴连接的丝杆，电机与丝杆连接，丝杆与弹簧挡块连接，弹簧挡块与弹簧连接，弹簧与探测探头连接，探测探头与光栅探头连接，测量台上设有与光栅探头相配合的光栅，光栅探头与控制器连接。

4、如权利要求1至3中任一项所述的一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置，其特征在于弦长测量装置包括与主导轨滑动连接的平移车，与平移车滑动连接的滑板小车，平移车与设在主导轨上的第一长度编码器连接，滑板小车与设在平移车上的第二长度编码器连接，第一长度编码器和第二长度编码器均与控制器连接。

5、一种用于数控肋骨冷弯机的加工方法，其特征在于它包括以下步骤：A、从肋骨加工的起始点开始用定弦长对待加工肋骨曲线进行分割；B、分别求出起始点到各分割点的弦长  $L_i$ ；C、对于由定弦长  $S_0$  分割成的肋骨曲线，在定弦长的一半处求出的对应的圆弧的拱高  $H_i$ ；D、对于每根肋骨曲线，求出一组  $\{L_i, H_i\}$  数据；E、将计算出的一组  $\{L_i, H_i\}$  作为数控肋骨冷弯机自动控制时的加工控制量，其中  $L_i$  为目标进料量， $H_i$  为拱高量。

6、如权利要求5所述的一种用于数控肋骨冷弯机的加工方法，其特征在于步骤E又包括：F、将待加工肋骨安装在三个加工夹头上，使得三个拱高测量机构的测量探头与加工肋骨接触，并使得加工肋骨的一头置于滑板小车上，其中第一和第二测量探头的距离为定弦长的一半，第二和第三测量探头的距离为定弦长的一半；G、在进料时，根据第一长度编码器和第二长度编码器测得的值计算弦长  $L$ ，将  $L$  与目标进料值  $L_i$  比较，以控制进料量；H、当进料量为  $L_i$  时，停止进料，主油缸控制中间加工夹头对肋骨进行弯曲，同时根据三个光栅探头测得的值计算拱高  $H$ ，当拱高  $H$  达到目标值  $H_i$  后，主油缸就停止弯曲。

## 一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置及其加工方法

### 技术领域：

本发明涉及船体建造工艺领域，特别涉及一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置及其加工方法。

### 背景技术：

现有的船体肋骨冷弯机对船体肋骨进行加工时，通常采用弦线测量法，是采用一根钢丝同时测量冷弯机工作时进料长度  $L_i$  和弯曲时弦线夹角  $\theta_i$ 。由于实际肋骨弯曲中，肋骨进行弹性、塑性变形时最敏感处，就是弯曲成形圆弧的拱高处，但恰恰弦线测量是不能测量该段变形，因此弯曲过程中经常发生过弯现象，而一旦发生过弯就会影响线型的成形质量和成形精度，并且降低生产效率。随着机电一体化技术和测量技术的不断发展，需要探索和研发新的更先进的实时测量方案和测量机构，从而提高弯曲精度和效率。

### 发明内容：

本发明的一个目的是提供一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置，能够提高弯曲精度和效率。

为了实现上述目的，本发明的技术方案是：一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置，它包括主油缸，与主油缸连接的控制器，其特征在于它包括平行排列的三个加工夹头，两边两个加工夹头固定，中间的加工夹头与主油缸连接，中间加工夹头与测量台连接，测量台上设有拱高测量装置，在测量台之外还设有弦长测量装置，拱高测量装置与弦长测量装置均与控制器连接。其中，拱高测量装置包括设在测量台上的联杆轴，联杆轴与三个平行排列的拱高测量机构连接，每个拱高测量机构有一个测量探头。每个拱高测量机构包括与联杆轴连接的丝杆，电机与丝杆连接，丝杆与弹簧挡块连接，弹簧挡块与弹簧连接，弹簧与探测探头连接，探测探头与光栅探头连接，测量台上设有与光栅探头相配合的光栅，光栅探头与控制器连接。弦长测量装置包括与主导轨滑动连接的平移车，与平移车滑动连接的滑板小车，平移车与设在主导轨上的第一长度编码器连接，滑板小车与设在平移车上的第二长度编码器连接，第一长度编码器和第二长度编码器均与控制器连接。

本发明的另一目的是提供一种用于数控肋骨冷弯机的加工方法，能够提高弯曲精度和效率。

为了实现上述目的，本发明的技术方案是：一种用于数控肋骨冷弯机的加工方法，其特征在于它包括以下步骤：A、从肋骨加工的起始点开始用定弦长对待加工肋骨曲线进行分割；B、分别求出起始点到各分割点的弦长  $L_i$ ；C、对于由定弦长分割成的肋骨曲线，在定弦长的一半处求出的对应的圆弧的拱高  $H_i$ ；D、对于每根肋骨曲线，求出一组  $\{L_i, H_i\}$  数据；E、将计算出的一组  $\{L_i, H_i\}$  作为数控肋骨冷弯机自动控制时的加工控制量，其中  $L_i$  为目标进料量， $H_i$  为目标拱高量。

其中步骤 E 又包括：F、将待加工肋骨安装在三个加工夹头上，使得三个拱高测量机构的测量探头与加工肋骨接触，并使得加工肋骨的一头置于滑板小车上，其中第一和第二测量探头的距离为定弦长的一半，第二和第三测量探头的距离为定弦长的一半；G、在进料时，根据第一长度编码器和第二长度编码器测得的值计算弦长 L，将 L 与目标进料值  $L_i$  比较，以控制进料量；H、当进料量为  $L_i$  时，停止进料，主油缸控制中间加工夹头对肋骨进行弯曲，同时根据三个光栅探头测得的值计算拱高 H、当拱高 H 达到目标值  $H_i$  后，主油缸就停止弯曲。

本发明的优点在于它为 200t, 250t, 300t, 400t, 600t, 700t 三支点肋骨冷弯机的自动控制提供了方法，赋予逐段进给式数控肋骨冷弯机以简单、可靠的测量方法，保证肋骨自动弯曲成形的精度，从而在保证高精度的前提下谋求肋骨冷弯加工的高质量和高速度。

#### 附图说明：

图 1 根据本发明，计算肋骨曲线坐标原点的图解示意图

图 2 为本发明中的塑性变形区的图解示意图

图 3 为加工控制量  $L_i$  和  $H_i$  的图解示意图

图 4 为本发明中的加工装置结构示意图

图 5 为本发明中的测量装置原理图

#### 具体实施方式：

下面结合附图和实施例对本发明进一步的描述。

在附图 4 中，各数字符号表示：

1—第一长度编码器，2—主导轨，3—端架，4—第二长度编码器，5—平移车，6—滑板小车，7—肋骨夹头，8—肋骨，9—第一加工夹头，10—第二加工夹头，11—第三加工夹头，12—检测探头，13—检测定位舌杆，14—弹簧，15—弹簧定位杆，16—弹簧挡块，17—光栅，18—螺母，19—丝杆，20—电机，21—测量台，22—光栅探头，23—联杆轴。

由于实际肋骨弯曲中，肋骨进行弹性、塑性变形时最敏感处，就是弯曲成形圆弧的拱高处，因此为了保证肋骨自动弯曲成形的精度，需要采用拱高测量法来进行加工。

本发明的一种用于数控肋骨冷弯机的加工方法，其特征在于它包括以下步骤：A、从肋骨加工的起始点开始用定弦长  $S_0$  对待加工肋骨曲线进行分割；B、分别求出起始点到各分割点的弦长  $L_i$ ；C、对于由  $S_0$  分割成的肋骨曲线，在定弦长的  $\frac{S_0}{2}$  处求出的对应的圆弧的拱高  $H_i$ ；D、对于每根肋骨曲线，求出一组  $\{L_i, H_i\}$  数据；E、将计算出的一组  $\{L_i, H_i\}$  作为数控肋骨冷弯机自动控制时的加工控制量，其中  $L_i$  为目标进料量， $H_i$  为目标拱高量。

为了实现这一加工方法，本发明提供了一种用于数控肋骨冷弯机的加工装置，它包括主油缸，与主油缸连接的控制器，其特征在于它包括平行排列的三个加工夹头 9，10，11，两边两个加工夹头 9，11 固定，中间的加工夹头 10 与主油缸连接，中间加工夹头 10 与测量台 21 连接，测量台上设有拱高测量装置，在测量台之外还设有弦长测量装置，拱高测量装置与弦长测量装置均与控制器连接。其中，拱高测量装置包括设在测量台上的联杆轴 23，联杆轴与三个平行排列的拱高测量机构连接，每个拱高测量机构有一个测量探头 12。每个拱高测量机构包括与联杆轴 23 连接的丝杆 19，电机 10 与丝杆 19 连接，丝杆 19 与弹簧挡块 16 连接，弹簧挡块 16 与弹簧 14 连接，弹簧 14 与探测探头 12 连接，探测探头 12 与光栅探头 22 连接，测量台 21 上设有与光栅探头 22 相配合的光栅 17，光栅探头与控制器连接。弦长测量装置包括与主导轨 2 滑动连接的平移车 5，与平移车 5 滑动连接的滑板小车 6，平移车 5 与设在主导轨 2 上的第一长度编码器 1 连接，滑板小车 6 与设在平移车 5 上的第二长度编码器 4 连接，第一长度编码器 1 和第二长度编码器 4 均与控制器连接。

图 1 中示出了根据本发明的加工方法，计算肋骨曲线  $f(x)$  的绝对坐标原点的图解示意图。过肋骨曲线  $f(x)$  的起始点  $P_1$ ，用定弦长  $S_0$  为半径划弧求取与肋骨曲线  $f(x)$  的交点  $P_2$ ，过弦  $\overline{P_1 P_2}$  之中点作垂线求得  $P_1 \sim P_2$  弧长拱高  $H$ ，并与弧长交于  $K$ ，以  $K$  为圆心，以  $H$  为半径作小圆，过  $f(x)$  起点  $P_1$  作该小圆之切线，在切线上截取  $L_1$  与切线交点为绝对坐标原点  $P_0$ 。其中  $L_1$  长度为拱高测量装置原点与弦长测量装置原点的相对距离，由机器安装完毕后实际测量而定。拱高测量装置原点是第一测量探头的位置，弦长测量装置原点是指滑板小车与肋骨的连接点。

定弦长  $S_0$  的大小取决于肋骨冷弯机吨位大小，最小弯曲半径大小而决定，如图 2 所示。当三支点 A、B、C 肋骨冷弯机，其支点 AC、

BC 之间弯矩为 L, 弯曲半径为 R 时塑性变形区 D, 可按公式

$$D = \frac{L - J}{1 + 2r' \frac{K_1}{K_0}} + J$$

计算求之。

其中: L 为 AC 之间的距离和 BC 之间的距离

J 为 C 点顶弯柱与型材接触长度

$$r' = \frac{r}{1 + 2(K_1 + \frac{K_0}{2r}) \frac{\delta_s}{E} r}$$

$\delta_s$  ——材料的屈服极限

E ——材料的弹性模量

$K_0$  ——材料的相对强化系数

$K_1$  ——型钢的形状系数

$$r = \frac{R}{H}$$

H 为型材腹板尺寸

R 为加工段弯曲回弹后曲率半径

$S_0$  的大小应  $\geq D$  塑性变形区, 也可根据实际试验结果作适当调整。

图 3 示出了加工控制量  $L_i$  和  $H_i$  的计算方法。从  $f(x)$  肋骨曲线起点  $P_1$  用定弦长  $S_0$  将其分割成  $P_2, P_3 \dots P_i$ 。从绝对坐标原点  $P_0$  与  $P_1$  及上述各分点相连, 并求出各连线的弦线长  $L_1, L_2, L_3 \dots L_i$ 。这组弦线长就是数控肋骨冷弯机的进/退料的控制量。同理, 从  $f(x)$  肋骨曲线起点  $P_1$  用定弦长  $S_0$  将其分割成  $P_2, P_3 \dots P_i$ , 并在  $\frac{S_0}{2}$  处作定弦长的垂线, 求出垂线与  $f(x)$  的圆弧的交点, 就是拱高, 分别为  $H_1, H_2, H_3 \dots H_i$ 。这组拱高数据就是每段肋骨弯曲控制量。

数控肋骨冷弯机的工作过程是从绝对坐标原点  $P_0$  开始, 当肋骨当前位置为  $L_i$  时, 机器就弯曲  $P_iP_{i+1}$  段圆弧, 使其目标值拱高达到  $H_i$ 。当肋骨进料到  $L_2$  时, 就弯  $P_2P_3$  段圆弧, 使其目标值拱高达到  $H_2$ 。依此类推, 当肋骨进料到  $L_i$  时, 就弯  $P_iP_{i+1}$  段圆弧, 使其目标值拱高达到  $H_i$ , 顺延继续直至结束。这就是逐段进给式数控肋骨冷弯机工作节奏。

由上可知,  $L_i$  表明了被弯曲段肋骨的位置尺寸;  $H_i$  则表明了被弯曲段肋骨的曲率大小。一组加工控制量  $\{L_i, H_i\}$ , 可唯一地生成相对应的肋骨曲线  $f_i(x)$ 。

图 4 为本发明中的加工装置结构示意图, 三支点数控肋骨冷弯机的弯曲主体是由支点第一加工夹头 9 和支点第三加工夹头 11 及支点第二加工夹头 10 所组成。其中支点第二加工夹头 10 由主油缸驱动进

行前后弯曲运动。支点第一、三加工夹头 9、11 是固定支点，在肋骨弯曲变形中保持不变。拱高测量装置安装在与第二加工夹头 10 相连的测量台 21 上，它由三套机械结构完全相同的测量机构 B0、CE、DF 组成，三套测量器 B0//CE//DF，并都垂直于联杆 23，B0 与 CE 及 CE 与 DF 的间距都等于  $\frac{S_0}{2}$  定长。测量机构 B0、CE、DF 的每套测量器包括与联杆轴连接的丝杆，电机与丝杆连接，丝杆上设有螺母，弹簧挡块与螺母连接，弹簧挡块与弹簧连接，弹簧与探测定位舌杆连接，探测定位舌杆上设有探测探头，探测定位舌杆上还设有光栅探头，测量台上设有与光栅探头相配合的光栅。它的工作过程为：当电机 20 向前运动带动丝杆 19，使弹簧挡块 16 通过弹簧 14 的推力，在弯曲过程中始终使检测定位舌杆 13 上的探头 12 抵住肋骨，通过与定位舌杆 13 一体化的光栅探头 22，就把定位舌杆 13 移动的 Y 方向位移读入。不管定位舌杆向前或向后移动，光栅探头 22 都把其在 Y 方向的真实位移尺寸记录下来。联杆轴 23 的轴线与 B0 的中心线交点 0 为本测量装置的直角坐标原点。

当给定加工控制量  $L_i$  和  $H_i$  后，肋骨冷弯机的进料机构推动型材 8 与肋骨夹头 7 及滑板小车 6，使肋骨型材由平移车 5 在二根主导轨上移动，使其从 A 点到 B 点的弦长达到  $L_i$ ，肋骨就在 B 点开始弯曲。弦长  $L_i = \sqrt{Y_{oi}^2 + X_i^2}$ ，其中  $Y_{oi}$  为第一长度编码器测量值， $X_i$ =第二长度编码器测量值+ $L_1$ 。由拱高测量装置原理图 5 可知，B0、CE、DF 检测舌杆及探头始终抵住肋骨型材线型边，它随时能动态测量到  $Y_{1i}$ 、 $Y_{2i}$ 、 $Y_{3i}$  三点的高度尺寸。由于 B、C、D 三点 X 轴坐标为定长，所以 B、C、D 三点的坐标分别为 B (0,  $Y_{1i}$ )，C ( $\frac{S_0}{2}$ ,  $Y_{2i}$ )，D ( $S_0$ ,  $Y_{3i}$ )。

由平面解析几何可知，过不在一直线上的三点可以作一个圆，其圆方程为：

$$X^2 + Y^2 + DX + EY + F = 0$$

将实测 B、C、D 三点坐标代入上述方程，求出圆方程的系数 D、E、F 为：

$$E = \frac{Y_{1i}^2 - 2Y_{2i}^2 + Y_{3i}^2 + \frac{S_0^2}{2}}{2Y_{2i} - Y_{1i} - Y_{3i}}$$

$$D = \frac{(Y_{1i}^2 - Y_{3i}^2 - S_0^2) - E(Y_{3i} - Y_{1i})}{S_0}$$

$$F = -EY_{1i} - Y_{1i}^2,$$

其经过 B、C、D 三点圆弧的半径为：

$$R_i = \sqrt{\frac{D^2}{4} + \frac{E^2}{4} - F}$$

而 B、D 相连的弦长为：

$$\overline{BD} = \sqrt{{S_0}^2 - (Y_{3i} - Y_{1i})^2}$$

那么经过 B、C、D 三坐标测量点的圆弧拱高

$$H_i = R_i - \sqrt{R_i^2 - \frac{\overline{BD}^2}{4}}$$

当肋骨型材在进行弯曲时，检测装置测量到  $Y_{1i}$ ， $Y_{2i}$ ， $Y_{3i}$  的数据在变化，经计算求出经过 B、C、D 三测量点的圆弧的拱高  $H_i$  也在变化。当其弯曲后圆弧拱高达到目标值  $H_i$  后，主油缸就停止弯曲，这一圆弧段弯曲工作就完成，然后再进料进行下一段圆弧曲线弯曲。这样周而复始，从而达到完成一根肋骨曲线的弯曲成形。

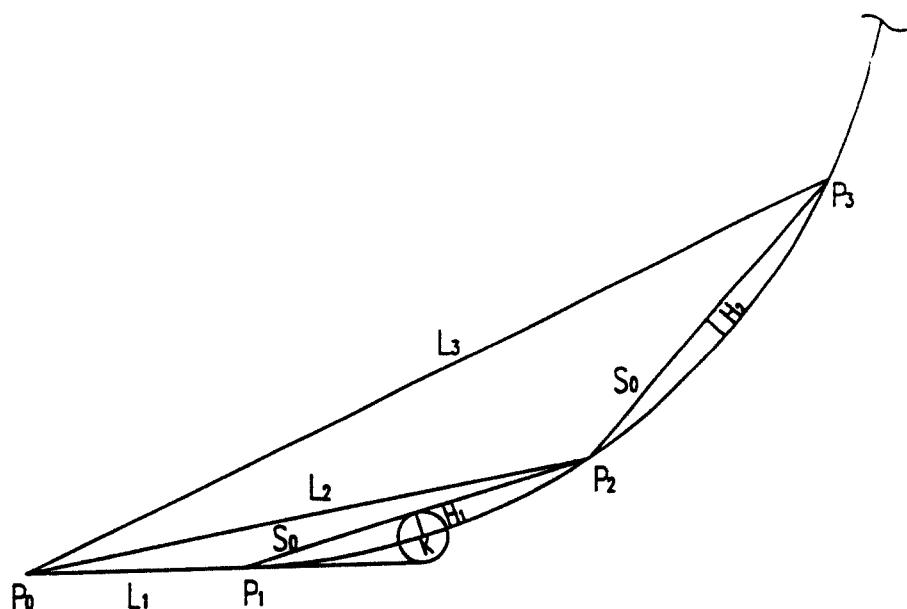


图1

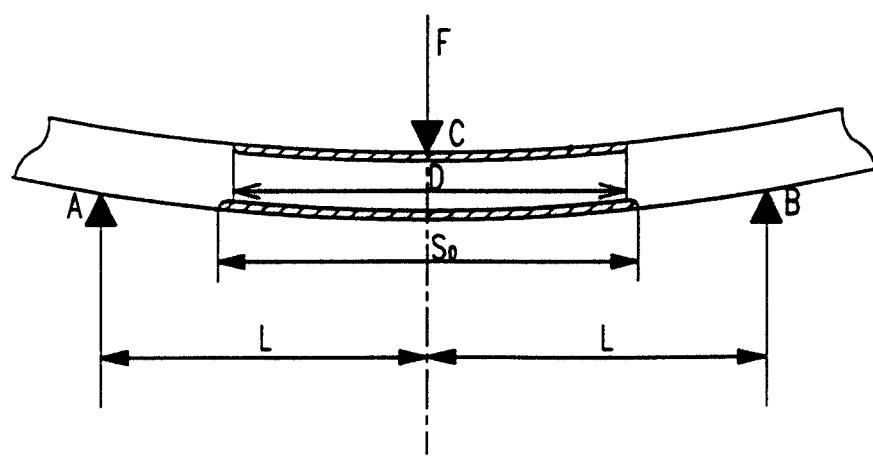


图2

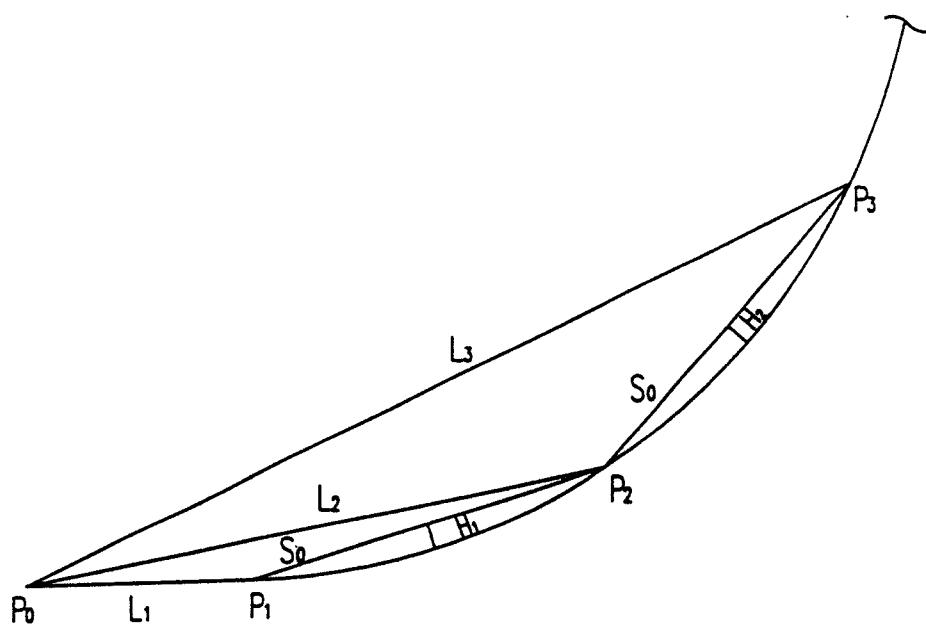
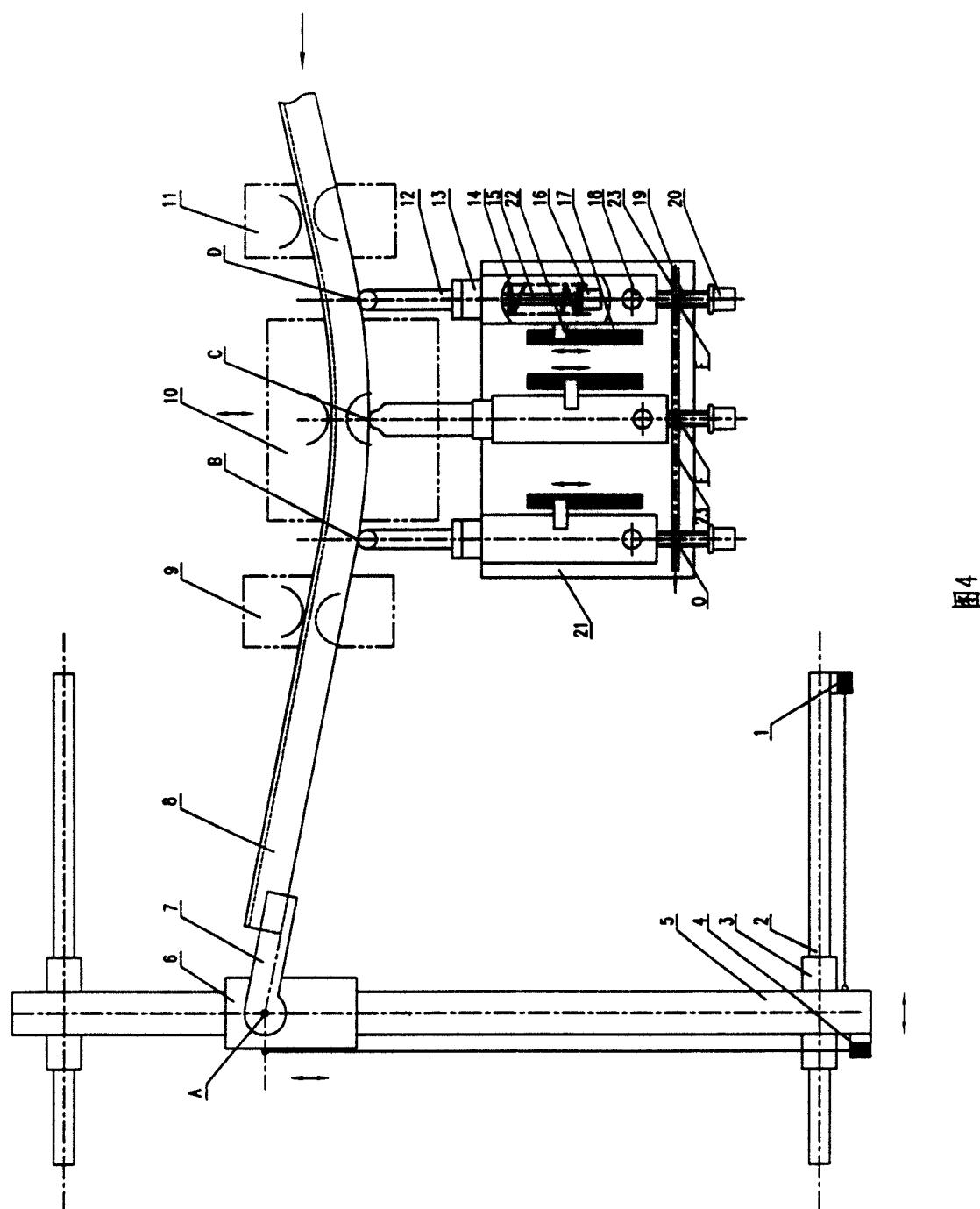


图3



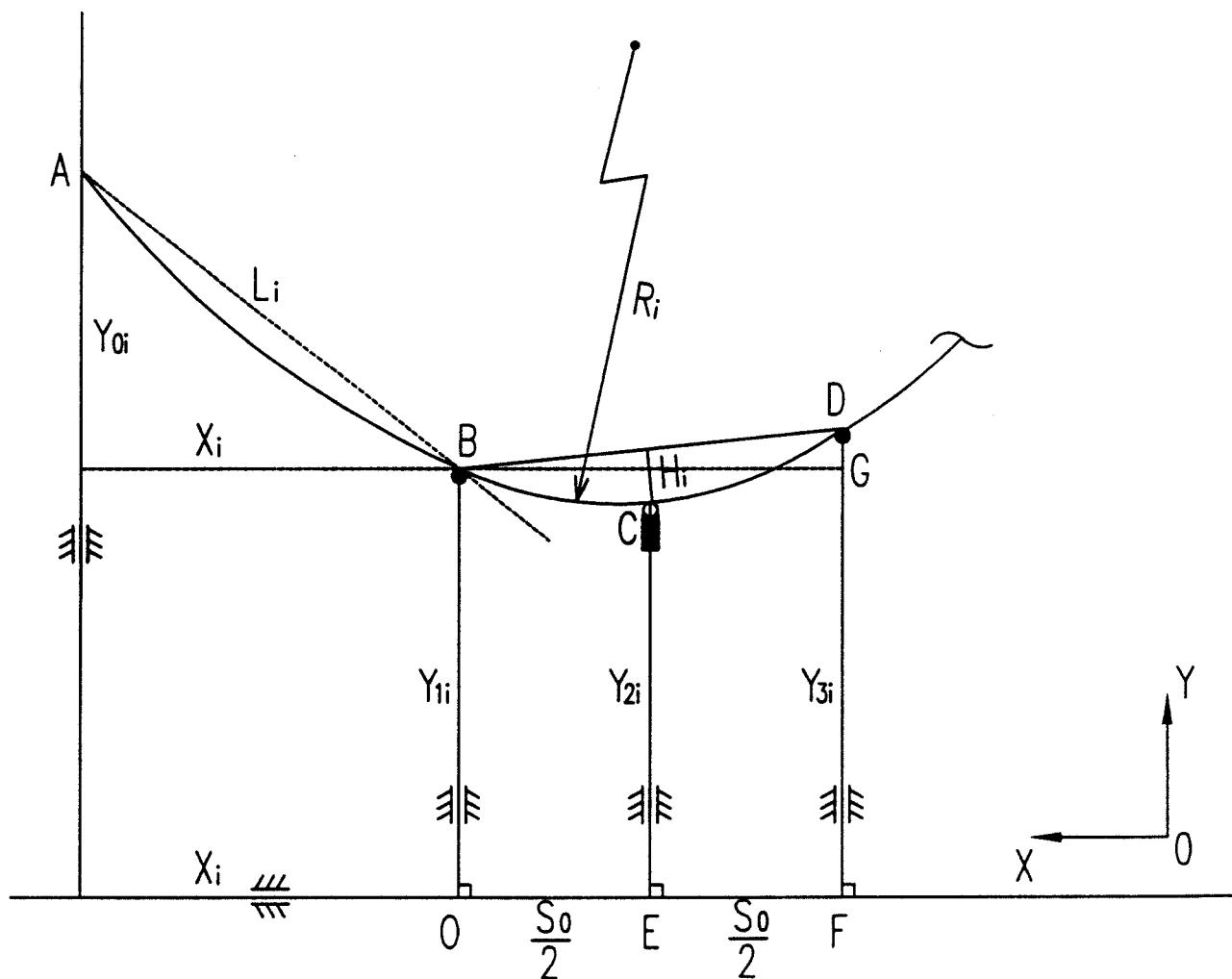


图5