



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114951285 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 30

(21) 申请号 202210441373.7

(22) 申请日 2022.04.25

(71) 申请人 北京科技大学

地址 100083 北京市海淀区学院路30号

(72) 发明人 刘超 吴冠南 何安瑞 孙文权

邵健 姚驰寰 吴海瑞

(74) 专利代理机构 北京市广友专利事务所有限

责任公司 11237

专利代理师 张仲波 于春晓

(51) Int. Cl.

B21B 27/02 (2006.01)

G06F 30/17 (2020.01)

G06F 30/20 (2020.01)

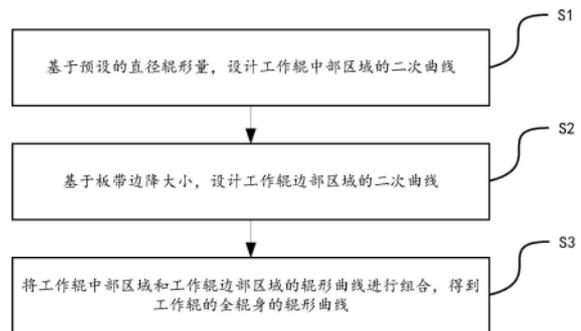
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

一种线性降低板带边降的工作辊以及辊形设计方法

## (57) 摘要

本发明涉及冶金机械、自动化及轧制技术领域,特别是指一种线性降低板带边降的工作辊以及辊形设计方法,工作辊包括工作辊中部区域和工作辊边部区域;其中,所述工作辊中部区域与板带的中部区域相对应;所述工作辊边部区域包括板带的边部区域。该方法包括:基于预设的直径辊形量,设计工作辊中部区域的二次曲线;基于板带边降大小,设计工作辊边部区域的二次曲线;将工作辊中部区域和工作辊边部区域的辊形曲线进行组合,得到工作辊的全辊身的辊形曲线。



1. 一种线性降低板带边降的工作辊,其特征在于,所述工作辊包括工作辊中部区域和工作辊边部区域;

其中,所述工作辊中部区域与板带的中部区域相对应;所述工作辊边部区域包括板带的边部区域。

2. 根据权利要求1所述的一种线性降低板带边降的工作辊,其特征在于,所述工作辊的辊形关于辊身中心线对称。

3. 一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法,其特征在于,所述方法包括:

基于预设的直径辊形量,设计工作辊中部区域的二次曲线;

基于板带边降大小,设计工作辊边部区域的二次曲线;

将工作辊中部区域和工作辊边部区域的辊形曲线进行组合,得到工作辊的全辊身的辊形曲线。

4. 根据权利要求3所述的一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法,其特征在于,所述基于预设的直径辊形量,设计工作辊中部区域的二次曲线,包括:

由预设的工作辊最大直径辊形高度 $k$ ,在辊身全长范围内设计二次曲线,方程表达式如下式(1):

$$y_{\text{mid}} = kx^2, -1 \leq x \leq 1 \dots\dots (1)$$

其中, $y_{\text{mid}}$ 为工作辊中部曲线对应的辊形纵坐标, $l$ 为工作辊辊身长度的一半,单位mm; $x$ 为以工作辊中点为原点的工作辊横向坐标,单位mm; $k$ 为二次曲线的系数, $k$ 的值等于预设的工作辊最大直径辊形量。

5. 根据权利要求3所述的一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法,其特征在于,所述基于板带边降大小,设计工作辊边部区域的二次曲线,包括:

根据板带边降的范围,设计工作辊边部二次曲线,其表达式如下式(2):

$$y_{\text{eg}} = kx^2 - [c(x-x_2) + \Delta y_2] x_1 \leq x < 1 \dots\dots (2)$$

其中, $y_{\text{eg}}$ 为工作辊边部曲线对应的辊形纵坐标; $x_1$ 为中部区域与边部区域交点的横坐标,由边降的位置确定; $x_2$ 为板带边界对应的工作辊横坐标; $c$ 为边部曲线的常系数; $\Delta y_2$ 是曲线在 $x_2$ 处的补偿高度。

6. 根据权利要求5所述的一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法,其特征在于,所述工作辊边部曲线 $y_{\text{eg}}$ 与工作辊中部曲线 $y_{\text{mid}}$ 在边部范围 $[-1, -x_1] \cup [x_1, 1]$ 内的纵坐标差值与横坐标呈线性关系,所述线性关系的斜率等于常数 $c$ ,表示如下式(3):

$$\frac{\Delta y_n - \Delta y_2}{x_n - x_2} = c \dots\dots (3)$$

其中, $x_n$ 为边部范围内某一点的横坐标; $\Delta y_n$ 为曲线 $y_{\text{eg}}$ 与曲线 $y_{\text{mid}}$ 在 $x_n$ 点的差值。

7. 根据权利要求6所述的一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法,其特征在于,所述常数 $c$ 的取值的表达式如下式(4):

$$c = -\frac{\Delta y_2}{x_1 - x_2} \dots\dots (4)。$$

8. 根据权利要求5~7中任一项所述的一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法,其特征在于, $\Delta y_2$ 是曲线 $y_{\text{eg}}$ 在点 $x_2$ 的补偿高度,即 $\Delta y_2$ 为曲线 $y_{\text{eg}}$ 与曲线 $y_{\text{mid}}$ 的在 $x_2$ 点的差

值。

9. 根据权利要求3~5所述的任一项一种线性降低板带边降的工作辊,其特征在於,所述将工作辊中部区域和工作辊边部区域的辊形曲线进行组合,得到工作辊的全辊身的辊形曲线,包括:

采用分段函数对所述工作辊的全辊身的辊形进行描述,所述工作辊的全辊身的辊形纵坐标的计算公式如下式(5):

$$y(x) = \begin{cases} kx^2 - [-c(x - (-x_2)) + \Delta y_2] & -l \leq x < -x_1 \\ kx^2 & -x_1 \leq x \leq x_1 \\ kx^2 - [c(x - x_2) + \Delta y_2] & x_1 \leq x < l \end{cases} \dots\dots (5)$$

其中,l为工作辊的一半辊身的长度数值,x为以工作辊中点为原点的工作辊横向坐标,y(x)为工作辊的全辊身的半径辊形曲线纵坐标,x<sub>1</sub>为工作辊的中部区域与边部区域的交点的横坐标,x<sub>2</sub>是板带边界对应的横坐标,Δy<sub>2</sub>是曲线在x<sub>2</sub>处的补偿高度,k为中部曲线预设的二次曲线的系数,c为板带边部曲线的系数。

10. 一种电子设备,所述电子设备包括处理器以及用于存储处理器可执行指令的存储器,所述处理器执行所述指令时实现权利要求4至9中任一项所述方法的步骤。

## 一种线性降低板带边降的工作辊以及辊形设计方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及冶金机械、自动化及轧制技术领域,特别是指一种线性降低板带边降的工作辊以及辊形设计方法。

### 背景技术

[0002] 热轧板带的断面轮廓质量是决定下游冷轧成品同板差和轧制稳定性的基础,因此各大钢企和科研院所对热轧板带断面轮廓质量的关注度越来越高,尤其是边降控制已成为技术攻关重点和热门前沿课题。

[0003] 热轧板带的边降主要是由辊系挠曲、轧辊压扁和轧辊不均匀磨损共同形成的,其中板带边部对轧辊的剪切作用使得对应位置的轧辊磨损较其他位置更加剧烈,在批量同宽度轧制时容易形成“猫耳”,是造成热轧板带边降的主要原因。

[0004] 目前解决此问题的有效方法主要有两种,一是制定智能窜辊策略,通过均匀化轧辊磨损来减小板带边降;二是对工作辊辊形进行局部修形,通过减少板带边部压下量,进而减小边部位置的接触压力和不均匀磨损,同时降低轧辊压扁量,最终达到减小板带边降的目的。其中前者受设备条件、轧机类型等因素制约,而后者由于对边降位置直接进行补偿,收效更快,同时辊形磨削也比较便捷,逐渐成为热轧板带边降控制的主流方法。

[0005] 对工作辊辊形的局部修形一般是在抛物线辊形的基础上进行,在板带边部范围内利用新的高次曲线代替原有的二次曲线。目前现有方法的不足之处在于虽然保证了板带边部的补偿量,但当工作辊窜辊横移或板带中心线跑偏时,边部补偿量的变化是非线性的,不容易实现精确调节,且容易发生补偿量过大导致板带边部迅速增厚使板带呈现负凸度的情况。

### 发明内容

[0006] 本发明实施例提供了一种线性降低板带边降的工作辊以及辊形设计方法。所述技术方案如下:

[0007] 一方面,提供了一种线性降低板带边降的工作辊,所述工作辊包括工作辊中部区域和工作辊边部区域;

[0008] 其中,所述工作辊中部区域与板带的中部区域相对应;所述工作辊边部区域包括板带的边部区域。

[0009] 可选地,所述工作辊的辊形关于辊身中心线对称。

[0010] 另一方面,提供了一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法,所述方法包括:

[0011] 基于预设的直径辊形量,设计工作辊中部区域的二次曲线;

[0012] 基于板带边降大小,设计工作辊边部区域的二次曲线;

[0013] 将工作辊中部区域和工作辊边部区域的辊形曲线进行组合,得到工作辊的全辊身的辊形曲线。

[0014] 可选地,所述基于预设的直径辊形量,设计工作辊中部区域的二次曲线,包括:

[0015] 由预设的工作辊最大直径辊形高度 $k$ ,在辊身全长范围内设计二次曲线,方程表达式如下式(1):

$$[0016] \quad y_{\text{mid}} = kx^2, -1 \leq x \leq 1 \cdots \cdots (1)$$

[0017] 其中, $y_{\text{mid}}$ 为工作辊中部曲线对应的辊形纵坐标, $l$ 为工作辊辊身长度的一半,单位mm; $x$ 为以工作辊中点为原点的工作辊横向坐标,单位mm; $k$ 为二次曲线的系数, $k$ 的值等于预设的工作辊最大直径辊形量。

[0018] 可选地,所述基于板带边降大小,设计工作辊边部区域的二次曲线,包括:

[0019] 根据板带边降的范围,设计工作辊边部二次曲线,其表达式如下式(2):

$$[0020] \quad y_{\text{eg}} = kx^2 - [c(x-x_2) + \Delta y_2] \quad x_1 \leq x < l \cdots \cdots (2)$$

[0021] 其中, $y_{\text{eg}}$ 为工作辊边部曲线对应的辊形纵坐标; $x_1$ 为中部区域与边部区域交点的横坐标,由边降的位置确定; $x_2$ 为板带边界对应的工作辊横坐标; $c$ 为边部曲线的常系数; $\Delta y_2$ 是曲线在 $x_2$ 处的补偿高度。

[0022] 可选地,所述工作辊边部曲线 $y_{\text{eg}}$ 与工作辊中部曲线 $y_{\text{mid}}$ 在边部范围 $[-1, -x_1] \cup [x_1, l]$ 内的纵坐标差值与横坐标呈线性关系,所述线性关系的斜率等于常数 $c$ ,表示如下式(3):

$$[0023] \quad \frac{\Delta y_n - \Delta y_2}{x_n - x_2} = c \cdots \cdots (3)$$

[0024] 其中, $x_n$ 为边部范围内某一点的横坐标; $\Delta y_n$ 为曲线 $y_{\text{eg}}$ 与曲线 $y_{\text{mid}}$ 在 $x_n$ 点的差值。

[0025] 可选地,所述常数 $c$ 的取值的表达式如下式(4):

$$[0026] \quad c = -\frac{\Delta y_2}{x_1 - x_2} \cdots \cdots (4)$$

[0027] 可选地, $\Delta y_2$ 是曲线 $y_{\text{eg}}$ 在点 $x_2$ 的补偿高度,即 $\Delta y_2$ 为曲线 $y_{\text{eg}}$ 与曲线 $y_{\text{mid}}$ 的在 $x_2$ 点的差值。

[0028] 可选地,所述将工作辊中部区域和工作辊边部区域的辊形曲线进行组合,得到工作辊的全辊身的辊形曲线,包括:

[0029] 采用分段函数对工作辊的全辊身的辊形进行描述,所述工作辊的全辊身的辊形纵坐标的计算公式如下式(5):

$$[0030] \quad y(x) = \begin{cases} kx^2 - [-c(x - (-x_2)) + \Delta y_2] & -l \leq x < -x_1 \\ kx^2 & -x_1 \leq x \leq x_1 \\ kx^2 - [c(x - x_2) + \Delta y_2] & x_1 \leq x < l \end{cases} \cdots \cdots (5)$$

[0031] 其中, $l$ 为工作辊的一半辊身的长度数值, $x$ 为以工作辊中点为原点的工作辊横向坐标, $y(x)$ 为工作辊的全辊身的半径辊形曲线纵坐标, $x_1$ 为工作辊的中部区域与边部区域的交点的横坐标, $x_2$ 是板带边界对应的横坐标, $\Delta y_2$ 是曲线在 $x_2$ 处的补偿高度, $k$ 为中部曲线预设的二次曲线的系数, $c$ 为板带边部曲线的系数。

[0032] 另一方面,提供了一种电子设备,所述电子设备包括处理器和存储器,所述存储器中存储有至少一条指令,所述至少一条指令由所述处理器加载并执行以实现上述一种线性

降低板带边降的工作辊的辊形设计方法。

[0033] 另一方面,提供了一种计算机可读存储介质,所述存储介质中存储有至少一条指令,所述至少一条指令由处理器加载并执行以实现上述一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法。

[0034] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果至少包括:

[0035] 本实施例提供的工作辊辊形设计方法,通过调整参数改变板带边部的压下量,并且其边部辊形量与横坐标呈线性变化。辊形设计完成后可以离散点的方式通过磨床磨削即可。在某厂产线上机实验后表明,本实施例提供的工作辊辊形可对板带边部进行线性补偿,改善边降问题,为板形的精确调控提供了良好手段。

## 附图说明

[0036] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0037] 图1是本发明实施例提供的一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法流程图;

[0038] 图2为本发明实施例提供的全辊身的分段示意图;

[0039] 图3为本发明实施例提供的使用新辊形与旧辊形的辊形差值变化图;

[0040] 图4是本发明实施例提供的一种电子设备的结构示意图。

## 具体实施方式

[0041] 为使本发明要解决的技术问题、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图及具体实施例进行详细描述。

[0042] 本发明实施例提供了一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法,该方法可以由电子系统实现。在本发明实施例中,工作辊可以包括工作辊中部区域和工作辊边部区域;其中,工作辊中部区域与板带的中部区域相对应;工作辊边部区域包括板带的边部区域。可选地,工作辊的辊形关于辊身中心线对称。如图1所示为线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法流程图,该方法的处理流程可以包括如下的步骤:

[0043] S1、基于预设的直径辊形量,设计工作辊中部区域的二次曲线。

[0044] 可选地,基于预设的直径辊形量,设计工作辊中部区域的二次曲线,包括:

[0045] 由预设的工作辊最大直径辊形高度 $k$ ,在辊身全长范围内设计二次曲线,方程表达式如下式(1):

$$[0046] \quad y_{\text{mid}} = kx^2, -1 \leq x \leq 1 \dots\dots (1)$$

[0047] 其中, $y_{\text{mid}}$ 为工作辊中部曲线对应的辊形纵坐标, $l$ 为工作辊辊身长度的一半,单位mm; $x$ 为以工作辊中点为原点的工作辊横向坐标,单位mm; $k$ 为二次曲线的系数, $k$ 的值等于预设的工作辊最大直径辊形量。

[0048] S2、基于板带边降大小,设计工作辊边部区域的二次曲线。

[0049] 可选地,基于板带边降大小,设计工作辊边部区域的二次曲线,包括:

[0050] 根据板带边降的范围,设计工作辊边部二次曲线,其表达式如下式(2):

$$[0051] \quad y_{eg} = kx^2 - [c(x-x_2) + \Delta y_2] \quad x_1 \leq x < l \dots\dots (2)$$

[0052] 其中, $y_{eg}$ 为工作辊边部曲线对应的辊形纵坐标; $x_1$ 为中部区域与边部区域交点的横坐标,由边降的位置确定; $x_2$ 为板带边界对应的工作辊横坐标; $c$ 为边部曲线的常数; $\Delta y_2$ 是曲线在 $x_2$ 处的补偿高度。

[0053] 可选地,工作辊边部曲线 $y_{eg}$ 与工作辊中部曲线 $y_{mid}$ 在边部范围 $[-l, -x_1] \cup [x_1, l]$ 内的纵坐标差值与横坐标呈线性关系,线性关系的斜率等于常数 $c$ ,表示如下式(3):

$$[0054] \quad \frac{\Delta y_n - \Delta y_2}{x_n - x_2} = c \dots\dots (3)$$

[0055] 其中, $x_n$ 为边部范围内某一点的横坐标; $\Delta y_n$ 为曲线 $y_{eg}$ 与曲线 $y_{mid}$ 在 $x_n$ 点的差值。

[0056] 可选地,常数 $c$ 的取值的表达式如下式(4):

$$[0057] \quad c = -\frac{\Delta y_2}{x_1 - x_2} \dots\dots (4)$$

[0058] 可选地, $\Delta y_2$ 是曲线 $y_{eg}$ 在点 $x_2$ 的补偿高度,即 $\Delta y_2$ 为曲线 $y_{eg}$ 与曲线 $y_{mid}$ 的在 $x_2$ 点的差值。

[0059] S3、将工作辊中部区域和工作辊边部区域的辊形曲线进行组合,得到工作辊的全辊身的辊形曲线。

[0060] 可选地,所述将工作辊中部区域和工作辊边部区域的辊形曲线进行组合,得到工作辊的全辊身的辊形曲线,包括:

[0061] 采用分段函数对工作辊的全辊身的辊形进行描述,所述工作辊的全辊身的辊形纵坐标的计算公式如下式(5):

$$[0062] \quad y(x) = \begin{cases} kx^2 - [-c(x - (-x_2)) + \Delta y_2] & -l \leq x < -x_1 \\ kx^2 & -x_1 \leq x \leq x_1 \\ kx^2 - [c(x - x_2) + \Delta y_2] & x_1 \leq x < l \end{cases} \dots\dots (5)$$

[0063] 其中, $l$ 为工作辊的一半辊身的长度数值, $x$ 为以工作辊中点为原点的工作辊横向坐标, $y(x)$ 为工作辊的全辊身的半径辊形曲线纵坐标, $x_1$ 为工作辊的中部区域与边部区域的交点的横坐标, $x_2$ 是板带边界对应的横坐标, $\Delta y_2$ 是曲线在 $x_2$ 处的补偿高度, $k$ 为中部曲线预设的二次曲线的系数, $c$ 为板带边部曲线的系数。

[0064] 本实施例提供的工作辊辊形设计方法,通过调整参数改变板带边部的压下量,并且其边部辊形量与横坐标呈线性变化。辊形设计完成后可以离散点的方式通过磨床磨削即可。这样,工作辊辊形可对板带边部进行线性补偿,改善边降问题,为板形的精确调控提供了良好手段。

[0065] 本发明实施例提供了一种线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法的一个实际案例,以实际应用实例来进一步说明本发明的效果。

[0066] 某厂1450mm热连轧生产线,轧制品种主要以1265mm宽度为主,工作辊辊身长度1700mm,下游机架采用常规的抛物线工作辊辊形。

[0067] 根据本实施例的内容,设计相应的工作辊辊形曲线。根据现场设定的直径辊形量 $k$

=0.18mm,以轧辊中心为原点,在全长范围内设计中部的二次曲线,方程如下:

$$[0068] \quad y_{\text{mid}} = 0.18x^2, -850 \leq x \leq 850$$

[0069] 由轧辊长度和带钢宽度可确定辊身长度的一般 $l=850$ ,带钢边部对应的横坐标 $x_2=632.5$ 。

[0070] 进一步的,根据边降的范围,设计工作辊边部二次曲线,其表达式为:

$$[0071] \quad y_{\text{eg}} = kx^2 - [c(x-x_2) + \Delta y_2] \quad x_1 \leq x < l$$

[0072] 其中, $y_{\text{eg}}$ 为边部辊形纵坐标; $x_1$ 为中部区域与边部区域交点的横坐标,由边降的位置确定, $x_2$ 为边部区域与中部区域的交点横坐标; $c$ 为边部曲线的系数,是控制板带边降线性降低的参数; $\Delta y_2$ 是曲线在 $x_2$ 处的补偿高度,由板带边降大小确定。

[0073] 根据现场实测的轧带断面轮廓,由边降位置取距离板带边部150mm为修正范围起始点,即 $x_1=482.5$ ,补偿高度 $\Delta y_2=0.015\text{mm}$ 。

[0074] 进一步的,可以由下表达式

$$[0075] \quad c = -\frac{\Delta y_2}{x_1 - x_2}$$

[0076] 计算得到边部曲线系数 $c=85$ 。

[0077] 进一步的,得到边部曲线为:

$$[0078] \quad y_{\text{eg}} = 0.18x^2 - [85(x-482.5)/1000 + 0.015] \quad 632.5 \leq x \leq 850$$

[0079] 最终,得到该工作辊全辊身的表达式为:

$$[0080] \quad y(x) = \begin{cases} kx^2 - [-c(x - (-x_2)) + \Delta y_2] & -l \leq x < -x_1 \\ kx^2 & -x_1 \leq x \leq x_1 \\ kx^2 - [c(x - x_2) + \Delta y_2] & x_1 \leq x < l \end{cases}$$

[0081] 其辊形曲线与几何参数的示意图如图2所示。针对该现场设计的新旧辊形的辊形差值沿辊身分布情况见图3,可以看出在边部区域其辊形差值呈线性变化。将辊形曲线的离散点数据提交给磨床,上机磨削后应用于生产现场,使工作辊在改善边降的同时仍能精确地对板形进行控制。

[0082] 本实施例提供的工作辊辊形设计方法,通过调整参数改变板带边部的压下量,并且其边部辊形量与横坐标呈线性变化。辊形设计完成后可以离散点的方式通过磨床磨削即可。在某厂产线上机实验后表明,本实施例提供的工作辊辊形可对板带边部进行线性补偿,改善边降问题,为板形的精确调控提供了良好手段。

[0083] 图4是本发明实施例提供的一种电子设备400的结构示意图,该电子设备400可因配置或性能不同而产生比较大的差异,可以包括一个或一个以上处理器(central processing units,CPU)401和一个或一个以上的存储器402,其中,所述存储器402中存储有至少一条指令,所述至少一条指令由所述处理器401加载并执行以实现上述线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法的步骤。

[0084] 在示例性实施例中,还提供了一种计算机可读存储介质,例如包括指令的存储器,上述指令可由终端中的处理器执行以完成上述线性降低板带边降的工作辊的辊形设计方法。例如,所述计算机可读存储介质可以是ROM、随机存取存储器(RAM)、CD-ROM、磁带、软盘

和光数据存储设备等。

[0085] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例的全部或部分步骤可以通过硬件来完成,也可以通过程序来指令相关的硬件完成,所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中,上述提到的存储介质可以是只读存储器,磁盘或光盘等。

[0086] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

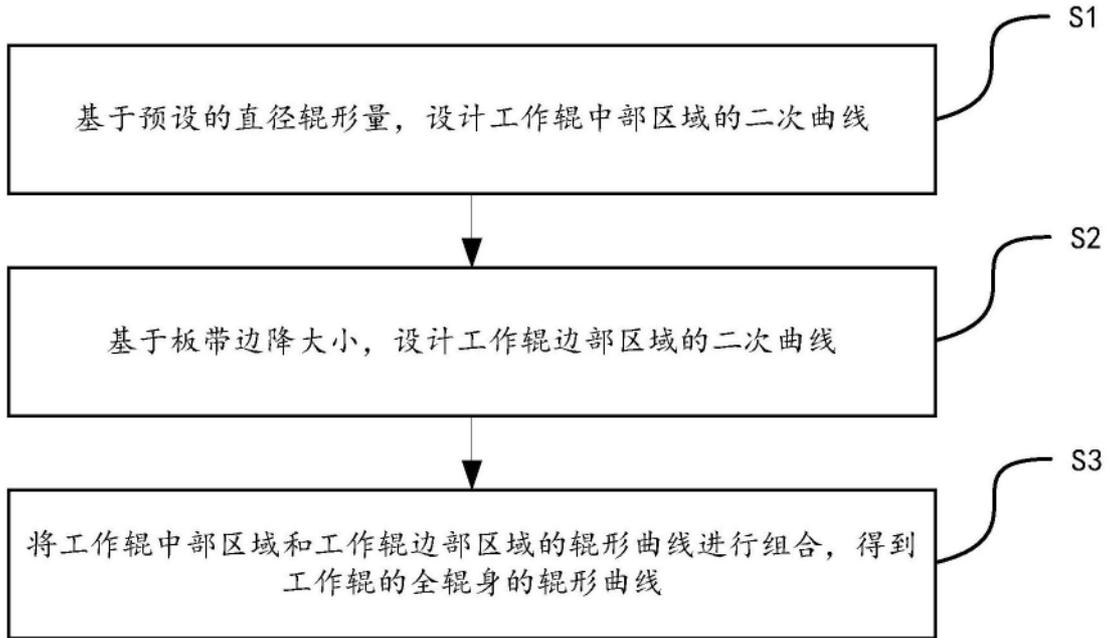


图1

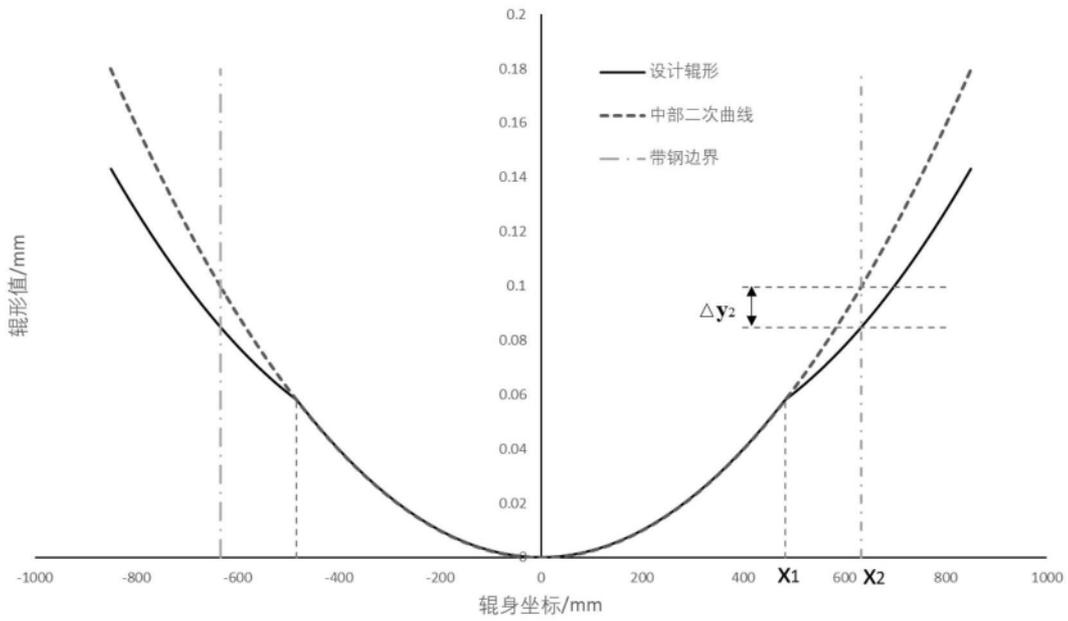


图2

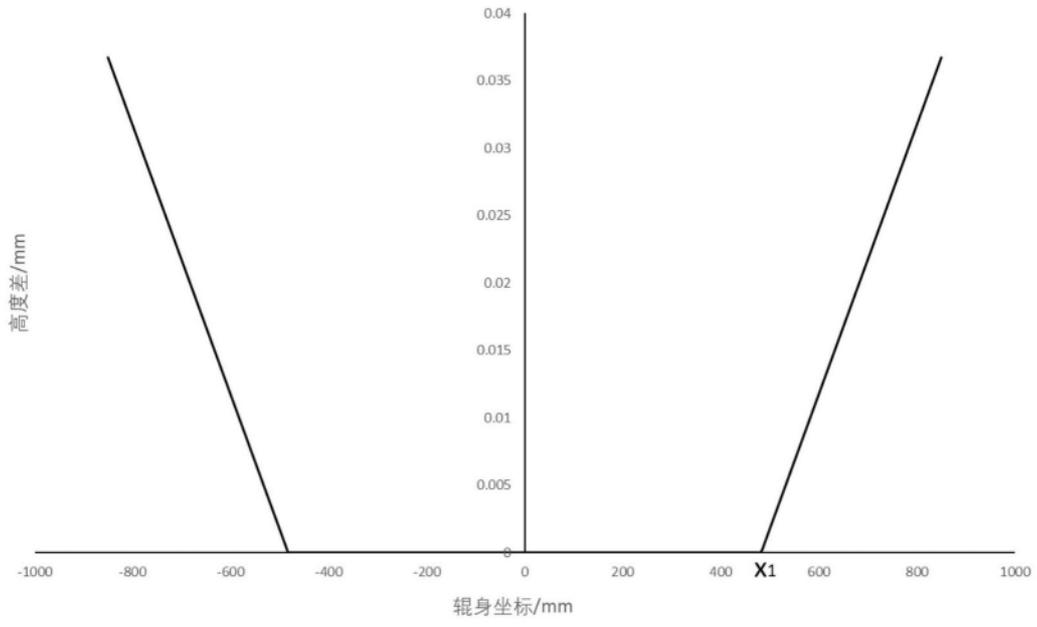


图3

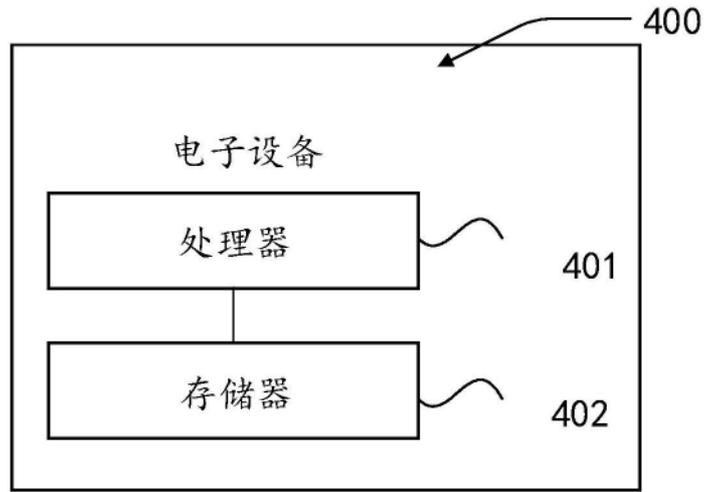


图4