

# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95194005.8

[45]授权公告日 2001年7月11日

[11]授权公告号 CN 1068253C

[22]申请日 1995.7.7 [24]颁证日 2001.5.2  
 [21]申请号 95194005.8  
 [30]优先权  
     [32]1994.7.8 [33]JP [31]157277/1994  
     [32]1994.11.30 [33]JP [31]297229/1994  
 [86]国际申请 PCT/JP95/01358 1995.7.7  
 [87]国际公布 WO96/01706 日 1996.1.25  
 [85]进入国家阶段日期 1997.1.7  
 [73]专利权人 阿曼德有限公司  
     地址 日本神奈川县  
 [72]发明人 小山纯一  
 [56]参考文献  
     JP5-337554A 1993.12.21 B21D5/02  
     JP62-009720A 1987.1.17 B21D5/02  
     审查员 26 66

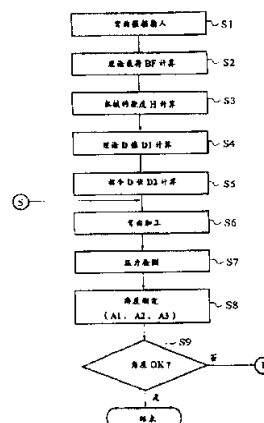
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事  
 务所  
 代理人 马江立

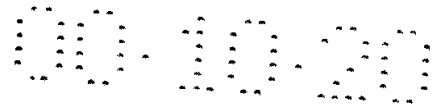
权利要求书4页 说明书27页 附图页数15页

[54]发明名称 弯板机

[57]摘要

一种能将工件准确弯曲加工为目标弯曲角度的弯板机。它包括：基于弯曲数据 计算对应于目标弯曲角度的上下金属模理论结合位置关系的 D 值之装置；基于 D 值控制上下金属模的位置，进行工件实际弯曲加工的控制装置；计算弯曲加工后在工件多处测定的弯曲角度之平均值的装置；计算为将工件弯曲到上述弯曲角度平均值的理论载荷，基于它计算理论机械挠度的装置；检测工件实际弯曲加工时左右油缸的实际加压压力的装置；基于实际加压压力，计算实际机械挠度的装置；基于理论与实际机械挠度之差，计算 D 值的修正量的装置。





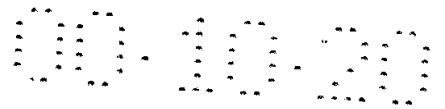
## 权 利 要 求 书

---

1. 一种弯板机, 在弯板机上所具有的上模与下模之间夹有板状工件, 控制上述上下金属模结构位置关系, 对前述工件进行弯曲加工的弯板机, 其特征在于, 它包括有: 基于工件信息、金属模信息与弯曲信息, 计算表示对应于目标弯曲角度的上下模理论结合位置关系的  $D$  值的计算装置; 基于上述理论  $D$  值, 控制上、下金属模结合位置关系, 对工件进行实际弯曲加工的控制装置; 测定弯曲加工后的工件多处弯曲角度, 计算弯曲角度平均值的计算装置; 计算为将工件弯曲到上述弯曲角度平均值的理论载荷, 基于该理论载荷, 计算理论机械挠度的计算装置; 基于前述理论机械挠度, 计算前述  $D$  值修正量的计算部。

2. 一种弯板机, 在弯板机上所具有的上模与下模之间夹有板状工件, 控制上述上模与下模结合位置关系, 对前述工件进行弯曲加工的弯板机, 其特征在于, 它包括有: 基于工件信息、金属模信息与弯曲信息, 计算表示对应于目标弯曲角度的上下模的理论结合位置关系的  $D$  值的计算装置; 基于上述理论  $D$  值, 控制上下金属模的结合位置关系, 对工件进行实际加工的控制装置; 计算弯曲加工后在工件多处测定的弯曲角度的平均值的计算装置; 计算为将工件弯曲到上述弯曲角度平均值的理论载荷, 基于该理论载荷计算理论机械挠度的计算装置; 检测工件实际弯曲加工时左右油缸实际加压压力的检测装置; 基于检测出的实际加压压力计算实际机械挠度的计算部; 基于前述理论机械挠度与实际机械挠度之差, 计算前述  $D$  值修正量的计算部。

3. 一种弯板机, 控制弯板机上所具有的上下金属模的结合位置关系, 对工件进行弯曲加工的弯板机, 其特征在于, 它包括有: 基于工件信息、金属模信息与弯曲信息, 计算表示上下金属模理论结合位置关系的  $D$  值之计算装置; 基于上述理论  $D$  值, 控制上下金属模的结合位置关系, 对工件进行实际弯曲加工的控制装置; 计算在弯曲加工后的工件多处测定的弯曲角度的平均值的计算装置; 计算为将工件弯曲到弯曲角度平均值的理论载荷, 基于该理论载荷计算理论机械挠度的



计算装置；检测工件实际弯曲加工时左右油缸的实际加压压力的检测装置；基于检测出的实际加压压力，计算实际机械挠度的计算装置；计算前述理论机械挠度与实际机械挠度之差的计算装置；计算弯板机下部平板的长度方向的多处的挠度量，换算成工件对应于该多处挠度量的多处弯曲角度的计算装置；基于上述计算出的多处的弯曲角度，计算加给下部平板的隆起油缸的压力的计算装置；计算将上述算出的压力加于隆起油缸、对工件进行弯曲加工时的工件两侧的弯曲角度，基于该计算出的弯曲角度，计算D值修正量的计算装置；基于上述D值修正量与最初算出的D值，计算其指令值，基于该指令值，控制上下金属模的结合位置关系，对工件进行弯曲加工的前述控制部。

4. 一种弯板机，在弯板机所具有的上模与下模之间夹有板状工件，控制上述上下模结合位置关系，对工件进行弯曲加工的弯板机，其特征在于，它包括有：基于工件信息、金属模信息与弯曲信息，计算表示对应于目标弯曲角度的上下理论结合位置关系的D值的计算装置；

基于上述工件信息，金属模信息与弯曲信息，计算理论载荷，基于该理论载荷计算理论机械挠度的计算装置；

基于上述理论D值与理论机械挠度，计算表示上下金属模的结合位置关系的指令D值，且基于该指令D值进行工件实际弯曲加工的控制装置；

计算弯曲加工后在工件多处检测出的弯曲角度之平均值的计算装置；

计算为将工件弯曲到上述弯曲角度平均值的理论载荷，基于该理论载荷，再计算理论机械挠度的计算装置；

检测工件实际弯曲加工时左右油缸实际加压压力的检测装置；

基于检测出的实际加压压力计算实际机械挠度的计算装置；

基于再算出的理论机械挠度与实际机械挠度之差，计算前述指令D值修正量的计算装置；

将上述修正量加于前述指令D值，修正上下金属模结合位置关

系，对工件再进行弯曲加工的控制装置。

5. 一种弯板机，通过使在上述平板的下部设置的冲头与下部平板的上部设置的冲模于前述上部或下部平板上往复运动，借前述冲头与冲模的协调工作而对工件进行弯曲加工的弯曲加工装置上，其特征在于，计算从前述冲模底部到冲头尖端的距离  $D$  值，并进行控制的控制装置包括有：输入工件材质、抗拉强度、板厚、弯曲长度、冲模  $V$  宽度、冲模肩  $R$ 、冲模角度、冲头尖端  $R$ 、尖端角度、弯曲角度、偏置量等的输入装置；依该输入装置输入的数据，判定冲头尖端的工件是否包卷的工件包卷判定装置；基于该工件包卷判定装置之结果，求得判定为工件包卷或不包卷状态下的回弹量的回弹量计算装置；根据由该回弹量计算装置计算出的回弹量与目标角度的大小，判定空弯（エアーベンド）或到底状态（ボトムング）的空弯·到底判定装置；在根据该空弯·到底判定装置判定为空弯状态的情况下，计算工件夹入角度的工件夹入角度计算装置；计算由该工件夹入角度计算装置计算出的工件夹入角度下的加压压力的工件夹入角度下加压压力计算装置；计算工件夹入角度下的平板移动位置的工件夹入角度下平板移动位置计算装置。

6. 按权利要求 5 所记述的弯板机，其特征在于它包括有：基于由前述工件夹入角度下加压压力计算装置计算出的工件夹入角度下加压压力，计算装置自身机械系统挠度的机械系统挠度计算装置；依由前述工件夹入角度下平板移动位置计算装置计算出的工件夹入角度下平板移动位置与由前述机械系统挠度计算装置计算出的机械系统挠度，求得最终平板位置的最终平板位置计算装置。

7. 一种弯板机，通过使得上部平板的下部设置的冲头与下部平板的上部设置的冲模于前述上部或下部平板上作往复运动，借前述冲头与冲模的协调工作而对工件进行弯曲加工的弯曲加工装置中，其特征在于，计算与控制从前述冲模底部到冲头尖端的距离  $D$  值的控制装置包括：输入工件材质、抗拉强度、板厚、弯曲长度、冲模  $V$  宽度、冲模肩  $R$ 、冲模角度、冲头尖端  $R$ 、尖端角度、弯曲角度、偏置量等输



入装置；依该输入装置输入的数据，判定冲头尖端工件是否包卷的工件包卷判定装置；基于该工件包卷判定装置之结果，计算判定为包卷或不包卷时的回弹量的回弹量计算装置；根据该回弹量计算装置计算出的回弹量与目标角度的大小，判定空弯还是到底状态的空弯·到底判定装置；依该空弯·到底判定装置判定为到底状态的情况下，计算工件夹入角度的工件夹入角度计算装置；计算由该工件夹入角度计算装置计算出的工件夹入角度下的加压压力的工件夹入角度下加压压力计算装置；计算在到底区域的与空弯的边界载荷的第1边界载荷计算装置；计算空弯区域内边界载荷的第2边界载荷计算装置；通过将由第1边界载荷计算装置计算出的边界载荷转换成由第2边界载荷计算装置计算出的边界载荷，由此计算到底时所需载荷的需要载荷计算装置；基于由前述工件夹入角度计算装置计算出的工件夹入角度，计算工件夹入角度下平板移动位置的工件夹入角度下平板移动位置计算装置；计算到底区域的与空弯区域之边界值的第1边界值计算装置；计算空弯区域的边界值的第2边界值计算装置；计算将由第1边界值计算装置计算出的边界值转换为由第2边界值计算装置计算出的边界值的到底时的平板移动位置的到底时平板移动位置计算装置。

8. 按权利要求7所记述的弯板机，其特征在于，它包括基于由前述载荷计算装置计算出的需要载荷计算出装置自身机械系统挠度的机械系统挠度计算装置；依由前述到底时平板移动位置计算装置计算出的到底时平板移动位置与由机械系统挠度计算装置计算出的机械系统挠度，计算最终平板位置的最终平板位置计算装置。

# 说 明 书

## 弯 板 机

本发明所涉及的是弯板机的加工方法及使用该方法的弯板机。详细一点说就是关于对板状工件进行试弯曲，测定工件多处实际弯曲角度之后，基于该测定之实际弯曲角修正上下金属模的结合位置关系，在以工件为目标的弯曲角度下进行弯曲加工的弯曲加工方法及使用该方法的弯板机。

本发明，涉及弯曲加工装置，更详细地说涉及了包括有计算从冲模底部到冲头尖端的距离  $D$  值并实施控制的控制装置的弯板机。

现有的弯板机 1，如图 6 概略所示，是在基座 3 上立设的左右侧架 5L，5R 的上部固定的上部平板 7（也称上部平台或称固定平台）；还设有可上下自由运动的与前述上部平板相对设置的下部平板 9（也称下部平台或称可动平台）。

另外，为使上述下部平板上下运动，在左右两侧设有油缸 11L，11R；在下部平板的适当位置，还设有隆起油缸 13，以补偿板状工件 W 弯曲加工时所产生的下部平板向下的弯曲。

再者，图示之例中，设有 2 个隆起油缸 13，但在下部平板中央，以及上部平板上设置的情况也有。即，隆起油缸的个数是任意的，而且在上、下平板上哪儿设置都可以。

在前述之上部平板 7 的下部安装有上模 15；而在下部平板 9 的上部安装有下模 17。

在上述这样的构成中，向左右油缸 11L，11R 供给作动油，使下部平板 9 上升，上下金属模 15，17 适当结合，即由上下金属模 15，17 对工件 W 进行弯曲加工。

按上述这样对工件 W 进行弯曲加工时，上部平板 7 有向上侧形成凸起的弯曲倾向；而下部平板 9 有向下侧形成凸起的弯曲倾向；

工件 W 的弯曲形状，有着成所谓船形，中央部有变软的倾向。

那么，为修正前述下部平板 9 的弯曲，向隆起油缸供给压力油，要修正上下平板 7，9 成为并行那样的试行错误，需要很多的时间。

可是，工件 W 的弯曲角度，可以由控制上下金属模 15，17 的结合位置关系任意设定。由于控制上下金属模 15，17 结合位置关系，下部平板 9 的上升停止位置可任意设定。

即如图 7 所大致表示的那样，左右油缸 11L，11R 上连接着油泵 P。油泵与左右油缸的连接，可以是一个油缸连接一个油泵；也可以是 1 个油泵分别以支管连于两油缸。

在油泵 P 与左右油缸 11L、11R 分别连接的连接油路 19 上，分别分支连接着接有上限活门 21 的分支路 23。

上述之上限活门是这样构成的：由可以自由滑动的活门柱 21S 克服弹簧 SP 的弹力、推压活门 21V，控制上述活门 21V 与活门座 21SE 之间的开度控制从分支路 23 流往油箱 T 的作动油。

上述之上限活门 21，是为控制下部平板 9 的左右两侧上升停止位置，对应于下部平板 9 的左右两侧而设置。为推压该上限活门 21 的活门柱 21S，在弯板机 1 的框架两侧设有可向上下方向摇动的杠杆 25，该杠杆 25 的一端对接着活门柱 21S 的上端部。

另外，对应于上述左右杠杆 25 在弯板机的框架上设有上下方向的导柱 27，沿该导柱设有可以上下自由运动的螺母构件 29。该螺母构件 29 与和导柱 27 平行设置的螺纹杆 31 成螺纹配合。在该螺纹杆 31 的上端部，设有与前述杠杆 25 的另一端部相对接的盖帽 33。

为使上述之螺纹杆 31 旋转，在弯板机框架上安装着具备有作为位置检测器的转动编码器 E 的伺服马达 SM。该伺服马达 SM 的旋转轴 35 与前述螺纹杆 31 的下端部，成可任螺纹杆 31 上下自由滑动的键配合。

再者，在下部平板的左右两侧部，设有可从下侧与左右螺母构件 29 对接的对接构件 37。

从而，左右油缸 11L， 11R 中一供给作动油，下部平板 9 一上升，下部平板 9 上的左右两侧所具有的对接构件 37 即与左右螺母构件 29 对接，使得左右螺纹杆 31 上升。

左右螺纹杆 31 一上升，盖帽 33 即摇动杠杆 25，推压左右上限活门 21 上的活门柱 21S。而一推压活门柱 21S，上限活门 21 上的活门 21V 与活门座 21SE 间即打开，即有分支路 23 中的压力油排至油箱 T。

随着下部平板 9 的上升，上限活门 21 上的活门 21V 与活门座 21SE 间的开度逐渐开大，由作用于左右油缸 11L， 11R 的压力产生的使下部平板上升的力与下部平板重量和工件 W 弯曲加工载荷之和达到平衡时，下部平板 9 的上升即行停止。

如上所述，在下部平板 9 的上升停止状态下，适当调节伺服马达 SM，使螺母构件 29 向上运动，由于螺母构件 29 从对接构件 37 离开，杠杆 25 在弹簧 S 的作用下沿反时针方向转动，由于这样在上限活门 21 上的活门 21V 与活门座 21SE 间的开度在弹簧 SP 的作用下缩小，左右油缸 11L， 11R 内的压力上升，下部平板 9 再一次上升。

而后，如前所述，当对接构件 37 与螺母构件 29 一对接上，上限活门 21 的开度一开大，下部平板 9 即如前述那样停止上升。

反之，在对接构件 37 与螺母构件对接，上部平板 9 停止上升之状态下，前述之伺服马达与前述之相反方向转动，使得螺母构件 29 一下降，螺母构件 29 与对接构件 37 对接而不再下降，因此，螺纹杆 31 相对上升，在图 7 上杠杆 25 沿顺时针方向转动。

杠杆 25 沿顺时针方向一转动，上限活门 21 的开度变得更大，油缸 11L， 11R 内的压力下降，下部平板 9 即下降。而后，由于上部平板 9 的下降，杠杆 25 回复到原来位置，下部平板 9 停止下降。

即，借调节螺母构件 29 的上下位置，可以使下部平板 9 停止在所期望的位置，这样来控制上下金属模 15， 17 的结合位置关系，可将工件 W 弯曲到所期望的角度。

且可左右油缸 11L, 11R 分别控制, 这样可以控制下部平板的左右倾斜。

如前所述的控制上下金属模 15, 17 的结合位置关系, 而进行工件 W 的弯曲加工时, 上下金属模 15, 17 的结合位置关系可以基于工件 W 的弯曲角度理论计算出来。

可是, 在工件 W 实际弯曲加工时, 由于弯板机上的左右侧架 5L, 5R 与上下平板 7, 9 以及上下金属模 15, 17 来的弯形(挠度)的产生, 有必要对应于该挠度进行修正。

作为对上述挠度等进行修正的先例, 比如见诸日专利特开昭 57 - 100820 号公报(以下简称为先例 1), 特公平 3 - 54013 号公报(先例 2)以及特开平 6 - 26226 号公报(先例 3)。

在前述先例 1 中, 检测出工件实际弯曲加工时的侧架位移量, 计算加压压力, 且计算出修正值, 来控制修正上下金属模的结合位置关系。这就是先例 1 中展示的技术。

而在先例 2 中则展示出: 把侧架与上下金属模变形量搞成与对工件加压压力之大小成比例, 并设定变形修正系数, 使用该变形修正系数来控制修正上下金属模的结合位置关系。

像这样, 做成变形量与加压压力成单纯比例关系, 必须对应于上下金属模的种类其组合, 每次求得变形修正系数。这里有个提高工作效率问题。另外, 比如, 对于工件, 上模的下端部如产生咬入现象(参照先例 1 的第 6 页左栏第 4 行~第 5 行), 即使维持变形量与加压压力成单纯比例关系这一前提、而进行挠度修正, 也有提高弯曲精度的问题。

在先例 3 中则展示了这样的技术: 遵从基于基准曲线(该基准曲线表示了和为了控制工件弯曲角度与上下金属模的结合位置关系的 D 值的关系), 控制上下金属模的结合位置关系来进行工件实际的弯曲加工, 测定弯曲加工后的实际弯曲角度, 基于该测定结果, 更换基于前述基准曲线的修正模型为新的修正模型。

上述之修正模型, 对工件的上模尖端的咬入也考虑进去了, 且测定工件的实际弯曲角度, 作成了新的修正模型, 基于该新的修正



模型来修正上下金属模的结合位置关系，由此来提高弯曲精度。

但是，基于前述基准曲线的修正模型是一定模型，当该修正模型自身有误差时，更换后的新的修正模型自身也会包含上述误差，就难以希望更进一步提高弯曲加工精度。

另外，在现有的弯曲加工装置中，作为具有计算从冲模底部到冲头尖端的距离 D 值、实施控制的控制装置的机构，如特公平 1-20927 号公报等已为人熟知。在该上述公报上，为求得最终 D 值，以限定的数据库为基础，构成如下的实验式：

$$D(A) = D_1 - (\delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5)$$

式中， $D_1$  是几何学 D 值；也为使用上的更广泛性， $\delta_1$ 、 $\delta_3$  是机械系统挠度； $\delta_2$ 、 $\delta_4$  代表材料性质； $\delta_5$  是作为其他因素的各种附加因素。

但是，上述之现有的控制，由于是限定的数据库，使用广泛性就有欠缺，就有着不能对应于全部多种多样的弯曲条件的情况。例如，对于进行了实验以外的板厚、材质，利用从本数据库得到的实验式，就不能得到足够的弯曲精度。

特别是，作为表现材料特性的手段，没有抗拉强度这个参数，数据库是不完全的。另外，由于为得到所期望的弯曲精度，逐一更换参数进行全部修正、进行连续加工，试弯曲次数太多，间歇时间太长，这也是一个问题。

本发明的目的是提供一种能将工件准确弯曲加工为目标弯曲角度的弯板机。

本发明的方法即是在弯板机上所具有的上模与下模间夹入板状工件，由控制上述上模与下模的结合位置关系来进行前述工件加工的方法，它包括了这样一些工序：基于工件信息、金属模信息与弯曲信息，计算表示对应于目标弯曲角的上模与下模的理论结合位置关系之 D 值的工序 (a)；基于上述理论 D 值，控制上下金属模结合位置关系，对工件进行实际弯曲加工的工序 (b)；测定弯曲加工后工件多处弯曲角度，计算弯曲角度平均值的工序 (c)；计算为把工件弯曲到上述弯曲角度平均值的理论载荷，基于该理论载荷，计算理论机械挠

度的工序 (d); 检测出工件实际弯曲加工时左右油缸的实际加压压力的工序 (e); 基于检出的实际加压压力计算实际机械挠度的工序 (f); 基于前述理论机械挠度与实际机械挠度之差, 计算前述 D 值的修正量的工序 (g); 将前述之 D 值上加上前述修正量, 修正上下金属模的结合位置关系, 再对工件进行弯曲加工的工序 (h); 重复前述工序 (c) 到工序 (h), 直至工件弯曲角达到目标值的容许值的工序 (i); 工件弯曲角度达到目标值的容许值之后, 常是控制上下金属模的结合位置关系为一定, 重复必要件数的工件弯曲加工的 (j) 工序。由这些工序构成了弯板机的弯曲加工方法。

另外, 在这种控制弯板机上所具有的上下金属模结合位置关系, 而进行工件弯曲加工的加工方法中, 包括了基于工件信息、金属模信息与弯曲信息, 计算表示上下金属模的理论结合位置关系的 D 值之工序 (a); 基于上述理论 D 值, 控制上下金属模的结合位置关系, 进行工序实际弯曲加工的工序 (b); 检测出弯曲加工后工件多处弯曲角度, 计算弯曲角度平均值的工序 (c); 计算为达到上述平均弯曲角度而对工件进行弯曲加工的理论载荷, 基于该理论载荷计算理论机械挠度的工序 (d); 检测出工件实际弯曲加工时左右油缸的实际加压压力的工序 (e); 基于检测出的实际加压压力计算实际机械挠度的工序 (f); 计算前述理论机械挠度与实际机械挠度之差的工序 (g); 基于上述挠度差与工件多处弯曲角度, 计算弯板机的下部平板长度方向的多处挠度量, 计算工件之对应该多个挠度量的多处弯曲角度的工序 (h); 基于前述计算出的多处弯曲角度, 计算赋予下部平板隆起油缸之压力的工序 (i); 将上述计算出的压力加于隆起油缸, 使下部平板向上弯曲, 由上下金属模对工件进行弯曲加工的工序 (j); 由以上这些工序构成了弯板机的弯曲加工方法。

再者, 控制弯板机上具有的上下金属模的结合位置关系, 对工件进行弯曲加工的弯曲加工方法中, 它包括有基于工件信息、金属模信息和弯曲信息, 来计算表示上下金属模理论结合位置关系的 D 值的工序 (a); 基于上述理论 D 值, 控制上下金属模的结合位置

关系，进行工件实际弯曲加工的工序（b）；检测出弯曲加工后工件多处弯曲角度，计算弯曲角度平均值的工序（c）；计算为达到上述平均弯曲角度而对工件进行弯曲加工的理论载荷，基于该理论载荷，计算理论机械挠度的工序（d）；检测出工件实际弯曲加工时左右油缸实际加压压力的工序（e）；基于检测出的实际加压压力，计算实际机械挠度的工序（f）；计算前述理论机械挠度与实际机械挠度的挠度差的工序（g）；基于上述之挠度差及工件多处弯曲角度，计算弯板机的下部平板的长度方向的多处挠度量，再计算工件对应该多处挠度量的多处弯曲角度的工序（h）；基于上述计算出的多处弯曲角度，计算加于下部平板的隆起油缸的压力的工序（i）；计算将上述计算出的压力加于隆起油缸而对工件进行弯曲加工时的工件两侧的弯曲角度，基于该计算出的弯曲角度，计算D值修正量的工序（j）；基于上述D值的修正量与前述工序（a）中计算出的D值，计算其指令值，基于该指令值，控制上下金属模结合关系，对工件进行加工的工序（k）；由以上这些工序构成弯板机的弯曲加工方法。

再就是，在弯板机所具有的上下模间夹着板状工件，控制上述上模与下模的结合位置关系进行前述工件的弯曲加工的方法，它包括了：

基于工件信息、金属模信息与弯曲信息，计算表示对应于目标弯曲角度的上模与下模的理论结合位置关系的D值的工序（a）；基于上述工件信息、金属模信息与弯曲信息计算理论载荷，基于该理论载荷计算理论机械挠度的工序（b）；

基于上述理论D值与理论机械挠度，计算表示上下金属模结合位置关系的指令D值，且基于指令D值，进行工件实际弯加工的工序（c）；

测定弯曲加工后工件多处弯曲角度，计算弯曲角度的平均值的工序（d）；

计算将工件弯曲到上述弯曲角度平均值的理论载荷，基于该理论载荷，再计算理论机械挠度的工序（e）；

检测出工件实际弯曲加工时左右油缸实际加压压力的工序 ( f ) ;

基于所检出的实际加压压力计算实际机械挠度的工序 ( g ) ;

基于再计算出的理论机械挠度与实际机械挠度之差, 计算前述指令 D 值的修正量的工序 ( h ) ;

将上述修正量加于前述指令 D 值, 修正上下金属模的结合位置关系, 再进行工件弯曲加工的工序 ( i ) ;

重复前述工序 ( d ) 到工序 ( i ) , 直至工件弯曲角度达到目标值的容许值的工序 ( j ) ;

工件弯曲角度达到目标值的容许值之后, 常是将上下金属模结合位置关系控制为一定值, 而重复进行必要件数的工件弯曲加工的工序 ( k ) ; 由这些工序构成弯板机的弯曲加工方法。

对于在弯板机上具有的上模与下模间夹着板状工件, 控制上述的上模与下模的结合位置关系, 对前述工件进行弯曲加工的弯板机, 它包括有: 基于工件信息、金属模信息与弯曲信息, 计算表示对应于目标弯曲角度的上模与下模理论结合位置关系的 D 值的计算装置; 基于上述理论 D 值, 控制上下金属模的结合位置关系, 对工件进行实际弯曲加工的控制装置; 计算弯曲加工后在工件多处测得的弯曲角度的平均值的计算装置; 计算为把工件弯曲到上述弯曲角度平均值的理论载荷, 基于该理论载荷计算理论机械挠度的计算装置, 检测出工件实际弯曲加工时左右油缸的实际加压压力的检测装置; 基于检测出的实际加压压力计算实际机械挠度的计算部以及基于前述理论机械挠度与实际机械挠度之差计算前述 D 值的修正量的计算部。

再者, 对于控制弯板机上所具有的上下金属模结合位置关系, 进行工件弯曲加工的弯板机, 它包括有: 基于工件信息、金属模信息和弯曲信息, 计算表示上下金属模理论结合位置关系的 D 值的计算装置; 基于上述理论 D 值, 控制上下金属模结合位置关系, 对工件进行实际弯曲加工的控制装置, 计算弯曲加工后在工件的多处测得的弯曲角度之平均值的计算装置; 计算为达到上述平均弯曲角度

对工件弯曲加工的理论载荷，基于该理论载荷计算理论机械挠度的计算装置；检测出工件实际弯曲加工时左右油缸实际加压压力的检测装置；基于检测出的实际加压压力，计算实际机械挠度的计算装置；计算前述理论机械挠度与实际机械挠度之差的计算装置；计算弯板机的下部平板的长度方向的多处挠度量，计算对应于该多处挠度量的工件多处弯曲角度的计算装置；基于上述计算出的多处弯曲角度，计算加于下部平板的隆起油缸的压力的计算装置；将上述计算出的压力加于隆起油缸，计算这时进行工件弯曲时工件两侧的弯曲角度，基于该计算出的弯曲角度，计算D值修正量的计算装置；基于上述D值修正量与最初算出的D值，计算指令值，基于该指令值，控制上下金属模的结合关系，对工件进行弯曲加工的前述控制部。

再就是，在于弯板机上所具有的上模与上模间夹着板状工件，控制上述上模与下模的结合位置关系，对前述工件进行弯曲加工的弯板机上，它包括有：

基于工件信息、金属模信息与弯曲信息，来计算表示对应于目标弯曲角度的上模与下模的理论结合位置关系的D值之计算装置；

基于上述工件信息、金属模信息与弯曲信息计算理论载荷，基于该理论载荷计算理论机械挠度的计算装置；

基于上述理论D值与理论机械挠度，计算表示上下金属模结合位置关系的指令D值，且基于该指令D值进行工件实际弯曲加工的控制装置；

对弯曲加工后测出工件多处弯曲角度，计算弯曲角度平均值的计算装置；

计算为将工件弯曲到上述弯曲角度平均值的理论载荷，基于该理论载荷再计算理论机械挠度的计算装置；

检测出工件实际弯曲加工时左右油缸实际加压压力的检测装置；

基于检出之实际加压压力计算实际机械挠度的计算装置；

基于再算出的理论机械挠度与实际机械挠度之差，计算前述指令 D 值的修正量的计算装置；

将前述修正量加于前述指令 D 值，修正上下金属模结合位置关系，对工件再进行弯曲加工的控制装置。

依照前述之构成，在本发明中，基于工件信息、金属模信息与弯曲信息，计算出表示上下金属模理论结合位置关系的 D 值，由基于该计算出的 D 值，控制上述之结合位置关系，进行工件实际弯曲加工。

而后，测定工件数处弯曲角度，计算其平均值，计算为达到该弯曲角度平均值进行弯曲的理论载荷，基于该理论载荷，计算理论机械挠度。

另外，检测出工件实际弯曲加工时左右油缸的实际加压压力；基于该实际加压压力，计算实际机械挠度。

而后，基于理论机械挠度与实际机械挠度之差，计算前述 D 值的修正量；将该修正量加于前述 D 值，修正上下金属模的结合位置关系，进行弯曲加工。

另外，为了达到前述之目的，本发明的弯板机，使在上部平板的下部设置的冲头与下部平板的上部设置的冲模在上部或下部平板上做往复运动，由此而使冲头与冲模协调动作，对工件进行弯曲加工，在这样的弯曲加工装置中，其特征在于：从前述冲模的底部到冲头尖端的距离 D 值进行计算和控制的控制装置包括有：输入工件材质、抗拉强度、板厚、弯曲长度、冲模 V 型槽宽度、冲模肩半径、冲模角度、冲头尖端半径、尖端角度、弯曲角度、偏置量的输入装置；依该输入装置所输入的数据，判定冲头尖端工件包卷的工件包卷判定装置；依该工件包卷判定装置之判定结果，在判定为包卷或不包卷的情况下，求出回弹量的回弹量计算装置；依计回弹量计算装置计算出的回弹量与目标角度的大小判定为空弯还是到底状态的空弯、到底判定装置；在由空弯、到底判定装置判定为空弯的情况下，求取工件夹入角度的工件夹入角度计算装置；计算该工件夹入角度计算装置计算出的工件夹入角度下的加压压力的工件

夹入角度下加压压力计算装置；计算工件夹入角度下平板移动位置的工件夹入角度下平板移动位置计算装置。

在前述之弯板机上，最好还包括：基于前述工件夹入角度下加压压力计算装置计算出的工件夹入角度时的加压压力，计算装置本身机械系统挠度的机械系统挠度计算装置；依前述工件夹入角度下平板移动位置计算装置计算出的工件夹入角度下平板移动位置与前机械系统挠度计算装置计算出的机械系统挠度，求得最终平板位置的最终平板位置计算装置。

另外，本发明由使在上部平板下部设置的冲头与下部平板上部设置的冲模在前述上部或下部平板上作往复运动，而使前述冲头与冲模协调工作，进行弯曲加工的弯曲加工装置上，其特征在于，对从前述冲模底部到冲头尖端的距离  $D$  值进行计算和控制的控制装置包括有：输入工件材质、抗拉强度、板厚、弯曲长度、冲模 V 型宽度、冲模肩半径、冲模角度、冲头尖端半径、尖端角度、弯曲角度、偏置量等的输入装置；依该输入装置输入的数据判定冲头尖端的工件包卷的工件包卷判定装置；基于该工件包卷判定装置判定结果求取判定为包卷或不包卷时之回弹量的回弹量计算装置；依该回弹量计算装置计算出的回弹量与目标角度的大小判定空弯还是到底状态的空弯，到底判定装置；在由该空弯、到底判定装置判定为到底状态的情况下，计算工件夹入角度的工件夹入角度计算装置；计算该工件夹入角度计算装置计算出的工件夹入角度下的加压压力的工件夹入时加压压力计算装置；计算到底区域与空弯之边界载荷的第 1 边界载荷计算装置；求取空弯区域的边界载荷的第 2 边界载荷计算装置；由将第 1 边界载荷计算装置计算出的边界载荷转换为以第 2 边界载荷计算装置计算的边界载荷，由此计算到底时需要载荷的需要载荷计算装置；基于前述工件夹入角度计算装置计算出的工件夹入角度，求出工件夹入角度下平板移动位置的工件夹入角度下平板移动位置计算装置；求取到底区域与空弯区域的边界值的第 1 边界值计算装置；求取空弯区域的边界载荷的第 2 边界载荷计算装置；求取将第 1 边界计算装置计算出的边界值转换为第 2 边界

值计算装置计算出的边界值之到底时的平板移动位置的到底时平板移动位置计算装置。

在前述弯曲加工装置中，最好还包括：基于前述载荷计算装置计算出的需要载荷，求取装置本身机械系统挠度的机械系统挠度计算装置；由前述到底时平板移动位置计算装置计算出的到底时平板移动位置与机械系统挠度计算装置计算出的机械系统挠度，求取最终平板位置的最终平板位置计算装置。

依做成上述这样的弯板机，由冲头与冲模的协调工作对工件进行弯曲加工时，由输入装置输入并存储工件的材质、抗拉强度、板厚等的各种数据。其次，由包卷判定装置判定冲头尖端的工件包卷情况。

在判定为有包卷的情况下，由回弹量计算装置求得回弹量。而后，由空弯、到底判定装置判定是空弯还是到底。

在为空弯的情况下，由工件夹入装置计算装置计算工件夹入角度的同时由工件夹入角度下加压压力下计算装置求得工件夹入角度下加压压力。另外，由工件夹入角度下平板移动位置计算装置计算出工件夹入角度下平板移动位置。将此平板移动位置作为 D 值，进行弯曲加工。

另外，在判定为到底状态的情况下，由回弹量计算装置计算回弹量，同时由工件夹入角度计算装置计算工件夹入角度。由工件夹入角度下的加压压力计算装置求得该工件夹入角度下的加压压力。

而后，由第 1 边界载荷计算装置求得到底区域的与空弯的边界载荷，同时由第 2 边界载荷计算装置求得空弯区域的边界载荷。而后，将第 1 边界载荷计算装置计算出的边界载荷变换为第 2 边界载荷计算装置计算出的边界载荷，再由需要载荷计算装置计算出需要载荷。

由工件夹入角度下平板移动位置计算装置，根据工件夹入角度，求得工件夹入角度下的平板移动位置，由第 1 边界载荷计算装置求得到底区域的与空载区域的边界值的同时，由第 2 边界载荷计

算装置求得空弯区域的边界值；以到底时平板移动位置计算装置，将第1边界载荷计算装置计算出的边界值变换为第2边界载荷计算装置计算出的边界值，求取到底时的平板移动位置。将到底时的平板移动位置作为D值、实施控制，进行弯曲加工。

### 图面简要说明

图1是本发明之方法的流程图；图2是本发明之方法的流程图；图3是本发明之方法的流程图；图4是本发明之方法的流程图；图5是将控制装置的构成以功能方块表示的说明图；图6是弯板机正面略图；图7是概略表示使下部平板上下运动的作动控制部的构成之说明图；图8是实施本发明的弯板机的控制装置空弯状态时的构成方块图；图9是实施本发明的弯板机的控制装置到底状态时的构成方块图；图10是判定工件是否包卷冲头尖端的说明图；图11是说明工件夹入角度的说明图；图12是说明冲头挠度的说明图；图13是说明在弯曲角度与计算载荷的关系下空弯与到底之关系的说明图；图14是说明工件从冲模肩部滑入的说明图；图15是说明在D值与弯曲角度的关系下，空弯与到底关系的说明图；图16是说明本发明之工作的说明图；图17是说明本发明之工作的说明图；图18是作为实施本发明之一实施例的弯板机侧面图。

### 实施例（实施本发明的最好形态）

下边，来说明关于本发明的实施例，关于弯板机的机械构成，由于和图6、图7所示的现有的构成相同，所以关于弯板机的机械构成的详细说明就省略了。

参照图1~5，输入从输入装置41来的工件信息、金属模信息、弯曲信息等的弯曲数据以及工件W距中央部的偏置量的绝对值BP（工序S1），在CPU的控制下、在运算装置43中计算理论载荷BF（工序S2），同时计算机械挠度H（工序S3）。

前述之工件信息指工件W的板厚 $t$ 、抗拉强度，弯曲长度 $B$ ；金属模信息指上模尖端的微小半径 $R_p$ 、下模上的V型槽的宽度、V型槽角度 $\theta$ 、V型槽肩部半径 $R$ 。而弯曲信息指弯曲角度 $A$ 。

基于上述数据，前述之理论载荷BF可表示为：

$$BF = f(n, S, u, v, t, A).$$

式中  $n$  是将工件加工硬化的难易程度以指数  $n$  表示的加工硬化指数。  $u$  是工件  $W$  与金属模之间的摩擦系数，而后，将运算结果之理论载荷  $BF$  存入存储器 45。

前述之机械挠度  $H$ ，以下式表示：

$$H = G + J + T + \delta$$

式中，  $G$  是由构架的变形引起的凸榫打开量，  $J$  是上限活门开度，  $T$  是金属模的挠度，  $\delta$  是工作台挠度，其中开度  $J$  由下式表示：

$$J = K_2 \times (BF)^2 + K_3 \times (BF) + K_4$$

$$T = K_5 \times BF$$

$K_2$ 、  $K_3$ 、  $K_4$ 、  $K_5$  是系数。

另外，由构架弯形引起的凸榫打开量  $G$  与工作台挠度  $\delta$  是，当向左右供给压力油并加压时，分别测定左右侧架产生的变形和工作台产生的挠度，预先做成载荷和凸榫打开量  $G$  与工作台挠度  $\delta$  之间关系的数据表 47，由该数据表 47 即可任意读取数据。

但，当工件  $W$  位于中央部的位置时，前述理论载荷  $BF$  在左右油缸 11L、11R 上最好是等量分配。可是，当工件  $W$  从中央部位向左右方向的一个方向偏在的情况下，必须对应其偏置量对左右油缸 11L、11R 进行分配。

即，在不使用前述之偏置量  $BP$  时，为方便，设定左右油缸 11L、11R 距工件  $W$  中心的尺寸为  $LL$ ，  $LR$ ；且设定加于左右油缸 11L、11R 的载荷为  $BFL$ 、  $BFR$ ，则载荷  $BFL$ 、  $BFR$  由下式给出：

$$BFL = [LR / (LL + LR)] \times BF$$

$$BFR = [LL / (LR + LL)] \times BF$$

从而，把上述左右载荷  $BFL$ ，  $BFR$  代入前述上限活门开度  $J$ 、金属模挠度  $T$  的各式中，则左右上限活门开度  $J$ 、金属模左右两侧的挠度即可分别计算出来。而后，将左右侧架 5L、5R 的凸榫打开量  $GL$ 、  $GR$  以及工作台左右两侧的挠度从预先存入的数据表 47 中检索出来，即可算出左右机械挠度  $HL$ 、  $HR$ 。

如前所述的弯曲数据一输出（工序  $S1$ ），基于工件信息、金



属模信息以及弯曲信息，为控制上下金属模结合位置关系的理论值  $D$  之  $D_1$  即可算出来（工序 S4）。该理论  $D$  值之  $D_1$  左右分别计算，但在工件  $W$  位于中央位置的情况下则左右相等。上述理论  $D$  值  $D_1$ ，依次下模上边水平放置的工件  $W$  以上模下端部压进下模  $V$  型槽内某处，而工件是否能取得所期望的弯曲角度  $A$ ，这是几何学演算问题。

再者，作为上下金属模结合位置关系原点的位置，可以是上下金属模结合，对给予规定的压力时下模的上模结合位置作为原点；也可以以下模的上面作为原点。

其次，在上述理论  $D$  值  $D_1$  上加上前述机械挠度  $H$  进行修正的指令  $D$  值  $D_2$  可左右分别进行计算（工序 S5）。

按上述指令  $D$  值  $D_2$  一经算出，基于该  $D$  值，如图 7 所示，即可控制左右伺服马达  $SM$  旋转，调节左右螺母构件 29 的上下位置。而后，向左右油缸 11L、11R 供入压力油，下部的平板 9 上升，由上下金属模 15、17 对工件  $W$  进行弯曲加工（工序 S6）。

像上述这样，由上下金属模 15、17 对工件  $W$  进行弯曲加工时，由连接于左右油缸 11L、11R 的各压力传感器  $PS$  将左右油缸 11L、11R 的压力  $PL$ 、 $PR$  检测出来（工序 S7）。而后将检测出来的压力  $PL$ 、 $PR$  存入存储器 45 中。

像上述这样对工件  $W$  进行弯曲加工之后，在工件之多处，比如对左侧、中央部、右侧的弯曲角度（ $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ ）进行测定（工序 S8）。而后，判定上述之弯曲角度（ $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ ）或其平均值是否在初期规定的弯曲角度的容许值之内（工序 S9），如果在容许范围内，过程即终止（工序 S10）。

即，弯曲角度的实测值  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  在容许值内的情况下，前述指令  $D$  值  $D_2$  的设定是正确的，因此，在将同一工件进行同一角度弯曲加工的情况下，将前述之螺母构件 29 由指令  $D$  值  $D_2$  保持其在定位位置，反复进行工件  $W$  的弯曲加工。

还有，工件  $W$  的弯曲角度的测定，也可以由上下金属模上取下工件  $W$  进行测定；由在弯板机的上部平板 7 或下部平板 9 的多处

所装的弯曲角度测定器 49 进行测定也可以。

如弯曲角度的实测值  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  在容许值之外的话，则基于实测角度  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$  的输入（工序 S11），算出为按上述实测角度平均值进行弯曲需要的理论加载 BF2（工序 S12），且计算对应于该理论加载 BF2 的左右侧架的机械挠度 HL1、HR1（工序 S13）。

另外，引入由各压力传感器 PS 检测出的左右油缸 11L、11R 的检出压力 PL、PR（工序 S14），分别算出作用于左右油缸 11L、11R 的检出载荷 BF3（工序 S15）。而后基于左右油缸 11L、11R 各自的检出载荷 BF3 算出左右侧架的机械挠度 HL2、HR2（工序 S16）。

而后，基于在工序 S13 中算出的理论上的机械挠度 HL1，HR1 与工序 16 中算出的由检测出载荷决定的机械挠度 HL2，HR2 来算出左右机械挠度差  $\Delta HL$ ， $\Delta HR$ （工序 S17）。

下面，基于上述挠度差  $\Delta HL$ ， $\Delta HR$  算出下部平板的挠度值（ $\Delta HA1$ ， $\Delta HA2$ ， $\Delta HA3$ ）（工序 S18）。

上述之下部平板挠度值（ $\Delta HA1$ ， $\Delta HA2$ ， $\Delta HA3$ ）是在进行工件 W 的弯曲加工时，对应于工件的左侧、中央部、右侧位置的挠度值，由下式来表示：

$$\Delta HA1 = \Delta HL + (\Delta HR - \Delta HL) \times K_6$$

$$K_6 = f(B, BP, A1)$$

$$\Delta HA2 = \Delta HL + (\Delta HR - \Delta HL) \times K_7$$

$$K_7 = f(B, BP, A2)$$

$$\Delta HA3 = \Delta HL + (\Delta HR - \Delta HL) \times K_8$$

$$K_8 = f(B, BP, A3)$$

B：是工件弯曲长度；

BP：工件离开弯板机中央部的偏置量的绝对值；

$A1 \sim A3$ ：角度； $K_6 \sim K_8$ ：系数。

在对按上述算出的下部平板长度方向的挠度（ $\Delta HA1$ ， $\Delta HA2$ ，

△ HA3 )进行修正并进行弯曲加工的情况下,相应的工件 W 左侧、中央部、右侧的预想角度 A1'、A2'、A3' 的计算(工序 S19) 由下式表示:

$$A1' = f(n, V, A1, \Delta HA1)$$

$$A2' = f(n, V, A2, \Delta HA2)$$

$$A3' = f(n, V, A3, \Delta HA3)$$

其次,将弯曲加工时有向下弯曲倾向的下部平板使其预先向上弯曲,在工件弯曲加工时下部平板则大致保持水平,沿工件 W 的弯曲长度 B 的全长弯曲角度大致相等,为进行下部平板的隆起修正(使下部平板向下弯曲),首先计算隆起修正角度△ HA2 (工序 S20)。

该隆起修正角度△ A2 是如下这样计算,即求前述左右预想角度(A1', A3')的平均值(A1' + A3')/2 与中央部预想角度(A2')之差。

$$\Delta A2 = A2' - (A1' + A3') / 2$$

而后将这里算出的隆起修正角度△ A2 换算成在下部平板的中央部的向上的挠度值△ Y (工序 S21)。该挠度值由下式表示:

$$\Delta Y = f[V, n, A2', \Delta A2]$$

在按上述求得下部平板的中央部的向上之挠度值△ Y 之后,要求出计算仅有下部平板中央部挠度值△ Y 之挠曲所必须的隆起压力 CP 的修正值 CC (工序 S22)。

上述隆起压力 CP 由修正值 CC 乘于左右油缸 11L, 11R 的压力之和来得到,以下式表示:

$$CP = (PL + PR) \times CC$$

上述修正值 CC 是使给予在下部平板所具有隆起油缸 13 的油压与左右油缸 11L, 11R 的压力相关联的系数,对应于左右油缸 11L, 11R 的压力之和,预先由实验求得适当的修正值 CC,输入数据表 47 中。

从而,求得了数据表中的修正值 CC,且基于由压力传感器 PS

检测出来的左右油缸 11L, 11R 的检出压力算出隆起压力 CP 之后, 调节连接油泵与隆起油缸的连接油路 (图中未示出) 中配置的压力控制阀 (图中未示出), 即可以  $CP = (PL + PR) \times CC$  之关系来调节施加于隆起油缸 13 的隆起压力 CP。

再者, 前述之修正值 CC, 是预先做成实验式等, 而基于该实验式进行计算也可以。

下来, 计算按上述将隆起压力 CP 作用于隆起油缸 13 的状态下工件 W 进行弯曲的情况下之工件 W 左右两侧之弯曲角  $A' 1, A' 3$  (工序 S23)。这时的弯曲角度  $A' 1, A' 3$  由下式表示:

$$A' 1 = f [ n, V, \Delta Y, CC, A1' ]$$

$$A' 3 = f [ n, V, \Delta Y, CC, A3' ]$$

而后, 以按上述算出的工件 W 两侧弯曲角  $A' 1, A' 2$  为目标角 A, 计算左右两侧 D 值修正量 XL, XR (工序 S24)。该 D 值修正量 XL, XR 由下式表示:

$$XL = f [ n, A, V, A' 1, K_9, B, BP ]$$

$$XR = f [ n, A, V, A' 3, K_{10}, B, BP ]$$

$K_9, K_{10}$ : 系数。

下边, 基于在前述工序 15 中算出的检出载荷 BF3, 计算将工件 W 的检出角  $A1, A3$  修正为目标角 A 的情况下之载荷修正值 BFN (工序 S25), 基于该载荷修正值 BFN 计算左右机械挠度 HLN, HRN (工序 S26)。

另外, 载荷修正值 BFN 表示为:  $BFN = f [ BF3, k_{11} ]$  ( $K_{11}$ : 系数)。

基于该左右机械挠度 HLN, HRN 与前述工序 3 中算出的机械挠度 H, 计算左右挠度修正量  $\Delta HLN, \Delta HRN$  (工序 S27)。该左右挠度修正量  $\Delta HLN, \Delta HRN$  可由后边式子求出, 而且当工件 W 位于中央时, 左右机械挠度相等, 为 H; 而当其偏在左右两侧时, 左右两侧机械挠度变成 HL, HR。

$$\Delta HLN = HLN - H \text{ (或 HL)}$$

$$\Delta HRN = HRN - H \text{ (或 HR)}$$



在按上述算出左右挠度修正量  $\Delta HLN$  ,  $\Delta HRN$  之后, 基于前述工序 S4 中算出的理论 D 值  $D_1$ 、工序 24 中算出的 D 值修正量  $XL$  ,  $XR$  以及上述挠度修正量  $\Delta HLN$  ,  $\Delta HRN$  , 即可计算左右 D 值的指令值  $DL$  ,  $DR$  ( 工序 S28 ) 。

上述之指令值  $DL$  ,  $DR$  由下式表示:

$$DL = D_1 + XL + \Delta HLN$$

$$DR = D_1 + XR + \Delta HRN$$

基于该求出的指令值  $DL$  ,  $DR$  , 即可适当控制伺服马达旋转, 调节左右螺母构件 29 的上下位置。而后返回到工序 S6 进行工件 W 的弯曲加工, 直到工序 S9 的角度 OK , 重复工序 S6 ~ S28 的各工序。

在工序 S9 达到角度 OK 时, 指令值  $DL$  ,  $DR$  为正确值, 由此, 不必移动左右螺母构件 29 即可进行需要数量的弯曲加工, 故可进行高精度的加工。

但当进行工件 W 弯曲加工, 达到前述工序 9 的角度 OK 时, 把工件 W 的工件信息和弯曲角度与螺母构件 29 位置之间的关系数据存入存储器 45 , 使之数据表格化。而后, 在对同一工件进行相同角度弯曲加工时, 从预先存入的数据表中读出螺母构件 29 的位置数据, 进行位置控制, 由此, 可以很容易地进行工件的弯曲加工。

再者, 前述上限活门 21 的开度 J 乃是: 由实验预先求得施于油缸 11L、11R 的压力与开度 J 的关系之数据, 实现数据表格化, 基于使工件 W 弯曲的载荷算出施于油缸的压力, 基于该压力可从上述数据表 51 中检索出开度 J。

这时, 设置温度传感器并检测出向油缸供给压力油的温度, 再从粘度修正系数数据表 53 检索出该检出温度下的粘度修正系数, 基于该检索出来的粘度修正系数修正上限活门 21 的开度。

再进一步, 金属模挠度 T 也可以是这样: 上下金属模组合, 由实验求得对于工件 W 进行弯曲加工时给予必要载荷时的金属模挠度 T 与载荷关系数据, 并将其预先数据表格化, 从该数据表格中检索出金属模挠度 T。

参照图 18，一般，在弯板机 101 上，包括有左右立设的侧架 103，在该侧架 103 的前侧上部固定着上部平板 105；同时在该侧架 103 的前侧下部设置着下部平板 107，该平板 107 靠左右设置的油缸（图中未示出）可上下自由运动。

在前述上部平板 105 的下部，设置着冲头 P；同时在下部平板 107 的上部与冲头 P 相对地设置着冲模 D。另外，在侧架 103 间设置着于前后方向（图 11 中为左右方向）可以自由移动的内侧距量规（バックゲージ）109。另外，在侧架 103 的侧面设置有控制弯板机 101 的控制装置 111。

像上述这样构成，以控制装置 111 来控制弯板机 101，使内侧距量规 109 前后方向移动，定位于所期望的位置，到碰着工件的一端而停下来。在这种状态下，使左右油缸（图中未示出）工作，下部平板 107 上下运动，由此而使得冲头 P 与冲模 D 协同工作，即对工件进行弯曲加工。

在图 8 上示出了以弯曲冲模对工件进行弯曲加工时的控制装置 111 的构成方块图。在图 8 上，控制装置 111 包括有 CPU113，在该 CPU113 上，连接着由键盘等组成的输入装置 115，该键盘用于输入工件材质、工件角度内半径（IR）、抗拉强度（S）、板厚(t)、弯曲长度（B）、冲模 D 的 V 形槽宽度（V）、冲模 D 的肩半径（DR）、冲模 D 的角度（DA）、冲头 P 的尖端半径（PR）、冲头 P 的尖端角度（PA）、弯曲角度（A）、偏置量（BP）等数据；同时还连接着记忆由输入装置 115 输入的上述各种数据的数据存储器 117。

另外，在 CPU 113 上还连接着工件包卷判定装置 119，回弹量计算装置 121，空弯，到底判定装置 123，工件夹入角度计算装置 125，在工件夹入角度下加压计算装置 127，工件夹入角度下平板移动位置计算装置 129，机械系统挠度计算装置 131，以及最终 D 值计算装置 133。

在图 9 上示出了将工件弯曲到底时的控制装置 111 的构成方块图。在图 9 上凡与图 8 上相同部分给予相同符号，省去说明。图 9

中，在 CPU 113 上还连接有：第 1 边界载荷计算装置 135，第 2 边界载荷计算装置 137，需要载荷计算装置 139，工件夹入角下平板移动位置计算装置 141，第 1 边界值计算装置 143，第 2 边界值计算装置 145 以及到底平台移动位置计算装置 147。

在图 8 上，以工件包卷判定装置 119，引入数据存储器 117 中存储的金属模条件，判断工件是否包卷于冲头 P 的尖端。比如，如图 10 (A) 所示，工件 W 的材质设为 SPCC，冲模 D 的 V 宽度为 6mm，冲头 P 的尖端 R 为 1.0mm，判断工件 W 在冲头 P 的尖端上包卷；同时，如图 10 (B) 所示，设工件材质为 SPCC，冲模 D 的 V 宽度为 6mm，冲头 P 尖端 R 为 0.2mm，判断工件 W 在冲头 P 的尖端不包卷。即，冲头 P 的尖端半径 (PR) 比工件 W 角度的内半径 (IR) 大的情况下 ( $PR \geq IR$ )，判定为包卷；而当冲头 P 之尖端半径 (PR) 比工件 W 角度内半径 (IR) 小时 ( $PR < IR$ ) 判定为不包卷。

在前述之回弹量计算装置中，在有包卷的情况下，由下式所示出的塑性理论式来计算回弹量  $\Delta A_{a2}$ 。

$$\Delta A_{a2} = \frac{K'}{EI} (PR + \frac{t}{2}) \cdot f(\psi_1) + \frac{K'}{KI} \int_{\psi_1}^{\theta} f(\theta) d\theta \dots \dots (1)$$

式中：E：杨氏模量；I：断面二次矩；PR：冲头尖端半径；t：板厚；K'：材料系数； $\psi_1$ ：包卷角度； $\theta$ ：弯曲角度。

在无包卷的情况下，变换式 (1) 中的各值，同样可计算回弹量  $\Delta A_{a1}$ 。

在前述空弯到底判定装置 123 中，由下式进行弯曲冲模到底之判定：

$$A - \Delta A_{a2} (\Delta A_{a1}) \geq DA \dots \dots (2)$$

$$A - \Delta A_{a2} (\Delta A_{a1}) < DA \dots \dots (3)$$

式中：A：目标角度； $\Delta A_{a2}$  ( $\Delta A_{a1}$ )：回弹量；DA：冲模角度。

满足 (2) 式时判定为空弯；而满足上述式 (3) 时判定为到底。

前述工件夹入角度计算装置 127, 如图 11 (A), (B) 所示那样, 工件夹入角度(A<sub>a2</sub>, A<sub>a1</sub>)由下式算出:

$$A_{a2}(A_{a1})=A-\Delta A_{a2}(\Delta A_{a1})\dots\dots(4)$$

式中, A: 目标角度;  $\Delta A_{a2}(\Delta A_{a1})$ : 回弹量。

在工件夹入角度下加压计算装置 127 中, 工件夹入角度 A<sub>a2</sub>(A<sub>a1</sub>) 下的加压 (载荷) BF<sub>a2</sub>(Bf<sub>a1</sub>) 由下边塑性理论式计算:

$$BF_{a2}=\frac{K \cdot f(n) \times f(L)}{1000 \times f(\theta)} \quad [吨] \dots\dots(5)$$

式中, n: 材料常数; L: 金属模函数。

变换上述 (5) 式中的 n、L 值同样也能计算 BF<sub>a1</sub>。

在前述夹入角度下平板移动位置计算装置 129 中, 工件夹入角度下平板移动位置 d<sub>a2</sub>(d<sub>a1</sub>) 由下边塑性理论公式计算:

$$d_{a2}=L \times [\{\phi_3(\theta)-\phi_3(\psi_1)\} \times f(\theta)+f(\psi_1)]-t \dots\dots(6)$$

式中: L: 金属模函数;  $\phi_3(\theta)$ : 积分函数;  $\phi_3(\psi_1)$ : 积分函数; t: 板厚。

d<sub>a1</sub> 也可变换上述 (6) 式中各值同样计算出来。

在前述机械系统挠度计算装置 131 中, 由下边塑性理论式计算出平板挠度  $\delta_6$ ; 角度 J; 凸榫打开量 G 以及金属模挠度 T:

$$\delta_6 = \{H_1 \times BP + H_2\} + \frac{BF_{a2}}{B} \dots\dots(7)$$

$$J = K_1 \times BF_{a2}^2 \times K_2 \times BF_{a2} + K_3 \dots\dots(8)$$

$$G = K_4 \times BF_{a2} \dots\dots(9)$$

$$T = K \times \frac{BF}{B} \dots\dots(10)$$

式中, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>: 机械常数; BP: 偏置量; B: 弯曲长度; K<sub>1</sub>~K<sub>4</sub>: 机械常数; K: 挠度常数。

在无包卷的情况下, 在式 (7) ~ (10) 中将 BF<sub>a2</sub> 置换为 BF<sub>a1</sub> 进行计算。

上述 (10) 式中的平板挠度 T, 如图 12 所示那样, 依 CAD 信息, 应用塑性力学进行计算也可以。

在图 9 的回弹量计算装置 121 中, 可由下边的塑性理论式计算回弹量  $\Delta A_{b2}(\Delta A_{b1})$ 。

$$\Delta A_{b2} = \frac{K'}{EI} (PR + \frac{t}{2}) \cdot f(\psi_1) + \frac{K'}{EI} \int_{\psi_1}^{DA} f(\theta) d(\theta) \dots \dots (11)$$

式中，E：杨氏模量；I：断面二次矩；PR：冲头P的尖端半径；t：板厚；K'：材料常数； $\psi_1$ ：包卷角度； $\theta$ ：弯曲角度；DA：冲模D的角度。

在工件夹入角度计算装置125中，由下式计算工件夹入角度 ( $A_{b2}, A_{b1}$ )。

$$A_{b2}(A_{b1}) = A - \Delta A_{b2}(\Delta A_{b1}) \dots \dots (12)$$

式中，A：目标角度； $\Delta A_{b2}(\Delta A_{b1})$ ：回弹量。

在前述到底时工件夹入角下的加压计算装置127中，由下边之塑性理论式计算到底时工件夹入加压值（载荷） $BF_{b2}''(BF_{b1}'')$ 。

$$BF_{b2}'' = \frac{2K'}{f(A_{b2})} \times \left( \frac{1}{PR+t/2} \right)^n \times \frac{1}{1000} \dots \dots (13)$$

式中， $A_{b2}$ ：工件夹入角度；PR：冲头P尖端半径；t：板厚。在计算载荷 $BF_{b1}''$ 时，用 $A_{b1}$ 代替 $A_{b2}$ 即可进行计算。

在第1边界载荷计算装置135、第2边界载荷计算装置137中，由下式计算边界载荷 $BF_{b2}'(BF_{b1}')$ ， $BF_{a2}'(BF_{a1}')$ 。

$$BF_{b2}' = \frac{2K'}{f(DA)} \times \left( \frac{1}{PR+t/2} \right)^n \times \frac{1}{1000} \dots \dots (14)$$

$$BF_{a2}' = \frac{K' \cdot f(n) \cdot f(L)}{1000 \times f(DA)} \dots \dots (15)$$

式中，DA：冲模D之角度；K'：常数。

在前述需要载荷计算装置139中，由下式计算需要载荷 $BF_{b2}(BF_{b1})$ 。

$$BF_{b2} = BF_{a2}' \times \frac{BF_{b2}''}{BF_{b2}'} \dots \dots (16)$$

即，在图13上，在空弯区域与到底区域之关系上，在空弯、到底的加压压力（载荷）的计算式中，比如存在 $91^\circ$ 为界的不连续状态，在需要载荷计算装置139中，将到底计算式换为空弯计算式来计算需要载荷 $BF_{b2}(BF_{b1})$ 。因为，到底计算式，空弯误差因素、图14所示那样工件从冲模肩的滑入，与工件W之变形相应的种种不确定因素很多，换成空弯一侧会有更好的弯曲制式来计算需要载荷。

在前述工件夹入角度下平板移动位置计算装置 141 中, 由下边之塑性理论式计算夹入角度下平板移动位置  $d_{b2}''(d_{b1}'')$ 。

$$d_{b2}'' = Y_2'' + (L - X_2'') \tan \alpha - t \quad \dots \dots (17)$$

$$Y_2'' = \int_0^{\varphi_1} f(L) \sin d\theta + \int_{\varphi_1}^{\alpha} f(\beta X, \theta) d\theta \quad \dots \dots (18)$$

$$X_2'' = \int_0^{\varphi_1} f(L) \cos d\theta + \int_{\varphi_1}^{\alpha} f'(\beta X, \theta) d\theta \quad \dots \dots (19)$$

式中,  $L$ : 冲模  $D$  的角度函数;  $\beta X$ : 偏置量。

$d_{b1}''$  也可同样求出。

在前述第 1 边界值计算装置 143 中, 由下边塑性理论式求得边界值  $d_{b2}'(d_{b1}')$ 。

$$d_{b2}' = Y_2' + (L - X_2') \tan \alpha - t \quad \dots \dots (20)$$

式中,  $Y_2', X_2'$  为  $Y_2'', X_2''$  中  $\beta X = 0$  时的值。

$d_{b1}'$  可同样求得。

在前述第 2 边界值计算装置 145 中, 于前述 (6) 式中输入  $\theta$ : 冲模角度;  $A = DA$  (冲模角度) 的  $\varphi_1 = f(A)$  ( $\varphi$ : 包卷角度), 即可求边界值  $d_{a2}'(d_{a1}')$ 。

在前述到底时平板移动位置计算装置 147 中, 由下式求得  $d_{b2}(d_{b1})$ 。

$$d_{b2}' = Y_2' + (L - X_2') \tan \alpha - t \quad \dots \dots (21)$$

$d_{b1}$  同样也可求得。

即, 以前述工件夹入角度下平板移动位置计算装置 141、如图 15 所示的那样, 由到底计算式得出工件夹入角度下平板移动位置  $d_{b2}''$ ; 在前述第 1 边界值计算装置 143、第 2 边界值计算装置 145 中, 由到底计算式、空弯计算式分别得出在到底区域内与空弯区域的边界值  $d_{b2}'$ 、及在空弯区域内的边界值  $d_{a2}'$ 。另外, 在前述到底时平板移动位置计算装置 147 中, 如图 15 所示的那样, 将边界值  $d_{b2}'$  换成边界值  $d_{a2}$ , 即可得出到底时的平板移动位置  $d_{b2}$ 。

根据上述这样构成, 把决定从冲模  $D$  的肩部底部到冲头  $P$  的尖端的  $D$  值的工作图示于图 16 与图 17 上, 基于图 16 与图 17 所表示的流程图进行说明, 首先, 在工序 S101 中, 由输入装置 115 输入工件  $W$  的材质、抗拉强度、板厚等各种数据, 并将数据存入存

儲器 117 中。在工序 S102 中，由工件包卷判定裝置 119 來判定工件 W 是否包卷于沖頭 P 的尖端。即，如果  $PR \geq IR$ ，即判定沖頭 P 的尖端包卷了工件 W；同時如果是  $PR \leq IR$  則判定沖頭 P 的尖端不包卷工件 W。

在沖頭 P 的尖端 P 包卷以工件 W 的情況下，在工序 S103 中由回彈量計算裝置 121 來計算回彈量  $\Delta A_{a2}$ 。在工序 S104 中，由空彎、到底判定裝置 123 來判定是處於空彎狀態，還是到底狀態。即，滿足前述 (2) 式判定為空彎，如滿足 (3) 式判定為到底。

在工序 S105 中，在工件夾入角度計算裝置 125 中，由前述 (4) 式來計算工件夾入角度  $A_{a2}$ 。在工序 S106 中，以工件夾入角度下加壓壓力計算裝置 127、由前述 (5) 式來計算工件夾入角度下加壓壓力值  $BF_{a2}$ 。在工序 S107 中，以工件夾入角度下平板移動位置計算裝置 129、由前述 (6) 式計算工件夾入角度下平板移動位置  $d_{a2}$ 。而後，在不考慮機械系統的撓度的情況下，把工件夾入角度下平板移動位置  $d_{a2}$  作為 D 值，即告終了。

而在考慮機械系統撓度的情況下，在工序 S108 中計算左右油缸的載荷。即，由前述之  $BF_{a2}$ 、偏置量 BP 來計算左右油缸的載荷  $BFL$ 、 $BFR$ 。在工序 S109 中，以機械系統撓度計算裝置 131，由前述式 (7) ~ (10) 來計算各種機械系統撓度。在工序 S110 中，以最終 D 值計算裝置 133，由式  $D = d_{a2} + \delta_6 + J + G + T$  來計算最終 D 值。以這裡計算出的最終 D 值控制左右油缸，使下部平板 107 上下運動，由此可圖使得在多種多樣的彎曲條件下的彎曲角度的精度得以提高；同時還可以減少修正次數。

在前述工序 S104 中，在判定為非空彎而是到底狀態的情況下，則基於圖 17 流程圖處理之。即，在圖 17 上，在工序 S111 中，以圖 9 中的回彈量計算裝置 121，由前述 (11) 式計算回彈量  $\Delta A_{b2}$ 。

在工序 S112 中，以工件夾入角度計算裝置 125，由前述 (12) 式計算工件夾入角度  $A_{b2}$ 。在工序 S113 中，以工件夾入角度下加壓壓力計算裝置 127，由前述 (13) 式計算工件夾入角度下的載

荷  $BF_{b_2}''$ 。在工序 S114 中，以第 1 边界载荷计算装置 135，由前述 (14) 式计算到底一边的载荷  $BF_{b_2}'$ ，在工序 S115 中，以第 2 边界载荷计算装置 137，由前述 (15) 式计算空弯一边的载荷  $BF_{a_2}'$ 。

在工序 S116 中，以需要载荷计算装置 139，由前述 (16) 式计算需要载荷  $BF_{b_2}$ 。在图 13 上，把到底计算式换到空弯一边。在工序 S117 中，以工件夹入角度下平板移动位置计算装置 141，由前述式 (17)、(18)、(19) 计算工件夹入角度下平板移动位置  $d_{b_2}''$ ；在工序 S118 中，由前述式 (20)，以第 1 边界值计算装置 143 计算边界 D 值  $d_{b_2}'$ ；同时，在工序 S119 中，以第 2 边界值计算装置 145，利用前述式 (6) 计算边界 D 值  $d_{a_2}'$ ；再下来，在工序 S120 中，以到底时平板移动位置计算装置 147，由前述式 (21) 计算到底时平板移动位置  $d_{b_2}$ 。即，在图 15 上，将到底计算式换为空弯计算式。而后，在不考虑机械系统挠度的情况下，以此工件夹入角度下移动位置  $d_{b_2}$  作为 D 值，即告終了。

而在考虑机械系统挠度的情况下，在工序 S121 中计算左右油缸的载荷。即，由前述的  $BF_{b_2}$ 、偏置量 BP 计算左右油缸的载荷 BFL、BFR。在工序 S122 中，以机械系统挠度计算装置 131，由前述 (7) ~ (10) 式计算各种机械系统挠度。在工序 S123 中，以最终 D 值计算装置 133，由式  $D = d_{b_2} + \delta_6 + J + G + T$  计算出最终 D 值。以此计算出的最终 D 值控制左右油缸，使下部平板 107 上下运动，由此即可对工件进行弯曲加工，达到与前述同样的效果。

在前述工序 S102 中判定冲头 P 的尖端是否为工件 W 所包卷的情况下，也可以遵从 S103 ~ S123 的要领，同样求得： $\Delta A_{a_1}$ ,  $BF_{a_1}$ ,  $d_{a_1}$ ,  $BF$ ,  $\Delta A_{b_1}$ ,  $A_{b_1}$ ,  $BF_{b_1}''$ ,  $BF_{b_1}'$ ,  $BF_{a_1}'$ ,  $BF_{b_1}$ ,  $d_{b_1}''$ ,  $d_{b_1}'$ ,  $d_{a_1}'$  以及  $d_{b_1}$ ，可以计算出空弯，到底时的 D 值，而详细的说明就省略了。但是，在求回弹量之前，则需加入求得假载荷的工序。

另外，本发明不限于前述之实施例，进行适当的变更，也可以其他形态实施。

由以上实施例之说明，可以知道，在本发明中，基于工件信息，

金属模信息以及弯曲信息，计算表示上下金属模理论结合位置关系的 D 值；基于该计算出来的 D 值，控制上述结合位置关系，即可进行工件实际的弯曲加工；而后，测定工件多处弯曲角度，计算其平均值；计算对应于该弯曲角度平均值弯曲时的理论载荷；再基于该理论载荷计算理论上的机械挠度。

另外，检测出工件实际弯曲加工时左右油缸的实际压力，基于该实际加压压力计算实际机械挠度。

而后，基于理论机械挠度与实际机械挠度之差，计算前述 D 值的修正量，将此修正量加算于前述 D 值，修正上下金属模的结合位置关系，进行弯曲加工。

即，本发明乃是：先理论计算机械挠度，而且理论计算上下金属模结合位置关系；仅基于该计算结果进行工件弯曲加工是不行的。要一次弯曲加工之后检测弯曲角度，基于该检测出的弯曲角度再理论计算机械挠度，同时，检测出工件实际弯曲加工时的油缸压力，基于该检出载荷计算实际机械挠度；基于理论机械挠度与实际机械挠度之差，修正上下金属模结合位置关系，再进行工件的弯曲加工，由于这样，即使最初计算的理论上的机械挠度存在有误差的情况下，经修正，最终仍能正确地进行工件的弯曲加工。

从而，在初期设定即使有误差的情况下，也不会产生问题，仍可正确地进行弯曲加工。

再者，检测出左右油缸压力，计算实际机械挠度，对左右油缸分别进行控制修正，也可进行工件弯曲加工；即使在左右方向存在有偏置的情况下，也能很容易地协调过来。

另外，如依照本发明，由于正确地计算了从冲模底部到冲头尖端的距离 D 值，并实施控制，可图提高对应多种弯曲条件下的弯曲角度精度；同时还可减少修正次数。

图 1

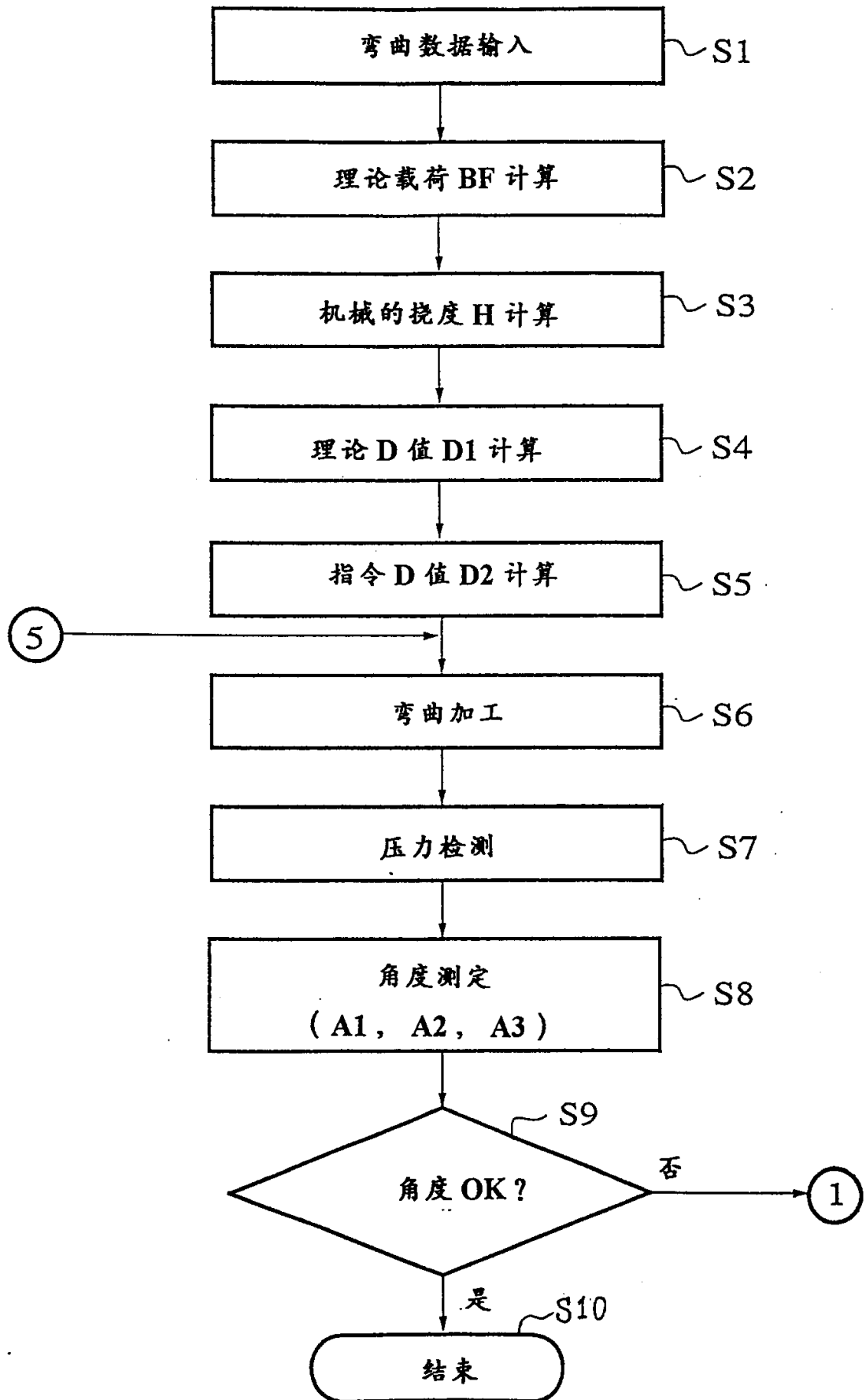


图 2

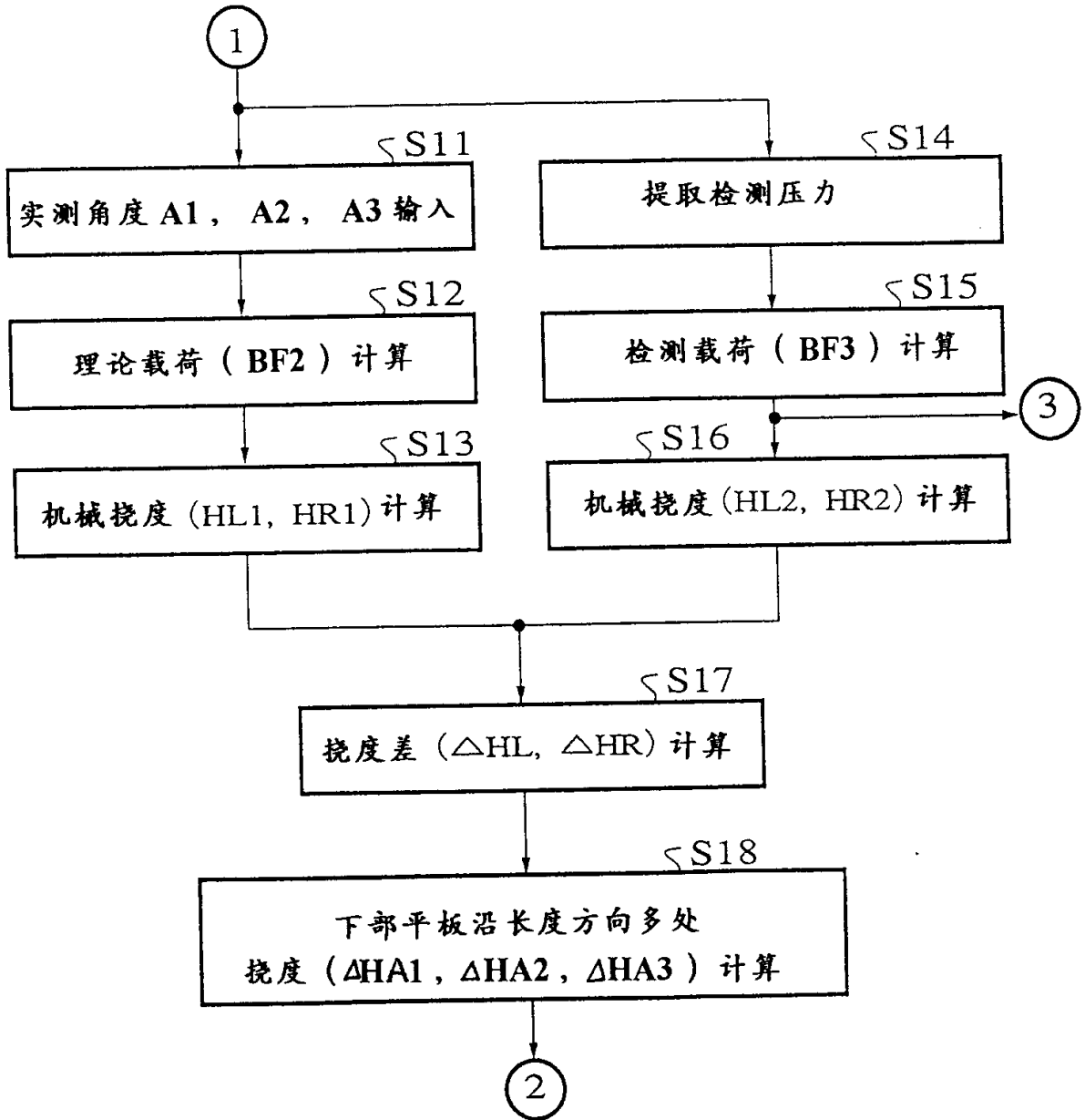


图 3

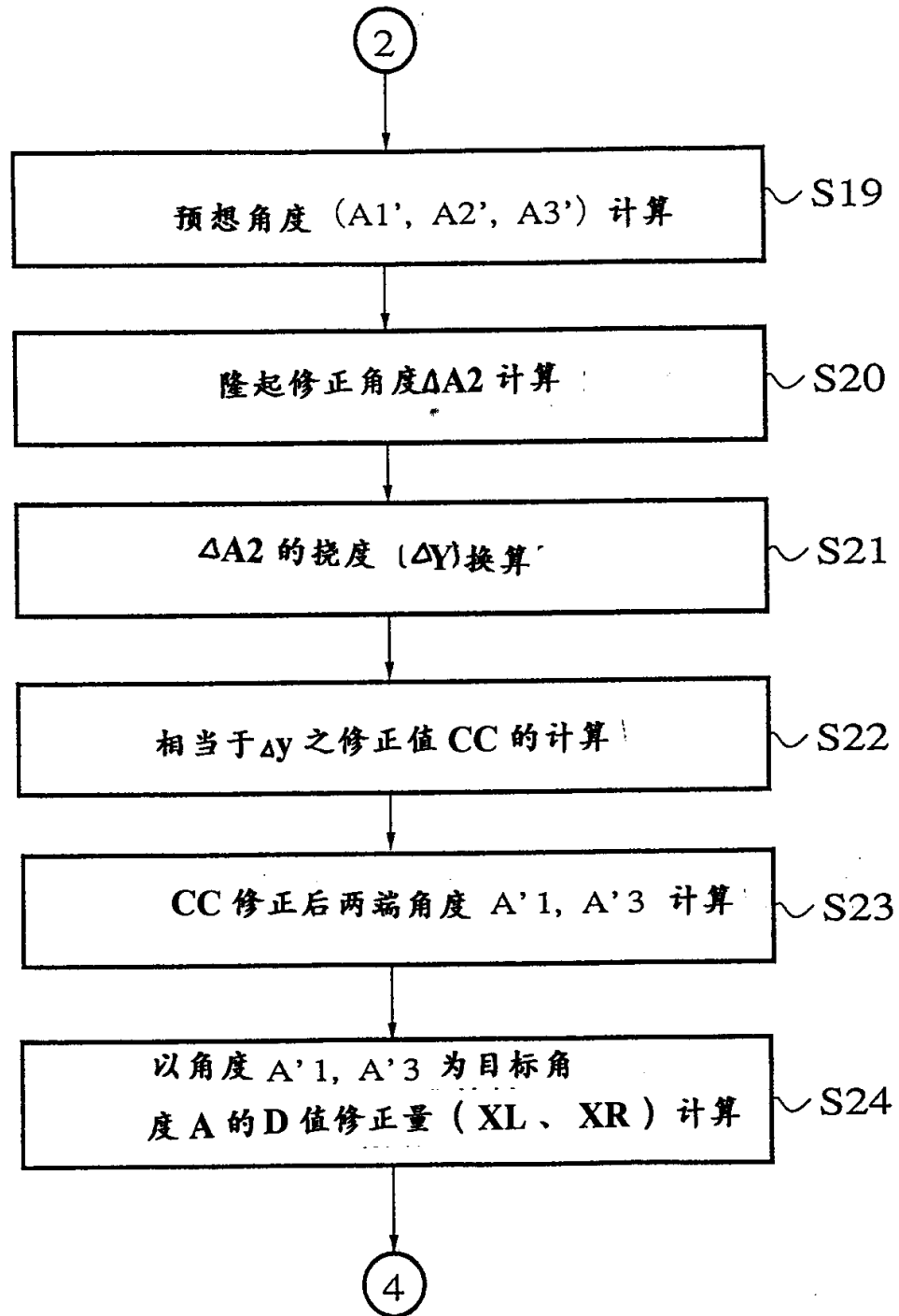


图 4

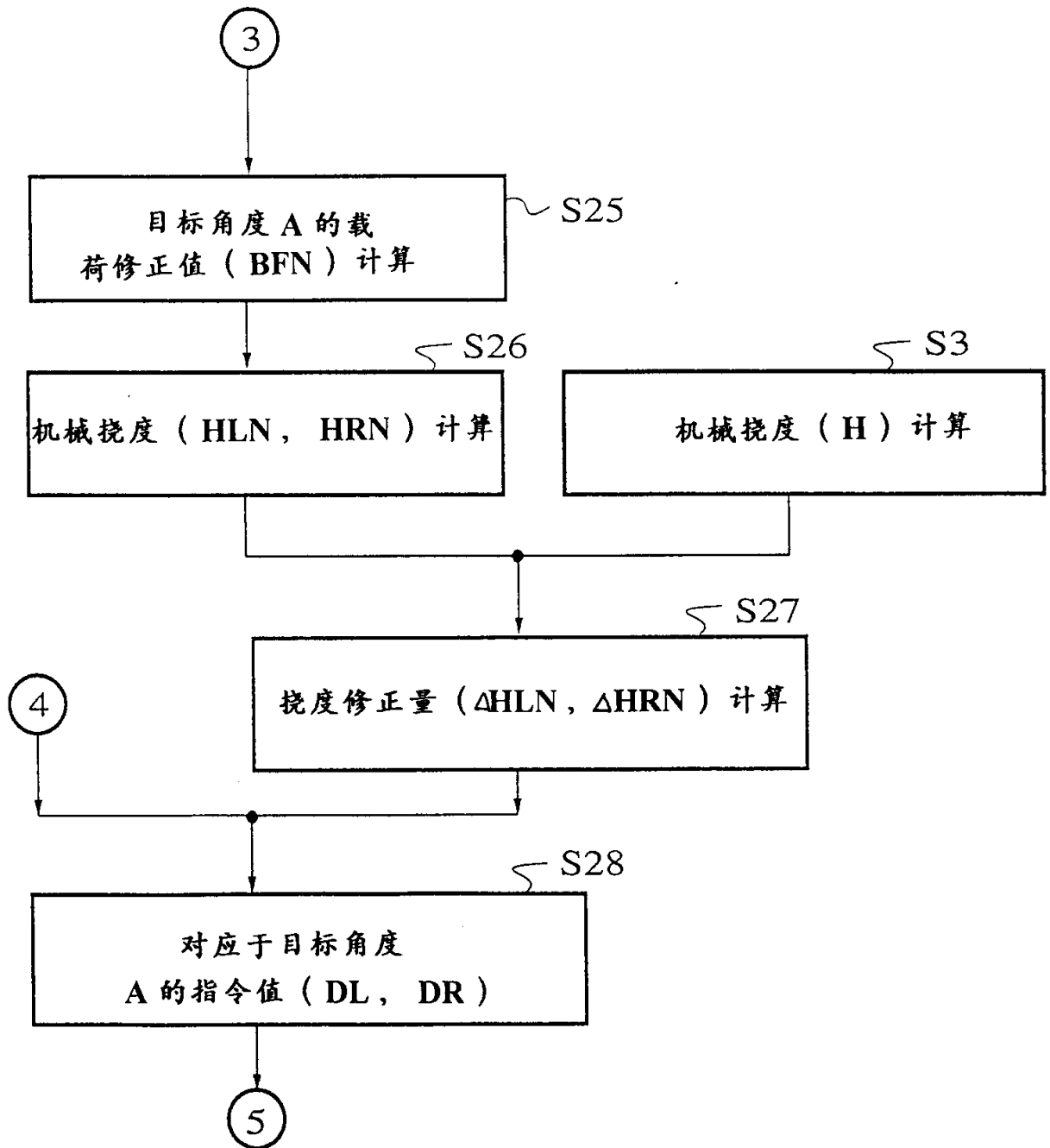


图 5

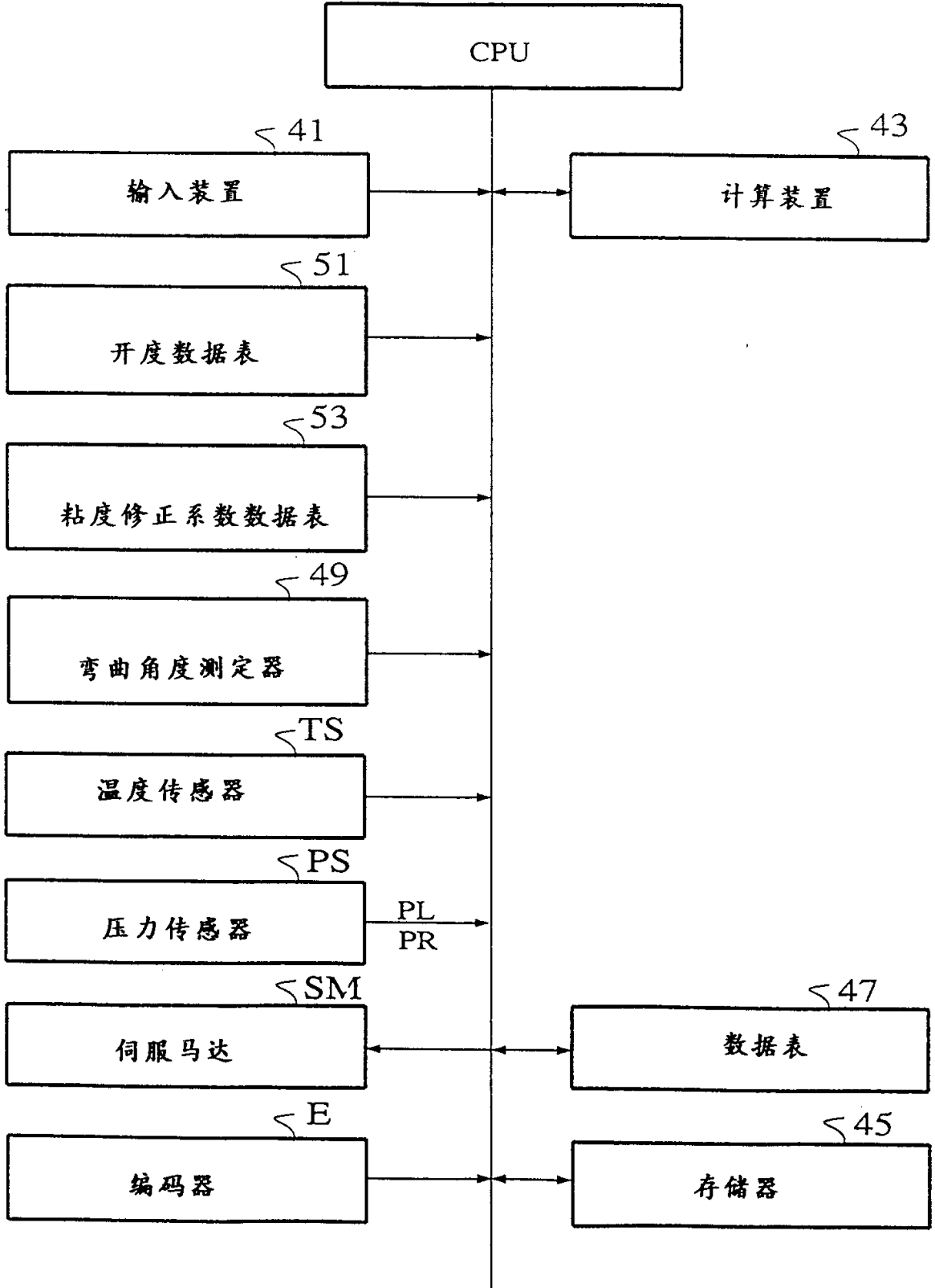


图 6

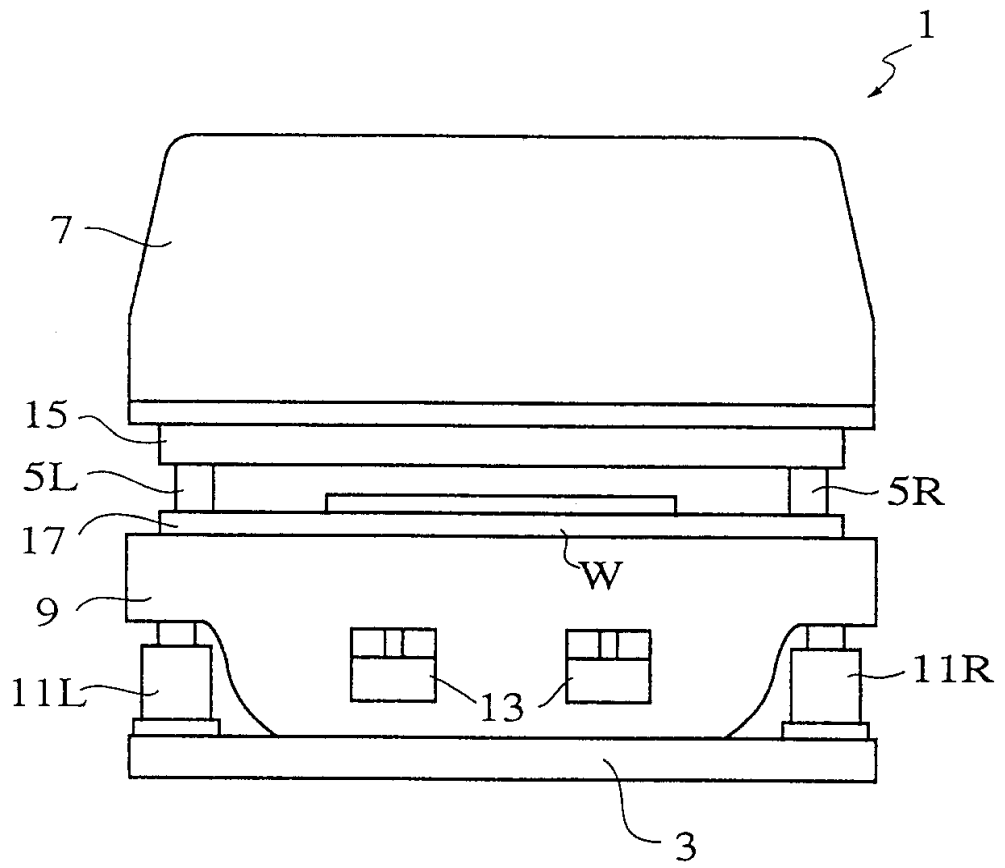


图 7

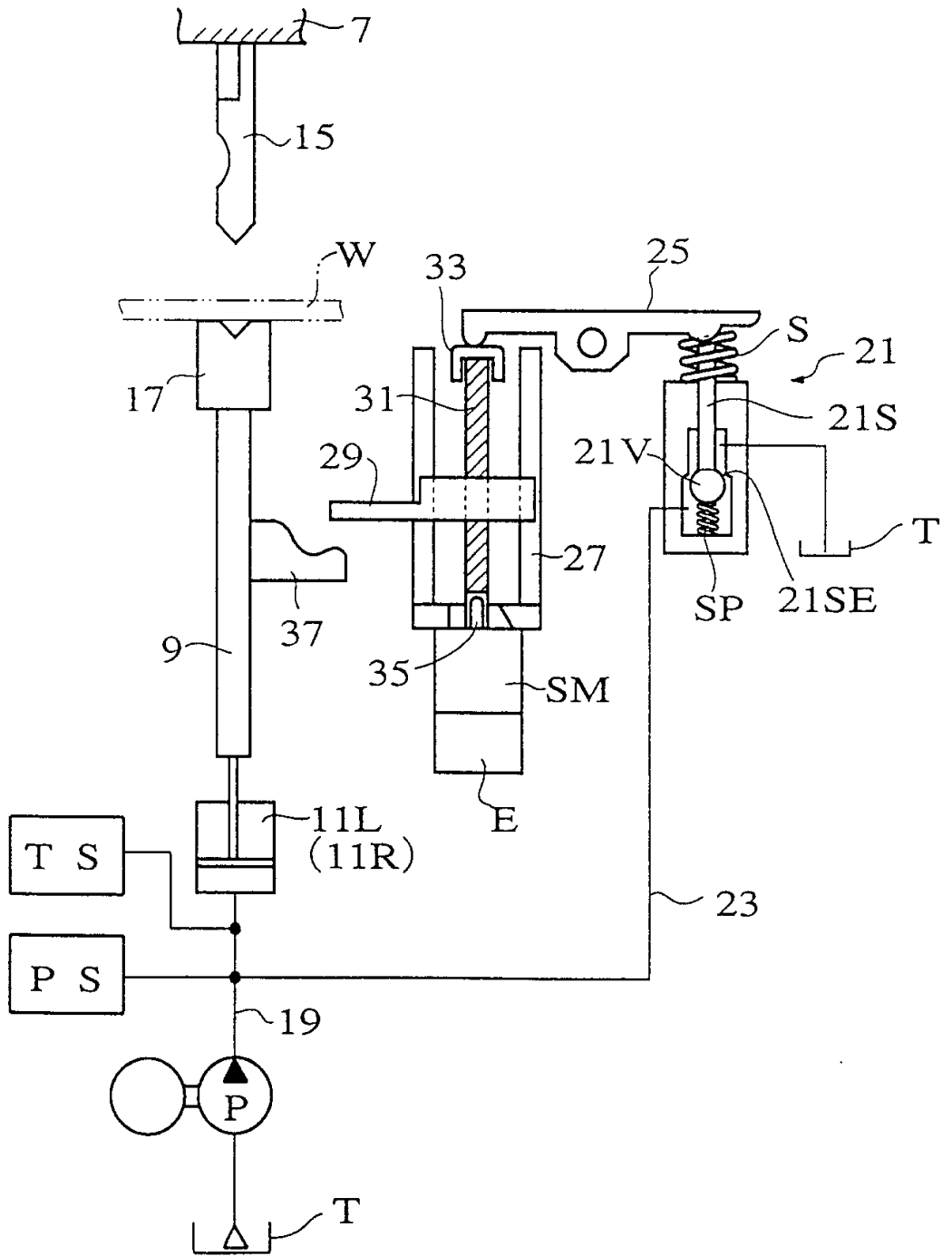
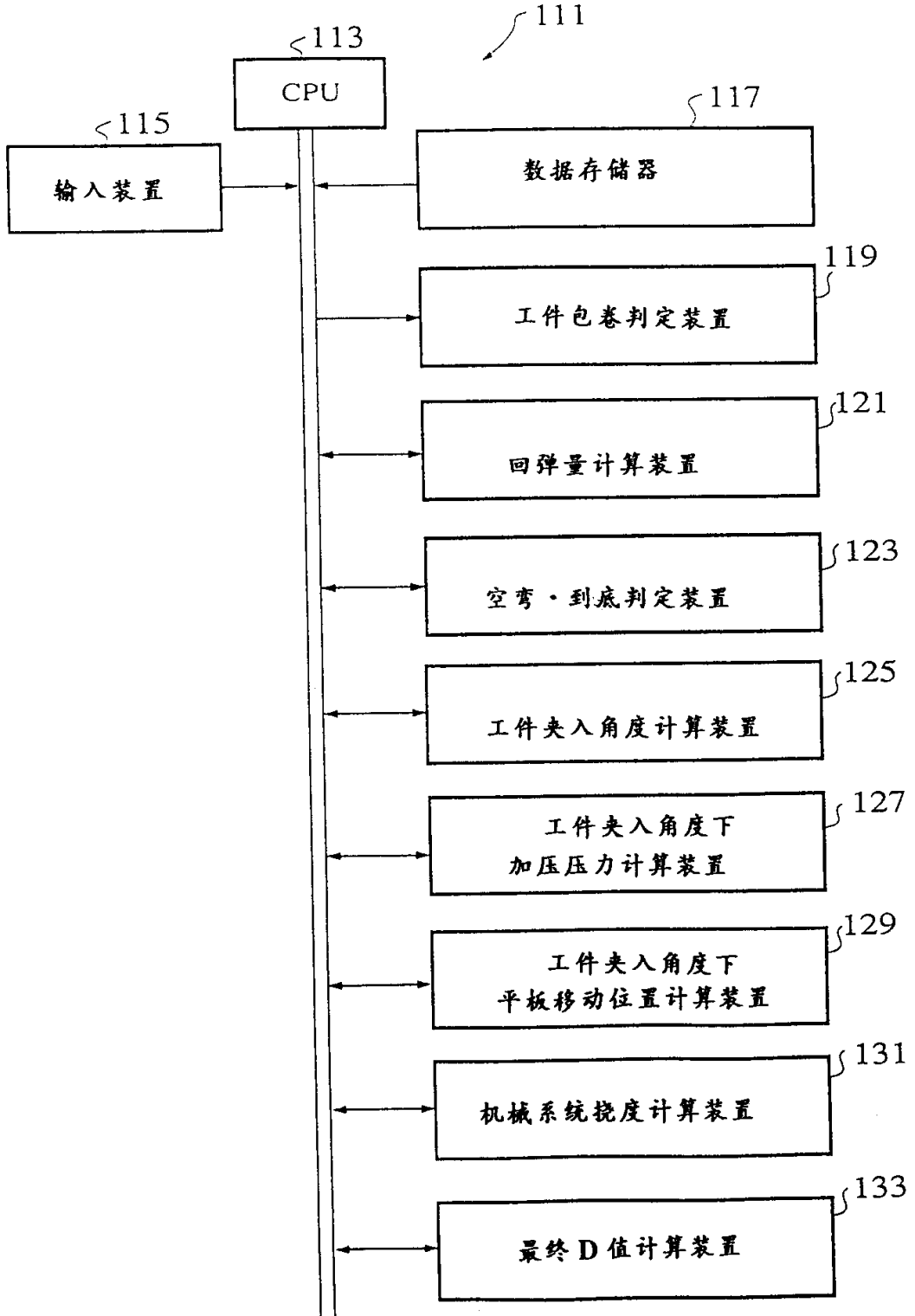


图 8



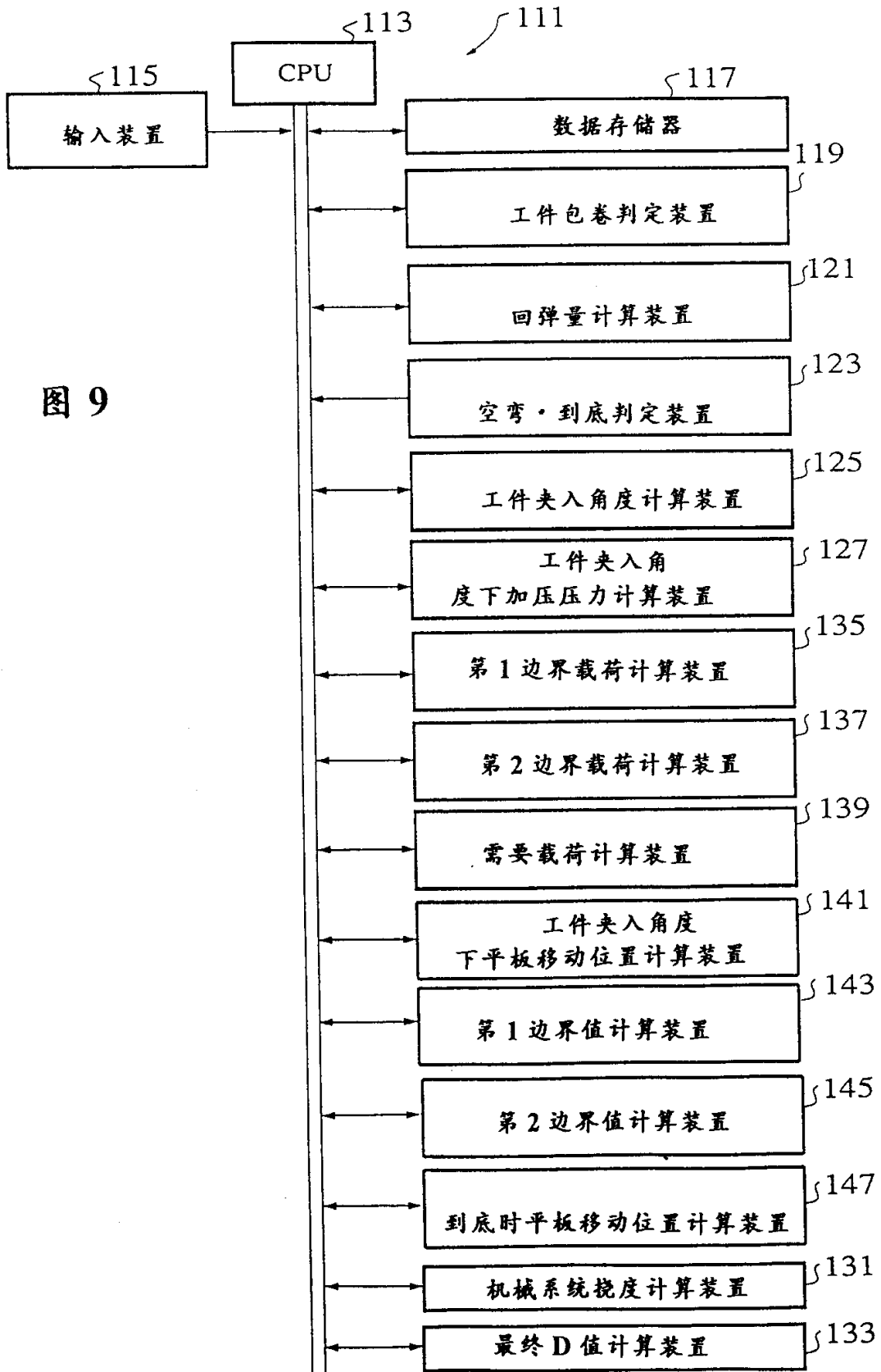


图 9

图 10A

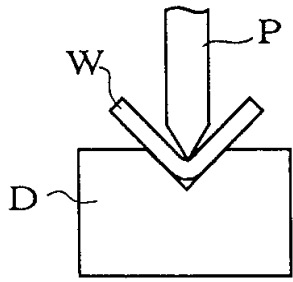


图 10B

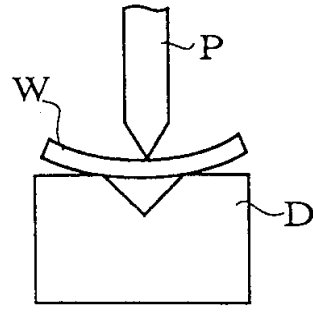


图 11A

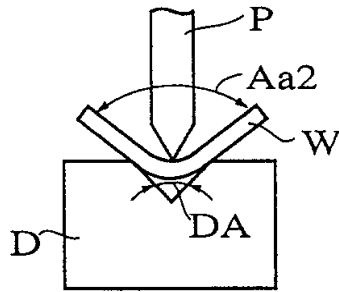


图 11B

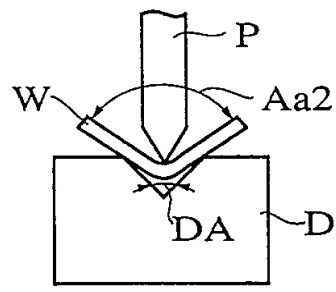


图 12

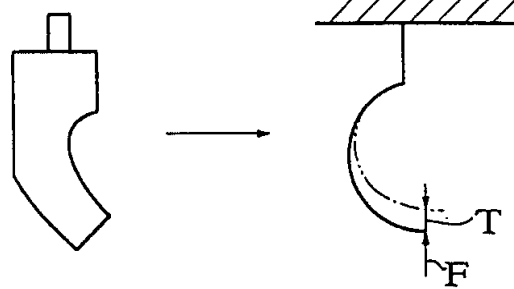


图 13

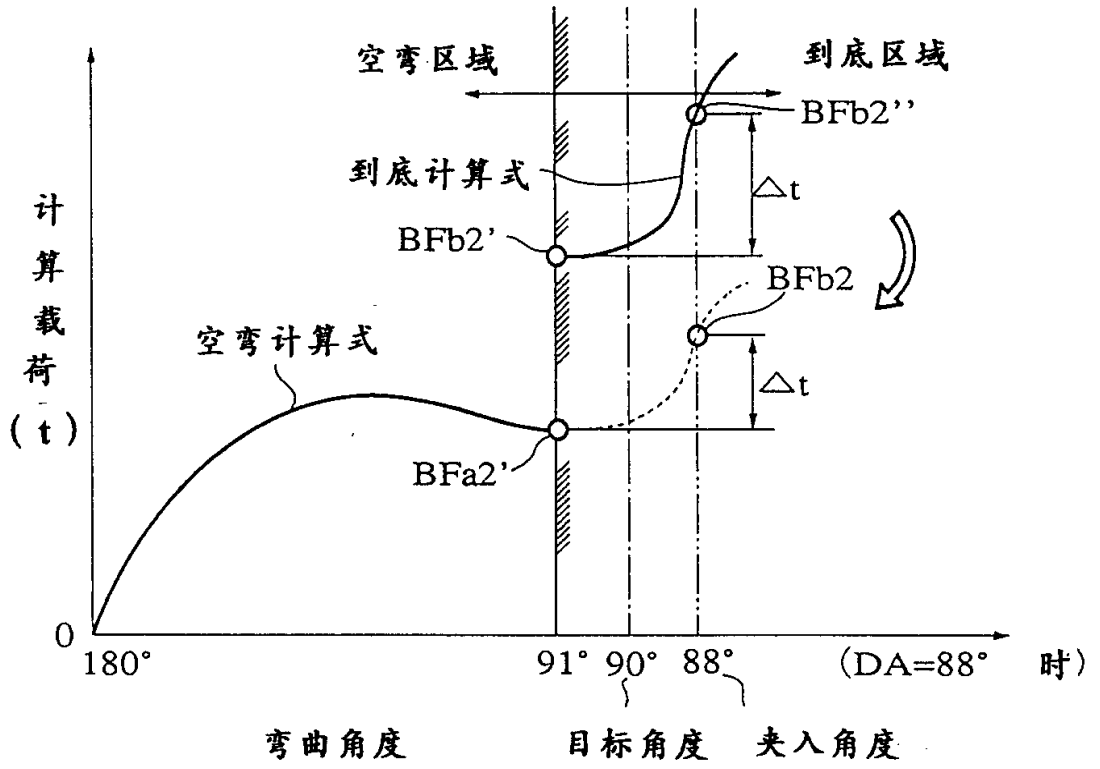


图 14

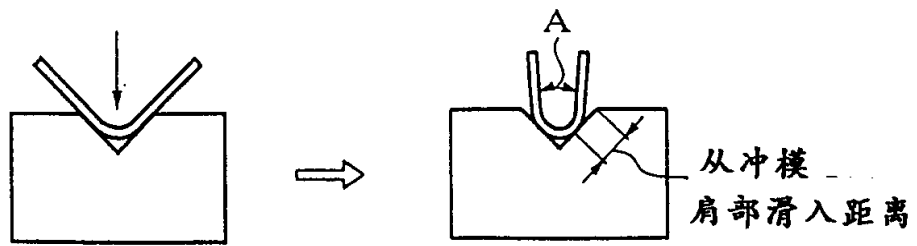


图 15

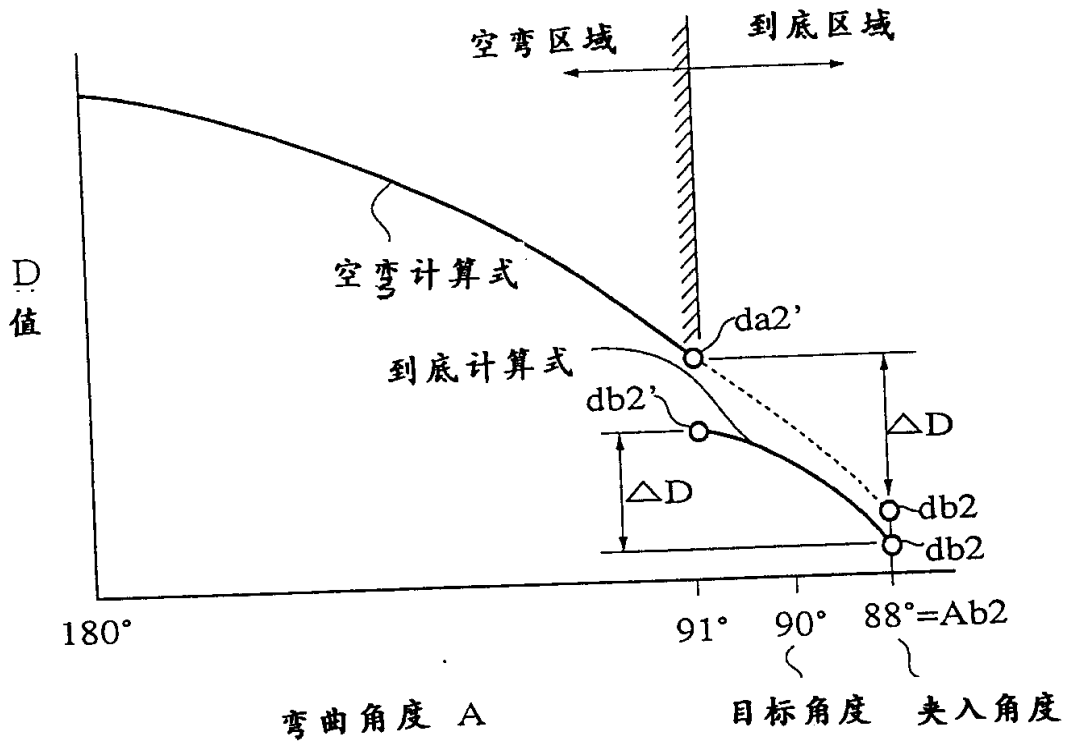


图 16

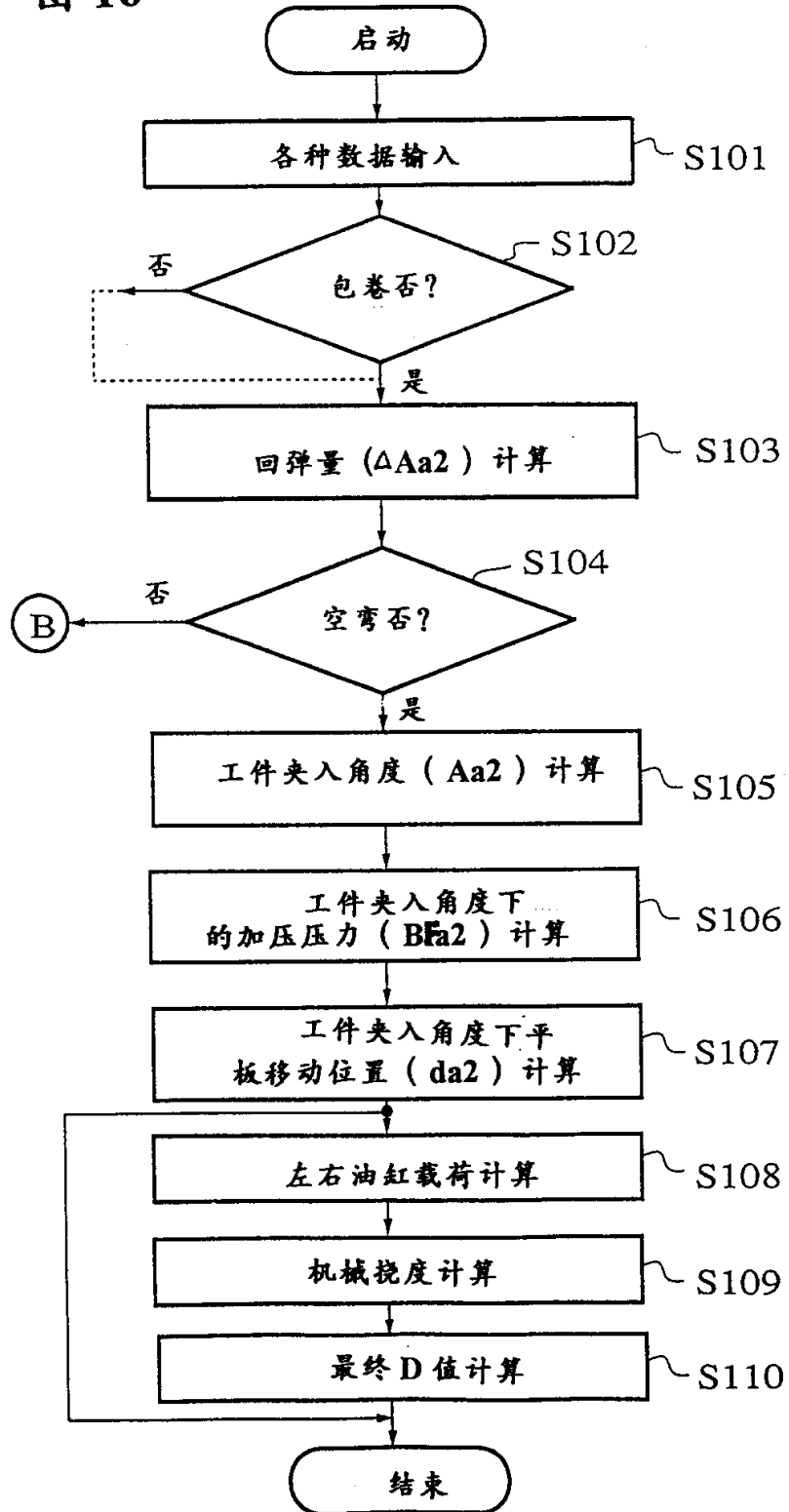


图 17

(B)



图 18

