

ICS 25.120.10

CCS L 90

# 团 体 标 准

T/CMES XXXX—202X

## 新能源汽车多材质大型薄板伺服压力机 刚度测量方法

Stiffness measurement method of multi-material large thin  
plate servo press for new energy vehicles

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会标准化管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

## 目 次

目 次	II
前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 压力机整机刚度测量技术要求	1
4.1 整机刚度测量方法	1
4.2 整机刚度计算方法	2
5 滑块左右挠度测量技术要求	3
5.1 滑块左右挠度测量方法	3
5.2 滑块左右挠度计算方法	3
6 工作台左右挠度测量技术要求	4
6.1 工作台左右挠度测量方法	4
6.2 工作台左右挠度计算方法	4
7 滑块前后挠度测量技术要求	4
7.1 滑块前后挠度测量方法	4
7.2 滑块前后挠度计算方法	5
8 工作台前后挠度测量技术要求	5
8.1 工作台前后挠度测量方法	6
8.2 工作台前后挠度计算方法	6
9 工作方向偏移测量技术要求	6
9.1 工作方向偏移测量方法	6
9.2 工作方向偏移计算方法	7
9.3 底座与滑块之间偏移测量方法	8
9.4 底座与滑块之间偏移计算方法	9
10 垂直于工作方向偏移测量技术要求	10
10.1 垂直于工作方向偏移测量方法	11
10.2 垂直于工作方向偏移计算方法	12

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国机械工程学会提出并归口。

考虑到本文件中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责对其任何专利的鉴别。

本文件起草单位：济南二机床集团有限公司，山东省机械设计研究院，郑州比亚迪汽车有限公司、山东大学、清华大学、浙江工业大学、济南大学。

本文件主要起草人：王传英、林江海、王朝峰、贾会述、李坤、田广伟、王冬、姚立新、姜少宁、王加祥、万熠、付秀丽、李世祥、杨树国。

本文件首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

# 新能源汽车多材质大型薄板伺服压力机

## 刚度测量方法

### 1 范围

本文件规定了新能源汽车多材质大型薄板伺服压力机的刚度检验要求，新能源汽车多材质大型薄板伺服压力机刚度测量方法描述了刚度检验方法。

本文件适用于新能源汽车多材质大型薄板伺服闭式压力机（以下简称为压力机）。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 150.1 压力容器 第1部分：通用要求
- GB/T 1804 一般公差 未注公差的线性和角度尺寸的公差
- GB/T 10923 锻压机械 精度检验通则
- JB/T 1829 锻压机械 通用技术条件
- JB/T 13427.1 闭式伺服压力机 第1部分：技术条件
- JB/T 13427.2-2018 闭式伺服压力机 第2部分：精度
- GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定
- GB/T 35091 闭式高速压力机型式与基本参数
- GB/T 29546-2013 闭式压力机静载变形测量方法
- DIN55189:2017 高速压力机动态精度测试规程

### 3 术语和定义

GB 27607、JB/T 13427.1 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 压力机整机刚度测量技术要求

#### 4.1 整机刚度测量方法

对于闭式四点多连杆伺服压力机来说，由于其宽台面、超精密、高精度的性能特点和适合冲制大型、复杂、较薄新能源汽车覆盖板的特殊要求。将其装模高度调节在中间位置；滑块行程应处于下死点；平衡器气压为工作气压；加载器按图 1 所示均匀的置于工作台面长、宽方向的 2/3 范围内；距滑块边缘 100mm 处按图 1 放置 4 个指示表(四角，指示表的测头触及滑块下平面。

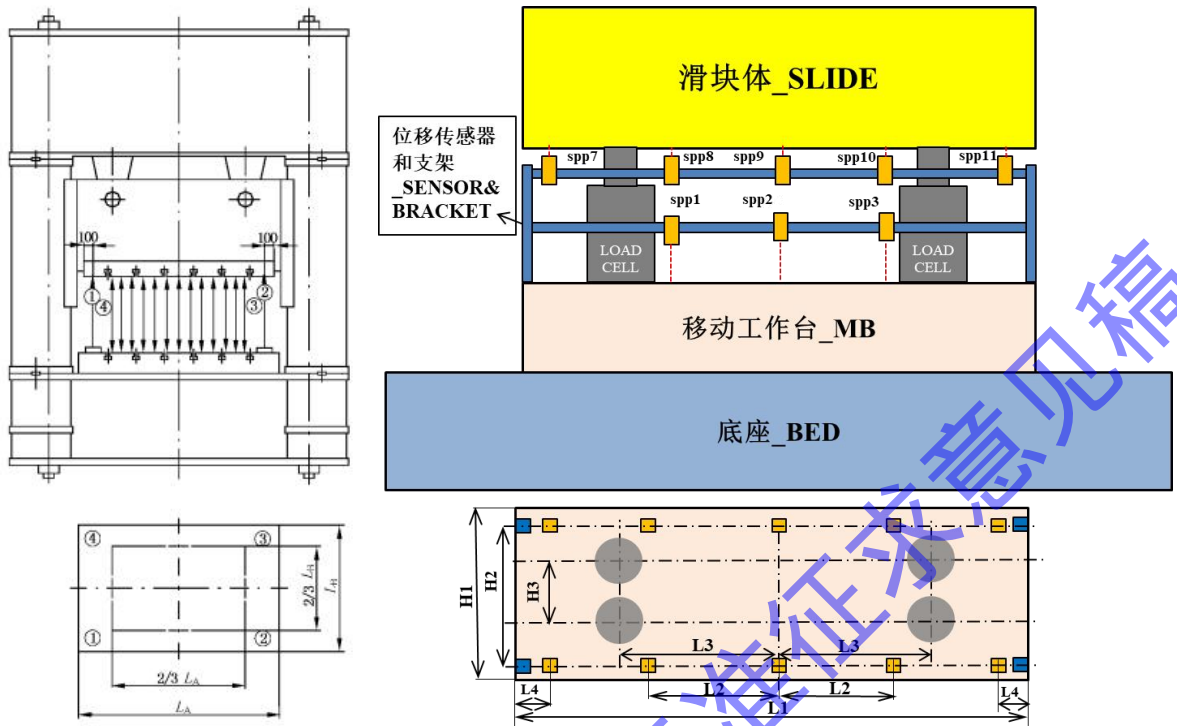


图 1 整机刚度测量示意图

#### 4.2 整机刚度计算方法

当均布载荷逐渐增加至压力机公称力的 40% 时，4 个指示表均调整在零位；当继续加载至压力机称力的 100% 时，分段记录指示表①、②、③、④的读数，并计算每段 4 个指示表的平均值，按式 (1) 求出被测压力机的整机刚度。整机刚度曲线见图 2 所示。

$$C_A = \frac{0.6P_g}{\Delta_{60}} \quad (1)$$

式中：

$C_A$ ：压力机整机刚度，单位为千牛每毫米 (kN/mm)；

$P_g$ ：压力机公称力，单位为千牛 (kN)；

$\Delta_{60}$ ：加载由 40%-100%  $p_g$  时，4 个指示表读数的平均值，单位为毫米 (mm)。

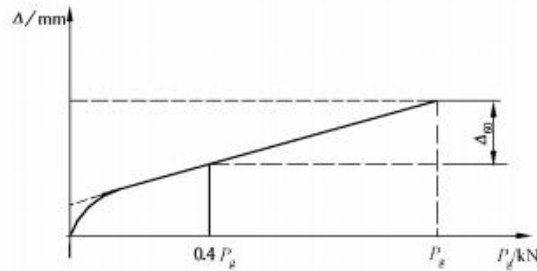


图 2 整机刚度曲线图

## 5 滑块左右挠度测量技术要求

### 5.1 滑块左右挠度测量方法

装模高度调节在中间位置；滑块行程应处于下死点；平衡器气压为工作气压；加载器按图 3 所示均匀的置于工作台面长、宽方向的 2/3 范围内；指示表⑤、⑥、⑦按图 3 所示置于左右台架上，台架中心置于工作台前后中心位置，指示表的测头触及滑块下平面。

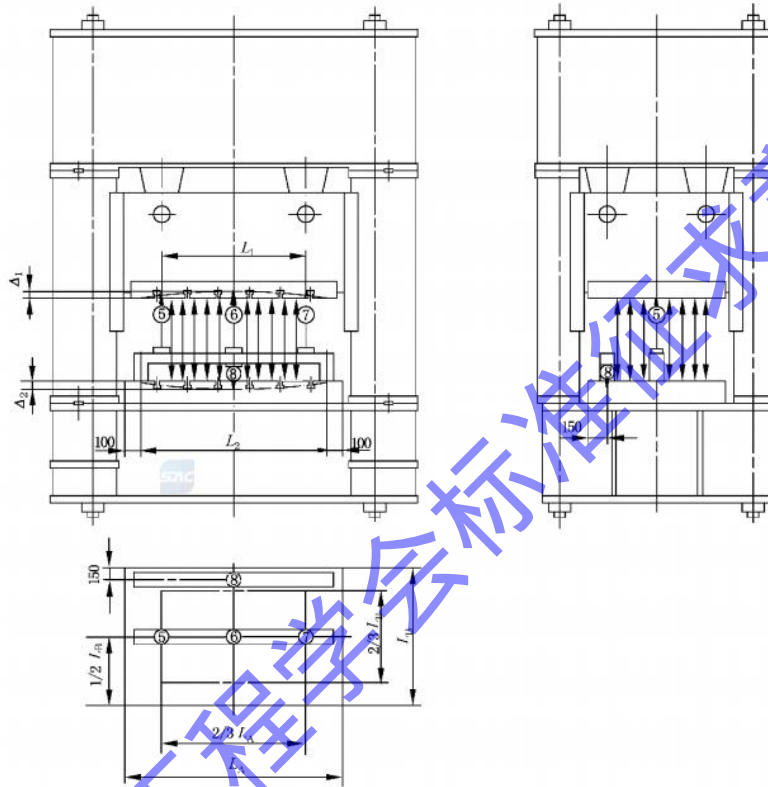


图 3 压力机滑块与工作台左右挠度测试示意图

### 5.2 滑块左右挠度计算方法

在工作台面长、宽方向的 2/3 范围内均布载荷，加载前指示表调整到零位；将加载器缓慢加压，至少分 5 次加载，每次的加载增量是  $P_g/5$  ( $P_g$  代表压力机的公称力)，从  $P_g/5$  开始记录指示表的数值，每增加  $P_g/5$  读表一次，当逐渐加载至压力机公称力  $P_g$  时，记录指示表⑤、⑥、⑦的读数，按式(2)求出被测压力机滑块左右线挠度。

$$\Delta_1 = \frac{\Delta_{a2} - \frac{1}{2}(\Delta_{a1} + \Delta_{a3})}{L_1} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\Delta_1$ ：滑块左右线挠度，单位为毫米（mm）

$\Delta_{a1}$ ：指示表⑤的读数，单位为毫米（mm）

$\Delta_{a2}$  : 指示表⑥的读数, 单位为毫米 (mm)

$\Delta_{a3}$  : 指示表⑦的读数, 单位为毫米 (mm)

$L_1$  : 指示表⑤和⑦的测量距离, 单位为毫米 (mm)

## 6 工作台左右挠度测量技术要求

### 6.1 工作台左右挠度测量方法

装模高度调节在中间位置; 滑块行程应处于下死点; 平衡器气压为工作气压; 加载器按图 3 所示均匀的置于工作台面长、宽方向的 2/3 范围内; 指示表⑧按图 3 所示置于左右台架中间的下方, 台架中心位置距工作台边缘(前或后)150mm 左右, 指示表测头触在工作台面上。

### 6.2 工作台左右挠度计算方法

在工作台面长、宽方向的 2/3 范围内均布载荷, 加载前指示表调整在零位; 将加载器缓慢加压, 至少分 5 次加载, 每次的加载增量是  $P_g/5$  ( $P_g$  代表压力机的公称力), 从  $P_g/5$  开始记录指示表的数值, 每增加  $P_g/5$  读表一次, 当逐渐加载至压力机公称力  $P_g$  时, 指示表⑧的读数即为工作台左右挠度。工作台左右线挠度按式(3)求出。

$$\Delta_m = \frac{\Delta_2}{L_2} \quad (3)$$

式中:

$\Delta_m$  : 工作台左右线挠度 (单位: mm/mm 或 rad)

$\Delta_2$  : 工作台左右挠度 (单位: mm)

$L_2$  : 左右台架支脚中心距离 (单位: mm)

## 7 滑块前后挠度测量技术要求

### 7.1 滑块前后挠度测量方法

装模高度调节在中间位置; 滑块行程应处于下死点; 平衡器气压为工作气压; 加载器按图 4 所示均匀的置于工作台面长、宽方向的 2/3 范围内; 指示表⑨、⑩、⑫按图 4 所示置于前后台架上, 台架中心置于工作台左右中心位置, 指示表的测头触及滑块下平面。

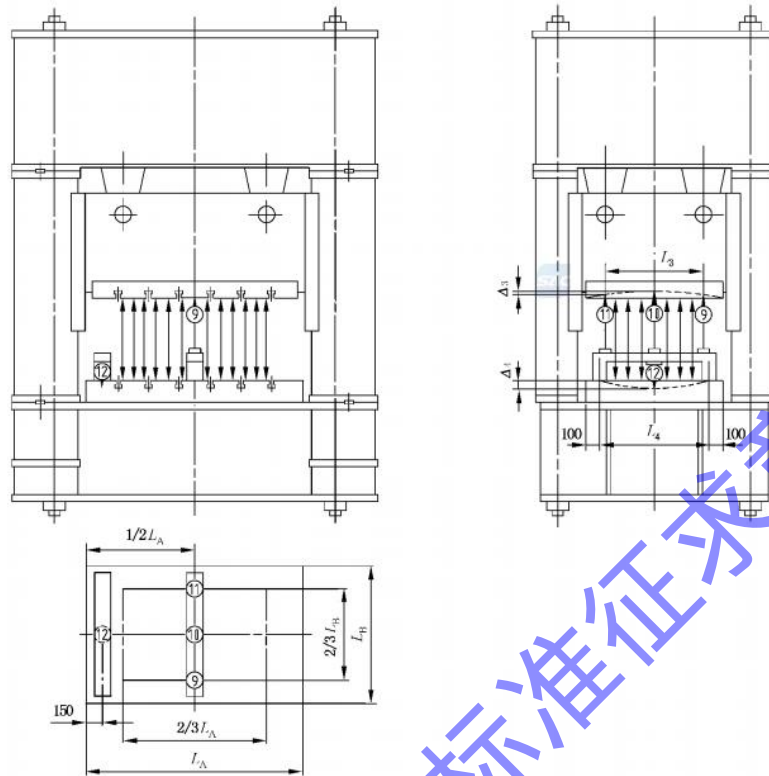


图4 滑块与工作台前后挠度测试示意图

## 7.2 滑块前后挠度计算方法

在工作台面长、宽方向的  $2/3$  范围内均布载荷，加载前指示表调整在零位；将加载器缓慢加压，至少分 5 次加载，每次的加载增量是  $P_g/5$  ( $P_g$  代表压力机的公称力)，从  $P_g/5$  开始记录指示表的数值，每增加  $P_g/5$  读表一次，当逐渐加载至压力机公称力  $P_g$  时，记录指示表⑨、⑩、⑪的读数，按式(4)求出被测压力机滑块前后线挠度。

$$\Delta_3 = \frac{\Delta_{a5} - \frac{1}{2}(\Delta_{a4} + \Delta_{a6})}{L_3} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $\Delta_3$ ：滑块前后线挠度，单位为毫米 (mm)
- $\Delta_{a4}$ ：指示表⑨的读数，单位为毫米 (mm)
- $\Delta_{a5}$ ：指示表⑩的读数，单位为毫米 (mm)
- $\Delta_{a6}$ ：指示表⑪的读数，单位为毫米 (mm)
- $L_3$ ：指示表⑨和⑩的测量距离，单位为毫米 (mm)

## 8 工作台前后挠度测量技术要求

### 8.1 工作台前后挠度测量方法

装模高度调节在中间位置；滑块行程应处于下死点；平衡器气压为工作气压；加载器按图 4 所示均匀的置于工作台面长、宽方向的 2/3 范围内；指示表 ⑫ 按图 4 所示置于前后台架中间的下方，台架中心位置距工作台边缘(左或右)150mm 左右，指示表测头触在工作台面上。

### 8.2 工作台前后挠度计算方法

在工作台面长、宽方向的 2/3 范围内均布载荷，加载前指示表调整在零位；将加载器缓慢加压，至少分 5 次加载，每次的加载增量是  $P_g/5$  ( $P_g$  代表压力机的公称力)，从  $P_g/5$  开始记录指示表 ⑫ 的数值，每增加  $P_g/5$  读表一次，当逐渐加载至压力机公称力  $P_g$  时，记录指示表 ⑫ 的读数，按式(4) 求出被测压力机滑块前后线挠度。工作台前后线挠度按式(5)求出。

$$\Delta_n = \frac{\Delta_4}{L_4} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$\Delta_n$ ：工作台前后线挠度（单位：mm/mm 或 rad）

$\Delta_4$ ：工作台前后挠度（单位：mm）

$L_4$ ：左右台架支脚中心距离（单位：mm）

## 9 工作方向偏移测量技术要求

### 9.1 工作方向偏移测量方法

在底座中心用一个载荷装置在底座和滑块之间对压力机施加载荷。检测载荷装置的力，比如用精密压力表 检测工作方向的偏位，比如通过放在底座和滑块角部的 4 个测量表，见图 7。最少分 5 个相同等级施压载荷，直到额定力自约 50%的额定力起，通过测量值外推法得到额定力时的特征值是可能的。工作方向的偏位  $V_{ges}$  作为四个测量表数值的算术平均值。

$$v_{gesZ} = \frac{(\Delta MA + \Delta MB + \Delta MC + \Delta MD)}{4} \text{ mm} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$\Delta MA$  到  $\Delta MD$  是单个测量表的测量值。

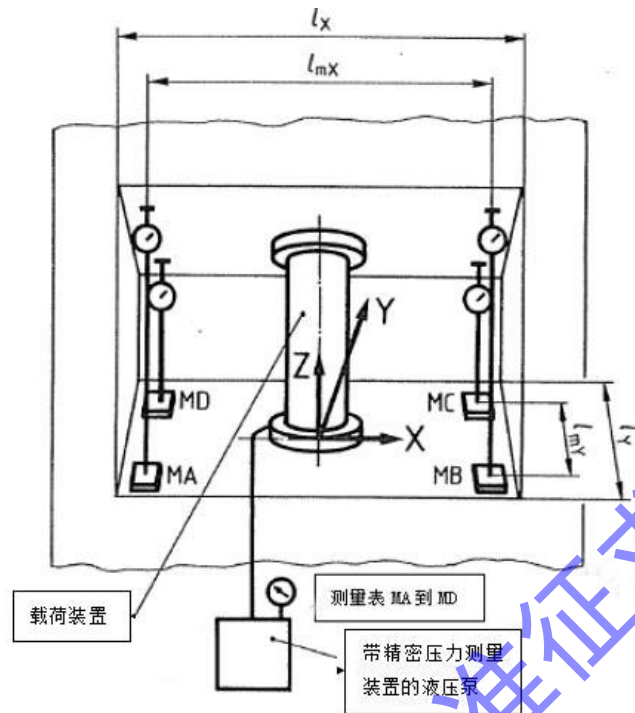


图 5 用于检测偏位  $V_z$  的测量表分布

### 9.2 工作方向偏移计算方法

压力机工作方向上的偏位  $V_{gesZ}$  是由在压力机底座和滑块之间作用的中心力  $F_z$  引起的底座滑块之间的平均距离变化，见图 6。额定力下观察到的偏位  $V_{gesZn}$  由按照图的初始偏位  $V_{az}$  (比如间隙部分) 以及单个压力机零件的弹性变形及  $V_{elZn}$  (比如弹性变形) 组成。底座和滑块的弯曲没有显示。

$$U_{geszn} = v_{az} + v_{elzn} \quad (7)$$

$V_{gesZn}$  可通过延长偏位曲线的直线部分而外推。

偏位  $V_z$ ，单位 mm

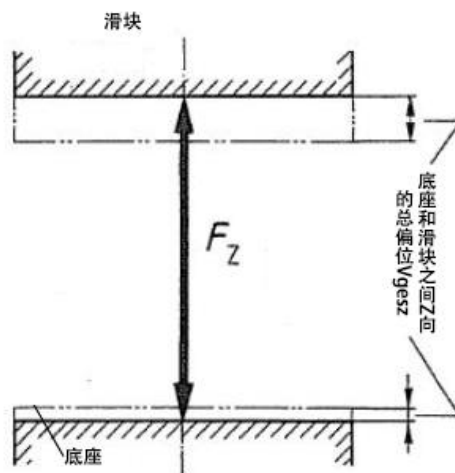


图 6 中心载荷简图

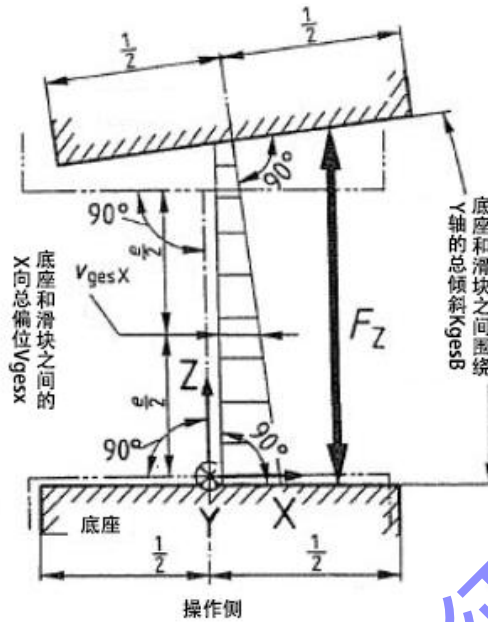


图 7 X 向偏心载荷简图

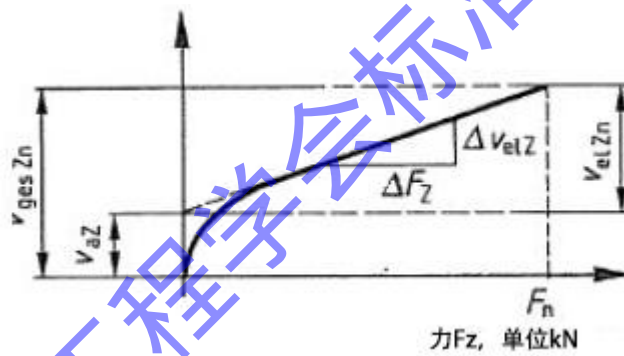


图 8 作为力  $F_z$  函数的偏位  $V_z$

如下计算压力机工作方向的刚度  $C_z$ ：

$$C_z = \frac{F_n}{v_{elzn}} = \frac{\Delta F_z}{v_{elzn}} \text{ inkN/mm} \quad (8)$$

底座与滑块之间偏移测量技术要求

### 9.3 底座与滑块之间偏移测量方法

底座和滑块之间的压力机偏心载荷；检测载荷装置力，比如用精密压力测量装置；检测工作方向偏位，比如通过放在底座和滑块角部的 4 个测量表；最少分 5 个均匀等级施加载荷，最大到  $0.5 F_n$ （注意允许的底座载荷）。

#### 10.1.1 滑块相对底座围绕 Y 轴的倾斜（偏心在 X 方向）

载荷装置的中心从底座中心先后向左及向右移动 10% 有效滑块宽度  $l_x$ 。计算绕 Y 轴的倾斜度

$K_B$ ：

$$K_{ges B} = \frac{(\Delta MA + \Delta MD) - (\Delta MB + \Delta MC)}{2 \cdot l_m \cdot x} \quad \text{in mm/m} \quad (9)$$

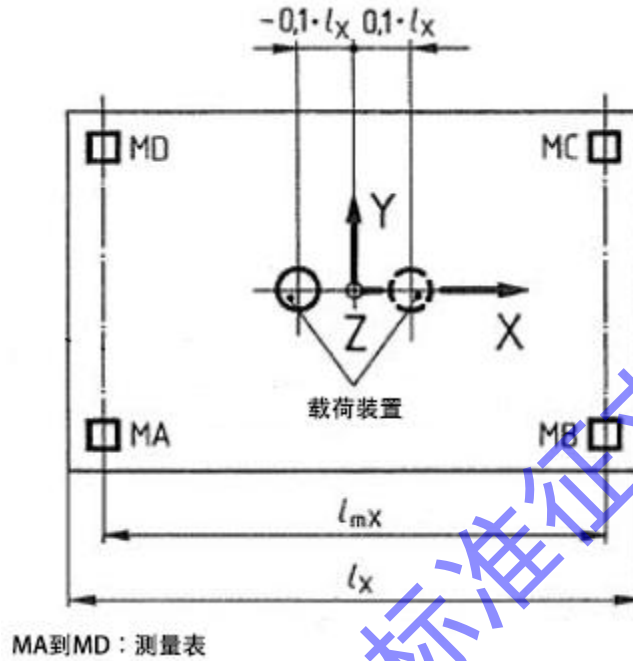


图 9 确定绕 Y 轴倾斜度  $K_B$  的底座上的测量分布（偏心在 X 向上）

### 10.1.2 滑块相对底座围绕 X 轴的倾斜 $K_A$ （外心在 Y 向）

把载荷装置中心先后从底座中心向前及向后移动 10%有效滑块宽度  $l_y$ 。MA 到 MD 表示测量表。

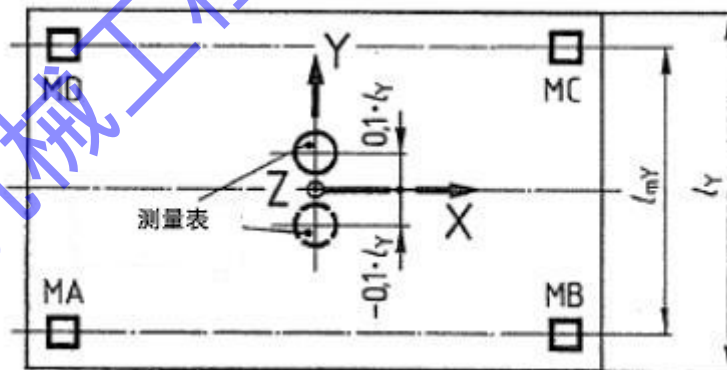


图 10 底座上用于确定绕 X 轴倾斜度  $K_A$  的测量分布（外心在 Y 向）

## 9.4 底座与滑块之间偏移计算方法

总倾斜度  $K_{ges}$  是在外心载荷作用下滑块底边和底座夹紧面之间的倾斜度，见图 7。总倾斜度由按照图 11 的初始倾斜度  $K_a$ （比如导轨间隙）以及弹性倾斜度  $K_e$ （基座变形，滑块变形和驱动装置变形）组成。表针方向的倾斜被定义为正的倾斜度。

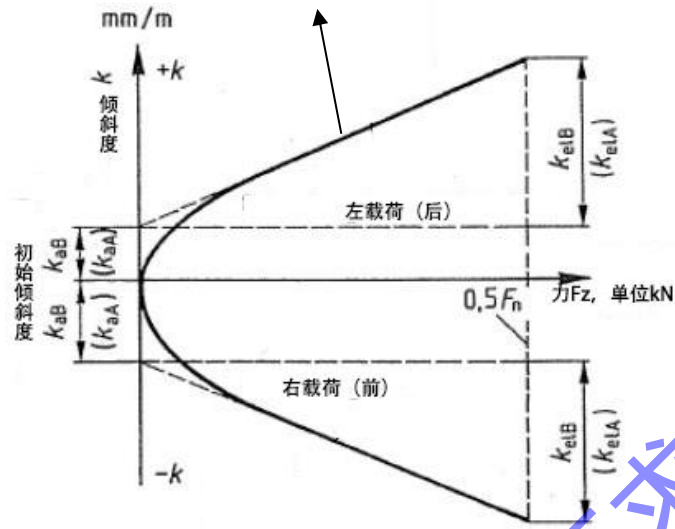


图 11 作为力  $F_z$  的函数的倾斜度  $K$ ，在  $\Delta l_{x,y}$  处测量

初始倾斜度  $K_a$  是围绕 Y 轴以及 X 轴（的两个初始倾斜度的绝对值的平均值。X 方向上的偏心，其倾斜度要加一个标识 B，因为这里有围绕 Y 轴的倾斜度。倾斜度测量值被称为载荷力  $F_z$  的函数。

外心在 Y 向上的围绕 X 轴的倾斜度  $K_a$ ： $K_{ges A} = K_{aA} + K_{elA}$ ，单位 mm/m，

在  $F_z = 0.5F_n$  并且

$$\Delta l_y = 10\% \text{有效滑块高度} \dots\dots\dots (10)$$

外心在 X 方向上的围绕 Y 轴的倾斜度  $K_b$  是：

$K_{ges B} = K_{aB} + K_{elB}$ ，单位 mm/m

在  $F_z = 0.5F_n$  并且

$$\Delta l_x = 10\% \text{有效滑块高度} \dots\dots\dots (11)$$

如下确定倾斜刚度  $C_{kA}$ ， $C_{kB}$ ：

外心在 Y 向上的围绕 X 轴的倾斜刚度：

$$C_{kA} = \frac{\Delta F_z \cdot \Delta l_y}{\Delta k_{elA}} \text{in} \frac{kNm}{mm/m} \dots\dots\dots (12)$$

外心在 X 向上的围绕 Y 轴的倾斜刚性：

$$C_{kB} = \frac{\Delta F_z \cdot \Delta l_x}{\Delta k_{elB}} \text{in} \frac{kNm}{mm/m} \dots\dots\dots (13)$$

在 50% 的额定力载荷及 10% 有效滑块宽度及高度的偏心处确定特性值。如果不能达到该载荷，则要对所获得测量值的直线区域采用外推法。

### 10.1 垂直于工作方向偏移测量方法

底座和滑块之间的压力机偏心载荷；检测载荷装置力，比如用精密压力测量装置；最少分 5 个均匀等级施加载荷，最大到 0.5Fn（注意允许的底座载荷）；用两个测量表 ME 和 MG 检测垂直于工作方向的偏位，测量表放置在底座和滑块之间的一半高度，只要弯曲允许；测量点与中心对称。

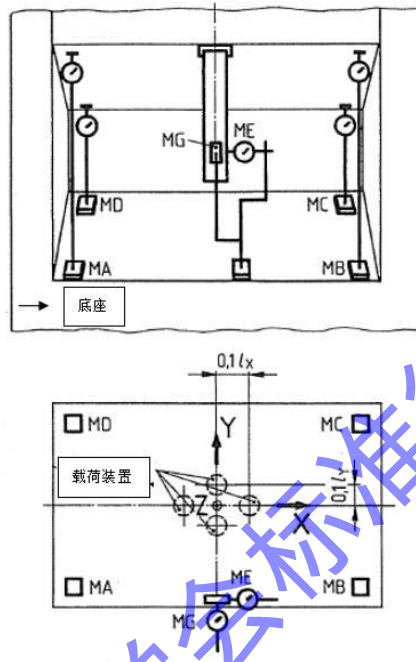


图 12 用于确定垂直于工作方向偏位的测量分布

#### 11.1.1 垂直于工作方向的 X 向偏位

把载荷装置中心先后从底座中心向左及向右移动 10%有效滑块宽度。

$$v_{gesX} = \frac{(\Delta ME_{rechts}) + (\Delta ME_{links})}{2} \text{ mm} \quad (14)$$

式中：

△ME：测量表 ME 在承载和不承载状态下的数值差。

△ME rechts：载荷装置在右侧。

△ME links：载荷装置在左侧。

#### 11.1.2 垂直于工作方向的 Y 向偏位

把载荷装置中心先后从底座中心向前及向后移动 10%有效滑块高度。

△MG：测量表 MG 在承载和不承载状态下的数值差。

$$v_{gesY} = \frac{(\Delta MG_{vorn}) + (\Delta MG_{hinten})}{2} \text{ mm} \quad (15)$$

式中：

△MG vorn：载荷装置在前。

△ME hinten：载荷装置在后。

MA 到 MD：用于确定工作方向偏位的测量表

ME 和 MG：用于确定垂直于工作方向偏位的测量表

### 10.2 垂直于工作方向偏移计算方法

垂直于压力机工作方向的总偏位  $V_{ges}$  是偏心载荷下滑块的中心线相对底座的中心线的距离，见图 7。该距离与测量点有关，底座夹紧面和滑块面之间的中心需要该值。

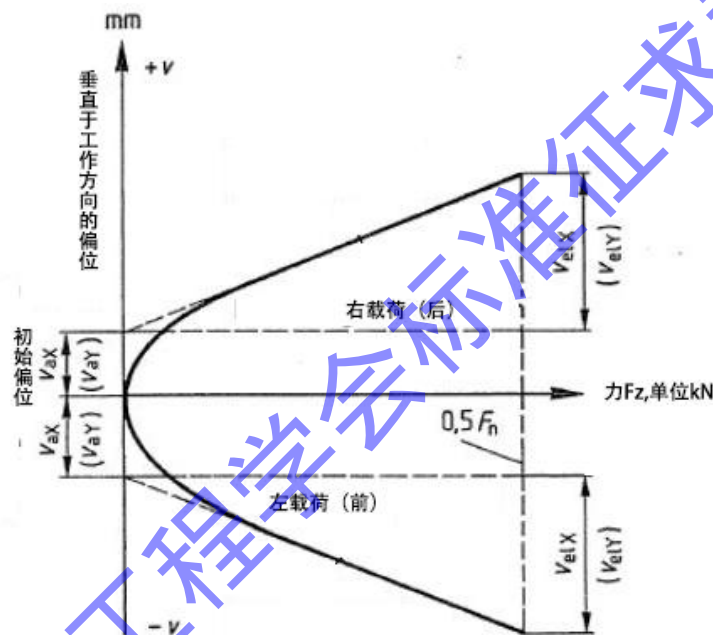


图 13 作为力  $F_z$  的函数的垂直于工作方向的偏位

由距离滑块中心  $\Delta l_{x,y}$  的偏心载荷  $F_z$  引起的总偏位  $V_{ges}$  由初始偏位  $V_a$ （比如导轨间隙）以及弹性偏位  $V_{el}$  组成，见图 12。初始偏位  $V_a$  是 X 向（左，右按照第 11.1.1 章节）以及 Y 向（前，后按照第 11.1.2 章节）两个初始偏位绝对值的平均值，

$$v_{gesX} = v_{aX} + v_{elX} \text{ mm} \quad (16)$$

$$v_{gesY} = v_{aY} + v_{elY} \text{ mm} \quad (17)$$

应在 50% 的额定力载荷 10% 有效滑块宽度及高度的偏心处确定特性值。如果达不到该载荷，则要对所取得的测量值的直线区域采用外推法。