

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01M 19/00 (2006.01)

G01B 7/00 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710168723.2

[43] 公开日 2008年5月21日

[11] 公开号 CN 101183048A

[22] 申请日 2007.12.10

[21] 申请号 200710168723.2

[71] 申请人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞瑜路
1037号

[72] 发明人 李斌 刘红奇 陈吉红 唐小琦
毛新勇

[74] 专利代理机构 华中科技大学专利中心
代理人 曹葆青

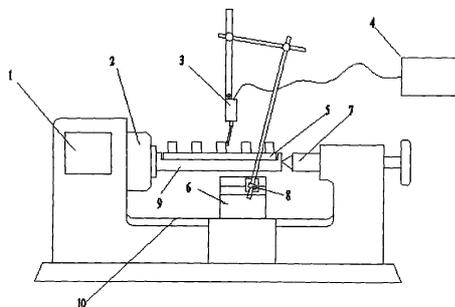
权利要求书2页 说明书9页 附图10页

[54] 发明名称

数控车床误差自动测量装置

[57] 摘要

本发明提供了一种数控车床误差自动测量装置，包括杠杆式电感测位仪、步距规、夹具、夹持机构和数据采集与处理器；杠杆式电感测位仪的测头与步距规的测量基准面接触，杠杆式电感测位仪的夹持端与夹持机构的夹持端相连接；杠杆式电感测位仪与数据采集与处理器相连接，用于向数据采集与处理器传输位移信号；步距规放置在夹具上。本发明提高了数控车床误差测量效率，降低误差测量操作的复杂性和误差测量成本。



1、一种数控车床误差自动测量装置，包括杠杆式电感测位仪（3）、步距规（5）、夹具（9）、夹持机构（8）和数据采集与处理器（4）；杠杆式电感测位仪（3）的测头与步距规（5）的测量基准面接触，杠杆式电感测位仪（3）的夹持端与夹持机构（8）的夹持端相连接；杠杆式电感测位仪（3）与数据采集与处理器（4）相连接，用于向数据采集与处理器（4）传输位移信号；步距规（5）放置在夹具（9）上。

2、根据权利要求1所述的数控车床误差自动测量装置，其特征在于，所述夹具（9）具有一个底面和与底面垂直相交且高出底面的正面，底面两端各有一个高出底面的侧面，两侧面的外部各与一圆棒连接，两圆棒的轴线与底面和正面的相交线平行。

3、根据权利要求2所述的数控车床误差自动测量装置，其特征在于，所述底面上端放置有磁体。

4、根据权利要求1所述的数控车床误差自动测量装置，其特征在于，所述夹具（9）具有一个底面和与底面垂直相交且高出底面的正面，底面下端的一侧具有用于与机床导轨斜面相接的斜面和用于与机床导轨相接的水平面，该斜面和水平面的相交线与底面和正面的相交线垂直。

5、根据权利要求4所述的数控车床误差自动测量装置，其特征在于，所述底面上端、所述底面下端一侧的斜面和水平面上均放置有磁体。

6、根据权利要求1所述的数控车床误差自动测量装置，其特征在于，所述数据采集与处理器（4）包括：

参数设置模块（41）用于设置参数数据；

G代码生成模块（42）用于接收来自参数设置模块（41）的参数数据，生成数控机床运动指令；

测量装置校正模块（43）用于接收来自参数设置模块（41）的参数数据、来自杠杆式电感测位仪（3）的位移信号、手动输入的杠杆式电感测位

仪（3）的实际位移和步距规（5）点位置之间的实际间距，计算得到测量装置误差数据，将其传送给误差测量模块（44）；

误差测量模块（44）用于接收来自参数设置模块（41）的参数数据、来自杠杆式电感测位仪（3）的位移信号和来自测量装置校正模块（43）的测量装置误差数据，根据位移信号获取位移数据，判断机床的运、停状态，利用测量装置误差数据修正位移数据，对修正后的位移数据处理形成误差数据，将误差数据传送给数据拼接模块（45）；

数据拼接模块（45）用于接收来自参数设置模块（41）的参数数据和来自误差测量模块（44）的误差数据，生成整个机床运动行程的误差数据。

7、根据权利要求6所述的数控车床误差自动测量装置，其特征在于，所述数据采集与处理器（4）还包括误差补偿模块（47），其用于接收来自参数设置模块（41）的参数数据和来自数据拼接模块（45）的误差数据，对误差数据进行处理生成相应的误差补偿数据。

8、根据权利要求6或7所述的数控车床误差自动测量装置，其特征在于，所述数据采集与处理器（4）还包括精度评价模块（46），其用于接收来自参数设置模块（41）的参数数据和误差拼接模块（45）的误差数据，根据预定评价标准对误差数据进行分析 and 处理，得到评价结果。

9、根据权利要求6或7所述的数控车床误差自动测量装置，其特征在于，所述夹持机构（8）为磁力表座。

数控车床误差自动测量装置

技术领域

本发明涉及对数控车床运行状态的监控领域，尤其是涉及对数控车床误差测量、评价及补偿领域。

技术背景

数控车床作为新一代工作母机，在机械制造中已得到广泛的应用，精密加工技术的迅速发展和零件加工精度的不断提高，对数控车床的精度也提出了更高的要求。定位精度是数控机床的一项重要指标，数控车床生产厂家在机床出厂时，都需要对其位置精度进行标定；同时，用户在选购数控机床时，往往也十分看重机床的定位精度，特别是各轴的定位精度和重复定位精度。统计资料表明：65.7%以上的新机床，安装时都不符合其技术指标；90%使用中的数控机床处于失准工作状态。因此，对机床精度进行定期测试是非常必要的，以便及时发现和解决问题，提高零件加工精度。

目前，现有商品化数控机床都具有螺距误差补偿功能。通常在数控机床出厂时，需要对其进行充分的校正安装，手工输入螺距误差补偿数据，这种方式易出错。机床用户在使用一段时间后，精度会不断裂化，有必要对机床进行重新校正。当前，误差检测、评价及补偿是机电联调工作中重要的一环，它是制约机床大批量生产的一个原因之一。因此，寻求一种简单、快速和低成本的误差标定装置，尤为必要，特别是对于大量生产和消费的中、低档经济型数控车床来说，具有重要的现实意义。

而现有的数控机床误差测量方法主要有激光干涉仪法，步距规与千分表组合法以及光栅尺法，这些方法存在一定的局限性，其中激光干涉仪法操作复杂、效率低、成本高及使用环境要求高；步距规与千分表组合法，其中重要的问题，大部分工作需要人的参与，如数据需要人来读取和处理，这样大大提高出错的可能性，效率很低；光栅尺，安装不便，现有的类似的测量系统没有考虑误差补偿，如海德汉（Heidenhain）直线光栅误差测量

系统。目前，车床误差测量主要采用激光干涉仪，激光干涉仪存在成本高、测量效率低和操作不方便等缺点。从现有专利来看：申请号为200510035936，发明创造名称为“三坐标误差补偿系统及方法”的专利申请文件公布的技术方案为：利用激光镭射干涉仪等高精度测量仪器测量三坐标机床的误差，建立误差模型，利用独立的误差模块，根据输入的坐标值，由误差模型计算误差，输出补偿后的实际坐标值。因为需要手动输入坐标值，因此其补偿不方便。申请号为200410093428.1，发明创造名称为“基于机床外部坐标系偏置的数控机床误差实时补偿器”的专利申请文件公布的补偿器在补偿时需要与数控系统的底层硬件连接，同时在实时输出补偿误差时，需与数控系统的运动控制同步，因此应用不方便。申请号为92204762.6，发明创造名称为“T型机床误差检具”的专利申请文件公布的误差检具在安装测量过程中非常复杂，也不便于在车机上应用。

发明内容

本发明的目的是提高数控车床误差测量的效率，降低误差测量成本。

一种数控车床误差自动测量装置包括杠杆式电感测位仪、步距规、夹具、夹持机构和数据采集与处理器；杠杆式电感测位仪的测头与步距规的测量基准面接触，杠杆式电感测位仪的夹持端与夹持机构的夹持端相连接；杠杆式电感测位仪与数据采集与处理器相连接，用于向数据采集与处理器传输位移信号；步距规放置在夹具上。

所述夹具具有一个底面和与底面垂直相交且高出底面的正面，底面两端各有一个高出底面的侧面，两侧面的外部各与一圆棒连接，两圆棒的轴线与底面和正面的相交线平行。所述底面上端放置有磁体。

所述夹具具有一个底面和与底面垂直相交且高出底面的正面，底面下端的一侧具有用于与机床导轨斜面相接的斜面 and 用于与机床导轨相接的水平面，该斜面和水平面的相交线与底面和正面的相交线垂直。所述底面上端、所述底面下端一侧的斜面和水平面均放置有磁体。

所述数据采集与处理器（4）包括：

参数设置模块用于设置参数数据；

G 代码生成模块用于接收来自参数设置模块的参数数据，生成数控机床运动指令。

测量装置校正模块用于接收来自参数设置模块的参数数据、来自杠杆式电感测位仪的位移信号、手动输入的杠杆式电感测位仪的实际位移和步距规点位置之间的实际间距，计算得到测量装置误差数据，将其传送给误差测量模块；

误差测量模块用于接收来自参数设置模块的参数数据、来自杠杆式电感测位仪的位移信号和来自测量装置校正模块的测量装置误差数据，根据位移信号获取位移数据，判断机床的运、停状态，利用测量装置误差数据修正位移数据，对修正后的位移数据处理形成误差数据，将误差数据传送给数据拼接模块；

数据拼接模块用于接收来自参数设置模块的参数数据和来自误差测量模块的误差数据，生成整个机床运动行程的误差数据。

所述数据采集与处理器还包括误差补偿模块，其用于接收来自参数设置模块的参数数据和来自数据拼接模块的误差数据，对误差数据进行处理生成相应的误差补偿数据。

所述数据采集与处理器还包括精度评价模块，其用于接收来自参数设置模块的参数数据和误差拼接模块的误差数据，根据预定评价标准对误差数据进行分析处理，得到评价结果。

所述夹持机构为磁力表座。

本发明设计的夹具利用定位面来定位，保证测量装置与被测轴的位置关系，大大提高测量效率，同时在夹具中镶嵌了磁体，使得步距规与夹具紧密接触，不需其它夹紧结构，简化了安装过程，减少了测量的辅助时间；针对测量装置本身存在制造误差和非线性引起的误差，同时使用后，可能出现精度的裂化，设计了测量装置校正模块，把相关装置的在不同位置的误差输入系统，在以后的测量过程中，系统可以自动修正由于测量装置误差引起的误差，提高测量精度；本发明可用来测量大行程机床的误差，即

较短长度的步距规也可测量大行程的机床，这样降低了测量装置的成本。数据采集与处理器自动生成 G 代码以及自动处理测量数据生成补偿文件，将其传送给 CNC，实现快速的误差补偿，同时通过对误差数据的处理，能快速获得用户所需的精度指标和误差分布。

附图说明

图 1 是本发明结构图；

图 2 是本发明数据采集与处理器结构图；

图 3 是本发明接力测量原理图；

图 4 是本发明测量车床 Z 轴时的步距规与夹具示意图；

图 5 是本发明测量 X 轴时的步距规与夹具示意图；

图 6 是本发明参数设置流程图；

图 7 是本发明 G 代码生成流程图；

图 8 是本发明测量装置校正流程图；

图 9 是本发明误差测量流程图；

图 10 是本发明数据拼接流程图；

图 11 是本发明精度评价流程图；

图 12 是本发明误差补偿流程图。

具体实施方式

本发明主要应用在车床上。图 1 为本发明结构图，该系统包括步距规 5、夹具 9、杠杆式电感测位仪 3、夹持机构 8 和数据采集与处理器 4。其中，杠杆式电感测位仪 3 的夹持端与夹持机构 8 的夹持端连接，杠杆式电感测位仪 3 的测头与步距规 5 的测量基准面接触。杠杆式电感测位仪 3 与数据采集与处理器 4 连接，用于向数据采集与处理器 4 传输位移信号。数据采集与处理器 4 自动生成 G 代码文件和根据位移信号获得的误差补偿数据，并传送给 CNC1。步距规 5 吸附在夹具 9 上方，夹持机构 8 远离夹持端的另一端吸附在车床刀架 6 上。

本发明采用传统的步距规 5 与杠杆式电感测位仪 3 的组合作为测量装置，其测量原理与步距规 5 和百分表组合的测量原理一样。现在高精度步

距规的材料是大理石，它具有精度高，热膨胀系数小，因此精度高。杠杆式电感测位仪 3，选择量程小，如 200 μm ，其精度高达 1 μm 左右，而机械式的千分表精度达到 6 μm 左右。本发明采用杠杆式电感式测位仪 3，便于实现自动化，提高测量效率和数据处理的方便性。本发明中的夹持机构 8 采用磁力表座。

在测量车床 Z 轴时，夹具 9 一端夹在卡盘 2 上，另一端被车床的顶尖 7 顶住；在测量车床 X 轴时，夹具 9 吸附在车床的 Z 轴导轨 10 上，由导轨的定位面定位。

如图 2 所示，数据采集与处理器 4 包括七个模块：参数设置模块 41、G 代码生成模块 42、测量装置校正模块 43、误差测量模块 44、数据拼接模块 45、精度评价模块 46 和误差补偿模块 47。

参数设置模块 41 主要完成对测量和补偿相关的参数设置，包括数控系统类型、测量点数、间距、测量轴、回零方向等参数，生成参数数据，并向 G 代码生成模块 42、测量装置校正模块 43、误差测量模块 44、数据拼接模块 45、精度评价模块 46 及误差补偿模块 47 提供参数数据。

G 代码生成模块 42 接收来自参数设置模块 41 的参数数据，提取参数数据中的测量点数、间距、测量轴、回零方向、暂停时间等参数，生成数控机床运动指令，即 G 代码。

测量装置校正模块 43 用于计算得到测量装置误差数据，将其传送给误差测量模块 44。测量装置误差数据包括杠杆式电感测位仪 3 装置误差数据和步距规 5 装置误差数据。获取杠杆式电感测位仪 3 装置误差数据的方法为：测量装置校正模块 43 采集杠杆式电感测位仪 3 的位移信号，根据位移信号获得信号位移值；向测量装置校正模块 43 手动输入杠杆式电感测位仪 3 的实际位移值，实际位移值与信号位移值相对应，实际位移值由激光干涉仪等高精度仪器来测取，标定的范围要覆盖整个测量量程，这个过程最好与机床配合完成；测量装置校正模块 43 根据信号位移值和实际位移值计算得到杠杆式电感测位仪 3 装置误差数据。获取步距规 5 装置误差数据的方法为：向测量装置校正模块 43 手动输入步距规点位置之间的实际间距值，实际间距值是利用激光干涉仪等高精度仪器标定得到的；测量装置校正模

块 43 根据实际间距和参数数据中的步距规点数、间距参数计算得到步距规 5 装置误差数据。

误差测量模块 44 接收来自参数设置模块 41 的参数数据，在机床运行的同时采集杠杆式电感测位仪 3 的位移信号，根据位移信号获得位移数据，并根据位移数据判断机床的运、停状态，采用来自测量装置校正模块 43 的装置误差数据修正位移数据，对修正后的位移数进行处理形成误差数据，将误差数据传送给数据拼接模块 45。

数据拼接模块 45，接收来自参数设置模块 41 的参数数据；处理来自误差测量模块 44 的误差数据，按照接力测量原理生成整个机床运动行程的误差数据，将误差数据传送给精度评价模块 46 和误差补偿模块 47。

精度评价模块 46，接收来自参数设置模块 41 的参数和误差拼接模块 45 的误差数据，根据预定评价标准对误差数据进行分析和处理，得到并输出评价结果，即反向间隙、定位精度、重复定位精度和误差分布曲线，为进一步分析误差源提供基础。

误差补偿模块 47，接收来自参数设置模块 41 的参数数据和来自数据拼接模块 45 的误差数据，根据参数数据中的数控系统类型参数和采用双向或单向的误差补偿方式对误差数据进行处理，生成相应的误差补偿数据，将该传送给 CNC1，覆盖数控系统 CNC1 中误差补偿数据，实现误差补偿。

图 3 为本发明接力测量的应用，当已测量完步距规在 I 位置的所有测量量程范围内点的误差，即机床位置点 B、C、D、E 和 F 相对于位置点 A 的误差，然后，移动步距规 5 到 II 位置，位置点 F 点 F_1 重合（考虑机床误差连续性，不需严格重合，即在一定的误差范围内可满足测量要求），测量其中机床位置点 G、H、I、J、K 相对于点 F_1 的误差，则点 G、H、I、J、K 相对于点 A 的误差为步距规在第 II 位置时测量的机床位置点的误差分别加上在第 I 位置时机床位置点 F 的误差。

图 4 是本发明测量车床 Z 轴时的步距规与夹具示意图。在测量 Z 轴误差时，由于步距规 5 不能夹持和受较大的力，设计了夹具 9。夹具 9 具有一个底面和与底面垂直相交且高出底面的正面，底面两端各有一个高出底面

的侧面，两侧面外表面各与一个用于夹持的圆棒连接。保证两圆棒的轴线与底面和正面的相交线平行，使得正面成为夹具 9 的定位面。其中一个圆棒由卡盘 2 夹持，另一个圆棒由车床尾端的顶尖 7 顶住。步距规 5 置于夹具 9 上，在底面上放置磁体，使得步距规 5 与夹具 9 紧密接触。当然，由于在测量 Z 轴时，步距规 5 在 X 向的偏转对测量精度影响不大，如在 600mm 的步距规 5 上，而其基准面与 Z 轴不平行，基准面靠近前后两端位置处在 X 向的相对位置在 40um 时，而在 Z 向的测量误差只有 0.0013um，而保证步距规 5 与 Z 轴的位置关系在前面假设的误差范围内比较容易。

图 5 是本发明测量 X 轴时的夹具和步距规示意图，步距规 5 吸附在镶夹具 9 的底面上方。夹具 9 具有一个底面和与底面垂直相交且高出底面的正面，底面的下端有用于与机床导轨 10 斜面面接触的斜面和用于与机床导轨上表面面接触的水平面。保证该斜面和水平面的相交线与底面和正面的相交线垂直，使得正面成为夹具 9 的定位面。其底面上端、底面下端一侧的斜面和水平面表面均放置磁体。夹具 9 的底座与车床 Z 轴导轨 10 面接触，由于夹具 9 的底座有磁性，因此夹具 9 的底座与导轨紧密接触，在测量过程中不需要夹持就能够保证夹具 9 与机床的相对位姿关系。为了保证步距规 5 与 X 轴向的位姿关系，当安装在导轨上时，夹具 9 的底面和正面的交线与 X 轴向平行。通过这些夹具 9 的设计，在测量过程中，不需要对测量器具进行调整，直接可以测量，达到了提高测量效率的目的。

图 6 是本发明的参数设置流程图，设置数控系统类型（可选择的系统包括华中数控、广州数控、西门子、法拉克和马扎克等）、测量点数、测量点之间的间距、测量轴、回零方向、循环次数及暂停时间等参数，其中若不需生成 G 代码，不需设置回零方向、循环次数及暂停时间参数，保存参数数据，为其它模块提供参数数据。

图 7 是本发明自动生成 G 代码流程图，接收来自参数设置模块 41 生成的参数数据，提取其中的测量点数、测量间距、回零方向、测量循环次数、暂停时间及测量轴等参数，自动生成 G 代码文件，与 CNC1 的串口或网络通讯程序配合，可把此文件直接传输到 CNC1 中的任意位置。

图 8 是本发明测量装置校正流程图。标定步距规 5 时，提取步距规 5

的间距和点数等参数，手动方式输入此对应步距规 5 位置的由激光干涉仪等高精度仪器标定的实际值，系统自动计算在此位置时步距规 5 装置误差数据；标定杠杆式电感测位仪 3 时，系统自动采集杠杆式电感测位仪的位移信号，获得其信号位移值，同时用高精度仪器（如激光干涉仪）测量实际位移值，把此值手动输入测量装置校正模块 43 的数据输入接口。系统根据信号位移值和实际位移值计算得到杠杆式电感测位仪 3 装置误差数据。

如图 9 所示，本发明误差测量流程图。为了使得软件系统能适合不同测量方式，软件系统提供误差数据手动输入接口，可接受来自其他测量方式（如激光干涉仪、光栅尺）条件下测量获得的机床误差数据，为精度评价模块 46 和误差补偿模块 47 提供误差数据。当测量方式为步距规 5 方式时，数据采集与机床需要保持协调，即测量的误差数据与指令位置相对应，而误差测量模块 44 与机床之间没有通讯，为了实现数据采集与机床协调，系统通过采集杠杆式电感测位仪 3 的位移信号，根据其变化，自动判断机床的静止或运动状态，当机床运动到目标点时，系统自动记录杠杆式电感测位仪 3 的位移数据。重复这个采集和判断过程，当采集的点数达到参数设置的点数，采用来自测量装置校正模块 43 的装置误差数据修正位移数据，对修正后的位移数据进行处理生成误差数据，并保存误差数据。

图 10 是本发明数据拼接流程图，选择由误差测量模块 44 生成的误差数据，按接力测量时，按照机床位置先后选取误差数据，在拼接时也要按这个顺序进行拼接，修改参数中测量点数和间距参数，根据接力测量的原理处理数据，最终获得整个行程的误差数据，为后面的精度评价 46、误差补偿等模块 47 提供数据。

图 11 是本发明精度评价流程图，选定评价标准，评价标准有 ISO 标准、欧洲标准、日本标准及国家标准，标准不同，评价的处理的算法也不同。然后，选择误差拼接模块 45 获得的误差数据，根据选定的标准对误差数据进行处理，输出评价结果，输出的评价指标有反向间隙、定位精度和重复定位精度。另外，为了更好地了解误差分布和误差源，同时输出反向间隙曲线、误差曲线和误差的重复性曲线。

图 12 所示，本发明误差补偿流程图，首先选择误差补偿的方式，误差

补偿的方式有单向和双向。然后选取数据拼接模块 45 生成的误差数据，根据参数设置模块 41 生成的参数数据，对误差数据进行处理，生成相应数控系统的误差补偿数据，与 CNC1 的串口或网络通讯程序配合，把此数据直接传输到 CNC1 中，覆盖数控系统中的误差补偿数据，即可快速实现误差补偿。

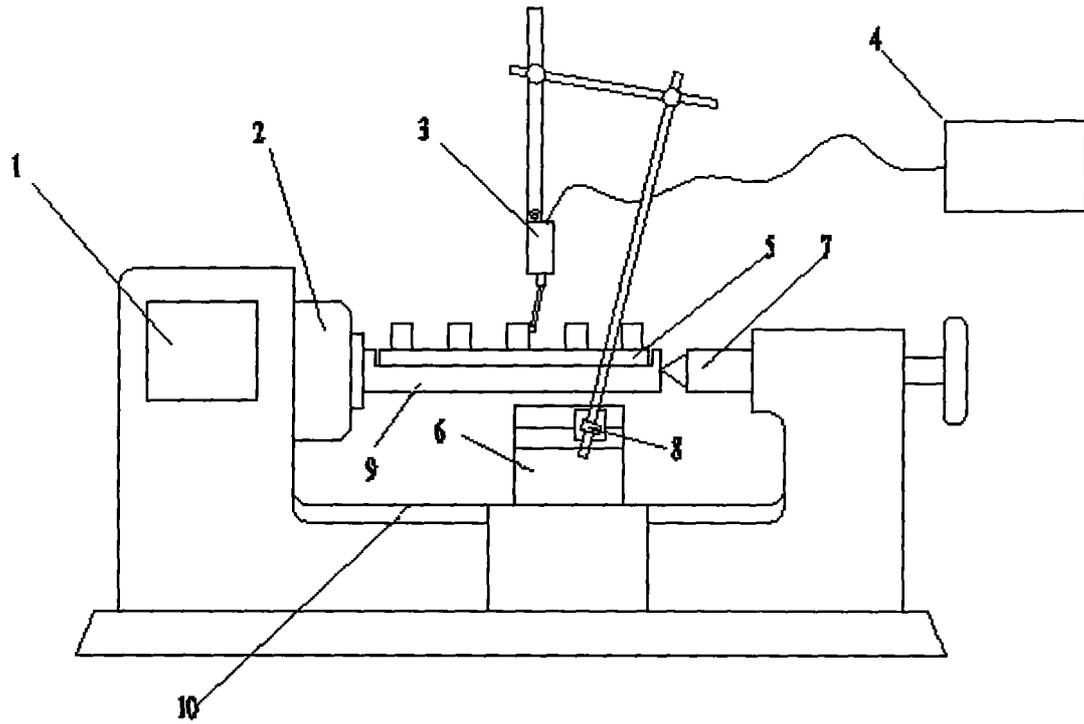


图 1

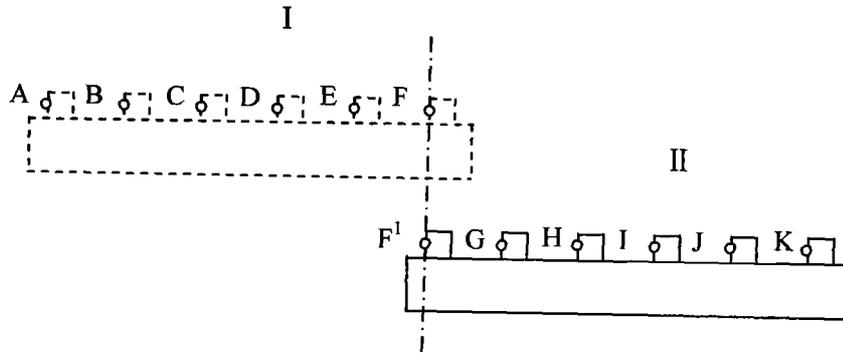


图 3

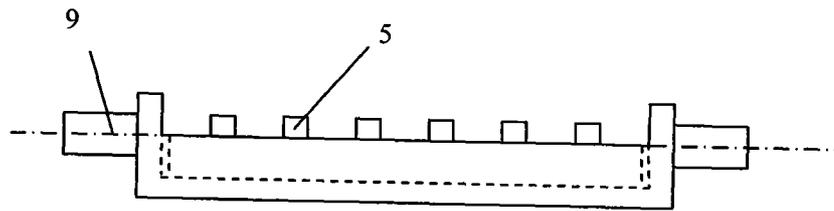


图 4

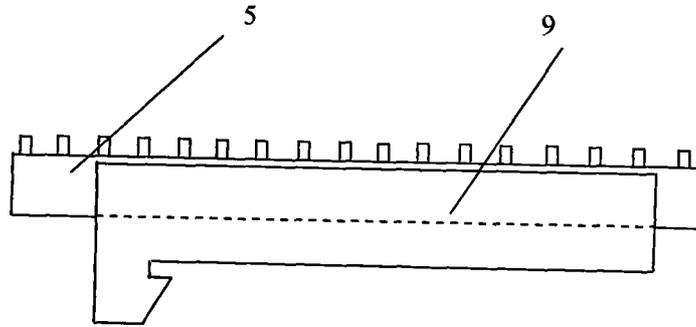


图 5

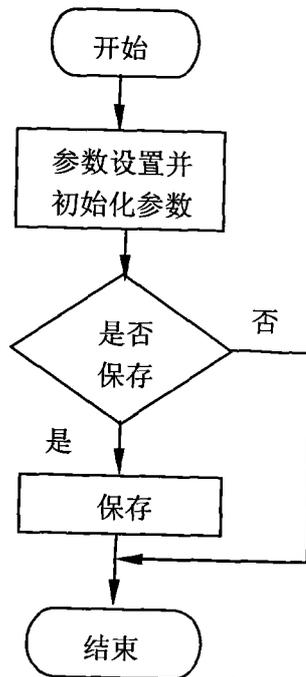


图 6

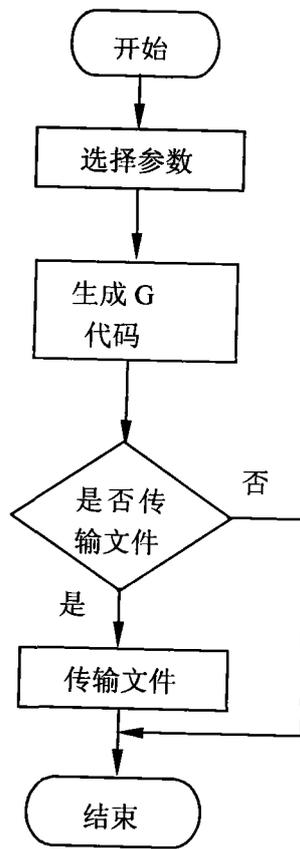


图 7

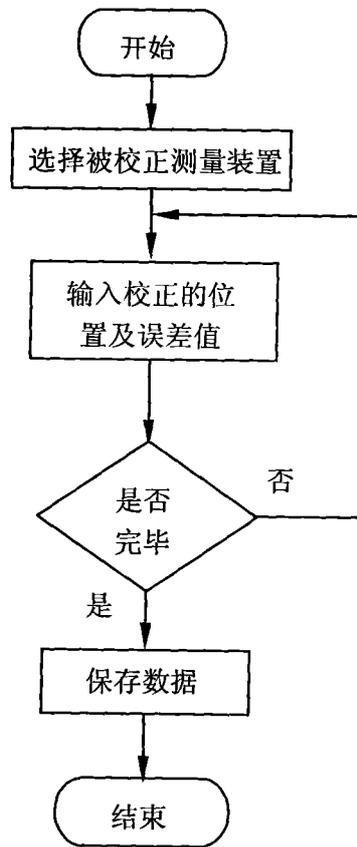


图 8

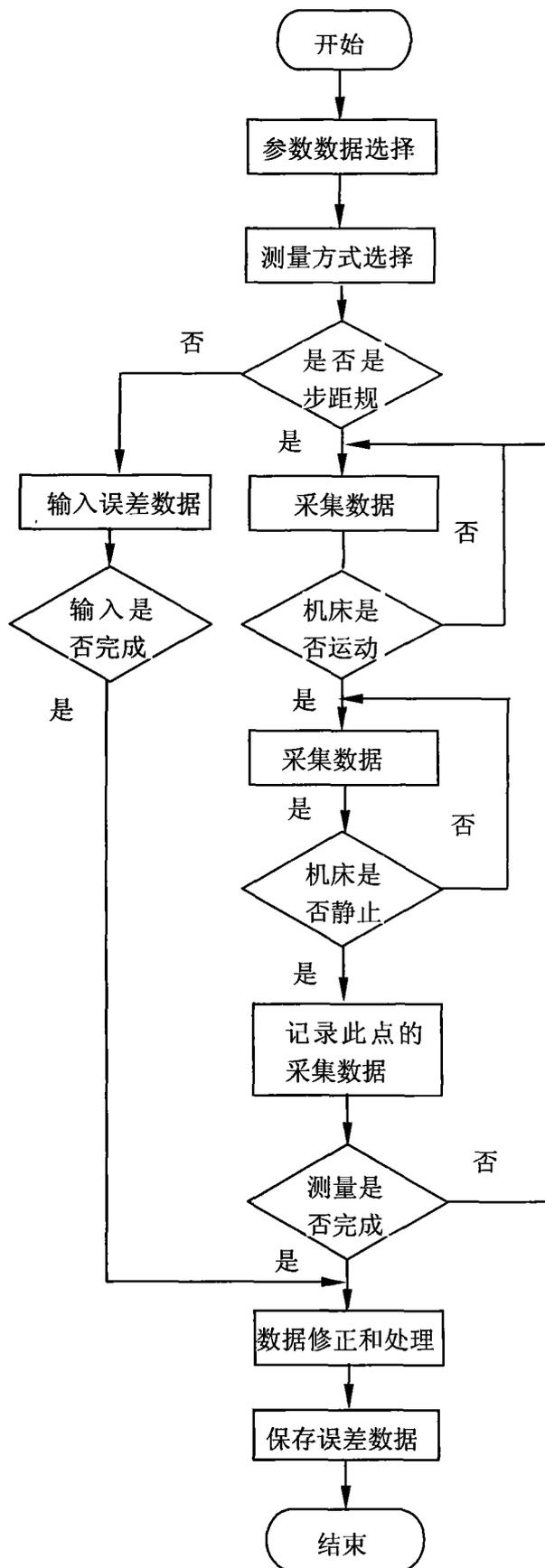


图 9

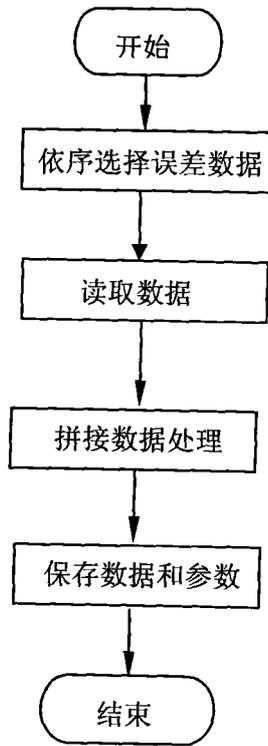


图 10

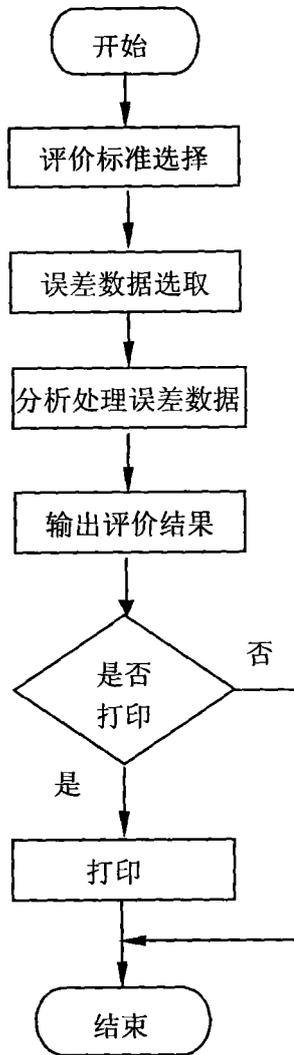


图 11

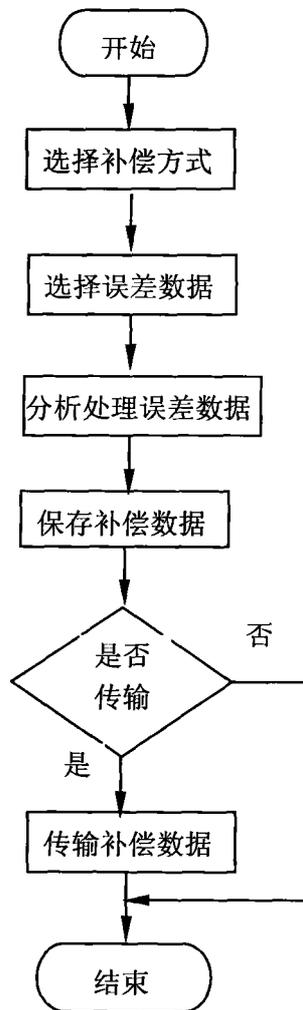


图 12