加工中心刀长方向对刀方案分析

无锡交通高等职业技术学校　（江苏　214046）　崔元刚

执行加工程序控制机床对工件加工前，一个重要的前提是在机床的坐标系里明确机床、工件和刀具所组成的加工系统中的相互位置，以便数控系统掌握足够的信息，正确地理解人的加工意图，从而代替人准确地控制加工运动。这种事先测量调整机床、工件和刀具在加工系统中初始位置，并告知数控系统的过程称为对刀。这是增量式测量的数控机床加工的一个极其重要的操作，对刀的准确度直接关系到加工的质量，对刀方案是否合理关系到加工的效率和操作的方便。

在加工系统中，能代表机床、工件和刀具位置的点，分别称之为机床零点、工件零点、刀位点。有时因不太方便地测量或找寻到机床零点、工件零点、刀位点，从而又另外设定对应的三个点：机床参考点、工件参考点、刀具参考点。

机床参考点是由机床厂家设定的、回参考点操作即能找到的点；工件参考点为与工件零点位置相关的、对刀测量容易找到的点；对加工中心刀具参考点为刀具装到主轴孔后，刀柄上与主轴端面中心相重合的点。显然，三个点与对应的机床零点、工件零点、刀位点应有准确的位置关系，且容易测量或找寻。

以某立式加中心机床为例，该机床设计为机床参考点与机床零点重合（这是现代 CNC 机床的流行方式），通常在各进给运动极限行程位置；装刀后，数控铣床或铣镗加工中心的刀具基准点与刀位点同在回转主轴中心线上，因此刀位点 X、Y 向的位置与刀具参考点重合（但 Z 向位置不重合），如图 1。回机床参考点时，刀具参考点与机床参考点重合，数控系统便得知刀具刀位点在机床坐标系的 X、Y 向的位置。若启用机床的机床坐标系的位置测量功能测量工件零点相对机床零点的 X、Y 向的位置值，如把工件零点相对机床零点 X、Y 向的位置值作为零点偏置值输入到 CNC 的偏置寄存器，则机床零点、工件零点、刀位点在 X、Y 向的对刀便能完成。

值得注意的是，刀位点与刀具参考点虽然都在主轴线上，但因 Z 向位置不重合，回零操作不能让 CNC 直接测量到刀位点的 Z 向位置，因此，机床零点、工件零点、刀位点在 Z 向（刀长方向）位置需要用别的方法来确定。刀长方向（Z 向）对刀的方法随机床、数控系统、实际的加工效率要求、精度要求、生产的批量要求和条件限制、操作工的习惯等的不同而不同，刀长方向对刀方案分析和合理选用将是本文讨论的重点。

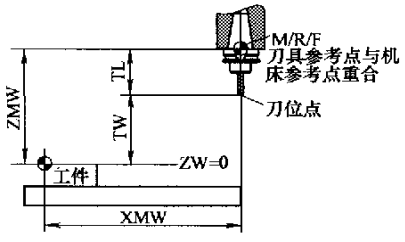


图 1　某立式加中心机床回零的 Z 向高度各点

1. 机床、刀具、工件在 Z 轴方向的相对位置值及寄存

如图 2 所示，某立式加工中心机床（该机床设计为机床参考点与机床零点重合，参考图 1）中，回零后刀具参考点（刀柄上与主轴端面中心相重合的点）正位于机床原点位置，这是 Z 轴正向行程的限位开关位置，也是所有加工中心实现自动换刀所在的位置。此时，切削刀具、工件上表面以及工件高度在 Z 轴方向的位置关系如图 2 所示，Z 轴方向共有 a、b、c、d、e 五个尺寸。

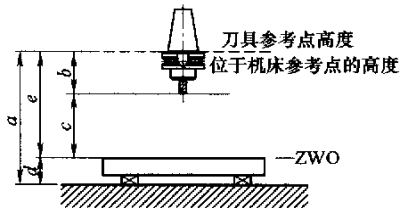


图 2　加工中心回零后，Z 向五个尺寸

由图 2 可见，尺寸 a：回零时的刀具参考点到工作台的最大距离，是已知的，该距离由机床生产厂家确

定，也是 b、c、d 三个尺寸的总和。尺寸 b：刀具参考点和刀位点之间的距离，即刀具的定位长度。对于标准化数控刀具，可通过机外对刀仪上对刀长精确测量得到这一尺寸。尺寸 c：刀具刀位点到 ZWO（工件程序原点）之间的距离。在刀具装上主轴和工件定位装夹后，通过机内对刀测量得到，反映刀具与工件间的最大 Z 向相对位置值。尺寸 d：工件相对工作台的高度（工作台上表面和工件 ZWO 之间的距离）。在工件定位装夹后，操作工可通过手动操作机床测量得到的。尺寸 e：工件 ZWO 相对机床零点的高度距离，$a = d + e$，在工件定位装夹后，操作工可通过手动操作机床测量得到的。

图 2 中所示的五个尺寸，它们通常是已知的给定尺寸或可通过测量获得，在机床的精密调试中起相当关键的作用。加工前，调整测量机床、工件和刀具在加工系统中 Z 向相对位置尺寸，还需告知数控系统，位置尺寸的“告知”方法一般有如下方式：

（1）在程序中用位置寄存器指令“告知”，如：把加工前刀具刀位点相对工件 ZWO 的位置值用格式为〖G92 Zy;〗指令存储到位置寄存器，这种方法较陈旧，本文不讨论。

（2）把测量到的某些 Z 向相对位置尺寸手动输入存储于工件偏置寄存器，如，把机床零点与工件零点 Z 向间的尺寸存储于工件偏置寄存器 G54 下的 Z~，用来调整机床零点的参考位置和程序零点参考位置间的 Z 向关系。

（3）把测量到的某些 Z 向相对位置尺寸用 MDI 方式存储于刀具长度补偿寄存器，用来调整刀位点 Z 向高度位置。在程序中，刀具的刀具长度补偿用“H××”表示，××是某刀具的刀具长度补偿编号；操作工相应地在刀具长度补偿寄存器的 H××号下输入测量长度补偿值。

这些 Z 向相对位置尺寸如何定义、以何种名义存储、存储于何处，关系到 Z 向对刀方案的设计。

2. 适用于机外对刀的 Z 向对刀方案

方案 1：如图 3 所示，这是一种最直接地以刀位点到刀具参考点的 Z 向刀长作为刀具长度补偿值，并把坐标系的零点高度偏置到工件零点高度的对刀方案。刀具长度补偿值的绝对值就是图 2 中的尺寸 b，Z 向工件偏置值可最简单地设成工件零点在机床坐标系中的 Z 值，即尺寸 e。

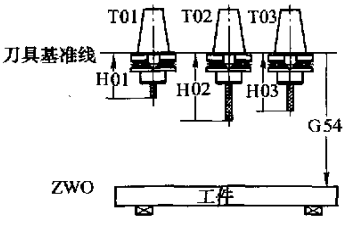


图 3　机外对刀测量刀长为长度补偿值，并进行 Z 向零点偏置

这种方法的 Z 向确定刀具与工件位置关系的对刀原理是：

在保证刀具 Z 向补偿运动不超程的前提下，设定如图 3 所示的 Z 向工件偏置值，使用工件偏置（G54 ~ G59），并要求在与程序选定的工件偏置指令如（G54）相应的工件偏置寄存器的位置（G54）下填写设定的 Z 向工件偏置值。

刀长（刀位点到刀具参考点的 Z 向距离）作为刀具长度补偿值并输入数控系统。

操作人员对所用的各把刀具编号，填写刀具的调整单，将按刀号把刀具放置到刀库的相应的刀位，使用数控系统的键盘显示刀补画面。为各把刀选适当的偏置号，并将各刀具长度作为补偿值登记到刀具长度补偿寄存器中相应位置。

若程序中的刀具补偿指令为 G43，刀长作为补偿值应是一个正值，每个补偿值都应以 H 偏置值的形式输入到刀具长度偏置显示屏上。例如，设置刀具长度的偏置值为 120mm，该刀具的偏置号为 H05，操作人员在偏置显示屏上的 05 号下输入测量长度 120mm。

05 120

06…

随着技术的进步，在数控铣床、加工中心的机床用刀具日益标准化，尤其刀柄的标准化、精度、与主轴内孔的连接的精确性，创造了必要的条件，使刀具的半径、长度的测量完全可在机外对刀仪上测量。预调仪上刀具刀柄定位基准是测量的基准，要求它和机床主轴定位基准的精度要求十分接近，这才能保证刀长可以在机外预调时精确测定。

当 CNC 机床执行生产任务时，所有切削刀具均可放置在刀具预调仪上测量，当加工另一不同的工件时，刀具补偿值也不必在机床上重新进行检测，这是因为刀位点到刀具基准点的 Z 向距离作为刀具长度补偿值是固定不变的。因此，这一对刀方案的明显优势是：减少了对刀过程中占用机床的非生产时间。当数控设备台数较多的情况，利用一台刀具预调仪为多台数控机床对刀服务，是比较经济合理的。

机外对刀需要刀具预调仪，当数控机床加工任务不

多的用户，是否一定要购买刀具预调仪来使用这种方法？下面讨论一种在工件安装过程中通过接触测量法完成切削刀具的 Z 向设置的对刀方案。

3. 接触法测量刀具 Z 向长度补偿的对刀方法

方案 2：如图 4 所示，这是一种靠使用手动操作机床，在机内让刀具刀位点与工件接触，测量加工某工件的各把刀具长度补偿值的方法，是一种典型的机内 Z 向对刀方法。值得注意的是：尽管每把刀具长度补偿值用 MDI 方式存储于刀具长度补偿寄存器的方法与方案 1 相似，但这种方法测量的刀具长度补偿值所表示的 Z 向关系与在机外对刀仪测量的刀具长度不是同一个概念。这种方法的 Z 向确定刀具与工件位置关系的对刀原理是：

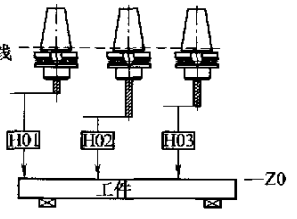


图 4　刀具长度偏置设置的接触测量法

当刀具参考点位于机床参考点位置，此时的机床坐标 Z 值为零，手动操作机床测量刀具刀位点到程序原点位置（ZW = 0）的 Z 向距离作为刀具长度补偿值并输入数控系统。若程序中的刀具补偿指令为 G43，这种刀具长度补偿值（即刀具位点到程序原点之间的距离）应取负值，并被输入到控制系统的刀具长度偏置寄存器菜单下相应的 H 偏置号里。

因为测量的刀位点起点为当刀具参考点位于机床参考点位置时的高度位置，因此工件偏置 Z 值（G54 ~ G59）应设为 Z0.0000。但有时为保证刀具 Z 向补偿或取消补偿运动时不超程或碰撞，刀具长度补偿值的测量往往是从刀具的基准点离开机床零点一段距离的位置开始，如从机床坐标为 $Z = -50$ 的高度开始测量刀位点到程序原点之间的距离，那么工件偏置 Z 值（G54 ~ G59）应设为 Z - 50.000。显然从刀具参考点位于机床坐标位置 $Z = -50$ 并始调整测量测量的刀具长度补偿值与刀具参考点位于机床参考点位置开始测量的刀具长度补偿值是不一样的。

从这里可以看出：接触法测量的刀具长度补偿值随各刀具参考点起始点的高度位置的不同而不同，又随不同工件零点的高度位置的不同而不同。因此用这种方法对刀，批量生产同一零件时，宜用固定的夹具把工件零点的高度位置限定在同一高度，以避免随着同批加工工件的变换需要重新对刀测量。当然，从某一加工批次变换到另一不同批次的工件加工，刀库中所有要用到的刀具的刀具长度补偿值必须重新测量，这是这种方法最大的缺陷。而且使用手动操作使刀具与工件接触测量的方法测量刀具长度补偿值的过程往往占机时间长，会引起机床加工效率的降低。

为克服该方案对刀占机时间长，且随加工工件转换时，必须重新对刀测量的缺陷，应寻找更好的方案对刀，以减少机内对刀时间，并适合加工工件转换。

4. 设定基准刀的接触法 Z 向对刀

方案 3：为克服机内对刀时间长，加工工件转换时对刀麻烦的缺陷，设计以一把刀作为基准刀，并用它测量调整工件的 Z 向偏置值，其他刀与之的长度差作为其刀具长度补偿值，这是一种较为有效的方法，即主刀法。

使用基准刀的对刀方法（通常是最长的刀），可以显著加快使用接触测量法时的刀具测量速度。基准刀可以是长期安装在刀库刀套上具有定长的 Z 向对刀仪。

当程序补偿指令选 G43，刀补值选负值时，基准刀的刀长要比刀库任何其他刀具要长。可以把各把刀在 Z 轴的行程控制在安全的范围内，且各把刀的 Z 向刀补值正负号一致，避免错乱。

使用基准刀长度对刀，工件偏置 Z 值设定沿用方案 2 工件偏置 Z 值的方法，实质是对方案 2 的改良。其 Z 向对刀方法与方案 2 对刀方法相似，原理一致。对基准刀而言，当基准刀的刀具长度补偿值的测量是从当刀具参考点位于机床参考点位置开始测量时，工件偏置 Z 值（54 ~ G59）仍设为 0 值，刀长补偿值仍是其刀位点到工件零点的距离。

区别在于：当工件改变了，只要进行基准刀的对刀，测量其刀长补偿值，其他刀具不必重新对刀，其他刀具的刀长补偿值由基准刀刀长补偿值和基准刀长与其他刀长的刀长差进行加减计算得到。

如：T02 与基准刀 T01 的刀长差绝对值为：ΔL_2，测得的基准刀（最长刀）刀长补偿值为：$-L_1$，则 T02 的刀补值应为：$-L_1-\Delta L_2$。该值的实质仍是 T02 刀的刀位点到工件零点的距离，只不过，它不需要实际测量而只是计算。很明显，这样做节省了对刀占机的时间，某刀具与基准刀的刀长差可在无加工任务时机床内测得或在机外预调仪上测得。

拉刀快换夹头及加工工艺

中国一重集团公司 （黑龙江齐齐哈尔 161042） 王金霞

采用专用机床附具可以缩短辅助时间，提高劳动生产率，易于保证加工精度，并使加工精度稳定，扩大机床的工艺范围，降低对工人的技术要求和减轻工人的劳动强度。拉刀快换夹头是安装于卧式拉床上的一种附具，用于装夹内孔拉刀。拉刀是一种多齿的精加工刀具，主要用于大批量生产，但对于形状复杂的孔，即使小批量生产，也用拉刀加工，本文要讨论的是拉刀快换夹头，使用它可以减少辅助时间，降低劳动强度，保证加工质量。

结构原理：工件在机床上加工时，必须把它放在工作台上或附具上，为了获得符合要求的加工表面，在夹紧前，工件在附具内应占有正确的位置，以满足加工工艺对工件与机床、刀具间的相对位置要求。任何一个零件在空间的位置变化，可以归结为沿空间直角坐标系三个坐标轴 X、Y、Z 的移动和绕这三个坐标轴的转动，即在空间的六个自由度。其结构应由下述几个部分组成：定位元件及定位装置、夹紧装置、对刀元件夹具体、其他元件和装置。

装置结构如图 1 所示。主要组成零件有：套筒 1、小弹簧 2、卡爪 3、手柄 4、夹头体 5、大弹簧 6、圆螺母 7 和小圆螺母 8。该夹头以 ϕ10H7 孔作主定位，以卡爪作次定位，扳动手柄 4，带动套筒 1 及大弹簧 6，最

可见方案 3 弥补了方案 2 在不同类工件的加工变换中，需要对所有要用刀具的长度重新对刀的最大缺陷。

弥补缺陷的方法，也可以与接触测量法对刀方法、原理不一致，下面介绍另一种优化的方案——方案 4。

5. 优化的基准刀对刀

如图 5 方案 4 的原理是：对工件偏置 Z 值定义为基准刀（最长刀）到工件零点的距离。对刀具长度补偿值定义为基准刀长与其他的刀长的刀长差。这不仅具备方案 3 的所有好处，而且对刀方案的思路简洁明了，便于操作。步骤如下：

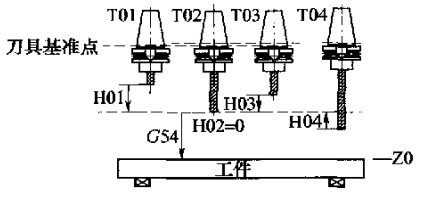


图 5 优化的基准刀对刀的工件偏置和刀具长度补偿

（1）取出主刀并将其安装到主轴上。

（2）Z 轴回参考点。

（3）测量基准刀的刀位点到工件零点的距离作为 Z 向工件偏置值（负值）。

①测量基准刀长与其他的刀长的刀长差。

②将刀长差作为刀具长度补偿值，比主刀短的刀具，它通常为负值。

这一方法不仅能缩短调试时间，另一个好处是：如果使用一组刀具来加工另一批量工件，那么对于新的工件高度，只需要用基准刀重定义工件偏置 Z 值，其他刀具补偿值只与基准刀相关，保持不变。刀长差可以在机外预调测量并做减法计算得到，或在非生产时间机内测量，即使在没有机外预调的情况下，对刀的方便性也几乎接近于用机外对刀仪的对刀。

在上述讨论的各种长度方向对刀法及 Z 向设置的方法中，刀具长度补偿值并不是一个固定不变的定义值，刀具长度补偿值随实际的使用场合改变而改变，只有结合实际的应用场合，它们才有正确的含义。因此，在实际的应用场合中搞清楚：使用刀具长度补偿的目的是什么？刀具长度补偿值在特定应用场合的定义是什么？刀具长度补偿值怎么测量、计算得到？刀具长度补偿是正还是负？Z 向的零点偏置又如何与刀具长度补偿值相配合进行 Z 向设置？在实际应用中根据机床、数控系统、实际的加工要求和加工条件并考虑到操作工的习惯设计合理的对刀方案，能提高加工的效率和方便操作。

（收稿日期：20070218）