

一次触发与二次触发测头测量策略

数控机床扫描周期和测量不确定性

对测头测量系统的测量重复性影响最大的因素，是机床识别并响应测头触发信号的过程。这是机床及其控制器的一个特性。通常情况下，测头触发信号只是机床接收的大量输入信号之一，这些信号会被依次查询。可编程逻辑控制器 (PLC) 依次查看其接收的所有输入信号所用的时间称为扫描周期（对于配备标准测头测量输入接口的典型控制器，扫描周期约为 4 ms）。因此，控制器对测头触发信号作出响应可能会有 0 ms 至 4 ms 的延迟。在这段时间内，机床会以测量速度继续移动。这个延迟既不可预测，也不可重复，否则就可以通过标定进行补偿，从而确保测量的重复性。控制器将在零至完整扫描周期之间的某个不确定时间点对测头触发信号作出响应（请见图1）。

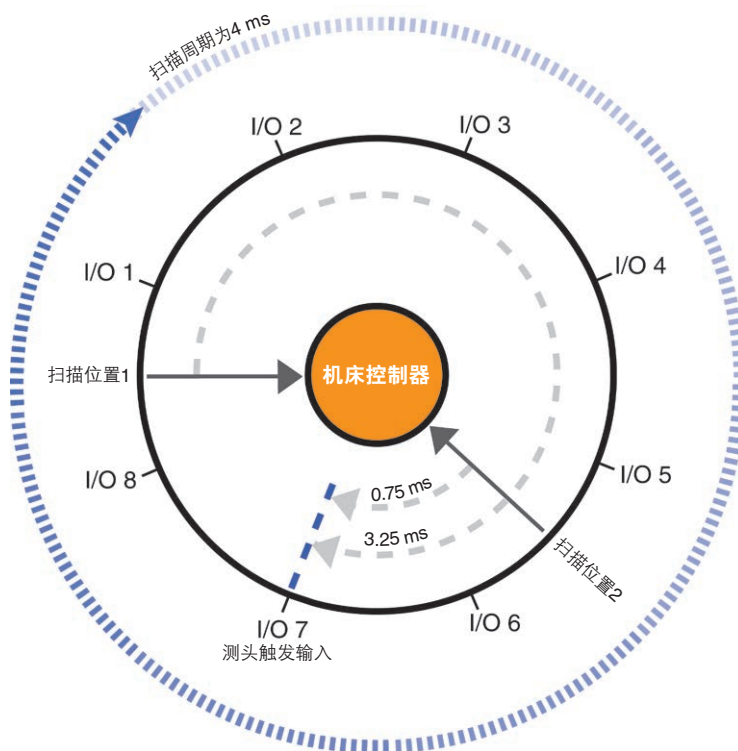


图1: 机床扫描周期及其对测量重复性的不确定性的影响

示例：如果测头在扫描位置1触发，那么机床控制器识别触发信号会有 3.25 ms 的延迟。如果测头以 3,000 mm/min 的速度移动，则在这段时间内测头将移动 0.162 mm。但是，如果测头在扫描位置2触发，那么机床控制器将在 0.75 ms 后识别触发信号。在这段时间内，测头将移动 0.037 mm。这将导致两个位置的测量结果差异 0.125 mm。

测量重复性的不确定性 = 扫描周期 × 测量速度

在本例中，不确定性为：4 ms × 3,000 mm/min = 0.2 mm

在扫描周期为4 ms的机床上, 机床对触发信号作出响应的可变延迟是不可忽略的, 因为在3,000 mm/min的速度下, 这类机床的移动距离可能达到0.2 mm。如图2所示, 测量重复性的不确定性与测量速度成正比。

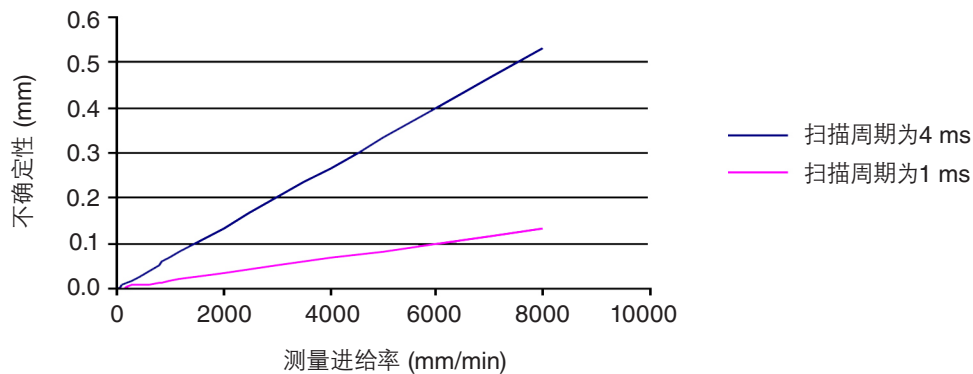


图2: 不确定性 = 测量速度 × 响应时间变化

许多现代机床控制器配备用于接收测头触发信号的直接输入接口, 通常称为跳转输入 (这可能是标准配置, 也可能是额外付费选项, 具体取决于控制器类型)。这类控制器可即时有效地读取测头触发信号, 而且在接收到该信号时, 当前轴位置会被“锁存”。配备这种测头输入接口的控制器的响应时间为0.2 ms (200 μ s) 或更短。以这个扫描周期, 同样在3,000 mm/min的速度下, 机床可能会额外移动0.01 mm (不确定性)。有些直接输入式控制器的响应 (扫描) 时间可达到0.004 ms (4 μ s)。同样在3,000 mm/min的速度下进行测头测量时, 这类控制器的测量不确定性可能会小于0.0002 mm (0.2 μ m)。

测头测量策略

通常有两种基本的测头测量策略可用于确定被测表面的位置: 一次触发或二次触发。一次触发测量循环是指, 测头从距离表面一定距离的起始位置开始, 以测量速度向表面移动, 直至控制器对触发信号作出响应。然后, 测头停止并返回至起始位置。在触发的瞬间, 机床会记录当前的轴位置, 用于计算被测表面的位置。如上文所述, 测量重复性的不确定性将随测量速度的增减而成正比增减。

二次触发测量循环比一次触发测量循环更加复杂。从起始位置开始, 测头先以相对较高的进给率碰触被测表面, 直至控制器对触发信号作出响应。然后, 测头停止并从表面向后移动一小段距离 (称为回退距离), 再以较慢的测量速度进行第二次测量。在第二次触发时采用较慢的进给率, 可确保即使在扫描周期缓慢的控制器上, 也能实现优异的测量重复性。控制器将记录第二次触发时的轴位置, 用于计算表面位置 (请见图3)。

经研究, 在测量速度为3,000 mm/min的情况下, 一次触发程序的循环时间为0.254 s。在测头接近速度为3,000 mm/min且测量速度为30 mm/min的情况下, 等效的二次触发程序的循环时间为0.444 s, 也就是会额外增加0.19 s。然而, 在扫描周期为4 ms的机床上, 一次触发循环的测量重复性的不确定性为0.2 mm, 而等效的二次触发程序的不确定性仅为0.002 mm。考虑到一个测量循环由多次移动组成, 仅增加这一小段碰触移动时间是值得的, 因为它将测量确定性提高了100倍。

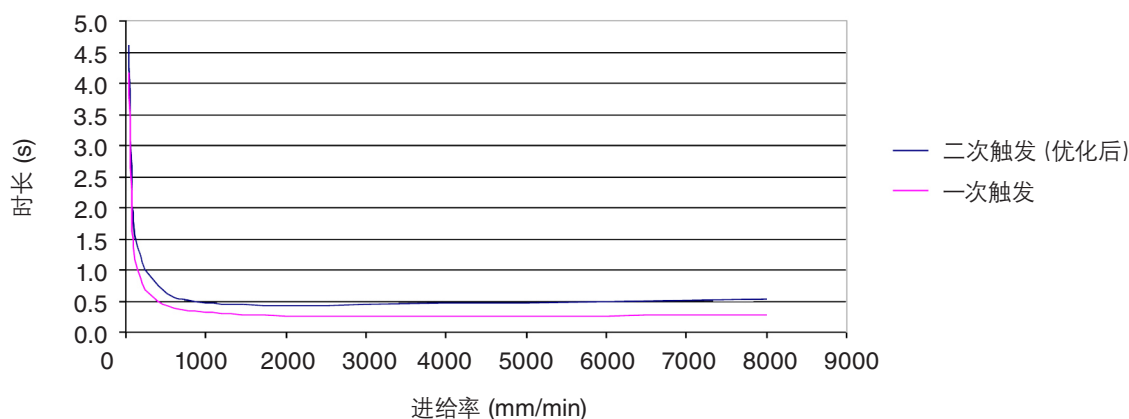


图3: 单个表面点的测量循环时间: 一次触发与二次触发

当然, 尽可能缩短循环时间也是一个重要的考虑因素。有关如何在不影响测量性能的情况下优化循环时间的更多信息, 请参见文档TE413《优化测量循环时间》。

尽管二次触发测量需要的循环时间相对更长, 但在没有测头触发信号的直接输入接口的机床上, 使用二次触发测量是明智的选择, 这样能有效控制测量的不确定性, 以确保测量的重复性。在确定是否有必要采用二次触发测量来实现良好的测量性能时, 必须考虑扫描周期。在许多情况下, 二次触发测量额外增加的几毫秒循环时间是值得的, 因为它显著提高了测量的重复性和精度。

结论

- 机床的扫描周期对机内测头测量的不确定性具有显著影响。
- 在设置和执行任何测头测量循环时, 测量性能都应该是首要考量因素。缩短循环时间虽然重要, 但却是次要目标。
- 由于测量不确定性与测量速度成正比, 因此在没有测头触发信号的直接输入接口的机床上, 应慎用一次触发测量循环。
- 无论机床控制器配置如何, 二次触发测量策略都能实现良好的测量性能。
- 大多数的现有机床和新型机床都将配备扫描周期为1 ms至4 ms的机床控制器。在这些机床上采用一次触发测量循环时, 必须使用非常保守的进给率, 才能实现可靠的测量性能。因此, 为了实现良好的测量性能, 一次触发测量循环时间将远远长于等效的二次触发测量循环时间。

www.renishaw.com.cn/machinetool

 #雷尼绍

© 2024-2025 Renishaw plc. 版权所有。RENISHAW®和测头图案是Renishaw plc的注册商标。

Renishaw产品名、型号和“apply innovation”标识为Renishaw plc或其子公司的商标。

其他品牌名、产品名或公司名为其各自所有者的商标。

Renishaw plc. 在英格兰和威尔士注册。公司编号: 1106260。注册办公地: New Mills, Wotton-under-Edge, Glos, GL12 8JR, UK。在出版本文时, 我们为核实本文的准确性作出了巨大努力, 但在法律允许的范围内, 无论因何产生的所有担保、条件、声明和责任均被排除在外。



扫码关注雷尼绍官方微信

文档编号: H-5650-2064-02-A
发布: 2025.09

上海 T +86 21 6180 6416 E shanghai@renishaw.com
北京 T +86 10 8420 0202 E beijing@renishaw.com
广州 T +86 20 8550 9485 E guangzhou@renishaw.com
深圳 T +86 755 3369 2648 E shenzhen@renishaw.com
武汉 T +86 27 6552 7075 E wuhan@renishaw.com

天津 T +86 22 8485 7632 E tianjin@renishaw.com
成都 T +86 28 8652 8671 E chengdu@renishaw.com
重庆 T +86 23 6865 6997 E chongqing@renishaw.com
苏州 T +86 512 8686 5539 E suzhou@renishaw.com
沈阳 T +86 24 2334 1900 E shenyang@renishaw.com

青岛 T +86 532 8503 0208 E qingdao@renishaw.com
西安 T +86 29 8833 7292 E xian@renishaw.com
宁波 T +86 574 8791 3785 E ningbo@renishaw.com
郑州 T +86 371 6658 2150 E zhengzhou@renishaw.com