

doi: 10.7690/bgzdh.2013.09.020

## 膛线缠角的一种新型检测方法

王体泮<sup>1</sup>, 武少龙<sup>2</sup>, 郭太清<sup>3</sup>

(1. 中国兵器工业第五八研究所数控技术部, 四川 绵阳 621000; 2. 重庆望江工业有限公司, 重庆 400071;  
3. 山西北方机械有限责任公司机电设备研究所, 太原 030009)

**摘要:** 为了解决火炮身管膛线缠角的传统检测方法所带来的诸多问题, 在充分分析膛线加工过程的基础上, 利用机床本身的执行机构, 通过搭载附加的专用膛线转角采集装置, 完成膛线轨迹转角的采集、检测数据的无线传输以及与膛线理论曲线进行定点比较分析, 从而评定实际加工的膛线轨迹与理论轨迹的偏差。实践结果表明: 该方法有效且操作简单, 并已经在实际项目中得到成功应用。

**关键词:** 膛线; 合成轨迹; 定点比较

**中图分类号:** TJ306 **文献标志码:** A

## New Measuring Method of Rifle Twist Angle

Wang Tipan<sup>1</sup>, Wu Shaolong<sup>2</sup>, Guo Taiqing<sup>3</sup>

(1. Department of CNC Technology, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China;  
2. Chongqing Wangjiang Industry CO., LTD, Chongqing 400071, China; 3. Institute of Electrical & Mechanical Equipment, Shanxi North Machine Building Co., Ltd., Taiyuan 030009, China)

**Abstract:** In order to solve the troubles which are brought by traditional detection method of rifle twist angle, based on analyzing rifle producing, use executing unit of machine tool and attach the special set of rifle rotary angle sampling to realize rifle rotary angle sampling, detection of data wireless transmission and point comparing analysis of rifle theory curve. Then evaluation deviation between produced rifle track and its theory track. The application shows that: the method is effective, simple and easy to operate. It has been successfully used in projects.

**Key words:** rifle; combining track; pointing comparing

### 0 引言

在火炮身管膛线的检测中, 除了阴线表面和阳线两侧的光滑程度外, 还有一项重要检测内容——膛线轨迹, 即膛线的缠角, 表示膛线转角与膛线轴向位移间的关系。膛线的缠角必须在允差范围内满足膛线方程理论上规定的轨迹要求; 因此, 笔者对膛线缠角的检测方法进行研究, 以提高膛线缠角的检测效率。

### 1 身管膛线的加工方式

火炮身管膛线的加工现在一般有 2 种方式: 机械靠模方式和电子靠模方式。电子靠模加工方式是采用常规数控技术, 将膛线加工的工艺过程进行数字化以后, 完全嵌入在数控系统中, 根据膛线加工程序, 自动完成整个膛线的加工过程。目前, 机械靠模方式正逐渐被电子靠模加工方式所取代。

在电子靠模加工方式中, 负责完成膛线轨迹的旋转轴和直线轴, 需随时保持预定的联动关系, 从而完成膛线轨迹的形成。在此方法中, 必须考虑转角误差对膛线轨迹的影响<sup>[1]</sup>。

### 2 传统的火炮身管膛线缠角的检测方法

火炮身管膛线无论是采用机械靠模加工, 还是采用电子靠模加工, 均存在着如何检测膛线缠角的问题。一般有前端检测和后期检测 2 种方法:

#### 1) 前端检测。

在机械靠模加工方式中, 前端检测一般用来检测靠模本身的制作结果是否满足膛线轨迹要求; 而在电子靠模加工方式中, 前端检测则可检测此数控系统本身对膛线轨迹的控制情况, 如在指定点处是否满足膛线轨迹要求等。前端检测只用在靠模检修或更换靠模后, 一般只检测一次。

#### 2) 后期检测。

后期检测用于检测已经加工完成的膛线轨迹是否满足膛线方程所规定的轨迹要求。一般是采用拖动一根带有专用光学观察镜的细长杆, 其上附带一根线缆, 通过将线缆移动到指定位置, 再用肉眼观察对应的轨迹旋转角度, 然后手工记录各个点(包括轴向位置与转角数据), 数据检测完成后, 再统一分析, 最后得出结论。

后期检测属于验证性终端检测, 且每根身管加

收稿日期: 2013-04-08; 修回日期: 2013-05-13

基金项目: 国家科技重大专项课题(SK201201A26-01)

作者简介: 王体泮(1972—), 男, 四川人, 本科, 研高, 从事数控技术研究。

工完成后均需要进行此项工作，包含了此前的所有加工误差，比前端检测更为有效。

### 3 新的身管膛线缠角的检测方法

#### 3.1 概述

笔者设计的新型身管膛线缠角检测方法属于后期检测，但与前面所述的后期检测相比，该方法在可操作性及检测准确性上均有较大提升。

新的检测方法中，增加了一个专用的检测装置(此装置已经申请专利)，如图 1 所示。此检测装置前端有 2 个可伸缩的触头，其弹性可调，触头可以直接卡在待检测膛线的阴线槽内；而通过另一端直接与刀杆相连，最后安装完成后的整体结构如图 2。

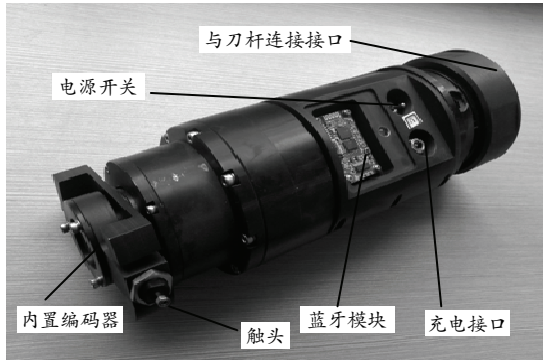


图 1 膛线缠角测试仪

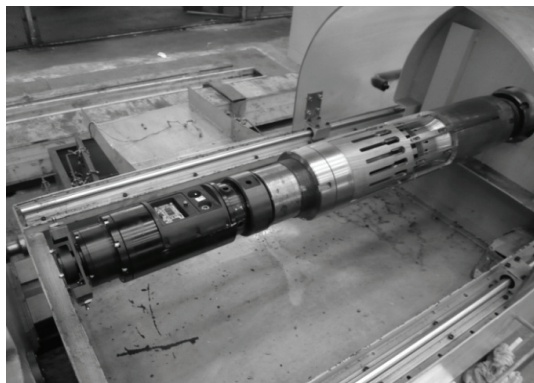


图 2 膛线缠角测试仪与刀杆连接示意

新检测方法一般在电子靠模中实现，与数控系统结合紧密，其最大特点是直接利用现成的膛线加工的数控系统能实现检测过程、检测数据的无线传输以及数据分析。

#### 3.2 缠角测试核心控制部件

在装置缠角测试仪中，内嵌了一专用板卡，它以 TMS320 DSP28035<sup>[2-3]</sup>为 CPU，完成通讯、数据采集等核心功能，具体有：

1) 提供板卡电源及充电接口；2) 采集内置编码器的位置信号并存储在板载 FRAM 中；3) 检测

采集触发信号；4) 通过蓝牙模块完成数据双向传递。此板卡的电气原理图如图 3 所示。

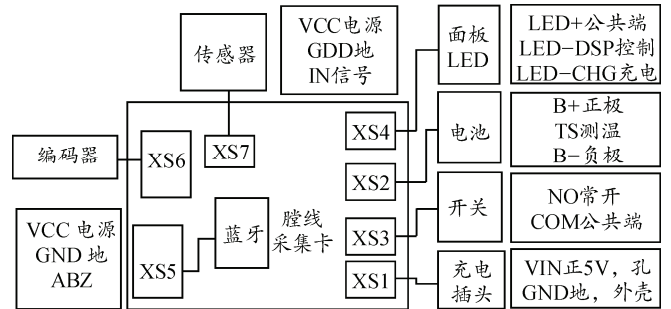


图 3 膛线缠角测试仪内嵌板卡电气原理图

该板卡被密封安装在缠角测试装置中，如图 4。

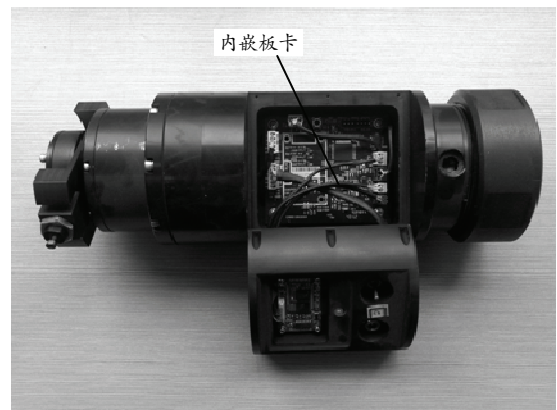


图 4 膛线缠角测试仪内嵌板卡电气原理图

另外，与之配对的蓝牙模块直接连接在加工设备数控系统的 COM 口上。

#### 3.3 新方法检测原理

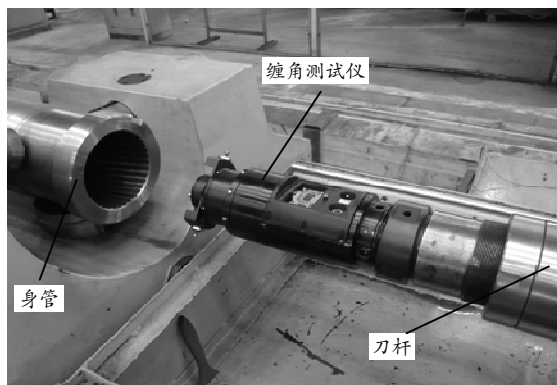


图 5 新方法检测原理示意图

通过缠角测试仪的检测触头卡在膛线阴线槽内，由完成膛线加工的数控系统带动刀杆沿机床 Z 向作直线运动，使触头在膛线的阴线槽内沿轨迹运动，从而迫使触头旋转，进一步带动内置编码器旋转产生信号，此信号被内嵌的专用板卡获取并存储；而对应的 Z 轴位置则由数控系统记录。一个检测循环完成后，当缠角测试仪整体退出身管后，再通过

蓝牙模块将转角数据传递到数控系统上，与其上的 Z 轴数据合并，共同形成膛线的检测轨迹，并进行分析，评定轨迹误差。

这种检测方法，将前期所有的误差<sup>[2]</sup>包含在内。原理示意如图 5 所示。

### 3.4 新方法检测过程

新的检测方法与膛线加工本身的数控系统连接紧密，有一部分功能需要数控系统配合完成。下面以特定的数控系统为例，对检测过程进行说明。

#### 3.4.1 测试前的准备工作

测试前的准备工作主要有：

1) 配置蓝牙模块的通讯参数；2) 配置待测试点的位置参数；3) 配置好转角数据采集触发信号位置参数；4) 保证缠角测试仪已经充好电；5) 配对的蓝牙模块连接完成；6) 安装好转角数据采集触发信号的机械档块；7) 装夹好身管并将内部擦拭干净、各运动轴基准位置准备；8) 将缠角测试仪与刀杆连接到位。

#### 3.4.2 开始测试过程

1) 确保各轴回完机床零；  
2) 通过数控系统的菜单“诊断功能”→“缠角测试”，进入“缠角测试”模式；  
3) 通过菜单“数据查看”→“缠角数据”，系统弹出如图 6 所示的对话框；

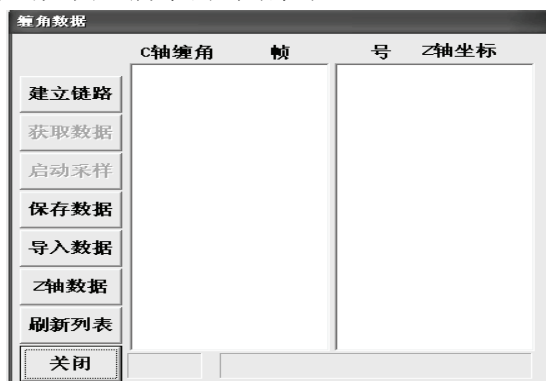


图 6 测试过程操作界面

① 点击按钮“建立链路”，系统完成蓝牙模块的通讯初始化；② 点击按钮“启动采样”，通知缠角测试仪作好采样准备，并采集了首帧的 C 轴数据，同时此按钮上的文字变为“停止采样”。

4) 通过数控系统的启动按钮，开启此次的测试循环过程，此过程可以描述如下：

① 采集首帧 Z 轴数据，以与首帧的转角数据相对应；② Z 轴从当前位置负向运动指定距离；③

触发转角数据采集信号，同时采集 Z 轴数据；④ 重复步骤②和③，直到完成返程方向点的测试过程，并进入下面拉削方向的测试过程；⑤ 重复采集返程过程中终点帧，作为拉削方向数据采集过程的起始帧；⑥ Z 轴从当前位置正向运动指定距离；⑦ 运动 X 轴触发转角数据采集信号，同时采集 Z 轴数据；⑧ 重复步骤⑥和⑦，直到完成拉削方向点测试过程，Z 轴回到起点位置；⑨ 此次整个测试循环完成。

5) 点击按钮“停止采样”；

6) 点击按钮“获取数据”，则蓝牙模块会将当前采集的转角数据传递到数控系统，并显示在左端的列表框中；

7) 点击按钮“Z 轴数据”，则对应的 Z 轴位置数据会显示在右端的列表框中；

8) 点击按钮“保存数据”，则系统将会把此列表中的数据保存为文本文件，以供分析。

### 3.5 新方法检测结果分析

通过数控系统的操作界面，可以将采集到的转角数据和同步的 Z 轴数据，合并形成表示表示膛线数据的列表数据，按照一定的分析方法，则可比较出实际的膛线轨迹与理论的膛线轨迹间的偏差。

数据分析的工具很多，过程较为简单，此处不再详述。不过在分析时应注意数据基准的转换。

## 4 结束语

该检测方法已经在实际项目中得到应用，将检测过程全部数字化、可视化<sup>[4]</sup>，更具专用性，操作更为方便，大大提高了检测效率。但在实际调试过程中发现，还有如下问题值得改进：

1) 定位触头与待测阳线的紧贴程度的预紧处理；2) 对于检测不同深度、宽度的膛线，需要准备不同大小的定位触头；3) 数据的分析过程最好能集成到系统中来。

## 参考文献：

- [1] 朱同兴, 刘必标, 张天佑, 等. 转角跟踪误差对膛线拉削精度影响的分析[J]. 兵工自动化, 2011, 31(2): 61-63.
- [2] TMS320F2803X Piccolo System Control and Interrupts Reference Guide Texas Instruments[S].
- [3] Texas Instruments Incorporated. Code Composer Studio(CCS)集成开发环境(IDE)入门指导书[M]. 牛金海, 等. 译.
- [4] Microsoft Visual C++ 6.0 类库参考手册(下)[M]. 北京: 北京希望电脑公司, 1999.