

面向数控机床的在机检测系统

ThuOMI用户手册



August 6, 2024

智能制造与精密加工实验室-智能设计团队

广东省深圳市清华大学深圳研究生院能源楼

目录

[第一部分：基本操作 3](#_Toc3710)

[第一章 ThuOMI介绍 4](#_Toc10371)

[1. ThuOMI运行 4](#_Toc21161)

[1.1. 安装 4](#_Toc12615)

[1.2. 运行环境 4](#_Toc27952)

[1.3. 在线帮助 4](#_Toc9564)

[2. 用户界面 4](#_Toc8081)

[3. 基本操作 7](#_Toc21872)

[第二章 误差补偿 8](#_Toc24652)

[1. 机床标定 8](#_Toc11395)

[1.1. 目的和方法 8](#_Toc27371)

[1.2. 操作 8](#_Toc19004)

[2. 上半球标定 8](#_Toc4510)

[2.1. 目的和方法 8](#_Toc11428)

[2.2. 操作 8](#_Toc25726)

[3. 下半球标定 10](#_Toc19678)

[3.1. 目的和方法 10](#_Toc9184)

[3.2. 操作 10](#_Toc28324)

[4. 定摆角标定 10](#_Toc24173)

[4.1. 目的和方法 10](#_Toc8323)

[4.2. 操作 10](#_Toc24796)

[5. 环规标定 10](#_Toc6964)

[5.1. 目的和方法 10](#_Toc3188)

[5.2. 操作 10](#_Toc24709)

[第三章 检测规划 11](#_Toc4816)

[1. 生成检测特征 11](#_Toc16039)

[1.1. 目的和方法 11](#_Toc18543)

[1.2. 操作 11](#_Toc17122)

[2. 连接机床 12](#_Toc3350)

[2.1. OpcUa连接机床 12](#_Toc16128)

[2.2. TCP/IP连接机床 16](#_Toc28)

[3. 测点生成 16](#_Toc24300)

[4. 坐标系转换与路径规划 17](#_Toc10244)

[第四章 测量数据分析 19](#_Toc30800)

[第二部分：操作实例 20](#_Toc12321)

[1. 例子1：上半球标定 20](#_Toc19522)

[2. 测量测试件并同步显示 21](#_Toc13330)

[3. 例子2：对3轴测试件重新规划路径 25](#_Toc29503)

[4. 例子3：铝合金结构件五类尺寸&公差在线检测 27](#_Toc4177)

第一部分：基本操作

1. ThuOMI介绍

# ThuOMI运行

## 安装

解压压缩包即可。

## 运行环境

需安装VS2010。

## 在线帮助

chengxi23@tsinghua.org.cn

# 用户界面

程序主界面如下图所示，上方为菜单栏与工具栏，主窗口的主体部分采用一个中心窗口加多个停靠窗口的布局：中心窗口用于三维模型的显示，而多个停靠窗口分别负责特征树的显示、测量数据显示、机床G代码显示、统计信息配置以及统计信息可视化，停靠窗口的设计使得用户可以随意的拖动，以达到个性化配置的目的。

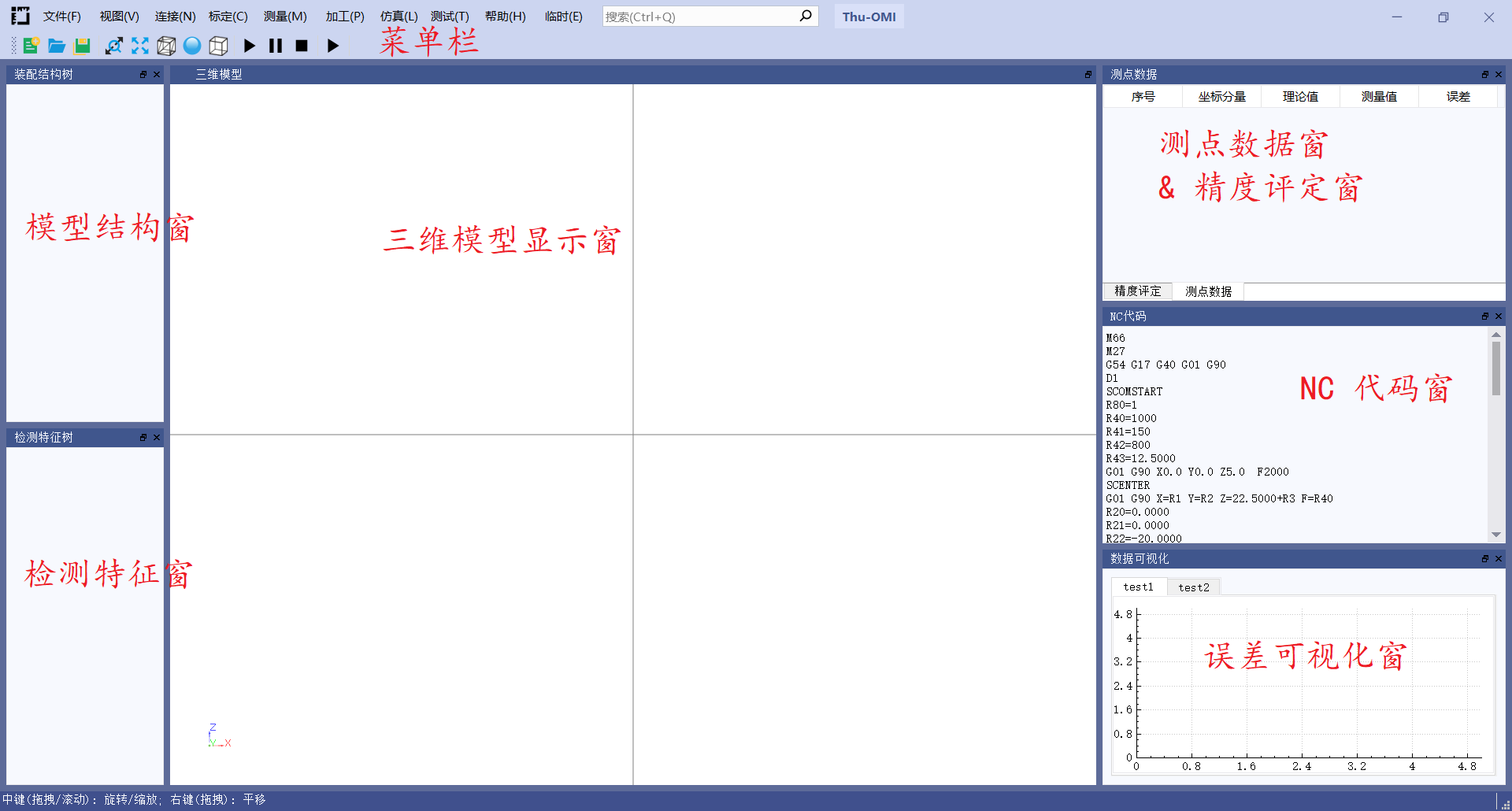


图 2‑1. 在线检测软件主界面

具体的，程序主界面由以下窗口构成：

1. **三维模型窗口**

三维模型窗口用于显示工件、测头以、待测点、检测路径的三维模型，并且能够和数控机床的检测过程同步运动。用户通过鼠标可以方便地对三维视图进行缩放（滑动滚轮）、平移（鼠标右键）与旋转（鼠标中键）操作。同时，通过与测点数据窗口与特征树窗口的交互，还可以实现测点高亮（黄色），选中的曲面高亮。

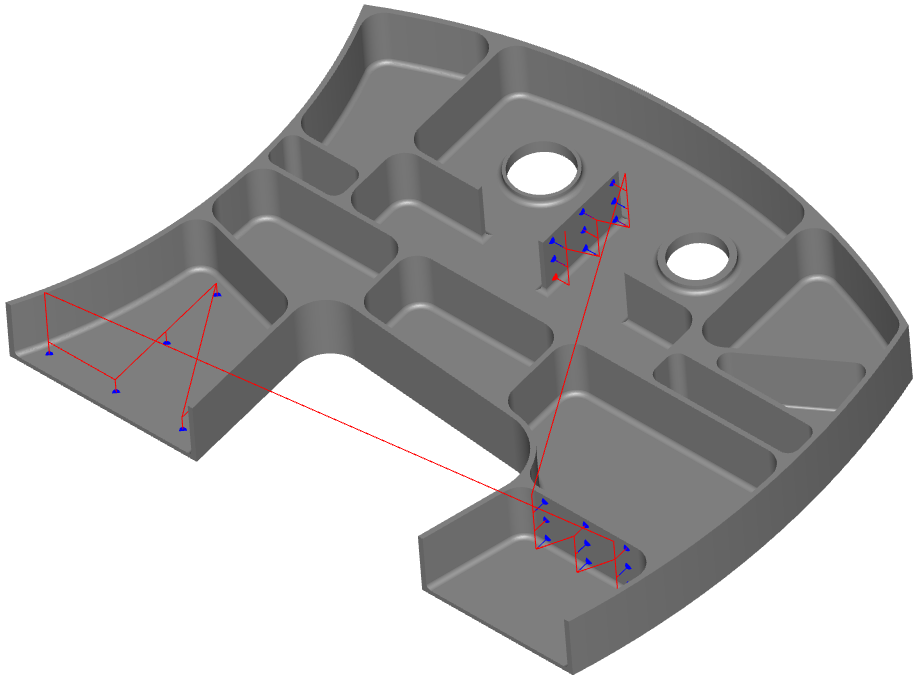


图 2‑2. 三维模型窗口示意图

1. **模型结构树窗口**

模型结构树窗口用于显示所导入的STEP模型文件的结构，在每个零件下分为六个子项目：B样条曲面、圆锥面、圆柱面、平面、球面、其它型面，可以方便查看特征树与进行配置。左键曲面名，对应的曲面就会在模型显示窗口高亮显示。右键特征可弹出菜单，进行检测特征创建以及其它操作。

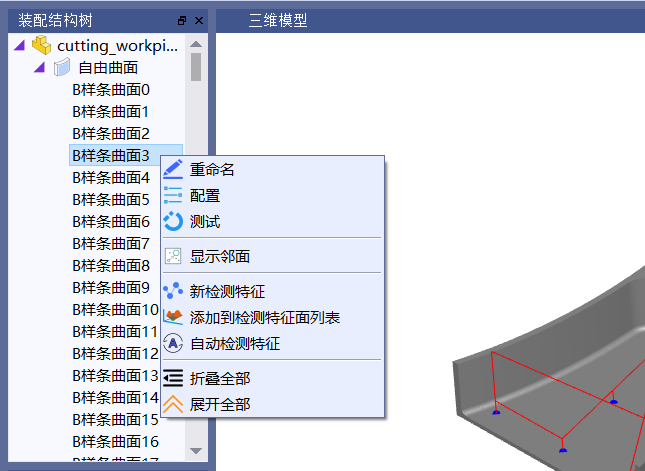


图 2‑3. 模型结构树窗口示意图

1. **测量点数据显示窗口**

该窗口用于测量点理论值、测量值以及误差的显示。当程序收到下位机所上传的测量数据时，补偿后的测量值将会自动显示在窗口中，并计算对应的误差。选中测量点序号可以使测点在三维视图窗口中高亮显示。



图 2‑4. 测量点数据显示窗口示意图

1. **检测特征窗口**

该窗口用于显示检测特征，利用检测特征，可以快速实现原位检测。检测特征分为三个部分，分别是该检测特征对应的尺寸或公差类型，相关数值，涉及的曲面。右键点击曲面名可以实现快速在该曲面上布点。右键点击检测特征名，可以实现对该检测特征进行精度评定。如图2-5所示。

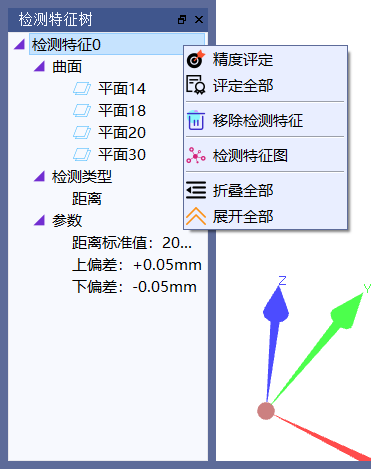


图2-5. 检测特征窗口

1. **精度评定窗口**

该窗口分为左右两个区域，左边为检测特征树，和检测特征窗口显示内容相同，右键点击该窗口内的检测特征名也可实现精度评定，评定后的检测特征会在右侧窗口出现，如将不慎将无需评定的项目进行评定了，可右键该评定项目，进行删除操作。此外点击该窗口内其它区域，可实现将已评定检测特征导出为检测报告。如图2-6所示。



图2-6. 精度评定窗口

# 基本操作

表 3‑1. 键盘常用快捷键

|  |  |
| --- | --- |
| 主要功能 | 快捷键 |
| F | 快速切换到前视图 |
| T | 快速切换到顶视图 |
| B | 快速切换到底视图 |
| R | 快速切换到右视图 |
| L | 快速切换到左视图 |

表 3‑2.鼠标操作

|  |  |
| --- | --- |
| 主要功能 | 快捷键 |
| 左键 | 选择操作 |
| 滚动滚轮 | 放大缩小视图窗口中的模型 |
| 按住右键移动 | 平移视图窗口中的模型 |

1. 误差补偿

# 机床标定

## 目的和方法

补偿机床XYZ三轴移动误差。

在获取机床在离散位置处的误差后，使用线性插值获得全行程下的误差。

## 操作

使用激光干涉仪标定机床主轴在一系列离散位置处的三轴移动误差。

# 上半球标定

## 目的和方法

用于获得标准球准确直径。由于测头返回数据为测针红宝石球球心坐标，故如需得到接触点坐标，需要对红宝石球半径进行补偿，此处标定用于生成补偿文件，用于后续测量时对测针红宝石球半径进行补偿。

## 操作

为保证测量精度，在进行标定前需要校正测针旋转轴，使测针旋转轴线和主轴旋转轴线重合，调整方法为让带磁力吸座的千分表与测针红宝石球接触，调整测头上方的校正螺旋，转动测头，千分表不动则说明旋转精度良好。

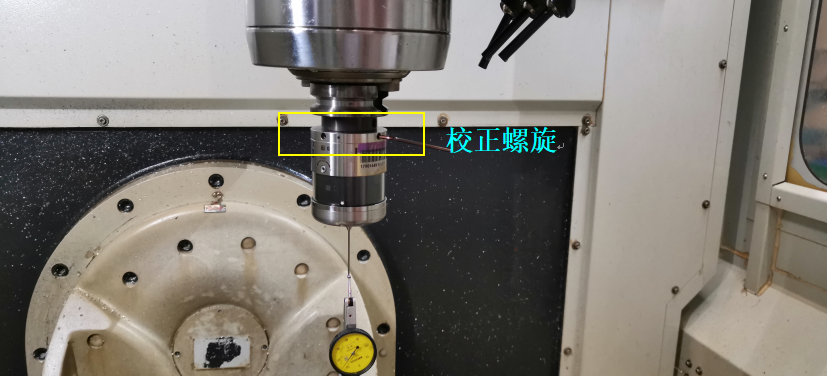


图2-2-1. 调整测针旋转轴

第一步：点击“标定”标签下的“标定上半球”按钮。

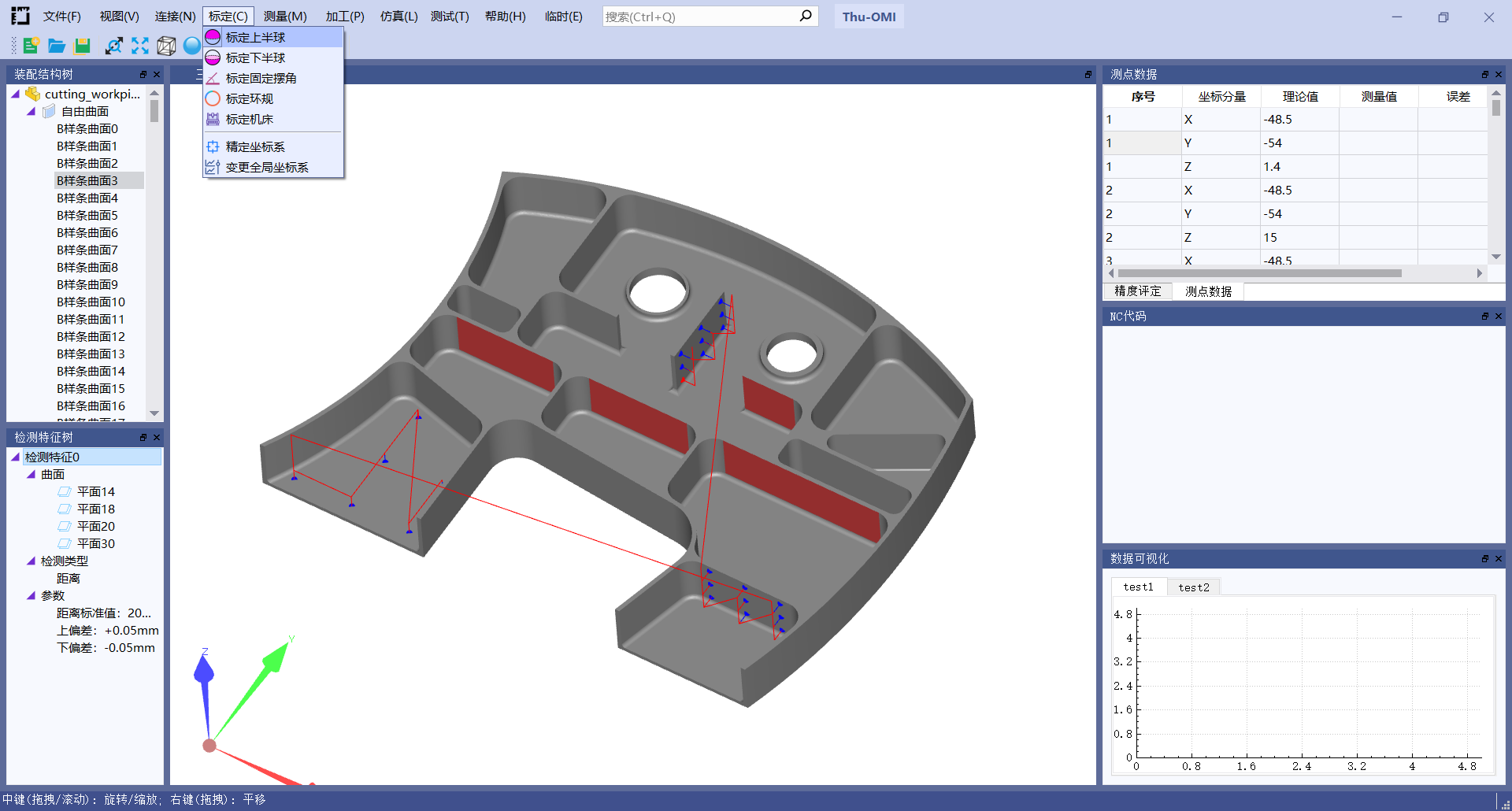


图2-2-2. 标定上半球窗口按钮位置

第二步：在弹出的菜单中输入相关参数。测量球直径为用于标定的标准球直径，径向测量点数为前视图中测点层数，纬向测点数为每层的测点数，红宝石球直径为测针上红宝石球的理论直径。在进行标定之前，需要将测头与标准球之间的位置按图例摆放，并且将G54坐标系原点设置在该位置。

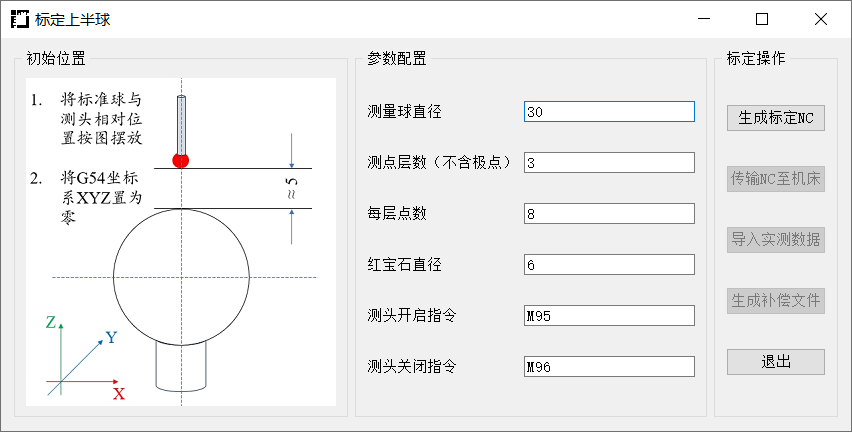


图2-2-3. 标定上半球窗口

第三步：点击图2-2-3中“生成标定NC”按钮，标定NC代码会出现在弹出的NC编辑器中。检查NC代码无误后可点击底部“保存退出”按钮，完成NC代码生成。

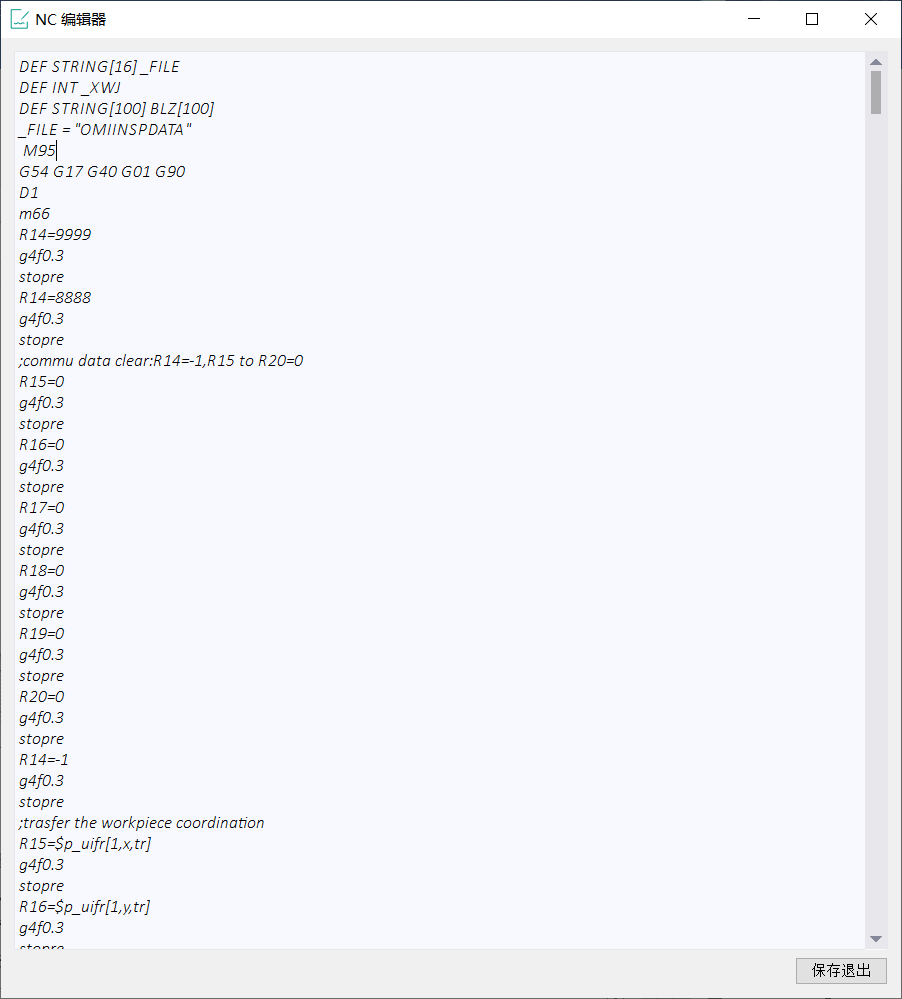


图2-2-4. NC编辑器窗口

第四步，点击图2-2-3中“传输NC至机床”按钮，会弹出生成的NC代码文件所在的文件夹，将指定文件传输至机床即可。

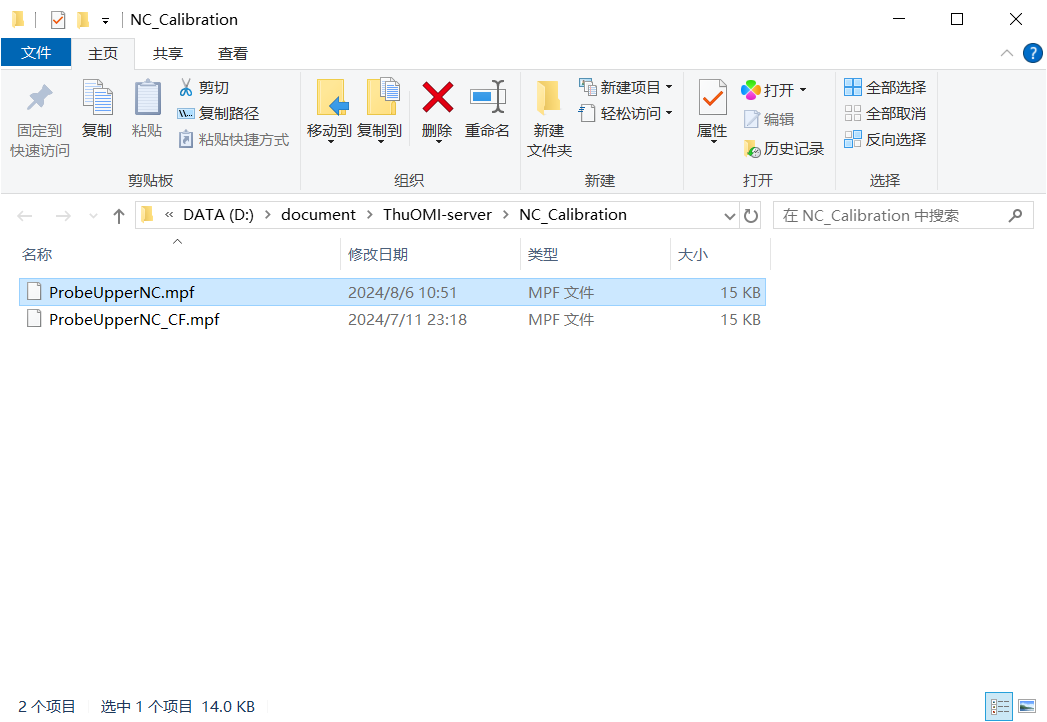


图2-2-5. 生成的标定NC所在文件夹

第五步，按图2-2-3中左侧图例所示要求设定测头初始位置，之后在机床执行标定NC代码。

第六步，机床检测完毕后，将测量数据传回上位机，之后点击图2-2-3中“”导入实测数据按钮，选择文件导入即可。之后依次点击图2-2-3中“生成补偿文件”、“退出”按钮，完成上半球标定操作

1. 检测规划

# 模型坐标系变换

## 目的和方法

CAD模型的建模坐标系可能与机床定位坐标系不一致，此时需要修改模型坐标系以保证两者重合。

## 操作

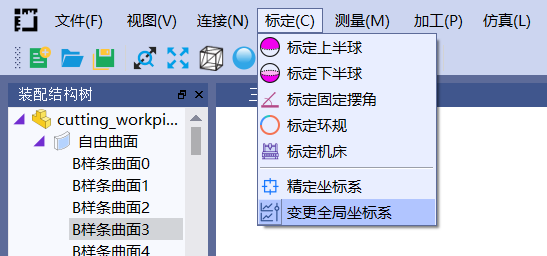


图3-1-1. 坐标系变换工具入口

开启该窗口后在模型显示窗口会出现坐标系位置，如下图所示，红、绿、蓝依次是XYZ轴

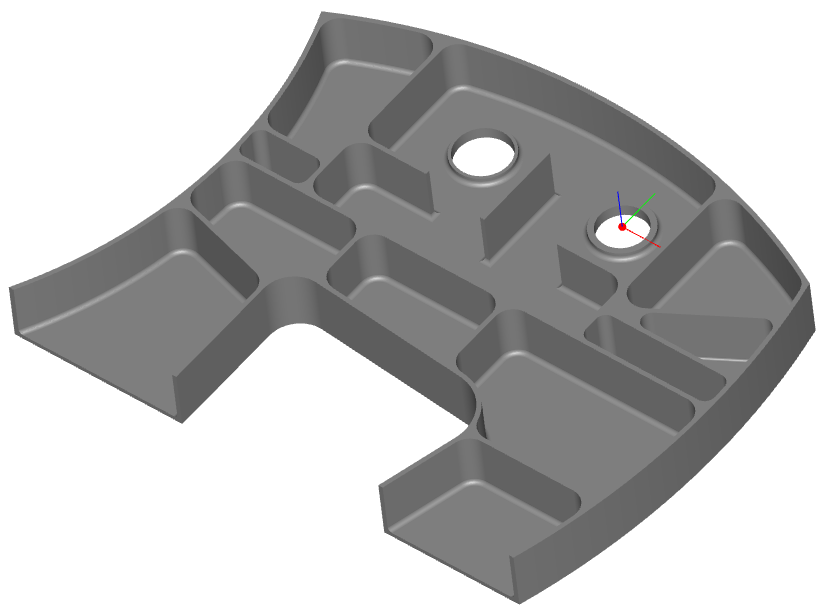


图3-1-2. 模型中的坐标系位置

在更改全局坐标系窗口中，输入沿个坐标轴移动的距离后，点击“确定”按钮即可实现坐标系转换。“显示、隐藏坐标系”按钮可显示或隐藏上图中的坐标系。“使用参考几何体”按钮可方便地利用现有几何体确定坐标系位置，例如使用三个平面确定坐标系位置，或者利用圆柱面和一个平面确定坐标系原点位置。“居中”按钮可将模型质心移动至坐标系原点。“重置”按钮可将六个输入框清零。



图3-1-3. 更改全局坐标系窗口界面

# 生成检测特征

## 目的和方法

生成检测特征是进行公差&尺寸检测的基础，利用检测特征可实现准确且快速地实现目标检测任务。

检测特征以公差&尺寸为主导，其中主要包含三个部分，分别是检测类型名（公差&尺寸），与检测类型对应的参数，该检测类型涉及的所有曲面，如图6-1-1所示。因此在生成一个检测特征时需要输入上述三部分参数使其完全定义。例如检测一个圆的直径，需要输入该圆所在圆柱面、圆的理论直径、上下偏差，以及“直径”检测类型。

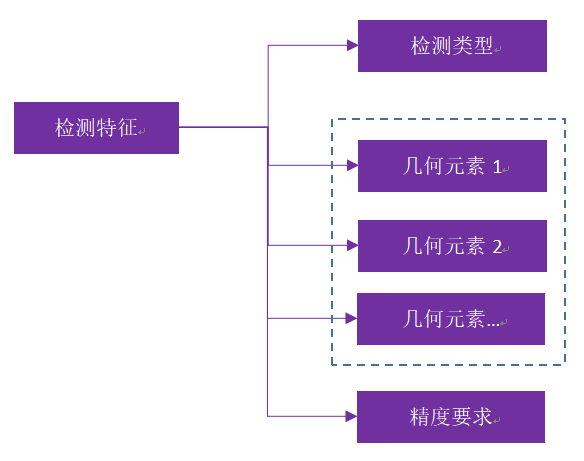


图1-1-1. 检测特征的组成

## 操作

生成检测特征功能可在导入STEP文件后，右击任一曲面名，从弹出的右键菜单中点击“新检测特征”按钮使用。如图1-2-1所示。

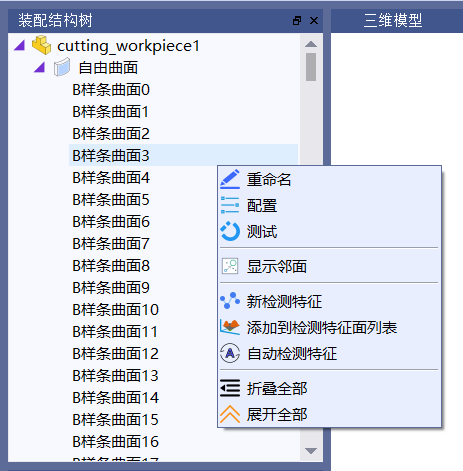


图1-2-1. 生成检测特征功能入口

生成检测特征窗口分为三个区域，如图1-2-2所示，左侧上半部分左侧用于定义目标检测类型，左侧下半部分用于设定检测参数，对于尺寸检测，需要输入尺寸标准值以及允许的上下偏差，对于形位公差，需要输入最大允许公差数值。右侧为型面列表，用于输入公差或者尺寸检测对应的型面。部分公差或者尺寸检测涉及两组型面，例如垂直度，平行度，两组型面选取设置对应的型面即可，选取方法为点击对应的列表显示框，然后从模型窗口点选即可。若继续点击已选中的型面，会从“型面列表”移除该型面。同时移除型面也可通过右击“型面列表”中的目标曲面，从弹出的右键菜单中进行删除操作。三部分都设置完毕后，点击“生成检测特征”按钮即可生成检测特征，生成的检测特征会在主界面左侧下半部分的“检测特征树”窗口显示，同时也会在主界面右侧最上方的“精度评定”窗口左侧显示。至此检测特征设置完毕。

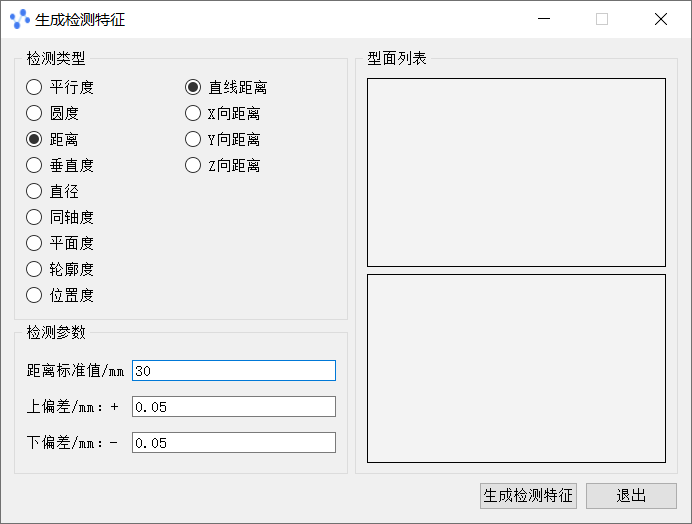


图1-2-2. 生成检测特征窗口

# 测点生成

可通过“测量”标签下“测点规划”按钮进入生成测点功能窗口。如图3-1所示

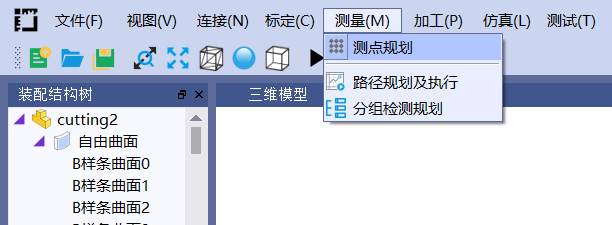


图3-1. 测点规划功能入口位置

点击之后可进入测点规划窗口，该窗口如图3-2所示，点击“手动布点”可实现通过手动点击模型生成测点，如果需要自动布点，需要先点击“智能布点”按钮，然后点击“选择自由曲面”按钮，在模型显示窗口左键选中目标曲面，然后点击“采样方法”右边的下拉菜单，选择布点方法，选中之后需要输入采样参数，不同布点方法需要的采样参数不同。“清空测点”按钮可直接清除全部测点。



图3-2. 测点规划窗口

# 路径规划及执行

可以直接通过图3-2中的“路径规划”按钮转到 “路径规划及执行”窗口，也可以通过菜单栏“测量”标签页下的“路径规划及执行”按钮转到该窗口，如图4-1所示。

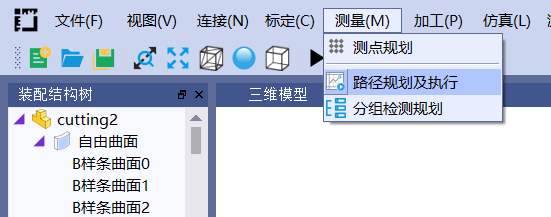


图4-1. 更改坐标系与路径规划功能入口

执行路径规划前需先输入回退距离与安全距离，“回退距离”指测针红宝石球在接触测点后沿法失方向后退的距离。“安全距离”指为防止路径与零件干涉，避让终点相对于零件的最远距离。点击“执行路径规划”后将在模型显示界面显示检测路径。之后点击“执行规划”按钮即可执行路径规划。

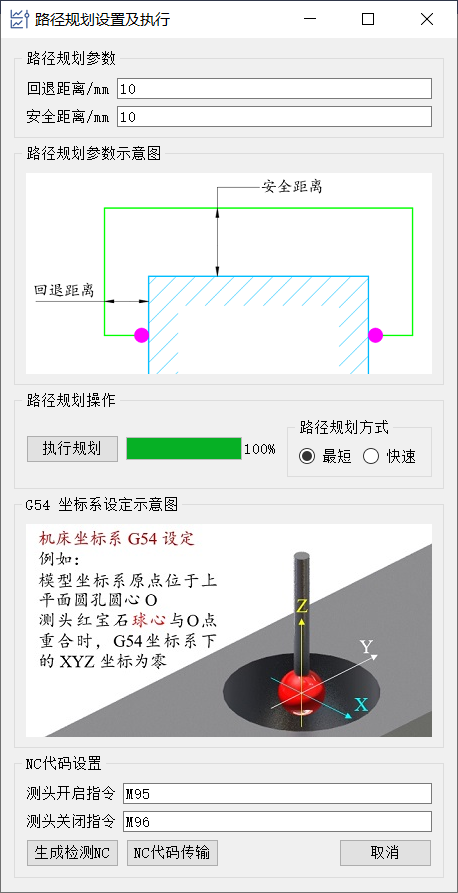


图4-2. 转换坐标系及路径规划操作

进行路径规划后检查路径是否发生干涉，检查无干涉后输入测头开启关闭指令，然后点击“生成检测NC”按钮即可完成NC代码生成。之后点击“NC代码传输”按钮会自动打开存放NC代码的文件夹，将该文件传输至机床。在执行检测NC之前，需按上图中第二个图示设定坐标系位置。

1. 测量数据分析

测量数据分析依托于检测特征，在对尺寸或公差进行检测前请确保已生成检测特征。

数据分析主要在主界面右侧最上方的“精度评定”窗口进行，即精度评定窗口。该位置有两个窗口，可通过下方标签切换。如图4-1所示。右键点击任一检测特征名，从右键菜单中点击“评定全部”即可计算全部检测结果



图4-1. 精度评定窗口

进行精度评定后，可生成检测报告，检测报告窗口如图2所示，其中会显示所有已评定的检测特征的详细情况。在检测报告窗口最下部分有保存按钮，可用于将当前窗口的检测报告保存至pdf文件。

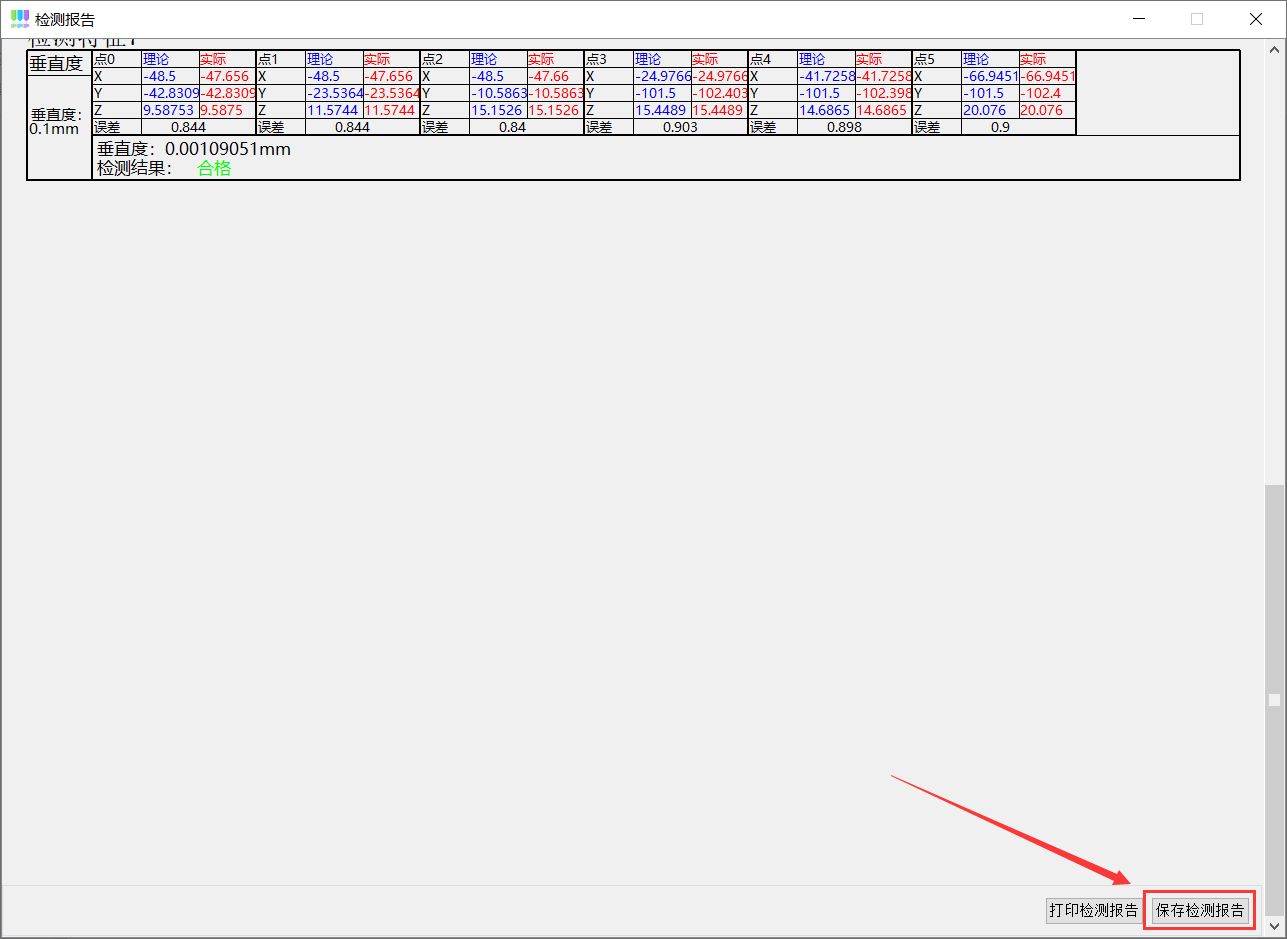
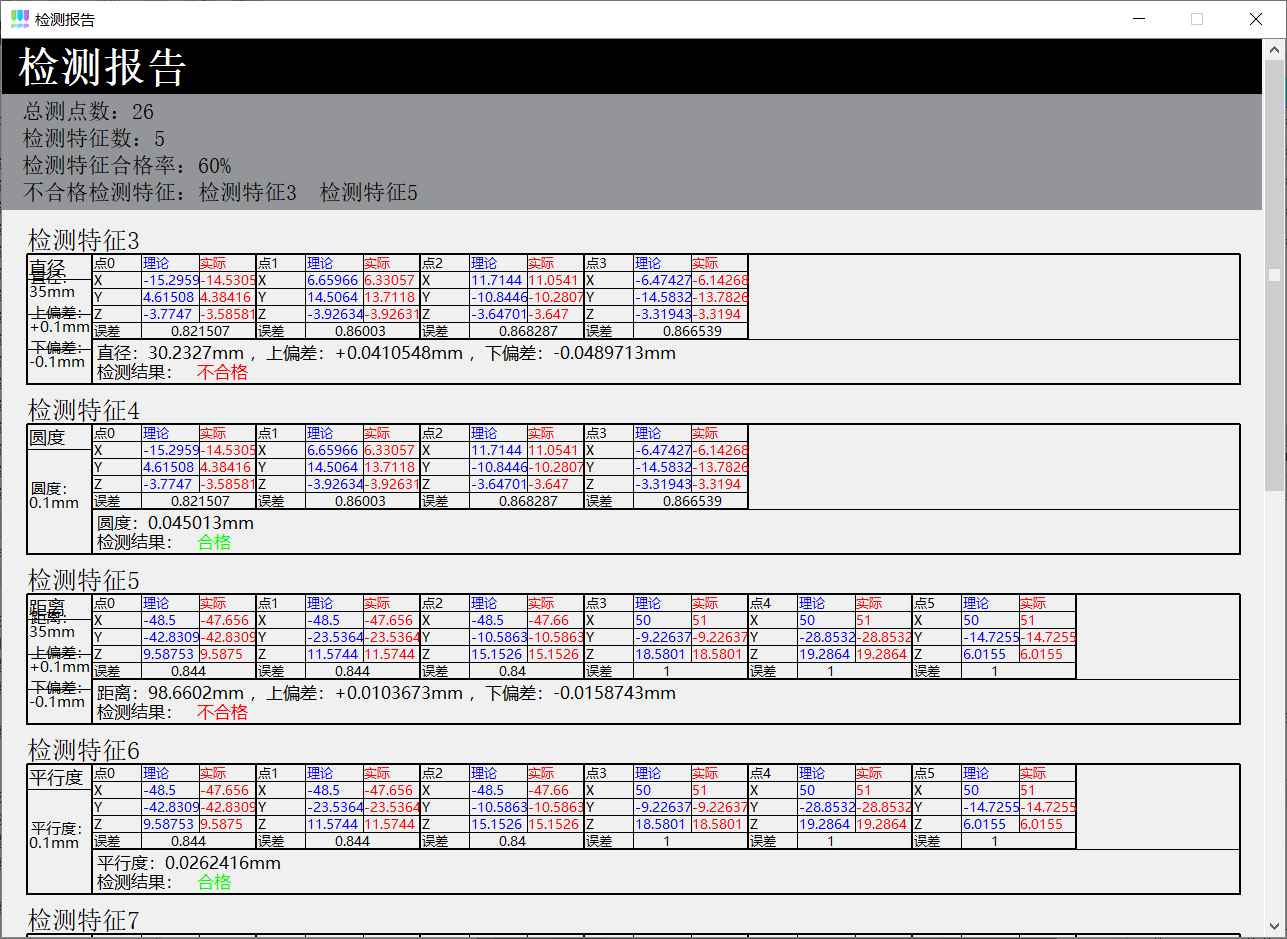


图1. 检测报告窗口

第二部分：操作实例

* 1. 例子1：铝合金结构件在线检测

**步骤一：标定上半球。**

安装标准球与测头，使用带磁力吸座的千分表与测针红宝石球接触，调整测头上方的校正螺旋直至测头转动时千分表读数不变。校正螺旋如图1-1所示。

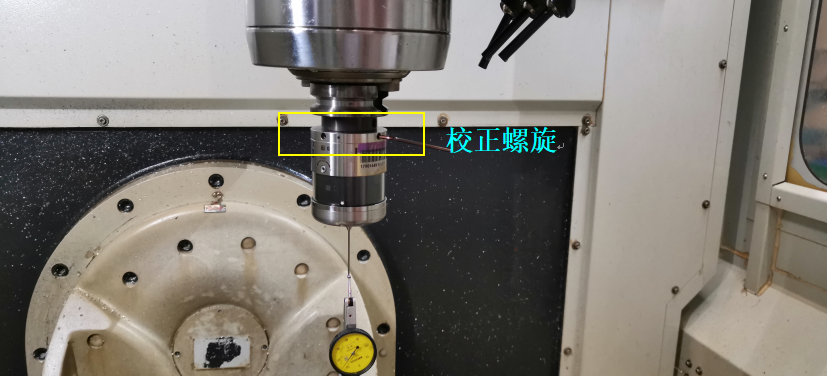


图1-1. 校正测针旋转轴线

通过“测量”标签下的“标定上半球”按钮进入标定界面。如图1-2所示。

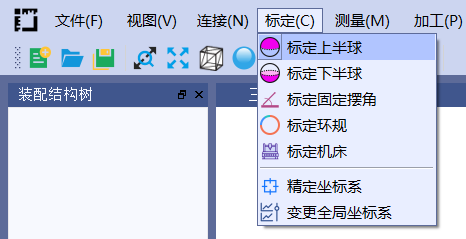


图1-2. 标定上半球界面入口

进入该界面后输入标定相关参数，然后依次点击“生成标定NC”、“传输NC至机床”、“导入实测数据”、“生成补偿文件”、“退出”，如图1-3所示。

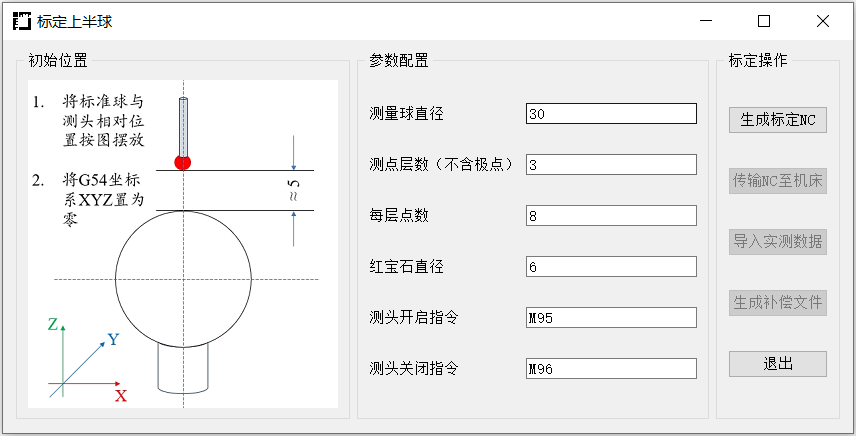


图1-3. 标定上半球窗口

**步骤二：生成检测特征**

点击“Open”按钮打开需检测的零件模型，必须是STEP格式。“Open”按钮位置如图1-4所示。

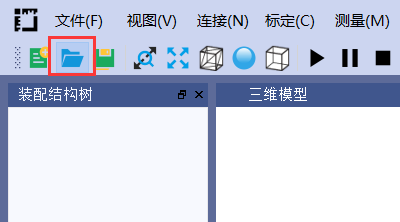


图1-4. “Open”按钮位置

右击装配结构树中任一曲面名，从弹出的菜单中选择“新检测特征”。如图4-10所示。

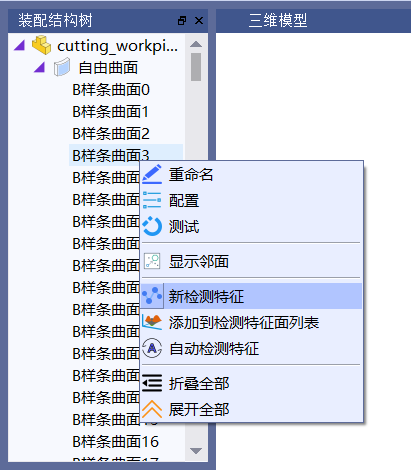


图1-5. 生成检测特征功能入口

先点选检测类型，然后输入检测参数，如图1-6所示。

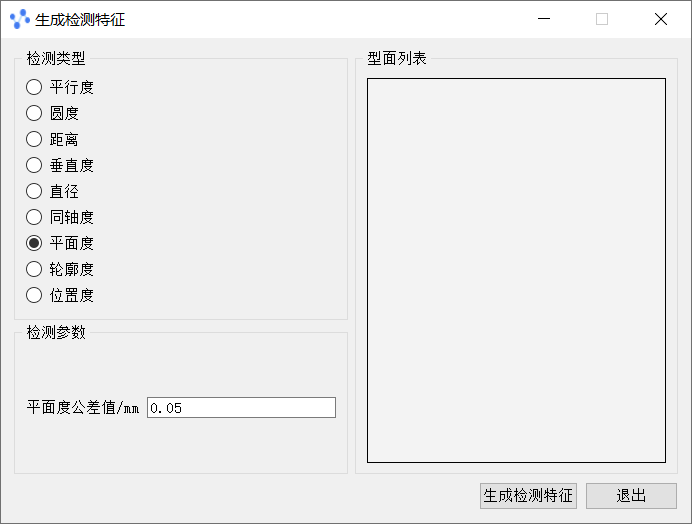


图1-6. 调用型面选取工具功能入口

鼠标左键点击型面列表，列表背景色变为红色表示工具激活，之后直接在模型显示窗口点击目标型面，输入参数生成检测特征。如图1-7所示。检测特征对应的型面选择完毕后即可点击“生成检测特征”按钮，完成检测特征生成。

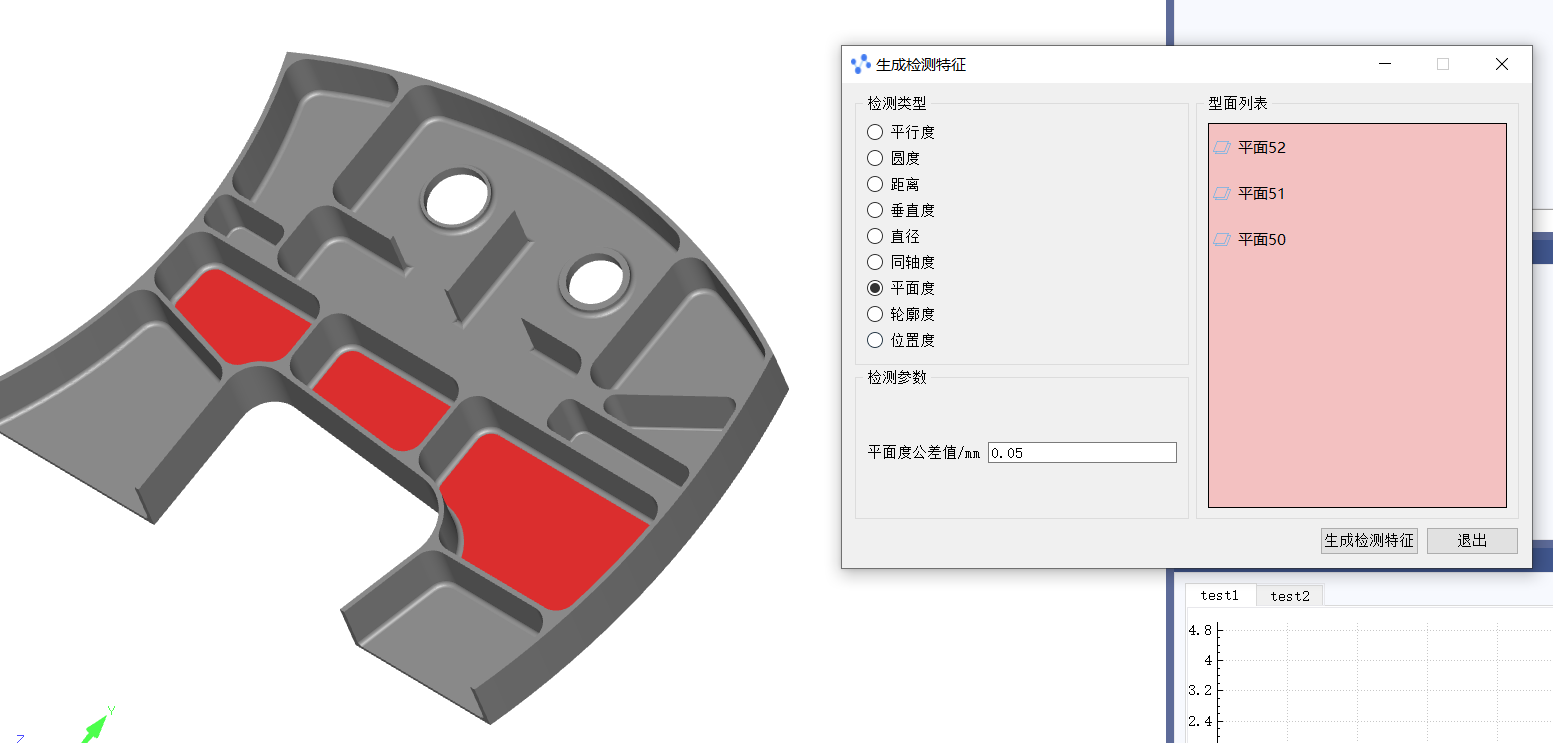


图1-7. 型面选取与检测特征生成

**步骤五：布置测点**

通过“测量”标签下“测点规划”按钮进入测点规划窗口。如图1-8所示。

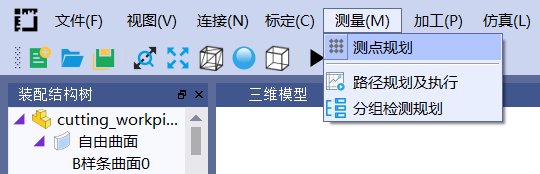


图1-8. 测点规划功能入口

之后通过弹出的窗口在需要布点的型面上布置测点，点击“智能布点”，然后点击“选择测量面”，之后用鼠标左键点击模型窗口对应面，选中之后该面会显示为红色，且该按钮右侧会显示该面名称，然后点击“采样方法”下拉选框，选中“均匀布点”，然后输入检测参数后，点击“自动布点”，完成测点规划。如图1-9所示。

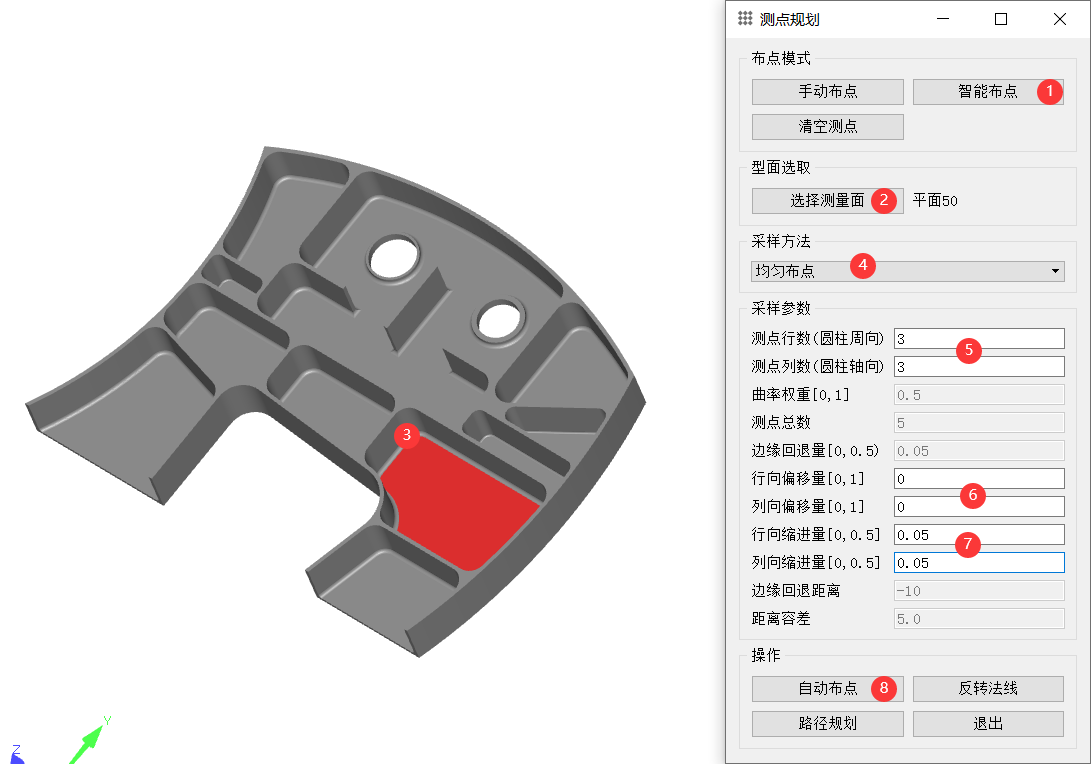


图1-9. 测点规划功能使用

**步骤六：路径规划与测量**

从“测量”标签下“路径规划与执行”按钮使用该功能。如图1-10所示。

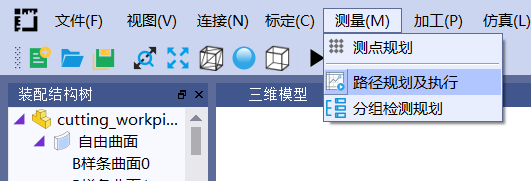


图1-10. 坐标系转换与路径规划功能入口

之后，从弹出的窗口内输入回退距离，安全距离，选择路径规划方式，然后点击“路径规划”按钮即可完成路径规划，规划后的路径在模型窗口中显示为红色。该窗口如图1-11所示。

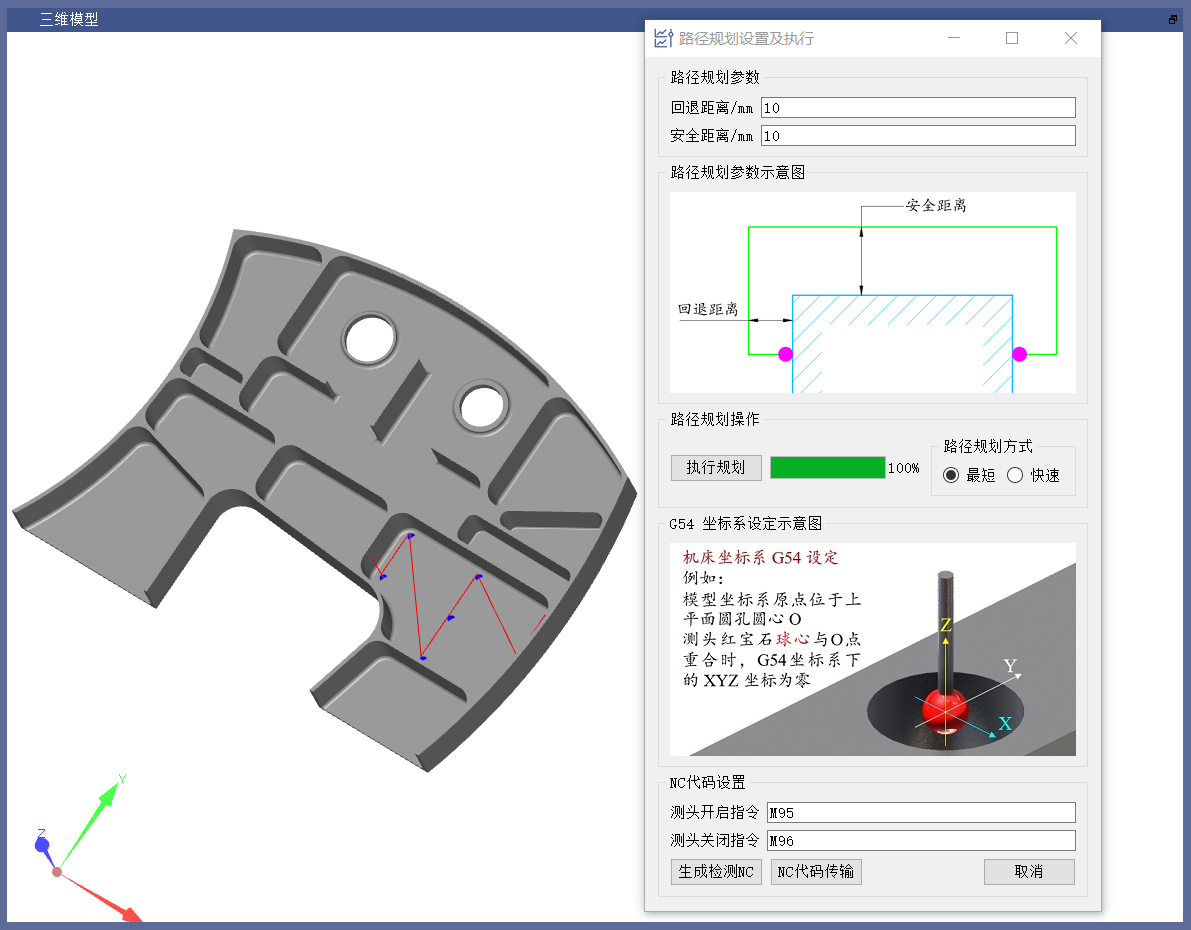


图1-11. 路径规划&坐标系转换窗口

之后输入测头开启、关闭指令，然后点击“生成检测NC”、“NC代码传输”按钮，将生成的NC代码传输至机床，注意机床在执行NC代码之前需要将机床坐标系按第二个图例设置。

**步骤七：精度评定**

机床检测完毕后，点击“导入实际测量数据”按钮，选择检测数据文件并导入，如图1-12所示。

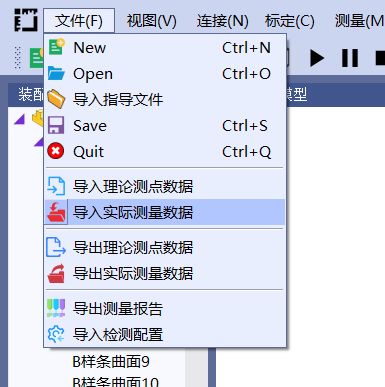


图1-12. 导入实测数据功能入口

右击“检测特征树”窗口内任一检测特征名，从弹出的右键菜单中选择“评定全部”。如图1-13所示。

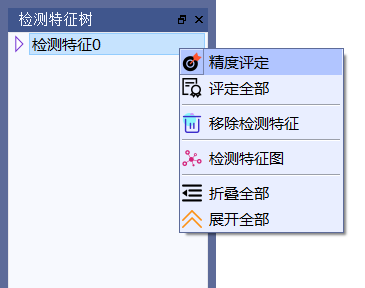


图1-13. 精度评定功能入口

之后右击“精度评定窗口”内任一空白位置，从弹出的右键菜单中选择“生成检测报告”。如图1-14所示。



图1-14. 精度评定结果

将弹出的检测报告窗口拉到最下，点击“保存检测报告”，将检测结果保存。如图1-15所示。至此，整个测量过程结束。

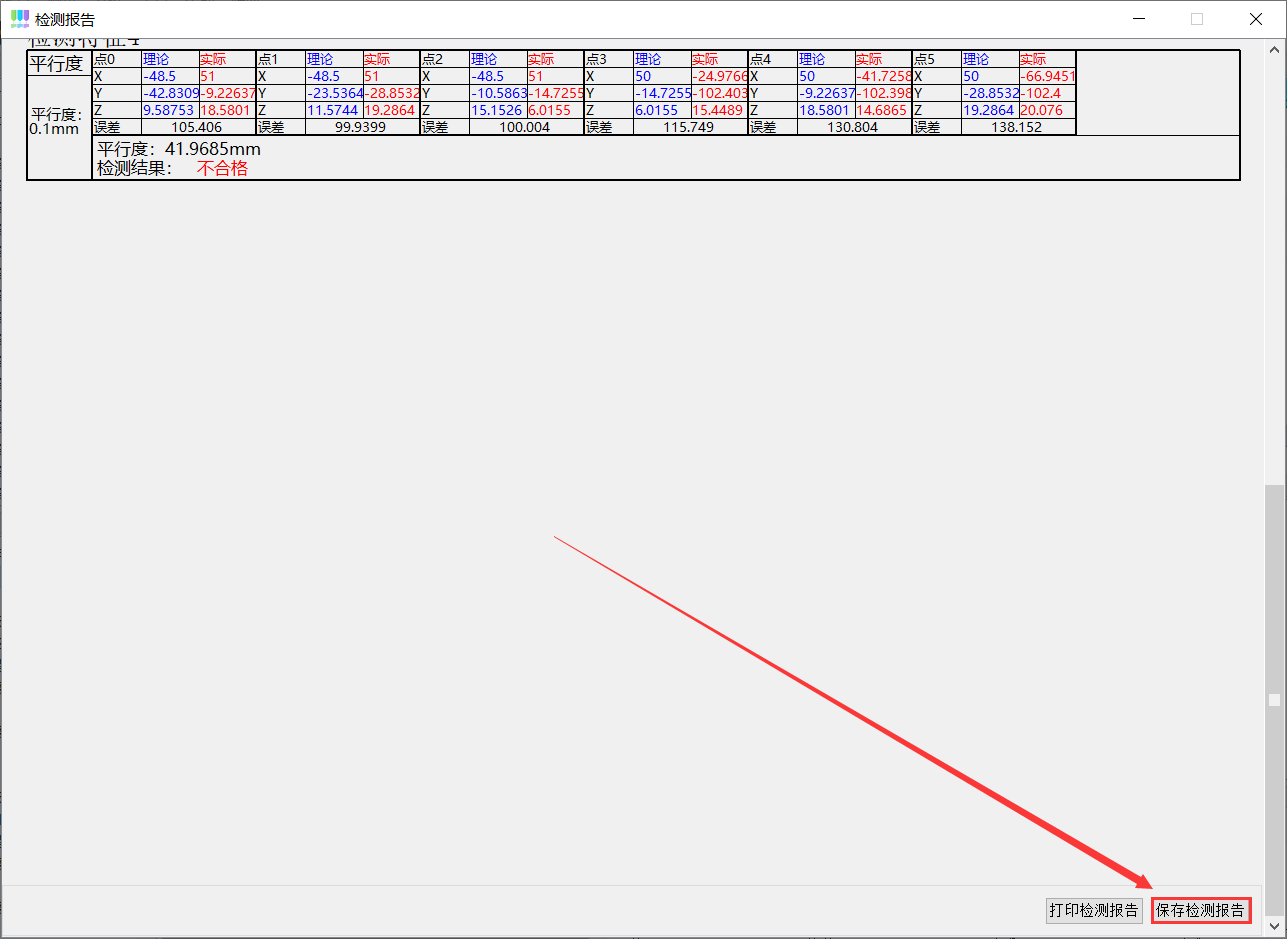


图1-15. 保存检测结果