

2020 年高教社杯全国大学生数学建模竞赛题目
(请先阅读“全国大学生数学建模竞赛论文格式规范”)

D 题 接触式轮廓仪的自动标注

轮廓仪是一种两坐标测量仪器（见图 1），它由工作平台、夹具、被测工件、探针、传感器和伺服驱动等部件组成（见图 2）。



图 1 某种型号的接触式轮廓仪

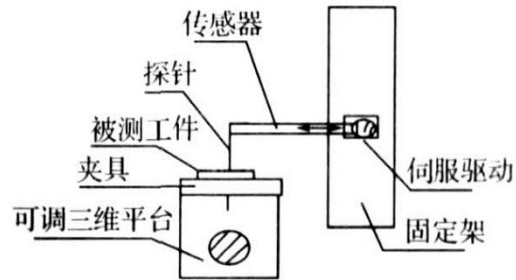
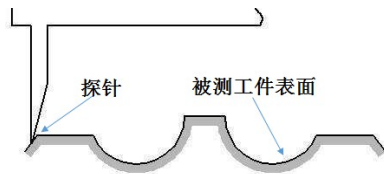
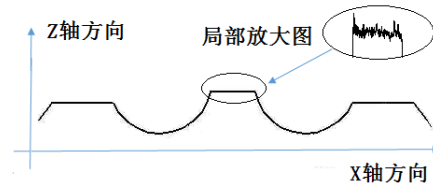


图 2 接触式轮廓仪的示意图

接触式轮廓仪的工作原理是，探针接触到被测工件表面并匀速滑行，传感器感受到被测**表面的几何变化**，在 **X 和 Z 方向** 分别采样，并转换成**电信号**。该电信号经**放大等处理**，转换成数字信号储存在数据文件中（见图 3）。



(a) 接触式轮廓仪测量示意图



(b) 数据文件中的数字信号

图 3 接触式轮廓仪的工作原理

在理想状况下，**轮廓曲线应该是光滑的**，但由于接触式**轮廓仪存在探针沾污、探针缺陷、扫描位置不准等问题**，**检测到的轮廓曲线呈现出粗糙不平的情况**（见图 3(b)中的局部放大图），**这给工件形状的准确标注带来影响**。

为了**简化问题**，假设被测工件的轮廓线是由**直线和圆弧**构成的平面曲线（见图4）。请建立数学模型，并根据附件1（**工件1的水平**和**倾斜测量数据**）、附件2~附件4（**工件2的多次测量数据**）所提供的轮廓仪测量数据，研究下列问题：

问题1. 附件1中的表 level 是工件1在水平状态下的测量数据，其轮廓线如图4所示，请标注出轮廓线的各项参数值：槽口宽度（如等）、圆弧半径（如等）、圆心之间的距离（如等）、圆弧的长度、水平线段的长度（如等）、斜线线段的长度、斜线与水平线之间的夹角（如等）和人字形线的高度（）。

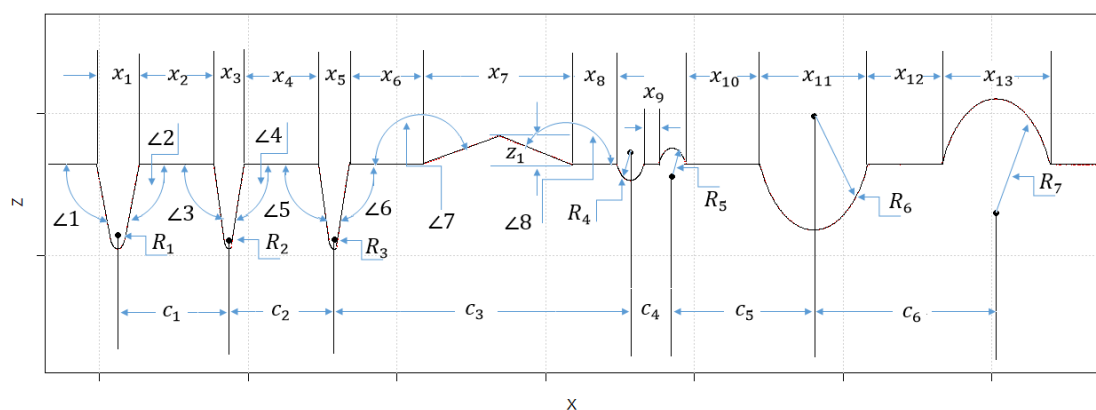


图4 工件1在水平状态下测量的轮廓线

问题2. **同一工件在不同次测量时，由于工件放置的角度和位置不同，轮廓线参数的计算值也会存在差异。**附件1中的表 down 给出了**工件1在倾斜一个角度和有一些水平位移状态下轮廓线的测量数据**。请**计算该工件测量时的倾斜角度，并作水平校正**。在数据校正后，完成问题1的任务，**并比较两种测量状态下工件1各项参数计算值之间的差异。**

问题3. 在对工件作多次检测时，**工件每次放置的角度、测量的起点和终点都会有偏差**，这导致了每次测量实际是对整个工件中的某一部分进行检测。

附件2提供了对**工件2的10次测量数据（10个表）**，请基于这些数据完成：**(1) 每次测量时工件2的倾斜角度；(2) 标注出工件2轮廓线的各项参数值（同问题1）；(3) 画出工件2的完整轮廓线。**

问题4. 为了更准确地标注出工件2的各项参数值，附件3和附件4分别提供了工件2关于圆和角的9次局部测量数据，请利用这些数据修正问题3的结论，并对该工件的完整轮廓线作进一步修正。