

全国大学生嵌入式芯片与系统设计竞赛'2024  
芯片应用赛道产业赛题（试行）  
赛题指南

蠕动泵流体参数非侵入检测  
（兰格科技）

责任专家： 林泊安 北京邮电大学

命题人： 张 健 兰格科技研发总监

联合命题：

龙芯中科技术股份有限公司

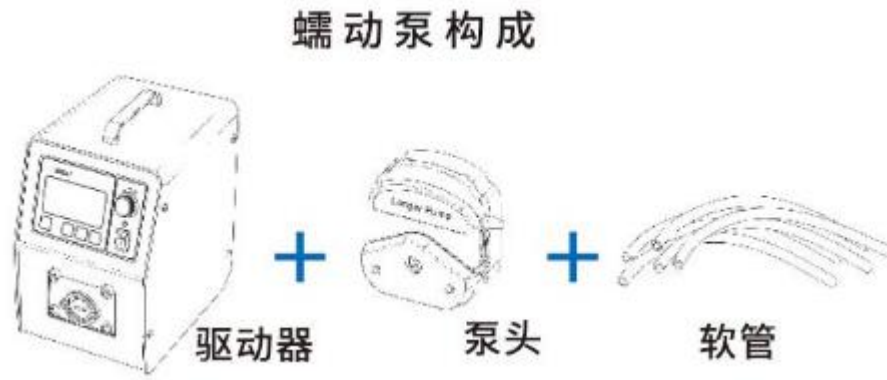
南京沁恒微电子股份有限公司

# 目录

一、	赛题背景 .....	1
二、	赛题要求 .....	4
三、	评分规则与奖励 .....	5
四、	软硬件平台 .....	7
五、	技术支持与技术资源 .....	8
六、	其它 .....	8

## 一、 赛题背景

### 1、 蠕动泵的工作原理

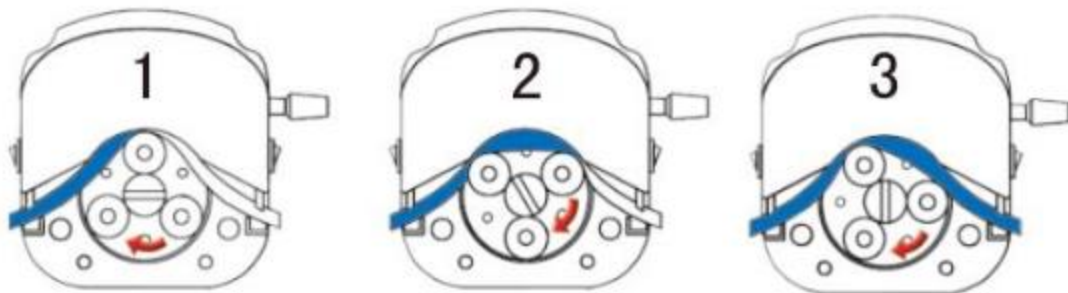


蠕动泵的构成主要包括以下三个部分：

- **驱动器：**产生持续的、可调节速度的周期性动能，输出到泵头的辊轮；
- **泵头：**内含辊轮和软管挤压的腔室，辊轮的旋转动作挤压到在腔室内的软管，带来软管的挤压和放松的交替变化，实现液体在管路内的流动；
- **软管：**由弹性材料制成，是液体传输的通道，也是产生液体流动的动力；

蠕动泵的工作过程可以分为以下几个步骤：

- 挤压辊开始接触管道，将管道压缩并封闭；
- 随着挤压辊的移动，封闭的部分向前推进，推动液体流动；
- 挤压辊移开，管道恢复原状，形成负压，从而吸入新的液体。



### 2、 蠕动泵的特点

- **适用于各种流体：**蠕动泵可以输送各种流体，包括高粘度、腐蚀性、含有颗粒和气泡的流体；
- **无污染：**由于蠕动泵的软管是与流体接触的部分，因此能够避免流体被污染；
- **可调节流量：**通过调整驱动装置的转速，可以实现流量的调节；
- **体积小、结构简单：**蠕动泵体积小，结构简单，可以方便地安装和维护；

- 工作原理所致，实时流量呈现脉动特点，脉动的周期与速度有关。

### 3、需要解决的问题

- **动态流量检测与流量校准**

管路的工作原理利用了软管的弹性，软管长时间被挤压后，流量会随着弹性的变化而偏移。偏移的幅度较大时，需要对流量校准来达到精度需求。在精度要求较高的场合，需要频繁的校准，并且需要打断进行中的工作，工作效率大大降低。

因此需要实时测量管路内的流量，流量偏移后，闭环修正驱动控制系统的输出转速，可以达到自动稳定输出流量的效果，且可以大幅降低人工干预的工作量。

- **动态压力检测与防护**

实际使用过程中，现场的液路设计比较复杂，泵的出口压力可能会因为某些原因造成堵塞，堵塞后管内压力增加，压力达到一定程度后带来的风险：爆管、液体乱流污染工作环境、伤及周边工作人员。

因此需要实时监视输出管路内的压力，压力超限后输出告警，或自动停机，可以大大降低以上风险。

- **气泡检测与防护**

如果液路上游出现问题，带来液体断流，泵的输出会出现气泡甚至断流，在对液体输出可靠性较高的系统里，输出气泡或者断流可能带来灾难性的后果。

因此需要实时监测管路内的气泡，气泡的体积大于一定定值，产生报警或直接停止泵送，可以避免风险的出现，将损失控制到最小。

另外，为防止管道内液体被污染，以上检测均需要在非侵入（不得接触液体）条件下进行。

### 4、已知的技术方案

流量检测主要有超声波、激光等技术，其中超声波检测具有成本低的优点，但是检测结果在低流量区间的稳定性和精度不能满足需要。激光检测具有精度高的优点，但是对于传输液体有光敏感特性的场合禁止使用。

压力/应力检测主要原理是把管内压力透过一定面积的柔性管壁，投射到测力传感器，通过压强公式  $P=f/S$  计算得到，由于液体存在脉动的特点，压力的测量结果同样存在波动特性，需要做工程处理得到压力有效值。

气泡检测主要通过超声波的传播特点：超声波在固体、液体内的传输效率远高于气体。利用该特点，通过测量穿过管路的超声波强度变化，判断是否有气体通过，通过的容积需要和当前的流量、时间做积分得到。

## 二、 赛题要求

本赛题要求**基于指定的软硬件平台**（包括嵌入式系统主板、蠕动泵、软管），参赛队自行设计扩展检测硬件（包括不限于传感器、电路板、机械结构等，**不得使用产品化检测模块**），并通过软件算法对传感器数据进行处理，选择流量、压力、气泡三个待测量之一作为主检测量进行“**非侵入**”检测。在满足检测精度的基础上，进一步优化系统设计，以满足技术方案成本、可靠性等要求。

参赛队自行选择以下待测量之一进行检测，也可以选择多个待测量进行检测（选择多个待测量的，需明确一个主要检测量，其余作为扩展检测量，扩展检测量引入的成本增加不计入成本评估）。

参赛队需选择或设计合理的激励系统（如气泡的发生系统）与标定系统（如气泡计数系统），用来测试参赛作品。激励/标定系统需合理、可信。

### 1、 流量检测

#### 流量范围

内径 3.2mm 管路：0~900mL/min;

#### 检测精度

分辨率：  $\leq 0.1\text{mL}$ ;

误差：  $\leq \pm 5\%$ ;

重复性精度：单工作周期内（24H） $\text{CV} \leq 1\%$ ;

### 2、 压力检测

压力范围： 0kpa~200Kpa;

#### 检测精度

分辨率：  $\leq 1\text{Kpa}$ ;

误差：  $\leq \pm 5\text{Kpa}$ ;

重复性精度：单工作周期内（24H） $\text{CV} \leq 1\%$ ;

### 3、 气泡检测

#### 气泡检出规格

单个气泡体积  $> 0.2\text{mL}$  时全部检出;

单个气泡体积  $\leq 0.2\text{mL}$ ，且 1 分钟内累计气泡体积  $> 1\text{mL}$  时全部检出;

#### 气泡检出率

误差：  $\leq 2\%$ 。

### 三、 评分规则与奖励

#### 1、 评分规则

以竞赛分赛区评比标准为基础，制定本赛题评分规则，评分规则仅适用于分赛区评比，全国总决赛采取统一评分标准。

##### ● 完成度（满分 75 分）

###### ○ 检测目标：50 分

- 实现流量（15 分）、压力（15 分）、气泡（20 分）等主检测目标的指标要求；
- 指标工作范围每缩小 10%扣 5 分；误差每超过指标 1 倍扣 5 分；扣到 0 分为止；
- 本指标为核心指标，如本项得分低于 15 分，视为作品失败，不评奖

###### ○ 闭环控制与报警：15 分

根据选择的主检测目标，实现以下相关功能：

- 流量：根据检出的流量结果，闭环控制，调整驱动单元的转速，使流量稳定到目标设定值（5 分）；
- 压力：压力检测结果超过设定报警阈值，输出报警信号（5 分）；
- 气泡：气泡检测结果超过报警阈值，输出报警信号（5 分）；

###### ○ 扩展功能设计：10 分

- 手机端 APP 软件开发，实现参数正确显示（4 分）与远程控制（4 分）；
- 其它合理的扩展功能（2 分）；

##### ● 成本与结构设计（满分 15 分）

###### ○ 结构设计：5 分

- 尺寸和结构设计合理，具体包括体积、重量、稳定性、结构复杂度、可生产性（每项占 1 分）；

###### ○ 国产化：5 分

- 全部元件采用国产元件；（若出现 1 颗国外品牌芯片扣 1 分，扣到 0 分为止）；

###### ○ 成本控制：5 分

- 除主控平台最小系统（MCU、存储器、电源）外，总成本（不含税）低于 100 元人民币。每增加 100 元扣除 1 分（总成本高于 100 元低于 199 元扣 1 分，以此类推）。扣到 0 分为止；
- 文档中需提供 BOM 与成本概算，以立创商城最低报价为参考，所有元器件需给出具体采购渠道，单价为零售价（非批量价格）；

■ 成本评估仅局限于主检测量，其它检测量导入的额外成本不计入

● **主控平台结合度（满分 10 分）**

- 充分发挥主近期平台功能与性能，每引入 1 个额外含处理器的控制单元扣 5 分，扣到 0 分为止；

## 2、评奖规则

● **分赛区（北部赛区）评比**

为支持产业赛题运作，经竞赛组委会同意，本赛题不受赛区获奖比例约束，根据参赛作品实际表现独立评奖，奖项数目单列，不计入分赛区获奖指标。独立产生推荐进入全国总决赛队伍。

● **全国总决赛评比**

本赛题为北部赛区试点赛题，全国总决赛根据所选主控平台纳入相应赛题统一评比，同等条件下优先评奖。

## 3、奖励

为鼓励参赛队选择产业赛题，用创新支持产业发展，在组委会统一奖励的基础上，北部赛区联合命题企业对于选择本赛题并获奖的队伍提供特别奖励，特别奖励仅限于北部赛区参赛队。

- 组委会评奖与奖励（含北部赛区奖励与全国总决赛奖励）
- 企业项目合作

对于成功完成目标，并且设计方案满足性能、成本要求的参赛队，有机会与命题公司开展深度合作，方案可以转卖命题公司（具体费用依据方案的成熟度、经济价值），并进一步转化成正式产品。



## 四、 软硬件平台

### 1、 主控平台

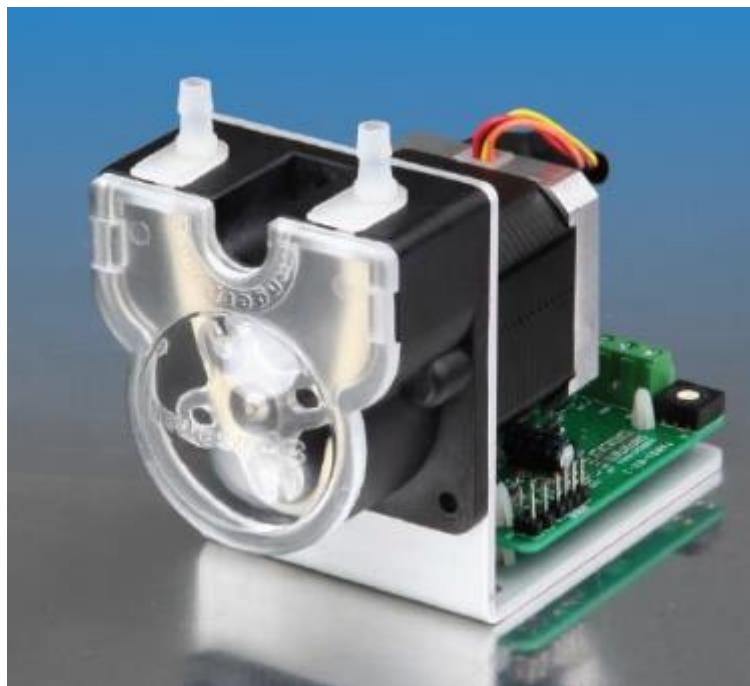
本赛题要求基于以下主控平台之一进行方案设计：

- 龙芯 1D 微控制器
- 沁恒 CH32V307 微控制器

微控制器介绍详见本届竞赛龙芯赛题指南、沁恒赛题指南。参赛队可选用赛题指定开发板，也允许基于微控制器芯片自行设计电路。

不允许使用其它微控制器。

### 2、 蠕动泵



- 型号： T100-S301&JY15-12-C
- 工作段软管： JT15-25P-3
- 传输管： 25#国产硅胶管
- 供电电源： DC12V/DC24V， 功耗 < 12W
- 转速范围： 0rpm~100rpm
- 控制信号接口： 0-5V 模拟信号
- 流量范围： 0mm/min~118mm/min
- 软管： 硅橡胶， 壁厚： 1.6mm， 内径 4.8mm
- 软管最高承压： 0.2Mpa

- 数据手册:

<https://www.longerpump.com.cn/index.php/OEMwithout/show/165.html>

### 3、平台获取方式

- 主控平台

主控平台以龙芯赛题/沁恒赛题获取方式为准。

- 蠕动泵

参赛团队可以 Special Price 购买评价泵套件，参赛福利价（¥450 元/套），本价格远低于市场价，仅限参赛团队（每校最多支持三套，超出以市场价格提供）。

产品	规格型号	市场价格	参赛队价格
蠕动泵	T100-S301&JY15-12-C	1,400	400
工作管	JY15-25P-3	62	50
传输管	25#(2m)	90	随泵赠送

## 五、技术支持与技术资源

本赛题设专门答疑 QQ 群 550978856（龙芯）、631930282（沁恒）

本赛题相关问题请点击以下链接：[蠕动泵赛题 Q&A](#)

## 六、其它

参赛队拥有参赛作品（自研部分，不含赛题、合作命题单位提供的资料/器材及第三方提供的部分）的全部知识产权。

本赛题仅面向北部赛区参赛队，所有要求与权利不暂不开放给其它赛区参赛队。鼓励其它赛区参赛队关注产业实际需求，面向产业提出创新性技术方案。其它赛区参赛队可参考本赛题要求，不受本赛题约束。

北部赛区执委会保留对本赛题的最终解释权。