

序号： 564

编码： 629

深圳技术大学节能减排 社会实践与科技竞赛作品申报书

【科技作品类（含实物制作、软件、设计等）】

作品名称： 全自动胶囊咖啡机生命周期测试与废料回收

学院全称： 中德智能制造学院

申报者姓名： 方可桐、曾颖、张明燊、陈琳琳、王艳培

指导教师： 林希宁、罗一星

团队类型： 本科生团队

A. 作品作者团队情况申报

申报者代表情况	姓名	方可桐		性别	男	出生年月	2002.10
	学校	深圳技术大学		系别、专业、年级	中德智能制造学院、机械设计制造及其自动化、2021 级		
	学历	本科在学		学制	四年	入学时间	2021.9
	作品名称		全自动胶囊咖啡机生命周期测试与废料回收				
	通讯地址	广东省深圳市深圳技术大学			邮政编码	518118	
					移动电话	18988753617	
	常住地 通讯地址	广东省深圳市南山区科创学院			邮政编码	518000	
住宅电话					18988753617		
其他作者情况	姓 名	性别	年龄	学历	所在单位		
	曾颖	女	20	本科在学	深圳技术大学中德智能制造学院		
	张明燊	男	20	本科在学	深圳技术大学大数据与互联网学院		
	陈琳琳	女	19	本科在学	深圳技术大学未来技术学院		
	王艳培	女	20	本科在学	深圳技术大学中德智能制造学院		
指导教师	姓 名	职称/职务		专业	所在单位		
	林希宁	实验师		机器人工程	深圳技术大学中德智能制造学院		
	罗一星	教师、高级工程师		电子科学与技术	深圳技术大学中德智能制造学院		
指导教师声明		指导教师声明：所呈交的作品非导师科研项目。 指导教师签字：   2024 年 5 月 8 日					

B. 申报作品情况（科技作品类，含实物制作、软件、设计等）

说明：1. 必须由申报者本人填写；
2. 本表必须附有研究报告，并提供图表、曲线、试验数据、原理结构图、外观图（照片）等必要的说明资料；

作品名称	全自动胶囊咖啡机生命周期测试与废料回收
作品摘要 (500 字以内；含作品设计、发明的目的和基本思路，创新点，技术关键和主要技术指标)	<p>随着咖啡文化的普及，胶囊咖啡机市场蓬勃发展。然而，传统的胶囊咖啡机检测方法存在效率低、人工成本高的问题，已无法满足现代生产对效率和精度的要求。针对这一挑战，我们团队研发了一款创新的胶囊咖啡机检测仪。这款检测仪采用全气动控制，自动进行胶囊放置以及拉杆等操作，并且能够精准、高效地测量胶囊咖啡机的使用次数、出水温度、液位等关键性能指标。通过数据集成系统，检测数据实时上传至云端，实现数据的可视化和管理，为咖啡机厂家提供智能、高效的监控和优化方案。同时，我们注重环保理念，在测试过程中产生的废渣、废液均进行分类回收和二次利用，以响应国家绿色发展的政策，推动行业的可持续发展。检测仪将通过筛选机构和逻辑编程自动筛选需要进行回收再利用的测试废料进行收集，在额定周期时间后由相关人员移送至处理中心进行回收利用，富含氮化物和其他有机物的测试咖啡废渣和废液将成为高质量的肥料、燃料等资源。推动绿色环保事业发展，实现资源高度利用。</p>

<p>作品的科学性 先进性（500 字以内；必须 说明与现有技 术相比、该作 品是否具有节 能减排的实质 性技术特点和 显著效果。请 提供技术经济 分析说明。）</p>	<p>本小组深受国家“碳达峰”、“碳中和”政策的号召，本项目一直以坚持节能提效、绿色环保的指导路线，胶囊咖啡机测试仪在运行过程中将产生大量的咖啡废渣和咖啡废液，因此我们需要对咖啡的出水口和排料口都设置接收容器，通过水泵等设备将所有废料废液收集起来，对其进行回收处理。</p> <p>对于咖啡废渣：在收集一定数量后送至回收工序，进行材料分离，咖啡渣将进行有机废料处理，用于土地改良、堆肥生产等等，将资源利用最大化。</p> <p>对于咖啡废液：咖啡废液富含有机物和营养物质，可以用作肥料或土壤改良剂。将咖啡废液与土壤混合，可以提高土壤的肥力和保水能力，促进植物生长。</p> <p>根据企业提供真实数据，纯人工测试需 3 人一班，每天 2 班，一个月工作 24 天，共完成 7200 个周期、144000 杯。倘若使用我们 2 台设备，每台工作 20 小时/天，即可达到同样产能。经粗略计算，自动化成本比人工成本低约 39%。这意味着在相同生产任务下，使用我们的设备可显著降低成本，提高效益。传统的人工检测方式需要大量工人进行重复操作，不仅劳动强度大，而且效率低下。而使用我们的检测仪，可以大大减少人力投入，提高检测效率，从而降低生产成本。</p>
--	---

作品推广应用的可行性分析 (200 字以内)	<p>随着全球咖啡文化的盛行，咖啡机市场需求呈现出持续增长的趋势。传统的人工检测方式已无法满足这种快速增长的市场需求，自动化、智能化、绿色化的胶囊咖啡机检测仪成为了市场的迫切需求。</p> <p>与此同时，在当今社会，绿色环保和可持续发展已经成为企业发展的重要方向。传统的咖啡机检测方式往往伴随着高能耗、高排放等问题，不符合绿色制造的要求。而我们将绿色制造理念贯彻产品生命全周期，符合工业绿色发展的发展趋势。</p>
作品可展示的形式	<div><input type="checkbox"/>实物、产品</div> <div><input checked="" type="checkbox"/>模型</div> <div><input checked="" type="checkbox"/>图纸</div> <div><input type="checkbox"/>光盘</div> <div><input type="checkbox"/>现场演示</div> <div><input checked="" type="checkbox"/>图片</div> <div><input type="checkbox"/>视频</div> <div><input checked="" type="checkbox"/>样品</div>
<p>作品的真实性及原创性声明：</p> <p>申请者郑重声明：所呈交的作品是由申请者完成的原创性课外科技成果。除了报告中特别加以标注引用的内容外，本作品不包含任何其他个人或集体创作的成果作品。申请者对申报内容的真实性负责，申请者完全意识到本声明的法律后果由本人承担。</p> <p>申请者（签 方可桐 名）</p>	
学院审查意见	<div>签字（盖章）</div> <div>年 月 日</div>

胶囊咖啡机性能检测仪设备说明书

设计者：方可桐、曾颖、张明燊、陈琳琳、王艳培

指导教师：罗一星、林希宁

（深圳技术大学，中德智能制造学院，深圳，518118）

作品内容简介

随着咖啡文化的普及，胶囊咖啡机市场蓬勃发展。然而，传统的胶囊咖啡机检测方法存在效率低、人工成本高的问题，已无法满足现代生产对效率和精度的要求。针对这一挑战，我们团队研发了一款创新的胶囊咖啡机检测仪。这款检测仪采用全气动控制，自动进行胶囊放置以及拉杆等操作，并且能够精准、高效地测量胶囊咖啡机的使用次数、出水温度、液位等关键性能指标。通过数据集成系统，检测数据实时上传至云端，实现数据的可视化和管理，为咖啡机厂家提供智能、高效的监控和优化方案。同时，我们注重环保理念，在测试过程中产生的废渣、废液均进行分类回收和二次利用，以响应国家绿色发展的政策，推动行业的可持续发展。

联系人：方可桐、联系电话：18988753617、EMAIL：2451302669@qq.com

1 研制背景及意义

全球咖啡消费市场在不断扩大，胶囊咖啡机作为咖啡文化的重要载体，其市场需求呈现出持续增长的态势。然而，在生产胶囊咖啡机过程中，其性能检测一直是一个耗时耗力的环节。性能检查不属于直接产生效益的环节，相反，它是一个损耗环节。目前大部分胶囊咖啡机生产厂家仍然采用传统的人工检测方式，这种方式不仅效率低下，而且容易出错，给生产带来了极大的不便。因此，十分需要一种手段，在不增加长期成本的前提下提高咖啡机成品的检查效率，同时避免漏检，保持检查质量，最终目的是最大化地提升咖啡机良品的产能。

为了解决这一行业痛点，深圳该公司委托我们团队开发一款能够自动化检测胶囊咖啡机性能的机器。这款机器需要具备高效、稳定、节能的特点，能够大幅度提高检测效率，降低人工成本，同时保证检测结果的准确性和可靠性。

同时，我们也积极响应《“十四五”工业绿色发展规划》政策，致力于提高产品生命周期内的绿色属性。在原材料选取阶段，我们所使用的非标准零件选择无毒无害、可降解的 3D 打印材料；在生产使用阶段，我们选择完全气动设计；在废弃阶段，我们设计收集装置，将测试中产生的可回收利用的废料送至相关处理中心。

2 设计方案

2.1 系统设计

在胶囊咖啡机性能检测仪项目中，系统设计包括了对气动控制系统、电气组件、传感器、工业云平台等的选择和集成，以及对数据采集、处理、存储和用户界面展示的设计。

2.1.1 控制系统：

该设备属于绿色环保工业设备，因此从稳定性和实用性考虑，我们采用可编程逻辑控制器（PLC）作为整个设备的控制系统。

通过功能分析确定该设备初代方案需要 8 个数字量输出、8 个数字量输入和 3-5 个模拟量输入，并预留几个冗余 IO 口。

该设备能精确地接收数据并处理，且 EtherCAT 具有更高的通信速度和更低的通信延迟，适合对实时性要求较高的应用场景。在处理大量数据时，能够更快地传输数据并进行处理，确保系统的实时响应性。同时，EtherCAT 支持连接大量节点，可以轻松处理多个模拟量输入，并将数据传输至 PLC 进行处理。

2.1.2 工业云平台：

Uweb 物联网功能：

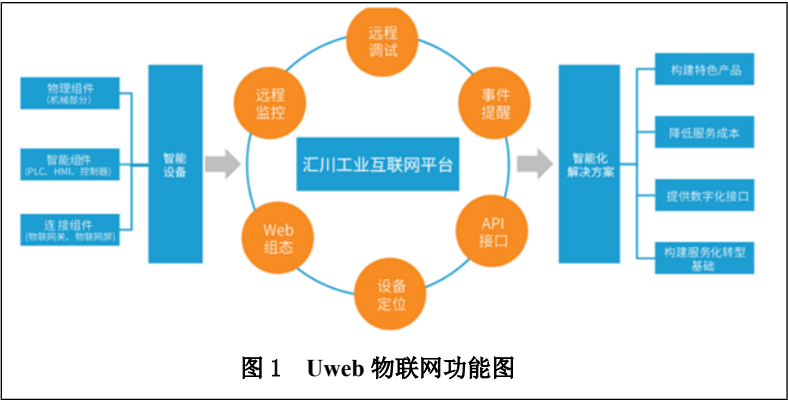


图 1 Uweb 物联网功能图

Uweb 物联网是一种端到端的工业设备物联网解决方案，提供远程监控、远程调试、Web 组态、API 接口等功能。

通过在设备上安装智能组件和物联网连接组件，即可通过汇川 IOT 网关连接上汇川工业互联网平台，对设备进行在 PC 端或移动数据端的远程监控、远程调试、设备定位等功能。同时 Uweb 平台还支持自定义展示数据、数据分组、图表化展示数据，提高了整部设备的智能性和可用性。

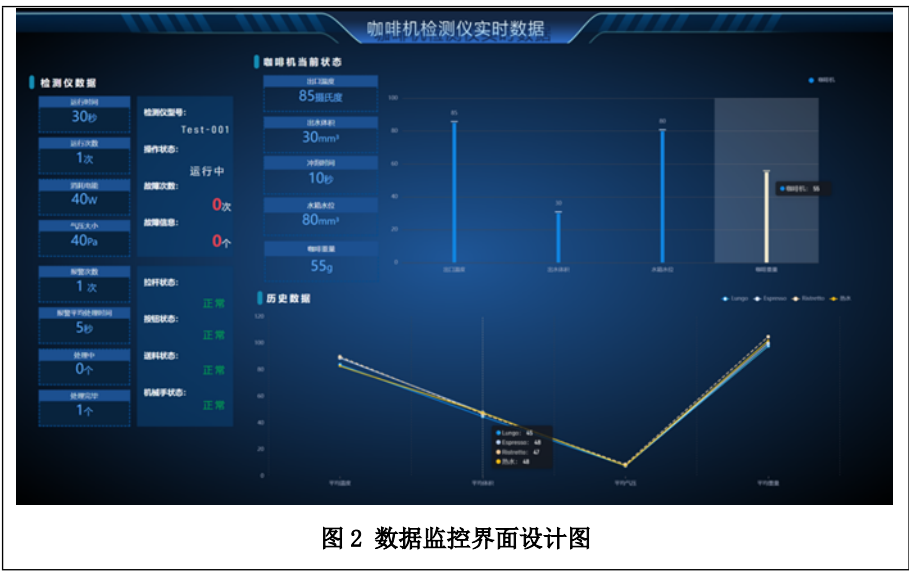
2.1.3 数据采集、处理、存储和用户界面展示的设计

用户界面设计: 通过前端 web 技术设计美观、易用的用户界面，显示咖啡机以及检测仪的实时状态和数据，如工作状态、温度、气压等。

实时监控: 实时监控咖啡机检测仪的运行情况，及时发现各个部位是否存在异常并提供警报通知。

远程监控: 允许用户通过平台对咖啡机进行远程监控，如使用网页、app、小程序等。

图表和分析: 在数据监控平台中提供可视化图表和分析功能，帮助用户更好地了解咖啡机的运行情况和性能表现，以及支持导出历史数据。



2.2 机械部分

2.2.1 设备整体结构

胶囊咖啡机测试仪的整体机械结构由两部分组成，机架和运动部件。

机架：

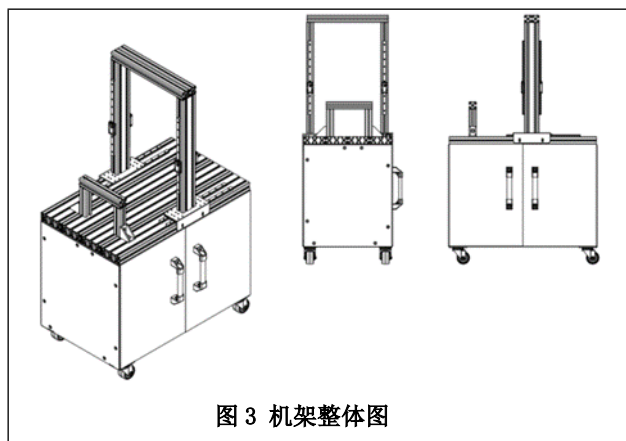


图 3 机架整体图

机架由欧标 40 系列铝型材组成，整体分为上下部分。

上半部分为主要工作区域，用于放置待测咖啡机、运动部件、电磁阀等等，还包括了一个可以在 X-Z 方向上自由移动的龙门架，用于适配不同位置的拉杆。

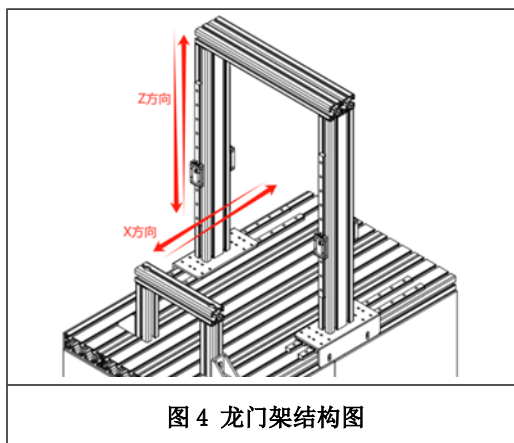


图 4 龙门架结构图

下半部分为电气系统控制部分，用于安装电气背板、控制器、继电器、空气开关等等电气设备，保护电路安全。

2.2.2 运动部分

①整体运动部分：

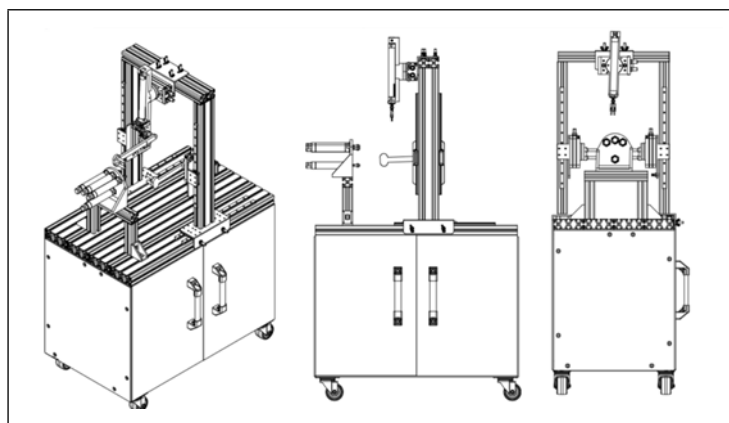


图 5 运动部分整体图

②拉杆部分：

为了能够实现定轴转动，我们使用旋转气缸进行传动，在旋转部位固定一根拉杆部件，再将旋转气缸固定在可以在 Z 轴方向移动的背板上，通过气缸的旋转带动该拉杆部件旋转，从而带动拉杆进行打开、关闭。

运动流程：测试开始时旋转气缸向上旋转打开拉杆，等待胶囊放入，然后旋转气缸向下旋转关闭拉杆。

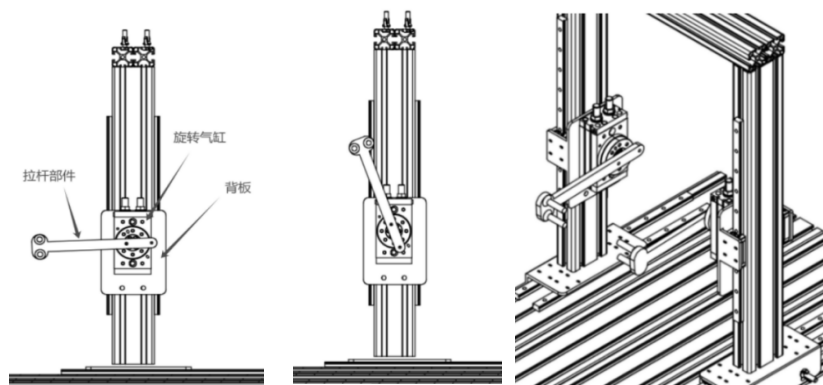


图 6 拉杆部分详细图

③放料部分：

放料动作由上文拆解得知共分为三个动作，分别是：旋转、直推、夹取。因此采用旋转气缸+直推气缸+手指气缸组成一个简易的取料机械手。

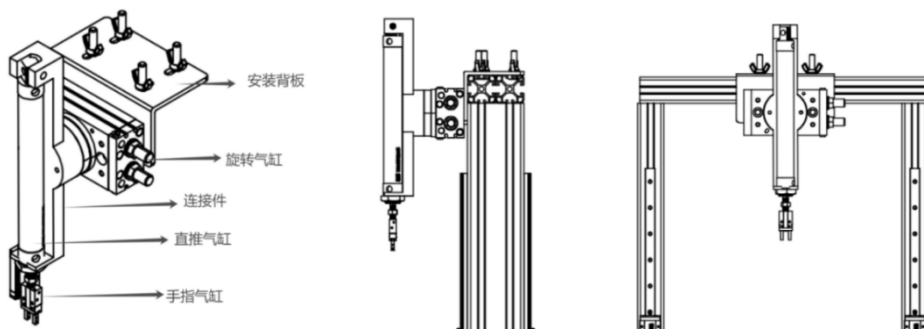


图 7 放料部分详细图

运动流程：首先旋转气缸将直推气缸旋转至水平位置，直推气缸推出将手指气缸送至取料口，手指气缸夹取后直推气缸收回，再旋转至放料角度，推出下料。

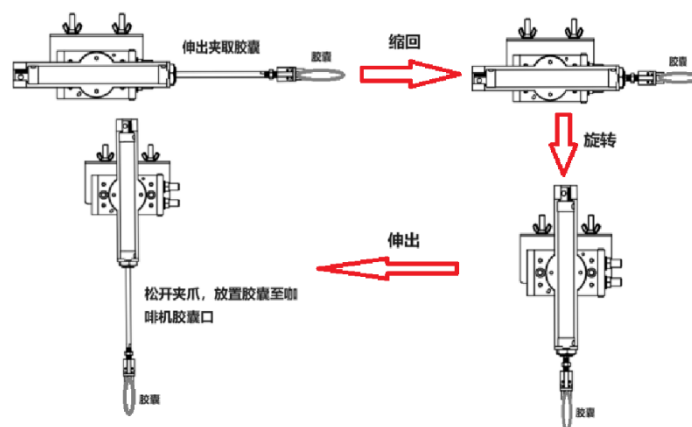


图 8 放料部分运动分解图

④按钮部分：

按钮部分主要功能就是按按钮，由几个直推迷你气缸组成，并安装在安装板上。通过更换安装板或调整气缸角度，可以实现多种位置按钮的推动。

运动流程：先是负责热水按钮的气缸伸出触碰按钮然后缩回，等待下一次测试。然后依次是负责小、中、大杯的按钮的气缸运作。

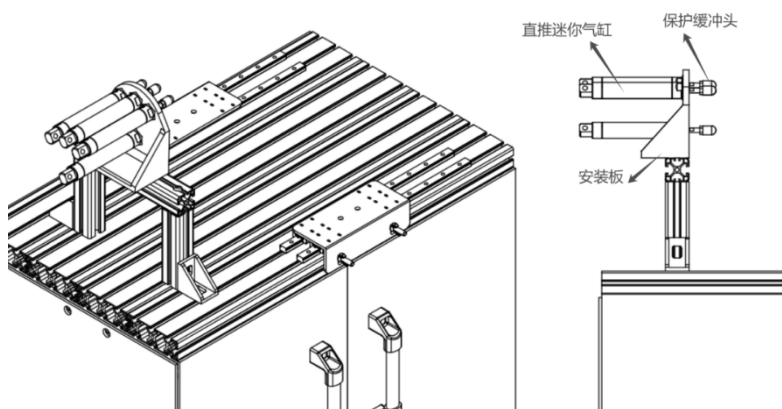


图 9 按钮部分详细图

设计时考虑的主要问题：

- 1、功能性：确保测试仪能够按照预期的功能工作，能够较好地达到企业的期望值，在保证设备稳定性和数据精确性的基础上，尽可能降低经济成本和时间成本，同时提高产线的智能化。
- 2、安全性：设备符合相关的安全标准和法规，并且在设计上考虑到操作人员的安全。符合《机械安全标准 GB_T 20850-2014》、《机械安全防护实施准则 GB_T30574-2021》、《生产设备安全通则 GB_T 35076-2018》、《信息安全技术

大数据安全管理指南 GB_T 37973-2019》要求标准。

- 3、高效性：我们的设备主要运动部件为气缸，可以很好地将电能和气压转换为动力，且执行末端响应速度快，控制难度低。且能耗低、发热少，属于高效节能的测试设备。
- 4、环保性：积极响应《“十四五”工业绿色发展规划》，以“节能、降碳、13 提效、智慧”为出发点进行方案设计与实现。将绿色环保贯穿于产品全生命周期中，从选材到使用到废弃阶段，实现环境影响最小、资源能源利用率最高，获得经济效益、生态效益和社会效益协调优化。

3 理论设计计算

3.1 按照客户要求进行不同的周期测试

公司初代人工测试设备生命周期中，一个测试周期为 4 种冲泡方式，共 20 杯，且对周期间隔有一定要求：

Capsule	Temperature Selection	Break time of extraction
Ristretto X 5	Small cup	30sec
Espresso X 5	Hot water	30sec
Lungo X 5	Big cup	30sec
Hot water X 5	Hot water	30sec
Turn OFF the machine and remove the plug for at least 60 seconds before reconnecting		

表 1 四种冲泡方式的周期要求

3.2 测量监测相关数据

胶囊咖啡机测试的最终目的是通过重复冲泡咖啡，从而获得各种相关参数以及变化情况，为咖啡机生产商优化改进提供数据支持。

Measurement	Before LCT	Intermediate test	After LCT
Volume of Ristretto	YES	1k extractions interval	YES
Volume of Lungo	YES	1k extractions interval	YES
Volume of Espresso	YES	1k extractions interval	YES

Volume of Hot water	YES	1k extractions interval	YES
Outlet temperature of Ristretto	YES	1k extractions interval	YES
Outlet temperature of Espresso	YES	1k extractions interval	YES
Outlet temperature of Lungo	YES	1k extractions interval	YES
Outlet temperature of Hot water	YES	1k extractions interval	YES

表 2 参数要求

3.3 废料的回收和处理

在测试过程中需要不断重复地冲泡咖啡/热水，根据企业规定，为了降低测试成本，同时减少浪费，在测试过程中有部分周期使用“假胶囊”进行测试，因此该设备将选择性收集废弃的咖啡胶囊和咖啡液，并定期移送专门的机构进行回收处理，咖啡废渣和废液可以作为优质肥料，测试用水可以进行过滤回收等等，提高资源的利用水平。

Load	<p>➤ For machine 2#,4#,5#,6#,7#,8# Real capsule use for cycle number: 1-10 (Cups 1-200) and 391-400(Cups 7801-8000); Dummy capsule for other cycles.</p> <p>➤ For machine 1#,3# Real capsule use for cycle number: 1-10 (Cups 1-200), 391-400 (Cups 7801-8000), 791-800 (Cups 15801-16000), 1191-1200 (Cups 23801-24000); Dummy capsule for other cycles.</p>
------	---

表 3 真假胶囊要求

4 工作原理及性能分析

咖啡机的动作可以分解为以下个简单动作：拉起拉杆--定轴顺时针旋转 80°；放入胶囊--取料机械手二维运动，可以分解为三个简单运动，分别是旋转、直推、夹取；按下拉杆：定轴逆时针旋转 80°；按下按钮：直推+收回。

因此分解完动作后按照动作类型选择相应类型的气缸：

拉起、按下拉杆：旋转气缸，旋转范围 0-80°

取料：旋转气缸控制旋转，往复于取料位置和放料位置；直推气缸用于控制夹爪的位置，实现取料和放料；手指气缸/柔性夹爪用于夹取和放置咖啡胶囊。

按钮：直推气缸的伸出对应按钮按下，收回对应按钮松开。

完成制作后，作品实物外形照片见图 11。

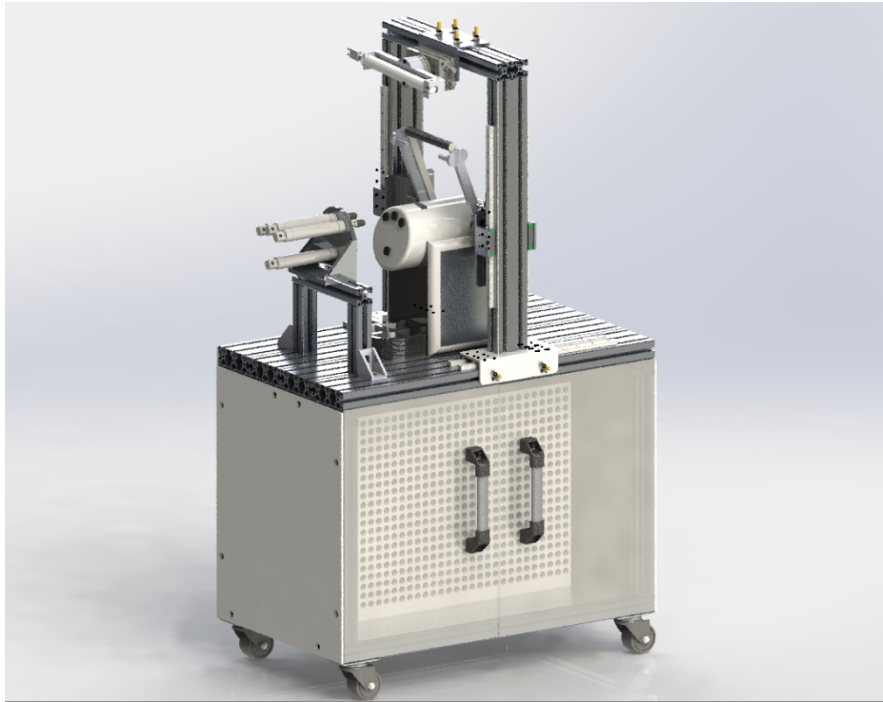


图 10 气动控制方案

5 创新点及应用

深受国家“碳达峰”、“碳中和”政策的号召，本项目一直以坚持节能提效、绿色环保的指导路线，通过数字化技术，为厂商提供便利，提高生产效率，同时优化资源能源利用，共同构建绿色智慧的数字生态文明。因此，我们的项目具有以下创新点：

1) 检测项目全面：我们的检测仪能够同时检测胶囊咖啡机的使用次数、温度、液位等多个关键参数，确保检测结果的全面性和准确性。

2) 完全气动驱动：气动驱动技术不仅提高了设备的稳定性和可靠性，还降低了能耗和成本，不仅符合企业当前需求，也符合绿色制造的理念。

3) 多种型号匹配：我们设计了可移动龙门架结构，通过移动调整气缸位置以及蝴蝶螺母锁紧的方式等操作，基本适配市面上大部分胶囊咖啡机。

4) 数据集成与可视化：通过数据集成系统，我们可以将每台咖啡机的检测数据实时上传至服务器，并通过可视化界面展示给企业。这使得企业能够随时掌握咖啡机的性能状况，及时发现潜在问题，并进行针对性的优化。

5) 成本效益显著：根据企业提供真实数据，纯人工测试需 3 人一班，每天 2 班，一个月工作 24 天，共完成 7200 个周期、144000 杯。倘若使用我们 2 台设备，每台工作 20 小时/天，即可达到同样产能。经粗略计算，自动化成本比人工

成本低约 39%。这意味着在相同生产任务下，使用我们的设备可显著降低成本，提高效益。传统的人工检测方式需要大量工人进行重复操作，不仅劳动强度大，而且效率低下。而使用我们的检测仪，可以大大减少人力投入，提高检测效率，从而降低生产成本。

杯数	类型	冲泡时间 s	时间
144000（7200 个周期）	Ristretto（小杯）	19.41	30d
	Espresso（中杯）	19.71	
	Lungo（大杯）	20.11	
	Hot Water	25.92	

表 4 各类型冲泡时间

人工数量	人工成本（平均一个周期）
6	按照企业规定安排人数和薪资
	4.545 RMB

表 5 人工成本

设备数量	设备成本（平均一个周期）
2	按照机器每天运行 20h 配置 2 名维护人员
	2.787 RMB

表 6 设备成本

6) 回收利用废弃物：以“节能、降碳、环保”为目标，我们在胶囊咖啡机测试过程中面临咖啡废渣和废液的处理问题。为减少浪费，我们采用“假胶囊”进行测试，并分别收集真、假胶囊产生的废料。通过专门的接收容器和水泵设备，我们收集咖啡废渣和废液，并利用控制阀门进行筛选，确保真、假胶囊的废料分开收集。同时，我们实时记录废料的体积和质量，以便定期回收处理。对于咖啡废渣，我们视其为有机废料，通过堆肥处理转化为土地改良剂或堆肥，为农业提供养分。对于咖啡废液，我们则利用其富含的有机物和营养物质，作为肥料或土壤改良剂，提升土壤肥力和保水能力，促进植物生长。

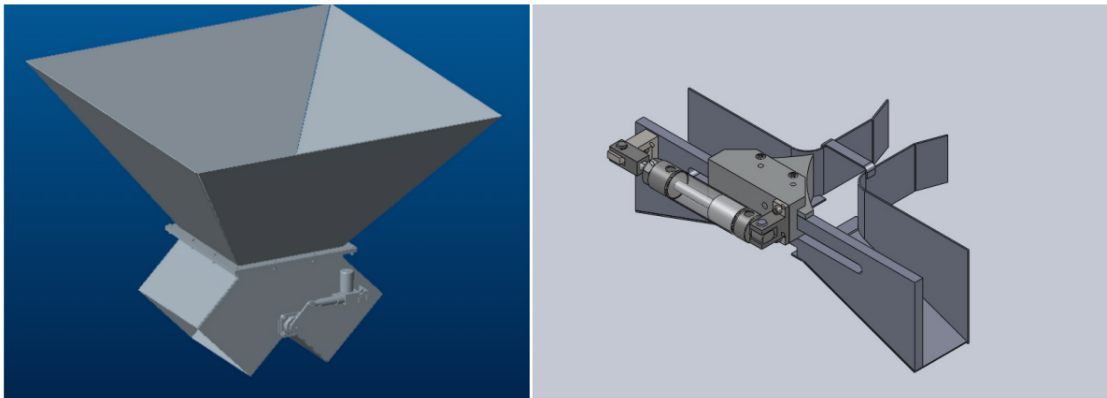


图 11 废料废液分类收集装置

C. 竞赛组织委员会秘书处资格和形式审查意见

组委会秘书处资格审查意见

审查人（签名）_____

年 月 日

组委会秘书处形式审查意见

审查人（签名）_____

年 月 日

组委会秘书处审查结果

☐合格

☐不合格

负责人（签名）_____

年 月 日

D. 竞赛专家委员会预审意见