

氮气冷萃咖啡和茶饮品过程中 的真空压力控制解决方案

Solution of Vacuum Pressure Control in the Process of Nitrogen Cold Extraction of Coffee and Tea Drinks

摘要：针对采用氮气冷萃法的新型咖啡和茶饮品制作，本文分析了现有制作技术中存在的低温冲泡负压（真空度或低气压）和充氮正压（高气压）自动化准确控制问题，提出了相应的解决方案。解决方案的核心是对温控冲泡容器分别进行负压和正压的程序控制，以分别完成低温冷萃和充氮流程，为直接产出新型饮品提供所需的真空压力条件，程序化和自动化的控制手段可满足不同氮气冷萃饮品制作对真空压力的不同要求。

1. 问题的提出

与传统咖啡和茶的热冲泡相对应的冷冲泡（Cold Brewing）在世界各地已出现了多年，因其具有独特的质地和口味而广受欢迎。冷冲泡饮品的制作过程是基于低温萃取原理，即在真空条件下利用水的沸点远低于常压沸点（100℃）的特点进行低气压和较低温度的饮品冲泡。

另外，最近几年来出现的充氮饮品则是在冷冲泡后通过填充高压氮气，极大改变了咖啡和茶这些饮品的质地、口味和视觉效果。

对于冷冲泡和充氮饮品，其制作的关键技术是（真空）低压和高压（负压和正压）的形成以及准确控制，有关这方面的工作国内外有众多专利如下：

(1) 2019年 CN208909811U 真空萃取冲泡的茶叶座结构，深圳市三维远东科技有限公司：具有真空功能的茶叶萃取冲泡装置；

(2) 2019年 CN209423009U 一种真空萃取仪，广州市净宇科学仪器有限公司：具有真空功能的低温萃取装置；

(3) 2019年 CN209610844U 真空咖啡机，东莞市欣能电器有限公司：具有真空功能的咖啡冲泡机；

(4) 2020年 CN107279331B 一种冷泡茶的制作方法，安徽农业大学：一种24℃下5min冷冲泡的茶叶颗粒加工处理制作方法；

(5) 2020年 US10624491B1 真空冲泡饮料装置，Valiquette, Jr., Michael Anthony：带有真空功能的冲泡装置；

(6) 2020年 US10863854B2 通过受控真空对包括咖啡在内的提取饮料进行温度控制，以及相关系统和方法，Voga咖啡公司：带有真空调节功能的咖啡冲泡机；

(7) 2021年 CN113244655A-一种真空膨化快速萃取系统及萃取方法，黄春荣：带真空功能的膨化和快速萃取系统；

(8) 2021年 CN214964623U 一种智能真空萃取咖啡机, 韦芳芳: 具有真空功能可冷热冲泡的咖啡机;

(9) 2021年 EP3808185A1 冷泡咖啡提取物及其生产方法, Mastercoldbrewer股份有限公司: 多种咖啡冷泡方法;

(10) 2021年 US11185087B2 咖啡提取物粉末(速溶咖啡)及其使用智能大容量咖啡冲泡机和对流冷冻干燥装置的制备方法, VINAMIT美国有限责任公司: 具有真空度控制的咖啡冲泡和冷冻干燥设备;

(11) 2021年 US2021007536A1 冷泡咖啡机, 公式133有限责任公司: 具有制冷和真空功能的咖啡冷泡机;

(12) 2021年 US2021369043A1 真空冲泡饮料机及真空冲泡方法, BKON有限责任公司: 具有真空度控制和真空脉冲萃取功能的冲泡方法和设备, 真空度控制为静态控制模式;

(13) 2022年 CN215427406U 一种全自动真空萃取机用真空萃取槽, 苏州易尔斯泰自动化设备有限公司: 具有真空功能的真空萃取装置;

(14) 2022年 EP3244747B1 具有快速和或多重提取过程特征的咖啡机以及相关系统和方法, Voga咖啡公司: 初步具备真空脉冲功能的冲泡方法和咖啡机, 真空度控制为静态控制模式;

(15) 2022年 US11266160B2 注入氮的可溶性冷冲泡速溶咖啡及其制备方法, 雀巢公司: 具有真空冷泡功能的冲泡和制备方法。

纵观现有的各种新型饮品的低温冲泡和充氮制作方法, 普遍存在以下问题:

(1) 真空(负压或低气压)控制全部都为静态控制方法, 缺乏更准确的动态真空度控制技术以及合理的辅助功能和结构设计。

(2) 充氮过程中所需的高压压力(正压或高气压)控制, 同样缺乏准确控制技术手段。

(3) 还未看到将负压和正压准确控制集成在一起使用以先进行低温冲泡后进行充氮制程的成熟技术和装置。

(4) 另外, 当前新型饮品制作过程中的气压控制缺乏自动化能力, 大多还是手动操作, 更缺乏与温度控制集成的自动化控制装置, 由此限制了批量和小批量生产新型饮品的能力。

针对上述新型饮品制作过程中存在的正负压自动化准确控制问题, 本文提出了相应的解决方案。解决方案的核心是对温控冲泡容器分别进行负压(真空度或低气压)和正压(高气压)的控制, 以分别完成低温冲泡和充氮流程, 为直接产出新型饮品提供所需的真空压力条件, 程序化和自动化的控制手段可满足不同饮品对真空压力的不同要求。

2. 解决方案

由于新型饮品的制作过程是在低温冲泡法基础上进行高压充氮, 其相应的真空压力变化过程是先在受控真空环境下完成低温冲泡, 然后再在高压条件下完成充氮。因此, 新型饮品的制作工艺和设备在技术上可提炼为一个真空压力(正负压)可精密程序控制的饮品制作设备。

为此，本解决方案需要解决的问题就是如何对真空压力进行可编程的自动控制。本文所提出的解决方案结构如图1所示。为了更直观的描述解决方案，图1所示解决方案的结构中并不包含一些所需的进出液管、过滤器、冷凝器和常规阀门等。

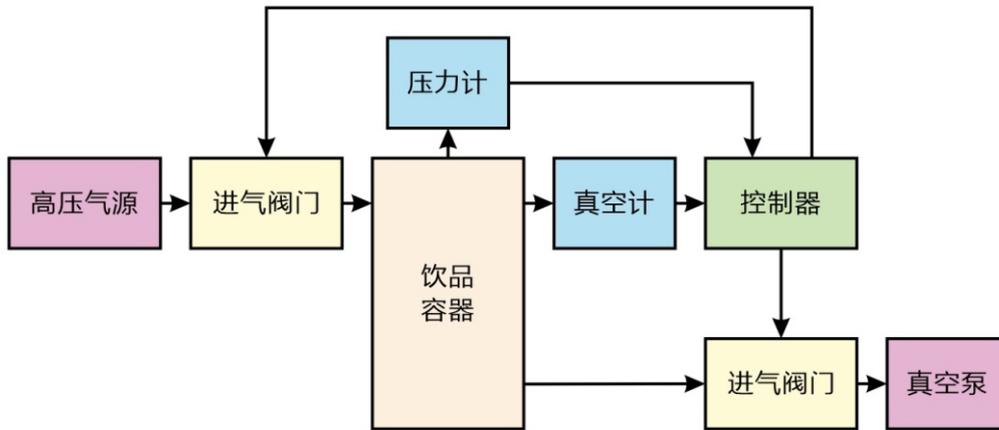


图1 真空压力自动控制解决方案结构示意图

图1所示的解决方案可以对饮品容器的真空度和高压压力分别进行控制，其中采用了真空计和压力计分别测量饮品容器内的真空度和充氮过程中的氮气压力。

在上述解决方案中，针对真空度和压力控制分别设计有两个闭环控制回路，为了降低成本和减小体积，这两个闭环回路的公用部分是进出气阀门和控制器，独立部分则是真空计和压力计。

(1) 真空度的自动控制

在真空度控制过程中，首先开启真空泵和高压气源，此时高压气源也可以不连接，采用常压大气也可，当容器的出气速率大于进气速率时，容器内自然会形成低压真空状态。

然后控制器根据设定的真空度值或程序以及采集到的真空计信号，并进行对比。控制器根据对比后的差值大小，依据PID控制算法输出控制信号，同时调节进气阀门和排气阀门的开度，使得真空计测量值快速接近并等于设定值，由此实现真空度的动态控制。

需要注意的是，由于不同咖啡和茶叶在低温冲泡过程中对真空度的大小和变化速度要求不同，所以控制器必须要具备可编程设计功能，同时要求阀门需要具有较快的调节速度。

(2) 充氮高压压力的自动控制

在完成真空度控制过程以及结束低温冲泡后，可直接进行充氮过程并进行高压压力控制过程，此时可以关闭真空泵。当容器的出气速率小于进气速率时，密闭饮品容器内自然会形成高压压力状态。

同样，控制器根据设定的压力值或程序以及采集到的压力计信号，并进行对比。控制器根据对比后的差值大小，依据PID控制算法输出控制信号，同时调节进气阀门和排气阀门的开度，使得压力计测量值快速接近并等于设定值，由此实现高压压力的动态控制。

同样需要注意的是，由于不同咖啡和茶叶在充氮过程中对压力的大小和变化速度要求不同，所以控制器同样必须要具备可编程设计功能，同样要求阀门需要具有较快的调节速度。

为了对图1所示解决方案设计内容的工程化实现，按照上述真空压力控制要求，配置了相应的真空压力控制系统，具体结构如图2所示。

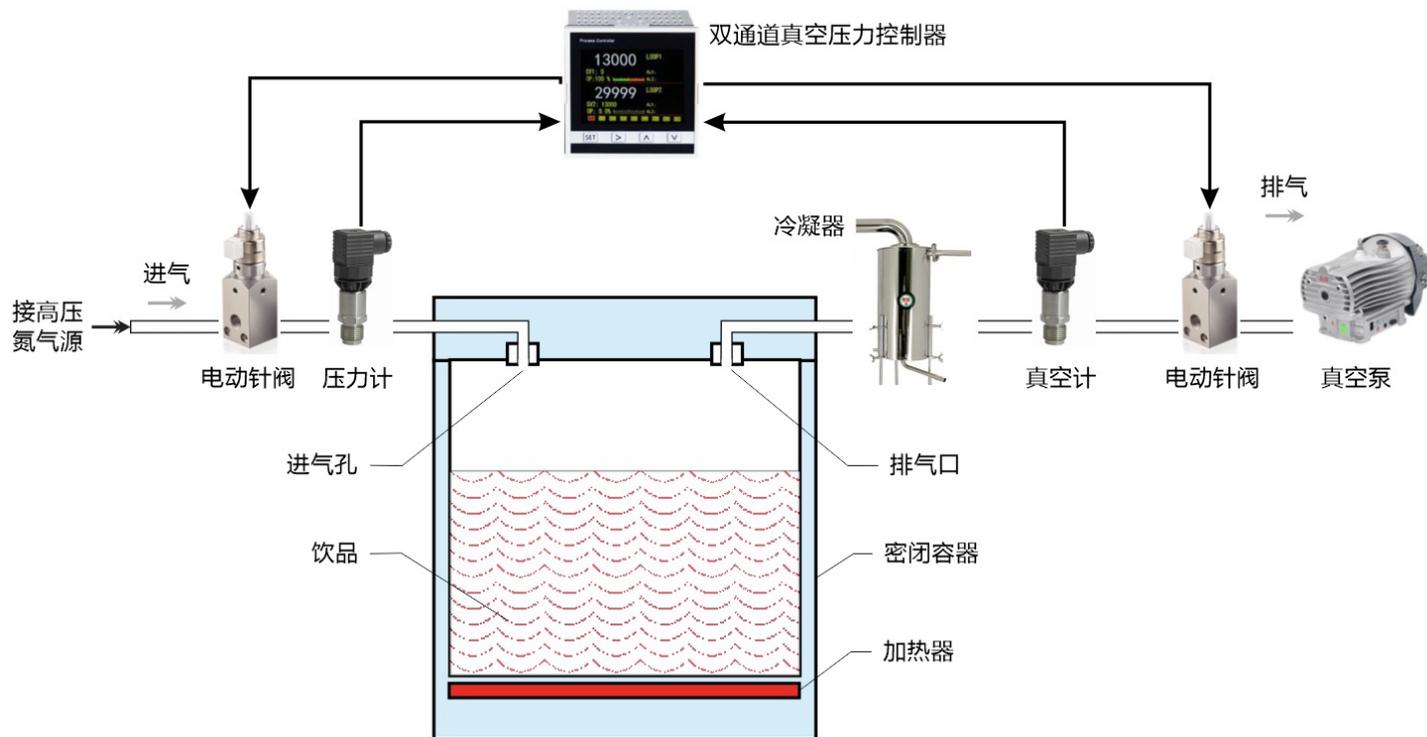


图2 真空压力自动控制系统结构示意图

图2所示的真空压力控制系统主要包括真空压力传感器、电动针阀、双通道真空压力控制器和真空泵等，这里主要对所配置的电动针阀和双通道真空压力控制器进行介绍。

(1) 电动针阀

NCNV系列电动针阀是一种步进电机驱动的针型阀，其极小的漏率很适合在真空系统中应用，同时还具有最大7bar的耐压，因此也可以用于7bar以下的高压气体控制。电动针阀具有小于1s以内从全闭到全开的快速响应时间，很适合小尺寸腔体对真空压力快速调节的要求。另外，阀体采用了不锈钢，标准阀体的密封件是FKM氟橡胶，也可选用具有超强耐腐蚀型的FFKM全氟醚橡胶，可用于各种腐蚀性气体和液体。

(1) 双通道真空压力控制器

VPC2021系列双通道真空压力控制器是一种24AD、16位DA和0.01%最小输出百分比的通用型高精度工业用PID调节器，通过连接不同外部传感器可进行真空、压力和温度等变量的精确控制，非常适用于各种口味和品质的饮品制作过程中对不同真空度、不同压力和不同温度的精细化控制。独立双通道可分别用于进气阀和排气阀的闭环控制，PID参考可通过自整定获得。关键是此型号控制器带程序控制功能，可编辑和存储多条控制曲线对真空压力进行自动程序控制。

总之，通过本文的真空压力控制解决方案及其控制系统，可彻底解决新型咖啡和茶饮品的低温冲泡和充氮制作过程中真空压力控制问题，并实现了程序化和自动化，同时控制系统还具有很强的功能扩展性，非常适用于批量和小批量新型饮品的生产制作。