咖啡机的滴落式咖啡提取技术

Drip Coffee Extraction Technology for Coffee Machines

永吉　贤也 NAGAYOSHI, Kenya　　西川　洋平 NISHIKAWA, Yohei　　伊藤　修一 ITO, Shuichi

为了在短时间内提供更好喝且大容量的咖啡，我们开发出咖啡机的滴落式咖啡提取技术。咖啡研磨机对咖啡口味有较大影响，为了进一步减少粉碎粒度的不均匀性，消除了静电影响，并提高了粉碎刀的缝隙（间隙）调整精度。对于提取咖啡的提取部，通过提取中加热水系统及倾斜式过滤器，不仅缩短了销售时间，还实现了大容量咖啡的连续提取。此外，还开发了更细密的滤网，以取代在海外难以获取的滤纸。

Fuji Electric has developed drip coffee extraction technology for coffee machines that rapidly prepare tastier coffee in large quantities. The coffee mill, which determines the quality of the coffee taste, is protected from static electricity and enhanced in the precision of the grinder blade gap adjustment to equalize grain size. For the brewer, which extracts coffee, a system that adds hot water during extraction and a tapered filter block are added to shorten serving time and continuously extract a large quantity of coffee. Furthermore, as paper filters are sometimes unavailable outside Japan, we have developed a mesh filter that is finer than paper filters.

1　引言

2012 年我们开始推广便利店专用咖啡机，2016 年在原有产品阵容基础上又增加了拿铁咖啡机，两种咖啡机累计发货数量高达 6 万台。这一成果是顾客对富士电机在纸杯式自动售货机方面 30 多年不懈研发、不断升级的滴落式咖啡提取技术及其美味的认可。

本文将对滴落式咖啡提取工序中的重要设备，即将咖啡豆研磨成粉的“咖啡研磨机（磨豆机）”、将咖啡粉与热水混合提取咖啡液的“咖啡提取部”，以及提取部部件之一即过滤咖啡液的“滤网”进行介绍。

2　咖啡研磨机（磨豆机）

咖啡研磨机是一种按照设定的粒度粉碎烘焙好的咖啡豆，并将其推出到提取机（提取部）中的机构。如**图 1** 所示，富士电机研制的咖啡研磨机由通过相连电机旋转的下刀片，和固定在外壳上的上刀片组成。刀片与刀片之间的缝隙（间隙）决定了粉碎后咖啡豆的粒度。该缝隙以最小 0.05 mm 的间距调整咖啡豆的粗细程度。根据长年积累的咖啡提取机构开发经验来看，为了提供更加美味的咖啡，需要提高间隙调整精度，以进一步减少咖啡豆粉碎粒度的不均匀。

此外，由于粉碎时产生的咖啡细粉末会附着在咖啡粉通道及提取部各部，不仅需要清洁的部位会增加，而且如果疏于清洁便会引起动作不良，因而需要进行改善。

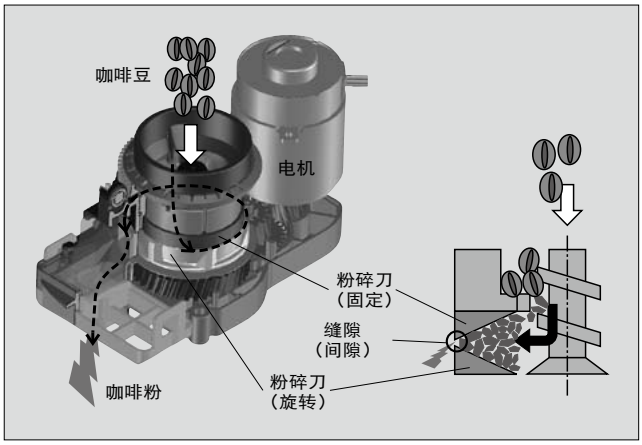

图 1　咖啡研磨机结构图

2.1　稳定粉碎粒度

为实现高精度的粒度，我们对以往的粉碎刀形状及表面加工等采取了各种措施，但是通过改良单个部件已经无法再继续提高精度。因此这一次换了一个角度来思考，探讨是否可以通过提高粉碎刀间隙的调整精度，来进一步提高粒度的精度。

以往的调整方法中，先将上下刀片接触（间隙 =0），然后返回规定尺寸，将此时的位置作为基准间隙（产品规格中规定的默认间隙尺寸）（**图 2**）。但是，由于未直接测量间隙尺寸，因而会因最初接触时的力及返回机构的动作摇晃等产生差异。

因此，我们通过追加高精度传感器系统，开发出可

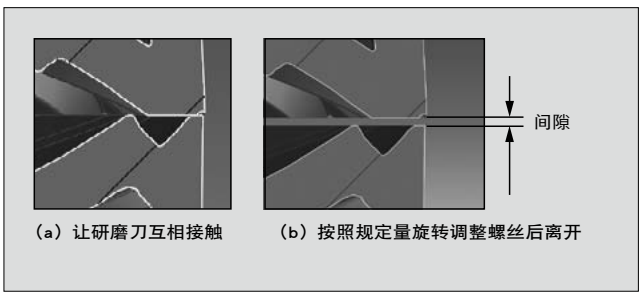

图 2　传统咖啡研磨机粉碎刀的间隙调整

一边测量间隙尺寸一边调整的自动间隙调整装置。利用该机构，可以将调整误差由以往的 ±0.075 mm 减少到 ±0.050 mm，误差减少约 30%。

2.2 通过抑制静电减少细粉末附着

包含其他公司制造的咖啡研磨机在内，引起咖啡细粉末附着的原因都有静电。以往富士电机研制的咖啡研磨机也采用了“抑制静电结构”，选择在带电序列(注)中相近的结构材料等，让咖啡豆和咖啡研磨机产生相同的带电倾向。但是，由于环境条件、投入的咖啡豆数量及种类不同，有时静电发生量（带电压）会增大。由此导致咖啡粉通道及提取部上的粉末附着量增加，进而引起排出量不均匀及脏污。

从传统型咖啡研磨机的详细验证结果来看，根据粉碎后的咖啡粉与研磨机外壳的接触状态，可能会导致无法充分发挥防止带电效果。因此，需要采用一种可以让粉碎后的咖啡豆与研磨机外壳高效接触的结构。此外，结构材料方面，我们选用了与咖啡豆的带电序列相近、加工性及耐久性也良好的铝合金（**图 3**）。通过这一新结构，带电压降至传统机型的 1/3 ～ 1/2，不仅可以抑制细粉末附着，还使排出量稳定，减轻了提取部的脏污情况（**图 4**）。

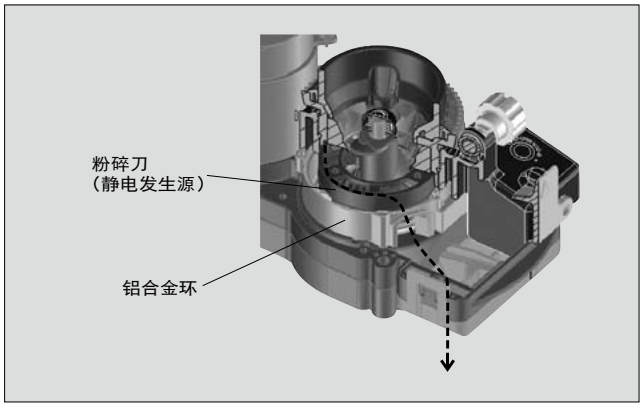

图 3　防止咖啡豆原料带电的结构

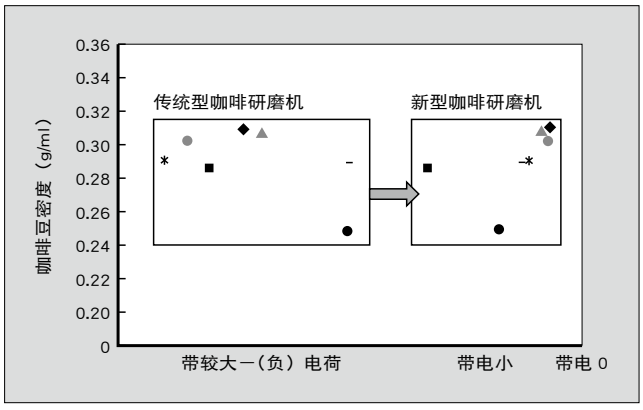

图 4　防止带电效果

〈注〉带电序列：物体相互摩擦时，其中一方产生正电荷，另一方产生负电荷。带电序列即为按照正电荷到负电荷的次序排列的序列。在该序列上距离较远的物体之间摩擦时会产生较大的静电。

3　咖啡提取部

3.1 提取中加热水系统

咖啡的提取方法大致可分为浓缩式和滴落式两类。浓缩式是指对细细研磨后的咖啡粉施加高压（约 0.9 MPa 左右），让其通过有微细孔的金属过滤器进行提取，可以在短时间内调制出浓郁且口感强烈的咖啡。而滴落式是指将稍粗的咖啡粉放入滤纸或棉绒滤布中，然后加热水缓慢提取。特点是口感清爽，比较符合日本人的喜好。

但与浓缩式相比提取时间较长，所以滴落式咖啡机为了缩短提取时间，一般采用抽吸式（负压式）或加压式（正压式）提取。

如**图 5** 所示，抽吸式（负压式）提取部是在容器（缸）中将咖啡粉和热水混合形成咖啡液，然后用泵抽吸进行提取。提取过程中，可以将缸暴露在大气压的状态下追加热水，因而虽然容器小，也可提取大容量的咖啡。

而如**图 6** 所示的加压式（正压式）提取部，是在缸内混合咖啡粉和热水后将缸密封，通过气泵施加压力（约 0.05 MPa）进行提取（微加压提取）。由于将缸密封，因而可以提取出保留有浓厚香味的美味咖啡，便利店专用咖啡机等大多数富士电机的产品均采用这一方式。但是加压式提取部在提取过程中将缸密封，无法在中途加热水。因此，大容量提取咖啡时需要分多次进行，导致销售时间拖长，海外专用产品有的杯量较大。

为解决这些课题，我们开发了如**图 7** 所示的可以在加压式提取部的提取过程中向缸内加热水的系统。

图 8 中展示了加热水方式的对比。传统的加压式提取部采用开关电磁阀、通过重力让温水罐中的热水流入缸内的结构。热水沿着缸壁向下流，这样可以在缸内使热水均匀地到达咖啡粉，同时还可防止咖啡粉附着到缸上。

而新机型采用的结构为提取时通过热水泵，从密封缸的盖子部设置的送水口向缸内输送热水。为提取咖啡而使用气泵对缸内加压后，可通过热水泵加热水。这样，便可连续提取大容量咖啡，传统机型大杯咖啡（240 ml）的销售时间为 60 秒，而新机型仅需 48 秒，时间缩短了 20%。

此外，送水口向缸内输送的热水为喷淋状，可均匀喷洒在咖啡粉上，不仅美味升级，而且可更高效地冲洗掉提取后缸上附着的咖啡粉。

3.2 倾斜式过滤器

咖啡提取量增加，所需咖啡粉量也随之增加。因此，大容量提取咖啡时，提取后的咖啡渣处理也成为一项问题。提取咖啡后，如**图 9** 所示，通过让过滤器下降、更换滤纸的方式来废弃咖啡渣。此时，需要咖啡渣的高度低于缸和过滤器之间的缝隙。受咖啡机整体尺寸的限制，过滤器的下降距离（行程）有限，因而这便决定了可使用的咖啡粉量。为了打造一种可以大容量提取咖啡的小型咖啡机，需要在不改变提取部大小的基础上增加该行程。

传统机型采用单纯进行上下动作的过滤器机构。而新机型追加了将降至最下端的过滤器倾斜的机构。这一结构虽然

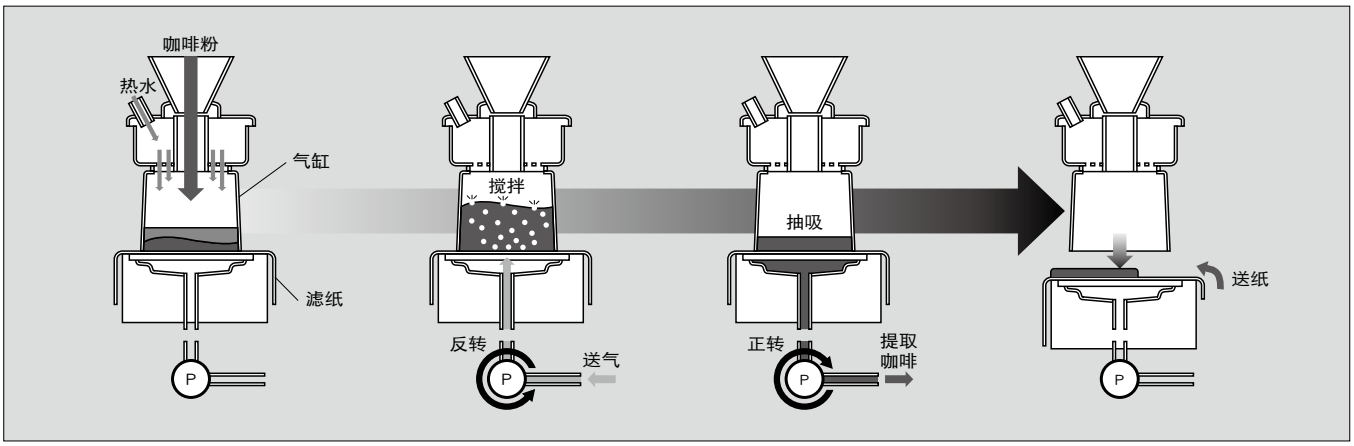

图 5　抽吸式（负压式）提取部

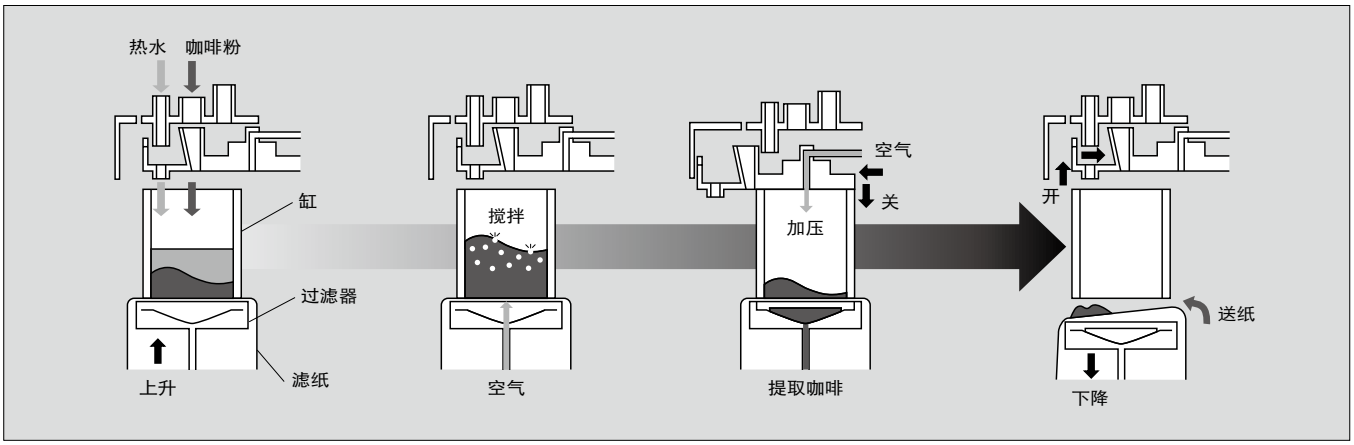

图 6　加压式（正压式）提取部

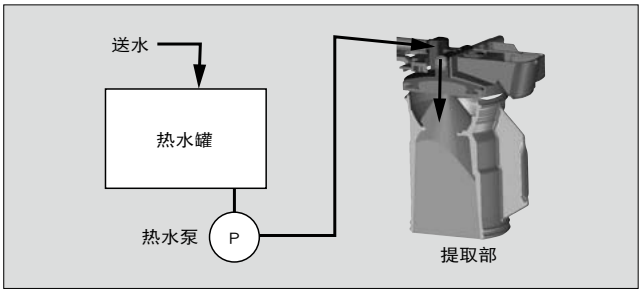

图 7　提取中加热水系统

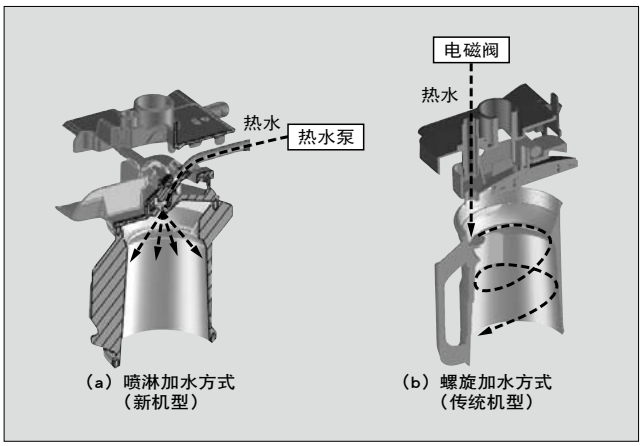

图 8　加热水方式的比较

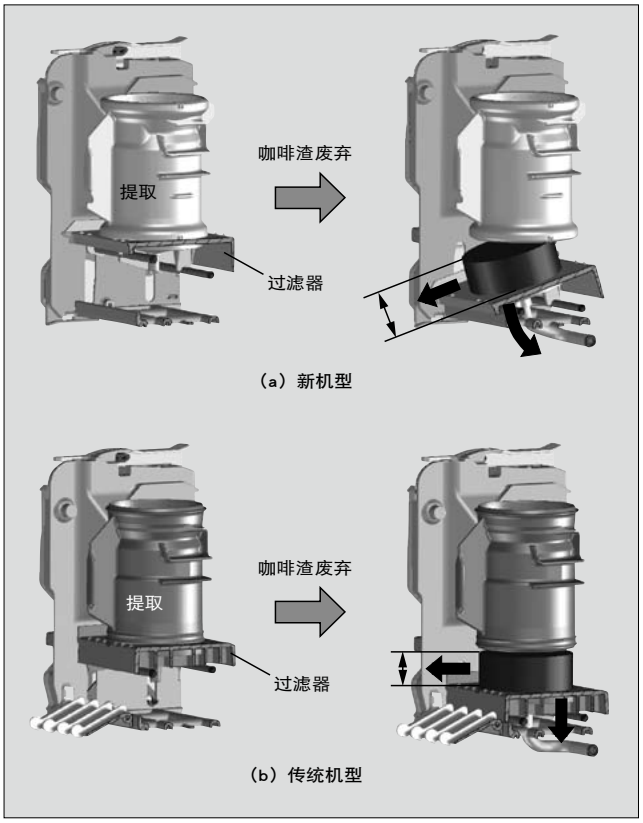

图 9　咖啡渣废弃方式

与传统机型的行程相同，但废弃咖啡渣时，缸与过滤器之间的缝隙尺寸更大。这样，在提取部的大小与传统机型完全相同的基础上，可使用的咖啡粉量增加了 25%。

4 滤网

过滤器的作用为从咖啡粉和热水混合在一起的液体中提取咖啡液。滴落式咖啡机主要使用自动售货机专用滤纸或滤网。

由于滤纸能够吸收咖啡油及过滤咖啡细粉末，因而提取出的咖啡色泽透亮，味道清爽宜口。便利店的咖啡机及多数纸杯式自动售货机均使用滤纸。但是，使用的专用滤纸是日本国内独有规格，在海外难以获取。

图 10 所示的滤网，是在金属及树脂薄板上打无数孔从而形成网状。金属滤网完全不吸收油脂，提取出的咖啡可以让人直接品味含有大量咖啡油的咖啡豆的原滋原味。但是，由于滤网（网目）比滤纸粗，因而咖啡液中会混有细咖啡粉末（**图 11**），有的消费者会比较介意这一口感，向海外推广咖啡机时须解决这一问题。

如果为了减少细粉末而单纯将滤网的网目变细，则提取时间会变长，而且提取压力增高，会导致咖啡的杂味增加。

因此，我们对滤网做出各种更改后提取咖啡收集了数据。通过探明提取咖啡时的压力及时间，与用味觉传感器测定提取咖啡的苦味、酸味、甜味等测定值之间的相关性，逐渐向目标味道迈进。在开发的最终阶段，请咖啡鉴定师进行感官评价，同时不断调整，探寻滤网的厚度、孔径、孔距、开口面积、片数等的最佳组合，最后终于开发出了在 50 mm 直径上约设 13 万个孔的“超精细滤网”。采用这种滤网，可以提供不仅原滋原味、香醇浓郁，且余味清爽宜口的咖啡。

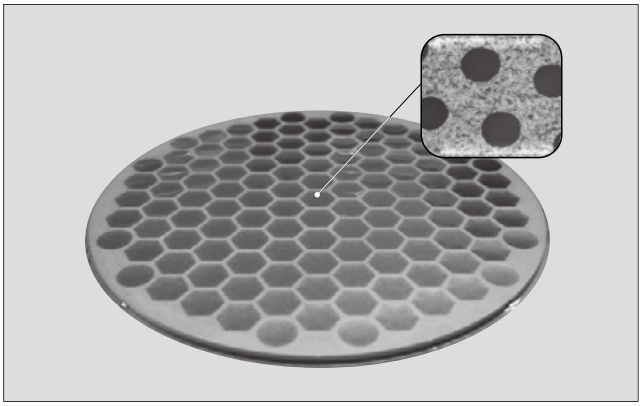

图 10　滤网

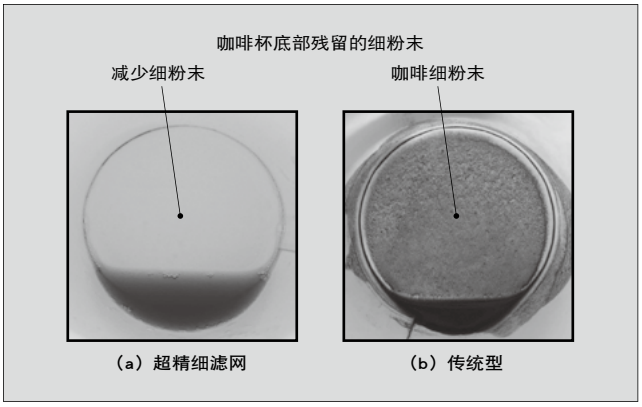

图 11　咖啡细粉末剩余量的比较

5 后记

本文对咖啡机的滴落式咖啡提取技术进行了介绍。长年以来不断研发的技术得到了顾客的认可，咖啡机现已经成为便利店不可或缺的产品。今后我们将继续在口味提升、易操作性及小型化上下功夫，努力为客户的事业发展做贡献。

永吉　贤也

从事纸杯式自动售货机、食品服务设备的开发设计。现就职于富士电机株式会社食品流通事业本部生产统括部三重工厂设计第二部。

西川　洋平

从事新产品的功能开发设计。现为富士电机株式会社食品流通事业本部开发统括部要素开发部担当课长。

伊藤　修一

从事纸杯式自动售货机、食品服务设备的开发设计。现就职于富士电机株式会社食品流通事业本部生产统括部三重工厂设计第二部。

富士电机

Fuji Electric

＊本刊记载的公司名称及产品，有可能是各相关公司的商标或注册商标。