1.12 按其他日常用途取名：洗桌草（节节草）、鹭鸶竹（苦竹）、金钥匙（瓜子金）、锄头草（鸡眼草）等。

1.13 特定含义命名：老虎脚迹（毛茛），即形象化，又有药效强烈似老虎之意；九里火（威灵仙）形象化地反映出该药热性似可散发到九里之外的火；还有仙人草或甜仙草（凉粉草）、张老花（天名精）等。

2 结语

许多畲药取名都带有浓厚的民族特色。因受畲族语言的局限和了解的深度不够，加之收集药名欠全面和本人水平有限，故难免有不当之处，尚有待进一步探索。开发畲医药也是发展绿色、特色经济的突破口，为振兴民族地区经济做出贡献。因此，开展畲医药研究是具有非常重要的价值和意义。

工业化超声波中药提取装备研究

白中明

（金百特电子有限责任公司，山东 济宁 272023）

我国自 20 世纪 50 年代就已广泛开始将超声波技术应用于中药和天然产物提取的研究，发现超声波提取技术比传统的提取方法具有提取时间短、提取得率高等优点。但长期以来，这项新技术在国内并没有得到广泛地工业化推广应用，主要原因是没有配套成熟的工业化超声波提取设备。笔者于 1997 年开始这方面的开发研制工作，利用自身具有超声波机电成套设备的技术力量和生产优势，从 1998 年设计出第一台超声波提取设备以来，到 2004 年共研制生产出 3 代 5 种机型的超声波提取设备，累计申请了 24 项专利，已授权 19 项。第一套生产型连续化管道式多功能超声波提取机组于 2002 年底在成都得到实际生产应用，每小时可提取 150 kg 的植物药材，提取时间缩短至 50 min 以内，得率提高 20%左右；第一套生产型连续化釜罐式多功能超声波提取机组于 2003 年在哈尔滨得到实际生产应用，日可提取 1 600 kg 动物脏器原料，比传统的提取方法，提取时间由 15 d 缩短至 3 h，提取得率提高 30%左右，而且工序大大简化，成本明显降低，为用户带来的效益非常显著；中试型智能控制多功能超声波提取机组分别在东北林业大学、许昌山花实业有限公司、河南焦作大学、新疆昆仑神农股份有限公司等科研院所和企业得到应用，标志着国内拥有了真正具有工业化应用的超声波提取设备。

通过对超声应用技术十多年的研究，笔者积累了有关超声在中药和天然产物提取方面的知识和经验，在此和大家一起交流、学习。

1 超声波提取的原理及设备的基本构造

1.1 原理：利用 20～80 kHz 频率的超声波传输到液体介质（提取溶媒）中产生的机构效能和“空化”效应，加速提取溶媒的分子运动和活性，从而提高和加速提取溶媒向细胞质中的渗透力和速度，加速提取溶媒和有效药物成分的溶解速度，加速吸收溶解药物成分的提取溶媒向细胞外的扩散速度，实现中药和天然产物的浸提，同时具有提取时间短、得率高、杂质少等特点。

1.2 超声波提取设备基本构造：超声波设备的结构及组成如图 1 所示，主要由超声波发生器（超声频电源）、换能器振子和处理容器组成。

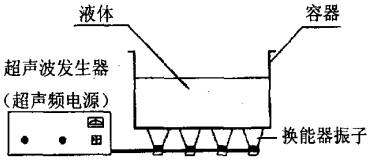

图 1 超声波装置的基本构造

Fig. 1 Basic construction of ultrasonic installation

1.2.1 超声波发生器：是将 220 V/50 Hz 或 380 V/50 Hz 的电信号转化为 500～800 V/20～100 KHz 的电信号，驱动换能器振子发出超声波。

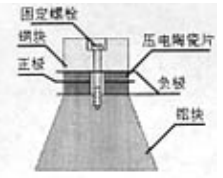

图 2 喇叭形离散式换能器

Fig. 2 Flared transducer of dispersing styles

1.2.2 换能器振子：发出超声波的器件。a）一种超声换能器为展宽喇叭形夹心式压电换能器，如图 2 所示。这种换能器的优点是成本低、性能稳定、作用面积大；缺点是功率强度小。本文下面所述的超声波提取设备采用的换能器全部为此种换能器。b）另一种为聚能式换能器。这种换能器的优点是在顶端聚集发出较强的超声能量，可以达到 48 w/cm^2；缺点是作用范围小，自身产生的热量大，难以长时间连续工作，成本高。这 3 个因素就决定了其无法适合工业化应用。

1.2.3 处理容器：容器的作用是盛装需要超声加工处理的物质（在中药和天然药物提取应用中，为中药材和提取溶媒的混合物），形状有方槽形、圆管形等。但作为提取设备，必须使用内壁圆滑的圆形管或罐。

1.3 超声波提取的简易方法说明：在容器中加入提取溶媒（水、乙醇或其他有机溶剂等），将中药材根据需要粉碎或切

收稿日期：2005-03-0

作者简介：白中明（1962—），男，济宁金百特电子有限责任公司总经理，1983 年毕业于山东海洋学院（现中国海洋大学），2004 年荣获山东省科技厅、省知识产权局等七家部门颁发的“中国专利优秀发明家提名奖”，2001 年荣获“济宁市十佳专利发明者”。
Tel：(0537)2362566 E-mail：office@sinobest.com.cn

成颗粒状，放入提取溶媒中；容器的外壁排布换能器振子；开启超声波发生器，振子向提取溶媒中发出超声波，利用上述原理中所述的作用，实现中药和天然产物的浸提。

2 超声波技术与传统提取方法的对比

表 1 收集了国内外应用超声波技术提取中药和天然产物和用传统方法提取效果对比。

表 1 超声波技术与传统方法提取效果的对比

Table 1 Comparison of extractive effect between ultrasonic and traditional extract technology

中药材原料	提取成分	效果对比
曼陀罗叶	曼陀罗碱	超声波提取 30 min 比用常规法提取 3 h 的样品含碱量高 9%
颠茄	生物碱	超声波提取 20 min 和常规法浸渍 8 h 的产量相同
萝芙木属植物根	生物碱	用常规法浸渍需 8 h，而用超声波提取法只需 15 min
吐根	生物碱	用超声波提取 30 s 比用索氏法提取 5 h 的碱量还多
耶仆兰	生物碱	用超声波提取 15 s 比用索氏法提取 5 h 的还多
金鸡纳树皮	生物碱	超声波提取 30 min 就可完成全部提出，用常规法需 5 h 以上
罂粟	吗啡	常规法需用 24 h，超声波提取只需 5～17 min
刺五加	紫丁香苷	用回流提取 16 h 所得的量与超声波 80 min 所得的量一致
鹿衔草	熊果苷	用超声波振荡 20 min 即可提取完全
侧柏叶	槲皮苷	超声波提取 30 min 和热回流法提取 8 h 效果相同
天麻	天麻素、天麻苷元	用超声波提取 2 h 同索氏法提取 6 h 量相同；用超声波提取 10 min 比冷浸泡法提取 48 h 的天麻素得率还高
浸塔木	松香	用超声波可使提取时间缩短至 1/3～1/4
咖啡植物	咖啡	用超声波提取只需几分钟
五味子	五味子酯甲	用超声波提取 20 min 作为提取有效成分的标准
槐米	芸香苷	超声波 30 min 的提取率比热碱提取 50 min 高 47.5%；以 70%乙醇浸泡，用超声波提取 40 min，比相同条件下不用超声波处理提取的芸香得率高 1 倍
黄芩根	黄芩苷	以水为溶剂，用超声提取 10 min 就高于加热煎煮提取 3 h 的提出率，并且以超声(20 kHz)提取 40 min 的黄芩苷提出率为最高
人参根	三萜皂苷	以热提甲醇浸泡工艺为对照，仅需超声提取 10 min，就获取热提 6 h 所得的人参皂苷

3 国内现有超声波提取设备的型式及各自的特点分析

3.1 技术难点：自 20 世纪 50 年代以来，在半个多世纪中，国内许许多多的科研人员和生产技术人员，为了能将超声波提取中药和天然产物的这项新技术应用到工业化，做出了不懈的努力，开发出许多型式的超声波提取设备，但由于提取生产量小，同时没有克服超声电气的技术问题，推出的设备并不具有工业化应用的价值。笔者研制开发工业化的超声波提取设备 8 年多，总结起来，下列超声电气的特性，以及处理容器的结构型式等技术难题制约了超声波技术走向工业化。

3.1.1 超声波的特性：a)超声波在液体中传输衰减和损耗很大，离发出超声波的换能器振子表面 300 mm 处，超声波的能量基本就衰减到很小。b)喇叭形夹心式压电换能器单个只有 80 W 额定功率，大功率的设备就需要几百个振子并联输出工作。如何保证振子工作的安全性，并便于维修、维护，是大功率超声波设备的一个难题。c)功率放大器件。超声电气的技术难点就是在高频下要达到大功率输出。随着 IGBT 高频大功率放大器件的出现，一方面解决了大功率超声设备的技术问题，保证性能稳定，同时降低了成本，保障了超声波设备的市场推广。d)上述超声波及相关电子元器件的这些特性，决定了超声波技术的难度，大大增加了大功率超声波设备的制造难度和生产成本。

3.1.2 处理容器的结构型式：超声波提取设备的容器要达到下列要求：a)保证超声能量高效作用到处理容器中的中药材和提取溶媒混合物中，实现超声提取的各项优点；b)达到工业化生产产量的要求；c)符合 GMP 认证对制药机械的要求。

3.2 常规超声波提取设备的型式：任何一位从事超声提取设备的研制开发的人员，不管是搞药物研究的，还是从事超声电气技术的，很容易受传统中药提取罐形式的约束，而且国内目前几乎都是围绕着这种结构形式开发试制，其结构形式和特点如下。

3.2.1 在罐的底部或者顶部粘接换能器：但这两种结构形式，由于罐的深度受超声衰减的影响只能设计在 300 mm 以内，因此限制了罐的容积，无法满足工业化生产需要。

3.2.2 在罐的周壁粘接换能器这种形式存在的主要问题有：a)受超声波衰减因素的制约，超声有效作用区域为一环形，如果提取罐的直径太大，中央就会形成超声空白区；b)功率难以和罐的容积(一般为 3 000～6 000 L)相匹配，6 000 L 的罐需要 120～180 kW 超声输出功率，如此大的功率，使超声波设备制造难度增大，同时成本也无法使用户接受。c)将换能器振子粘接在罐的周壁上(圆边无法粘接振子，就做成多边形)，但罐壁太厚，超声波声能损失太大；d)设备的电气安全性、机械性能都存在无法克服的问题。

3.2.3 在提取罐的中央投入密封盒，这种型式存在的主要问题有：a)受超声波衰减因素的制约，超声有效作用区域为一环形，如果提取罐的直径太大，在罐的周壁就会形成超声空白区；b)难以保证超声波器件的安全性，也无法实现在线不停机维修；c)将振子密封于不锈钢盒中，投入罐的中央，一方面不锈钢盒无法太大，否则装配、密封和维修都难以解决，另一方面太小功率达不到，超声波的作用就微乎其微，难以达到应有的效果。d)药材在浸泡后堆积于罐体的底部，严重妨碍了超声能量的发挥。

4 工业化超声波提取设备最新发展

济宁金百特电子有限责任公司历经 8 年研制开发，成功发明创造出一种新型结构的超声波加工处理装置，其和传统的超声波装置相比，具有下列优点：1）大功率超声电气长时间安全运行；2）超声能量高效发挥；3）温度从 5～100 ℃任意调控；4）噪音低（70 分贝以下）；5）易于安装装配，实现不停产在线维修；6）避免了超声波对提取容器材质的影响，可保证提取物的安全性。

将这种新型超声波加工处理装置和连续逆流提取技术相结合，形成连续逆流超声波中药提取成套设备（图 3-A），单套日提取植物药材可达 10 t，真正使超声波这项中药和天然产物提取新技术实现工业化。其具有下列优点：1）显著缩短提取时间（为传统提取设备的 1/6～1/12）；2）有效成分收率提高 20%以上；3）温度从 5～100 ℃任意调控，全密封防爆，可使用各种有机溶剂，满足各种中药和天然产物提取的需要；4）采取连续化动态逆流提取，生产量和生产效率大幅提高，降低劳动强度；5）能耗低，降低生产成本；6）超声波总功率大幅度减小，成本降低。

同时，利用这种新型超声波加工处理装置，济宁金百特电子有限责任公司还开发出釜罐式多功能超声波提取机组（图 3-B）、中试型多功能超声波提取机组（图 3-C）。截止到目前，围绕着超声波提取设备，已完成了 5 项生产基础标准和 2 项产品生产标准的制定和备案工作，同时在设计和生产过程中，严格执行《药品生产质量管理规范》，不仅充分保证机械和电气连续安全运行的性能，各项指标达到工业化生产的要求，而且易于维修和维护，安全卫生，易于清理，达到 GMP 认证对制药装备的要求。

A-管道式 B-釜罐 C-中试型

A-piping type B-caddy type C-center experiment type

图 3 超声波提取设备

Fig. 3 Ultrasonic extractive equipment

5 结语

新型超声波加工处理装置克服了超声波技术在应用于中药和天然产物提取方面存在的问题和难点，这一创新装置与连续逆流提取技术相结合，推出连续逆流超声波中药提取成套设备，实现了超声波提取技术的工业化应用，为中药和天然药物提取增添了一种先进手段，填补国内空白。其研制成功，对于推动中药现代化、产业化发展具有非常重要的意义。

欢迎订阅 2006 年《药学学报》

《药学学报》（CN：11-2163/R，ISSN：0513-4870）是由中国药学会主办、中国医学科学院 中国协和医科大学药物研究所承办、国内外公开发行的药学综合性学术期刊。辟有栏目：述评和综述、研究论文、研究简报、学术动态。本刊自 1953 年创刊以来，一直报道药学领域原始性、创新性科研成果，旨在促进国内外学术交流。刊登研究论文内容包括药理学、合成药物化学、天然药物化学、药物分析学、药剂学、生药学等。

《药学学报》为我国自然科学核心期刊，据中国科学引文数据库的数据统计，在中国科技核心期刊排行表中，《药学学报》名列前茅，在医药卫生期刊中居首位；本刊已被世界主要检索系统收录，为我国药学界高水平的学术刊物，在国际上享有一定知名度。本刊 1999 年荣获首届“国家期刊奖”，2001 年入选中国期刊方阵“双高”（高知名度、高学术水平）期刊；2002 年被评为第二届“国家期刊奖百种重点科技期刊”，并获第三届“中国科技优秀期刊奖”二等奖。

本刊自 2004 年 7 月已由 80 页增加至 96 页，月刊，A4 开本。每期定价 15 元，全年定价 180 元。国内邮发代号：2-233，国外代号：M105。欢迎广大作者踊跃投稿，欢迎广大读者及时到当地邮局订阅，漏订读者可直接与本刊编辑部联系补订。

编辑部地址：北京市先农坛街 1 号

邮编：100050

联系人：李淑芬、张晓晔

电话：010-63165208 **传真**：010-63026192

电子信箱：yxxb@imm.ac.cn