

中药前处理、提取浓缩及分离设备与工艺

张洪飞

(通化玉圣药业股份有限公司, 吉林 通化 134008)

摘要:以中药前处理、提取浓缩、分离过程为叙述对象,分析了其工艺与设备要求,特别说明了中药提取和分离阶段工艺复杂、人为因素多,因此要求操作人员必须真正掌握设备性能和生产工艺的原理。

关键词:中药;前处理;提取;浓缩;分离;工艺;设备

中药制药前处理工序一般包括药材的挑选、洗药、润药、切药、干燥、粉碎等;提取工序一般包括提取、浓缩、分离(醇沉/水沉、过滤、离心)等。应根据主流产品和生产工艺进行设备选型,按设备的性能和工作原理正确使用设备。通过工艺流程可见,在前处理阶段,药品质量和生产成本已经基本定型。如果生产工艺和设备性能不能很好地结合,生产过程中就会出现产品质量不稳定、原材料消耗大等问题。经过前处理和提取工序的加工,药材变成了药品的中间体,最终成为药品。

中药制药前处理和提取工序是生产中的关键工序,也是最容易被管理者忽视的工序。设备操作人员对设备的工作原理理解不到位,就不可能正确地使用设备。因此,设备和生产工艺的有机结合及设备的正确使用,是提高质量和效益的一个重要环节。

1 前处理提取设备与工艺

1.1 洗药机

药材(中药饮片)的表面不但有泥沙等杂物,还有大量的霉菌。洗药的目的就是要除掉泥沙和大部分霉菌。目前在大部分制药企业使用的都是滚筒式洗药机,用喷淋水进行洗药。有的企业不论是什么药材都是用同一个速度、水量进行清洗,当叶、茎、根、切片时就会出现不同的清洗效果。

洗药机应根据不同的品种,用不同的转速和喷水量去清洗不同的药材。在洗净的前提下,尽量缩短洗药时间,避免有效成分的损失。其可对滚筒式洗药机进行改造,增加调速装置和增压设备,以针对不同的药

材采取不同的清洗方式。

1.2 润药机

目前大部分中药制药企业都在使用注水式真空润药机。真空润药机工作原理:用真空将药材纤维空隙中的空气抽出,水在负压条件下通过毛细管迅速进入植物细胞组织中。润药的目的是让失水的植物细胞吸水膨胀,为提取工序创造条件,因药材中的有效成分一般在水(或其他溶媒)作用下才能实现交换。其中,控制真空度可以实现最佳的渗透效果;控制加水量可以防止有效成分流失;控制润药时间可以减少有效成分的酶解(某些苷类细胞内存在着与其相应的水解酶,时间过长部分苷会被水解掉)。

润药机的使用过程应注意:根据不同的药材,确定不同的真空度及时间;根据不同的药材,确定不同的加水量,尽量做到水尽、药透。老式润药机是注水式真空润药机,因润药效果不好近几年基本已被汽相式润药机所替代。老设备可以用操作技巧来弥补缺陷。为保证真空度,可分3次将真空度降到最大(即脉动3次),还可以将注水管改成淋水盘,润药效果也会得到改善。

1.3 干燥设备

目前还有许多制药企业,使用的都是蒸汽式干燥箱和远红外线干燥箱。因能耗大,效率低,对工作环境影响大(温湿度和粉尘),近几年逐渐被微波干燥灭菌机所取代。微波干燥灭菌机以能耗低、效率高、对环境影响小的特点,被越来越多的企业所采用。微波灭菌干燥机在前处理阶段,主要有3项功能:干燥、灭菌、破壁。

微波加热的原理:一是通过“介电损耗”(介电加热)。具有永久偶极的分子在2 450 MHz的电磁场中所

能产生的共振频率极高,使分子超高速旋转,动能迅速增加,从而导致温度升高;二是通过离子传导。离子化的物质在超高频电磁场中以超高速运动,因摩擦而产生热效应。极性分子(主要是水分子)加热汽化后被设备上的轴流风机抽走,物料被干燥。

微波灭菌的原理:微波杀菌是微波的热效应和生物效应共同作用的结果。微波对细菌的热效应是使蛋白质变性,使细菌失去营养、繁殖和生存的条件而死亡;生物效应是微波电场改变细胞膜断面的电位分布,影响细胞周围电子和离子浓度,从而改变细胞膜的通透性能,细菌因此营养不良,不能正常新陈代谢,细菌结构功能紊乱,生长发育受到抑制而死亡。此外,决定细菌正常生长和稳定遗传繁殖的核酸(RNA)和脱氧核糖酸(DNA),是由若干氢键紧密连接而成的卷曲形大分子。足够强的微波场可以导致氢键松弛、断裂和重组,从而诱发遗传基因突变,或染色体畸变,甚至断裂。微波灭菌干燥机就是利用微波的上述功能达到灭菌的目的。根据微波灭菌的原理,对灭菌后的物料进行菌检时要注意时间,间隔时间过短会使受损的细菌细胞得到修复,使检验结果失真。

微波干燥灭菌机使用时要注意:(1)不得空载运行,否则会烧毁设备甚至爆炸;(2)微波源要有时段记录,磁控管寿命一般在4 000 h左右,超时使用微波能会衰减;(3)物料水分低于14%会影响灭菌效果;提取浸膏含水量高于40%时,要用微波真空干燥机进行干燥,用隧道式微波干燥机易造成设备的损坏;(4)微波对水的穿透厚度约在2~3 cm,作业时要注意物料厚度;(5)干燥物料时温度一般在80~90℃,温度越高,吸收性越好,易造成物料过干甚至碳化;(6)药材必须润透,否则微波不能破壁(可切开检验)。进行破壁时,微波能要达到能使植物细胞内水分汽化的能量和时间;(7)原料中既有粉碎料又有提取物时,可将提取浓缩后的药液掺在粉碎料中,经微波处理,干燥灭菌可同时完成,既节约能源又节省时间;(8)用于前处理的微波设备尽量选用功率大一点的,可以保证质量和产量。

1.4 粉碎设备

中小型制药企业使用的粉碎机基本是以TF-400

型柴田式粉碎机为主。其工作原理:在机器主轴上装有打板、挡板、风叶3部分,由电动机带动旋转。打板和嵌在外壳上的边牙板、弯牙板构成粉碎室,物料通过加料口进入到粉碎机中,通过其间的快速相对运动,形成对被粉碎物的多次打击和互相撞击,达到粉碎目的。粉碎后的物料在气流的作用下被吹到旋风分离器进行风选,再经过筛,将粗粉和细粉分开,细粉被风送到集粉装置内收粉,粗粉被送回到粉碎室内重新粉碎。在生产使用中,部分使用者感到实际产量与制造商提供的参数相差甚远。除加工品种、粉碎细度(筛网目数)不同外,一个重要原因是循环水和负压仓的使用不正确。循环水温度过高或不用循环水,粉碎室内温度高,药材纤维发软不易粉碎。另外,集粉装置一定要放在负压仓内,粉碎后的细料在气流的作用下才可顺利地进入集粉装置。一般可采用单机除尘的方式使集粉间形成负压,排风、降温、除尘一同解决,产量也会大大提高。另外粉碎前对需粉碎的物料进行粗打和混料,也是提高产量和粉碎效果的好办法。其设备布置示意如图1所示。

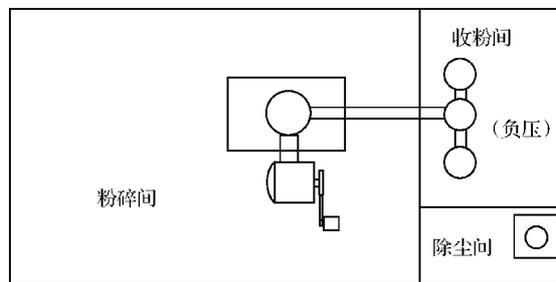


图1 粉碎设备的布置示意

2 中药材溶剂提取工艺与设备

提取是指利用适当的溶媒和方法,从原料药材中将可溶性有效成分浸出的过程。中药材中所含成分很复杂,可分为:有效成分,指起主要药效的物质,如生物碱、苷、挥发油等;辅助成分,指本身没有特殊的疗效,但能增强或缓和有效成分作用的物质;无效成分,指本身无效或有害的成分。中药提取过程就是一个将工艺设备原理、物料性能及操作方法有机结合的过程。

2.1 中药材溶剂提取的工艺原理

中药提取的工艺过程是溶媒进入药材的细胞组

织、溶解或分散其有效成分,变为浸出液的过程。

在浸润、渗透阶段,溶媒首先附着于药材表面,使之湿润,然后通过毛细管和细胞间隙渗入细胞内,这种湿润作用对于浸出有很大的影响,中药材不能被浸出溶媒湿润,浸出也就无法进行。因此,在生产中用洗药和提取前的浸泡来代替润药工序是不妥的。浸泡时间短不能达到润透的效果,浸泡时间长植物细胞内的水解酶会分解药材中的有效成分。如果提取的有效成分在植物细胞内,还可在润药后用微波干燥灭菌机对中药材进行植物细胞“破壁”。细胞壁是植物细胞独有的,它韧性较大。利用微波进行植物细胞破壁的原理是:植物坚硬的细胞壁保护着原生质体,并且维持着细胞的一定形状,它的主要成分是纤维素。大多数植物细胞中都有一个或几个液泡,液泡中充满了液体。植物细胞内的极性水分子是微波能作用的介质,细胞内的水分子可以最大限度地吸收微波能,水分子在微波能的作用下迅速汽化使植物细胞壁破裂,这就为植物细胞内的有效成分在提取过程中的浸出创造了条件。对植物细胞进行破壁的目的,就是获取植物细胞内的有效成分。因中药材成分复杂,是否需要进行植物细胞破壁,要根据提取的目标和工艺验证来确定。

中药材在提取过程中要经过浸润、溶解、扩散、置换等几个阶段,浸润是溶解、扩散、置换的前提。在提取过程中溶媒通过毛细管和细胞间隙进入细胞组织后与经解析的各种成分接触,使其溶入溶媒中,这一过程称为溶解阶段。当溶媒在细胞中溶解大量可溶性物质后,细胞内溶液浓度显著提高,使细胞内外出现浓度差和渗透压差,细胞内高浓度的溶液可不断向低浓度方向扩散。由于渗透压的作用,溶媒又不断进入细胞内,以平衡其渗透压,这一过程称为扩散阶段。在中药材提取过程中几个阶段往往是交叉进行的,这就要求在设备操作过程中要根据工艺要求,经过工艺设备验证,来确定设备操作过程中的操作顺序、温度、压力、时间等参数。以达到尽可能多地提取有效成分,以保证每批提取物的质量均一性,降低生产成本的目的。

2.2 常用的提取溶媒

在提取过程中,溶媒的选择对提取效果有显著影

响,使用不同的溶媒设备操作的方法也不相同。在中草药提取中常用的溶媒有水和乙醇。

作为常用的浸出溶媒水,经济易得,极性大而溶解范围广。同时,水的选择性差,在提取过程中会提出大量的无效成分。药材中的生物碱类、苷类,有机酸盐、鞣质、蛋白质、糖、树胶、色素、多糖类以及酶和少量挥发油都能被水浸出。水的质量对提取液的质量也有一定影响,最好用经过净化和软化处理的纯净水做提取溶媒。

乙醇为半极性溶媒。用乙醇提取可减少药材中粘液质、淀粉、蛋白质等杂质的浸出。乙醇的溶解性能介于极性与非极性之间,既能溶解水溶性的某些成分,又能溶解非极性溶媒所溶解的一些成分。乙醇做溶媒也有一定的缺陷,乙醇具有药理作用,价格贵,易燃易爆。

在中草药提取工艺中,用乙醇作为提取溶媒时,乙醇的浓度要以能浸出有效成分、满足工艺需要为度。不宜盲目地使用过高浓度的乙醇,一般用90%以上的乙醇提取挥发油、有机酸、树脂、叶绿素等。用50%~70%的乙醇提取生物碱、苷类等。用50%以下的乙醇提取苦味质、蒽醌化合物等。因用乙醇做溶媒进行提取时涉及设备操作方法及乙醇回收的问题,所以,在厂房设计、设备选型和操作上应有不同的要求。醇提车间要按防爆要求设计施工,所有电器设备必须符合防爆要求,屋面要用轴流风机来降低室内乙醇气体的浓度,同时要配备乙醇回收和储存设备。

2.3 影响提取效果的因素

2.3.1 药材粉碎度的影响

如以水做溶媒时,药材易吸水膨胀,提取时药材可粉碎得粗一些,或者切成薄片和小段。提取设备应采用排渣口大的直桶式或倒锥型提取罐。用乙醇作溶媒时,因乙醇对药材膨胀的小,中药材可粉成粗粉以提高提取效果。

2.3.2 提取时间的影响

一般提取量与提取时间成正比,但经一定时间后,扩散达到平衡时,时间即不再起作用。提取时间对提取液的质量也有影响,时间过短,达不到浸出目的;时间过长,挥发性成分损失过大,提取液中杂质也会增

多。确定提取时间的长短,应根据提取方式、投料量多少和药材性质。一般比较坚实及成分不易提出的药材,可适当地延长提取时间;含挥发性成分和质地脆弱而有效成分易于提出的药材,则可适当减少提取时间。

2.3.3 提取温度的影响

高温能使植物纤维组织软化、细胞内蛋白质凝固、酶被破坏。沸腾可增加物质的溶解和扩散速度,有利于浸出。但过高的温度也会使某些有效成分受到破坏而失效,同时高温提取时,无效成分、辅助成分的浸出量也会增多。这不仅会增加提取物中的杂质,而且会给后期的精制造成困难,特别是在口服液和注射剂生产中会影响产品的澄明度。所以,在提取工艺考核时要以有效成分转移率作为主要指标,在设备操作时,一定要合理地使用罐内明汽和夹层加热,防止在提取罐的底部形成过热的区域和药材冷堆。在使用底部只有明汽加热,没有夹层加热的多功能提取罐时,可采取强制循环的方式来消除提取罐底部的过热区域和药材冷堆。

2.4 常用的中药提取设备

2.4.1 多功能提取罐

多功能提取罐(如图2)是一种常用的提取设备。

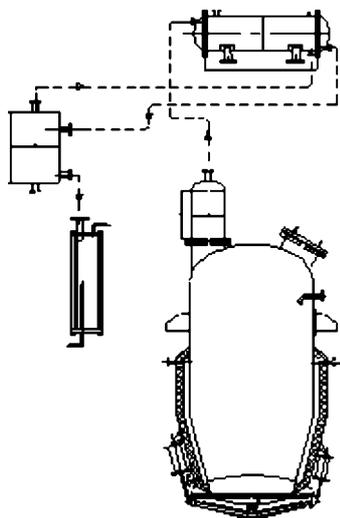


图2 多功能提取罐

优点:操作简便、工艺应用灵活,可根据工艺需要同其他设备进行不同的组合。可用常压、减压、加压、水煎、温浸、渗漉、强制循环等提取方式进行中药材的提取。特别适合对植物茎叶类中药材的短时间提取。因为用途广,工艺适应性较强,所以称多功能提取罐。

缺点:提取过程要分几次完成,溶媒消耗量大,提取时间长。提取浓缩不能同时进行,提取液量大,浓缩时能源消耗大。

一般情况下多功能提取罐罐内操作压力为0.15 MPa,夹层压力为0.3 MPa,属于压力容器。在操作前要检查安全阀、压力表、减压阀等安全附件是否有效。

如果将多功能提取罐同浓缩等设备组合起来进行动态连续提取,还是有一定的工艺优势的。浸提的关键在于保持最大的浓度差。因为没有浓度差,其他的因素都失去作用,浸提过程也就终止。所以用多功能提取罐进行提取时,当提取液中的浓度差消失后就要更换新的溶媒,过长的提取时间是没有意义的。

2.4.2 热回流提取机组

热回流提取技术是近几年发展起来的一种新的提取技术。热回流提取机组(如图3所示)集热回流提取、渗漉法提取、索氏提取3原理,结合外循环浓缩技术,把提取与浓缩置于一套设备内,提取、浓缩同步进行,从而简化了工艺,缩短了生产时间,节约了能源(可节约蒸汽50%)。由于提取过程溶媒用量少,浓缩过程溶媒损失少,大大地降低了溶媒的消耗量(可节省30%以上)。

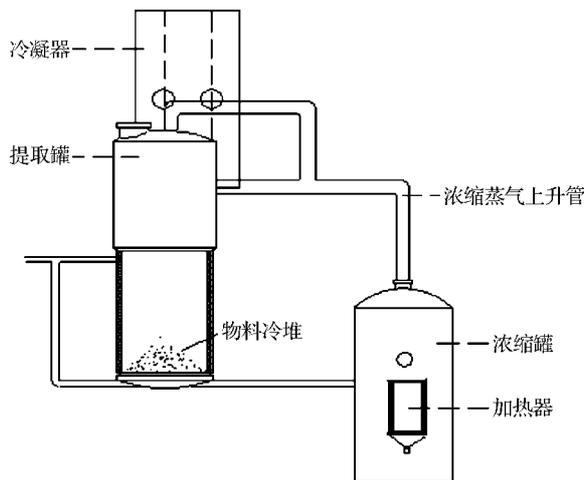


图3 热回流提取机组

2.4.2.1 热回流提取机组的提取过程和原理

将需提取的药材投入提取罐内,根据工艺需要加入药材量5~10倍的溶媒,如水、乙醇等。开启提取罐夹套蒸汽阀门(水提可以开通罐内直通蒸汽),使提取罐内液体加热至沸腾20~30 min后,将1/3提取液放入浓缩罐。关闭提取罐夹套(直通)蒸汽、开启加热器蒸

汽对液料进行浓缩。浓缩时产生的二次蒸汽，通过蒸发器上升管进入提取罐内，作为提取的新热源和溶液，维持提取罐内的温度。二次蒸汽在提取罐内继续上升，经冷凝器冷凝成热的冷凝液，回落到提取罐内作为新溶媒加到药面上。新溶媒自上而下通过药材层到提取罐底部，同时药材中的可溶性有效成分溶解于提取罐内的溶媒中。提取液再由提取罐的底部放入浓缩罐中，浓缩产生的二次蒸汽又送到提取罐内作新热源和新溶媒，这样就形成新溶媒大回流提取。使药材中溶质密度与溶媒中含溶质的密度保持较高的梯度差，药材中的溶质可快速溶出，直至完全溶出(提取液无色)。

2.4.2.2 热回流提取机组的特点

优点:回流提取比渗漉提取时间短，速度快；回流提取比常规煎煮提取使用的溶媒少，耗能低；因在回流提取过程中在提取罐内创造了最大的浓度差，可以获得较好的提取效果，特别是使用有机溶媒提取时，热回流提取机组的优点更能充分地体现出来。

缺点:在提取过程中提取罐内的溶媒浓度不断降低，在多提出有效成分的同时，提取出来的杂质也多。热回流提取机组对操作人员的操作技术和经验要求更高，要求操作人员不但要了解工艺原理、设备性能，还要有一定实践经验的积累。在操作过程中如果提取罐、浓缩罐、冷凝器三者之间的温度差、压力差协调不好，不仅要影响提取、回流效果，还会造成能源和有机溶媒的损失。另外，热回流提取机组的工作原理决定了对中药材中热不稳定成分以水作溶媒提取时，不宜使用热回流提取机组。

2.4.2.3 热回流提取机组的使用注意点

(1) 药材不宜太细，以免堵塞孔隙，影响回流效果。
 (2) 用有机溶剂做溶媒时，应用夹层蒸汽加热，不能用罐内直通蒸汽加热，否则提取罐内有机溶剂的含量会越来越低。
 (3) 要通过验证确定每罐的药材投放量，热回流提取原理决定了投料量要比多功能提取罐的投料量大。
 (4) 根据药液浓度确定开始回流的时间。回流时间过早，提取液浓度低会延长有效提取时间；回流时间过晚，提取液浓度饱和不利于有效成分的提取，还浪费能源。应该在提取(沸腾)1 h后，将部分药液放入浓缩罐，

开始回流并计时。注意，提取罐内沸腾时要排除罐内的空气，否则罐内会产压。(5) 要对回流液的温度进行控制，不要过低。同时要控制好提取罐内的温度，尽量保持恒温。冷提(90℃以下)杂质少、澄明度好，热提效率高、澄明度差。沸腾的目的是增强溶液的扩散和渗透作用，沸腾虽可以在短时间内缩小溶液的浓度差，但会使许多大分子杂质溶出。回流的主要目的就是在合适的温度下，以渗漉的形式，动态地降低提取罐内溶液的浓度差，在渗透压的作用下，使细胞内浓溶液不断向外扩张，细胞外的溶剂不断进入细胞内。(6) 确定提取时间。过分提取会增加提取液中的杂质给后期分离增加困难，时间过短则提取不完全，浪费原料(需在提取过程中检验溶液浓度)。(7) 提取罐在开始加热时要打开排气阀，排除罐内的空气以免提取罐内产压；开始回流时要关闭提取罐加热蒸汽，在浓缩加热的同时打开冷凝器的冷却水；提取结束时应先关闭蒸汽后再关冷却水，以保持浓缩罐、提取罐和冷凝器之间的温度差，形成循环所必需的热动力。

另外，将热回流提取机组做普通提取罐使用，提取罐底部不通蒸汽，在提取罐底部的药材就会形成冷堆，不但影响有效成分的提出，还浪费药材。

2.4.2.4 热回流提取机组的安装

在提取设备选型时要注意冷凝器的种类和安装方式，最好选用立式冷凝器(如图4所示)。在回流提取过程中需要的是热的回流液。因立式冷凝器和卧式冷凝器结构上有差别，回流效果和冷凝液温度也是不一样的。用于蒸汽冷凝时，立式冷凝器换热管下端通常伸

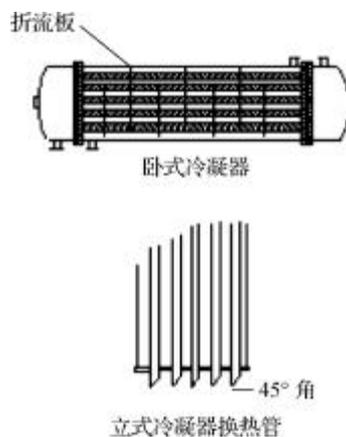


图4 卧式与立式冷凝器

出管板,并作45°斜切面。这样便于冷凝液汇流并及时排除,防止冷凝管内积液造成冷凝液温度过低。立式冷凝器不设折流板,有的设拦液板用来减薄管壁的液膜厚度,降低传热阻力。所以在热回流机组上采用立式冷凝器比卧式冷凝器回流效果要好。

3 中药材溶剂提取液的浓缩工艺与设备

浓缩是使溶液中的溶媒蒸发、溶液浓度增大的过程。蒸发一般情况下是用加热的方法,使溶液中部分溶媒气化并除去,从而提高浓缩液浓度的工艺操作。

3.1 影响蒸发的主要因素

影响蒸发的主要因素有温度、压力和蒸发面积等。在浓缩时我们常用单位时间内的蒸发量计算公式,来计算蒸发量。

单位时间内的蒸发量计算公式:

$$m=s(F-f)/p$$

式中 m ——单位时间内的蒸发量;

s ——液体暴露的面积;

p ——大气压力;

F ——在一定温度下液体的饱和蒸汽压;

f ——在一定温度下实际的饱和蒸汽压。

通过公式可以看出: m 与 p 成反比(减压浓缩的优点), m 与 $s(F-f)$ 成正比(面积越大蒸发速度越快)。

要使蒸发速度加快,则要求加热温度与液体温度有一定的温度差(即加热的温度要绝对高于液体的温度),从而使溶媒分子获得足够的热能不断汽化。在同等条件下,液体暴露面积越大,蒸发速度就越快。在实际操作中我们可以将浓缩罐内的液面高度控制在加热器喷口的1/3处,用液体喷射的动力带动浓缩罐内液面的翻腾,来增加液体暴露面积。

减压蒸发又称真空蒸发。减压蒸发是指在密闭容器内,通过抽真空的方式来降低液体表面压力,使液体低温沸腾蒸发的操作方法。单效、多效浓缩器都可以进行减压蒸发。减压蒸发的优点是:减压蒸发的温度低,蒸发速度快(水在-0.08 MPa时70℃左右便会沸腾),可以减少对热不稳定有效成分的损失,收膏时温

度低,浸膏不易产生焦屑。因减压蒸发速度快,高效节能,是目前较为先进的蒸发方法之一。有时又将减压蒸发装置称为减压蒸馏装置,蒸发与蒸馏的区别在于蒸发不一定收集挥发的蒸汽,而蒸馏则是收集蒸汽。

3.2 浓缩设备

3.2.1 多效浓缩器

3.2.1.1 多效浓缩器的工作原理

双效浓缩器(如图5所示)是将一次蒸发浓缩所产生的二次蒸汽作为下一步浓缩的热源,一次浓缩的药液通过串联管线进入下一效浓缩。以此类推还有三效、四效、五效浓缩器,其根本目的是为了节约能源。

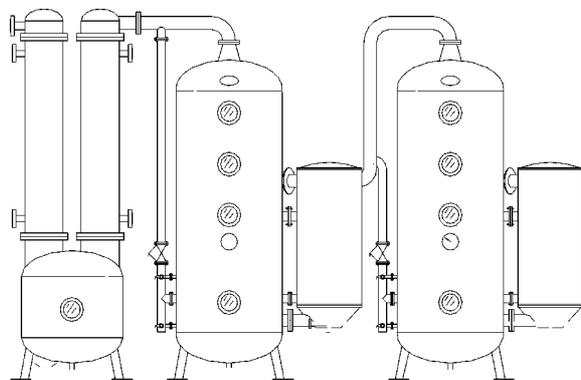


图5 双效浓缩器

例如:单效浓缩器浓缩1 t蒸发量需要1.2 t蒸汽,双效浓缩器则只需要0.57 t蒸汽,三效浓缩器只需要0.43 t蒸汽。即用一次浓缩产生的蒸汽作为下次浓缩的热源来实现节能。如在真空条件下进行低温连续浓缩,节能效果更加明显,更适用于热敏性物料的浓缩。采用真空减压浓缩时,真空度的高低要根据设备结构、物料性质和生产工艺的不同来确定。浓缩水溶液时不回收蒸汽真空度高速度快,回收有机溶剂时真空度不要过高,以减少有机溶剂的损耗。多效浓缩器用作浓缩工艺时,第一冷凝器不要通入冷凝水,否则会产生内回流,使浓缩速度减慢。在回收乙醇时第一冷凝器要通入冷凝水使其产生冷凝作用,以利于乙醇的回收。出料时要注意,必须使设备恢复常压后才能进行出料操作。

多效浓缩器的缺点是残留多、清洗困难,第一效的浓缩温度高、对热敏性成分损失较多。

3.2.1.2 多效浓缩器的使用注意点

(1)为了加快浓缩速度,可采用真空减压浓缩,其

真空度的高低要根据物料性质和生产工艺的不同确定；(2)回收有机溶剂时真空度不要过大，以减少有机溶剂的损耗；(3)设备用作浓缩工艺时，第一冷凝器不要通入冷凝水，否则会产生内回流，减慢浓缩速度，在回收乙醇时，第一冷凝器要通入冷凝水使其产生冷凝作用，以利于乙醇的回收；(4)出料时必须使设备恢复常压。

3.2.2 单效浓缩器(乙醇回收器)

因单效浓缩器(如图6所示)乙醇回收能力大，有时也称之为乙醇回收器。但节能效果不如双效和多效浓缩器。单效浓缩器采用外加热自然循环与真空负压蒸发相结合的方式，蒸发速度快、可减压低温浓缩、浓缩比重大(可达1.3)、清洗方便(打开加热器的上盖即可进行清洗)。另外，单效浓缩器还有操作简单、占地面积小的特点。

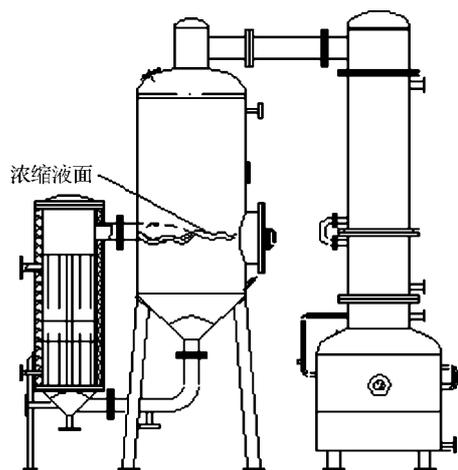


图6 单效浓缩器

3.2.2.1 能源消耗

单效浓缩器能源消耗大的主要原因在两个方面：(1)在加热器内加热稀溶液使溶液中溶媒蒸发所消耗的工业蒸汽；(2)使已经汽化的溶媒蒸汽再冷凝成溶媒液体时在冷凝器中所需要的冷却水。

前者需要供给热量，而后者需要带走热量。被加热的溶液所产生的溶媒蒸汽中含有大量的热能，在这里不但没有得到利用，相反还要消耗大量的冷却水来冷却它。产量越大需蒸发量越大，所需的加热蒸汽就越多，同时所消耗的冷却水也越多。这就是单效浓缩器耗能大的主要原因。

3.2.2.2 单效浓缩器的使用注意点

(1)回收乙醇时蒸发器内温度要控制在 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下，蒸发温度越高冷凝效果越差，回收率就越低，能耗就越多。(2)减压浓缩时真空度不要太高，真空度过高会将汽化的乙醇吸走，造成有机溶液回收率降低。(3)真空度过高还会引起罐内药液过度沸腾，损失药液(没有汽水分离装置的可以通过加装汽水分离装置来改善)。(4)因空气和蒸汽冷凝后体积相差非常大，不能产生所需的压差，使用前要将设备内的大部分空气抽出(可结合真空上料一起完成)，以免影响冷凝效果。(5)冷却循环水温度要低于 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度越低冷凝效果越好。

在正常情况下，单效浓缩器乙醇回收的浓度可达85%左右，再经精馏可达90%~92%。

4 提取液的分离精制工艺与设备

由于中药材所含成分复杂，提取后有效成分、辅助成分、无效成分混在一起，所以必须对提取液进行分离和精制，才能去除无效成分，得到所需要的有效成分。常用的分离精制方法有沉淀法(即静沉、水提醇沉、醇提水沉)、过滤吸附法、机械分离法等。

4.1 沉淀法

乙醇沉淀法是常用的中药水提取液纯化精制方法。

4.1.1 沉淀法的原理

中药材先经水煎提取，药材中的有效成分被提取出来的同时，许多水溶性杂质也同时被提取出来。醇沉淀法就是利用有效成分能溶于乙醇而杂质不溶于乙醇的特性，在提取液中加入乙醇后有效成分转溶于乙醇中，而杂质则被沉淀出来，对中草药提取液进行精制(醇提水沉的原理同样)。

4.1.2 影响醇沉淀工艺的因素

影响醇沉淀工艺的因素有：初膏浓度及温度、乙醇用量及乙醇浓度、醇沉液的pH值、醇沉淀的温度与时间、加醇方式和搅拌速度等。

4.1.2.1 初膏浓度及温度

为了保证醇沉淀时尽可能多地除去杂质，同时减少有效成分损失和降低乙醇耗量，一般要先将提取液

浓缩成一定浓度的初膏。初膏浓度过高,则药液粘稠度大,乙醇与药液难以充分接触(混合),所产生的沉淀物体积大,结块严重,易包裹药液,造成有效成分损失。初膏浓度过低则药液量大,需耗费的乙醇量也大,工艺成本就高。初膏浓度并不是决定醇沉淀工艺中分离纯化的关键性因素,但它决定着乙醇的用量。

4.1.1.2 乙醇浓度及乙醇用量、醇沉液的pH值

乙醇的浓度是醇沉工艺中的关键技术参数。在通常情况下,当含醇量为50%~60%时可除去淀粉等杂质;含醇量达60%时,无机盐开始沉淀;含醇量达75%以上时,可除去蛋白质等杂质;当含醇量达80%时,几乎可除去全部淀粉、多糖、蛋白质及无机盐类杂质。但是,只增加乙醇浓度也不易将鞣质、水溶性色素、树脂等除去。应用调整pH值的方法和增加醇沉时间的方式将其除去。醇沉淀液中含醇量的高低与药物有效成分的溶解有着密切的关系,随着醇沉淀液含醇量的增加,沉淀速度加快,有效成分也会被包裹一起沉淀。通常醇沉淀液的含醇量应在60%~75%之间。

醇沉时加醇的浓度并不是越高越好,加醇量也不是越多越好。当醇沉液的含醇量要求在70%~75%之间时,一般宜用90%左右的乙醇。此时所耗乙醇体积较少,同时与用95%浓度的乙醇相比,回收蒸馏要容易得多。即醇沉淀精制过程中,当乙醇总量低于某一临界乙醇总量时,醇溶物的量随乙醇用量增加而增加;高于临界乙醇总量时,增加趋势减缓直至不再增加。

水提醇沉工艺中用醇量的经验公式:设初膏的重量为 W ,比重为 D ,纯净乙醇的浓度为 C_1 ,经醇洗后要达到乙醇浓度为 C_2 ,加入的乙醇量为 L_1 。在不考虑杂质影响时,等量关系式应为:

$$L_1 \times C_1 = (L_1 + W/D) \times C_2$$

$$\text{即 } L_1 = W/D \times C_2 \div (C_1 - C_2)$$

在实际操作中,用带有液位计的计量罐计量乙醇量时误差较大,进行精细分离时最好使用电子称重模块(托力多产品),用称重法计量比较精确。

4.1.1.3 醇沉淀的温度与时间

醇沉淀的时间与醇沉罐内液体温度有直接的关系。醇沉温度低,沉淀物析出与沉降的速度加快,所需

的静置时间短,反之则长。加醇时药液温度不能过高,以防止乙醇挥发损耗。若含醇药液降温太快,微粒碰撞机会就会减少,沉淀颗粒较细(有时为粥状)难以过滤。在中药提取液醇沉工艺操作中,一般是将乙醇导入常温或低温的浸膏中,进行沉析。

4.1.2.4 加醇方式和搅拌速度

醇沉一开始就加入大量高浓度乙醇或将初膏加入乙醇中,如果搅拌不匀,就会造成局部含醇量过高,淀粉、蛋白质类会迅速沉析并对浓缩液形成包裹,随着乙醇的增加包裹层的质地会越来越致密而且难以分散,势必影响醇沉效果。分次醇沉或以梯度递增方式逐步提高乙醇浓度,有利于除去杂质和减少有效成分的损失,但此时醇沉的操作过程比较麻烦,乙醇用量也会增大。

搅拌在醇沉淀过程中的作用与在其他工艺过程中的作用相似,有利于提高药液与乙醇的接触面积,提高药液与乙醇混合的均一性。一般情况下随着醇含量的增加,沉析速度会加快,沉析的也比较完全。但随着醇浓度的升高,有效成分也会被沉淀物包裹而造成损失。根据这一原理,醇沉时应提高搅拌速度,缓慢加入乙醇。搅拌速度也应有一个合适的范围,过快的搅拌速度会使生成的沉淀颗粒过小,后期难以过滤。搅拌速度过慢药液中局部乙醇浓度过高,沉淀物会包裹有效成分造成有效成分的损失,同时也会使生成沉淀物黏连,从而难以过滤和分离。

4.1.3 沉析设备(醇沉罐)

目前大部分中药生产企业使用的沉析设备,基本上是带有夹套的筒体,醇沉后杂质沉淀在锥底,上清液通过出液管道吸出,罐底安装有球阀或蝶阀作为出渣口。沉析罐的搅拌电机,一般都无法进行转速的调节,操作时开启搅拌浆,将乙醇直接通过管道加入罐内。这种加醇方式不利于乙醇在药液中的均匀分散与混合,易造成有效成分损失,同时还会在醇沉过程中产生块状沉淀物,球阀和直径较小的蝶阀也不利于排渣。

我们可以根据生产工艺的实际情况,对沉析罐(如图7所示)作一些改进来满足生产工艺的需要。如在沉析罐的上部加装一个喷淋管或喷头,以喷淋的方式来实现均匀加醇;通过对电机或减速机的调整来确定合适

的搅拌桨转速(80~100 r/min);通过对搅拌桨角度的调整和增加搅拌桨个数来改善搅拌效果。在料液层比较高的情况下,为了使物料搅拌均匀,在增加搅拌桨个数时,相邻的两层搅拌桨可交叉成90°安装,这样基本可以达到搅拌均匀的效果;将排渣口的球阀改成直径大一点的蝶阀,排渣效果会更好(经过改造还可以进行小批量中药材的提取)。另外,沉析罐的罐体对沉析效果也有影响,如果厂房高度允许,罐体的高度适当高一点,沉析效果会更好。在这里特别强调醇沉设备的电机和视镜灯必须是防爆的。

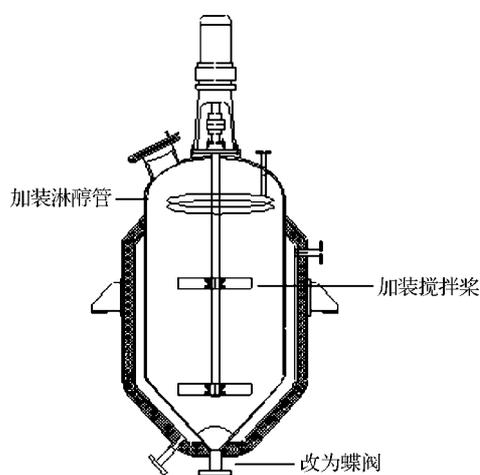


图7 沉析罐

为了在醇沉时保持一个稳定的温度,循环水系统的中间水箱要有足够的容量。凉水塔的处理能力也要足够大,也可以采用凉水塔串联的方式来提高降温效果,夏季高温季节可以用制冷机组辅助降温。在生产中一些量小的醇沉液,可以装桶后放入冷库中进行低温静沉。

4.2 过滤分离

在中药制药工艺中,药液的过滤分离是一项非常重要的精制工艺过程。在口服液、注射剂的生产中尤为重要。常用的过滤分离方式有筛析过滤、吸附过滤、离心分离、膜分离等。

4.2.1 筛析过滤

筛析过滤即将药液中的较大的颗粒拦截下来。

常见的设备有管道式过滤器、桶式过滤器、双联过滤器等。一般过滤精度不高(30~100目),常用于除渣过滤和提取液的粗过滤。

4.2.2 吸附过滤

即通过选用有吸附功能的滤材,在实现拦截过滤的同时,将易产生后期沉淀和影响药液透明度的胶质、腊质、油脂、色素等吸附出来。

常用的设备有板框式过滤器、桶式过滤罐、硅藻土过滤机等。滤材有滤棉、滤纸等。这些设备和滤材大多选择性差、过滤精度不高;操作压力较大,堵塞严重;堵塞后需拆机进行清洗或更换滤材,清洗困难;而且有的滤材还会大量吸附有效成分,造成过滤后有效成分降低。在过滤过程中因温度、压力不同,过滤效果差异很大,工艺控制难度大。

4.2.3 离心分离

离心分离是在液相非均匀体系中,利用离心力来达到液液分离、液固分离的方法。因为离心力比重力要大数千倍,所以离心分离具有分离效率高的特点。特别适合用于含水率高、含不溶性微粒粒径细小或粘度很大、用一般的过滤或沉降方法效果不明显的物料的分

离。离心分离设备可分为两类:(1)过滤式离心分离设备,分离操作的推动力为惯性离心力,常采用滤布作为过滤介质,如三足式离心机等,因污染严重,清洗困难,过滤式离心分离设备不易做液体收集。(2)沉降式离心分离设备,是利用离心机高速旋转而产生的离心力,使溶液中悬浮的较大颗粒杂质(如药渣、泥沙等)或大分子成分(如淀粉、蛋白质等)得以沉降。

离心分离是提高药液透明度的有效分离方法之一。特别是在口服液、中药注射剂生产工艺中,经管式离心机处理后的药液,很少出现后期颗粒状沉淀现象。管式离心机在使用中存在的不足是排渣困难,有时因中药提取液中杂质多,分离前过滤效果不好时,操作过程中需经常拆机除渣;管式离心机的分离因数高,流量控制不合理会造成有效成分的损失。采用碟片式离心机可以改善管式离心机存在的部分缺陷。

我们可以针对中药提取液粘度大、杂质多而且成分复杂的特点,在离心分离前使用一种漏斗式过滤器(如图8所示)对药液进行处理,在漏斗式过滤器中过滤吸附可以同时进行。这种过滤器结构简单,过滤面积

大,直径可做成100 mm左右。滤材组合灵活,滤布、滤棉、滤纸等可根据工艺需要进行组合。操作简单,清洗消毒方便。在过滤过程中,不但可以形成有弹性的滤渣层提高过滤效果,而且在吸附滤液中的胶质和鞣质方面同其他过滤设备相比有很大的优势。特别适合黏性较大的中药材提取液的过滤。在中药口服液(含有大量的糖和蜜)生产工艺中同管式离心机配合使用,可以获得良好的澄清效果。在中药注射剂生产工艺中,作为膜分离的前期处理,可以减少药液中有效成分的损失,为后期精制创造有利的条件。

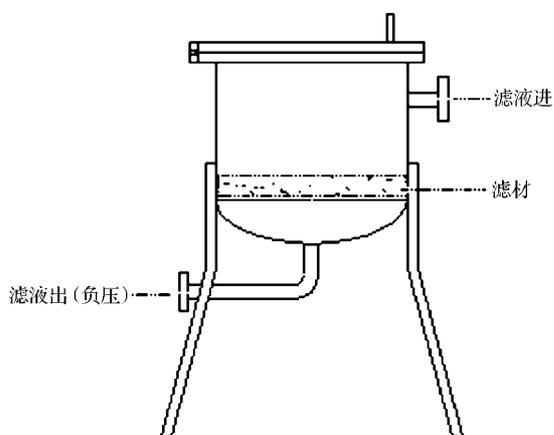


图8 漏斗式过滤器

4.2.4 膜分离

膜分离技术是用筛分原理对液体进行选择性分离的一种先进分离技术。它可以根据所分离物质的分子量大小或被分离物质的颗粒大小进行过滤。与传统过滤形式不同的是滤膜可以在分子范围内进行分离,溶剂或小分子透过滤膜,颗粒、大分子溶剂被滤膜截留。在中药制药企业主要用于注射剂、口服液的精制及各种介质的除菌、除杂过滤。

4.2.4.1 膜分离法的特点

(1)操作温度低,适用于热敏性物质的分离;(2)分离过程中不需外加其他物质,生产成本低;(3)选择性强,药效成分回收率和非药效成分去除率高;(4)选择范围广,适用性强(适用于从病毒、细菌到微粒广范围的有机物分离和无机物的分离);(5)利用膜分离技术还可实现液体的浓缩。但膜分离设备投资大,操作维护时技术要求高。

在制药企业膜分离(过滤)技术的使用范围非常广。

如制水用的反渗透膜、精制用的超滤膜及各种介质精细过滤的滤芯等。在生产中膜分离技术能否正确使用,将直接影响着产品的质量好坏和是否安全。因滤膜/滤芯价格高,对生产成本有较大的影响。在实际操作中有的滤芯/滤膜使用寿命非常短,除产品质量外,主要原因是使用维护不当或因滤芯/滤器的选型不正确造成的。一般情况下,不同材质不同结构的滤芯/滤膜,使用及维护方法是不一样的,特别是在耐热、耐压上有很大的差异。如骨架为聚丙烯材质的滤芯,工作温度就不应高于60℃;水处理用的反渗透膜温度高时产水量大,但反渗透膜的使用寿命就会缩短。水质质量差时,用不用阻垢剂,反渗透膜的使用寿命相差更大。

4.2.4.2 过滤器的选择

膜分离技术在应用时,还要根据分离目标的不同选择不同的滤膜/滤芯。如压缩空气在提取分离工序,有时作为气动元件的动力(气缸、气动阀),有时作为物料输送的动力(用压力输送液体、为过滤提供压力等)同药物直接接触。按GMP要求需要用膜分离技术对压缩空气进行净化处理。一般需要用过滤器来进行汽水分离、除菌、除油等过滤,因过滤器的级别不同过滤效果不同、安装顺序也不一样。

(1)C级过滤器是主管路过滤器。能除去大量的液体及3 μm以上固体微粒,过滤后能达到最低残留油分含量仅 5×10^{-6} 。但有少量的水分、灰尘和油雾存在。C级过滤器安装在空气压缩机冷却器后,其他过滤器之前,作一般保护之用。

(2)T级过滤器是空气管路的高效过滤器。能滤除小至1 μm的液体及固体微粒,达到最低残油分含量仅 0.5×10^{-6} 。过滤后气体还有微量水分、灰尘和油雾存在。T级过滤器安装在A级过滤器之前,冷干机之后,进一步提高压缩空气质量。

(3)A级过滤器是超高效除油过滤器。能滤除小至0.01 μm的液体及固体微粒,达到最低残油含量仅 0.001×10^{-6} 。几乎所有的水分、灰尘和油都被去除。用于H级过滤和吸干机之前,冷干机之后,确保压缩空气中不含油。

(4)H级过滤器也称活性炭过滤器。能滤除小至

0.01 μm 的油雾及碳氢化合物,达到最低残油含量仅 0.003×10^{-6} 。不含水分、灰尘和油,无臭无味。一般用在最后一道过滤,供一些必须使用高质量压缩空气的设备和工艺使用。如用于直接与药物接触的动力、压力等。

(5)超滤技术在口服液和注射剂生产中是精制及除热源的有效方法。因超滤是在分子间进行选择精细过滤,超滤液的前处理对超滤膜的安全和超滤效果是非常重要的。超滤前滤液必须经过离心微滤等方式进行处理,超滤时必须要有微滤进行保护。如:1万分子量的超滤膜前面要有10万分子量的超滤膜或0.45 μm 的滤芯进行保护。

4.2.4.3 滤膜/滤芯的维护保养

滤膜/滤芯的维护保养也非常重要,有的滤膜/滤芯必须在湿态保存,干了膜孔就会闭合而且永远打不开,如超滤膜就必须湿态保存。

滤芯/滤膜在使用一段时间后就会发生堵塞。一般情况下可以通过清洗来降低膜的物理性堵塞程度,清洗效果可以通过选择合理的清洗剂及清洗方法来达到。清洗方法可分为正向清洗和反向清洗,清洗时要注意反冲洗时清洗剂或清洗液中的杂质会残留在膜的下游端,给下一批次的产品造成污染。

根据滤膜/滤芯的结构可知,滤膜/滤芯的最大压差在正向和反向也是不一样的。特别是折叠式滤芯,反向压差一般是正向的2/3左右。如用正向压力进行反冲洗就会造成滤膜的损坏。反向冲洗时还要注意清洗剂和配制清洗剂的水及后期的清洗用水要绝对纯净,

否则会造成膜下游的污染。氢氧化钠和次氯酸钠是常用的清洗剂,在使用时要有针对性。氢氧化钠不能与复杂的多糖化合物完全作用,对一些细胞碎片也不太有效,浓度过高会损坏滤膜。次氯酸钠几乎可以氧化所有的有机化合物和细胞碎片,但在使用时pH值一定要控制在7以上,否则会对不锈钢材料造成腐蚀。应特别注意:不要用盐酸作清洗剂,盐酸会腐蚀大部分不锈钢材料。

5 结语

中药提取分离工艺是决定后期制剂质量的关键工艺,也是易被管理者忽视的工序。在生产实践中生产工艺是通过设备来实现的,设备是由人按不同的方法和工艺参数来操作的。如果工艺部门不了解设备性能,设备操作人员不了解工艺及设备原理,是不能生产出合格产品的。随着中药现代化步伐的不断加快,新技术、新设备、新工艺不断出现,我们只有把设备和生产工艺有机地结合起来才能充分发挥设备性能,保证生产工艺的需要。■

收稿日期:2010-01-05

作者简介:张洪飞(1955-),男,吉林人,高级经济师,副总经理,研究方向:制药机械。

■ 信息广角 ■

2009年度行业标准化先进工作者名单公布

根据全国制药装备标准化技术委员会《委员职责与考核》的有关要求,并结合2009年度标准征求意见稿及送审稿的审查回复情况,经主任办公会综合评议,8名同志被评为2009年度制药装备行业标准化先进工作者。名单如下:

吕志清(黑龙江迪尔制药机械有限责任公司),

田耀华(上海新先锋药业有限公司第四制药厂),杨伟斌(北京国药龙立科技有限公司),郑国珍(重庆科旭制药机械设备制造有限公司),曹彦杰(北京双鹤高科天然药物有限责任公司),陈露真(上海天祥·健台制药机械有限公司),郝孝铭(四川省医药设计院),辛巨祥(无锡华瑞制药有限公司)。

一. 雾化提取设备

1. 工作原理

将原料粉碎后制成的混悬液用雾化器分散成极细小的雾滴，以溶媒逆流接触的方式溶解出药材中目标成分的一种快速浸提过程。

2. 设备特点

(1)、生产效率大幅提高：

喷雾提取为连续性生产，每小时药材提取量可达一吨以上，与普通回流提取相比，效率提高数十倍；

(2)、目标成分回收率高：

此项技术为常温提取，对热敏性的物质具有很好的保护作用，可大幅提高提取物中目标成分的含量，有效成分回收率达 90% 以上；

(3)、溶剂使用量少：

雾化逆流技术提高了目标成分的渗透压，溶剂使用了大幅降低，只有普通回流提取的一半；

(4)、节能环保：

此项技术为常温提取，提取过程无需加热或者少量加热，可大幅降低热能的使用，能耗减低 9 成以上。

(5)、设备成本低

和其他形式的连续提取机组相比，成本只有其 1/5。



3. 技术参数

规格型号	干药材处理量(kg/h)	容积 (L)	刮刀功率(kw)	外形尺寸 (m)			配泵型号
				内径	外径	高	
HS-TQ/300	300	4000	3	1.2	1.4	3.5	YB85-2.8
HS-TQ/600	600	6000	4.4	1.5	1.7	4.5	YB85-2.8
HS-TQ/1000	1000	9000	6	1.7	1.9	4.5	YB120-7.1
HS-TQ/2000	2000	9000	6	1.7	1.9	4.5	YB140-10

4. 适用领域



中药

天然产物

植物农药

保健品

化妆品

5. 植物提取设备对比

提取设备	雾化提取罐	回流提取罐	雾化提取优势
提取时间	瞬间提取	2-10 小时	提取时间短
提取温度	常温	溶剂沸点	热敏性药物不被破坏
有效成分含量	12.1%	7.5%	产品含量高
能耗	电耗 12kw	蒸汽 600kg/小时	少量电耗
溶剂消耗	0.2	0.8	溶剂损耗低
回收率	91%	62%	回收率高
生产能力	连续	批次	处理能力大
	20 吨/日	1.5 吨/日	
	一次提取	2-3 次提取	

6. 服务对象

- (1) 生产大批量、单一植物品种的客户
- (2) 现有的生产效率不满意的客户

- (3) 现有的加工成本不满意的客户
- (4) 现有产品有效成分为热敏性成分的客户
- (5) 有市场发展潜力，要快速提高市场占有率的客户
- (6) 对现有产品有战略考虑，快速树立产品品牌的客户

二. 雾化萃取设备

1. 工作原理

通过雾化技术把液相分散成细小的液滴，增大两相的接触面积。萃取溶剂动态连续逆流与上部雾化料液接触，有效地利用了两相之间的浓度梯度，增大了浓度差和扩散面积，在数秒内完成萃取过程，达到萃取平衡。

2. 设备特点

■ 连续化作业，规模化生产

与传统萃取设备相比，生产效率提高 10 倍以上，每小时可达 2000kg 浸膏。

■ 雾化逆流萃取，节省溶剂用量

与传统萃取设备相比，溶剂用量节省 60%。

■ 有效成分萃取率高

快速达到萃取平衡，目标成分充分溶出，分层迅速，避免乳化现象。

3. 技术参数



规格型号	浸膏处理量(kg/h)	容积 (L)	搅拌功率 (kw)	外形尺寸 (m)			配泵型号
				内径	外径	高	
HS-CQ/300	300	1000	1.5	1.0	1.2	2.7	3JW-C
HS-CQ/500	500	2000	2.2	1.2	1.4	3.2	3JW-C
HS-CQ/1000	1000	3000	6	1.4	1.6	3.2	YB85-2.8

HS-CQ/2000	2000	6000	6	1.5	1.7	4.5	YB85-2.8
------------	------	------	---	-----	-----	-----	----------

4.应用领域

有机化工、医药、食品、环境等领域

三. 雾化醇沉设备

1.工作原理

将中药水提浓缩液通过雾化器形成极细小的雾滴，与酒精逆流接触后，在数秒内完成醇沉过程，达到醇沉酒精浓度要求，使某些药物成分在醇溶液中溶解度降低析出沉淀，得到澄明液体。雾化自身产生冲击力与涡流效应还可起到搅拌的效果，辅助醇沉操作。

2.设备特点

■连续化作业，规模化生产

与传统萃取设备相比，生产效率提高 10 倍以上，每小时可达 2000kg 浸膏。

■雾化逆流醇沉，降低生产成本

设备操作简便，一人独立操作。

■物料醇沉效率高

雾化逆流醇沉，瞬间达到醇沉度数，避免物料包裹。

3.技术参数

规格型号	浸膏处理量 (kg/h)	容积 (L)	搅拌功率(kw)	外形尺寸			配泵型号
				内径	外径	高	
HS-CC/200	200	1500	2.2	1.1	1.3	2.5	3JW-C
HS-CC/600	600	2000	2.2	1.2	1.4	2.7	3JW-C



HS-CC/1000	1000	3000	6	1.4	1.6	3.0	YB85-2.8
HS-CC/2000	2000	6000	6	1.5	1.7	4.5	YB85-2.8

4.应用领域

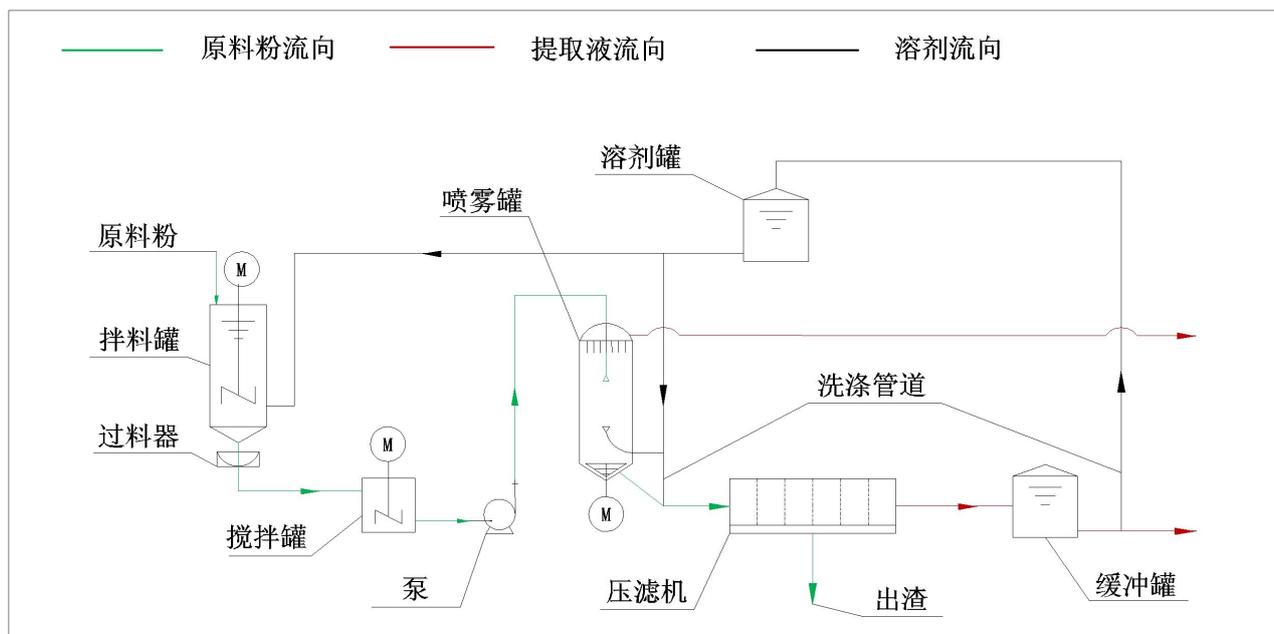
中药、口服液、食品保健品等的酒精沉淀。

四. 植物提取解决方案

1.雾化提取配套设备

- (1) 药材物料输送系统
- (2) 溶媒输送控制系统
- (3) 提取配料搅拌系统
- (4) 在线反吹过滤系统
- (5) 渣液分离系统
- (6) 溶剂回收系统
- (7) 电气操作控制系统

2.设备流程图



3.应用实例

丹参 3000 吨/年生产线

绿茶提取物生产线

五. 合作流程

1.前期咨询

加工药材名称，产品性质，常规提取方法，质量要求，加工成本。

2.验证实验

客户提供药材样品及提取成分检测方法，对照品等进行提取成分收率/回收率确认，提供准确优势比较。

3.签订合同

生产无技术问题，确定设备或生产线，订立设备购销合同。

4.加工生产

按指定加工周期内完成设备制作，发货。

5.售后服务

技术操作培训及后期故障维护。

六. 专利

(1) 利用高压喷雾逆流法提取天然植物有效成分的装置及方法，专利号：
201210230560

(2) 一种利用喷雾逆流萃取法制备丹参素的工艺，申请号：201210086309

(3) 一种利用高压雾化结合逆流的醇沉技术及装置，申请号:201210597486



2.外联合作

公司重视技术创新和科研交流，先后和西安交通大学、陕西师范大学、延安大学、陕西中医学院、“西北濒临药材资源开发国家工程实验室”以及陕西省 GAP 工程技术研究中心和“13115 技术工程研究中心”等科研院所建立了良好的合作关系；与陕师大“药用资源与天然药物化学”教育部重点实验室，共同组建了“西安鸿生植物化学研究中心”和“天然药物化学研究与工程技术中心”。



联系人：霍国强
咨询电话：029-88452005转812
手机：18291479004
QQ:445371208
西安鸿生生物技术有限公司