

UW500 集散控制系统在中药制药过程中的应用

摘要：本文主要介绍了 DCS 集散控制系统在中药制药过程的应用，重点对提取工段和浓缩工段进行了控制过程的详细说明，并对控制难点进行了突破，最后对设置参数进行了说明。该项目顺利竣工，运行良好，为客户带来显著的经济效益。

一、概述

中药是中华民族瑰宝，作为天然药物，正成为一种世界性的潮流，这为中药的发展提供了前所未有的机遇。但是，现在国内大部分中药生产企业还停留在人工生产方式，或是自动化水平不高，严重影响我国中药产品走出国门。因此，实现中药生产现代化、提高中药产品质量显得尤为为中药。

杭州优稳公司作为自动化控制装备供应商，经过二十几年的技术积累，开发出高可靠性、高安全性、高适应性的自动化控制系统，并结合对制药行业控制需求的深入了解，助力制药企业快速实现现代化生产。下面以湖北某制药公司中药制药项目为例，对 UW500 的实际应用进行说明。控制范围包括 6000L 提取罐 4 台，6000L 提取液储罐 8 台，1.5T 双效浓缩器 2 台，1T 单效浓缩器 1 台，2000L 浓缩储罐 3 台，酒精蒸馏塔等。

二、控制方案

2.1 提取工艺

提取罐每罐投入药材约 500kg，第一次加 10 倍量水，待沸腾后计时煎煮 2 小时；第二次加 10 倍量水，待沸腾后计时煎煮 1 小时；第三次加 10 倍量水，待沸腾后计时煎煮 1 小时；煎煮后的药液经双效浓缩器缩至相对密度为 1.20 后，存入于收膏罐待用。

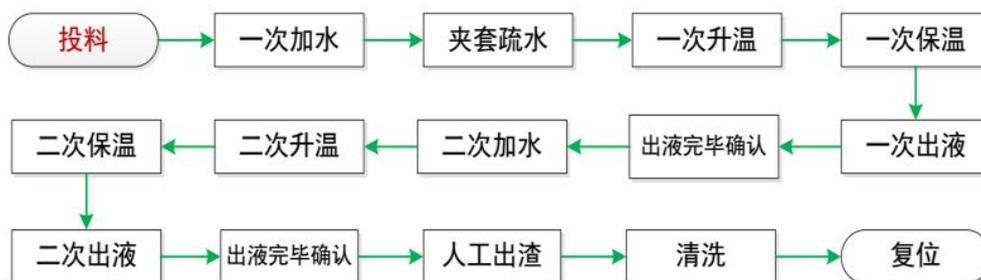


图 1 提取工艺流程

2.1.1 控制过程说明

- 投料生产前的管控系统准备：生产管理系统下达生产指令，提取段操作员站获取批生产指令后，控制系统首先检测提取罐的状态，如果提取罐处于待生产状态（提取罐已清洗完成，出料口盖已经关闭到位，上投料口盖打开，伸缩桶就位，无其他故障信号），人工进行投料。投料完成后人工确认投料完成。

- 提取罐收到“投料完成”信号后，系统自动完成收起料筒，关盖，自动调用产品相关的生产工艺参数（包括提取方式、浸泡温度、浸泡时间、煎煮温度、煎煮时间、循环间歇时间、煎煮次数、溶媒量、溶媒类型、煎煮次数、流速、蒸渣温度、时间等），此时提取罐按照生产工艺要求进入生产流程；

- 溶媒添加控制阀自动打开进行溶媒添加，自动计量累计量，当溶媒添加的流量计检测到达到设定值时，自动关闭溶媒添加控制阀，开始进入浸泡升温；

- 浸泡升温时，自动打开蒸汽阀，对提取罐开始加热，加热过程中按建好的升温曲线，结合 PID 自动控制，保持加热温度相同，温度达到后启动保温调节回路并开始计时。在浸泡提取过程中，通过温控回路及夹套压力联合控制蒸汽加热阀，保持浸泡温度。

- 浸泡时间到后，进入煎煮升温，自动打开蒸汽阀，对提取罐开始加热，加热过程中按建好的升温曲线，结合 PID 自动控制，做到加热温度相同，保证整个提取过程工艺参数的重现性以保证提取液的均匀性，升温至保温温度（根据需求可选），启动保温调节回路并开始计时，计时到后开始升温至煎煮温度并判断计时，升温 and 煎煮过程中根据预设的打循环程序，打开料液循环阀，启动循环泵，开始循环，药液的循环可为间歇式或连续式，循环方式、间歇时间均可在操作员站上进行设定和调整。在煎煮提取过程中，通过温控回路及夹套压力联合控制蒸汽加热阀，在保持煎煮温度的同时，可以按工艺要求保持罐体内的微沸或暴沸状态；

- 在循环或者出液过程中，系统根据泵后的流量计判断阻塞情况，当出现阻塞时，系统发出报警信息并自动关闭出液阀，用饮用水对过滤器进行反冲，反冲一定时间后（可设定）打开出液阀，看出液是否恢复正常，如果还没有恢复正常，重复饮用水反冲过程直至可以正常出液，若连续多次反冲未果，自动切换过滤器，并报警提示操作人员去现场检查过滤器，清除堵塞情况。在出液过程中，还可根据提取液储罐内的药液量来判断是出液完成还是过滤器堵塞；

- 当加热温度达到设定值时，系统开始累计提取时间，时间达到设定的提取时间时，停止煎煮，系统自动关闭循环控制阀。当储罐具备进药条件（批次相同、罐顺序相符、储罐非高液位等），控制系统自动开启出液阀、储罐进药阀和出液泵，提取罐向储罐出液。结合储罐液位测量，采用智能判断，自动判定出药结束。出药结束后，关闭泵及相应阀门。

- 出料完毕，系统根据工艺情况，人工确认是否进入第二次提取，并统计上报第一次的提取生产数据、更新第二次提取工艺参数，此时系统按新的工艺参数自动添加溶媒开始下次煎煮，以后煎煮与第一次提取控制原理一致，其中浸泡保温操作可省去；

- 在最后出料完毕后，全部提取过程完毕，系统通过信硬件连锁，向出渣车发出“出渣请求”信号，要求出渣，出渣车接到确认信号后，自动运行到相应提取罐的接料位置后，向系统发出“出渣确认”信号，系统接到确认信号后，发出开盖提示信号，并自动打开安全连锁保护装置，打开开盖气缸，自动出渣，出渣结束后，关闭罐盖，同时向系统发出“出渣结束”信号。在出渣过程中，系统严格控制与出渣系统的逻辑连接，在同一个出渣区，同时只能有一个罐的出渣请求信号，并且当一个罐出渣结束后，需经一个合理的间隔时间后，方可允许另一个罐发出出渣请求。系统严格控制开、关盖气缸与解锁、锁紧连锁装置及出渣车到位的连锁，防止误操作；

- 在出料完毕后，提取罐根据工艺要求选择进入清洗状态；

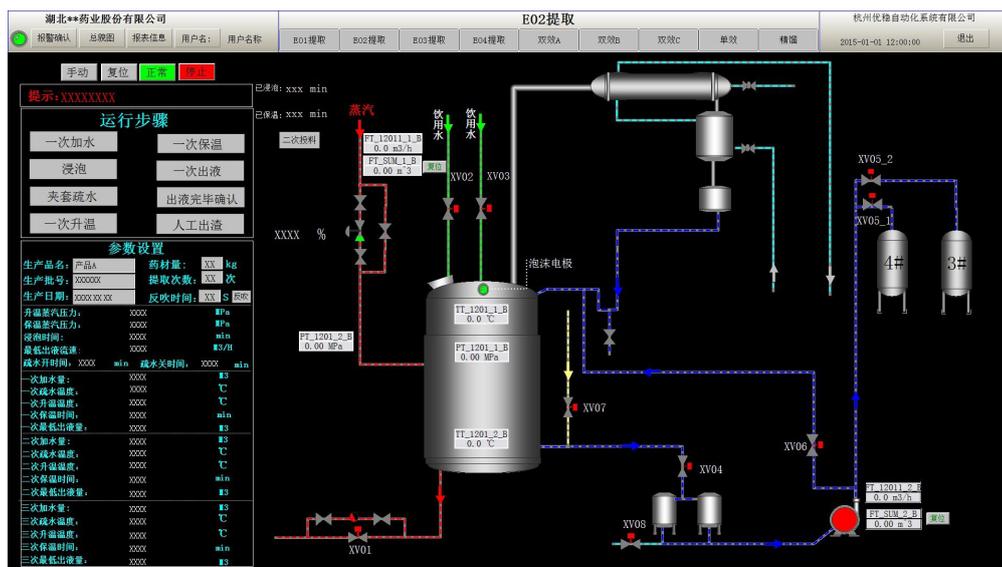


图 2 提取工段组态画面

2.1.2 控制要点

- 提取罐设上下夹套蒸汽调节阀和底部夹套蒸汽阀，加热过程完全按跟踪的升温曲线进行加热，保证提取过程的重现性，开始先所有蒸汽阀门都全开，减短加热时间，当升温快接近沸腾温度时，关闭上夹套蒸汽阀，只打开下夹套和底部蒸汽阀进行加热，同时启动温度调节 PID 控制回路并与夹套蒸汽压力及罐体内温度联合进行微沸控制，在保证提取效率的同时大大节约蒸汽；
- 系统根据温度调节 PID 控制回路并与夹套蒸汽压力及罐体内温度联合控制，可实现瞬间暴沸状态，暴沸的目的使药材不漂浮在液面上；
- 当提取温度达到沸点（提取设定温度）时，系统开始自动累计提取时间，同时利用 PID 控制回路与罐内温度传感器、夹套压力传感器进行联合控制，使提取罐处于一直微沸状态；
- 提取罐下盖的安全控制非常重要，错误的动作会不仅损坏开盖装置还会对人身造成伤害，因此，对位置开关信号的检测一定要可靠，当位置检测出现故障，系统需报警提示，并停止下一步动作，直到故障解除；
- 开盖过程中，由于罐盖的自重及药材的重量，有时会出现罐盖急速下坠，长时间运行会损坏开关装置，因此，从程序上在开盖时先对开盖汽缸进行充气，使整个开盖过程平稳匀速；
- 出渣车行走采用变频控制，采用变频目的是让出渣车行走速度可调，特别是启动和停止时速度能够得到缓冲，保障出渣车的稳定运行。

2.2 双效浓缩工艺

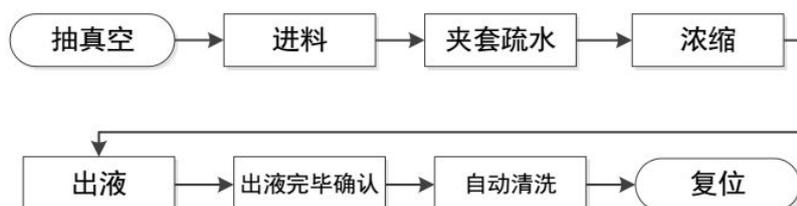


图3 双效浓缩工艺

2.2.1 控制过程说明

浓缩过程共包含五个阶段：

- 打开循环冷却水进口阀门，使冷却水充满冷凝器壳程，打开真空阀门启动真空，关闭与外界接口阀门，开启浓缩设备内部相应阀门，当一效与二效的真空度到设定值后，自动开启储液罐出料阀，打开进料阀，向一效二效蒸发缸同时加入料液；

- 当一效、二效料液至起动料位时，打开蒸汽阀向一效加热缸加入蒸汽，加热过程按建好的温度曲线进行，保证浓缩工艺过程的重现性，保证升温时间相同，升温温度相同，一效开始浓缩，紧接着二效开始浓缩，此时设备进入第一阶段，进料浓缩阶段；

- 在进料浓缩阶段，提取液储罐一直持续自动向一效二效加入料液，当一效二效的液位达到持续浓缩液位时，设备进入第二阶段持续浓缩阶段，关闭一效、二效进料阀，同时通过PID回路进行联锁控制，检测温度、压力、真空度、液位等，控制系统通过真空度、压力、温度的联合控制，保证设备在高效、稳定、节能的状态下运行；

- 当出现泡沫时，液位计接触到泡沫后进行报警，打开破空电磁阀并延时设定时间进行破空，进行消泡；

- 当蒸发缸液位低于正常蒸发液位时（此液位在系统上设定），打开一效和二效进料阀，保证液面的平衡。二效到达蒸发液位时关闭二效进料阀，一效达到蒸发液位时关闭一效进料阀。

- 持续浓缩阶段过程中，通过PID回路联合压力、温度、真空度控制，保持浓缩液面的一致性，冷凝液贮罐设有高液位开关，当高液位开关检测到高液位时，冷凝液贮罐自动切换至排放冷凝液状态，自动启动冷凝液排放泵同排放冷凝液至汽凝水储罐（醇提浓缩回收酒精），达到排放时间后自动切换至接收冷凝液状态。

- 当储罐内液位计检测到无本次浓缩液时，并结合判空程序，自动判断储罐是否抽空，如果抽空，则自动关闭储罐出药阀、浓缩进药阀，浓缩设备进入第三阶段，无来料浓缩阶段。

- 若在此过程中，储罐内又有料液进入，此时，储罐发出出料请求，系统进行判断（核对批号、品名）是否打开浓缩设备进料阀进料，判断后进行确认，确认进料时打开储罐出料阀、进料调节阀继续重复前面的浓缩，等到储罐再次出料结束后，关闭储罐出料阀、进料阀，再次进行第三阶段无来料浓缩阶段；

- 设备再次进入第三阶段，无来料浓缩，当一效蒸发缸液位达到设定液位时，设备进入第四阶段，倒料浓缩阶段，启动倒料程序，此时，关闭二效真空阀，打开一效直接抽真空阀，开启二效破空阀破真空，开启相关药液阀门，利用真空将二效内的药液抽到一效蒸发缸内，继续浓缩，倒料结束后，二效自动补水，以防止结焦；

- 浓缩设备转入第五阶段，出料浓缩阶段，在出料浓缩阶段，系统一直开启出料泵，将物料进行循环检测密度，当密度计检测到设定的密度时，启动密度判断程序，系统确认密度达到后，浓缩结束，自动开启破空阀破真空（为防止浓缩液温度过高，可保持较低真空），关闭真空阀门和蒸汽加热阀门，停止浓缩；

- 出料完毕后为防止结焦自动补水，并自动进入清洗工序。

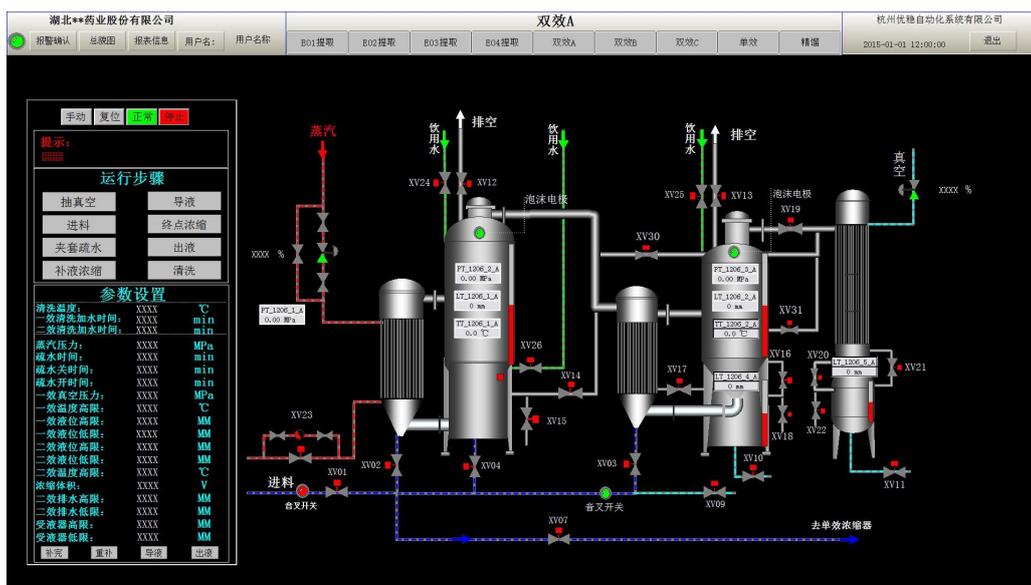


图 4 双效工段组态画面

2.2.2 控制要点

- 为防止首次加料时跑料，系统设有首次启动液位，使加入少量料液时便开始运行，运行后再持续加入料液至浓缩液位；
- 通过 PID 联合压力、温度、真空度控制，使设备运行在低温、高速状态，防止结焦、起泡，并能大大节约蒸汽；
- 破空采用气动阀，快速有效并不会使蒸发缸内的真空度波动较大；
- 一效、二效可同时下进料或上进料，提高蒸发效率；
- 进入倒料程序后二效分批倒完料后设自动补水，防止二效结焦；
- 密度检测采用音叉式密度计，保证密度检测的准确性；
- 冷凝水排放采用负压泵排冷凝液不用破空，保证浓缩设备真空的稳定；
- 设有自动清洗，保证设备停机后清洗。

2.3 报警设置

- 夹套压力报警；
- 提取罐内压力、温度报警；
- 堵塞报警；
- 出渣报警；
- 提取液储罐内液位高限、高高限、低限、低低限报警；
- 夹套压力报警；
- 一效、二效温度报警；
- 液位超高报警；
- 起泡报警；
- 出液报警；
- 储罐内真空低限报警；
- 储罐内液位高限、高高限、低限、低低限。

三、结束语

充分利用 DCS 的功能，该项目实现了全自动化生产。在中控室即可监视全场的运行情况，减少了人为的错误。同时使生产更加安全，提高生产效率和产品品质，减少人力成本。