

称重溶解系统中湿式除尘装置探析

肖鹏 陈丹丹

(中国轻工业武汉设计工程有限责任公司设备成套工程分公司 湖北 武汉 430060)

摘要：除尘装置作为环保系统中的重要设备，能有效地从尘气中分离并吸收粉尘，防止尘气中的粉尘溢出和扩散，有效减少对环境的污染，改善工厂现场的工作环境，对环保节能起到重要的作用。本文介绍称重溶解系统中的一种湿式除尘装置设计及使用方法，提供一种湿式除尘装置的新思路，并进行相关探讨。

关键词：称重溶解系统；除尘装置；设计；探讨

0 引言

随着国家工业化的发展和国家可持续发展的要求，我国对环境保护的要求越来越高，如何能够节能减排成为一个重要的研究课题。我国作为一个工业大国，化工厂分布广泛，内部化学品种类繁多，粉状化学品溶解投放过程中极易发生化学品粉尘的溢出，对环境造成污染，不仅影响现场操作人员健康安全，而且容易产生爆炸安全事故，所以需要除尘装置对粉尘进行分离收集。本文介绍了一种称重溶解系统中的湿式除尘装置，分析了此装置的设计及使用方法。在整个分析过程中，对比传统除尘器在应用方面进行了优化，完善了湿式除尘装置的结构。

1 除尘装置的相关结构及参数分析

结合湿式除尘装置的实际工作要求来看，在湿式除尘装置设计的过程中，整体的结构涉及了溶解槽、风送管道、风机、清水管道及清水阀、排气管道、吸收罐、排水管道及排空阀、搅拌器、投料口，详细的结构如图 1 所示。

整个吸收罐的容积以粉尘吸收最大溶解度的 1.2~1.5 倍（后面介绍其计算方法），风机的安装高度必须高于吸收罐溢流管道的最高点 0.5~1m，以防止吸收罐液位过高导致液体回流至风机处，从而导致风机进水损坏。风送管道处弯头应采用长半径弯头，可减少管道内部的阻尼损失，减少风阻，提高风送效率。

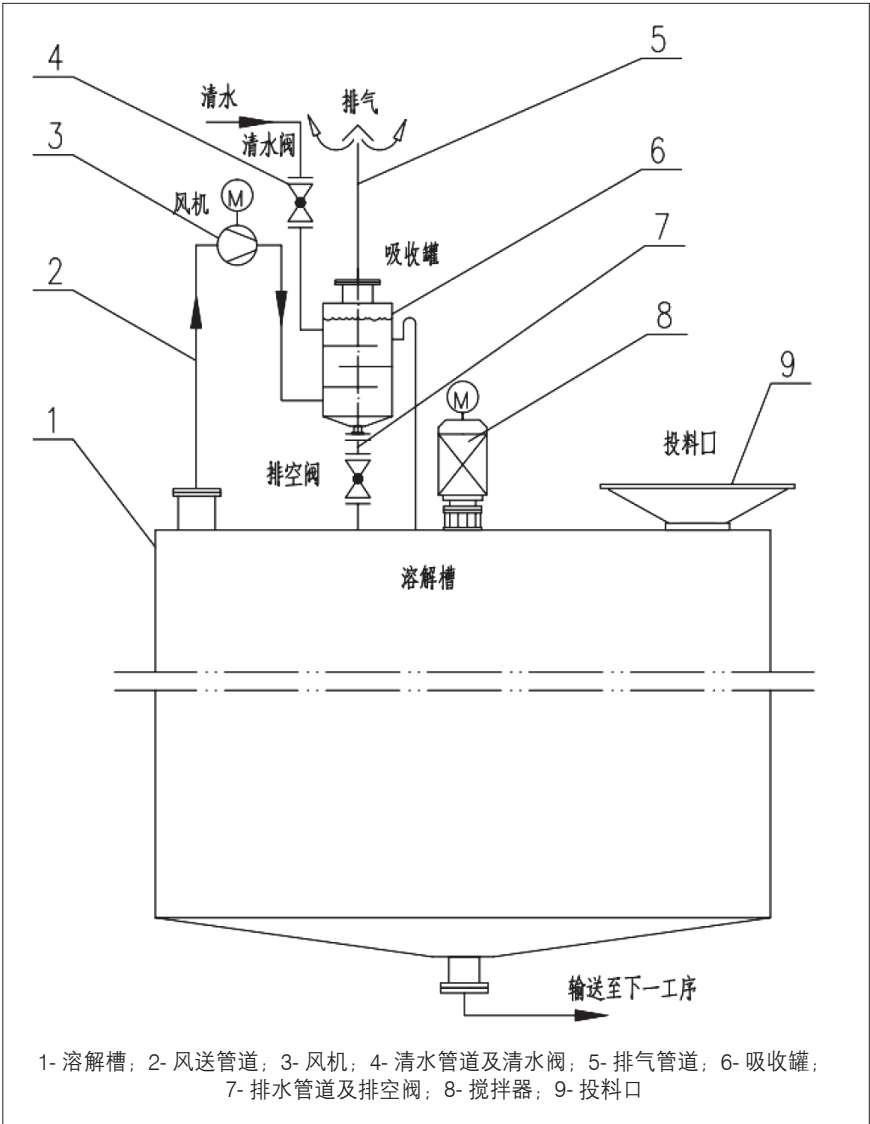


图 1 称重溶解系统中湿式除尘装置结构

风送管道进吸收罐处管道出口安装有伞流器，伞流器结构如图 2 所示。伞流器由喇叭和伞形帽组成，能使尘气均匀地扩散地进入水中进行洗涤，增加水与尘气的

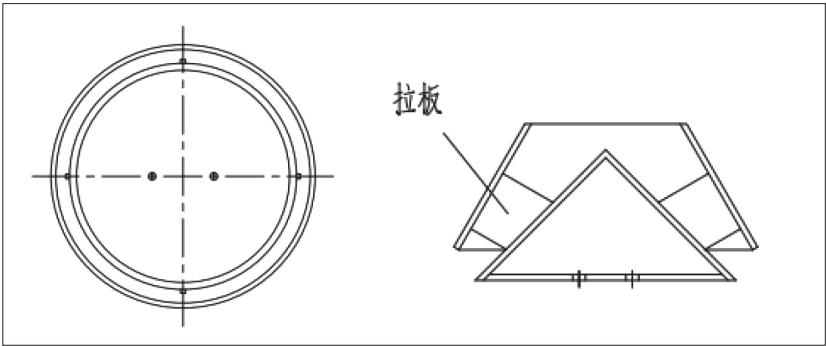


图 2 伞流器结构示意图

接触面，提高尘气的吸收效率。溢流口管道处有一个向上的 U 型管，可在此处形成一个液封作用，防止空气从此处返回至溶解槽，避免风机的风压损失，提高风机负压抽吸效率。吸收罐内部安装有折流板，通过折流板来引导尘气的运行路线，增长了尘气在吸收罐中的吸收时间，提高了粉尘的吸收效率。

2 除尘装置的运行原理介绍

称重溶解系统及其湿式除尘装置的工作原理如图 3 所示，详细操作步骤如下：

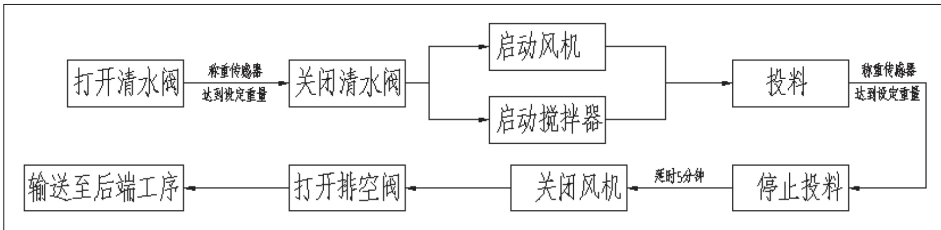


图 3 称重溶解及其湿式除尘装置的工作原理图

- (1) 打开清水阀，使吸收罐内充满水后，水从溢流口溢出向溶解槽注入清水，通过称重传感器的测量，达到指定重量后关闭清水阀；
- (2) 启动搅拌器、打开风机准备开始投料；
- (3) 风机开始运行后，开始向溶解槽内投料，溶解槽在风机的抽吸作用下会形成负压，由于压强差作用粉尘不会从投料口溢出，投料过程中粉尘会被风机抽吸到吸收罐内，通过伞流器的扩散作用和折流板对尘气引导作用，可使尘气充分地被水吸收，使粉尘和空气分离，粉尘溶解在吸收罐内，而空气通过排气管排向大气；
- (4) 通过称重传感器的测量，投入指定重量的物料后停止投料，投完料后除尘系统应继续工作 5min 以上，确保剩余粉尘充分被吸收；
- (5) 最后关闭风机，打开排空阀将吸收罐内部混合液排入溶解槽，吸收罐排空后关闭排空阀，待物料与水充分混合且形成成品后，通过溶解槽后端输送系统输送到指定地方。

3 除尘装置参数分析

3.1 除尘装置管道气体管道设计

(1) 气体流量计算：

$$Q=SV_t$$
 (1)

式中： Q —风机风量， m^3/h ；
 S —投料口截面积， m^2 ；
 v_t —投料口处风速， m/s 。

由于一般投料口大于 DN200，实际过程中投料口形成微负压即可保证粉尘不外溢，局部风速不宜过大，否则易造成风机风量选取过大，增加整个系统及其维护成本，故综合实际情况选取 $v_t=0.5\sim1.5\text{m/s}$ 即可。

(2) 管道计算：

$$D=\sqrt{\frac{4Q}{3600\pi v}}$$
 (2)

式中： D —风管的内径， m ；
 V —管道内的气体流速， m/s ；可按表 1 进行选取。

3.2 风机的选取

配用风机的电机一般由风机生产厂配套供应，可根据实际情况选定。配用电机时，应按工作状态下风机实际所需的功率。

$$Nq=Q\Delta pK/(3600\eta_1)$$
 (3)

式中： Nq —使用条件下的实际所需功率， kW ；

Q —风机的计算风量， m^3/h ；
 Δp —使用条件下，除尘系统所需实际总风压， Pa ；
 K —安全系数，可按表 2 进行选取；
 η —风机效率，按厂家提供样本选取；
 η_1 —机械传动效率，可按表 3 进行选取。

风机配套常用电机有 Y 系列三相异步电机和 YB 系列隔爆型三相异步电机。Y 系列三相异步电机主要应用于不含易燃易爆或有腐蚀性气体的一般场合；YB 系列隔爆型三相异步电机用于有防爆要求的特殊场合，电动机必须符合有关防爆特殊技术要求，主要零部件要符合隔爆要求，主要用于易产生爆炸的工况，如煤矿井

表 1 除尘系统管道内气流最低速度 / (m/s)

粉尘性质	垂直管	水平管	粉尘性质	垂直管	水平管
粉状粘土、砂	11	13	干细粉	11	13
耐火泥	14	17	煤粉尘	10	12
粘土	18	16	湿土	15	18
灰土、砂尘	16	18	水泥粉尘	8~12	18~22
干微尘	8	10	石棉粉末	8~12	16~18
染料粉尘	14-16	16-18	锯屑、刨屑	12	14

表 2 风机的安全系数

电动机功率 η /kW	K
< 0.5	1.5
0.5 ~ 1.0	1.4
1.0 ~ 2.0	1.3
2.0 ~ 5.0	1.2
> 5	1.15

表 3 风机机械传动效率

传动方式	η_1
电机直连传动	1.00
联轴器直接传动	0.98
三角皮带传动（滚动轴承）	0.95

下、粉尘车间、易燃易爆气体的设备传动等，可根据实际工况进行选取。表 4 列举了常用风机型号，供设计选择。

3.3 吸收罐的计算

$$V=1.5wm/c\rho \tag{4}$$

式中： V —吸收罐的有效容积， m^3 ；
 w —粉尘的产生系数，一般约为 0.5%；
 m —每一工序中投入的物料质量， kg ；
 c —物料在水中的溶解度，根据厂家提供的物料的特性选取；
 ρ —水的密度，取 $1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。
罐体一般采用长径比为 1.5 ~ 3，选取合适的外形尺寸。

表 4 常用风机选型表

机号	转速 /(r/min)	全压 /Pa	流量 /(m³/h)	功率 /kW	电机型号
2.8A	2900	606 ~ 994	1131 ~ 2356	1.5	Y90S-2
3.2A	2900	792 ~ 1300	1688 ~ 3517	2.2	Y90L-2
3.2A	1450	198 ~ 324	844 ~ 1758	1.1	Y90S-4
3.6A	2900	989 ~ 1758	2664 ~ 5268	3	Y100L-2
3.6A	1450	247 ~ 393	1332 ~ 2634	1.1	Y90S-4
4A	2900	1320 ~ 2014	4012 ~ 7419	5.5	Y132S1-2
4A	1450	329 ~ 501	2006 ~ 3709	1.1	Y90S-4
4.5A	2900	1673 ~ 2554	5712 ~ 10562	7.5	Y132S1-2
4.5A	1450	5712 ~ 10562	2856 ~ 5281	1.1	Y90S-4
5A	2900	2019 ~ 3187	7728 ~ 15455	15	Y160M2-2
5A	1450	502 ~ 790	3864 ~ 7728	2.2	Y100L1-4
6A	1450	724 ~ 1139	6677 ~ 13353	4	Y112M-4
6A	960	317 ~ 498	4420 ~ 8841	1.5	Y110L-6
6D	1450	724 ~ 1139	6677 ~ 13353	4	Y112M-4
6D	960	317 ~ 498	4420 ~ 8841	1.5	Y100L-6
8D	1450	1490 ~ 2032	15826 ~ 29344	18.5	Y180M-4
8D	960	651 ~ 887	10478 ~ 19428	5.5	Y132M2-6
8D	730	376 ~ 512	7968 ~ 14773	3	Y132M-8

3.4 材料的选取

根据输送介质的特性和管道材质的品种来选取，一般选用 Q235 碳素结构钢，若有特殊要求或含尘气体具有腐蚀性可选择不锈钢管，不锈钢常用材料为 S30408 和 S31603，材料特性及用途如下。

3.4.1 Q235

塑性韧性较好，且具有一定的强度，冷冲压性和焊接性好，有较好的切削加工性能，广泛运用于各个行业。碳素结构钢不耐腐蚀，在潮湿的环境下也易发生腐蚀现象，所以对于一般使用碳钢的场合，表面需进行防腐处理。

3.4.2 S30408 不锈钢

S30408 不锈钢是应用最为广泛的一种铬-镍不锈钢，具有良好的耐蚀性、耐热性、低温强度和机械特性；冲压、弯曲等热加工性好，无热处理硬化现象（使用温度 -196 ~ 800℃）。在大气中耐腐蚀，如果是工业性气氛或重污染地区，则需要及时清洁以避免腐蚀。

3.4.3 S31603 不锈钢

S31603 的耐腐蚀性更好些，比 S30408 在高温环境下更耐腐蚀，适合重度防腐的场合。

4 除尘装置的应用

上述的称重溶解系统中湿式除尘装置为称重溶解系统中除尘装置的优化，传统常用除尘装置分别为旋风除尘、过滤式除尘器、电除尘器和湿式除尘器。其中，旋风除尘器、过滤式除尘器、电除尘器可实现尘气的分离和收集，收集的粉尘可以连续不断地返回溶解槽内，但对于湿度大的尘气容易使除尘器内部结块，堵塞除尘通道，故一般应用于干燥的粉尘除尘。

而传统的湿式除尘器要么结构复杂吸收效率高，要么结构简单吸收效率偏低，要么不适用称重溶解系统的要求。本文既结合称重溶解系统的工况要求，又结合传统除尘器的优缺点，利用伞流器、折流板、溢流口等结构对系统进行优化，提高了物料尘气的吸收效率，且完美融入称重溶解系统的工况中，既实现了湿式尘气的分离吸收，又可以实现物料零浪费、零转运的要求，操作简单易懂，且所用的设备均是常规选用设备和自制设备，可满足自制的要求，灵活性强，成本低。

上述系统中电机与阀门也可加入自动控制系统，实现远程控制，提高操作效率，节省人力，满足自动化的要求。

5 结语

本文结合称重溶解系统剖析了其结构特点,列举了其参数,并对相关参数进行了详细地计算和介绍,从而对称重溶解系统中湿式除尘装置进行了全面的了解。本文介绍的称重溶解系统中湿式除尘装置整合了传统除尘器的优势和称重系统的工况要求,对整个装置进行了优化,具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 金国森,等. 除尘设备 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [2] 孔熠. 2006 版新编风机选型设计实用手册 [M]. 北京: 中国知识出版社, 2006.

作者简介: 肖鹏 (1989-), 男, 汉族, 湖北安陆人, 本科, 工程师, 研究方向: 机械设计制造及其自动化。

征 稿 启 事

《中国机械》(Machine China) 杂志, 1982 年创刊于北京, 由中国工业经济联合会主管, 中国工业报社主办, 是经国家新闻出版总署批准登记的机械工业类学术期刊 (旬刊), 系万方数据全文收录期刊。国内统一刊号: CN11-5417/TH; 国际标准刊号: ISSN 1003-0085; 邮发代号: 28-165。

《中国机械》杂志定位于成为机械工业领域产学研用协同创新平台, 顺应大机械学科发展趋势, 主要刊发机械工程领域及其交叉学科具有创新性的应用研究, 进而推动机械工程技术进步的优秀科研成果, 兼顾基础研究领域对科技创新有前瞻性和重大影响的基础理论研究, 引领机械工程学科发展。杂志主要服务机械工业主管部门、行业组织、科研院所、制造企业, 以及各相关企事业单位等, 以管理者、中高层技术人员、经理人为主。

◆ 栏目设置 ◆

本刊特稿: 发表有较高价值的应用研究论文, 理论上有深度或前瞻性的研究论文, 以及技术创新、政策解读和市场调研等方面的热点焦点综述文章。

机械制造与智能化: 发表机械设计技术、工艺、智能及自动化等科技论文。

工业设计: 发表机械设计、产品设计、造型设计、环境设计、建筑设计、传播设计和设计管理等科技论文。

工业互联网: 工业系统与高级计算、分析、感应技术以及互联网连接融合、软件和大数据分析, 数字设计等科技论文。

先进材料技术: 发表高性能结构材料、功能材料、关键原材料与先进制造业结合相关科技论文。

先进动力与能源技术: 先进及新型动力系统相关技术研究论文。

现代交通技术: 立足综合交通运输技术, 主要刊发道路工程机械、桥隧工程机械、交通工程机械、港航工程机械、轨道交通装备等领域的科研文章。

可持续环境工程: 发表环保机械、环保工程相关科技论文。

机械工业: 发表农业机械、工程机械、内燃机、仪器仪表、石油化学通用机械、机床工具、汽车、重型矿山机械、文化办公设备、电工电器、食品包装机械、其他民用机械, 以及增材制造等行业领域的科技应用论文。

市场与管理: 发表机械工业相关的市场分析、管理提升等学术论文。

质量与标准: 发表机械工业相关企事业单位的质量管理、体系建设及相关产品标准、故障诊断等科技论文。

安全与生产: 发表机械设备制造、施工及使用过程中安全与生产等科技论文。

职业教育: 发表机械行业相关院校职业教育、学生就业、创业等相关文章。

首台套: 发布首台套重大工业技术装备有关技术突破、功能创新、用户反馈等相关文章。

◆ 征稿要求 ◆

- 1、本着尊重原创、严禁抄袭的原则。
- 2、文章格式采用 GB7713-87, 科学技术报告、学位论文和学术论文的编写格式。
- 3、稿件的结构组成, 按次序排列为: 题名、作者署名、作者工作单位名称、第一作者工作单位所在省、市及邮编; 摘要、关键词; 引言、正文、结语; 基金项目 (可选)、参考文献 (必选) 及作者简介 (可选)。
 - (1) 题名: 符合学术期刊论文标题要求, 简单明了概括文章主题, 一般不超过 15 个字。
 - (2) 作者署名及工作单位: 所有文章须 2 版起发, 2 版论文的作者数量不应超过 3 位; 4 位作者的论文起发版面数为 3 版; 5 位作者的论文起发版面数为 4 版, 依此类推。多位作者分属不同工作单位的, 须明确标注。
 - (3) 摘要: 摘要应具有独立性和自含性, 即不阅读论文的全文, 就能获得必要的信息。摘要一般应说明研究工作的目的、实验方法、结果和结论等, 重点是结果和结论。以 200 ~ 300 字为宜, 用第三人称写, 尽量不重复题名中已有信息。不出现插图、表格、公式及参考文献序号等。
 - (4) 关键词: 每篇论文选取 3 ~ 6 个单词或术语作为关键词。
 - (5) 正文: 撰写论文时, 不同级别标题可采用阿拉伯数字 1, 1.1, 1.2, 1.3, …… 2, 2.1, 2.2, 2.3, …… 标示。结语部分不能重复正文内容, 如果层次分明, 可以编号 (1)、(2) 等分条来撰写。
 - (6) 参考文献: 参考文献须按照 GB-T7714 - 2005 标准编写。所引用的文献及对应的刊物需具有较高的学术质量。作者一律姓前名后 (外文作者名应缩写), 多位作者间用 “, ” 间隔。凡参考过本刊论文的, 请切记标注在参考文献中。
 - (7) 作者简介: 须按照统一格式编写: 姓名 (出生年.月-), 性别, 民族, 籍贯, 最高学历, 职称, 研究方向: 具体专业 (不超过 10 个字为宜)。

注:

- 1、作者所投论文是否满足要求, 以《中国机械》编辑部审核意见为准, 编辑部拥有稿件的惟一最终审核权。
- 2、文章一旦被录用, 除特殊原因不允许无故撤稿。同时, 不允许再行增减作者或变更原作者顺序, 否则一律视为作者主动撤稿, 该稿将不再录用。
- 3、作者在收到稿件录用通知后, 如主动撤稿并易名再投, 一经发现, 将被纳入本刊敏感作者名单, 相关稿件均不再录用。
- 4、对于未通过本刊初审, 二次投稿依然不能通过审核的稿件, 一律做退稿处理, 不再录用。
- 5、针对每一篇论文, 编辑部将免费赠送一本发表该论文的期刊, 如需更多请联系编辑部预定。

◆ 权利和责任约定 ◆

1. 作者在投稿时视同同意向《中国机械》编辑部授予论文著作权有许可使用和独家代理授权书, 包括授权以电子出版形式出版发布。
2. 编辑部收到稿件后, 将按照工作流程对稿件进行处理。
3. 稿件需经本刊编辑和审稿专家审核, 一经录用则依照编辑部出版流程依序刊登出版。如果作者想撤稿或改投其他刊物, 需向本刊提出申请, 已定稿、进入了出版流程的稿件, 作者需承担相应的责任和费用。
4. 本刊只接收作者原创、未公开发表过的论文, 对存在抄袭剽窃、一稿多投等学术不端现象的论文, 编辑部将严肃处理。