第六章　清洗作业的劳动安全与环境保护

1　清洗作业安全的紧迫性与重要性

清洗作业过程容易造成作业场所及其周围环境的污染，危害操作人员的健康，甚至发生爆炸、火灾等事故，是久为人们所熟知的。特别是用汽油清洗工件引起的火灾事故更是举不胜举。汽油挥发性强，闪点低，空气中含有一定浓度就容易发生火灾，如由于静电作用，或发生火花都可能发生火灾事故。

汽油又是一种神经性毒物，毒害中枢神经。当汽油在空气中浓度超过300mg/m³，操作工人往往会发生头晕、乏力、失眠、记忆力减退为主的神经衰弱症候群，甚至进一步恶化为慢性汽油中毒。

柴油亦有毒害中枢神经的作用，惟比汽油轻，但对皮肤刺激大。有时会引起过敏性红斑，对皮肤的毒性比汽油大。

应用三氯乙烯清洗时，操作工人长期接触三氯乙烯蒸气，则有可能引起慢性中毒，发生精神不振、肌肉及神经作疼、食欲减少等症状。如长期接触皮肤，会引起皮炎，出现皮肤红肿和干裂。

用水基金属清洗剂配制的清洗液虽然属于低毒与微毒级的，类似洗衣粉，使用时亦应尽量减少皮肤接触，接触后应立即用清水冲洗。特别是水基清洗液排放及清洗后工件冲洗水排放均属于超过排放标准的废水，造成周围环境污染。

还有与清洗槽或清洗机配套的风机或水泵的噪声，以及清洗槽用蒸汽直接加热时的噪声，造成清洗作业场所的噪声污染。

基于以上清洗作业过程造成作业场所及其周围环境的污染，危害操作人员健康，甚至发生爆炸、火灾事故的实际情况，迫使人们高度重视，不得不积极地、系统地解决工厂清洗作业过程安全问题。

为推动和加强安全技术的发展，1982年8月，我国公布了《劳动安全卫生法草案》（第一稿），贯彻施行对于推动和加强清洗作业安全技术是具有极大促进作用的。《劳动安全卫生法草案》指出：

——厂（场）址的选择应符合国家有关劳动安全、卫生、防火、防爆规定的要求（第23条）；

——产生大量蒸汽、腐蚀性气体或粉尘的场所，应使用密闭型电气设备，有爆炸危险的工作场所应配置防爆型电气设备（第26条）；

——引进国外设备时，对国内不能配套的安全设备附件必须同时引进，引进的安全设备附件应符合我国的安全卫生要求（第43条）；

——新建、改建、扩建和革新、挖潜、改造的工程项目，应采用有利于劳动者的安全与健康的先进工艺和技术，必须做到劳动安全卫生设施与主体工程同时设计，同时施工，同时投产（第24条）；

——企业主管部门及有关部门在组织工程竣工验收时，应提出劳动安全卫生设施完成情况和质量评价报告。经同级劳动人事、卫生、公安、城乡建设、环境保护等部门和工会组织参加验收盖章后，方可投产。未经以上部门同意而强行投

产的，要追究责任。

为切实贯彻执行我国《劳动安全卫生法草案》，有效地着手解决清洗作业过程发生的事故、污染，提高劳动安全卫生水平，有赖于制订安全技术标准和采取可靠技术措施。劳动人事部于1981年开始下达《涂装安全规程系列》国家标准编制任务，其中《涂装前处理工艺安全规程》中有《除油清洗》一章，并且整理归纳了切实可行的安全技术措施。同时，劳动人事部筹划组建涂装安全技术标准化委员会，负责涂装安全规程系列和国家标准贯彻过程中各项技术咨询，组织安全技术的科研攻关，促使涂装安全技术不断发展。

2 清洗作业的安全技术要求

2.1 清洗作业场所的劳动安全要求

新建、改建、扩建的清洗作业应积极采用无毒、低噪声、不需防火防爆的工艺代替有毒、高噪声、易燃易爆的工艺，以安全可靠的工艺代替存在或潜伏不安全因素的工艺，逐步实现管道化、密闭化、半自动化、自动化以及采用隔离操作，或机器人操作。这样就可能消除或减少不利于劳动安全卫生的因素。对于不能完全消除的不安全和不卫生因素，还应采取行之有效的劳动安全卫生措施加以解决。

清洗作业场所在车间内的区划位置应在厂区夏季最小频率风向的上风侧。并应与生产过程相衔接的钣焊、机械加工等作业场所和金属材料库等封隔，不使清洗作业场所中清洗液蒸汽影响以上生产部门。

清洗作业场所在厂房或车间建筑物内的布置，应尽可能布置在单跨建筑物内；当不得不布置在多跨建筑物内时，应一侧近外墙，并与相邻生产部门封隔。

清洗作业场所的地面应平整光滑，易于清扫，并应配置供地面和墙壁的冲洗水设施。经常有酸碱液流散或积聚的地面，应采用耐腐蚀材料敷设，如用小块花岗石、辉录岩等材料拼合敷设作为地面，具有不透水、耐腐蚀、使用寿命长等优点。为便于冲洗水排除，不使地面积水，地面应呈1～2%坡度，坡向车间排水系统或厂区排污系统。清洗作业场所的围护结构的内壁面宜勾缝喷白，保持清洁。

对于采用有机溶剂用作清洗液进行清洗作业的场所，属于乙类火灾危险区域，此种场所的建筑物应有泄压面积。其大小按照作业场所空间容积确定，每立方米空间应不小于0.05～0.10m²。与相邻生产部门的封隔墙应采用防火墙。作业场所的门窗应向外开。在作业场所内，主要出入口附近不应布置槽、罐、桶及其他容器等堆放场地，防止出入口堵塞，并要求作业场所的周围15m范围内，严禁堆积易燃、易爆物料和制品。

对于采用有机溶剂为主的清洗作业场所必须有良好通风，严禁引入火种和吸烟。电瓶车、汽车等机动车辆不得进入。所在车间的建筑物防爆，应考虑与相邻生产车间的建筑物防火间距，以及消防车道的设置，均应符合TJ16—47《建筑物设计防火规范》。

2.2 清洗作业场所的卫生技术要求

清洗作业场所的卫生技术要求，包括采光、照明、通风和噪声防护以及有害物质的最高容许浓度的控制等方面。

清洗作业场所的天然光照度的最低值要求为50 lx，采光系数最低值为1%；工件清洁度检验区域的室内天然光照度最低值为100 lx，采光系数最低值为2%。

清洗作业场所当采用混合照明时，最低照度要求为

150 lx，当采用一般照明时，最低照度应为60 lx。检工件清洁度检验区域，无论采用混合照明还是一般照明，最低照度均有所提高，分别为500 lx和150 lx。

清洗作业场所的夏季空气温度，应符合TJ36—79《工业企业设计卫生标准》中第49条的规定；冬季，根据生产需要和机械排风状况，在密闭的手工操作区域相应局部补热风或局部辐射采暖，以保持清洗作业区域空气温度不低于12℃。

清洗作业场所的湿度一般较高，工件清洗后的贮存场所要求湿度低，以减缓工件清洗后锈蚀。对于贮存期为2天以上的工件贮存场所，其湿度宜加以控制，不使超过70%。

清洗作业场所应有良好的自然通风，同时，使用有机溶剂为清洗液的各种清洗设备应设置局部排风装置。通过自然通风与局部机械排风的联合作用，应保证清洗作业场所空气中有害物质最高容许浓度不超过TJ36—79《工业企业设计卫生标准》的规定。几种常见的清洗液蒸汽在空气中的最高容许浓度如下：

二甲苯	$<100mg/m^3$
甲　醇	$<50mg/m^3$
松节油	$<300mg/m^3$
丙　酮	$<400mg/m^3$
苛性碱（换算成NaOH）	$<0.5mg/m^3$
三氯乙烯	$<30mg/m^3$
三氯乙烷	$<25mg/m^3$
三氯三氟乙烷	$<1000mg/m^3$
二氯乙烷	$<25mg/m^3$

有机溶剂的存放量，严格限制在每日生产所需要量以

内。有机溶剂存放容器应贴有醒目标签。清洗作业结束，必须将废料集中移放于指定的安全地点。

清洗作业中为配制各种清洗液需要的化学药品，应有合格证和标签，每批送入均应检查标明。药品贮存所在宜靠近使用点，并有醒目标牌。

清洗作业中个人卫生及防护措施是积极有效的。主要措施如下：佩戴防护手套，如耐碱的橡皮手套和耐苯的防护手套。这些手套对皮肤无刺激性、无致敏性、作用时间长，易于清洗除去。还有，必须对操作工人进行安全卫生教育和个人防护用品合理使用的职业教育。

控制和治理清洗作业场所的噪声是一项卫生技术要求。噪声源主要来源于：清洗槽加热用蒸汽直通放入所形成的气体动力噪声；清洗设备的机械噪声和喷射清洗时的流体动力噪声；以及清洗作业位置局部机械排风所形成的空气动力噪声。这些噪声均应加以控制，使其对操作区的影响不超过85 dB（A）。当每个工作班内操作人员轮流换班，接触噪声时间减半，噪声级允许增高 3 dB。

2.3 各种清洗作业方法的主要安全措施

采用有机溶剂进行手工除油清洗的部件或产品，必须先行拆去蓄电池或其它电源装置。采用有机溶剂进行手工除油清洗的工位应设有醒目标牌，并宜配置火灾自动报警设备或自动灭火系统。同时，还应配置携带式可燃气体检测仪供定期进行监测。

采用机动工具除油清洗工位所配置的电机、电器、开关等一般应采用密闭型，防止清洗液到处飞溅污染。

大型浸渍清洗槽应配置起重设备，桥式或架式起重机的驾驶室应避开清洗槽；向浸洗槽中吊装工件时应采用起重设

备的吊钩和专用工具，严禁操作人员直接用手搬运或使用钢丝绳吊装。还应注意，大型浸渍除油清洗槽的槽口宜高出地面1.2m，并配置活动网盖；当槽体全部埋入地面时，按GB 4053—83《固定式工业防护栏杆》在槽边四周设置防护栏杆；同时按GB2894—82《安全标志》的规定，设置警告标志。

采用碱液或水剂清洗液的大型浸渍除油清洗槽的槽体内底部宜设置活动底盘或金属网架，便于清除污泥；同时宜设置配料槽。其上加盖封闭，盖上有开启门，其尺寸宜不大于600×600mm。

与高压喷射清洗配置的泵停止使用后必须清洗保养，重新使用前应检查各处密封质量，并重复作耐压试验。

三氯乙烯气相清洗用防护手套宜用聚乙烯醇或氯丁橡胶制品。操作后宜涂上含羊毛脂的油性脂膏。

当三氯乙烯溅入眼睛，立即用大量干净水冲洗约15分钟。极少小滴溅入眼睛时，在用水冲洗前，先掀开眼皮，用干净空气吹遍眼球；俟三氯乙烯初步蒸发，再用水冲洗，然后立即送急诊。

超声波除油清洗用的清洗槽长期受空化腐蚀，必须定期检查，防止槽底破裂事故。使用中为降低在工作状态下的噪声，其解决途径之一是提高超声波工作频带以外，是对清洗槽及槽底换能器采取隔声结构，使操作区噪声符合85dB(A)的规定。

3 清洗作业的通风净化

3.1 清洗作业场所的通风设计要求

清洗作业场所应具有良好的自然通风；对所采用清洗液属于有害物质的作用场所，必须同时设置局部排风。在一些

场合下，当设置局部排风后，尚不能保证将有害物质排除时，应辅以全面通风，以保证清洗作业场所的劳动安全卫生条件符合TJ36—79《工业企业卫生设计标准》中车间作业场所内有害物质最高允许浓度的规定。

对于大型工件除油清洗宜采用固定作业工位，以便采用局部排风，保证固定作业工位附近散逸的有害物质蒸气降低到允许的最高浓度以下。当大型工件除油清洗未能采用固定作业工位时，则应将其作业场所封隔，成为较小的作业场所的空间，以便采用全面机械通风，保证此封隔的作业场所的劳动安全卫生条件。当清洗作业工位不固定，无法采用局部排风时，应采用有组织的全面排风，使操作者不处于污染的气流中。

除油清洗液的配制间应与周围相邻部分封隔成小间，并宜设置全面机械通风。

采用有机溶剂除油清洗作业中，常用有机溶剂为：二甲苯、乙醇、丁醇、丙酮、三氯乙烯等等。当以上几种有害物质的蒸汽同时散发于空气中时，全面通风换气量应按各种有害物质分别稀释至最高允许浓度所需空气量的总和计算。在以上作业区布置的风管宜采用非燃烧材料制作，风管穿过屋顶或墙壁时，在风管穿过孔洞处应填塞难燃材料。通风管道的正压段不允许穿过楼层，如必须穿过，应在穿过处设置防火阀。在此作业区域内配置的风机及其驱动电机以及风管均应按《爆炸危险场所电气安全规程》的规定，并可靠接地。风管系统一般应明设，吸风口和排风口应设置电丝网，并通往室内无火花坠入的场所。

直径300mm以下的排风管，每隔3000 mm左右敷设长度必须设置检查孔。惟大直径风管上检查孔之间的距离可加

大。检查孔宜设在管道拐弯处。

通风系统风管的设置必须严密，不得漏风，并应拆卸清理方便。风管支架应牢固可靠，支架必须能承受风管本身自重与风管动负荷。

在清洗作业场所的进风口位置应设置在排风口的上风侧，其高度低于排风口，距室外地坪宜不低于2m；当进风口与排风口位置在同一高度时，则前者应设置于上风侧，两者的水平间距不小于20m。当排风口在厂房屋面上时，高出屋顶（包括相毗邻的建筑的屋顶）不小于1.5m。

管壁温度高于80°C的排风管与输送易燃易爆气体、蒸汽的管道之间的水平距离应不小于1m。输送热气体的风管应铺设在输送较低温度的混合物的风管上面。输送80°C以上气体或易燃易爆气体的管道应采用不燃材料。

布置在除油清洗作业场所的通风管道的风速的经验数值如下：钢制干管取6～12m/s；钢制支管取4～8m/s。风管系统的漏风量根据管道长短及其气密程度，按系统风量的百分率计算，其经验数值为10%。系统的附加压力损失按其作用类别计算，对于一般排风系统宜附加10～15%。

3.2 清洗作业工位的局部排风

3.2.1 一般设计原则

清洗作业工位的局部排风是合理设置排风罩及其配套的风机和风管，将工位上散发出的清洗液蒸汽或其他废气排出，使工位上作业区的有害物质的浓度不超过《工业企业设计卫生标准》规定的最高容许浓度。局部排风因其靠近污染源，排出路程短，所需风量小，易于净化回收，与全面通风相比，经济性高。

局部排风的一般设计原则是按照设计程序，选择、计算

各个组成单元，并按照经验数据复核整个系统。其系统的组成包括：排风罩（或称吸气罩）、风管、风机和净化装置等。系统的建立一般应遵循以下程序：按照清洗作业装置的结构形式选择排风罩的类型和尺寸，并确定其控制风速；随后，在此条件下，根据清洗作业工位排出有害物质蒸汽的类别及其浓度变化范围选择或设计净化装置；然后，按照风管的布置和风管的经济风速的经验数值，确定风管的截面大小、材质及其安装。在完成以上程序基础上，计算局部排风系统的阻力损失，其中包括净化装置的阻力损失。据此对照风机的性能曲线选择适合的风机。

局部排风系统的排风罩的设置应符合以下要求：

（1）排风罩应设置在清洗工位上污染源排放口的最近位置；

（2）排风罩罩口吸风方向应使有害物质不经过操作者的呼吸带；

（3）排风罩的形式和大小应根据所排出有机气体和蒸汽的挥发性及清洗作业方法而定。

排风罩的控制风速是排风罩入口处的风速范围，确定控制风速后，即可由排风罩的罩口面积计算所需要的风量。

对于负荷率高的清洗作业工位，当机械排风设备停止运转时，仍能继续排出有害物质的蒸汽，还应设置旁通排风管装置，予以排空。

根据清洗作业工位的需要，局部排风系统往往需要与清洗设备联锁，清洗作业开始应先开风机。

3.2.2 清洗槽槽边局部排风工作原理

清洗槽槽边局部排风的工作原理可用平口式排风罩的作用来说明。图6-1表明，从清洗槽散发出有害的清洗液蒸汽在

几种局部排风条件下的散逸的路线，图中分别用a、b、c、d四种箭头表示。

a方向：表示无局部排风，清洗槽中有害的清洗液蒸汽垂直向上散逸；

b方向：表示排风罩的风量不足，由清洗槽散逸出来的有害的清洗液蒸汽仍可能排放到清洗作业场所；

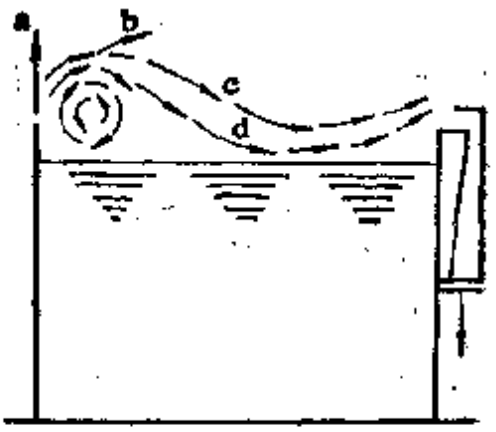

图6-1 清洗槽槽边局部排风工作原理

c方向：表示局部排风的风量适度，由清洗槽散逸出来的有害的清洗液蒸汽基本被排风罩吸入罩内；

d方向：表示排风罩的风量增大，由清洗槽散逸出来的有害的清洗液蒸汽被压低后再吸入排风罩内。

由以上分析可知：排风罩控制风速越高，清洗槽内有害的清洗液蒸汽的上升高度就越小，对清洗槽边作业人员就越安全。因此，凡属清洗槽组份中含有有害物质的比重大的或清洗液加热温度高的清洗作业，就相应要求排风罩的控制风速略高。可以认为，清洗槽敞开面积的排风罩的控制风速是综合考虑了清洗液的组份、浓度、温度等因素确定的。

3.2.3 排风罩的选择

常用清洗作业装置有两种类型：清洗槽和清洗机。两种清洗作业装置适用的排风罩不同，其结构形式亦各有特点。

清洗槽的槽面的敞开面积较大，槽边排风罩的布置形式须按清洗槽宽度选择。

槽宽＜800mm时，用单侧槽边排风；

槽宽＞800mm时，用双侧槽边排风；

对于直径为500～1000mm的圆形槽，可用环形的槽边排风。

适用于清洗槽的排风罩按照其截面形状不同，分为三种类型，各有适用的条件和优缺点。

（1）条缝式槽边排风罩

条缝式槽边排风罩缝口速度大，抽风量小，运行比较经济。这类排风罩有单侧、双侧、周边三种形式。

条缝断面有三种类型，如图6-2所示。断面尺寸有：200×200mm、250×200mm和250×250mm三种。为不减少槽子的有效面积，宜选用图中Ⅰ型条缝。

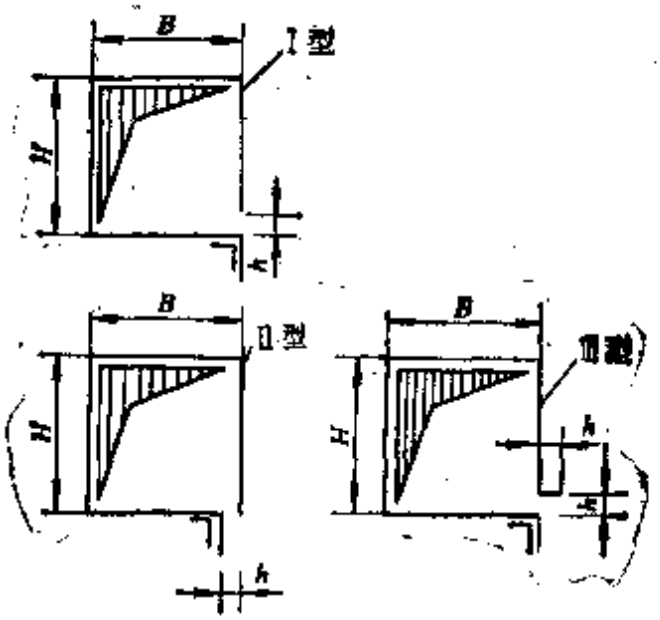

图6-2　条缝式槽边排风罩

B—排风罩断面宽度　H—排风罩断面高度　h—条缝高度

（2）倒置式槽边排风罩

倒置式槽边排风罩适用于清洗槽液面至槽沿之间保持180～200mm时，才能发挥作用。此种排风罩所需风量少，

结构较复杂，并占有一部分清洗槽的有效面积。倒置式排风罩的结构如图6-3所示。

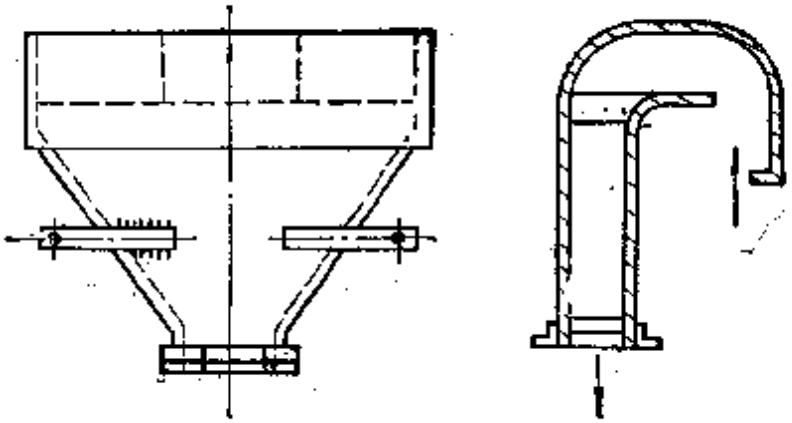

图6-3 倒置式槽边排风罩

（3）平口槽槽边排风罩

这类槽边排风罩的结构简单，如图6-4所示，惟所需风量较大。

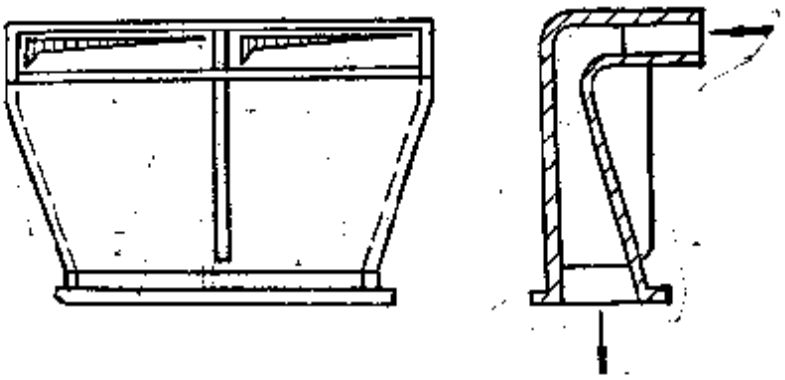

图6-4 平口式槽边排风罩

（4）吹吸式槽边排风罩

槽宽在2000mm以上的清洗槽，当为单面操作时，则需要采用吹吸式排风罩，其作用示意图如图6-5所示，其吹风口和吸风口的结构示意图如图6-6所示。

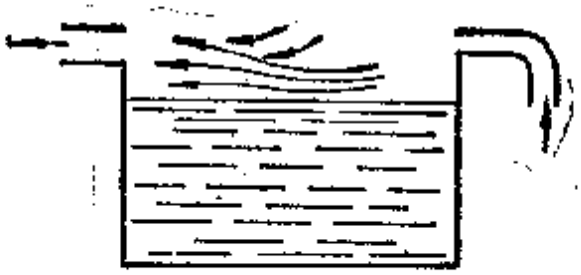

图6-5　吹吸式槽边排风罩作用示意图

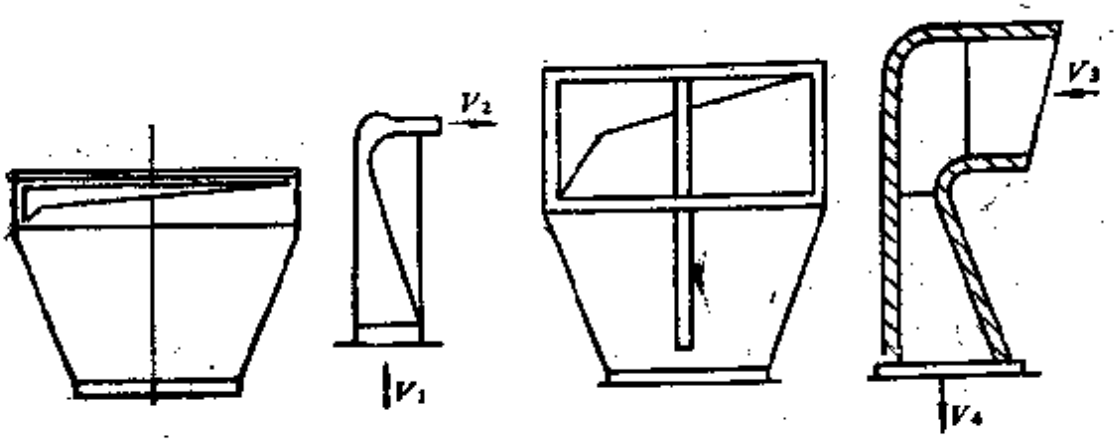

图6-6　吹吸式槽边排风罩风罩结构示意图

由图6-5可以看出，吹风口吹出的风量要由吸风口完全容纳，才能得到理想的排风效果，如果不能全部容纳，槽液蒸汽将随过剩的吹风外逸，因此，吹出和吸入的风量要协调，而吹风口和吸风口的宽度必须相适应。经验数据表明，吹风口和吸风口的风速均可按槽宽尺寸选取。如图6-6中吹风口的风速V_1可按槽宽尺寸的3.3～6.6倍采用，即槽宽尺寸B的单位以“m”表示时，吹风口的风速V_1可按(3.3～6.6)B采用，此时，V_1的单位为m/s。吹风口V_1的采用与清洗槽液温度有，槽液温度高选上限值或接近上限值，常温则用下限值。但V_1值不宜超过12m/s。图6-6中吸风口风速V_2亦应随清洗槽液温度高低相应地按槽宽B的1.25～2.5倍选用，

当槽宽B以“m”表示时，V_s值以m/s表示。

吹吸式槽边排风罩的适用条件是槽宽$B \geqslant 2000mm$，并且单面操作，其应用范围是有局限的，以下三种情况一般不适用：所清洗的工件从清洗槽内取出和放进频繁；槽面上存在扰乱吹出气流的阻碍物，即工件或工件吊具露出槽液面的部分；以及必须在清洗槽两侧操作。

3.2.4 风速的选择

清洗槽槽边局部排风一般用槽液面风速来确定风量大小，而液面风速的选择与清洗液的组份、浓度、处理温度有关。对于碱液或表面活性剂配制的清洗液，处理温度为70～98°C时，当采用条缝式排风罩，其液面风速宜选择为0.35m/s；当在常温下进行清洗作业时，宜选择为0.30m/s。对于采用有机溶剂除油清洗槽，宜采用柜式密闭局部排风，其排风罩长度应超过清洗槽长度，超过的部分供清洗工件清洗后存放时挥发残存的溶剂蒸汽，排风罩罩面的最小风速宜不低于0.30m/s。

对于喷射清洗作业应用上吸式的密闭型或半密闭型的排风罩。喷射清洗作业室内断面风速宜取0.5～1.0m/s，工件通过喷射清洗作业室的进出口门洞处风速宜为0.7～1.0m/s。喷射清洗作业室的驱动泵应与局部机械排风系统设置联锁装置，当局部机械排风系统发生故障，喷射清洗作业即行停止；当正常喷射清洗作业终止，局部机械排风系统应能继续运行2～3 min，将清洗液蒸汽排除。

排风管道是排风系统的组成部分，是指与排风罩相联接的槽液蒸汽与空气的混合气的输送管道。将混合气排至室外的排风管道可以是单台清洗设备独立设置，也可以几台清洗设备联合设置。

3.3 清洗作业场所的全面通风

单件或小批生产中，清洗作业工位往往不固定，无法采用局部排风，此时就不得不采用全面通风。

清洗作业场所的全面通风是用大量新鲜空气将业已封隔的清洗作业场所中有害气体冲淡到《工业企业设计卫生标准》规定的最高容许浓度以下。全面通风的效果取决于必要的通风换气量和适宜的气流组织。

3.3.1 全面通风换气量计算

必要的全面通风换气量能将清洗作业场所散发的有害物质蒸汽如二甲苯、乙醇、酯类、碱液蒸汽等分别稀释至最高容许浓度以下。

稀释一种有害物质蒸汽至《工业企业设计卫生标准》最高容许浓度所需要的全面通风换气量的计算公式如下：

$$Q = \frac{M}{S - S_0}$$

式中 Q——所需全面通风换气量，m^3/h

M——有害物质散发量，mg/h

S——有害物质蒸汽最高容许浓度，mg/h按照《工业企业设计卫生标准》规定；

S_0——换入新鲜空气中保有此种物质蒸汽浓度，mg/h

当有数种规定的有机溶剂同时存在，必须同时分别稀释至《工业企业设计卫生标准》的最高容许浓度以下，此时所需全面通风换气量的计算方法可列举清洗作业中实例说明如下。

清洗作业中常有使用脱漆剂清除工件表面残存旧漆这种作业。脱漆剂一般含有数种有机溶剂。

设某厂清洗作业场所连续使用脱漆剂 4 kg，脱漆剂成分

为：苯50%，醋酸乙酯30%，乙醇10%，松节油10%，求全面通风换气量。

先计算各种有机溶剂的散发量

苯　　$M_1 = 4 \times 50\% = 2 \times 10^6 mg/h$

醋酸乙酯　$M_2 = 4 \times 30\% = 1.2 \times 10^6 mg/h$

乙醇　　$M_3 = 4 \times 10\% = 0.4 \times 10^6 mg/h$

松节油　　$M_4 = 4 \times 10\% = 0.4 \times 10^6 mg/h$

按照《工业企业设计卫生标准》，其中乙醇的最高容许浓度未有规定，其余3种有机溶剂的最高容许浓度规定如下：

苯　　$S_1 = 40 mg/m^3$

醋酸乙酯　$S_2 = 300 mg/m^3$

松节油　　$S_4 = 400 mg/m^3$

如果全面通风换气中换入的新鲜空气不含有这四种有机溶剂的蒸汽，即进入有害物质蒸汽浓度为零。则以上苯、醋酸乙酯和松节油三种有机溶剂被稀释至所规定的最高容许浓度以下，所需风量计算如下：

$$Q_1 = \frac{M_1}{S_1} = \frac{2 \times 10^6}{40} = 50\ 000 m^3/h$$

$$Q_2 = \frac{M_2}{S_2} = \frac{1.2 \times 10^6}{300} = 4\ 000 m^3/h$$

$$Q_4 = \frac{M_4}{S_4} = \frac{0.4 \times 10^6}{300} = 1340 m^3/h$$

如此，可计算清洗作业场所所需全面通风换气量Q：

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_4 = 50000 + 4000 + 1340$$
$$= 55340 m^3/h$$

3.3.2 全面通风的气流组织

清洗作业场所的全面通风的气流组织，是在清洗作业场所内，选择从哪里进风和从哪里排风的气流走向，以及尽量减少涡流以提高换气效率。

通常，全面通风的进风应当接近清洗作业工位，设置在有害物质蒸汽浓度较低的区域，而排风口应当接近有害气体发生源，设置在有害气体浓度较高的区域。这样，可使新鲜空气或污染较少的空气先流经清洗作业工位，然后再稀释污染较重的空气，以避免清洗作业人员接触浓度较高的有害物质蒸汽。合理的气流组织应避免通风换气的气流没流经污染区域，而出现“短路”现象，同时，又应避免将污染较重的气流流经清洗作业区或主要的清洗作业工位。为达到以上要求，送风口和排风口的位置设置，宜采用以下三种布置形式，即上送上排，上送下排和下送上排，分别如图 6-7 中 a、b、c 所示。

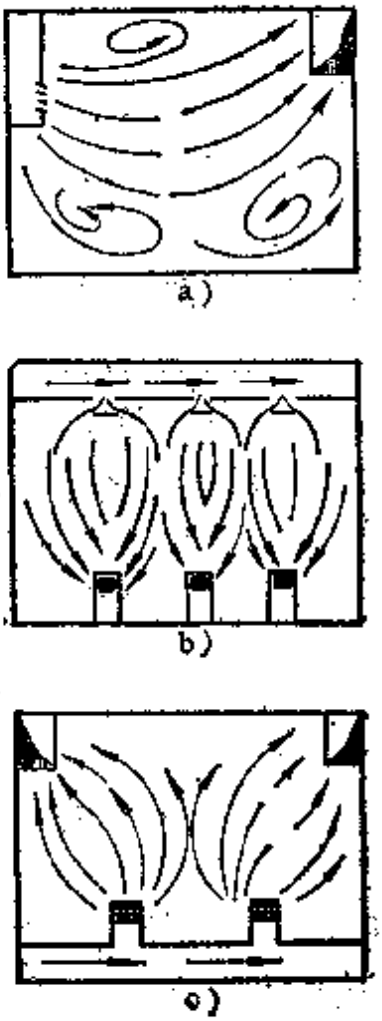

图 6-7 气流组织的三种布置形式

a) 上送上排 b) 上送上排 c) 下送上排

以上三种布置形式中，下送上排形式可使新鲜空气迅速

到达清洗作业工位，途中受污染机会最小，而且气流正好与清洗作业场所对流趋势一致，特别对于清洗液加热处理时的清洗液蒸汽流动方向接近一致。上送下排形式可使排风口接近清洗作业工位上有害物质蒸汽发散源，适用于清洗液常温处理情况，即无受热过程时气流组织较顺。上送上排形式最容易使新鲜空气或污染较少的空气从清洗作业场所上部到达清洗作业工位，但有可能使气流在中途受到污染，并常有涡流区出现。

有鉴于清洗作业场所的全面通风换气的主要目的是排除有害物质蒸汽造成的污染，所以气流组织应以排风为主，在清洗作业场所内形成负压。

3.4 碱性清洗液的碱雾净化

碱液和水基清洗液一般都要求加热使用，清洗作业过程中生成碱雾。碱雾是一种无机的、有腐蚀性的、有害的废气，容易为操作者皮肤吸收，应进行净化处理而后排放。成批生产和大型工件除油清洗中，排出大量含碱雾废气的净化，适宜采用气液换质吸收法治理。这种气液换质吸收法一般用水为吸收剂，用淋降筛板塔为气液换质净化设备，图6-8为其净化处理流程图。

图中含碱雾废气由淋降筛板塔基部侧面进入，由下而上为风机抽走。用作吸收剂的水，经水泵压送置于淋降筛板塔顶部的布水装置，由上而下淋降，保证水与含碱废气通过淋降筛板塔进行充分气液换质，使废气中碱雾为水所吸收，而后，吸收碱雾的水，使其与酸性水中和后排放。

图6-9所示为一种无溢流装置的淋降筛板塔，运行时，气液两相在塔内进行逆流操作。主要结构由塔身、淋降筛板、除沫装置和气液进出接管组成。塔身直径800mm，塔高

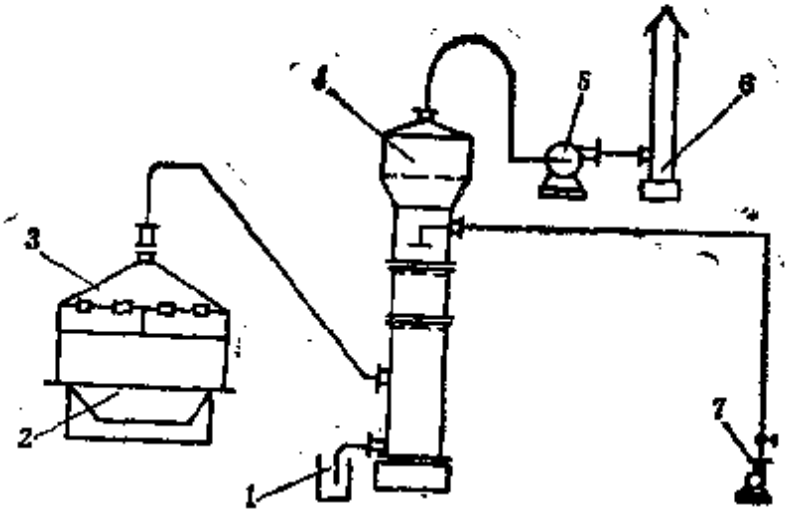

图6－8　含碱雾废气净化处理装置

1—密封贮罐　2—清洗槽　3—清洗槽排风罩　4—淋降筛板塔　5—风机　6—排风管　7—泵

4600mm，用4～5 mm厚钢板卷焊制备。除沫装置直径1400mm，由分块栅板和100mm厚的鲍尔环、垫料层组成。

淋降筛板塔的关键部件为淋降筛板。淋降筛板有分布均匀的孔，供气液充分交换。气液交换过程中，当气体空塔速度和液体分淋密度较小时，液体通过部分塔板筛孔留下，而气体则通过剩余筛孔上升，此时塔板上无液层形成。随着气体空塔速度和吸收液喷淋密度逐渐增加，塔板上逐渐出现液层与

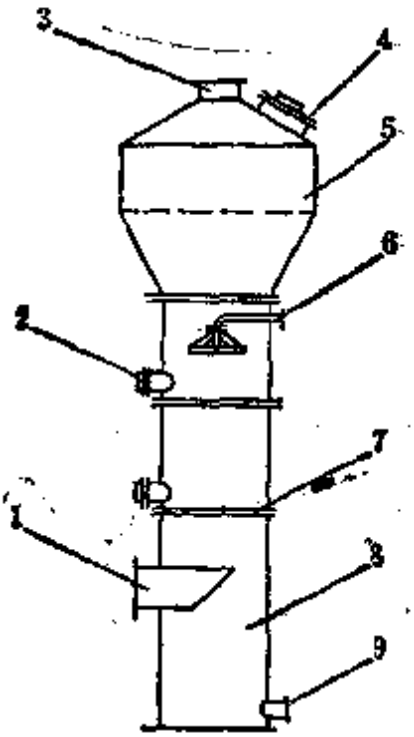

图6－9　淋降筛板塔示意图

1—进气接管　2—手孔　3—排气接管　4—人孔　5—除沫装置　6—布液装置　7—淋降筛板　8—塔体　9—出液接管

泡沫层。在工作过程中，塔板上部分筛孔将会出现液体静压超过气体压差，则此部分筛孔仅有吸收的液体往下流，而含碱雾废气气体则停止上升。但当此部分筛孔的液体静压减少，则液体停止下流，含碱雾废气则上升。所以塔板上出现一些筛孔通气，而另一些筛孔通液，并且处于交替通过的变动状态。为保证正常工作条件，淋降塔板的工艺参数应仔细调整如下：空塔速度3.9m/s，喷淋密度为43kg/m³，气体通过的压力降为1097.6Pa左右。

为使气液两相充分换质和吸收作用加强，有赖于筛板塔本身结构保证，其具体要求是：增大气液接触面积；增强气液之间紊流接触，增加气体在塔体内滞留时间。为使气体与液体充分接触，使所吸收的含碱雾废气在气液两相间扩散，可以使气体在液体中分散，也可使液体在气体中分散。

清洗作业中含碱雾废气通过图6－8所示碱雾处理装置治理，作业场所内碱雾明显减少，通过处理装置后排出的空气中碱雾仅有微量。处理前含碱雾废气中氢氧化钠浓度为120mg/m³，处理后，废气中仅含微量，远低于0.5mg/m³的要求，是其平均浓度评价。

4 清洗作业的废水治理

4.1 清洗作业的废水源及其特征

清洗作业的废水源主要是清洗作业中的冲洗水，即当用碱液或水基清洗液作为清洗液时，工件经清洗后就有冲洗水排放，此外，还有清洗液本身的定期排放。

至于选用有机溶剂为清洗液时，工件清洗后不需要冲洗，则不存在废水治理问题。

工件经清洗后冲洗所需要的水量可以用经验指标计算，

即清洗工件的单位表面积所需冲洗水量，其经验指标为15～30l/m²。可根据清洗工件尺寸选择，中小型工件的单位面积所需冲洗水量比大型工件为多，宜取经验指标的上限或接近上限，大件则近下限。

关于冲洗水的污染程度，因所用清洗液的类别即碱液还是水基清洗液而有所不同。

当采用碱液为清洗液时，工件经碱液清洗后冲洗，冲洗水的成分主要是：机油、润滑油、悬浮物、氢氧化钠、碳酸钠、硅酸钠等，属于含油含碱废水，通常可用酸性气体中和或混凝一沉淀法治理，容易解决。

当采用水基清洗剂配制的清洗液，工件经清洗后冲洗，冲洗水的主要成分是：机油、润滑油、聚氧乙烯脂肪醇醚、聚氧乙烯辛烷基酚醚、十二烷基二乙醇酰胺等表面活性剂，以及少量机械杂质。经取水样实测，这类含油表面活性剂废水的污染程度比较严重。废水呈碱性，pH值常为8～9，含油微粒的平均直径1μm以上，含油量常为100～1000mg/l，化学耗氧量（COD）较高，常为500～10 000mg/l。与规定的排放标准相比，COD应在100mg/l以下，含油量在10mg/l以下，这类含油含表面活性剂废水是比较严重，必须经治理后达到排放标准才允许排放。

近年，国内积极推广应用水基清洗剂配制的清洗液，代替汽油清洗，节省能源，而水基清洗液的推广应用，就不得不解决清洗作业废水的治理，是受到各方面普遍重视的。

4.2 清洗作业废水的治理方法与装置

4.2.1 治理方法选择

清洗作业废水治理不仅要求去除水中的油粒、悬浮物，还要去除水中的表面活性剂，降低化学耗氧量。治理工艺通

常应遵循：破乳→油水分离→水质净化，降低化学耗氧量。因此所用的治理方法不是单一的，须要将几种方法结合进行才能奏效。

按照治理工艺程序，可供采用的方法如下：

破乳—盐析、凝聚、酸化。

油水分离—自然浮上、加压浮上、电解浮上、凝聚沉淀、粗粒化。

水质净化—过滤、活性炭吸附

此外，还有超滤法，可作为单一的物理方法，用于清洗作业废水治理。但使用结果表明，经超滤法治理后的清洗作业废水，水中化学耗氧量仍然较高，需要补充治理。

（1）破乳方法

破乳主要用药剂进行盐析、凝聚，也有用酸使其破乳，达到油水分离。但目前应用药剂进行盐析、凝聚较多。

所谓破乳，即破坏乳化油珠的水化层，使油珠颗粒互相聚合，起到油水分离作用。由第二章所阐述的水基清洗液清洗除油机理已知，在除油过程中，将形成稳定的水包油（O/W）乳化液，工件清洗后冲洗，就存在于清洗作业废水中。现在为治理废水，首先必将油珠与水分离，使油珠互相聚合。所以，首先要加药剂，用化学方法破乳。

药剂的作用在于破坏废水中乳化胶体溶液的稳定性，使其凝聚。常用的药剂有氯化钙、氯化钠、氯化镁等。

投放破乳盐析药剂后，为使油珠和其他悬浮物尽快地分离，并生成微小的凝絮，就需要加入第二种药物—混凝剂。常用的混凝剂和助凝剂有：硫酸铝、聚合氯化铝、硫酸亚铁、三氯化铁、活化硅酸、聚丙烯酰胺等。

（2）油水分离方法

通过以上破乳、凝聚处理，油珠和杂质生成絮凝。此时需要通过物理方法使油水分层，油泥括出，达到油水分离的效果。

油水分离方法有：自然浮上、加压浮上、电解浮上、凝聚沉淀和粗粒化

自然浮上是基于油珠比水轻。破乳后5～10分钟可析出80%浮油。但上浮速度、分离效率与所需时间有关，欲达到90%除油效率约需24小时。

加压上浮，依靠水中通入大量微气泡，使微气泡粘附在油珠上和杂质上加速上浮。微细油珠上浮速度才1μm/s，而气泡上浮可达1mm/s，提高近千倍，从而将聚析出来的浮油、杂质从水中除去。

电解浮上，使乳化的废水破乳，再作电解处理。用铝块作阳极，不锈钢作阴极，两极之间的间隙为1mm。废水通过电极，使油水达到分离的目的。其作用包括：电凝聚、电气浮和电氧化。

粗粒化是依靠亲油疏水的高分子材料，作为油水分离的促进介质。破乳后的废水经介质时，细微油珠附着在上面，微粒碰撞，聚集成大滴，形成粗粒化，在浮力作用下，脱离介质上浮，分到油水分离目的。这些供用于粗粒化的亲油疏水高分子材料主要有：聚乙烯纤维、聚丙烯纤维和玻璃纤维等。

（3）水质净化

清洗作业废水经破乳、油水分离后，水中的油份、有机物、化学耗氧量都大大降低。但水中还存在着微量油和一些水溶性表面活性剂。通常需要经过滤、吸附才能除去，使水中化学耗氧量进一步降低。常用的过滤材料有：砂、聚丙烯纤维、丙烯腈等。常用的吸附材料有：活性炭、焦炭、磺化煤

等，其中用于除去油份和降低化学耗氧量，活性炭是最适用的材料。

4.2.2 治理装置

（1）药剂破乳—电解气浮—活性炭治理装置

治理装置的流程图如图6-10所示。

药剂破乳在反应槽内进行。所用药剂为氯化钠。反应槽能适应连续加药，均匀搅拌，并放置撇油装置，既可连续作业，又可间歇作业。反应槽的容积和结构能满足处理清洗作业废水1m³/h。

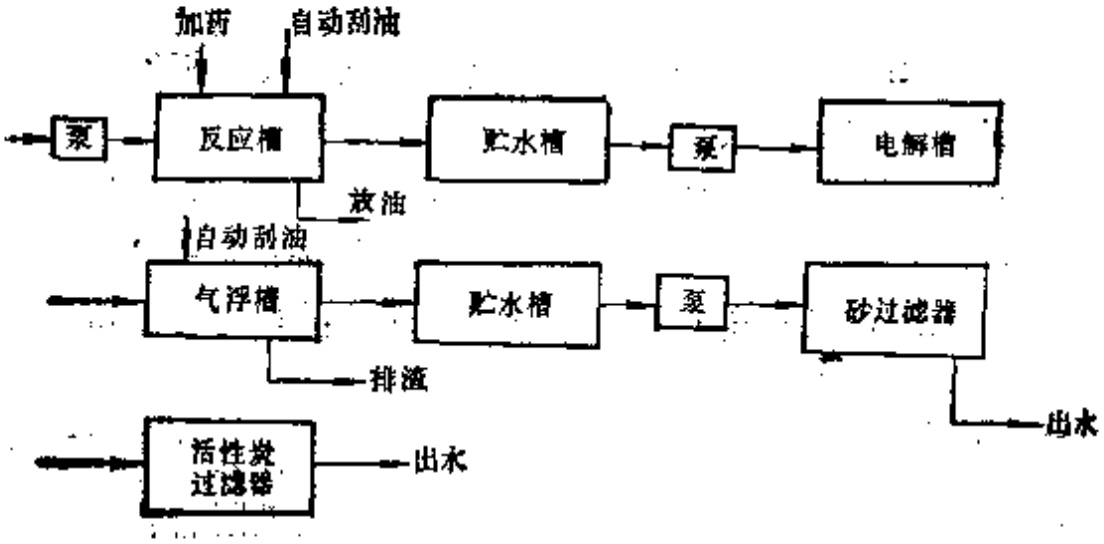

图6-10 清洗作业废水治理装置流程图

电解槽的阳极为固定式铝棒，阴极为不锈钢材料制备。在阴极上镶有绝缘刮条3根，由蜗轮减速箱驱动，在阳极上作慢速回转，均匀地刮除其钝化膜，使阳极平坦地进行溶解。刮条凸出阴极表面的高度，即为导通废水的间隙。废水在此处电解，进行强烈破乳和氧化废水中有机物。废水经破乳和氧化后再流入气浮槽。

气浮槽是在微气泡作用下排出废渣。使净化后的水分离

溢出。有效地除去大部油份和悬浮物。

砂过滤器和活性炭过滤器是进一步截留悬浮物和油分，并继续降低化学耗氧量。

通过治理装置处理的清洗作业废水可达到较好的效果。含油量<10mg/l，化学耗氧量除去率达99%，可以降低到排放标准以下，惟其处理清洗作业水量限制在1m³/h，处理水量较低。还有，电解槽阳极的钝化消耗带来更换阳极的缺点。

图6-10流程图所示的治理装置使用效果表明，含油量在≤1000ppm的清洗作业废水，仅经砂过滤器即可达到排放要求，而不需要活性炭过滤器。当含油量近10 000ppm时，经砂过滤器后，化学耗氧量略高于排放标准，就不得不采用活性炭过滤器。

国内对清洗作业废水的治理装置除图6-10所示流程图成套装置外，还有其他成套治理装置也已投产使用。这些治理装置有：药剂破乳—加压浮上—活性炭吸附成套治理装置；超滤法成套治理装置；以及废酸破乳—凝聚沉淀—石灰中和成套治理装置，各有其适用条件和优缺点。

6 清洗作业场所的噪声治理

6.1 清洗作业场所的主要噪声源与治理要求

清洗作业场所的主要噪声源有两类：其一，浸渍式清洗作业中，清洗槽内直通蒸汽加热清洗液生成的噪声。这种蒸汽加热方式虽然蒸汽管径较小，热损失也小，但由此引起蒸汽喷射的气体动力噪声却很大，按照蒸汽供热参数和安装情况不同，其噪声级可达86～100dB(A)。噪声峰值大多为中高频。其二，清洗作业中通风装置的噪声。最常见为清洗槽

槽边局部机械排风装置的噪声，或清洗作业工位上的密闭式或半密闭式局部机械排风装置的噪声。常用低压离心式风机，风压在980.7Pa以下，风量一般在12000m³/h以下，风机和风管的噪声级多半为90～98dB(A)左右，其噪声峰值多半为中、低频段。此外，还有喷射清洗作业中，清洗液经泵压送经喷管、喷嘴清洗工件过程，泵及其管道振动生成的噪声。这类噪声比前两类为低，应将前两类噪声作为主要噪声源。

根据我国《工业企业噪声卫生标准（试行）》的规定，清洗作业场所作为工厂生产现场，其噪声容许标准为85dB（A）。当清洗作业过程每天接触噪声的时间不足八小时，噪声容许标准按表6-1可适当放宽。

表6-1 工业企业噪声卫生标准（试行草案）

每个工作日接触噪声时间，h	新建、扩建、改建企业的允许噪声级，dB(A)	现有企业暂时达不到标准时的允许噪声级，dB(A)
8	85	90
4	88	93
2	91	96
1	94	99

将清洗作业场所实测的噪声级与表6-1相比较，即可确知，凡属超过表6-1所规定者，其超过的噪声级即为需要治理的噪声量。如果需要确定各个频段范围需要治理的噪声级，则需要将清洗作业场所实际测量出来的噪声级与容许噪声级85dB（A）相当的噪声频谱特性N85相比较，即可确定各个频谱段需要降低的噪声级。

5.2 清洗槽加热蒸汽的气流噪声的治理

清洗槽蒸汽冲击噪声治理的主要措施是设计特制的蒸汽热水消声器，同时还应注意消声器位置的正确安装。

为正确设计蒸汽热水消声器，首先有赖于了解清洗槽蒸汽冲击噪声的生成机理。通过多次实验表明，蒸汽冲击噪声生成的原因是由于蒸汽和清洗液交替地迅速进出冲击液体振动，生成激烈的流体动力噪声。开始蒸汽冲击出管端与常温清洗液接触，温度迅速下降，汽泡体积立即缩小，在管端处形成瞬时低压，并低于管外清洗液压力，清洗液迅速进入蒸汽管内，直至压力平衡。随后，蒸汽压又大于清洗液压，重复上述过程，如此生成流体动力噪声。据此可相应设计特制的专用消声器进行噪声治理。这种消声器的结构示意如图6-11所示。

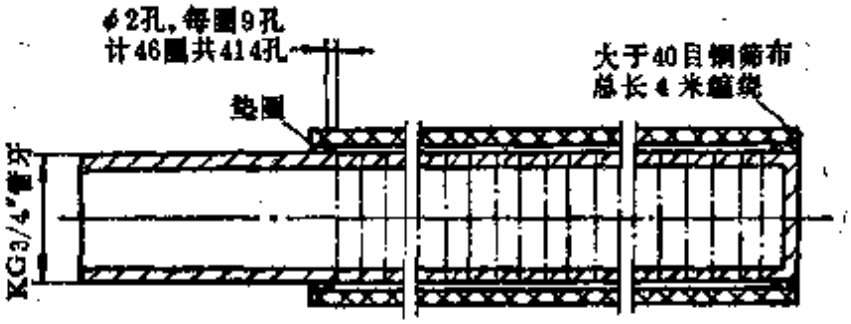

图 6-11 清洗液直通蒸汽加热消声器

图中所示特制消声器系利用3/4″水管加工配制。水管上钻φ2mm小孔，每排 9 只，排距10mm，共46排。管壁上小孔总截面与管子截面之比宜为4:8。两头衬10mm垫圈，外用40目以上长4m铜筛布缠绕，两端用枪箍夹紧，中间用铜丝按一定间距缠绕，防止松开。

此种特制消声器在清洗槽内应注意正确安装。安装位置有三种：正装、15°斜装和并联组装，如图 6-12所示。安装

时须注意消声器底端不可上翘，其最底端距清洗槽内底面应大于150mm，以便所加热的清洗液能尽快升温。蒸汽由消声器管壁小孔喷出，压力已减小，但能与管壁外层铜筛布之间清洗液接触传热，而不生成气流冲击噪声。

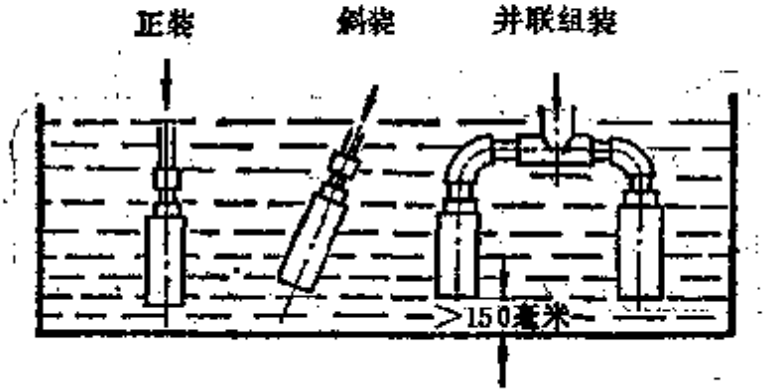

图6-12 蒸汽直通加热消声器安装位置

消声器正确安装于清洗槽内实测，噪声测量仪器位置与噪声源间距1 m，实测结果与配置消声器前比较，在125、250、500和1000Hz处的噪声峰值，由原来分别为98、94、88和83dB(A)降低了15～20dB(A)。

为配合各种尺寸清洗槽蒸汽直通加热，如图6-11所示特制消声器亦需要相应配套，制备系列品种。除用ϕ3/4″水管制作外，再增加ϕ1″、$\phi 1\frac{1}{2}$″和ϕ2″水管制作，系列品种消声器适用的蒸汽量、蒸汽压力和外形尺寸列表如下：

表6-2 蒸汽直通加热特制消声器主要规格

类型	消声器管径(″)	供热蒸汽量 kg/h	适用蒸汽压力 MPa	外形尺寸 mm
Ⅰ	3/4	230	<0.49	ϕ60×920
Ⅱ	1	360	<0.49	ϕ72×460
Ⅲ	$1\frac{1}{2}$	860	<0.49	ϕ110×650
Ⅳ	2	1410	<0.49	ϕ140×740

5.3 清洗作业场所风机与风管噪声治理

5.3.1 风机噪声特性

清洗作业场所的全面通风和局部通风所用风机一般都属于中低压离心风机。风机噪声的生成主要由于风机叶轮在机壳内高速旋转，产生周期性气流噪声，或称气体动力噪声。所产生的噪声一方面从风机的进送风口辐射出来；另一方面又激励风机的机壳和通风管道产生振动，通过风机机壳和风管管壁辐射出噪声。还有，风机的底座与基础连接时如未考虑减振，由于风机运行中的振动，还会通过基础和地面作固体声传导。

通风机的噪声强度可由设备制造厂提供的声功率级进行换算。风机的声功率级在国外系按统一的测试方法测定，如美国就是按AMCA（空气运动及控制协会）制定的标准，统一测试方法，规定风机出厂前，先在试验中心的混响室内测定声功率级。我国制造的风机目前尚缺乏这方面的数据，只能用声级计进行现场实测。通常，风机的转速和风压越高，其噪声强度也越高。制造、安装、维护保养不当也可能引起风机的噪声级增高。

当不具备风机噪声实测条件，按照风机的风量和全压可依据以下经验公式计算风机的进排气噪声级L_A〔dB(A)〕：

$$L_A = 10\lg Q + 20\lg P + A - 20$$

式中 Q——风机的风量，m^3/min

P——风机的全压；Pa

A——常数，与风机的结构特性及测量间距有关

中低压离心风机进排噪声的频带较宽，通常为中低频段。当叶片旋转噪声为生成噪声的主要成分时，其噪声峰值频率的基频随风机转速和叶片数的增加而提高。

风机噪声主要是进排气噪声，降低风机噪声源的主要途径是：降低转速；改进叶轮叶片弧度；增加叶片数和消除机壳和叶片间的涡轮区。降低风机的噪声源是最为经济有效的措施。

5.3.2　风机噪声治理措施

由于风机噪声主要为进排气处气体动力噪声，其噪声治理最为有效措施是选择或设计高效消声器，其次则为采用隔声罩、声屏障等隔声措施，不仅能治理风机的气体动力噪声，同时也能治理风机的机械噪声。

（1）风机消声器的选用与设计

根据风机进排风气流噪声的频带宽，而风压小的特点，所选择或设计的消声器的压力损失应严格限制，有效频率范围要求较宽；所以适用的消声器主要是阻性消声器或以阻性为主的阻抗复合式消声器。

为减少消声器的压力损失和再生噪声，消声器中的气流速度应控制在30m/s以下。消声器中吸声材料外面应饰以玻璃布和穿孔板。穿孔板的穿孔率不低于25%，以防止吸声材料被气流吹走。

消声器应结构简单，重量轻，装折方便。

美国用于离心式中低压风机的多种消声器中以采用阻性片式消声器较为典型。国产ZDL系列阻性片式消声器，其消声片有三种类型，能组成5种长度尺寸、130多种不同规格的消声器，能满足1000～35000m^3/h流量范围的风机使用。此种阻性片式消声器的主要性能指标如下：

a．消声性能好，消声量可达15～20dB(A)/m。

b．空气动力性能好，阻力损失小，当以阻力系数ζ表示时：

$$\zeta \leqslant 0.4 + 0.25\,l$$

式中 l——消声器的长度，mm

c．气流再生噪声较低，在25m/s流速下，气流再生噪声近似为80dB(A)。

（2）用隔声罩治理风机噪声

采用隔声罩将风机封隔，可将噪声降低到容许标准以内。惟隔声罩尚未形成系列商品，通常需要自行设计、制造。

隔声罩主要由罩壳、盖板、压紧件、消声器等构成。罩壳可用钢板、硬铝板、玻璃钢等板材制作，并紧紧粘贴一层软橡胶或涂阻尼涂料。阻尼涂料厚度应大于板材厚度2～3倍，以抑制板材的振动。

罩壳内壁应衬以30～50mm厚的吸声材料，常用的吸声材料有超细玻璃棉、多孔泡沫塑料或矿渣棉。在吸声材料外面罩以玻璃布，再以金属网或穿孔薄钢板为护面层，防止吸声材料散落。穿孔薄钢板的孔径常取3mm，穿孔率为20～30%。最后用金属压条或铁丝固定在罩壁上。

隔声罩要求严格密封。密封不严将使隔声效果明显降低。尤其须注意孔洞和隙缝处理，防止漏声。当罩壁上有1/100罩壳面积大小的小孔，隔声罩的隔声量将不会超过20dB(A)。宽2～3mm长1m的隙缝，能透过10dB(A)。所以，孔洞和隙缝必须用软橡胶填实，罩壳与盖板关闭密合时必须用压紧件扣紧压实。管道通过罩壁时应采用隔声套包扎。观察窗、通风口和隔声套与罩壳间应紧密贴合，不使影响隔声效果。

由于隔声罩将风机封闭隔离，为此需要设置通风口供风机散热。为不使通风口透过噪声，必须在通风口处设置消声

器。消声器的消声量应与隔声罩的隔声量近似。特别应该注意，通风口的位置确定，进风口应设置风机电动机所在的一端，使冷却用的进风进入隔声罩首先冷却风机的电动机，防止电动机过热。

风机底部与隔声罩罩壳间应避免刚性连接，而应采用弹性材料衬垫。

为便于检修，隔声罩宜由几个部件拼接而成，做成组合型可拆卸式的结构。

（3）用声屏障治理风机噪声

将声屏障置于风机与操作人员之间，声波受到声屏障的阻挡而在屏障边缘产生衍射，从而在声屏障背后形成一个声影区，在这个声影区内噪声有所降低。应用声屏障降低风机噪声，可以不需要用罩壳或其他围护结构将风机完全封隔。不存在隔声罩造成风机及其电动机散热困难的缺点。

声屏障宜制成单元式，其平面可为板形、L形或I形，断面形状宜为“遮檐式”，以提高衍射系数。其结构简单、装拆方便。当声屏障的尺寸、布置和结构合理时，可降低风机噪声8～12dB(A)，降低噪声效果不及隔声罩，但所需费用少，容易制备。

5.3.3 风管噪声的综合治理

高速气流在风管内流动造成薄壁风管振动，成为清洗作业场所的一种常见的噪声源，往往忽视治理。风管噪声适宜用综合治理措施，具体有效的措施扼要归纳如下：

（1）确定风管支承位置时，先经多处选择试装，选择风管噪声最小的支承位置再行固定安装。因为风管支承位置确定，风管固有频率也就相应确定，应防止风管的固有频率与风管内激振频率巧合或呈整倍数，防止风管发生共振。

（2）在风管外壁涂复沥青—橡胶阻尼涂料，涂复前须较好地除油除锈。涂复方式可用刷涂。阻尼涂料的厚度应为管壁厚度的两倍以上，可用多次刷涂达到。试验结果表明，降低风管噪声明显，可降低噪声4～6 dB（A）。

（3）在管道外壁配制隔声层。隔声层的做法如下：先刷涂沥青阻尼浆；再紧贴一层轻质多孔材料，如玻璃棉、矿渣棉、膨胀珍珠岩等。随后包扎石棉绳；然后，刷涂水泥砂浆；最后用铁丝网或薄钢皮作保护层。采用这种风管隔声层可降低噪声5～8 dB（A）。

（4）适当增加风管壁厚。

参考文献

[1] Н.П.Отерова И. К. капралова А.И.Захарова Очистка Изделий в Машиностроении "Машиностроение" 1982

[2] 间宫富士雄化学洗净の技術工学图书株式会社昭和54年

[3] B. S. 3189 British standard for pretreatmant of iron and steel 1973

[4] GB3821—83中小功率内燃机清洁度测定方法及其编制说明 标准出版社 1984

[5] 天津市汽车运输四场 三氯乙烯在清洗汽车零件上的应用 人民交通出版社 1980年

[6] 郭宗泰编 高压水清洗技术 中国铁道出版社 1984年

[7] 岑军健等编 非标准设备设计手册 （第四册） 国防工业出版社 1983年

[8] （捷）巴尔特尔著 雅淳译 金属表面化学及电化学加工工艺学 国防工业出版社 1965年

[9] 机械工程手册电机工程手册编辑委员会 《机械工程手册》第50篇 机械工业出版社 1978年

[10] 机械工程手册电机工程手册编辑委员会 《机械工程手册》第63篇 机械工业出版社 1980年

[11] 韩熙麟 姜英涛 编 轻工产品涂装技术 上海科学技术文献出版社 1984年

[12] 有機溶剤洗浄の方法と设備について 《實務表面技術》1976年 第6期

[13] 张岱华 金属制件清洗技术 《腐蚀与防护》 1982年第3期

[14] 张岱华 水剂清洗液的应用 《工程机械》 1980年第2期

[15] 张岱华 精密零件的超声波清洗 《农业机械》1981年 第9期

[16] 张岱华 涂漆前表面处理技术 《上海涂料》 1982年第3期

[17] 张岱华 超声波清洗装置 《工程机械》 1979年第9期

[18] 张岱华 超声波清洗除油技术 《机械工厂设计》1983年 第2期

[19] 张岱华 油漆车间的设备噪声及综合治理 《机械工厂设计》 1983年 第6期

[20] 韩熙麟 张岱华 涂装安全技术 《化工物资》1984年 第1期，（总第19期）

[21] 成身俊等 金属清洗液的分类及乳化溶剂型清洗液的性能《兵工学报》 1983年 第2期

[22] 鲍永贞等 以水溶液代替汽油的清洗剂 《兵工学报》1981年 第4期

[23] 任崇萌等 高效清洗溶剂—稳定化1，1，1三氯乙烷

《材料保护》 1982年 第5期

[24] 姚唐春 高压水除锈梳状漏喷现象的消除 《造船技术》 1978年 第5期

[25] 张光文 碱雾处理装置 《上海工业大学学报》 1981年 第4期

[26] 叶正中 介绍一种乳化废水处理方法 《机械工厂设计》1984年 第1期