



供氧设备的清洁

CLEANING OF EQUIPMENT FOR OXYGEN SERVICE

AIGA 012/04

亚洲工业气体协会

地址：新加坡，3 港湾坊 #09-04 港湾大厦二，邮编：099254

电话：+65 62760160 传真：+65 62749379

网址：[http // www.asiaiga.org](http://www.asiaiga.org)



供氧设备的清洁

CLEANING OF EQUIPMENT FOR OXYGEN SERVICE

关键词

- 清洁
- 压缩机
- 环保
- 医用
- 氧气
- 管道系统
- 防护

免责声明

所有AIGA或带AIGA名称的出版物包含的信息，包括业务守则、安全程序及技术信息均从AIGA认为可靠的来源获得，并且/或者基于AIGA及其他组织成员在出版之日提供的技术信息和经验。有鉴于此，我们无法对这些出版物所含信息的精确性、完整性或正确性作出保证，也不为此承担任何法律责任。

尽管AIGA建议其成员参考或使用协会出版物，成员或第三方对出版物的参考或使用行为纯粹出于自愿，不具有约束力。

AIGA或其成员对参考或使用AIGA出版物所含信息或建议产生的结果不作任何担保，亦不承担任何相关的法律责任。

AIGA无法控制任何个人或团体（包括AIGA成员）执行或不执行、误解、正确或不正确使用任何AIGA出版物所含任何信息或建议，AIGA明确声明不承担任何与之相关的法律责任。

AIGA出版物接受定期审查，用户请注意获取最新版本。

如有任何内容方面的分歧、或经授权翻译的文件内容与本出版物的英文内容不相符合时，应以AIGA提供的官方英文版的内容为准。

Any ambiguities or interpretive differences between an authorized translated version and the English version of this publication shall be construed and applied to preserve the meaning set forth in the official English version which is available from AIGA

©本翻译文件经欧洲工业气体协会授权出版，保留一切法律权利。

亚洲工业气体协会

地址：新加坡，3 港湾坊 #09-04 港湾大厦二，邮编：099254

电话：+65 62760160 传真：+65 62749379

互联网：<http://www.asiaiga.org>

致谢

本文件采纳了欧洲工业气体协会(EIGA)文件 IGC 51/02 “变更管理”。对于 EIGA 允许使用其文件，特此致谢。

目 录 表

1	引言	1
2	范围和宗旨	1
3	国际协议/规定	1
	3.1.1 消耗臭氧层物质	1
	3.1.2 挥发性有机化合物	2
4	清洁方式	2
4.1	步骤及清洁剂限定	2
	4.1.1 概述	2
	4.1.2 选择标准	3
	4.1.3 其它技术标准	3
	4.1.4 健康、安全和环境因素	4
	4.1.5 成本	6
4.2	典型方法	6
	4.2.1 机械清洁法	6
	4.2.2 化学清洁法	7
	4.2.3 溶剂清洁	9
	4.2.4 清洁剂清洁	11
	4.2.5 高压热水（蒸汽）清洁	12
	4.2.6 乳液清洁	13
	4.2.7 漂洗	14
	4.2.8 烘干	14
	4.2.9 清洁剂的去除	15
5	清洁材料	15
5.1	机械清洁用材	15
	5.1.1 喷抛处理	15
	5.1.2 钢丝刷	15
5.2	化学材料	15
	5.2.1 碱性化学品	16
	5.2.2 酸性化学品	16
	5.2.3 溶剂	17
	5.2.4 水基清洁剂	18
	5.2.5 乳状清洁剂	18
5.3	清洁布	18
5.4	干燥材料	18
5.5	干燥/吹洗用气体	19
表 1:	工业溶剂 ¹	20
表 2:	碱性化学清洁材料	21
表 3:	酸性化学清洁材料	22
表 4:	碱性清洁剂的一般成分及其用途	23
6	检查方法及验收标准	24
	6.1 概述	24
	6.2 检查方法	24

6.2.1	白光下直接目视检查.....	24
6.2.2	紫外光（黑光灯）下直接目视检查.....	25
6.2.3	擦拭测试.....	25
6.2.4	溶剂萃取.....	25
6.2.5	水膜残迹测试.....	26
6.2.6	色谱分析法、光谱测定法以及其它特殊的检测方法.....	26
6.3	检测限值.....	27
6.4	验收标准.....	27
6.4.1	气味测试.....	28
6.5	检测记录.....	28
7	供氧设备的标签.....	28
8	清洁保护.....	28
8.1	保护方法.....	29
8.1.1	小型设备.....	29
8.1.2	大型设备.....	29
8.2	压力测试.....	29
8.3	备注.....	29
9	清洁度的设计与制造问题.....	29
9.1	购买设备或组件时的清洁度质量保证.....	30
附件 A:	氯氟化碳（CFC）与挥发性有机化合物（VOC）对环境的影响.....	31
附件 B:	使用含水剂及水溶液清洁设备.....	32
附件 C:	碳钢管道清洁.....	42
附件 D:	使用高压清洁设备清洁管道.....	45
附件 E:	使用含水清洁剂在超声波清洁池清洁管式热交换器.....	47
附件 F:	使用含水清洁剂在超声波清洁车内清洁部件.....	48
附件 G:	使用含水清洁剂与溶剂清洁器皿.....	49
附件 H:	使用含水清洁剂清洁器皿.....	50
附件 I:	可移动真空绝缘容器的清洁.....	51
附件 J:	建设工地补救清洁.....	52

1 引言

氧气本身并不易燃，但它具备助燃性。氧气可同大部分物体发生反应。若某一系统下氧气含量和/或压力越高，则：

- 燃烧越旺盛（甚至可发生爆炸）
- 着火温度越低（甚至可点燃大气下并不燃烧的材料）
- 火焰温度越高且燃烧速度越快。

须谨慎选择与氧气相容且不含污染物的设备及用材。烃油及油脂因为它们极易点燃/被点燃，故应避免/去除。

认识氧气反应后，对供氧设备的清洁应做的严格要求便随之产生。

第一版此文件（发行于1986年）已建议：1. 同氧气相接触的表面的清洁步骤/剂及此类表面清洁度的维持步骤/剂；2. 检验方式；3. 验收标准；及4. 操作实例。

在大部分情况下，推荐使用溶剂清洁这一方式（当时在氧气业内这是主要方式）。

过去几年中，环保规定变得越来越苛刻（这些规定包括逐步淘汰大部分的氟氯化碳（CFC）及限用/禁用某些挥发性有机化合物）。有鉴于此，开发另一清洁法，以代替上述方式成为了当务之急。

此文件已更新完毕，以考究最新的环保规定。

2 范围和宗旨

此文件涉及同下列物质相接触的待用设备或零件的清洁方式：1. 气态或液态氧；2. 含氧量超过25%的一氧化二氮或氧化气体混合气【详见《氧弹燃烧法》（prEN）720-2 或国际标准化组织（ISO）10156】。

此文件特别：1. 描述了清洁方式；2. 罗列了清洁剂；并3. 列明检验方式及保持清洁的方法。

3 国际协议/规定

出于环保考虑，国际上已制定了各项旨在逐步淘汰或限用部分物质的协议/规定。而此部分则对此类协议/规定的进展及现状进行综述。

3.1.1 消耗臭氧层物质

认识氟氯化碳（CFC）对臭氧层所造成的损耗后，逐步淘汰此类化学物的要求便随之产生。

70年代末，一些国家开始尝试通过颁布法令降低氟氯化碳的排放，而1980后则通过开会制定国际协议尝试达成此项目的。

《维也纳协定》（于1985年起生效）是通过会议商定而成，但未规定实际措施。1987年《蒙特利尔公约》下所涉国家已达成共识，须降低部分物质的使用量。1990年伦敦会议及1992年哥本哈根会议已将淘汰日提前并添加了一些新的禁用物质。

欧盟就氟氯化碳所做法令总结如下：

欧盟第2000/2037号规定已取代欧盟第3093/94号规定对损耗臭氧层的物质进行罗列。此规定下载有对消耗臭氧层物质的淘汰进程、使用、贸易及排放控制与汇报所做的各项议定。在非含溶液应用下（包括不带冷却区的顶开口式系统），禁用氟氯化碳及氢氯氟碳型溶液。

更多详细信息请见EIGA第5号环保时事通讯。

3.1.2 挥发性有机化合物

“光化烟雾”及地面臭氧可对人类健康及环境造成极大的危害，而挥发性有机化合物则是它们的主要来源之一。

欧盟法规中下涉及此类物质的使用的主要规定是《欧盟指引1999/13》。该份指引对因有机溶液（用于某些步骤下及工业安装）而产生的挥发性有机化合物的排放进行了限制。表面清洁便是上述步骤之一。

若使用高于指引中规定的限值的溶液进行安装，则须：

- 遵循排放限值或降溶计划
- 制定一个溶液管理计划
- 在开展活动前获得许可

大部分有害溶液（具有危险代号R45、46、49、60、61，如可繁殖的致癌物、诱导有机体突变的物质、有毒物）须加以严格控制。

溶液管理计划须有助于操作员：

- 将排放到大气中的含量降到最低
- 确认排放限值
- 确定哪些溶液须予以替换

有关氟氯化碳(CFC)及挥发性有机化合物（VOC）的环境影响极其禁用原因的相关资料，请参阅附件1.

4 清洁方式

4.1 步骤及清洁剂限定

4.1.1 概述

此部分提供了有关信息。此类信息应在为供气系统选择清洁步骤/剂之时，予以考虑。

选择何类适用的清洁方式取决于第4部分下所规定的最终清洁度。

选择最为适用的清洁步骤时，应考虑许多因素。

- 技术因素（过程适用性/清洁效果）
- 环境及安全因素
- 经济因素（所涉开支）

选择标准也就是对现状下所需特征进行定义。各解决方案均对其优点及缺点进行阐述。

决定将采用何种清洁方式前，须首先考虑并建立清洁的必要性。可通过改变生产步骤减少清洁操作。

4.1.2 选择标准

清洁步骤/剂须完全符合下列标准：

技术：

- 良好的脱脂性能
- 便于移除
- 无腐蚀性
- 同常用金属/非金属材料相兼容
- 非易燃性或低易燃性

环保/安全：

- 非有毒性
- 不损耗臭氧
- 环保
- 可处理

经济：

- 实惠且市面上常见
- 可选择供应商

美国材料与测试协会（ASTM）已出于此目的考虑，颁布了方针G127《氧气装置用清洁剂的选择标准导则》。

4.1.3 其它技术标准

其它应纳入考虑的技术因素包括：

零件尺寸：

- 小型零件（即：达500mm）
- 大型零件，如压缩机机壳、热交换器及蒸馏器

零件外型：

- 简易型
- 带复杂/闭合型的两端及裂缝
- 超长型（管道）

需清洁的表面

-
- 内部
 - 外部
 - 粗糙度
 - 清洁时间
 - 车间内
 - 安装现场内
 - 清洁时期
 - 制造时
 - 调试时
 - 维修时
 - 待清洁设备的状态
 - 已装配
 - 已拆卸
 - 清洁频率
 - 连续
 - 频繁
 - 偶然

4.1.3.1 清洁剂效率对比法

设定一些标准的方法来对比清洁步骤/剂从金属中去除油和油脂污染物的能力是很有必要的。

原则上，这个方法可通过以下步骤得以实现：i. 污染试验板；ii. 清洁测试板；iii. 通过一种充分检验的方法评估清洁效率。

美国材料与试验协会（ASTM）已经制定了两套可能达到这些目的的方法：

ASTM G 121 评定清洁剂用被污染试样制备的标准规程

ASTM G 122 评定清洁剂效果的标准试验方法

4.1.4 健康、安全和环境因素

理想的清洁剂要无毒或至少低毒性。必须考虑在内的主要因素是：

- 对吸入的作用
- 对皮肤的作用
- 对眼睛的作用

在环境这个层面上有四个主要议题：

- 水的排放
- 废物处理
- 空气的排放
- 能源

能源和水的排放是关乎水洗的主要问题，而空气的排放则与溶剂清洁有更大的相关性。

关于环境方面亦可参阅《国际散装运输液化气体船舶构造和设备规则》（IGC）技术附注 515/95 下所载的《环境管理指南》。（漏译: IGC Technical Note 515/95）

4.1.4.1 水的排放

不论经过何种工序，发生下列任一情形，水质均会受到污染：i. 废物处理不当；ii. 废水处理不当；或 iii. 因处理/存储不当而意外引发溶剂外溢。

4.1.4.2 废物处理

溶剂脱脂会产生残渣，这些残渣包括油类、脂肪、油脂。不论在室内还是在专用的回收器里，溶剂量很容易在蒸馏处理的过程中降低，这样就可以获得一些有用的溶剂。而剩余的残渣则成为高浓度的最终废物。

废物必须由经授权许可的承包商进行处理。处理程序必须符合当地的规定。溶剂供应商须提供支持和指导。

在水溶液中净化的过程产生两种污水：

- 用过的洗净槽包含洗净过程中所需的化学物质，该洗净槽也受到油污和油脂的污染。这种残留物必须在污水处理工厂进行处理。此过程亦会产生污泥，这需要在排放污水前做进一步处理。

- 漂清的废水，其污染程度相对较低，但仍然包含溶解盐。一些污水可以在更早的一个清洁工序里被重复利用。任何最终的污水都需要在排放前处理。

水溶液污水处理的规定因地方法场所各有不同。

4.1.4.3 空气排放

国家法律已对因有机溶剂引起的空气排放的极限值提出规定。上文（第 1.2.2 节所涉的欧盟指令也有相关因净化处理而引起的对排放物限制的规定。）

4.1.4.4 能源

由于须清洁的物质及环境种类繁多，清洁过程的能源要求也各有不同。

净化所需的总能源包括：

- 产生化学物所需的能源
- 清洁过程（包括回收利用和污物处理）所需的能源

当需要烘干的时候，水洗过程将会比使用溶剂的过程更为耗能。

4.1.5 成本

所有的公司都希望研发出一种更有成本效益的方案。然而选择最合适的净化工序的过程中，只有在满足技术性能要求、清洁质量、净化后零件的质量和可靠性、操作者安全指数和环保要求后，成本才能成为考虑方案的重侧重之处。

成本分析必须涵盖所有与净化工序有关的成本，这包括人员配置、健康调查、材料和废物处理。

4.2 典型方法

对供氧系统所用的零件、容器及管道系统而言，其典型清洁方法归纳于以下章节，主要包括：

- 机械清洁法
- 化学清洁法
- 清洁剂清洁法
- 热水（蒸汽）清洁法
- 乳液清洁法
- 溶剂清洁法

附件 B 给出了水溶剂清洁所需的清洁装备的示例

附件 III – X 给出了不同清洁工序的示例

4.2.1 机械清洁法

这种清洁法不适用于有精确尺寸的零部件，因为它会导致不均匀的材料损耗。通常，它总是作为一种准备阶段出现在清洁工序中，但是假设油污和油脂（如果存在的话）已经从工序里清除了，诸如喷抛清理等一些步骤就可以用于清洁工序中。不能用喷抛清洁的特殊污染物（例如记号笔所做的记号）则必须用其他步骤清除。

选择机械清洁方法取决于诸多因素，必须纳入考虑中：

- 污染的程度范围
- 所选方法的污物清洁能力
- 待清洁的部件或零件、其形状及扫清清洁遗留残渣和清洁材料的能力
- 清洁材料（步骤）对建筑材料的影响
- 部件或零件内/上所需的表面加工

作为机械清洁法的最后一个阶段，以下这一步骤至关重要：通过冲刷、真空处理、采用干燥无油的空气压缩机吹净或综合上述方法来清除所有清洁材料和残渣。

机械清洁法不适用于非金属材料。

机械清洁法可以通过敲铲除锈、磨削、榔打、金属刷洗、喷抛清洁的形式得以实现。

- 机械式清管器可能会被使用。它们是通过挠性轴推动旋转轮装置以磨削氧化皮等。

- 推荐含铁金属制成的金属丝刷。碳钢丝刷不能用于铝或不锈钢表面。任何先用于碳钢上的金属丝刷不可再用于铝或不锈钢表面。可将金属丝刷同碱性溶液配套使用以完善该清洁方法。

- 喷抛清洁使用研磨材料如砂、铅、铜矿渣、氧化铝、玻璃珠、沙等等。喷抛清洁方法可以通过利用干燥无油的空气压缩机、氮或高压水作为介质得以实现。

该方法不能用于铝合金，否则会产生不均于的金属流失和砂体包埋。

除非喷抛清洁材料已经处理，用以去除任何污染物，否则建议此等材料宜只使用一次。

注意：

a) 材料规格参考第三部分—《清洁材料》。

b) 表面加工机械清洁法应被采纳为最低标准 N9, Rugotest No. 3 ISO 2632.

可替代：Sa 2 1/2 ISO 8501-1 或 瑞典标准协会 055900.

4.2.1.1 健康和安全防范措施—机械清洁法

机械清洁会产生尘埃和微粒（这些微粒源于:i. 所用材料的分解；和 ii. 清洁部件的表面材料被去除）。所产生的颗粒物（如石英粉尘）会通过呼吸构成对人体健康的危险而且会造成对眼睛的伤害。

1) 操作员必须穿待适合的全套保护性服装包括呼吸装置、头盔、手套、围裙、面罩和护目镜。如有必要必须采取措施隔离清洁区域的多余尘埃。

2) 软管、接管、阀门和其他辅料必须在质量和条件上符合操作过程。

3) 必须严格遵守国家法律规章对喷抛清洁隔间/室和喷抛设备的通风及使用安全性所做的规定及生产商对此所做的建议。

4.2.2 化学清洁法

化学清洁法涉及酸性物质或溶液的清洁，它可用于清除下列碱性污染物质：

- 顽固性表面附着物
- 锈迹、水垢、氧化膜
- 铜焊助焊剂
- 少量的油漆、油脂、油膜和化合物。

在大部分情况下，这种化学清洁法材料的选择主要取决于待清洁的装备，待清除的污物和建筑材料。必须严格遵守生产商对清洁剂所做的应用说明及必要的安全防护措施。

选择化学清洁法取决于诸多因素，必须纳入考虑：

- 待清洁的单元或零件，其形状、型号和扫清清洁遗留残渣的能力
- 单元或零件的材料及清洁材料对生产材料的潜在作用
- 耐酸范围内材料的耗损程度
- 待清除的污物
- 单元或零件内/上所需的表面加工

一般而言，酸洗不用于清除油污、油脂和污物。但是如果确实存在这些物质的话，必须在使用酸性清洁前使用溶剂或碱性溶液清洁。

下列是零部件化学清洁的另选方法：

- 浸入含清洁材料的容器内。通常需添加某些机械能源。
- 喷射清洁液体于设备上。
- 将清洁材料装满整个装置，这个可能适用于较大型的装备
- 强制循环零件内的清洁材料，适用于管状装备

清洁材料可用做酸性物质或碱性物质的水溶剂。已准备的溶剂的浓度将同零件材料及所需表面条件相匹配。处理一些金属表面（比如钝化）时，有时需要多次清洁操作以防腐蚀。

不论是用酸性还是碱性溶剂，该化学清洁的操作过程结束后所有残渣都必须用无油的水冲洗肃清使其完全从部件中排出。

4.2.2.1 碱性清洁

通常，这种清洁法作为化学清洁的一个步骤来清除油污和油脂的。使用在特定的温度（38°C 到 82°C，取决于浓度）下的同苛性碱溶液。

苛性碱溶液是由散剂，晶体或浓缩溶液制造而成。它们均可溶于水。

其他用于包括软水、防腐蚀，加湿功能的化学品也在其列。

必须严格遵守生产商对清洁剂所做的使用说明。

除非化学物质的供应商另有说明，否则清洁后须用无油水彻底冲洗所有零件，为了预防腐蚀，最好是加热以帮助烘干，这点对铜、铜合金和不锈钢来说尤为重要。

4.2.2.2 酸性清洁

该方法通常在环境温度下用酸性水溶液得以实现。磷酸清洁溶液可用于金属上，以清除氧化物、浅铁锈、轻质土、熔剂和某些保护层。

盐酸溶液可适用于碳钢和低合金钢。这个方法可以移除锈、磷和氧化物，还有表面镀的铬，锌和镉。此方法不能用于不锈钢和青铜，会产生应力腐蚀。

因为金属氧化物溶解在溶液中将会腐蚀基底金属，盐酸和硝酸溶液下需要使用抑制剂。

用上述方法对铁表面进行酸洗，还需通过磷酸、亚硝酸钠或磷酸盐处理产生钝化，以避免薄锈。

铬和硝酸溶液可用来清洁铝、铜及其相关合金。这些溶液并不是合格的清洁剂，但却常被认为是通过碱洗擦亮钝化的金属的去氧剂。硝酸与铜和铜合金混合后会产生有毒气体，因此通风是很重要的。

必须绝对遵从生产商关于浓度、时间、温度所做的建议。仅在了解且供应商已探讨酸性溶液的适用性及功能后，方可使用此类酸性溶液。

除非化学物质的供应商另有说明，否则清洁后须用无油水彻底冲洗所有零件，最好是加热以帮助烘干。必须特别注意碳和不锈钢铸件。

4.2.2.3 酸洗、碱洗的注意事项

- a) 关于推荐的酸、碱水溶液，请参考第三部分（清洁材料）。
- b) 监测出口水相比于进口水的pH值及导电性变化，以此评估冲洗操作的完成度。

- c) 用于酸洗的泵、软管、散装罐、管道和阀门等应具有抗酸性并能与正在使用的溶液兼容。
- d) 根据制造商的建议储存并处理受到污染的清洁剂和残留物。同时还应遵守地方和国家的有关规定。

4.2.2.4 健康及安全预防措施 - 酸洗及碱洗

- 1) 应尽量避免眼睛和皮肤与酸性和碱性化学品接触，因为这将有可能导致烧伤或严重的皮肤疾病。化学品与被清洁的金属所发生的反应会产生烟雾，要尽量减少呼吸到由此反应所产生的烟雾。只有充分理解化学品的用途、性能及环保程度且完全遵循制造商所给的建议后，方可使用化学清洁剂。
- 2) 在进行化学清洁操作时，操作者必须要佩戴合适的防护服、手套、围裙，有时甚至是整套装备，面罩和护目镜等。
- 3) 化学品只能通过适用的密封性容器进行运输。
- 4) 由于酸与金属表面接触时会产生的一些易燃氢气和有毒烟雾，因此在封闭性容器内进行酸洗时，需要采取一些特别措施。
- 5) 准备水溶液时，应将酸缓慢加入水中，而非将水加入酸中。
- 6) 禁止向排水系统直接排入酸和碱。有关环境影响和处理方法的进一步意见，请参考《国际散装运输液化气体船舶构造和设备规则(IGC)》技术说明515/95。

4.2.3 溶剂清洁

出于安全和环保等方面的原因考虑，这种清洁或脱脂方法已在很大程度上由其他方法取而代之。在一些无法采用其它清洁方式的特定情况下，溶剂清洁则可能派上用场。

该方法适用于所有金属；铝的清洁请参阅第2.2.3.5节下的第7项，非金属的清洁请参阅第2.2.3.4节下的b项。

开始清理操作前，新鲜干净的溶剂应予以保留作为参考样本使用。此样本将作为基本参考使用。在整个程序的间隔期间，应提取溶剂样品。

这些溶剂样品可与基本样本进行比较，以此确定污染程度和后续的清洁程序。持续展开这个过程，直至达到清洁验收标准为止。

确定污染程度可以将溶剂样品的颜色同基准样品在紫外线下发出的荧光进行比较，并通过分析或蒸发来确定（见第四部分-检测）。建议使用玻璃瓶来放置需检查的样品。

由于氧气与溶剂接触会造成潜在的危险，因此完成任何溶剂清洁法后，均得将所有残留的清洁液从零件中完全清除干净。先对待清洁的零件或系统进行评估，以确保上述零件或系统中并不存在阻碍溶剂排出或冲出的管道、其它死角或区域。若存有以上障碍，则不得使用该方法，或选择修改系统，以适应这种方法。应使用暖和、干燥且无油的空气或氮气排空、净化并烘干此等零件，小型零件如有必要应只采用空气烘干。检查是否已排除殆尽残留溶剂的方法之一便是，使用商用气体探测器/分析仪对后续清洁过程中净化及烘干过程的完成度进行检测分析。

所使用的单元包括一个吸入式泵。此泵用以测量已经校准的一次性色度检测管下所含的样品量。当溶剂蒸汽已完全净化干净时，这个测试还可辅以嗅测试。

所使用的溶剂清洁方法在以下分节均有详细描述。对于零件外观简易且四面可及的零件，可先在一块干净的无绒布上抹上溶剂，从而实现清洁处理，然后再展开烘干处理。

潜在用户应确定国家当局是否已宣布可使用此等溶剂。应以稳定的形式使用溶剂。

4.2.3.1 溶剂法中的浸泡

单个零件的清洁，可通过在溶剂罐中浸泡此等零件的方法来实现。此方法应在室温条件下进行，并辅之以搅动的动作。

可拆卸部件可采用这种方法进行清洁。这一过程可通过使用超声波发生器得以改善。有些溶剂法的描述请参照附件 B 下第 4 部分。

4.2.3.2 强制循环法

在零件内强迫溶剂液体循环流动，从而实现清洁功能。此清洁法应在室温下进行。

使用干净的溶剂持续展开循环清洁过程，直至流出零件的所用溶剂同流入零件的溶剂的清洁度相若为止。

这种方法是一个高度专业化的清洁程序，主要适用于不可拆卸的装配、大型组件、预制电路、管道工程等。然而，这种方法的使用受限于：i. 溶剂很难达到复杂系统中所含的污染物；及 ii. 很难完成接下来的彻底清除污染物。

4.2.3.3 气相法

零件的溶剂气相清洁通过持续地让溶剂蒸气冷凝在零件表面上来去除污染物。

该过程要求设备或零件的温度比溶剂沸点低。

溶剂气相清洁最大的优势是重新汽化过的溶剂总能保持干净而且污染物会始终保留在蒸发器的液体部分，当然，液体部分将需要定期清理。

有关某一类设备的气相清洁方法，请参考附件 B。

4.2.3.4 溶剂清洁注意事项

a) 关于合适溶剂的建议请参考第 3 部分（清洁材料）。

b) 一些塑料材料，包括聚氯乙烯（PVC）和聚甲基丙烯酸甲酯（有机玻璃）不应该被用作容器。因为塑料会被溶剂溶解，而且塑料还会留存在被清洁的组件中。

因此，由这些材料制成的产品，不得用氯化溶剂清洁。

聚四氟乙烯（PTFE）与氯化溶剂的是令人满意的，也是最常用的材料。一般来说，非金属材料在使用前需要确认的可使用性。

4.2.3.5 健康及安全预防措施-溶剂清洁

溶剂一般具有毒性，可通过吸入，皮肤的渗透和消化作用于人体（见附表一中的一些溶剂接触限值）。

一些如二氯甲烷，三氯乙烯，四氯乙烯，被列为疑是致癌物质。

只有当反应的性能和对健康的影响被充分理解，同时还要与制造商所给的建议一致的时候，才能够使用化学清洁剂。

1) 一些溶剂蒸气是一种强列的麻醉剂。少量吸入这样的蒸汽会引起昏睡。大量吸入蒸气则可引起昏迷和死亡。国家制定相关规章来控制这些产品的使用。

向大气排放，必须考虑并保持在最低水平，同时还须符合法律规定。

使用溶剂清洁必须注意要有足够的通风，以防止人们呼入过量溶剂蒸气或产品分解过程的产物。

在户外溶剂清洁行动，确定工作场所应尽可能使人处于上风。

溶剂的插孔，不得留在没有盖子或盖子安装的工作地区，而是应适当标签。

为了避免暴露在许可水平之上，溶剂不得在密闭空间从元件去除。

2) 有些溶剂在某些条件下可能分解产生极有毒气体，比如：热源（大于200°C）或紫外线条件下产生的光气。

当增加压力或者氧气含量时，一些混合物很容易被点燃。

当空气或氧气达到一定浓度时，大多数溶剂蒸气能够制造爆炸性混合物。

重要的是确保将要焊接或加热的零件应完全无溶剂。当卤化溶剂存在的时候，吸烟以及任何涉及火焰，电弧或其他使用高于200°C热源的操作都应该被禁止。溶剂因长期曝光也可能会导致材料的分解。

加热时，温度不要超过溶剂所允许的。这个温度应与溶剂供应商进行确认，或与其相关材料比如安全数据表。

不要使用氯化溶剂来清洁封闭容器或者因为无法确保完全清除溶剂的其他零件。

3) 溶剂，毒性，职业暴露限值等特点，可以参照第3部分（清洁材料）和表1。

4) 有害的皮肤接触必须通过使用丁腈手套，围裙和安全防护眼镜或口罩来避免。请注意，聚氯乙烯（PVC）手套只适合短期使用。

5) 仅应使用适当的密封容器。

6) 溶剂净化装置和相关设备的制造商，包括超声波的方法，应对安全运行的程序提出建议。

经营者应遵守制造商的意见。封闭系统应配备降压装置和一个压力表。溶剂的加热应始终以间接的方法进行。

7) 铝及其合金无氧化膜的保护某些溶剂蒸气产强烈反应产生酸，既有毒又有腐蚀性。尤其在颗粒中发生的概率最高，例如切屑或切削加工过程产生的颗粒。当使用溶剂清洁铝时应遵守下列规定：

- 使用铝或轻合金抑制剂含量准确的清洁溶剂。
- 零件应该轻轻地放入脱脂罐，以避免撞断保护氧化膜。
- 新加工铝和铝合金组成部分应保存在正常的大气中，以便在被脱脂之前制造一个氧化膜。
- 确保被清洁的材料不包含粒子，比如切屑和灰尘。
- 溶剂不得长时间与铝接触。改变清洁时应尽快消除溶剂。

4.2.4 清洁剂清洁

这种方法涉及到工厂零件，容器，管道系统等，无论内部或者外部。

清洁剂清洁在水溶液中进行。这一水溶液含有不同功能的化学物质，比如污垢溶解能力，分散，水软化，缓蚀和润湿。它通常表现在碱性环境中，pH值越高，脱脂效率也越高。

清洁剂常呈浓缩固体或液体状。他们常被用来与热水混合成水溶液使用。配备好的水溶液可以被抽取，重新循环或者喷射在组件上或者穿过组件。

他们很适合作为浴室超声波清洁剂。清洁剂脱脂的强度和溶剂一样。

在工人安全问题方面，水系统与大多数其他溶剂相比，问题相对较少。大多数配方不易燃，易爆且毒性低。

水泄漏是水清洁所要考虑的主要环境问题。基于地方性法规，污染物和清洁剂类型，浓度，pH值等，水基清洁剂清洁所产生的下水道废物处置可能有赖于地方性法规作的许可证或同意。

4.2.4.1 清洁剂清洁注意事项

- a) 使用前，请确保使用的清洁剂化学品是合适的。由于一些非金属材料与清洁剂化学品不可兼容，甚至可能吸收液体。
- b) 关于清洁剂溶液浓度，应寻求咨询有关的制造商，确定该材料是否适合，并且符合安全防范要求。
- c) 对于窄腔内的细节处，清理阶段应该是浸入型，这样子清洁剂能够接触被污染的所有细节部分。喷雾清洁像一个普通的洗碗机，因此并不适合。
- d) 水溶液与有机溶液相比，有较高的表面张力，因此在成线穿透窄腔时较困难。为了使清洁剂和污染细节之间获得更加良好的接触，需要增加一些机械能。这些机械能可能由空气搅拌，喷射冲洗或超声波提供。必要的搅拌以确保消除气泡。
- e) 增加温度可以提高清洁效率。因此，清洁池应配备加热装置和温度控制装置。
- f) 水洗系统需要进行后续漂洗步骤。重点是洗去所有的清洁产物，油脂及清洁剂残留物。漂洗步骤应在清洁物脱水之前清洁之后立即进行。漂洗温度越高越好。最后的漂洗应用干净的水。
- g) 需使用带有水漂洗功能的水基清洁剂时，有腐蚀的危险性。在某些设施中，残余水的冻结也是一个问题。需对此系统进行细致的烘干处理。应采用干燥无油空气或氮气（最小露点温度为-40°C）进行净化处理。若可燃风险易受控制的话，则可在水洗（旨在强化脱水）后采用酒精（如：异丙醇）进行最后的漂洗。在烘干系统时应小心，不要纯粹依赖出口气体的露点读数。烘干前检查排水点以确保已去除所有自由液体。在环境温度下用干燥无油的空气或氮气吹透系统通常需要花费很长的时间才能达到所需的干燥度。
- h) 含水的清洁剂不可使用在油水分离系统中，因为它们会使系统无法正常工作

4.2.4.2 健康和安全防护措施 - 清洁剂清洁

- 1) 进行清洁剂清洁的操作者应佩戴护目镜或面具及手套。
- 2) 避免皮肤与化学清洁剂接触，因为这将有可能导致严重的皮肤疾病。
- 3) 水泵、软管、阀门和附件所用的材料应与所选用的清洁剂是相兼容的。
- 4) 应认真学习制造商的产品信息和材料安全数据。

4.2.5 高压热水（蒸汽）清洁

使用商业用的专用设备（即附件B第3.1部分所描述的那一型号），即可实现此种清洁法。此清洁法旨在对主要设备零件及管道（系指内径约小于10mm的管道）进行彻底的外部及内部清洁。

它既可以去除油渍和油脂，亦可以去除焊接和钎焊的残余物和其他污染物。添加清洁剂可以改善这种清洁方法的效果（附件D下已描述一种典型的应用）。

清洁介质为加热后的饮用水或水/蒸汽（系指以180bar以上的压强喷注入到工件内的水/蒸汽）。如果需要增大冲洗效果，则只用水。高温和高压可确保将所有的污染物从表面上去除、洗净。

由于可能渗入湿气，不推荐在电器上使用这种清洁方法。由于喷口处于高温和高压状态，因此必须谨慎确定是否适宜采用这种方法来清洁设备。

高压水清洁需要充足的水供给和良好的废水处理设备。废水必须排入污水下水道，未经处理不得直接排到地表水中。

4.2.5.1 健康和安全防护措施 - 高压热水清洁

- 1) 推荐操作者穿戴保护性衣服、手套，围裙，眼睛及脸防护物进行高压清洁。

- 2) 按照设备厂商的说明操作、使用清洁喷枪。双手必须总是握在手柄和喷杆上。
- 3) 严禁将高压清洁用于个人清洁。

4.2.6 乳液清洁

乳液清洁系指从物件表面除去类似油渍和油脂这样的顽固性污染物这一过程。不能去除氧化物。

乳液同水基清洁剂用于同类型的部件下。应用的方法和使用的设备亦同清洁剂清洁相若。

乳液清洁时，可用表面活性剂将一种溶剂溶于水中。水洗过程将去除清洁剂下所含的影响清洁的主要溶剂液滴和清洁产物。通过添加碱性剂和表面活性剂可以提高清洁效果。乳液清洁结合了清洁剂和溶剂清洁的优点。

其他乳化系统则使用添加了乳液的无水溶剂。这种清洁被认为是溶剂清洁。当后续漂洗过程加入水时，首先产生溶剂和清洁产物的乳化反应。

通常情况下，同水洗系统清洁效果减弱前相比，清洁器内经溶解后污染物的浓度较之乳液的浓度要高。

较之纯水洗系统，渗入窄洞进行清洁这一办法更为有效。

这种清洁通常在常温下进行。

乳化清洁器对工作环境的影响源于已蒸发的溶剂。但是与纯溶剂系统相比，因为溶剂含量较低且溶剂气压不高，故这种影响较小。

4.2.6.1 乳液清洁注意事项

- a) 使用前确保所使用的乳化化学品与所有的金属/有机材料可相兼容。
- b) 清洁后必须认真漂洗以防止致污物重新沉淀在表面。清洁及漂洗阶段不得烘干表面。

当在乳液清洁中使用高沸点石油衍生溶剂时，漂洗尤为关键。清洁后，清洁物上可能会覆有一层薄薄的高沸点碳氢化合物，这是氧气系统的安全隐患。

c) 由于使用纯水基清洁，漂洗后需要烘干已清洁过的部分。应采用干燥无油空气或氮气（最小露点温度为-40°C）进行净化处理。若可燃风险易受控制的话，则可在水洗（旨在强化脱水）后采用酒精（如：异丙醇）进行最后的漂洗。

d) 就乳液清洁系统中所用的清洁液而言，其循环和清洁相对复杂很多。乳化油可用超滤、化学分解、微孔过滤、吸附作用或生物学处理方法去除，但是清洁液内的许多化学品通常会在这些操作后消失。

已使用且受污染的清洁剂必须按国家规定当作废物排放。

亦可参阅溶剂清洁说明（第2.2.3.4部分）和清洁剂清洁说明（第2.2.4.1部分）。

4.2.6.2 健康及安全防护措施 - 乳液清洁

当使用乳液清洁时，必须仔细考虑所使用的溶剂和其他化学成分将产生的危害。

- 1) 从我方乳液制造商处获得并遵循该制造商就化学物含量、溶液浓度、适用材料及所需安全防范措施所做的建议。
- 2) 用于水泵、软管、阀门和附件的材料应与所选用的乳液可相兼容。
- 3) 普通形态下，乳液是不可燃的，但是在送气或有雾状态下却是可燃的。恰当的设备设计是减小可燃性薄雾的基础。一些配方会自动氧化成不合需要的状态。

4) 因为设备（含通风系统）暴露在经蒸发后的溶液中，它们须具备防爆性。

5) 吸入是首要的安全焦点，但必须同样关注皮肤的脱脂问题。

操作者在进行乳化清洁时应戴配有适当的滤色镜或护目镜的面具。

由于可能导致严重的皮肤疾病，应避免皮肤与乳化化学品的接触。

亦请参看溶剂清洁安全注意事项（段落2.2.3.5）和清洁剂清洁安全注意事项。（段落2.2.4.2）

4.2.7 漂洗

漂洗的目的是去除残留的清洁剂和乳化污染物。这个操作是在酸性清洁，碱性清洁，清洁剂清洁和乳化剂清洁之后进行的。

在清洁步骤之后，应迅速对物品进行漂洗，漂洗应在干燥物品前进行。

漂洗操作通过沉浸，喷洒或这些方法的结合可以在一个或几个步骤中完成。

在沉浸槽中，某些形式的搅动是必要的。这可通过使用叶轮，喷水器，空气喷射或物品的移动来完成。也可用超声能量来提高漂洗效率。

喷洒漂洗可用于表面光滑、没有洞即所有部分都能被漂洗液碰到的物品。

漂洗温度高可以提高漂洗效率。热的漂洗水也会加热清洁的物品，这将节约下一步干燥的时间。

强碱性的清洁剂比其他清洁剂更难漂去。

最后的漂洗必须使用清水。

漂洗后就可以用氮气和无油加压空气吹扫的方式去除物品上的液体。

认真进行漂洗操作以确保完全去除所有清洁产物、残留清洁剂及污染物，这是及其重要的。决定漂洗条件时应咨询清洁器供应商。

4.2.8 烘干

应用烘干来防腐和加速在使用水漂洗过程中整个清洁进程。烘干操作经常是所有清洁过程中最耗时的步骤。烘干是在分离的干燥设备上进行的或是当作自动清洁设备器的一个完整的步骤进行的。

烘干采用热气（对流）或是辐射来完成。

在热气烘干中，热气本身将水汽化所需的能量传给物品。

在辐射烘干中，加热干燥间的墙，产生热辐射，从而加热物品至水汽化。

热气烘干中，气体温度常在70-150°C之间。使用辐射的烘干中，物品加热到150-200°C。当烘干聚合的材料时，应考虑此温度。

多孔部分和有窄小的洞的部分很难烘干。

将湿物品浸入易与水混合的溶剂（如：酒精）可以加速烘干过程，这也降低表面张力，导致水滴形成薄层流出。

应不断地将潮湿的空气排出烘干间，因为当空气中充满了水蒸汽，蒸发就会停止。

4.2.9 清洁剂的去除

通过恰当的方法不能从清理过的容器、管道和部件排出的空气中发现清洁剂时，可考虑吹洗完毕。

如在排出的净化空气附近发现清洁剂的臭味，则需另外清洁设备。

如用过的清洁剂是无臭的，则应对清洁剂使用特定的泄漏检测器。

在水清洁剂的特定情况下，唯一的危害就是可燃清洁剂的沉积。

如果选择的清洁剂已确保了即便是干燥清洁剂的固体污染遗迹是不可燃的，那么无此种情况的可能性。

5 清洁材料

本部分提供清洁材料指导，包括适合用清洁剂的材料，使用材料的限制和使用材料的注意事项。大部分的清洁材料是不能与氧气完全相兼容的。应特别注意清洁剂关于可燃性、毒性、腐蚀结果和环境影响的属性。

表 1 至表 3 提供推荐材料。包含用于清洁前和最终清洁的材料。当无法获得推荐材料和有特别预防措施时，供选方案仅与保留意见同用。当根据材料安全数据单、制造商推荐、不同地区或国家规定和供应商规定使用清洁材料时，必须采取预防措施。在第二部分中详细描述了应采取的其他具体安全预防措施。应去除或单独列出与设备部件不相兼容的清洁剂。

5.1 机械清洁用材

机械清洁时，建议采用以下材料。

5.1.1 喷抛处理

用以喷抛处理的材料及其输送工具应干净，无油脂。

粗铸件、锻件、镀件、容器、管道等的喷抛处理可采用以下材料：

- 铜渣粒
- 氧化铝
- 玻璃珠（在高压水及干燥的空气环境下）
- 沙粒

可使用金属珠（粉末状或粒状的铸铁、铁、钢等）。但是，由于金属珠在氧气中会发生燃烧、氧化现象，故不推荐在某些情况下使用。因此，只可在确保金属珠可完全清除掉的情况下使用。

建议使用不锈钢、铜、黄铜或青铜材质的钢丝刷。钢丝刷应清理干净，保存良好。

5.1.2 钢丝刷

建议使用不锈钢、铜、黄铜或青铜材质的钢丝刷。钢丝刷应清理干净，保存良好。

5.2 化学材料

可用以化学清洁的材料包括以下段落提及的几种类型：

- 碱性溶液
- 酸性溶液
- 溶剂
- 清洁剂
- 乳剂

表 1 至表 4 列举了适用化学物品的使用。2.2.2.4、2.2.3.5、2.2.4.2 及 2.2.6.2 对这些物品的安全使用进行了详细的说明。

5.2.1 碱性化学品

以下碱性化学物品的水溶液（通常为混合物）可用做清洁材料。

氢氧化钠：NaOH（苛性钠）

碳酸钠：Na₂CO₃，或碳酸氢钠 NaHCO₃（缓冲溶液）

磷酸钠：Na₃PO₄（水软化剂、乳化剂及缓冲剂）

硅酸钠：NaSiO₄（乳化剂及缓冲剂）

参考表 2 详细介绍了所建议的碱性物质适用的金属材料以及清洁的原理，同时列举了包括水淋及烘干等规定的其它处理方法。

5.2.2 酸性化学品

酸性物质的水溶液用在以下操作中作为化学清洁材料。

- 化学酸洗
- 暂时性腐蚀保护

酸性物质的使用取决于污染物、金属的性质以及操作本身。表 3 详细介绍了建议使用的酸性溶液及其适用的金属、清洁类型，同时列举了包括水淋、烘干等规定的其它处理方法。

金属件的酸洗通常先使用溶剂或碱性方法去除油脂污染物。

使用酸性溶液进行的化学酸洗适用于碳钢或低合金钢制成的容器或管道结构，用以除锈、氧化层及某些保护性涂层。酸洗之后，须使用中性物质或流动的清水（无油脂）进行清洁，直至排水口的 pH 值呈中性。

以下酸性物质适用本方法：

硝酸 HNO₃

盐酸 HCl

硫酸 H₂SO₄

铬酸 H₂CrO₄

氢氟酸 HF（仅适用于不锈钢）

磷酸 H3P04

化学钝化是用以对已酸洗的碳钢及低合金钢表面进行暂时性腐蚀保护的一种处理方法，可使用磷酸（H3P04）或亚硝酸钠溶液。处理之后，设备须完全清洁、排干、干燥。采用本方法处理后的表面呈均匀的灰色，由于钝化产生的盐的沉淀，有时会出现淡红棕色的亮点。若表面出现淡黑色沉淀物，且略带粘性，则表明钝化后污水未完全排干。若表面发白，且极易变成粉状，则烘干未完全。

可腐蚀主体金属成分或与包含的水分反映的酸性溶液可能需要添加抑制剂。

除垢或防腐保护或同时具有两种功效的产品及溶液可在市场上购得。这些产品的真正成分并非总有说明，因此，除非经适用性测试表明这些产品安全可用，否则不可使用。

5.2.3 溶剂

包括氢化氯氟化碳（HCFC）、脂肪族烃及某些特殊的恒沸点混合物在内的一些含氯溶剂也是经常使用的可接受的替代品。

由于 HCFC 在今后可能被淘汰，因此仅被作为一种过渡性替代品。

由于含氯溶剂常用于传统的脱脂设备，故具有一定的优势。表 1 列举了一些用以清洁供氧设备的溶剂。

同时包括了这些产品的相关信息。

这些溶剂虽然具有较低的臭氧层消耗能力，但均属于可挥发性有机化合物，且有的还会造成温室效应。这点在对清洁设备进行投资时须考虑进去。

在为特定清洁方式选择最佳溶剂时，除溶剂的清洁能力之外，还须考虑材料的符合性、毒性以及处理过程中的环境问题和废弃物处理问题。清洁完毕时，将所有残留溶剂清理干净是必须的。必要时，须使用合适的检验设备（如：卤素检漏仪或氯化溶剂检测管）确定已无残留的溶剂。采用某种溶剂作为最佳清洁物质的决定是综合考虑了各种相关性质后的折中处理。溶剂应被证实具有一定的适用性。

确保待清洁的零件使用的材料适合选择的溶剂是很重要的。不稳定的容积可能腐蚀材料，而水蒸气则可促进三氯化烯的腐蚀作用，因此须注意保护所使用的溶剂的性质。

溶剂脱脂必须在通风良好的环境下进行，配备适当的个人防护衣物，并考虑职业接触限值/有害物容许最高浓度。

对清洁剂的任何更改均须在严格评估变更涉及的健康风险之后实施，并进行必要管控，通知溶剂变更涉及的人员。这在大部分国家是有法律规定的。

氢氧化物的可燃性是个重要的安全隐患。

酒精、醇类、某些溶剂以及干燥的水基清洁剂残留物在氧气中均是可燃的。

这些物质的可燃性是众所周知的，因此严格禁止将可燃物用在氧气清洁中。但若使用这类物质，则冲淋、吹洗及检查过程须特别小心谨慎。

须确保处理完成之后没有可燃性气体或液体残留在设备里面，尤其是在复杂的构造、死角内等。

特定的设备应有具体的正确操作程序。

选择非可燃性清洁剂时，须使用不含烃类的清洁剂。

溶剂的回收及最终的安全处理均须符合国家法律规定。保留准确的记录以建立物料平衡。处理余下的溶剂时，通常需要雇佣经认证的职业废物处理机构。

5.2.4 水基清洁剂

清洁剂清洁是在含有化学物质的水溶液中进行的，这种水溶液具有多种用途，通常在碱性环境下进行。pH 值越高，脱脂效果越好。

表 4 列举了碱性清洗剂的一般成分及其主要用途。

清洁剂最重要的成分是表面活性剂。表面活性剂可减小水溶剂的表面张力、穿透有机污染物，并以微粒的形式分散到水溶剂中。

特殊的合成清洁剂可用于清洁不同的聚合物、金属、合金。根据生产厂商的建议并参考对非金属材料的作用说明进行操作是非常重要的。

5.2.5 乳状清洁剂

乳状清洁剂由三个主要成分组成——水、有机溶剂和表面活性剂

有两种使用方式：

- 乳化在水中的溶剂的使用方法与标准水基清洁剂类似。溶剂是主要的污染物溶解剂，表面活性剂起着乳化剂的作用。

- 添加乳化剂的无水溶剂以浓缩的形式使用，可用水洗净。在后续的水洗阶段，溶液及产品在水加入时即可乳化

为安全及环境起见，通常采用高闪点低蒸汽压的溶剂，如：各种具有高沸点的烃、柠檬基萜（如 D-柠檬烯）、松油基萜。其它溶剂类型如酯（如：乳酸酯）、乙二醇酯。

特殊的乳状清洁剂可用于清洁不同的聚合物、金属、合金。根据生产厂商的建议并参考对非金属材料的作用说明进行操作是非常重要的。

5.3 清洁布

用以擦拭零件或小范围设备表面的抹布应该是干净的，无绒或油渍。通常采用棉、亚麻或纸质材料的抹布。

5.4 干燥材料

有时，在清洁之后将干燥材料放置在设备中，以防止设备在装货或存储过程中遇到潮湿的空气而遭受腐蚀或其它形式的受损。

可使用以下产品：

- 氧化铝

- 硅胶

- 分子筛

- 再生陶土

产品中可添加特定颜色的添加剂以指示水分含量。

5.5 干燥/吹洗用气体

采用的气体必须是干燥的空气或氮气，并且不含油脂和颗粒物。采用空气时，油脂和颗粒物含量应低于 $1\text{mg}/\text{m}^3$ 。露点值在 1.013bar 时等于或低于 -40°C 的空气应视为干燥。使用空气对设备进行连续吹扫时，建议使用无油润滑压缩机压缩经过滤的空气。

表 1: 工业溶剂¹

溶剂 (惯用名/俗称)	化学式	职业接触限值 ² ppm	溶解力——考 立丁醇值 ³	燃烧极限 (%)	沸点 () (再次蒸发用时) ⁵	ODP ⁶ HGWP ⁷ POCP ⁸
氯化溶剂						
二氯甲烷 (氯化甲烷)	CH ₂ Cl ₂	100	136	11.7-68	39.8 (1.5)	ODP 零 HGWP 零 POCP 0.9
三氯乙烯	C ₂ HCl ₃	100	130	7.5-95	86.9 (2.7)	ODP 零 HGWP 零 POCP 7
四氯乙烯 (全氯乙烯)	C ₂ Cl ₄	50	90	10-65	120.9 (7.1)	ODP 零 HGWP nil POCP 0.5
氯化氟化碳 (HCFC)				也可与其它溶剂混合使用		
三氯三氟乙烷 (HCFC123)	C ₂ HC ₁₂ F ₃			无	2	ODP 0.02 HGWP 0.02
一氟二氯乙烷 (HCFC 141b)	C ₂ H ₃ Cl ₂ F		61	5.6-17.7 ⁴	32 ⁹	ODP 0.11 HGWP 0.1
3,3-二氯- 1,1,1,2,2 五氟丙 烷(CHCFC 225ca)	C ₃ HCl ₂ F ₅		34		51.1	ODP 0.025
1,3-二氯- 1,1,2,2,3 五氟丙 烷(CHCFC 225cb)	C ₃ HCl ₂ F ₅		30		56.1	ODP 0.033
其它溶剂						
丙酮	C ₃ H ₆ O	750		3.0-11 ⁴	56.5	
异丙酮	C ₃ H ₈ O	400		2.5-12 ⁴	82.5	
甲基乙基酮	C ₄ H ₈ O	200		1.8-11.5 ⁴	79.6	
自然油 ¹⁰						

表 1 注释

1. 用者应先查看所用溶剂是否经国家机构认可。溶剂仅可在稳定形态下使用。
2. 表中的职业接触限值摘自英国卫生与安全管理局在其 1994 年度出版物。这个词在不同的国家有不同的名称, 如: 比利时、法国、意大利、美国采用 TLV, 德国采用 MAK/TRK, 荷兰采用 MAC。采用的数值应总是符合操作所在地的国家规定。
3. 考立丁醇值 (KB) 用以表示化学物质的相对溶解力, 指一种溶剂添加入已经溶有考立胶的丁醇中直至溶

液出现浑浊时所需的体积数。溶剂的考利丁醇值越高，产品的质量越好。

4. 引用的数值为最低和最高的燃烧极限，表示为空气中溶剂蒸汽的百分比含量。
5. 蒸发的相对用时为溶剂的蒸发用时与二乙醚在 $20\pm 2^\circ\text{C}$ 且相对湿度为 $55\pm 5\%$ 的环境下蒸发用时的比值。
6. 臭氧层消耗能力（ODP）以一氟三氯甲烷（CFC-11=1）为基准计算。
7. 全球变暖潜能值（HGWP）以 CFC-11（CFC-11=1）为基准计算。
8. 光化学臭氧生成潜势指数（POCP）指挥发性有机混合物在地表生成臭氧导致空气质量下降的相对潜能，以乙烯（等于 100）为基准计算。
9. 不适合冷清洁。
10. 如：专用的橘子精油、矿物精油。这些物质通常具有高沸点（ 200°C ）、低挥发性。

表 2：碱性化学清洁材料

金属	作用	清洁用化学物质	其它处理
含镍 9% 的低合金碳钢	清除重质土、油脂	氢氧化钠、碳酸盐、磷酸盐、硅酸盐以及合成润湿剂的混合物	溶液不可滴在零件上，且钝化后须充分清洗干净
奥氏体不锈钢	清除重质土、油脂、轻质油、切削液	氢氧化钠、碳酸盐、磷酸盐、硅酸盐以及合成润湿剂的混合物	（参考注释 3）
铜合金	清除油脂、润滑油、拉丝润滑剂、氧化物、金属屑或其它污染物	氢氧化钠、多磷酸盐、硅酸盐、碳酸盐、润湿剂的混合物	通常在重铬酸盐的酸性溶液中进行浸渍抛光（参考注释 3）
	清除铜焊助焊剂	热水	
铝合金	清除油脂、油和氧化物	刻蚀：氢氧化钠和磷酸钠的混合溶液 无刻蚀：碳酸钠、硅酸钠、磷酸钠以及水玻璃的混合溶液	滴入稀硝酸，去除碱法脱脂后残留的沉淀

注释：

- 1) 须严格遵照清洁剂生产厂商的使用说明进行。
- 2) 除非清洁剂生产厂商另有规定，否则在清除使用的碱性化学物质之后，所有零件须用流动的无油水充分冲洗干净，使用热水有助于加快干燥。
- 3) 除非零件上残留的所有化学物质均已清除，否则胁强腐蚀具有一定的风险。

表 3：酸性化学清洁材料

金属	作用	清洁用化学物质	其它处理
低合金碳钢	清除污垢和氧化膜（酸洗）	抑制型盐酸或硫酸以及润湿剂	滴入稀碱，中和酸溶液，再用亚硝酸钠或磷酸进行钝化处理
	清除轻微的锈斑	柠檬酸或硫酸、磷酸溶液	轻轻擦拭即可
铸铁	清除氧化物	铬酸及硫酸	
奥氏体不锈钢	清除氧化物、锈斑、污垢、金属沉淀物/污染物	铬酸、硫酸、氢氟酸溶液，或硝酸、磷酸、氢氟酸溶液	用硝酸进行抛光
铜合金	清除污垢和氧化物（酸洗）	氢氟酸或硫酸	硫酸、硝酸、氢氟酸用以抛光
铝合金	清除氧化物（浸蚀清洁）	铬酸/硫酸、硝酸/氢氟酸、磷酸/铬酸	硝酸/磷酸用以化学抛光

注释：

- 1) 须严格遵照清洁剂生产厂商的使用说明进行，否则金属性能可能被削弱（如：钢氢脆变）
时间/温度/浓度都非常重要。
- 2) 除非清洁剂生产厂商另有规定，否则清除使用的酸性化学物质后，所有零件，除低合金碳钢制品外（参考 3.2.2），均须用流动的无油水充分冲洗干净，以减小腐蚀风险，使用热水有助于加快干燥。在特定清洁步骤之后，有些零件须用中性溶液处理。

表 4：碱性清洁剂的一般成分及其用途

主要用途	一般成分
污垢溶解剂 PH 值调节剂	氢氧化钠 氢氧化钾 碳酸钠 硅酸钠
分散剂	表面活性剂（表面活性剂） 硅酸钠 多磷酸盐
软化剂	多磷酸盐 硼酸盐 葡萄糖酸盐
腐蚀抑制剂	硅酸钠 硼酸盐 胺
润湿剂	多磷酸盐 葡萄糖酸盐 表面活性剂（表面活性剂）

6 检查方法及验收标准

6.1 概述

提供给供氧系统的设备与客户对清洁度的特殊要求互相兼容是非常重要的。生产厂商和客户之间须在生产厂商具体的质量控制程序 and 标准上达成一致。

用户须到生产厂商所在地进行检查。初期必须周期性检查生产厂商车间或场地安装的清洁方法和清洁控制规范。

6.2 检查方法

检查清洁后的零件的清洁程度有多种方法可用。须确保所选的检查方法与清洁方法相适合，并可证明清洁程度达到验收标准。

本节涵盖了最实用有效的方法。检查活动需由经必要训练且具有相关工作经验的合格的检验人员实施。

零件组立后无法进行检验的，必须在拆卸后或组装前进行检验。

若检查过程中发现存在无法接受的污染物，如：油脂、清洁剂残留或微粒，则问题设备须部分或全部再次充分清洁。出现清洁程度一直无法通过验收时，须重新审核所用的清洁方法以及质量控制程序。

常用的检验方法有：

- 白光下直接目视检查
- 紫外光下直接目视检查
- 擦拭测试
- 溶剂萃取
- 水膜残迹测试
- 色谱分析法、光谱测定法以及其它特殊的检测方法
- 检验方法根据规定的清洁程度选择。

6.2.1 白光下直接目视检查

检查设备可及表面上的污染物时，这是最简单的方法，无须放大，便可直接检查微小颗粒物、粉尘、油脂、高水分含量，须与其它方法共同使用。

人工光线或自然光必须十分充足。

验收标准：

亮光下目视检查表面不能出现：

- 有机物质，如：油脂、涂料等；
- 清洁剂，包括清洁剂；
- 锈斑、松动的污垢、焊渣、粉尘颗粒、纤维或其它异物；

- 焊接、铜焊或钎焊后的焊剂残留
- 水分

6.2.2 紫外光（黑光灯）下直接目视检查

在暗处或接近黑暗的地方用波长为 0.37 μm 的紫外光距离检测件表面 10-20cm 处检查。多种常见（但并非所有）的碳氢化合物或有机油在紫外光下发出荧光。用本方法可找出发荧光的部位，以进行其它检测，如：擦拭检测或溶剂萃取检测。

不同油渍发射出的荧光强度不一。某些植物性和化学油脂的荧光强度为 0。因此，在检查供氧设施的清洁程度时，不可仅仅依靠本方法的测试结果。

请注意：过多暴露于直射或反射的紫外线下时，可能造成眼睛和皮肤的损伤。因此，使用紫外光时，须小心谨慎，并遵守灯泡生产厂商的说明。

验收标准：

已知致污油脂及其反射强度时，使用本定性方法检测效果较佳。本方法须与定量方法共同使用。紫外光可检测低含量的特定微小颗粒。

6.2.3 擦拭测试

白光检查和/或紫外光检查不可行或不可用时，可采用本测试方法。

用白色滤纸或干净的无绒棉布或亚麻布轻轻擦拭表面，将滤纸或布料放在白灯和/或紫外光下检查是否含有任何污染物。须选取零件的多个表面进行检测。鉴于不可将滤纸或布料的碎屑留在设备上，故本方法不可用于粗糙的表面。

如：1000mg/m² 不均匀分布的油渍厚度大约为 1 μm 。

验收标准：

某些情况下可接受轻微的氧化变色或粉尘。

不可有任何油渍。

6.2.4 溶剂萃取

溶剂萃取是一种用于定量检测可溶性污染物总量的方法，尤其用在表面不可触时或用以检验某种清洁程序或其它定性方法。

对大部分小零件来说，拆卸下来检测或组装前进行检测比较容易，也比较经济。须注意本方法容易受对污染物的触及和溶解能力限制。连续不断、轻微地指出污染物的位置时，本方法也能检测出复杂设备的袋状结构内的局部污染。本方法的操作需要有一定的经验。

本方法基于溶剂使用前与使用后的结果对比。溶剂清洁过程中，溶剂的含量或清除程度可通过整个清洁程序中的连续溶剂取样得知，直至检测确定已达到验收标准。检查所用样本的污染物含量可很好地了解达到的清洁程度。

样本中的污染物含量可有以下三种检测方法：

- 残留物重量（实验室测试）

- 残留物体积（实验室测试）

- 光传导（实验室测试定性曲线）

6.2.4.1 残留物重量

从萃取后未过滤的溶剂中取一定重量（MS）的代表性样本，置于一已知重量的小烧杯中，小心蒸发至干燥，残留物不可过度加热，就可算出残留物的重量（m2）。取具有相同重量的萃取前干净的溶剂，以相同的方法算出残留物的重量（m1）。

两种残留物的重量之差与代表性样本的重量之积与萃取后溶剂总重量（M_v）成正比，可计算出每清洁一平方米（mc）的表面（A）得到清除的残留污染物的重量。

$$m_c = \frac{(m_2 - m_1)m_s}{M_v A}$$

m1=残留物的重量（萃取前的溶剂）

m2=残留物的重量（萃取后的溶剂）

m_s=代表性样本重量（萃取后的溶剂）

m_v=萃取后溶剂总重量

A=零件被清洁的表面面积

Mc=清洁每平方米得到的污染物重量

6.2.4.2 残留物体积

可将一份已知重量的萃取后未过滤的溶剂装入一支英霍夫式锥形管内，蒸发至干燥。直接称残留物的重量，计算出从每清洁一平方米表面中萃取出来的污染物的体积。连续多次蒸发英霍夫式锥形管内相同批次的萃取液可获得更精确的数值。

6.2.4.3 光传导

萃取后未过滤的溶剂样本与萃取前溶剂的参考样本各取一份，同时比较光在两种样本中的传导。两种样本之间颜色或光吸收量的不同可定性地辨别所溶解的污染物的重量。样本中的任何污染物的量可通过分析方法测出，如：使用紫外线或红外线。

6.2.5 水膜残迹测试

将表面尽量放平，喷上饮用水或蒸馏水。若油脂的量非常小，会有一层保持数秒钟的完整的水膜。表面残留的油脂量越大，水层越容易收缩成小小的水珠或水滴，露出无水区。

6.2.6 色谱分析法、光谱测定法以及其它特殊的检测方法

由于这些方法需使用特殊的操作程序，因此使用的测量仪器也各不相同，可检测并测量小量的油脂污染物。某些情况下，公差较小。

另一种方法是总有机碳分析法（TOC）。方法基于样本在充满流动氧气的炉内发生氧化。测量 CO₂ 的浓度，可精确地定量算出总的含碳量，半定量地算出烃的含量（碳的含量大约占烃总量的 0.8-0.9）

6.3 检测限值

物理或光学方法的测试结果取决于污染物（如：油脂的种类）。因此，有必要在以下表中列出检测限值的范围。引用的数值范围仅供参考。

测试方法	测试的参考限值
明亮的白光	500 - 1700
紫外光	40 - 1500
擦拭测试	40 - 1500
水膜残迹测试	30 - 60
TOC、溶剂萃取检测	< 10

多种方法共同使用时，得到的检测限值越低。

6.4 验收标准

本节提供两种压力范围的定量值。

压力严重影响污染物的燃烧能力。污染物指对系统的使用年限或可靠性产生负面影响的多余物质，主要有：

- a) 油脂、清洁剂
- b) 其它异物（固体颗粒、尘埃、液体）包括：
 - 有机物质，如：木、纸、塑料、布料、橡胶、粘合剂、涂料或抗腐蚀剂、溶剂；
 - 或无机物，如：金属屑、污垢、焊屑、焊条残留物、锈屑、沙粒、水滴或其它颗粒。

异物最大容许量

压力范围 Bar g	油脂、清洁剂、 有机涂料 mg/m ²	颗粒	水分
<30	500 ¹	单个细屑或可容许的 纤维 ²	目视无水珠存在
>30	200 ¹	单个细屑或可容许的 纤维 ²	目视无水珠存在

- 1) 数值为污染物在最高温度 70℃ 均匀分布的情况。

引用的数值应仅用以参考。特定方法（液体的类型和状态、温度、压力、流量、速率、产品纯度）或电离子的移动效果等可能要求更低的数值。

- 2) 纤维束或其它颗粒以及尘埃，如：局部相对高的浓度目视无法测出。

6.4.1 气味测试

经要求，可进行气味测试。根据以下程序可确定气味：

- 吹洗操作过程中，闻从被测设备内流出的适当流量的冲洗气体；
- 设备在供应气态氧气时，闻被测设备内流出的适当流量的氧气；
- 设备在供应液态氧气时，取出液态样本进行测试。

测试液态氧气样本的气味时，用滤纸轻轻盖住烧杯口，将一定量的液体放入烧杯内蒸发干燥。氧气完全蒸发后，移除滤纸，在烧杯上进行多次气体测试，直至烧杯温度高于外部空气中水分的凝固点。

本测试结果可确定气体无味。采用上述任何一种测试方法时，不可直接将脸部对准阀门或烧杯，而是要盖住杯沿，让少量气体流入鼻腔。

6.5 检测记录

对经清洁的设备或总成应进行检测和验收的记录。记录应包括：

- a) 包装内物件的品名；
- b) 清洁规范；
- c) 采用的清洁方法；
- d) 检测方法；
- e) 检测结果；

7 供氧设备的标签

所有设备的零件和备用件，不论是按本规范以单个还是整批形式包装的，都须贴有标签，说明该物品已经：

- **清洁，可用以供氧**

其它信息应包括：

- 应远离油脂、粉尘和水放置；
- 检测日期以及供应商或车间印章；
- 设备的用途及其系列号（若有）；
- 窒息危险警示标志，有时还须指明媒介及压力。

标签须目视可见，以适当的方法牢固粘贴在物品上，无失效的氧气清洁条件。粘性标签可能造成腐蚀和/或污染，应避免直接贴在金属面上。

标签内应提及的与装船、仓储以及清洁保护有关的其它信息或注意事项请见第 6 部分。

8 清洁保护

本节旨在为供氧设备提供在装船、仓储直至试车之前的安装期间的清洁保护。

当设备经清洁后可用以供氧，并经检定符合清洁规范（参考第 4 部分）时，应妥善保管以避免受污染。

提供的保护方法取决于多项因素，如：设备的大小和类型，装船方式、仓储期、仓储条件。

采用的包装材料应干净、坚固、可封装、防水，并适用于本目的。

8.1. 保护方法

8.1.1 小型设备

配件或部件，如阀门、垫圈等，应在干净的聚乙烯的管道、袋子内清洁，然后独立包装并密封。对于部件上的任何开口，须以脱脂塑料或金属塞子封闭。可以将密封袋内空气抽去或以无油氮气填充。

8.1.2 大型设备

设备开口最好以脱脂的封盖、塞子、或适当的盲法兰密封。可以在较小的正压力下抽去设备内空气，以无油干燥的清洁空气或惰性气体填充。须附上警示牌，说明设备处于增压状态，标注使用的压力介质。

8.2 压力测试

清洁工序完成后，对设备进行测试。测试过程须始终保持无氧状态，这点至关重要。测试介质须兼容设备材料，无污染。

进行液压测试时，须使用无油清洁水，测试后应将设备沥干、清洁、吹净。气动试验时，须使用无油干燥清洁空气或氮气。设备投入使用之前，须清除测试介质。

8.3 备注

包装须在为设备的氧气应用临时或永久分配的区域内进行。

所有设备须根据第5部分规定贴标。

易生锈且不能用干燥惰性气体清洁的设备内部构件，须插入穿孔或多空纤维气囊加以保护，囊内含硅胶、活性氧化铝或类似的水份吸收剂。将气囊紧固于设备内部，最好固定于可拆除部件，如封盖或盲法兰。

设备须附有警示牌，注明内含水份吸附剂、气囊数量及位置。

吸附剂可含色彩指示剂，若充水饱和则变换颜色。

如有可能，应将气囊连成一体，方便整体拆除。不得使用小包散落干燥剂，以免安装后不慎遗失于设备内。拆除气囊时，注意确保其完好无损，确保移除全部气囊

清洁后的组件在安装前应储存于适当的专门区域，防止污染。

设备就绪准备安装之前，不得打开包装。安装之前，再次检查清洁情况，确保符合规定标准，确保设备适合氧气装置

9 清洁度的设计与制造问题

氧气装置的设备及组件的设计与制造过程中，应考虑清洁能力与使用方法。

如有可能，设备不得存在无法直接进行清洁度检查的死角。

最好在装配前将组件清洁完毕，在装配和测试过程中保持清洁度。如无可能，应在清洁后拆除试装配，检查组件清洁度。

对于组件的装配，仅允许使用经许可的润滑剂。

管道系统及小型压力容器的焊缝根部应遵守焊接工艺141 IS0857/IS04063【极惰性气体保护电弧焊（TIG电焊）】，确保暴露于氧气的焊缝根部表面造型平整光滑。

9.1 购买设备或组件时的清洁度质量保证

任何提供或清洁氧气应用设备或组件的供应商或分包商都须接受评估。

应对合格供应商或分包商的质量记录进行跟踪。在适宜的情况下，评估与记录应包括以下部分：

- 清洁方法、设备及液体

- 清洁度评估办法

- 操作人员培训及经验

- 测试过程中确保清洁度的方法

购买方见证或之后实施的清洁度检验记录

储存前及储存过程中保持清洁度的方法。

附件 A：氯氟化碳（CFC）与挥发性有机化合物（VOC）对环境的影响

1. CFC对环境的影响/禁用原因

在气压较高条件下，CFC极易蒸发，直接进入大气层。自1974年以来，科学家已证明CFC是破坏平流层中臭氧层的元凶。二十世纪八十年代南极上空“臭氧空洞”的发现及随后的研究，促使公众和政治家开始重视这个问题。如今，臭氧枯竭成为公认的全球环境问题。

臭氧层的作用在于保护生物圈免受太阳紫外线辐射的伤害。臭氧层的减少对人类、动植物带来伤害，导致皮肤癌，引发遗传损伤。CFC分解产生的氯气是臭氧枯竭的罪魁祸首。

一个氯原子可以释放臭氧分子中三个氧原子的其中一个，使其重新组合成氧分子。每个氯原子反应多次之后，才能进入稳定的化合状态。

CFC的另一个负面影响就是导致大气升温。以下提供两组数字：“臭氧消耗潜势”（ODP）及“温室效应潜能”（HGWP）指出了不同碳氢化合物的负面影响级数。

以CFC 11为参照，根据已计算消耗量的相对比例关系，定义ODP。

同样道理，HGWP是以CFC 11的温室效应作参照的相对数值。1HGWP的大小还须视大气寿命而定。

2. VOC的影响

有机化合物指至少含有碳与氢，或氢元素被卤素、氧、硫或氮取代或合并的化合物。

VOC指特定使用条件下易挥发，或用于弥补或与其他药剂共同使用的有机化合物。与清洁工艺相关的主要VOC代表为四氯乙烯，四氯化碳，三氯乙烯和1,1,1-三氯乙烷。

VOC在光化反应下蒸发，在特定条件下将大气层中的氧气转化为平流层的臭氧。

根据POCP（光化臭氧形成潜能）系数与乙烯系数的相对关系，定义VOC。

某些VOC如1,1,1-三氯乙烷，同样会消耗臭氧。

30页列出了ODP, HGWP 和 POCP的一些数值。

ODP值来源于欧盟法令、HGWP及文献规定的寿命。

物质	分子式	ODP	HGWP	POCP	寿命年数
CFC11	CCl ₃ F	1.0	1.04		60
CFC 113	CCl ₂ -CClF ₂	0.8	1.4		90
HCFC 141B	CH ₃ -CCl ₂ F	0.11	0.1		7.8
HFC 134a	CH ₂ F-CF ₃	0	0.025-0.291		15.5
1,1,1-三氯乙烷-{}-	CH ₃ -CCl ₃	0.1	0.022-0.026		6.3
三氯乙烯	C ₂ HCl ₃	0	0	7	
四氯乙烯	C ₂ Cl ₄	0	0	0.5	
二氯甲烷	CH ₂ Cl ₂	0	0	0.9	

附件 B： 使用含水剂及水溶液清洁设备

目 录

- 1 设备选择过程中的问题
- 2 健康、安全、环境方面
- 3 水溶剂清洁设备
工作规范及应用
 - 3.1 移动高压清洁设备
 - 3.2 手动清洁台
 - 3.3 手动浸入式清洁设备
 - 3.4 自动搅拌浸入式清洁设备
 - 3.5 超声能量浸入式清洁设备
 - 3.6 柜式射流/喷洒清洁设备
- 4 有机清洁剂清洁设备
 - 4.1 含氯有机溶剂蒸汽除油设备
 - 4.2 含非氯化挥发性有机溶剂浸入式清洁设备
 - 4.3 乳状清洁剂浸入式清洁设备
 - 4.4 低挥发溶剂手动清洁台
- 5 辅助设备
 - 5.1 工艺液体微粒清除
 - 5.2 油污隔离
 - 5.3 挥发气体排放控制
- 6 图表索引

1 设备选择过程中的问题

基于以下方面选择清洁工艺及设备：

- 使用的清洁剂
- 需清洁部件的表面属性
- 材料形状及几何状态
- 杂质类型及数量

根据以下方面，决定自动化程度、设备大小及容量：

- 需清洁材料的大小
- 所需清洁速度

所有设备及所用化学物质都须符合健康、安全、环保的法律法规最低要求。

设备的选择应基于清洁与成本效益综合考虑。

通过运用典型样本、书面程序、要求的清洁标准，控制上述效益。

2 健康、安全、环境方面

含水清洁剂可能具有强碱性和腐蚀性，须特别注意避免接触眼睛及皮肤，否则可能会导致永久损伤。使用溶剂清洁设备时，吸入液体是健康方面担心的主要问题，但皮肤脱脂也须考虑在内。

高压清洁设备喷出的水柱如同刀口般锋利，同时会将松散颗粒洒向周围。必须使用防护性手套、眼睛及服装。

使用机器水洗时，水的排出是需要考虑的主要环境问题。溶液对大气的主要影响是其排放的气体。

废物处理必须遵守当地法规。水基工艺的废物处理方法根据污物类型、浓度、pH 值等因素而定。从基于溶剂的工艺获得的残留为高浓度废物，须根据适用的法律进行处置。

当使用可燃性溶剂时，所有电气设备包括排气设备须符合国家法规定义的正确燃烧/爆炸防护等级。

环保事宜，参见IGC文件113/03《气体运输的环境影响》。

3 水溶剂清洁设备

3.1 移动高压清洁设备



图1 高压清洁设备

工作原理：

主件为高压水泵与带喷嘴的高压水管。低压情况下加入清洁剂，通过高压水高速喷射实现清洁作业。针对较难去除的污物，需用热水。对于某些设备，可以将溶解的清洁剂与高压水同时注入。

用途：
高压清洁装置适用于清洁大件设备容易触及的表面，如泵或压缩机外表面。高压液体可能会渗透进入内部，注意保护设备对水敏感的部件。

此类设备也可用于清洁管道内壁。（见附件D《使用高压清洁设备清洁管道》）

3.2 手动清洁台

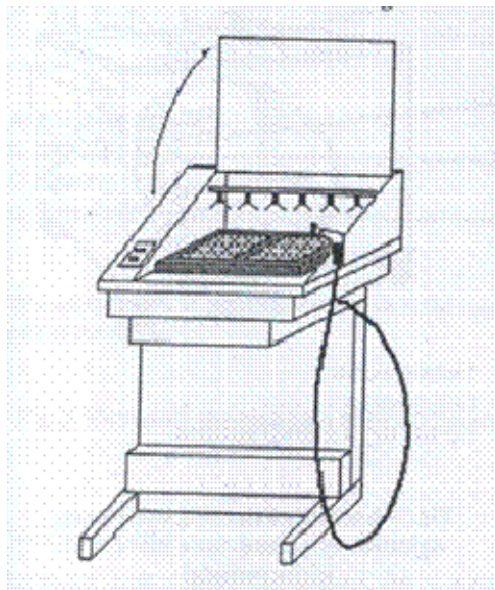


图2 手动清洁台

工作原理:

设备上方盖子可开启或关闭，或有排气装置。将需要清洁的部件置于网栅或多孔板之上。低压下可手动喷刷并/或喷洒清洁剂。清洁剂通过微粒过滤器反复循环。某些类型的装置配备固定喷嘴或旋转喷臂，可自动喷洒。当清洁剂含污物过多无法继续使用，将水槽清空并清洁。

清洁剂一般在环境温度下使用。用清水洗净之后沥干，用无油、干燥、清洁空气或氮气吹净。

用途:

此类设备主要用于对小型部件进行间歇性清洁，如配合修理维护工作。

3.3 手动浸入式清洁设备

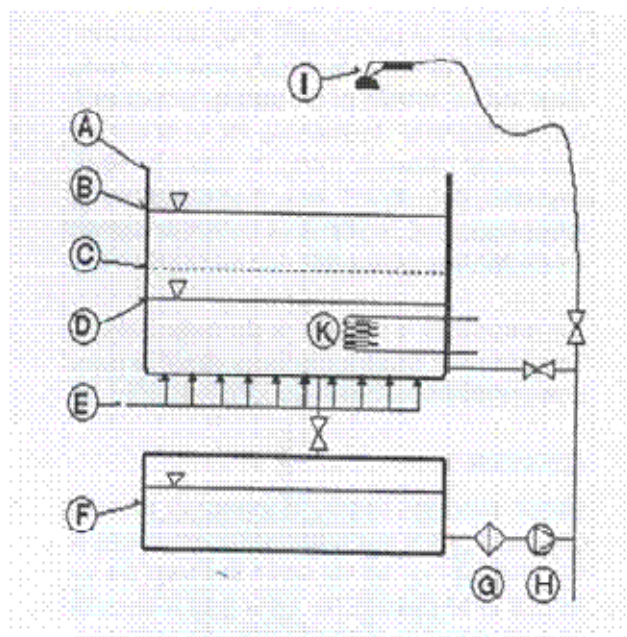


图3 附带刷洗及喷洒的浸入式清洁设备

- A) 清洁池
- B) “浸入模式”下液体水平
- C) 多孔板
- D) “喷洒/洗刷模式”下液体水平
- E) 搅动进气口
- F) 清洁剂储存槽
- G) 滤网
- H) 泵
- I) 手动清洁喷洒/洗刷装置
- K) 加热元件

工作原理:

将待清洁部件置于多孔板，放入清洁池。泵从清洁剂储存槽抽取清洁剂，清洁池水位随之上升，全部部件浸没于液体中。可以通过例如注入空气或氮气加热、搅动液体。

片刻，移动清洁池中的部件，提高与溶液的接触。

等污物溶解之后，将液体水位降低至多孔板以下。如有需要，可通过洗刷及喷洒方式清除残余污物。

一般在独立的漂洗池进行漂洗。

清洁效率很大程度上依赖待清洁部件的形状和数量。通过超声能量代替空气或氮气搅动，可提高效率。须注意的是，这两类机械能不可混用，因为气泡会将超声能量吸收。

温度范围一般在50-90°C。应与清洁设备供应商合作，对适当的清洁条件进行测试。

用途：

手动浸入式清洁设备适用于数量少、体积小的材料。清洁池的大小决定了待清洁材料体积上限。而篮筐网格大小则决定体积下限。使用此类设备可以成功清洁死角和深窄的空穴。

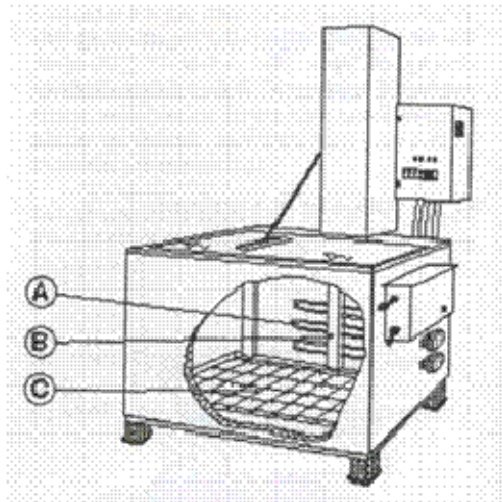
3.4 自动搅拌浸入式清洁设备

工作原理：

待清洁材料浸泡于含已加热清洁剂的液体槽。可通过热搅动、叶轮片、液体喷嘴或空气注射实现搅拌作业。可在槽内旋转、上下移动材料进行搅拌。

在生产能力较大的工厂，材料通过例如传送带源源不断从清洁槽输送至一个或几个漂洗池。也可在设备上整合干燥环节。对于生产能力较小或中等的工厂，可将全部环节整合于同一台机器。

图4所示机器通过部件在清洁液体中上下运动，实现搅拌作业。



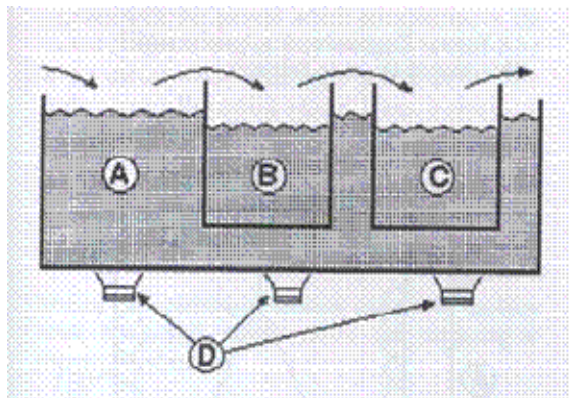
- A) 加热元件
- B) 提升柱
- C) 上下运动平台

图4 自动化清洁设备 通过材料上下运动实现搅拌

用途：

自动浸入式集成清洁设备适合中小体积的材料。只要能够实现高效搅拌，使用此类设备可以成功清洁死角和深窄的空穴。

3.5 超声能量浸入式清洁设备



- A) 清洁阶段1
- B) 清洁阶段2
- C) 漂洗
- D) 超声波发射器

图列上方箭头显示材料流程。

图5 超声清洁，不同液体置于同一水槽

工作原理：

添加超声能量可以提高浸入式水槽的清洁效率。可以手动或自动控制设备。

交替水流产生超声波振动，使液体形成空化气泡。气泡爆裂，以小型射流的形式生成以机械清洁能量。

对小型部件的清洁可以在浸泡于超声波主水槽的网篮或带孔容器内完成。但这样会损失一些超声能量。容器或网篮不应是柔软材料制成，因为软性材料会吸收多数超声能量。与普通浸入式清洁方式相比，使用超声水槽的清洁方式效率大幅提高。

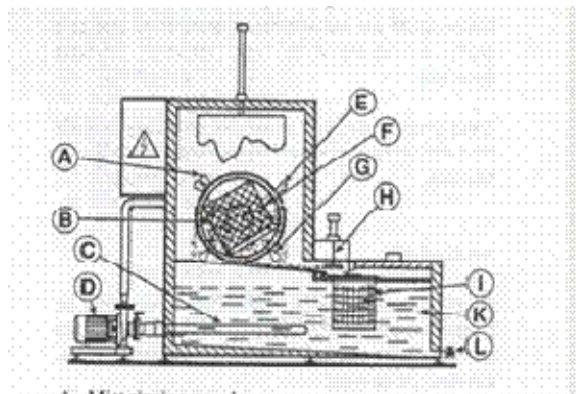
槽中液体须无气泡产生，因为气泡会吸收超声能量。泵的设计也不应导致液体冒泡。同样道理，空气搅动不能与超声能量共同使用。漂洗和沥干可以在同一装置内完成（图5），但一般情况下，这两个步骤是独立的。

用途：

超声波清洁通常用于中小体积的部件。由于其吸能属性，该方法对多孔及柔软部件不适用。

确保超声波可以到达全部待清洁的表面，这一点非常重要。清洁效率很大程度上依赖待清洁部件的形状、数量及在水槽中摆放位置。

3.6 柜式射流/喷洒清洁设备



- A) 喷雾清洁喷嘴
- B) 选择待清洁材料
- C) 加热元件
- D) 泵（一个用于清洁，一个用于漂洗）
- E) 带喷嘴洒水管
- F) 清洁腔
- G) 射流喷嘴
- H) 阀门
- I) 滤网
- J) 清洁/漂洗池（一前一后）
- K) 排水阀

图6 柜式射流/喷洒清洁设备

工作原理：

此类新型柜式清洁设备利用了浸泡、冲洗、喷洒相结合。通过增加清洁室内液体水位实现浸泡。在这一阶段，射流喷嘴在清洁液体内部形成湍流。将待清洁部件置于篮子或圆筒内，利用来自喷嘴的冲洗/喷洒动作，随清洁液体同时旋转或振动。

强大的搅拌和机械冲力产生良好的清洁效果，同时可用于降低化学物质浓度或清洁温度。

清洁完毕后用来自同一单元独立容器的清水进行漂洗。还可配备晾干、油分离和化学剂量设施。

整个清洁程序及温度接受自动控制，可以轻易作出调整，适应不同的清洁条件。

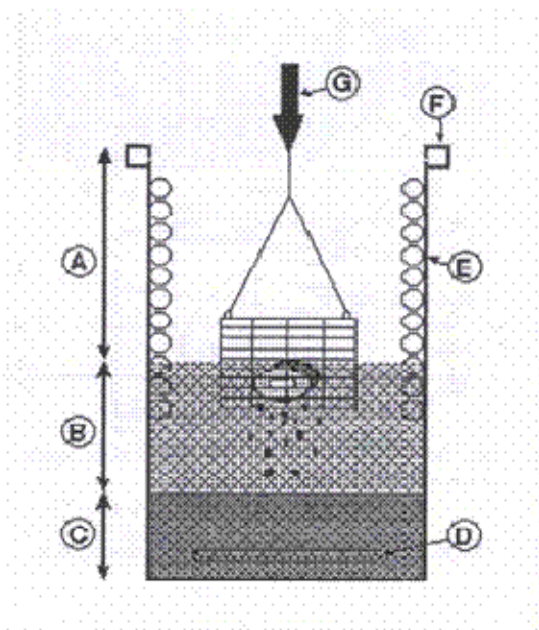
可以获得各阶段所有清洁时间。包括漂洗和晾干在内的总时间一般为8-12分钟。

用途：

使用此类装置可以成功清洁中小尺寸部件。典型处理对象为形状复杂、空穴裂缝密集的部件。

4 有机清洁剂清洁设备

4.1 含氯有机溶剂蒸汽除油设备



- A) 冷却区
- B) 蒸发区
- C) 液体溶剂
- D) 加热元件
- E) 冷却管
- F) 蒸汽排空口
- G) 提升设备

图7 传统蒸汽除油设备（某些国家只允许封闭式安装）

工作原理：

在清洁池底部将氯化溶剂加热至沸点，蒸汽上升。将待清洁部件浸没于清洁池下部的汽相之中，在整个清洁过程中保持悬空状态。溶液在部件表面凝结，溶解油污和油渍，随溶剂一起排出，在清洁池底部聚集。过剩的汽体在清洁池上部冷却壁（冷却区）凝结。如还有剩余蒸汽，可从清洁池上缘底下的开槽排出。

这种自我蒸馏原理意味着即使集水仓内溶液受到严重污染，冷凝于部件的也是清洁溶液。

在清洁过程中，须将带腔穴部件倒置，排出受污染溶剂。

部件温度到达溶剂沸点，清洁停止。若此情况发生在部件尚未清洗干净之前，则须先以冷溶剂冷却部件，然后才能开始除油作业。

蒸汽除油可以与超声浸泡和喷洒相结合，一般在机器的独立区域进行。

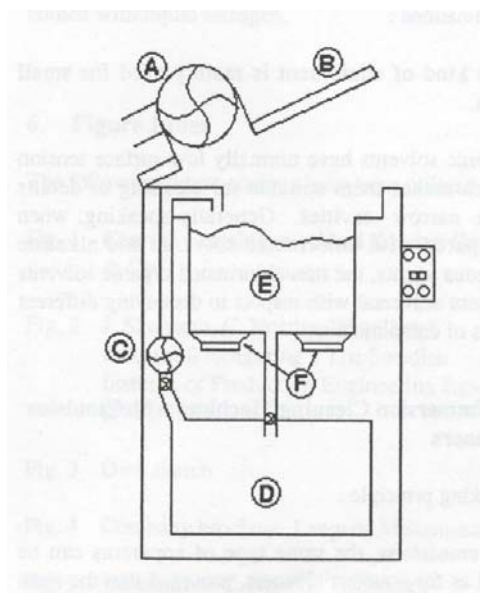
须根据制造商建议，定期检查集水仓内溶剂，确保溶剂的状态始终适合安全、高效使用。

应落实特殊预防措施，包括密闭空间的准入许可要求、使用合适的氧气呼吸器、穿戴防护服装等。

用途：

蒸汽除油适用于蒸汽可以到达并在表面凝结的所有部件。对于受热条件下很快达到沸点温度的小型薄型部件，可能会产生问题。

4.2 含非氯化挥发性有机溶剂浸入式清洁设备



- A) 排气扇
- B) 顶盖
- C) 泵
- D) 封闭式洗液池
- E) 清洁槽
- F) 超声波发射器

图8 附加超声挥发性溶剂封闭浸入式设备

工作原理:

使用挥发性有机溶剂的设备是完全封闭的装置，将操作单元与溶剂相隔离。将待清洁部件浸泡于溶剂中，通过搅拌或超声能量加以搅动。同时使用喷洒。

通常将部件加入空清洁池，合上顶盖，将溶剂用泵从独立的封闭溶剂储存槽抽入。清洁过程结束后，用泵将溶剂从清洁池抽走。打开顶盖或门扇，取出部件之前，通过排气设备排出溶剂蒸汽。

乙醇和丙酮是使用的典型溶剂。用途:

此类设备主要用于小型部件。

有机溶剂一般表面张力较低，适合清洁狭窄空腔。一般而言，与氯化溶剂和碱性水溶剂相比，非氯化有机溶剂在溶解不同类型污物方面不太普遍。

4.3 乳状清洁剂浸入式清洁设备

工作原理:

在考虑到应用的溶剂可能产生风险的前提下，一些使用水溶液清洁剂的装置也可使用乳状清洁剂。

当使用添加乳化剂的无水溶剂时，须将清洁视为溶剂清洁。设备的设计与要求与纯溶剂设备相同。

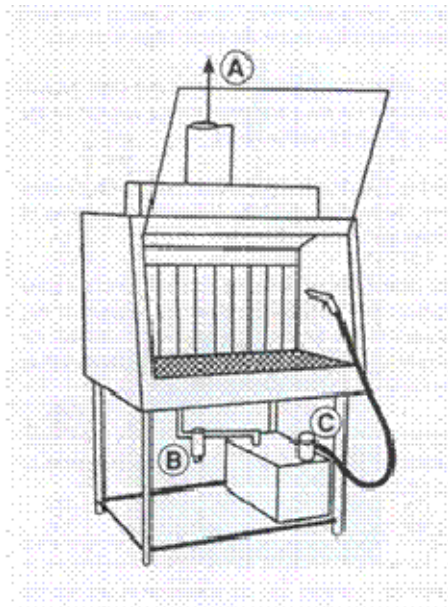
用途:

乳状溶剂清洁设备可用于水溶液系统适用的相同类型部件。对狭窄空穴的渗透性优于纯水溶液系统。清洁阶段之后进行清水漂洗，去除可能附着在部件的高沸点残留物，这点非常重要。

4.4 低挥发溶剂手动清洁台

工作原理：

使用水溶液系统的同类清洁台可使用低挥发性溶剂，前提是需要考虑配备排气系统和溶剂属性。此类清洁台的设计一般可兼用水溶液和低挥发性溶剂。



- A) 排气孔
- B) 滤网
- C) 泵

图9 手动清洁台

用途：

此类设备主要适用于间歇性清洁全部表面可以直接观察到的小型部件。其典型用途就是配合修理维护，进行清洁工作。

经此方法清洁的组件必须仔细检查是否带有清洁剂残留。

5 辅助设备

除清洁流程必要的设备外，还有其他不同种类的设备，用于减少废物，降低成本。

5.1 工艺液体微粒清除

清除循环工艺液体中的微小颗粒对于降低泵、阀等机械部件磨损，防止喷嘴堵塞，非常重要。

可以将这些颗粒作为沉淀物从储存槽清除，也可利用滤网，如管道系统筛网过滤器。

5.2 油污隔离

液体原始成分决定了清洁剂和漂洗水的寿命和效率。通过循环净化工艺液体，可以大幅降低化学物质、废水废物的倾倒成本。

清洁剂或漂洗水中的油可以以游离态或乳液形式存在。

可以通过重力、过滤或吸收手段，分离游离油。此类典型设备包括撇油器、薄层分离器、聚结过滤器，吸附式滤油袋、丙烯过滤器。

乳化油可以运用超滤法、化学分解、微过滤，以及吸收或生物处理去除。同时还可使用蒸发器和蒸汽压缩装置。

5.3 挥发气体排放控制

控制基于溶剂的清洁设备的挥发气体排放，从环保和安全角度来看，至关重要。

在碳分子或分子筛吸收设备上，排气道内的挥发气体被吸附床捕获。饱和的吸附床通过蒸汽或炙热气体重新恢复。

也可配合活性炭过滤器，使用低温冷凝手段。液体通过由液氮冷却的热交换器通风口，实现冷凝。

6 图表索引

利用的图片来自以下渠道：

图1 公司目录 Alfred K5rcher GmbH & Co.

图2 J. Skogsmo, C. Norrby, 《工业清洁手册》，瑞典生产工程研究所（IVF），1994年。

图3 自绘手稿

图4 公司手册 Langeds Mekaniska AB.

图5 J. Skogsmo, C. Norrby, 《工业清洁手册》，瑞典生产工程研究所（IVF），1994年。

图6 公司手册 Viverk Fbrsäljnings AB.

图7 J. Skogsmo, C. Norrby, 《工业清洁手册》，瑞典生产工程研究所（IVF），1994年。

图8 J. Skogsmo, C. Norrby, 《工业清洁手册》，瑞典生产工程研究所（IVF），1994年。

图9 J. Skogsmo, C. Norrby, 《工业清洁手册》，瑞典生产工程研究所（IVF），1994年。

附件 C： 碳钢管道清洁

1 概要

本附件介绍了从制氧机调配站到用户工厂调配站的调配网络。

不涉及完整网络的其他部件，如制氧机管道、车间调配管道及其使用。

2 具体设计要求

管道的设置应允许必要时进行“清管”操作。须考虑到最小弯曲半径和管道直径缩量。

应避免液体或杂质容易积聚的低点。

如无法避免，则应设置低点排水管，利于排出及目视检查。

压力测试及/或清洁完毕之后，须将排水点永久封闭。

3 材料与组件

1. 管道材料 -- 碳钢
2. 管道配件 -- 碳钢
3. 专利产品 – 清管器发射筒及接收器

4 备选方案 A

需要使用符合氧气清洁标准的预清洁组件。

4.1 初步清洁方法

购买的所有管道各段及管道配件的内表面须经过喷砂清理。（表面处理 Sa 2 1/2 to ISO 9501-1）。

4.2 初始检查

通常按照4.2.1和4.2.2段所述进行直接目视检查就已足够。各段管道和管道配件清理完毕之后，立刻使用封盖或防水胶带将其密封。应将干燥剂袋置于各个管道和配件内部，如 27、28页上6段所述。

4.3 制作

在随后的制作和测试过程中，须注意保持清洁。

随着工程的进行和焊缝的维修，应对焊缝进行检查。管道端口须随时保持密封，制作实际开始时除外。电焊过程中及制作操作期间，应使用气体吹扫。

焊接期间的反吹可使用氮气代替氩气。不得使用纸坝限制氩气反吹的使用。须对槽位进行充分排水。

管道两端固定清管器发射筒及接收器。

4.4 制作后期清洁

使用氮气或无油空气作为推进剂，将氧气兼容材料制成的计量清管器吹经管道。

应检查管道内清除出来的杂质，确保其没有受到不兼容氧气物质的污染。

4.5 压力测试

若经负责部门许可，本测试应为气动强度测试。进行测试时，须充分采取安全保障措施。一般包括对全部环绕焊接完成100%射线照相检验。

如不允许进行气动强度测试，则应使用添加有除氧剂和钝化剂的无油清水，进行液压强度测试。重复清管作业，去除水份。

打开排水点，排出残余水份。

用干燥氮气或清洁空气（最低露点-40□）清理管道。

4.6 后期测试与清洁度检查

检查吹扫气体露点。

通过目视观察管道端口及排水点，检查管道内部氧气清洁度。

重新进行氮气吹扫，并加以保持，直到试运行准备就绪。

5 矫正措施

若目视检查发现污染，须根据本附件6.5节采取矫正措施。

6 备选方案 B

需要使用化学清洁组件去除扎屑的部件。

6.1 初步清洁方法

使用碱渍及/或酸渍进行化学清洁，之后以清水漂洗并钝化。可能还需额外机械清洁。

6.2 初始检查

目视检查，确保内部无扎屑、重锈、颜料、油漆、碳氢化合物等。

6.3 制作

制作完成后，将清管器发送筒和接收器固定于管道两段。根据设计规范要求完成焊接后检查。

6.4 压力测试

使用添加脱氧剂和钝化剂的无油清水进行液压强度测试。

使用由兼容氧气的材料制成的清管器脱水，以氮气或无油空气作推进剂。关闭排水点排出剩余水份，然后关闭。如规范要求，则进行气动测试。

6.5 测试后的清洁工作

将经许可的溶剂（如二氯甲烷）置于两个清管器之间，使清管器穿过管道。

清管器须为可碾磨型材料，兼容氧气和溶剂。清管器由氮气或无油空气推进。

根据 24、25页4.2.4节，检查溶剂是否存有杂质。

如有污染，使用新溶剂重复试验，直到清洁度符合24、25、26页4.2.4和4.4节的验收标准。

去除清管器发射筒及接收器。

使用干燥氮气吹扫管道（最低露点-40□）。

6.6 后期测试与清洁度检查

与4.6节备选方案A同。

7 矫正措施

若使用新溶剂反复清管后仍发现污染存在，可能的校正措施就是原地使用碱性及/或酸性溶液进行化学清洁，之后钝化并清水冲刷，最后按照上述6.5节备选方案B进行测试后清洁。

另一种矫正措施是使用专利设备在原地进行喷丸处理。

8 附加信息

如需碳钢管道的设计、安装、制作、测试方面的更多信息，参见IGC文件13/02《氧气管道系统》。

附件 D： 使用高压清洁设备清洁管道

1 待清洁部件

弯管与直管

焊接、钎焊、环焊集合管。最小管内径：

- ▶ 约13mm（视软管和喷嘴而定）

最大管内径：

- ▶ 约300mm（视喷嘴设计与压力而定）

最大弯曲角度：

- ▶ 90°

最小弯曲半径：

- ▶ 100-150 mm（视管道直径、软管柔韧性等而定）

材料：

- ▶ 不锈钢管道/集合管。一些管道环焊有黄铜接头。

最大管长：

- ▶ 30m 视软管长度、弯头数量、管道直径而定。

2 清洁剂清洁前的部件加工

对不锈钢管进行不同类型处理，如弯曲、环焊、焊接等，然后使用饮用水对其进行酸渍及压力测试。

3 清洁设备

高压清洁设备，附带高压软管和管道清洁喷嘴。（见图1）

来自喷嘴的向后射流在冲洗内部表面时将软管拉入管道，并通过其中。

大型清洁工作可能用到饮用热水或配备有水加热设施的装置。

4 清洁

在低压和环境温度下，通过软管和喷嘴使用清洁剂。

在这一过程中，须手动将软管导入管道。清洁剂泡沫须打湿整个内表面。

将清洁剂泡沫置于管道内部5-10分钟，等待分解污物。在这期间，应将管道旋转/转动2-3次，确保充分接触清洁剂。

5 漂洗

使用管道清洁喷嘴喷出的高压清洁温水对管道内表面进行漂洗。来回慢速抽动软管，保证所有内表面都接触到高压射流。持续进行漂洗，直到用于漂洗的水pH值与新进水pH值相同。（可用石蕊试纸测试pH值）

软管一般会在管道内自行前进，但如果遇到多个弯道、管道限制或其他障碍，则可能借助手动帮助。

在一些情况下，清洁/漂洗过程可以从其他管道开口重复进行。

6 晾干

晾干开始前，须将全部自由流动水从管道内排出。须对死角、坑洼处进行特别处理。

将热氮气或无油清洁空气吹入管道，实现晾干。检查热气体是否达到所有部件，这点非常重要。

7 清洁剂

水基碱性清洁剂。首选泡沫清洁剂，因为它可以附着垂直表面。市面上有若干种专业清洁剂可供选择。应该通过测试决定清洁条件，如清洁剂浓度、漂洗水温度等，应遵从清洁剂供应商建议。

以下为典型条件：

▶ □清洁剂浓度20-50 %

▶ □稀释溶液pH值12

▶ □漂洗温度50 °C

8 安全

建议操作人员进行高压清洁时穿戴防护性服装、手套、围裙、眼部面部保护工具等。

皮肤接触清洁剂化学物质会导致严重的皮肤疾病，须避免。

须认真学习、遵守生产商产品信息和材料安全数据表。

9 检验方法 – 白光下直接目视检验

擦拭所有管道开口。对于较深的内表面，可以将布片固定于棍棒进行擦拭。

10 清洁护养

用塑料塞密封所有管道端口。

11 贴签

已清洁，用于氧气设备

远离油渍油污

检验日期/盖章

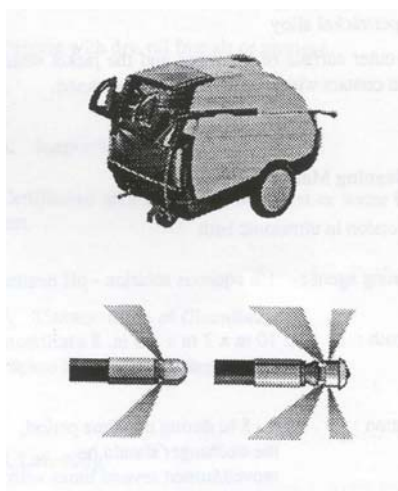


图1 高压清洁设备与两类管道清洁喷嘴

附件 E： 使用含水清洁剂在超声波清洁池清洁管式热交换器

1 材料/尺寸

900 x 4300 mm

铜/镍合金

须清洁与氧气接触的管道外壁及外壳。

2 清洁方法

浸泡于超声波清洁池。

清洁剂：1 %水溶液 – pH值中性

超声波清洁池：10 m x 2 m x 1.5 m，8个振子，不锈钢

持续时间：4 – 5小时；在此期间，用起重机将交换器移动/旋转数次。

温度：50 - 60°C

3 漂洗

置于第二个含去离子水的不锈钢清洁池，浸泡1.5小时，水温40 -50□。移动/旋转交换器2次。

4 晾干

在含清洁空气的帐篷中放置4 – 5小时，温度30 – 40□。

5 检验方法

在紫外线下进行擦拭试验和目视检查。

6 清洁保养

装入清洁聚乙烯袋（厚度>0.15mm），密封。

7 贴签

袋内袋外贴上标签。“已清洁，供氧气设备使用；远离油渍、油污；检验日期/盖章”。

附件 F： 使用含水清洁剂在超声波清洁车内清洁部件

1. 部件尺寸
一般最大500mm，根据清洁池容量/大小决定。
2. 部件材料
钢、铜合金
清洁内外表面
3. 清洁方法
浸泡于超声波清洁池，可以预清洁，也可省去。
 - 3.1 清洁剂：
溶剂在水中浓度20%，pH = 10
 - 3.2 预清洁
置于清洁池，超声波可有可无。
持续时间：15分钟
温度：约60°C
通过泵的作用或手动移动内含部件的篮筐，实现溶液循环。
 - 3.3 清洁
置于超声波清洁池（某些情况下置于预清洁池）。
如溶液表面可见油斑，则应更换该溶液及预清洁池内溶液。
用过的溶液不得再次使用。
4. 漂洗
浸泡于清洁池，将喷洒作为备选方案；温度约40°C。
5. 晾干
以无油干燥空气或氮气吹扫。
6. 检验方法：
通过擦拭试验或水膜破坏试验，进行抽查。
7. 清洁保养
置于清洁塑料袋封存。
8. 贴签
贴上标签“已清洁，供氧气设备使用；远离油渍、油污； 检验日期/盖章”。

附件 G： 使用含水清洁剂与溶剂清洁器皿

1. 材料/尺寸

不锈钢或铝合金

最大尺寸3000 x 4000 mm

2. 预清洁

焊接前，使用含水清洁剂（无磷酸盐、低碱含量）在约50°C温度下对容器外壳及端口分别进行预清洁，然后用去矿物质水冲洗约60分钟。

3. 焊接前检查

晾干作业后进行擦拭试验。若有任何油污油渍迹象，则重复预清洁。

4. 清洁

最后焊接完成后，安装圆管，使用溶剂进行完整的喷雾清洁，如141b（参加第三章表1图片）。

5. 清洁后检验

使用溶剂萃取法进行定量控制（蒸发后残留物重量）。

6. 清洁保养

在所有装配阶段中，保护组件免受污染。检验后，使用脱脂法兰将清洁槽密封，并充以氮气略微加压。

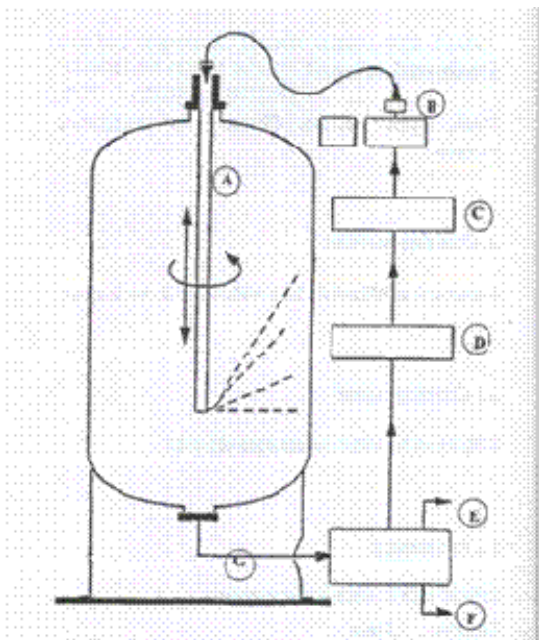
7. 贴签

已清洁，供氧气设备使用

氮气压力.....bar

远离油渍、油污

检验日期/盖章



A) 喷管 B) 注入 C) 冷凝 D) 净化 E) 控制 F) 弃置 G) 溶剂回收

附件 H： 使用含水清洁剂清洁器皿

1 材料/尺寸

不锈钢；容器体积1000至40000升。

2 清洁方法

2.1 机械清洁

最后焊接前，机械清洁内表面（磨、刷、喷砂清理）

2.2 除尘

须对内表面进行清扫、吸尘。

2.3 脱脂

焊接及水压试验后，使用不含磷酸盐的清洁剂进行喷雾清洁作业（50□，1小时），然后用50-60°C清水进行冲洗。

3 漂洗

喷洒去矿物质水。

4 晾干

以无油干燥清洁空气或氮气吹扫。

5 检验

白光及紫外光下直接进行目视检验。

6 清洁保养

在所有装配阶段中，保护组件免受污染。检验后，用脱脂封盖将容器密封，并充入氮气略微加压。

7 贴签

“已清洁，供氧气设备使用

氮气压力.....bar

远离油渍、油污

检验日期/盖章”

附件 I：可移动真空绝缘容器的清洁

1. 材料/尺寸

容器内部及外壳：不锈钢

容积：上限500升

2. 初步清洁方法

购买的外壳及容器应预清洁，根据氧气标准包装。根焊应遵守TIG焊接标准，保证根焊外型光滑，避免焊渣。

3. 清洁方法

最后焊接及容器内部隔离前，用干布蘸上丙酮手动清洁各表面。

4. 压力测试

使用氮气或无油空气进行。在能够经受容器潜在爆炸的特殊箱柜或舱室内进行本试验。

5. 检验方法

最后焊接前，对部件进行擦拭和紫外光检验。

6. 清洁保养

整个过程中，保护部件免受污染。用封盖将开口密封。

7. 贴签

“已清洁，供氧气设备使用

远离油渍、油污

检验日期/盖章”

附件 J： 建筑工地补救清洁

建设工地上或其附件随时可以用于重新清洁的设施和设备往往非常有限。

在决定补救清洁采取的方法时，应考虑到建筑设计、构架、规模及用料。

参考初始清洁方法的同时，有关各方应理解，在不同的地点复制任何一种给定的清洁方法，经常会困难重重。

在建议重新清洁的方法时，可以咨询原始设备制造商。

工地通常可以提供的设施包括：

- 便携式高压蒸汽清洁
- 酸洗槽
- 溶剂或清洁剂槽

小型局部清洁可使用非染色布料加清洁剂进行擦拭。须注意避免有害物质残留。

注意油渍、油污及其他污染物数值低于本文件规定。

应记录清洁过程和测试结果。