

涂装技术丛书

涂装前处理

上海市化学化工学会 统编
上海涂料公司

TUZHUANG

JISHU

CONGSHU

机械工业出版社

174.4

涂装技术丛书

涂装前处理

上海市化学化工学会
上海涂料公司 统编



机械工业出版社

本书详细介绍了涂装前处理的范围和要求，脱脂、除锈、磷化的工艺、材料及其检测方法，涂装前处理设备选用和操作等。

本书由上海涂料公司韩熙麟主编，上海仪表烘漆厂武文平、上海洗衣机总厂桑志敏编写，上海涂料公司陈钟岱审稿。

涂 装 前 处 理

上海市化学化工学会
上 海 涂 料 公 司 统 编

*

责任编辑：崔世荣 版式设计：吴静霞

封面设计：郭景云 责任校对：熊天荣

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₃₂·印张 4·字数 86 千字

1991年 6 月北京第一版·1991年 6 月北京第一次印刷

印数 0,001—4,600·定价：3.40 元

*

ISBN 7-111-02689-6/TQ·40

前 言

在机电和轻工等产品生产中，将具有一定要求的涂料涂覆在制品表面，经过固化，形成涂膜，可对制品起到保护和装饰作用。因此，现代涂装技术在生产中已经成为一项不可缺少的新工艺，应用范围越来越广泛。

为了普及涂装新技术，进一步提高我国的涂装技术水平，适应产品的发展需要，我们组织编写了这套“涂装技术丛书”，共分六个分册，包括：《涂装前处理》、《静电喷涂》、《电泳涂装》、《粉末涂装》、《高压无气喷涂》、《涂装作业安全技术》。

本书为《涂装前处理》分册，是与本套丛书中的5本涂装工艺分册配套使用的。由于涂装工件的材质和涂装工艺不同，涂装前处理的内容也就略有不同。本书着重介绍钢铁工件的涂装前处理，内容包括：除油、去锈、磷化、钝化等的理论、工艺、材料、检测及设备。

在本书的编写过程中，得到了上海仪表烘漆厂、上海洗衣机总厂的大力支持，特别是得到了戴镇方等同志的帮助，谨此一并致谢。

由于作者水平有限，书中的错误、缺点和不足之处难免，敬请批评指正。

上海市化学化工学会

上海涂料公司

1990年7月

目 录

前言	
第一章 涂装前处理的范围和要求	1
一、涂装前处理的目的及范围	1
二、脱脂程度的检验方法及要求	2
第二章 脱脂工艺	7
一、油脂种类及脱脂方法	7
二、有机溶剂脱脂法	9
三、超声波清洗法	12
四、碱液脱脂法	14
五、乳化剂脱脂法	16
六、金属清洗剂脱脂法	19
第三章 除锈工艺	27
一、腐蚀原理	27
二、酸液除锈	29
三、喷砂除锈	34
第四章 磷化工艺	36
一、磷化的作用、特点、用途和分类	36
二、磷化膜形成的基本原理	40
三、磷化膜质量的影响因素	45
四、钢铁件的磷化处理	54
五、有色金属件的预处理	57
六、粉末喷涂件的预处理	60
七、磷化常见故障、产生原因及解决方法	61
八、磷化膜的质量检验	64
第五章 前处理设备	70
一、浸渍式表面处理设备	70
二、喷射式表面处理设备	81
附录	112

第一章 涂装前处理的范围和要求

一、涂装前处理的目的及范围

1. 涂装前处理的目的 通常在金属零件表面往往附有氧化皮、油脂、灰尘等污垢物，如果在涂装前不把这些异物去除，将影响涂膜固化或造成涂膜龟裂、剥落，尤其是残留的氧化皮还会在涂膜下继续生长而失去涂装的意义。因此，涂装前处理的目的，就是除去金属表面附着的各种污垢物，以提高金属与涂膜的附着力，从而保护金属不受腐蚀破坏。

2. 涂装前处理的范围 人们通常把金属涂装前需要进行的脱脂、除锈、磷化这3道工序通称为“前处理”。前处理方法一般分为两大类，即机械的涂装前处理和化学的涂装前处理。

（1）机械的涂装前处理 包括采用锉刀、刮刀、钢丝刷等工具，以人工的操作方法，或采用喷砂、喷丸、抛丸等的机械方法，除去金属表面的污垢物。前者不能把金属表面的氧化皮、污垢等异物彻底清除，但操作简便。而后者可以将其去除并可获得洁净且有一定粗糙度的表面，从而可增加涂膜的附着力，并且效率高。但对于外形比较复杂或薄板成型的工件则不大适用。

（2）化学的涂装前处理 包括脱脂、酸洗和磷化。

1）脱脂 由于防锈或加工的需要，在金属表面往往涂有防锈油、压延油、切削油等油性物质，灰尘极易附着其上。涂装前要把这些污垢物去掉，常用碱性脱脂剂、有机溶

剂、乳化液脱脂剂或溶剂蒸气进行清洗。这是酸洗、磷化工序前所必须的。

2) 酸洗 金属表面覆盖的氧化皮或锈蚀物, 会使涂膜的附着力、耐腐蚀性显著降低。为此, 要采用各种酸液将其去掉, 这就是酸洗。为了防止过酸洗或氢脆, 需要添加缓蚀剂。

3) 磷化(氧化) 金属表面与磷化液反应, 可使其表面生成一层稳定难溶的无机化合物。这种化合物可提高涂膜的附着力和耐腐蚀性。

二、脱脂程度的检验方法及要求

钢铁设备及其零部件涂装前的脱脂处理, 是涂装前处理的第一道非常重要的工序。试验表明, 钢铁表面的油污层对涂膜的防腐性能的影响, 在短期内是难以观察出来的, 甚至用仪器也测不出来。但是经过较长时间的贮存、运输、应用后, 才逐渐暴露出来。为此, 涂装前必须采用适当方法进行脱脂检验。下面将国内外常用的几种简便易行的脱脂检验方法及要求介绍如下。

1. 脱脂程度的检验方法

(1) 目测法(水润湿法) 目测法是把经过脱脂和净水洗涤过的金属表面放在光亮处, 用肉眼观察, 如果金属表面全部被水润湿, 不挂水珠, 即认为脱脂干净。如果金属表面不被水润湿, 而出现很多水珠, 即认为脱脂不干净。

这个方法目前在国内外应用很普遍, 其特点是简便, 切实可行, 能满足生产的快速要求。但有以下缺点:

1) 在生产车间中, 由于光线不同, 距离不同, 会影响观察结果的准确性。

2) 由于目前采用表面活性剂作为脱脂的比较多, 所以

当冲洗的水中含有相当数量的表面活性剂时，容易把表面活性剂的润湿误为脱脂干净，造成误差。

(2) 验油试纸法 验油试纸法是在目测法的基础上研究改进的。其方法是把脱脂并经过冷水冲洗后金属表面，用一种极性溶液滴在其上，并把溶液铺开，然后将验油试纸紧贴在溶液膜上。如果油污去除得干净，则验油试纸的整个表面可与金属表面上的极性溶液完全接触，并显出连片的红色。如果有油污附着，则由于极性溶液在油膜上不能把整个表面润湿，而呈现水珠状，因此验油试纸出现的红色是不连续的稀疏块状。此法具有以下特点：

1) 灵敏度高。每平方米金属表面沾附着0.01 g的油污即可检验出来。

2) 操作方便。在生产车间检验时，只要随身带一本验油试纸、一小瓶极性溶液和一根小玻璃棒。检验时，把极性溶液涂覆在被检验的金属表面上，然后贴上验油试纸，1min内即可得出结果。

3) 被检验过的金属表面要用干净布擦干净，对涂膜没有不良影响。

4) 此法适用于钢铁件、铜、铝等各种金属表面上油污的检验。

(3) 称重法 这也是目前国内外应用得较多的方法。其操作方法是：先准备一个洁净的玻璃培养皿，并在60℃下烘干、恒重，然后用干净的镊子把试样放在其中，分别称量其脱脂前和脱脂后的质量，即可算出每平方米试样面积上的含油量。

此法在实验室内应用比较适合，准确度也较高。但作为车间生产过程中的快速检验，则达不到要求。

(4) 擦拭法 把经过除油并经过水冲洗后的零部件在 60°C 下干燥, 然后用洁净白纱布在其表面擦拭, 如果白纱布未见任何变色(残留油污), 则说明油污已除干净; 若白纱布变色, 即表示油污未除干净。

此法目前国内只有个别工厂使用。方法虽然简便, 但误差较大。此外, 因不少钢材表面虽然没有油污, 但水洗烘干后容易出现锈斑, 若用洁净白纱布擦拭, 也会出现黑色, 使人不易分清是油污还是锈蚀。

(5) 电镀镍法 此法是利用金属离子在电沉积时对油污的敏感性来检验脱脂程度的。因为当金属表面存在油污时, 就会影响镀层的质量, 出现漏镀、起泡、剥离等现象。如果油污完全去除干净, 则镀层质量正常。

电镀时, 镀液成分及工艺规范如下: 硫酸镍($\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 240 g/L , 氯化镍($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) $40\sim 50\text{ g/L}$, 硼酸(H_3BO_3) 30 g/L , 加入少量光亮剂, $\text{pH}=4.5$, 镀液温度 47°C , 电流密度 2 A/dm^2 , 电镀时间 15min 。

镀层宏观检查: 在100倍金相显微镜下观察, 有无漏镀、起泡、剥离等现象。

(6) 化学镀镍法 采用化学镀镍法检验油污是否去除干净, 比电镀镍法更简便。其操作方法是: 把除油并经过净水充分洗涤后的零部件, 立即放入加热到 90°C 的新配制的化学镀镍溶液中。如果零部件表面的油污完全去除干净, 则在 15min 内零部件表面上即有光亮的镍镀层出现。否则, 即使零部件表面上附有很轻微油污痕迹, 则其表面上只有气泡聚集, 而无镍镀层生成。

此法具有同电镀镍法一样的灵敏度, 但不适于在生产现场应用。

(7) 气相色谱氢焰检测法 色谱法是一种重要的分离、分析技术。近年来, 由于气相色谱法的发展, 已成为良好的分析手段。色谱法是利用不同物质在两相中具有不同的分配系数(吸附系数)原理, 当两相作相对运动时, 这些物质在两相中反复多次分配, 从而使各物质得到充分分离。

测定条件:

色谱柱	2 m
柱温	150°C (15min) ~ 230°C (8min)
升温速度	4 °C/min
注射时温度	200°C
载气流速	N ₂ 50mL/min, H ₂ 50mL/min 空气 500mL/min

采用气相色谱法, 虽然可以测出微量油污的残留量, 但在实际应用中, 不需要达到如此高的精度。这种方法, 仅适用于实验室作为科研用。

2. 验油试纸法的技术要求

1) 钢材表面经过脱脂处理, 并经过净水处理洁净后, 应立即进行本法的检验。

2) 经过检验合格的零部件, 如在涂漆前由于临时原因又放置了一段时间(一周以上), 则应在涂漆前再应用本法检验一次。

3) 验油试纸必须放置在干净的玻璃瓶中, 或在其它干净的容器中保存。在保存过程中, 试纸不可沾水, 也不可附着化学药品及其它脏物。

3. 验油试纸法的前期处理

钢材表面经过除油并经过净水洗涤后, 在检验前应先经如下处理:

1) 对于水平位置的平面, 应用洁净玻璃棒把表面净水往复平刮数下, 使其向四周铺开。

2) 对于垂直位置的平面, 或任何位置的球面、弧面, 应用滴管把较多量的极性溶液(约0.5mL连续沾除4次以上)沾附在表面上。

3) 将验油试纸紧贴在溶液膜上, 并用手指把试纸压平, 1min后观察验油试纸显色情况。

4) 如验油试纸显色连成一片, 与标准中合格的图谱相符, 即为合格。如果试纸显色呈稀疏块状或不连续块状, 与标准中不合格的图谱相符, 即为不合格。

第二章 脱脂工艺

一、油脂种类及脱脂方法

1. 油脂种类 油脂主要分为矿物油和动植物油。矿物油包括机油、凡士林、石蜡等。它不能与碱反应，所以又叫非皂化油；动植物油包括菜子油、豆油、椰子油、猪油等。它能与碱反应，生成脂肪酸的碱金属盐和甘油而溶于水，所以又叫皂化油。油脂是不溶解于水的，只能通过溶解、乳化、电解、机械等作用予以去除。

脱脂方法很多，应根据零件大小、金属材料种类、油脂类别及其严重程度、投产批量、厂房设备等条件来合理选择。

2. 脱脂方法

(1) 物理机械法 此法是在采用物理化学方法脱脂有困难时采用的一类方法，主要有以下3种方法：

1) 擦揩法 采用浸有溶剂的布片去擦揩金属表面，把油脂去除。这是一种简便的方法。但所用的布片必须是清洁的或者是新的。使用的溶剂有：汽油、醚、煤油、三氯乙烯、1、1、1三氯乙烷等。

2) 燃烧法 把含有油脂的零件加热到 $300\sim 400^{\circ}\text{C}$ ，将油脂炭化后予以去除。

3) 喷砂法 这是在除锈中使用得较多的方法，也可以用于脱脂处理。

(2) 物理化学法 这是工业上广泛采用的方法，主要

有以下5种方法。

1) 有机溶剂清洗法 此法脱脂速度快, 对各类油脂均具有溶解力。但脱脂不彻底, 而且多数有机溶剂易燃或有毒性。此法适用于油脂较严重的或者易受碱液腐蚀的金属零件脱脂。脱脂处理后变污的有机溶剂, 可进行蒸馏再生回用, 以降低成本。

2) 化学清洗法 此法分为采用碱液脱脂和采用表面活性剂水溶液脱脂两种方法。多用于中小型工件的脱脂。采用单纯的碱液脱脂, 脱脂时间较长, 对于铸件应避免采用。因为当碱液渗入铸件砂眼中后不易彻底清除, 会引起铸件腐蚀。

3) 电化学清洗法 此法脱脂速度快, 同时还能去除零件表面的浮灰、残渣等机械杂质。但采用阴极脱脂时, 零件容易渗氢, 且对形状复杂的凹凸部位较多的零件的油污去除较慢。适用于中小型零件脱脂, 也可作为溶剂浸洗或碱液清洗后的补充脱脂。

4) 超声波清洗法 此法能够去除多孔零件表面的各类油污、粘附的固体机械杂质以及金属表面的氧化膜, 除油快, 效果好。清洗液可采用水性溶液, 或较低浓度的酸碱溶液。但此法所用设备较复杂, 清洗件尺寸受清洗槽尺寸的限制。适用于精度要求较高的小型零件的清洗。

5) 高压清洗法 此法是采用清水、碱液、水剂清洗液, 以6~20MPa高压喷射到零件表面, 以达到脱脂的目的, 是一种高效率的清洗方法。适用于污垢严重的形状复杂的大中型零件, 如加热器、容器、机座、箱体等的清洗。

下面就生产中常用的几种清洗方法, 具体介绍如下。

二、有机溶剂脱脂法

生产中采用有机溶剂清洗，以去除金属零件表面的油污的方法是很普遍的。例如，钢制冲压件、铝铸件、铜及其合金件和压铸件等都有应用。有机溶剂清洗对去除碱液难以除净的高粘度、高熔点的矿物油脂，具有较好的效果。常用的有机溶剂，有苯类溶液、汽油、酮类、含氯溶剂等。零件经有机溶剂清洗后，应待表面的溶剂完全挥发后，才可涂漆。因为残留溶剂会引起涂膜干燥不良，进而影响附着力，对铸件更应注意。

1. 有机溶剂的选择 用于脱脂的有机溶剂，应具有溶解性强、挥发性好、不易着火、毒性小、对零件没有腐蚀性和价格低廉等要求。对用于气相脱脂的有机溶剂，还应具有较大的蒸气密度。

实际生产中，除使用上述有机溶剂外，还经常使用由苯类、酮类、酯类混合而成的涂料稀释剂来清洗零件油脂。由于这些有机溶剂系易燃液体，其挥发的蒸气对人体健康有一定危害，因此，在使用过程中均应采取必要的安全措施。

2. 清洗方法 有机溶剂的清洗方法中，用得较多的是浸渍清洗或刷洗，对于大型零件也可采用揩洗。此外，还有蒸气清洗(也称气相清洗)、喷射清洗等。

浸渍清洗：设备简单，操作方便。浸渍清洗一般是在常温下进行。溶剂使用一段时间后，会受到污染，应进行调换，否则会在去油后的零件表面上产生再吸现象。为了脱脂较彻底，清洗时，应采用双槽，即先在第一个溶剂槽内预洗，然后再浸入较干净的溶剂槽内清洗，并依次调换。

蒸气清洗：是将零件置于有机溶剂的蒸气中，当零件表

面的温度与溶剂的温度平衡，即清洗完成。在蒸气清洗设备中，可浸洗和喷射联合采用。溶剂喷射所产生的物理撞击，在脱脂的同时，还能除去粘砂、杂质等污物，清洗速度快。蒸气清洗除油的主要问题是设备价格较高，并需要经常维护。

(1) 三氯乙烯清洗法 三氯乙烯经常作为液体或气相清洗剂使用。

三氯乙烯的主要物理性能：

密度 ($d_{20/4^{\circ}\text{C}}$)	1.464
沸点	86.9 $^{\circ}\text{C}$
蒸气密度	4.45 g / L
空气中扩散度	0.073 cm^2/s
溶解能力	25 $^{\circ}\text{C}$ 为汽油 4 倍 50 $^{\circ}\text{C}$ 为汽油 7 倍

三氯乙烯因具有溶解力强、不易燃烧、沸点低、易液化、蒸气密度大、蒸气界面不易扩散等特性，已广泛被用作蒸气清洗剂。但三氯乙烯有一定毒性，因此对蒸气清洗设备的结构应有严格要求，并应避免蒸气挥发逸出，造成对人体危害及浪费。

三氯乙烯对金属零件无腐蚀性。但当受到光照或加热时，会引起分解。在混入水分时，也会分解成盐酸，降低去油能力，或造成金属腐蚀。因此，在使用中，应加入适量的稳定剂。如二乙胺、三乙胺、三丙胺、吡啶等。用过一段时间的三氯乙烯，应进行蒸馏回收，去除杂质后再使用。

(2) 三氟三氯乙烷清洗法 三氟三氯乙烷又称氟里昂 113 或 F 113。具有去油和清洗的综合效果，是一种清洗效果好又安全的有机清洗剂。

三氟三氯乙烷的主要物理性能:

密度 ($d_{20/4^{\circ}\text{C}}$)	1.564
沸点	47.6 $^{\circ}\text{C}$
蒸气密度	7.399 g / L

三氟三氯乙烷，具有溶解力强、对金属无腐蚀性、毒性低、表面张力小、粘度小、润湿性好、蒸气密度大等优点。它与空气以任何比例混合都不会引起爆炸。

三氟三氯乙烷清洗液，可用于浸渍清洗、气相清洗、超声波清洗。主要用于清洗要求高的精密零部件。该清洗液成本高，难以普遍推广。

近年来，在国外又发展了一种以 F 113 为主的复配清洗液，如乙醇、丙酮、异丙醇等，用以清洗电工仪表、印刷电路焊渣、电子组件、脱模剂以及去除工件表面的痕量水迹等。

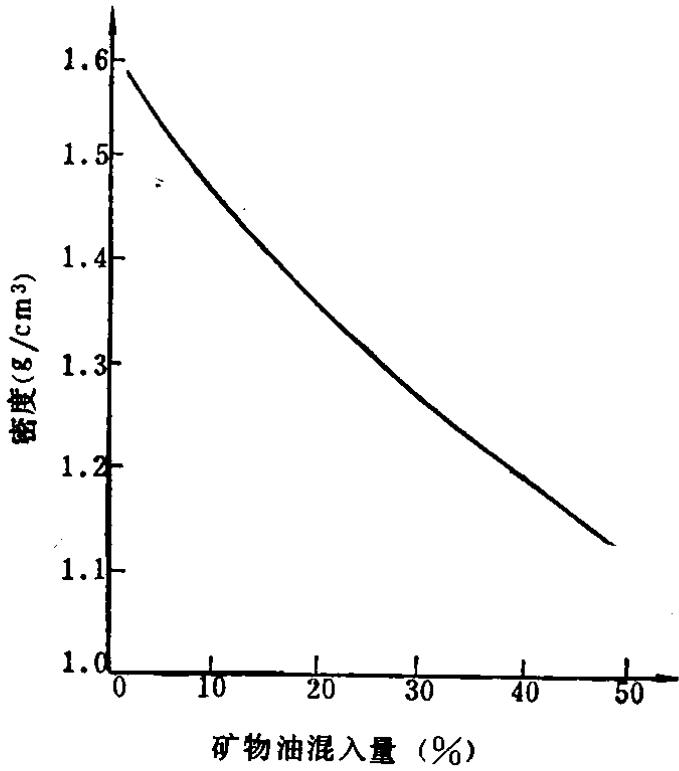


图2-1 矿物油的混入量与密度的关系 (重量%)

蒸气清洗时，槽中清洗液的油脂混入量应低于20~30%。一般矿物油含量，可根据密度测得，超过时，应调换，并进行蒸馏再生。矿物油的混入量与密度的关系如图 2-1。

(3) 1、1、1三氯乙烷清洗法 1、1、1三氯乙烷，具有很好的去油清洗能力、毒性低、使用安全，是氯系溶剂中发展很快的一种溶剂。

1、1、1三氯乙烷的主要物理性能：

密度 ($d_{20/4^{\circ}\text{C}}$)	1.33
蒸气密度	4.55 g / L
沸点	71~81℃

1、1、1三氯乙烷清洗能力比汽油优异，能清除钢铁工件表面残存的研磨膏、精密仪器零部件的油污等。

三、超声波清洗法

超声波清洗是一种新的清洗方法。此法操作简单、清洗速度快、质量好。所以，被广泛地应用于各个工业部门和科研单位的实验室。

超声波清洗法，主要是利用超声波在液体中的空化作用，即液体在超声波的作用下，其分子时而受拉，时而受压，形成一个个微小的空隙，即所谓“空化泡”，由于“空化泡”的内外压力相差十分悬殊，破裂时具有很大的冲击力，当被清洗的零件表面受到这种冲击时，粘附在其表面的各种污物就会被剥落，从而达到清洗的目的。与此同时，超声波在液体中还具有能加速溶解和乳化作用等。因此，对于采用一般常规清洗方法难以达到清洗要求，以及几何形状比较复杂、带有各种小孔、弯孔和盲孔等零件的清洗，效果会更好。

目前，国产的超声波清洗机有以下几种型号：CSF-6型，输出功率为2kW。CSF-1A型，输出功率250W。以上为电子管式。CSF-3A型为晶闸管式，输出功率为500W。