确定。

国内外的造船厂的生产组织管理体制各有所不同，确定工时定额部门也各不相同。有的是生产设计部门确定，有的则由专门管工艺定额的部门确定。不管由那一部门确定，较好的做法应该将工时定额与生产设计结合在一起考虑，如同我们在第八章、涂装生产设计一节中所介绍的，涂装工时定额应反映在分段除锈涂装图册和区域除锈涂装清册之中。如同这样的工时定额一级管理为国外许多先进船厂所采用。工时直接下达到作业人员手中，作业人员则力求在工时定额规定的时间内完成作业。而国内不少船厂，工时定额仍实行二级管理，即设计部门或工艺定额部门将工时定额下达给施工部门，而施工部门再将定额作进一步分解后下达到具体作业人员。这种工时定额的管理方式将随着造船生产管理体制的改革会朝一级管理的方向转化。

不管是工时定额一级管理也好，二级管理也好，作业人员都必须将每次作业的实动工时作好认真记录。便于管理部门的工时汇总，当有意外的特殊情况发生时，管理部门有必要也有可能对工时定额作出修正。

三、工时汇总

工时汇总，主要是实动工时的汇总。在实际生产中，由于技术的进步程度、工器具的优劣程度、操作者的技术程度、有关其他工作的协调程度等等都有一定程度的差别，难以确切估计，因此，实动工时往往与定额工时之间有一定的差距。实动工时的统计汇总是为了实际成本的结算，也是为了以后对定额工时的修正提供参考数据。

每个作业者（或班组）应该对每项具体作业的实动工时作好认真的记录，在工作结束后交给作业管理部门。

作业管理部门则应该每天将作业者的实动工时作好归类统计。每月应将实动工时按船舶产品编号统计汇总，报告给工厂有关的管理部门作进一步统计汇总。

第四章　溶剂型涂料的涂装工艺与设备

溶剂型涂料广泛应用于机械、建筑和电子等行业，因此研究溶剂型涂料的涂装工艺与设备有着特别重要的意义。

溶剂型涂料涂装是利用一定的设备和合理的工艺将涂料薄而均匀地涂布在被涂物表面。常用的方法有刷涂、刮涂、浸涂、淋涂和喷涂等。本章仅对涂装中常用的涂装方法及设备做系统介绍。

第一节　浸　　涂

浸涂是指用人工或机械将工件浸入到涂料中，然后提出工件沥干余漆，使工件表面形成一层涂膜的过程。浸涂工艺的最大优点是：设备简单，机械化程度高，涂料利用率高，对环境的污染小，不会产生涂装死角。其缺点是涂装表面上薄下厚，易产生流挂，易堆漆的工件不适宜用此种方法。

一、浸涂工艺

（一）涂料品种的选择

一般烘烤型涂料较适合于浸涂，因为其溶剂挥发速度慢，槽中不易结皮，涂料长时间使角比较稳定，同时由于具备烘烤条件，适合于规模化生

产，如氨基醇酸涂料、单组分环氧树脂涂料等。另外一些单组分白干型涂料亦可用于浸涂工艺，如醇酸树脂涂料、沥青涂料等，但必须增加自然晾干的场地。

双组分涂料如双组分聚氨酯树脂涂料等，由于混合后存在使用期的问题，不适用于浸涂工艺；密度较大的涂料易产生沉淀，不适合采用浸涂工艺；快干型涂料由于具有干燥快、流平差、溶剂挥发快、存在安全隐患等特点，也不适合采用浸涂工艺。

（二）浸涂工艺条件的选择

涂料的施工黏度是浸涂的重要工艺条件，直接影响浸涂后涂膜的外观效果。室温（20℃9 下施工黏度一般控制在 20 ~ 30s（涂 - 4 杯黏度计，25℃）。施工时要根据施工温度的变化不断调整施工黏度。施工温度越低，施工黏度要求增大；施工温度越高，施工黏度要求相应减小。当施工黏度过低时，涂膜的流平性提高，但易出现露底等缺陷；当施工黏度过高时，涂膜的流平性降低，易出现流挂等缺陷。

涂料的最佳施工温度为 20 ~ 30℃。施工中维持一定的温度范围，有利于保持浸涂槽的稳定性和涂层质量。

施工时应根据温度，选择合适施工黏度。随施工的不断进行，涂料黏度将发生变化，黏度降低时可加入原涂料调整，黏度升高时加入稀释剂调整。具体的加入比例应根据试验结果确定。

浸涂槽一般每 3 ~ 4h 搅拌 1 次，搅拌完毕应待气泡消失后再施工。

工件入槽时，应尽可能使工件最大平面垂直入槽，其他平面与涂料呈一定角度，以减少入槽及出槽阻力。

二、浸涂设备

浸涂槽是浸涂工艺的主要设备，按工作方式可分为间歇式和连续式两种。间歇式浸涂槽主要用于小批量生产，槽体较小，一般为矩形或柱形槽体，工件的起吊采用人工或行吊的方式。连续式浸涂槽主要用于大批量生

产，槽体较大，一般为船形槽体，工件的运输主要通过悬链完成。

为保证槽内涂料不出现沉淀及分层现象，浸涂槽必须设有搅拌装置。常用的搅拌装置可分为泵式搅拌装置和机械搅拌装置。泵式搅拌装置主要用于连续式浸涂槽，由泵、溢流槽、过滤网组成。泵吸入溢流槽中的涂料，并通过浸涂槽底部的管道排入到浸涂槽中，然后浸涂槽表面的涂料连同其中的泡沫溢流到溢流槽中，同时通过溢流槽中的滤网将其中的杂质过滤干净。

为保持固定的温度范围，需设置调温装置。调温装置包括加热装置和冷却装置。

冬季气温降低时，涂料的黏度升高难以施工，必须增加加热装置。常用加热装置有盘管式、外套式和电加热式等几种。盘管式加热装置位于槽内底部或两侧，以热水或蒸汽作热源。该装置升温速度较快，但易出现局部过热，同时由于盘管位于槽内易造成施工不便。外套式加热装置是在槽体外部增加一夹层，夹层内以热水作热源，热水与槽内涂料温差较低，不易出现局部过热，同时由于接触面积大，升温速度较快。电加热式加热装置由于存在漏电危险，现已较少使用。

夏季气温升高时，溶剂挥发速度较快，不仅造成大量浪费而且易发生火灾危险，因此必须增加冷却装置。冷却装置以外套式居多，夹层内通冷却水，冷却水可采用深井水。

大型浸涂槽必须设有事故排放口，且要保证事故发生时槽内涂料在 5rain 内全部自动排放至室外贮漆槽。另外槽口必须设有自动灭火装置。

第二节　高压空气喷涂

一、空气喷涂的原理与特点

高压空气喷涂是利用空气从喷嘴中喷出时产生的负压将罐内的涂料吸出，吸出的涂料迅速扩散呈漆雾状飞向工件表面形成连续的涂膜。

高压空气喷涂具有下列特点。

（1）设备简洁实用：空气喷枪的价格比较低，与一台空压机组合即可构成一套喷涂系统，可以在不同场地很方便地完成喷涂作业。

（2）操作适应性强：空气喷涂几乎适用于各种涂料和被涂物，对工人的培训要求低。

（3）涂膜质量好：空气喷涂的雾化效果较好，喷涂后可得到均匀美观的涂膜。

（4）涂装效率较高：空气喷涂每小时可喷涂 150～200m^2 工件，约为刷涂的 8～10 倍。但空气喷枪需要频繁加料，影响作业效率，工人劳动强度高。

（5）涂料利用率低：空气雾化导致涂料四处飞散，浪费涂料，涂料利用率只有 50％左右。飞散的涂料污染作业环境并造成人体的伤害。

二、空气喷涂喷枪

（一）喷枪种类

喷枪是决定喷涂质量的重要设备，按压缩空气的供给方式可分为内混式和外混式两种；

按涂料的供给方式可分为重力式、吸上式和压送式三种。重力式喷枪主要用于喷涂样板及小面积修补用。吸上式喷枪主要用于小批量生产，压送式喷枪适用于批量大的工业化涂装。喷枪的种类见表 2－4－1。

喷枪的形式如图 2－4－1 所示。

（二）喷枪结构

喷枪由喷头、调节机构、枪体三部分组成，结构如图 2－4－2 所示。

喷头由涂料喷嘴、空气帽和针阀等组成，是决定涂料雾化及喷雾图形的关键部件。调节机构可调节涂料及空气的喷出量，还可调节喷涂扇面的大小。枪体上装有开闭针阀的枪机和防止泄露涂料及气的密封件，并制成便于手握的形状，以便于施工操作。

表 2－4－1　喷枪的种类（日本工业标准）

涂料供给方式	按被涂物区分	喷雾方式	涂料喷嘴口径/mm	空气用量/L·min^{-1}	涂料喷出量/mL·min^{-1}	喷雾图形幅宽/mm	试验条件
重力式	小型	圆形	(0.5)①	40 以下	10 以下	15 以下	喷涂空气压力 0.3MPa 喷涂距离为 200mm 喷枪移动速度为 0.05m/s
			0.6	45	15	15	
			(0.7)①	50	20	20	
			0.8	60	30	25	
			1.0	70	50	30	
吸上式	小型	扁平型	0.8	160	45	60	
			1.0	170	50	80	
			1.2	175	80	100	
			1.3	180	90	110	
			1.5	190	100	130	
			1.6	200	120	140	
	大型	扁平型	1.3	280	120	150	喷涂空气压力 0.35MPa 喷涂距离为 250mm 喷枪移动速度为 0.1m/s
			1.5	300	140	160	
			1.6	310	160	170	
			1.8	320	180	180	
			2.0	330	200	200	
			(2.2)①	330	210	210	
			2.5	340	230	230	
压送式	小型	扁平型	(0.7)①	180	140	140	喷涂空气压力 0.35MPa 喷涂距离为 200mm 喷枪移动速度为 0.1m/s
			0.8	200	150	150	
			1.0	290	200	170	
	大型	扁平型	1.0	350	250	200	喷涂空气压力 0.35MPa 喷涂距离为 200mm 喷枪移动速度 0.1m/s
			1.2	450	350	240	
			1.3	480	400	260	
			1.5	500	520	300	
			1.6	520	600	320	

①（ ）内的口径一般不使用。

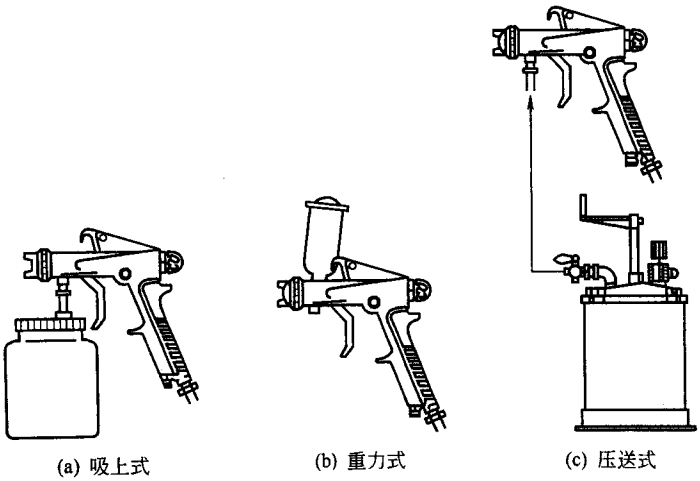


图 2－4－1　喷枪的形式（按涂料供给方式）

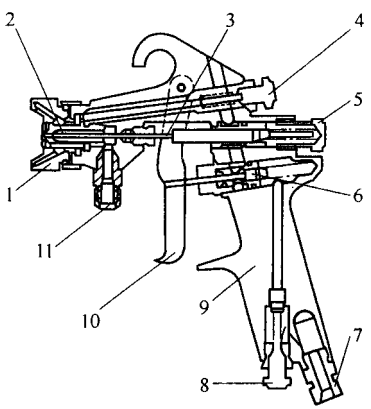


图 2－4－2　喷枪结构

1—空气帽；2—喷嘴；3—针阀；4—喷雾图形调节旋钮；5—涂料量调节旋钮；6—空气阀；7—空气管接头；8—空气量调节旋钮；9—枪身；10—扳机；11—涂料管接头

喷枪喷嘴一般由合金钢制造，并经热处理，提高其使用寿命。喷嘴的口径有 0.5～5.0mm 多种规格，一般 0.5～0.7mm 的口径用于着色剂、虫胶等易雾化涂料的喷涂；1.0～1.8mm 的口径用于硝基涂料、合成树脂涂料等的喷涂；2.0～2.5mm 的口径用于橘纹涂料等黏度较大的涂料；3.0～5.5mm 的口径用于塑溶胶和抗石击涂料等黏稠涂料。

空气帽的主要作用是将涂料雾化，并形成所要求的喷雾图形及效果。空气帽上有喷出压缩空气的中心孔、侧面空气孔和辅助空气孔。孔的位置、数量和孔径等因用途不同各有差异。空气帽种类如图 2－4－3。中心孔与涂料喷嘴是同心圆，其间隙为 0.15～0.3mm。中心孔喷出压缩空气在涂料喷嘴的前端形成负压区，负压的作用是使涂料吸出喷成圆的喷雾图形。侧面空气孔喷出压缩空气将从中心孔喷出的圆形喷雾图形挤压成所需的形状。空气帽侧面空气孔的作用如图 3－4－4 所示。辅助空气孔喷出压缩空气使空气帽喷出的空气量与压力均衡，调节喷雾图形的大小并保持稳定，还可促进涂料雾化，并吹掉涂料喷嘴上的残余涂料。

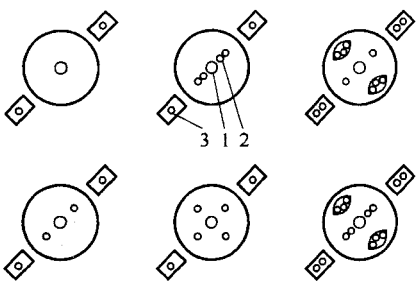


图 2－4－3　空气帽种类

1—中心孔；2—辅助空气孔；3—侧面空气孔

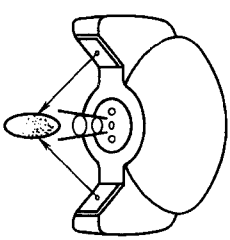


图 2－4－4　空气帽侧面空气孔的作用

空气帽有少孔型和多孔型两种。少孔型有一个中心孔，两边各有一个辅助孔，其特点是空气用量少，但雾化能力差，涂着效率低。多孔型有多个空气孔和辅助孔，其特点是空气用量大，雾化能力好，涂着效率高。

针阀由喷嘴内部的阀针与针阀杆组成。当扳动扳机使阀针后移时，涂料

通道打开涂料即喷出。喷嘴与针阀应配合好以防闭合后涂料泄漏。

调节机构包括空气量的调节机构、喷雾图形的调节机构和涂料喷出量的调节机构。

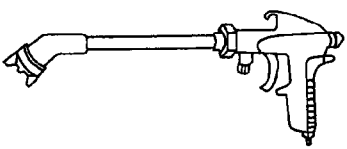
空气量的调节机构位于喷枪的下部，旋动旋钮即可调节压缩空气的喷出量和压力。没有空气量调节机构的喷枪必须在枪外增加减压阀以调节压缩空气的喷出量和压力。

喷雾图形的调节机构位于喷枪的最上端，旋动旋钮即可调节侧面空气孔的空气流量，当侧面空气孔全部关闭时，喷雾图形呈圆形；当适当增加侧面空气孔的空气流量时，喷雾图形逐渐变成椭圆形。

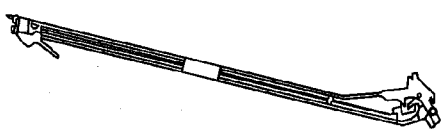
涂料喷出量的调节机构位于喷雾图形的调节机构的下方，旋动旋钮即可调节喷嘴开启的大小，控制涂料的喷出量。

所有的调节机构和枪罐全部装在枪体上，扣动扳机即可调节压缩空气和涂料的喷出。当扳机扣动时，压缩空气先喷出，继续扣动扳机，涂料才喷出。当松开扳机时，涂料先停止喷出，然后压缩空气再停止喷出。

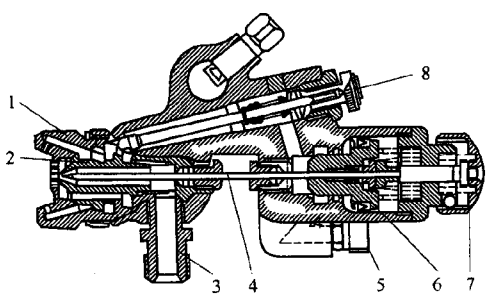
为适应不同场合的特殊用途，还有各种特殊喷枪。常见的特殊喷枪有长枪头喷枪、长柄喷枪、自动喷枪和无雾喷枪。长枪头喷枪适合于管道内壁及死角的涂装；长柄喷枪适合于高空作业的涂装；自动喷枪适合于连续化自动喷涂；无雾喷枪适合于提高涂料利用率。特殊喷枪结构如图 2－4－5 所示；



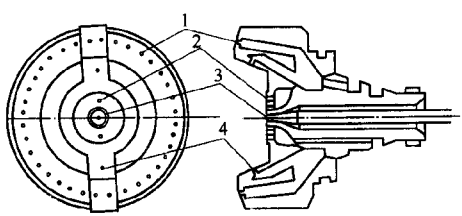
(a) 长枪头喷枪



(b) 长柄喷枪



(c) 自动喷枪



(d) 无雾喷枪

图 2－4－5　特殊喷枪结构

近几年出现了一些新型喷枪，现简单介绍如下。

（1）HVLP 空气喷枪：HVLP 是英文 High VolumeLow Pressure 的缩写。它是利用空气帽限制空气压力（10lbf/in^2 以下），达到减少涂料反弹或过喷的目的，同时增加空气流量以补偿压力损失而达到雾化所需的能量。HVLP 喷枪将涂料的利用率提高到 65%，同时涂料的过喷量减少，降低了污染。但 HVLP 喷枪存在两大缺点：一是无法喷涂高黏度涂料，因喷涂是借助于高空气量及低空气压力将空气雾化，而非传统空气喷涂的高雾化压力，因此对黏度有所限制。一般黏度超过 18s（涂－4 杯黏度计，25℃）便无法获得好的雾化效果；二是需要空气量大，增加了投资成本，相对于传统空气喷涂 8～17ft^3/min（1ft = 0.304 Sm）的空气消耗量来说，HVLP 喷枪 12～25ft^3/min 的空气消耗量明显大出很多，必须换用更大的空压机。

（2）LVLP 空气喷枪：LVLP 是英文 Low Volume Low Pressure 的缩写。其雾化压力为 10～21lbf/in^2，与 HVLP 差别不大，但空气消耗量却只有 12～17ft^3/min，可喷涂涂料的黏度达到 25s（涂－4 杯黏度计，25℃），涂料的利用率达到 65%。其缺点是由于以低压、低空气量雾化，其喷涂速度明显较传统空气喷涂差很多，影响了施工速度，增加了生产成本。

（3）LVMP 空气喷枪：LVMP 是英文 Low Volume Medium Pressure 的缩写，是通过独特的空气帽及枪体结构设计，使喷涂时的速度及雾化效果均优于 HVLP 和 LVLP，且空气消耗量只需 9～12ft^3/min，有效地降低了能源的消耗。LVMP 的雾化压力为 30lbf/in^2，尽管比 LVLP 高一些，但其涂料的利用率却能达到 72%，是目前较好的一种空气喷涂技术。

（三）空气喷涂喷枪的维护

（1）喷枪喷涂后应立即用所喷涂涂料的配套溶剂清洗干净，特别是双组分涂料，由于涂料采用固化剂固化，如不立即清洗，涂料会在枪内固化，造成喷枪报废。

（2）空气帽、喷嘴等应用毛刷蘸溶剂清洗。空气孔堵塞时应用软木针疏通，不可用钢钉等金属器具清理，否则会损坏空气孔或造成空气孔出气不均，影响涂料的雾化效果。

（3）涂料调节螺栓、空气调节螺栓及枪体内部的弹簧应定期涂油，以保证活动灵活并防止生锈。

（4）不可将枪体及配件长期浸泡在溶剂中。

（5）使用时应轻拿轻放，避免碰伤或摔伤。

（四）选择喷枪的原则

（1）喷枪的型式：重力式喷枪主要用于涂料使用较少、颜色更换频繁的场合，涂料利用率高，所用涂料可完全用光，也较适用于试验室的喷涂，但不适用于仰面喷涂。另外重力式 p 喷枪的重心较高，不适用于长时间的连续喷涂。

吸上式喷枪主要用于涂料使用量稍大、颜色更换频繁的场合，中、小批量生产一般都用这种喷枪。

压送式喷枪主要用于涂料使用量大、颜色较为单一的场合。由于不带罐，枪体质量较轻，使用比较方便，由于不要频繁加涂料，操作效率较高。

（2）喷枪的大小：小型喷枪枪体质量轻，主要用于喷涂比较复杂的工件及试验室喷涂样板，但由于出涂料量及出气量较小，操作效率较低；大型喷枪主要用手喷涂量较大平面度较多的场合，操作效率较高。

（3）喷嘴口径：喷嘴口径应根据工件的大小及形状、喷涂作业的工作量、涂料的品种等选择。一般工件小或复杂的工件应用小口径喷嘴，喷涂作业工作量较大的场合选择较大的喷嘴，橘纹涂料宜选择 2.5～3mm 的喷嘴。在雾化性要求较高的场合，应选用较小的喷嘴。

三、空气喷涂的作业要点

在空气喷涂作业的操作过程中，喷涂距离、喷枪运行方式、喷雾图样搭接和涂料黏度是喷涂的四大要点，也是喷涂技术的基础，必须熟练掌握。

（一）喷涂距离

是指枪头与被涂物之间的距离。一般口径低于 1.5mm 的喷枪的喷涂距

离为 15～20mm；h 径高于 1.5mm 的喷枪的喷涂距离为 20～30mm；空气雾化的手提式静电喷枪的喷涂距离为 25～30mm。喷涂过程中喷涂距离恒定是保证涂膜厚度均匀的重要因素，为达到这一目的，喷涂时喷枪必须与被涂物垂直，并且运行轨迹保持与被涂物平行。如果喷涂时喷枪与被涂物呈弧度运行，所喷涂工件的中部与两边的厚度必然存在较大差别。在同等条件下喷涂距离过近，涂料易形成堆集而产生流挂；喷涂距离过远涂膜变薄，涂料浪费较大，还易造成虚漆等涂膜缺陷。喷涂距离与涂膜厚度和涂着效率的关系如图 2－4－6 和图 2－4－7 所示。

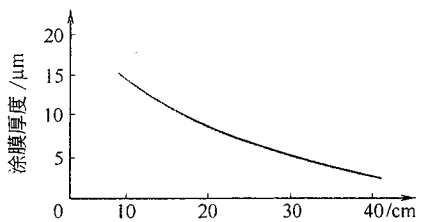


图 2－4－6　喷涂距离与涂膜厚度的关系

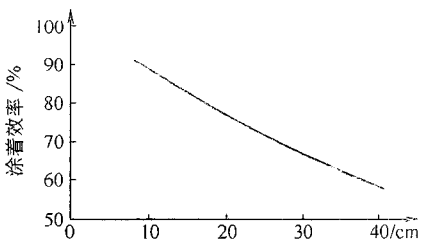


图 2－4－7　喷涂距离与涂着效率的关系

（二）喷枪运行方式

包括喷枪与被涂物的角度及喷枪的运行速度。喷枪与被涂物应呈直角并保持垂直运行，如果喷枪倾斜或呈圆弧状运行就得不到厚度均匀的涂膜。喷枪的运行速度一般控制在 39～60cm/s 的范围内，实际运行速度根据涂料的喷出量及工件的复杂程度确定。

（三）喷雾图样搭接

是指喷涂的喷雾图样的部分重叠。搭接的宽度应保持一致，前后搭接程度一般为有效喷雾图样幅度的 1/4 ~ 1/3。如果搭接的宽度多变”膜厚不均匀，就能产生条纹或斑痕。

（四）涂料黏度

涂料施工黏度必须调整到工艺规定的范围之内。黏度过高时，涂料的雾化差，涂料不易喷出，易产生橘皮等缺陷；黏度过低时，一次喷涂的厚度薄，且易产生流挂等缺陷。

不同品种涂料的施工黏度也不一样，施工时应根据涂料的施工要求确定施工黏度。

（五）喷涂时的常见故障及防治

喷涂时的常见故障及防治见表 2 – 4 – 2。

表 2 – 4 – 2　喷涂时的常见故障及防治

序号	故障的现象	产生原因	解决方法
1	涂料喷涂不连续	枪罐中涂料不足	补加涂料
		涂料的黏度过高	调整合适的涂料黏度
		涂料通道中进入空气	防止空气进入涂料通道
		枪罐盖上的空气孔堵塞	除去堵塞物
		针阀密封垫圈损坏	更换
2	喷涂扇面不均匀	枪罐中涂料不足	枪罐中涂料不足
		空气帽的角孔堵塞	除去堵塞物
		涂料喷嘴的一侧有污物	将涂料喷嘴清理干净

序号	故障的现象	产生原因	解决方法
3	喷涂扇面中间厚、两头薄	涂料喷嘴过大 空气压力过低 涂料压力过高 涂料的黏度过高	更换合适喷嘴 调整合适的空气压力 调整合适的涂料压力 调整合适的涂料黏度
4	喷涂扇面中间薄、两头厚	空气压力过高 涂料的出漆量过低	调整合适的空气压力 调整合适的出漆量
5	涂料雾化不良	喷枪的质量差 涂料的黏度过高 出漆量过大	更换喷枪 调整合适的涂料黏度 调整合适的出漆量

第三节　高压无气喷涂

高压无气喷涂是通过高压泵使涂料加压至 11 ~ 25MPa，获得高压的涂料在喷嘴处快速雾化涂着在被涂物上的一种方式。高压泵常用压缩空气作为动力源，但压缩空气不参与涂料的雾化，故称为高压无气喷涂。

初期的高压无气喷涂采用齿轮泵使涂料加压，由于压力较低，涂料的雾化较差，常采取加热的方式。后来为提高压力采用柱塞泵或隔膜泵加压，涂料的雾化效果大大提高，使无气喷涂很快进入推广阶段。

为适应不同环境下的涂装要求，高压无气喷涂与其他涂装方式相结合使高压无气喷涂有了更新的发展。高压无气喷涂与静电喷涂相结合，大大提高了涂装效率及涂料利用率；高压无气喷涂与空气喷涂相结合实现空气辅助无气喷涂，提高了涂料的雾化效果；为适应双组分涂料的喷涂，又出现了双组分高压无气喷涂。

一、原理

高压无气喷涂通过压力泵不断地向密闭的管路内输送涂料，从而在密闭

空间内形成高压，然后释放连接于涂料管末端的喷枪扳机，在喷出的瞬间以高达 100m/s 的速度与空气发生碰撞，同时迅速膨胀而雾化。

二、特点

（1）涂装效率高：高压无气喷涂的涂装效率是刷涂的 10 倍左右，是空气喷涂的 3 倍左右，特别适用于造船、建筑等大型工业领域。

（2）涂料利用率高：因不采用空气雾化，涂料飞散少，提高了涂料的利用率。

（3）一次性喷涂厚度大：由于采用高压雾化，喷枪的喷嘴可任意更换，高压无气喷涂可一次获得较高膜厚。

（4）对环境的污染小：较低的涂料飞散及漆雾回弹减少了对环境的污染，也改善了工人的操作环境。

（5）对涂料的适应范围广，由于喷涂压力高，可喷涂高黏度涂料，获得较厚涂膜的涂层。在汽车涂装中高黏度的抗石击的 PVC 涂料及焊缝密封胶均采用高压无气喷涂。

三、主要设备

高压无，气喷涂主要由动力源、高压泵、过滤器、输漆管、涂料容器和喷枪组成，高压无气喷涂设备的结构如图 2－4－8 所示。

（一）动力源

高压无气喷涂的动力源主要有压缩空气源、油压源和电动压力源三种。其中压缩空气源由于其具有操作方便、简单、安全可靠的特点，在生产中得到了广泛应用。近来发展的油压源和电动压力源主要用于一些较特殊的工作场合。

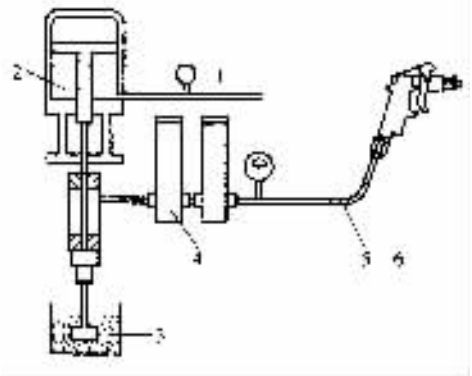


图 2－4－8　高压无气喷涂设备

1—动力源；2—高压泵；3—涂料容器；4—蓄压过渡器；5—涂料输送管理；6—喷枪

（二）高压泵

1. 气动高压泵

以压缩空气作为动力源，是使佣最广泛的泵。它具有安全可靠的特点，在使用过程中无电火花的产生，特别是在有机溶剂存在的场合下，无任何火灾危险。使用压缩空气的压力一般为 0.4～0.7MPa，涂料经泵压缩后压力是压缩空气压力的几十倍。决定压力比（涂料的压力与压缩空气压力的比值）的主要依据是柱塞的面积与加压活塞面积的比值。在实际操作过程中，工作压力比受涂料喷出量的影响，随喷出量的增加而减小。通过减压阀调节压缩空气的压力来调整涂料的压力。

2. 油压高压泵

以油作为动力源，其技术性能以最高喷出压力表示，大小通过减压阀调节，其最高压力可达 6.87MPa，通常工作压力为 4.9MPa。油压高压泵的主要优点是无排气管、噪声低、动力利用率高（约为气动泵的 5 倍）、维护简单；缺点是利以油作动力，油在喷涂环境中可能影响到喷涂质量。

3. 电动高压泵

以交流电作为动力源，分自动停止型和溢流型两种。自动停止型是指喷涂工作停止时，泵也自动停止；溢流型是指喷涂工作停止时，泵仍然运行，

泵出的涂料通过溢流阀在泵与涂料桶之间循环。目前这种泵的喷出压力最高为 19.6MPa，喷出量为 1.3L/min 左右。电动高压泵的主要优点是移动方便，不需要特殊的动力源，只要有电源即可使用。

（三）蓄压过滤器

蓄压过滤器有蓄压与过滤两种作用，其结构如图 2－4－9 所示。蓄压依靠蓄压筒体，当柱塞做上下活塞运动时，在上下转折点时涂料停止输出，此时依靠涂料蓄压筒体的缓冲作用才不至于使涂料压力不稳定，以达到稳定的喷涂效果。过滤依靠过滤器，可将涂料中的杂质及异物过滤掉，避免喷涂过程中喷枪堵塞。

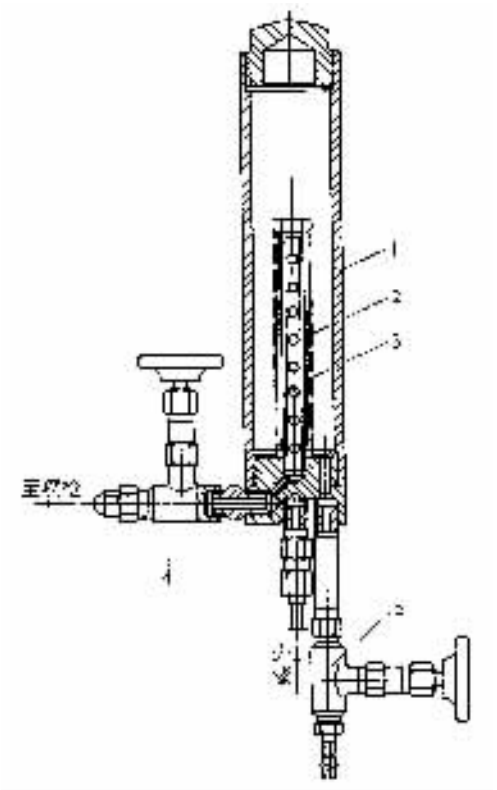


图 2－4－9　蓄压过滤器结构

1—筒体；2—网架；3—滤网；4—出漆阀；5—放泄阀

（四）输漆管

输漆管也是高压无气喷涂设备的主要部件之一，不仅要耐溶剂，而且要耐高压（24～52MPa），同时又要兼有消除静电的作用。输漆管的管壁构造分为三层；内层为尼龙管；中间层为化学纤维或不锈钢编织，同时编人接地导线以便喷涂作业时保持接地状态；外层以尼龙、聚氨酯或聚乙烯包覆，软管内径一般有 4.5mm 和 6.9mm 两种，长度为 5～30m。

（五）涂料容器

涂料容器是在喷涂作业过程中盛装涂料的工具，一般配有搅拌器，以便调整黏度并将涂料混合均匀，另外在一些特别的场合，涂料容器外部还可配备加热套，保证涂装作业过程中涂料恒温，以获得最佳的涂装效果。

（六）喷枪

高压无气喷枪主要由枪体、喷头和调节机构三部分组成。高压无气喷涂工作时涂料的压力较大，因此枪体要承受较高的压力，必须有较高的耐压性和较好的密封性。喷头是决定涂料雾化及喷雾图形的关键部件，涂料的喷雾图形、喷出量和喷幅宽度是由喷嘴的几何形状、扎径大小和加工精度决定的。涂料喷嘴可分为标准型喷嘴、圆形喷嘴、自清型喷嘴和可调喷嘴，常见喷嘴结构如图 2－4－10 所示。

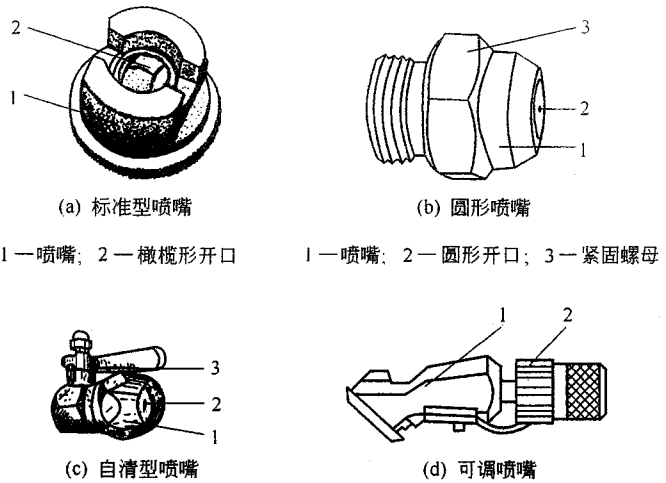
调节机构可调节涂料的喷出量，还可调节喷涂扇面的大小，与空气喷涂不同的是高压无气喷枪没有压缩空气通道。

四、新型高压无气喷涂设备

（一）双组分无气喷涂设备

由于双组分涂料不受烘烤条件的限制，且具有涂料性能好、干燥速度快

的特点，在生产中的应用越来越广泛。但由于双组分涂料采用固化剂固化，双组分混合后若不在规定时间内用完，涂料会增稠直至固化，施工很不方便，也易造成涂料的浪费，双组分无气喷涂设备采用双组分分别输送，在枪内混合，很好地解决了这一难题。



(a) 标准型喷嘴　　(b) 圆形喷嘴

1—喷嘴；2—橄榄形开口　　1—喷嘴；2—圆形开口；3—紧固螺母

(c) 自清型喷嘴　　(d) 可调喷嘴

图 2－4－10　常见喷嘴结构

双组分无气喷涂设备采用两个不同的泵将涂料主剂和固化剂分别输送，输送量靠流量计控制，计算时应根据涂料的密度将质量比换算成体积比。涂料的混合方式有内混式和外混式两种。内混式是指涂料主剂和固化剂在枪内的静电混合器内混合均匀后喷出，主要适用于主剂与固化剂的比例为 1∶1～6∶1 的涂料。外混式是指双组分分别喷出后在枪外雾化的过程中混合，主要适用于主剂与固化剂的比例为 20∶1～100∶1 的涂料。

（二）富锌涂料无气喷涂设备

富锌涂料由于具有阴极保护作用，在船舶、桥梁和钢结构等使用环境比较苛刻的工件得到了广泛的应用。但由于锌粉的密度较大且具有金属特性，在喷涂过程中极易产生沉淀，且易造成金属器件的磨损，因此必须使用专用设备。富锌涂料无气喷涂设备必须具有以下特点。

（1）涂料桶配有专用的搅拌设备，涂料管内配有自循环系统，以保证涂料在喷涂过程中不发生沉淀。

（2）高压泵的活塞与连杆的运动速度缓慢，以降低压送机构的磨损。

（3）与涂料接触的部件均以耐磨材料制造，以延长使用寿命。

（4）由于密度及喷出量均较大，空气管及涂料管的口径均较一般无气喷涂大。

（三）空气辅助无气喷 涂设备

空气辅助无气喷涂是一种结合空气喷涂和高压无气喷涂两种技术而成的喷涂方式，既保霄亍空气喷涂涂料雾化好、涂膜质量高的优点，又保持了高压无气喷涂出漆速度快、出漆量大、效率高的优点，同时又保证了涂料的利用率。

空气辅助无气喷涂设备与高压无气喷涂设备不同的是空气辅助无气喷涂设备配有空气帽和喷雾图形调节装置，空气流一方面可以提高物化效果，另一方面包围漆雾以防止漆雾飞散。

五、高压无气喷涂机的维护

（1）喷枪喷涂后应立即用所喷涂涂料的配套溶剂清洗干净，特别是双组分涂料，由于涂料采用固化剂固化，若不立即清洗，涂料会在枪内固化，造成喷枪堵塞，严重时造成喷枪报废。

（2）清洗或空载运转时应采用低压，压力过高将降低零部件及密封件的使用寿命。

（3）涂料调节螺栓、枪体内部的弹簧应定期涂油，以保证活动灵活并防止生锈。

（4）喷涂时压缩空气的压力应低于设备容许的最高压力，在达到喷涂效果的情况下尽量选用低压，以提高喷枪的使用寿命。

（5）不可将枪体及配件长期浸泡在溶剂中。

（6）使用时应轻拿轻放，避免碰伤或摔伤。

（7）喷涂设备及涂料输送管道必须保持良好的接地。涂料高速喷出时产生的静电必须通过良好的接地来消除，否则易产生火灾危险。

（8）清洗时不要用喷枪喷射溶剂，过量的挥发溶剂易引起危险事故，同时也不利于操作者身体健康。

六、高压无气喷涂机的选择原则

（1）根据所具备的动力源选择：在工作现场有压缩空气存在的情况下，一般选用气动高压无气喷涂机。在没有压缩空气存在的情况下，可根据现场的动力源确定。

（2）根据喷涂涂料的物性选择：一般；隋况下涂料的黏度都不是很高，各种高压无气喷涂机基本都可以使用。喷涂黏度较大的涂料时，例如 PVC 涂料，必须选用压力较大的喷涂机。

特殊的涂料，例如水性涂料、富锌涂料和双组分涂料等，必须选用特殊的喷涂机。

（3）根据喷涂工件的形状及批量选择：喷涂工件的形状比较复杂或批量较小时选择小型 U 喷嘴；喷涂工件的形状比较简单或批量较大时选择较大型喷嘴。

（4）根据对表面质量的要求选择择：一般对表面质量的要求较低的情况下，为提高膜厚及喷涂效率，可选用压力较大的喷涂机；对表面质量的要求较高的情况下，一般选用压力较小的喷涂机。

七、高压无气喷涂的作业要点

（1）根据涂料的品种不同选择合适的作业条件：不同品种的涂料需要不同的作业条件，常见涂料的种类、施工黏度及施工压力见表 2－4－3。

（2）选择合理的喷雾图样搭接：高压无气喷涂由于压力较大，扇面内的流量及压力比较均匀，喷雾图样搭接较空气喷涂小一点，仅搭接上即可。

（3）选择合适的涂料喷出量：涂料喷出量决定了高压无气喷涂的效率，主要由喷嘴的口径决定。在喷嘴口径一定的情况下，涂料喷出量也随涂料的

密度及喷涂压力变化。

表 2－4－3　常见涂料的种类、施工黏度及施工压力

序　号	涂料种类	常用黏度（涂－4 杯黏度计，25℃）/s	涂料压力/MPa
1	磷化底漆	10～20	8～12
2	乳胶涂料	35～40	12～13
3	调和涂料	40～50	10～11
4	醇酸树脂涂料	30～40	9～11
5	硝基涂料	25～35	8～10
6	乙烯树脂涂料	30～40	12～15
7	氨基醇酸树脂涂料	25～35	9～11
8	丙烯酸树脂涂料	25～35	8～10
9	氯化橡胶涂料	30～70	12～15
10	聚酰胺固化环氧树脂涂料	30～50	12～15
11	煤焦油沥青环氧树脂涂料	40～80	14～18

（4）选择合适的涂料压力：输漆管较短时，涂料在输漆管内的压力损失可忽略不计，枪头的涂料压力即为高压泵出口压力表的指示值。当输漆管较长或涂料黏度较大时，选择涂料压力必须考虑压力损失。压力损失可按黏性流体的 Hagen－Poiseuille 公式计算。

$$\Delta p = 128\mu LQ/\pi d^4 \qquad (2-4-1)$$

式中Δp——压力损失，MPa；

μ——涂料黏度，Pa·s；

L——管子长度，m；

Q——涂料流量，L/min；

d——输漆管直径，mm。

（5）注意涂料管的弯曲半径：弯曲半径应大于 50mm，否则内侧胶管易

损坏，缩短使用寿命。

八、喷涂时的故障及维护方法

为保证喷涂设备的正常运行，必须经常检查设备的运行情况，及时发现故障并采取排除措施。常见高压无气喷涂时的故障及维护方法见表 2－4－4。

表 2－4－4　常见高压无气喷涂时的故障及维护方法

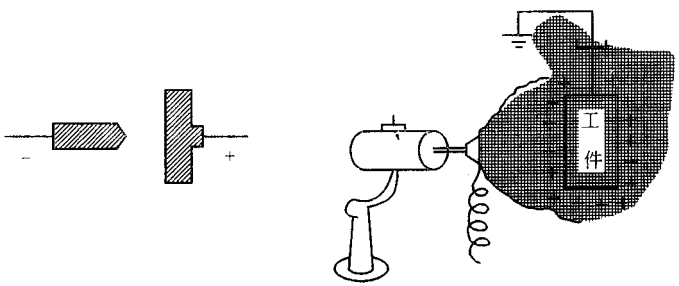
序号	常出现的问题	主要原因	解决方案
1	涂料喷出压力不足	动力源不足或调压阀未打到合适位置	检查动力源或将调压阀打合合适位置
		吸漆阀或蓄压过滤器堵塞	用溶剂清洗
		涂料的黏度过高	调整合适的涂料黏度
		V 形衬垫磨损或球阀泄露	更换衬垫或球阀
		涂料输送管道过长或管径过小	缩短涂料输送管道的长度或更换大管径的涂料管
		涂料管路中进入空气	检查涂料管路
		高压泵增压系统不正常	检查并维修
2	喷出的涂料雾化不良	涂料的黏度过高	调整合适的涂料黏度
		涂料喷出压力不足	调整合适的涂料喷出压力
		泵工作不正常	检查泵的工作状态
3	喷雾图形不正常	喷嘴选用不恰当	更换合适的喷嘴
		涂料喷出压力不足	调整合适的涂料喷出压力
		喷嘴过度磨损	更换喷嘴
		喷嘴内有异物	用软木针清理
4	喷枪滑漆	针阀的衬垫磨损	更换衬垫
		喷嘴内有异物	用软木针清理

第四节　静电涂装

一、静电涂装原理

现以旋杯式静电涂装法讨论静电涂装原理。

如图 2－4－11 所示，当在一平板电极和一针状电极之间加 6 万～8 万伏高压静电电场时，针尖端强烈放出电子，使针尖附近的空气离子化。这种离子化的空气分子被平板电极吸引而引起空气流动，产生所谓的离子风，从而使空气呈现一定的导电现象，即所谓的电晕放电。



(a) 直流电晕放电示意　　(b) 静电喷涂示意

图 2－4－11　静电涂装原理

旋杯式静电涂装与上述电极之间高压电场的情况完全相同。旋杯是一个具有锐利边缘、高速旋转的金属杯，在旋转杯和地之间接上直流高压电源，旋杯为负极，工件为正极，于是在旋杯和地之间形成一个高压电场。当涂料被送到旋杯内壁，由于回转效应，涂料受离心力作用向四周扩散成均匀薄膜状态，并向旋杯口流甩。

流甩到旋杯口的涂料受强电场力的分裂作用，进一步雾化成涂料的微粒子并获得电荷成为负离子漆粒，在电场力的作用下，涂料粒子成弧状轨迹迅速飞向工件并放电，这样涂料便均匀、牢固地吸附在工件表面上。

但是在实际喷涂中，被甩出。来的离子漆粒不仅受到电场力的作用，因为离子漆粒在离开杯口时，还有一定的切线速度和重力作用，使离子漆粒并不完全沿着电场力方向运动，而是与杯口成一夹角。所以对于不同的被涂工件，应选择不同口径的旋杯并进行工艺调试，才能获得良好的喷涂效果。

二、静电涂装工艺条件选择

根据被涂物形状、大小、生产方式、涂装现场条件、所用涂料的品种及涂膜质量等因素选择并设计静电涂装设备，以确保最好的涂装效率和最高的经济实效，在操作过程中还必须选择好工艺条件。

（一）静电电场强度与喷涂距离

电场强度是静电涂装的动力，它的强弱直接影响静电涂装效果。在一定的电场强度范围内，电场强度越强，静电雾化和静电引力效果越好，涂装效率越高；反之，电场强度小到一定程度，电场变弱，漆滴的荷电量减少，静电雾化和涂装效率变差。

静电场电场强度主要取决于所用电压和放电极与被涂物之间的距离（称为极距）。它与电压高低成正比，与极距大小成反比。静电场的电场强度一般以平均电场强度计算，按式（2－4－2）计算平均电场强度。

$$E = U/L \qquad (2-4-2)$$

式中　E——静电场的平均电场强度，V/cm；

U——电喷枪上所加的直流电压，V；

L——放电极与被涂物之间的距离，cm。

在一般空气中，均匀电场火花放电的电场强度接近 10kV/cm。而在不平均电场中该值显著下降，超过 4.3～4.35kV/cm、即能产生火花放电。不均匀电场的平均电场强度小于 2kV/cm，电晕放电很小，静电涂着效率很差。根据经验，静电涂装最适宜的平均电场强度为 30～40kV/cm。

静电涂装所用的电压一般为 50～100kV，固定型静电涂装为 80～100kV；手提式为 50～60kV 左右。电压增高，电场强度增强，涂着效率提

高。但使用 100kV 以上电压时，电场集中，绝缘困难。

被涂物与电极之间的距离（极距）和电压的高低有关，电压增高，极距必须增大。申压在 80～100kV 以下时，极距一般为 25～30cm。所以在装挂被涂物时还需注意物件形状。例如，四角形的物件，在自转时要注意最近距离和最远距离，极距小于 20cm 时就有产生火花放电的危险，而当极距大于 40cm 时，涂着效率非常差。

（二）喷枪布置和电网位置

各种类型的喷枪都规定了一定的喷出量，喷出量过大，涂料荷电不足，雾化不良，影响涂装效果。为满足涂装工艺的需要，常在同一涂装室中采取多支电喷枪。在布置电喷枪时，除注意与被涂物的距离外，还应注意与相邻电喷枪、其他接触物（如地面、喷枪支架及喷漆室的壁板等）的距离。与相邻电喷枪的距离以两支电喷枪的喷雾及其图像互不干扰为原则。若枪位不当，会使漆粒相互碰撞，造成离子同性相斥，漆雾乱飞，甚至漆粒向后溅。因此，凡因工件所限，两支电喷枪不可能在同一平面上，枪距至少应在 1m 以上。

在喷枪对面和上方一定距离处，常装有漆包线绕成的电网，该电网接高压负极，对漆雾粒子有排斥作用，所以能将大部分窜过工件以外的漆雾弹回到工件上，既能减少涂料的消耗，又能改善环境条件。

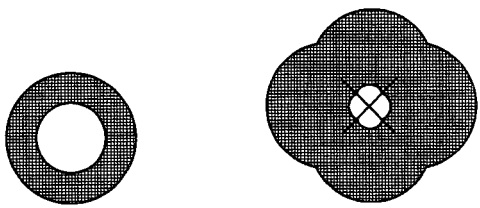
（三）外电场对喷涂的影响——极针、导线、屏蔽作用

极针是以直径 2～3mm 铜棒制成的头部尖形零件，连接在喷杯附近，由于极针和喷雾均带有高压负电，所以在极针周围形成高压负电场，喷雾飞上去时被负电场弹回来。运用这个道理，可以将漆雾控制在需要的范围内，当然还是有小部分漆雾冲过电场飞到外面去。旋杯式喷枪装上极针可以改变原来的涂形，如图 2－4－12 所示。

以极针改变涂形，喷在四周的漆比较多，有时控制不当还会影响涂着质量。如喷自行车车架时，中间一支枪的下面装上极针就会影响下面一支喷枪

的涂着率，个别地方会喷不到漆。主要是由于极针上的负电场与负电荷的喷雾微粒相互排斥的结果。

当负高压电缆接在一支枪上，用导线再与另外一支枪相连时，每一支喷枪均带同样的高压电，如果不注意，也会使漆雾后溅。所以要将导线、极针装在旋杯稍后一点才能避免漆雾后溅的问题。



(a) 旋杯式不装极针涂形　　(b) 旋转式装极针涂形

图 2－4－12　极针对漆雾涂形影响

（四）旋杯的转速

在旋杯式静电涂装中，涂料的雾化主要依靠旋转机械能，并辅助静电雾化。雾化涂料粒子在电场中沉降速度为

$$U_d = 2gr^2 (\rho_c - \rho_a) / gU_a \qquad (2-4-3)$$

式中　g——重力加速度；

ρ_c——涂料密度；

U_a——黏性系数；

ρ_a——空气密度；

r——涂料离子半径。

由此可见，涂料离子的沉降速度与离子半径平方成正比，因此在静电涂装时涂料雾化是非常重要的一个环节。为保证涂料充分雾化，旋杯的转速一般选择 2000～4000r/min。速度越高，雾化越有利，但同时由于离子速度提高，对其在电晕区荷电是不利的，因此应根据喷杯口径大小、电场强度和涂料品种等因素确定旋杯转速。例如氨基涂料为 2800r/min，沥青涂料 2500r/min。

（五）旋杯口径与雾化面积

喷杯式喷杯口径大，喷雾涂形直径大，中心孔随之增大，雾化粒子细；反之雾化粒子粗，因为喷雾涂形直径与涂料粒子线速度有关，如图 2－4－13 所示。

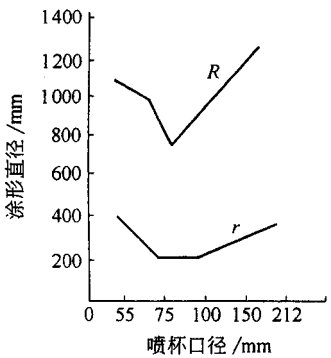


图 2－4－13　喷杯口径与喷雾涂形直径的关系

由图 2－4－13 可知，喷杯口径大，外径及和内径 r 随之增大。当喷杯口径在 55～75mm 范围内则反常，这是由于喷杯为腰鼓形的关系，如图 2－4－14。

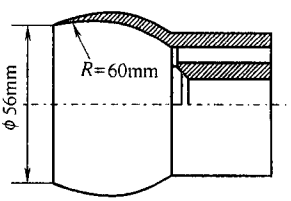


图 2－4－14　喷杯

选择喷杯是很重要的，应根据不同条件选择喷杯口径，才能获得满意的结果。雾化面积除与所选择的喷杯口径大小有关外，还与喷出量、电压、喷杯转速及涂料黏度等有关。一般是电压高，雾化面积小，反之则大；转速快、黏度大、出漆量大，都会使雾化面积大，如图 2－4－15 所示。

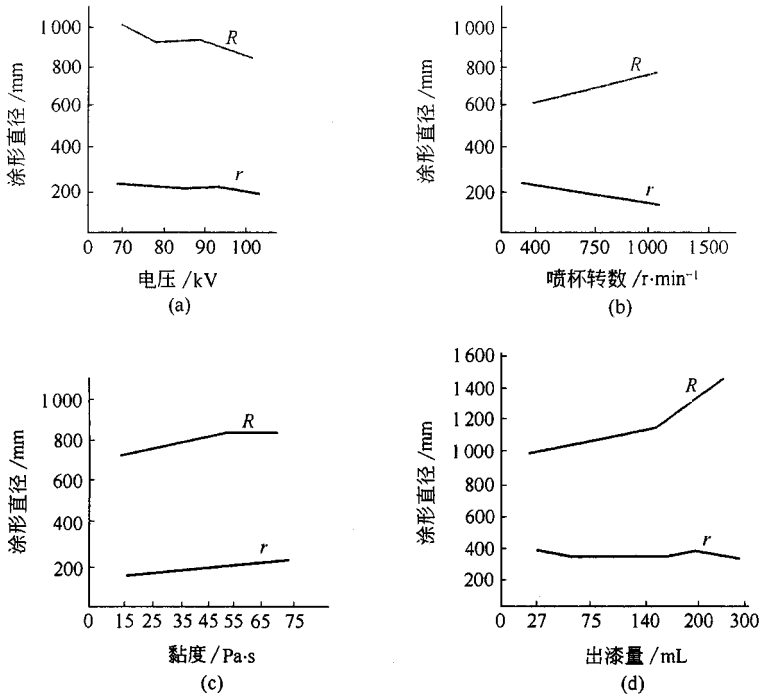


图 2－4－15　雾化面积与电压、喷杯转速、涂料黏度及出漆量的关系

（六）涂料电性能

静电涂装的效果不仅取决于静电涂装设备和管理技术，而且还要考虑所用涂料品种是否符合静电涂装的要求。静电涂装时，要求涂料的电阻率低，其值在 5 ~ 50MΩ/cm 比较合适。涂料的电阻率除与树脂有关外，还与选用的溶剂关系甚大。因此在实际生产中，往往采用加入溶剂的办法来调整电阻率的大小。

一般地涂料电阻率比较高，而静电涂装时希望所用的涂料电阻率比较低。因此可适当添加低电阻的极性溶剂来降低涂料的电阻率，如溶纤剂、酮和酯等。

（七）工件的悬挂

工件的悬挂是否合理，对静电涂装效果影响很大。工件之间以互不碰撞为原则，工件距地面的高度不小于 1m，被涂物上端至运输链的距离不应小于 0.5m。在静电涂装过程中被涂物最好能自转，这样有利于涂膜厚度均匀。但自转速度不能过快，一般 3～4 次/min 即可。同时应注意挂具的维护，以确保被涂物悬挂正常。

（八）静电涂装室的风速

静电涂装的排风主要是排出静电涂装过程中产生的溶剂蒸气，使室内溶剂蒸气的含量低于有机溶剂爆炸浓度的下限，以确保安全。静电涂装室内风速应控制在 0.3～0.7m/s 为宜。风速过大会影响涂装效果，同时在排风装置中应有风速调节装置。

三、静电涂装操作程序

开机程序：先开旋杯电动机使旋杯转动，观察旋杯转速是否正常；开高压静电发生器低压开关，然后开高压开关，这时高压指示灯亮，高压发生器中绝缘油有轻微振动。喷枪上的高压目前都不能测量，根据工厂的经验，若需要判断喷枪是否有高压，操作者可手持一良好的绝缘棒，在棒的一端饶上接地电线，当电线逐渐靠近喷枪时即产生火花放电现象，拉弧 1cm 估计电压为 10kV，拉弧一般为 8～12cm；打开高压发生器后，人不要进入喷漆室，以免电击；开动输漆泵，这时旋杯上就有漆雾喷出，判断正常后可关掉输漆泵，待工件进入时再打开输漆泵。

停机程序：先关掉输漆泵，停止输漆；关闭高压发生器；将输漆管接到稀料筒上，灌入稀料清洗管道；关闭旋杯动力。

与手工喷涂相比具有以下几个特点。

（1）大幅度提高涂料利用率。静电涂装依靠静电引力将涂料离子涂到被

涂物上，因而能大幅度减少由喷雾回弹和喷逸现象造成的漆雾飞散。在手工喷涂时，涂料利用率仅为 30% ~ 70%，对于网状或管状被涂物时，利用率仅为 10% ~ 30%。静电涂装具有环保效果，一般涂料利用率为 80% ~ 90%，涂料的耗用量约为空气喷涂的 59% ~ 90%。

(2) 成倍提高生产率。静电涂装适用于大批量流水线生产。根据资料介绍，静电涂装的运输链最高可达 24m/min，而手工喷涂运输链最高为 4m/min。

(3) 减轻劳动强度，改善卫生环境。静电涂装实现了自动化、连续流水作业，提高劳动效率。在生产过程中不产生大量的漆雾，改善了生产环境，有利于操作者的身体健康。

(4) 涂装质量好。能使被涂物的凸出部分、顶部和角部等良好地涂着。

(5) 由于静电涂装采用高电压，有发生火灾的危险，必须有可靠的安全设施，严守操作规程。

(6) 因静电屏蔽作用和电场力分布不均匀，导致涂膜不均匀，一般凸出、尖端、锐边部位比较厚，而凹陷处很薄，甚至涂不上涂料。

(7) 对所用涂料的溶剂有一定的要求，如涂料的电性能、溶剂的沸点和溶解性等均有特殊的要求。

四、静电喷涂装置

静电喷涂装置类型很多，有栅网式静电喷涂、旋杯式静电喷涂、手提式静电喷涂和圆盘式静电喷涂等。下面介绍最常用的两种，即旋杯式静电喷涂和圆盘式静电喷涂。

(一) 旋杯式静电喷涂装置

旋杯式静电喷涂装置见图 2 - 4 - 16。

旋杯式静电涂装设备包括旋杯式静电喷枪、高压静电发生器、静电喷涂室、供漆装置和工件输送装置等。

旋杯式静电喷枪的结构有多种，国内应用最广泛的结构形式是旋杯口径为 ϕ25mm 和 ϕ26mm 两种，旋杯旋转速度为 2790r/min，输漆量为 20 ~

180mL/min，常用的输漆量为 50mL/min。

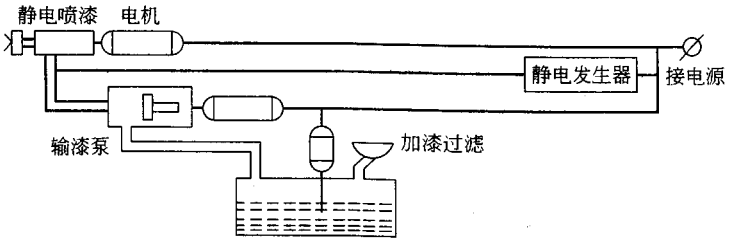


图 2－4－16　旋杯式静电喷涂装置

通常根据工件的外形，旋杯式喷枪安装在工件的一侧或两侧。安装在一侧时，工件能自动回转；安装在两侧时，两喷枪之间的距离（沿工件运动方向）应大于 1200mm，以免静电场相互干扰。为了扩大喷涂面积，喷枪可安装在升降机构上，一般用汽缸或油缸作为升降机构的动力。

高压静电发生器作为静电喷涂的直流高压电源，主要技术参数为：输入电压 220V，输出直流电压 60～100kV（连续可调），输出电流 300μA，功率 185W，高频整流倍压级数为 8 级。

自流式供漆装置依靠重力供漆，即利用高位槽使漆自动流下，适用于小型工件的静电喷涂，常与死端式喷漆室配套使用。压力罐式供漆装置直接采用涂料加压筒供漆，压力一般采用 0.1～0.15MPa，并可同时向 2～3 支静电喷枪供漆。

旋杯式静电喷漆室由室体、通风装置和照明装置等部分组成。室体是喷漆室的主体，一般为通过式，采用悬挂输送机运送工件，工件距地面的高度不小于 1000mm。室体分工作间和操作间。工作间放喷枪，操作间设置静电发生器、涂料输送装置等。通风装置在室体顶部，由风机、风管等组成。通风量较手工喷漆室小，可按门洞处空气流速为 0.3m/s 计算。室体内的造明装置最好采用防爆型。

（二）圆盘式静电喷涂装置

由于工件在喷漆室前后的走向类似于字母 Ω，所以圆盘式静电喷涂设备

又称“Ω”静电喷涂设备。这类设备的最大特点是圆盘喷枪能按工件涂层要求，上下升降，使涂层十分均匀。

圆盘式静电喷涂设备包括室体、圆盘喷枪、喷枪操作装置和供漆装置等（见图 2－4－17）。圆盘式静电喷枪采用高速旋转的静电雾化式喷盘，喷盘结构有多种，典型的结构形式为中心呈凹形，用作涂料输入槽，喷盘直径为 ϕ200～600mm，其边缘锐利，转速为 3000r/min，涂料由切线方向飞出雾化，圆盘式静电喷枪如图 2－4－18 所示。

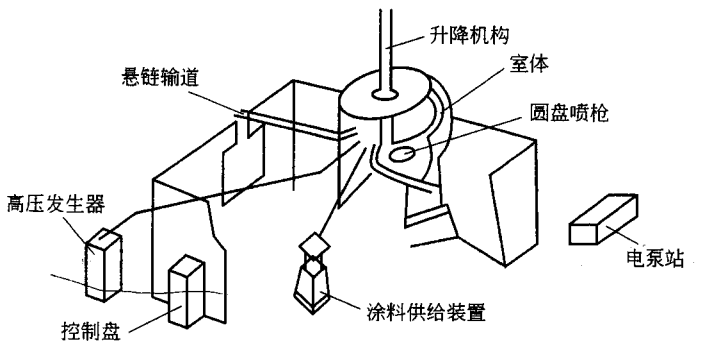


图 2－4－17　圆盘式静电喷涂设备

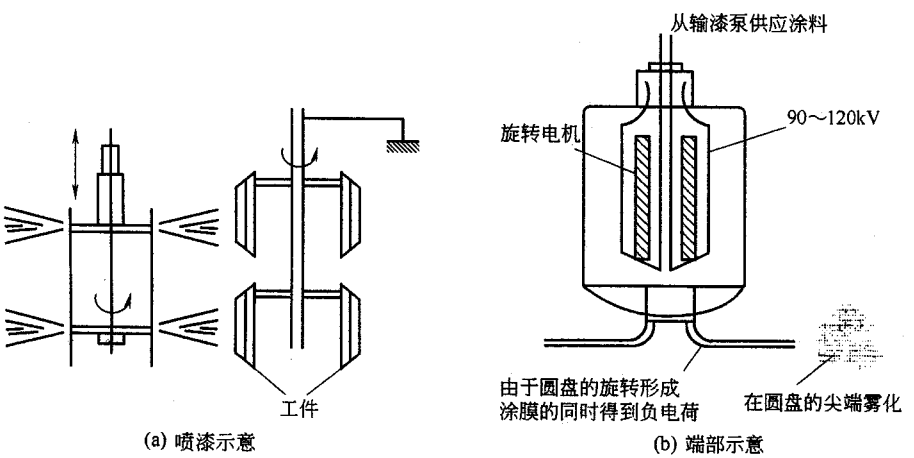


图 2－4－18　圆盘式静电喷枪

五、静电喷涂设备的检查与维护

（1）由于长期静电涂装生产，放电极上附着涂料，使荷电效率下降。因此作业完毕后，应定期将放电极、电喷枪的喷嘴及其内部以棉纱蘸溶剂擦洗干净。在擦洗前，放电极应接地放电，严禁将内部装有保护内阻的静电喷枪本体浸放在溶剂中。

（2）在静电喷枪、支架固定座、输漆管、气管和高压电缆等电器绝缘件上附着涂料后，不仅会产生漏电现象，而且有发生表面放电和绝缘电阻被烧坏引起火花放电的危险。所以作业完成后应以棉纱蘸溶剂擦洗干净并晾干。同时进行检查，发现部件损坏时立即更换。

（3）借助于高压静电发生器上附带的直流电压表和电流表，定期测定涂装过程中的电压和电流，检查有无异常，并应保持高压静电发生器及其周围的干燥和清洁。

（4）在静电涂装时，被涂物必须接地。通常被涂物的接地途径为：被涂物—吊具—运输链—房屋钢架—接地。其中吊具易附着涂料，并且反复使用，涂料越积越厚，因而在吊具连接点处易产生接地不良，导致被涂物接地不良。不仅影响涂装效率和环保性，而且蓄积电荷，当人或其他接触物与其接近或接触时，有产生火花放电的危险。所以要经常检查被涂物接地是否良好。

检查被涂物接地状况可用 1000V 的摇表测定。当大地与被涂物之间的绝缘电阻超过 1MΩ 时，则表示接地不良，需剥离吊具上的涂层。另一种检查方法是采用非接触式的静电荷检验器，测定刚涂装后的被涂物表面电位，如有电位，则可判定接地不良。

六、静电涂装时应遵守的安全规则

（1）涂装室内所有物质（高压系统除外）都必须接地，但在喷涂导电性涂料时，输漆系统不能接地。

（2）静电喷枪的高压部位、高压电缆等高压系统与接地物体的距离，应

保持在大于该产品制造厂规定的间隔。

（3）进入涂装室内的人员必须穿导电鞋，使人处于接地状态。操作手提式静电喷枪时必须用裸手。

（4）涂装室内不应积存废涂料、废溶剂，特别是地面要很好地清扫。

（5）静电涂装作业一停止，应立即切断高压电源，接地放电。

第五章　船舶涂装设计

第一节　概　　述

船舶的涂装工作，主要是指船体结构和各种类型的舾装件的钢铁表面处理与涂料的涂敷作业。船舶的涂装质量直接关系到船舶的维修周期、航速和使用寿命。而采用怎样的涂料，以怎样的方式方法进行涂装作业则直接关系到船舶的建造周期和成本。因此，涂装设计工作与船东和船厂的经济效益有着密切的关系。

船舶涂装设计工作的任务是解决船舶要达到怎样的防腐、防污和美化装饰的目的，以及怎样达到上述目的。因此，船舶涂装设计不仅需要制订表面处理与涂装的技术要求，而且要制订工艺措施和管理方法。科学的涂装设计，是保证船舶涂装质量的基础，也是缩短造船周期，提高造船经济效益的有力手段。涂装设计的科学性应体现于；

（1）合理的表面处理及二次除锈的等级要求；

（2）正确的涂层配套方案；

（3）科学的工艺路线方法。

一、表面处理及二次除锈的等级要求

涂层的质量极大程度取决于钢材表面处理（包括二次除锈）的质量。表

面处理质量越高，涂层质量就越好，但相应投入的物力和劳力也越多。为了既保证质量，又不至投入过多，对于各种不同的涂料，用于不同的部位，应当有合理的表面处理及二次除锈的等级要求。

对于未经过预处理的钢材表面，防锈涂料需直接涂装时，其表面处理等级要求见表 2－5－1。

表 2－5－1　防锈涂料对钢表面处理等级要求

除锈方法 / 涂料种类	喷（抛）丸			动力工具	手动工具
	ISO－Sa2	ISO－Sa2 $\frac{1}{2}$	ISO－Sa3	ISO－St3	ISO－St2
	GB－Sa2	GB－Sa2 $\frac{1}{2}$	GB－Sa3	GB－St3	GB－St2
常规涂料	可	可	可	可	不可（St2～3 级可）
（水下区域）氯化橡胶	可	可	可	可	不可
（水上区域）氯化橡胶	可	可	可	可	不可（St2～3 级可）
环氧树脂	可	可	可	可	不可
焦油环氧	可	可	可	可	不可
（内航）无机硅酸锌	最低限度	可	可	不可	不可
（海运）天机硅酸锌	不可	可	可	不可	不可

对于经过预处理和涂装车间底漆的钢材表面，防锈涂装需要涂装时，其表面二次除锈的等级要求应根据 CB/T 3513—93《船舶除锈涂装质量验收技术要求》的有关规定进行，详见表 2－5－2。

二、涂层配套方案

每艘船舶的涂层配套方案，首先在船舶的建造说明书上作出明确规定。由于船舶各部位处于不同的腐蚀环境，因此应采用不同的涂层配套。船舶涂层的配套，一般应遵循以下原则。

表 2－5－2　二次除锈质量等级要求

涂料种类	除锈方式	船体外板		室外暴露部位		舱室内部		液舱		燃油舱	
		CB*②	GB②	CB*	GB	CB*	GB	CB*	GB	CB*	GB
常规涂料①	B	b2	Sa2	b2	Sa2	b2	Sa2	b2	Sa2		
	T	p2	St2～St3	p2	St2～St3	p3	St2	p2	St2～St3	p3	St2
氯化橡胶涂料	B	b2	Ss2	b2	Sa2	b2	Sa2				
	T	p2	St2～St3	p2	St2～St3	p3	St2				
环氧树脂涂料	B	b1	Sa2.5	b1	Sa2.5	b2	Sa2	b1	Sa2.5		
	T	p1	St3	p1	St3	p2	St2～St3	p1	St3		
焦油环氧涂料	B	b2	Sa2	b2	Sa2	b2	Sa2	b1	Sa2.5		
	T	p1	St3	p1	St3	p2	St2～St3	p1	St3		
乙烯树脂涂料	B	b1	Sa2.5	b1	Sa2.5			b1	Sa2.5		
	T	p1	St3	p1	St3			p1	St3		
无机锌涂料	B	b1	Sa2.5	b1	Sa2.5	b1	Sa2.5	b1	Sa2.5		

①常规涂料包括油性涂料、油改性合成树脂涂料、沥青涂料，对滑油舱常规涂料系指石油树脂、蓖麻油等临时性保护涂料，饮水舱采用漆酚树脂涂料时，除锈质量，要求参照环氧树脂涂料。

②表中 CB* 代表 CB* 3230，GB 代表鄙 8923。CB* 3230 中 p2 级的质量要求约处于 GB8923 中 St2 级与 St3 级之间。

（1）选用的涂料应适合特定的腐蚀环境条件和特定的使用要求（如防污、耐热、耐油等）。

（2）同一部位的各层涂料之间应有良好的结合力，最好是底面漆采用同类型涂料。不能采用同类型涂料的话，则底漆的性能应等于或高于面漆的性能，以免出现咬底、渗色等弊病。

（3）某些涂料的应用受到有关规范、公约的制约。应符合规范、公约的要求，并取得有关证书。

（4）涂料的配套系统、每层涂料的厚度，应根据防腐蚀年限要求和涂料厂商的推荐而确定。

（5）船舶由于其特定的建造方式，决定其涂料应该是常温干燥、施工方便，尽可能采用厚膜型的产品。

通常，涂层配套方案的设计可参见表 2－5－3。

表 2－5－3　船体主要区域的涂装体系

涂装区域		腐蚀环境条件	以涂料的要求	涂装方案	
				防锈涂料	面层涂料
外极部	船底	经常浸没于海水中会发生海生物附着	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆附着良好 4. 具有防止生物附着的效果 5. 涂料表面不会发生黑变	1. 沥青系防锈漆 3～4 道（100～150μm） 2. 氯化橡胶防锈漆 2～3 道（150～200μm） 3. 环氧沥青防锈漆 2 道（250μm）＋乙烯沥青漆 1～2 道（40～80μm）	1. 沥青系防污漆 2 道（100μm） 2. 氯化橡胶防污漆 2 道（150μm） 3. 自抛光防污漆 2～4 道（200～400μm）
	水线平千舷	处于海水干湿交替状态，尤其是在水面附近会发生海藻类附着	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆附着良好 4. 应具有防止海藻附着的功能 5. 耐候性良好	1. 醇酸或酚醛防锈漆 2～3 道（80～120μm） 2. 氯化橡胶防锈漆 2～3 道（150～200μm） 3. 环氧系防锈漆 2 道（200μm） 4. 漂白环氧沥青漆 2 道（200μm）	1. 醇酸或酚醛面漆 2 道（80μm） 2. 氯化橡胶面漆 2 道（80μm） 3. 环氧系面漆 2 道（100μm） 4. 聚氨酯面漆 1 道（50μm）

涂装区域	腐蚀环境条件	以涂料的要求	涂装方案	
			防锈涂料	面层涂料
暴露甲板和上层建筑外表	暴露于含盐的海洋大气中，特别是甲板部，易受机械损伤 另外经常受海盐粒子的影响，容易受到腐蚀	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆附着良好 4. 耐冲击性、耐腐蚀性良好 5. 要求美观和必要的色彩	1. 醇酸或酚醛防锈漆2道（80μm） 2. 氯化橡胶防锈漆2道（150μm） 3. 环氧系防锈漆2道（150～200μm） 4. 漂白环氧，沥青漆1道（100μm） 5. 无机锌防锈漆1道（75μm）	1. 醇酸或酚醛面漆2道（80μm） 2. 氯化橡胶面漆2道（80μm） 3. 环氧系面漆1～2遭（50～100μm） 4. 漂白环氧沥青漆1道（100μm）上层建筑外表加聚氨酯面漆1道（50μm） 5. 环氧系面漆2道（100μm）
压载水舱和原油舱	在海上，或原油，或海水和原油交替压载的非常严酷的腐蚀环境下	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆附着良好 4. 耐冲击性、耐腐蚀性良好 5. 对于原油舱，采用的涂料要具有耐油性	1. 环氧沥青系涂料2道（250～300μm） 2. 漂白环氧沥青涂料2道（250～300μm）	

涂装区域	腐蚀环境条件	以涂料的要求	涂装方案	
			防锈涂料	面层涂料
石油制品舱饮水舱淡水舱	经常浸于溶剂或饮、淡水中，故以耐水、耐溶剂为中心要求	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆附着良好 4. 耐冲击性、耐腐蚀性良好 5. 耐水、耐溶剂性能优越，作为饮水舱、淡水舱的涂料，应保证质量符合卫生要求	1. 纯环氧系涂料 2 ~ 3 道（200 ~ 250μm） 2. 聚氨酯系涂料 2 ~ 3 道（200 ~ 250μm） 3. 无机锌系涂料 1 道（75μm） 4. 环氧酚醛涂料 2 ~ 3 道（200 ~ 250μm）（饮、淡水舱只宜采用 1）	
货舱	容易因货物的装卸造成涂层损伤	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆附着良好 4. 耐冲击性、耐腐蚀性良好	1. 醇酸或酚醛防锈漆 2 道（80μm） 2. 氯化橡胶防锈漆 2 道（100 ~ 150μm）	1. 醇酸或酚醛面漆 1 ~ 2 道（40 ~ 80μm） 2. 氯化橡胶面漆 1 ~ 2 道（40 ~ 80μm）
			3. 环氧系涂料 2 ~ 3 道（200 ~ 250μm） 4. 漂白环氧沥青涂料 2 道（200 ~ 250μm）	
上层建筑内部	关于腐蚀环境与其他区室相比无特别需要强调的地方，但注意美观性是一特点	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆附着良好 4. 耐冲击性、耐腐蚀性良好 5. 要求美观和特定的色彩	醇酸防锈漆 2 道（80μm）	醇酸面漆 1 ~ 2 道（40 ~ 80μm）

涂装区域	腐蚀环境条件	以涂料的要求	涂装方案	
			防锈涂料	面层涂料
机舱副机舱泵舱	一般与居住区、储藏室等无大的差别，总体上说其处于高湿、高温的条件下	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆，附着良好 4. 耐冲击性、耐腐蚀性良好 5. 耐油、耐酸、耐碱性较好	舱底：漂白焦油环氧漆 2 道（200 ~ 250μm）	
			其他： 醇酸防锈漆 2 道（80μm）	醇酸面漆 1 ~ 2 道（40 ~ 80μm）
其他有耐热、耐油、耐酸、耐碱等要求的区域	包括左面各种腐蚀条件的环境	1. 对水分和腐蚀性盐类难以透过 2. 含有物理性、化学性的防锈颜料 3. 与车间底漆附着寝好 4. 耐冲击性、耐腐蚀性良好 5. 耐热、耐油、耐酸、耐碱等性能较好	1. 环氧系涂料 2. 特定涂料	

三、涂装的工艺路线与方法

船舶涂装的工艺路线与方法，是保证涂装质量的基础，也是提高涂装经济效益的必要手段。通常是通过编制一系列工艺文件和生产设计图册加以贯彻，其详细内容见本章第四节“涂装生产设计”部分。

第二节　涂装初步设计

涂装初步设计是船舶报价设计与合同设计的组成部分。

船舶涂装报价设计可以简明扼要，而合同设计则应该比较详尽地反映船舶涂装工作的基本概貌。如条件许可，报价设计也可以详细些，为合同设计打好基础。

一、报价设计

报价设计的主要工作为编制报价用的规格说明书和预估成本。

（一）规格说明书

规格说明书可以是船东提供的，也可以是船厂提供的。

对于船东提供的规格说明书，船厂的涂装设计人员应该认真阅读分析，注意其工作难度，注意其对造船周期与建造成本的影响，注意到工厂的技术能力与设备能力能否适应。例如，船东要求暴露甲板和室外舾装件应以无机硅酸锌防锈涂料作为底漆，就应当考虑以下条件。

（1）该种涂料对表面处理要求很高，需要喷丸（砂）处理达 Sa2.5～3 级，一般的动力工具打磨是不行的。这对于生产成本和建造周期都会带来很大影响。

（2）该种涂料施工需要特定的喷漆设备，工厂是否具备。

（3）该种涂料施工需要高超的涂装技术，工厂是否有过施工经验，是否需要技术培训。

如果船厂对船东提供的规格说明书中某些要求感到困难，则应及早采取相应的措施。

如果规格说明书由船厂提供，则必须反映以下内容：

（1）原材料表面处理的方式与等级；
（2）二次除锈的方式与等级；
（3）船体主要部位的涂层配套与膜厚；
（4）阴极保护的方式与技术要求。

（二）成本预估

成本预估是为工厂营业部门提供报价依据。成本预估的依据是规格说明书。成本预估应包括材料、辅助材料、人工及其他费用（如进坞费、设备折旧费等）。

材料费用主要是指涂料与稀释剂，如果是进口材料，则不可忽略税金与运输费。

二、合同设计

合同设计的主要工作为编制供建造合同用的规格说明书和提供厂商表。

（一）规格说明书

供合同用的规格说明书，应该比报价用的规格说明书更详细和具体。合同用的规格说明书，同样可以是船东提供的，也可以是船厂提供的。

如规格说明书是船东提供，应像对船东提供报价说明书一样认真阅读分析。在充分了解其内涵以后，于合同签订前，应先与船东进行认真的技术谈判。

技术谈判应充分尊重船东的意向，也要充分重视工厂的利益。在两者发生矛盾时，应在互谅互让的基础上友好解决，并对规格说明书作出相应的修改。

如规格说明书为船厂提供，则应在报价用的规格说明书的
基础上进一步明确以下内容：
（1）一次除锈的工作范围与标准；

（2）二次除锈的工作范围与标准；

（3）涂装工艺方式；

（4）涂装质量验收方式和质量标准；

（5）关于涂料厂商技术服务的职责与权利；

（6）对涂装气候条件的有关要求；

（7）密性焊缝的涂装要求；

（8）对外购件（如主、辅机等）的涂装要求；

（9）不必除锈、涂装的范围等。

通常，在合同说明书中，防蚀与涂装属于同一范围，因此，有关船舶的电化学保护还应明确以下内容：

（10）牺牲阳极保护的区域范围、阳极种类、保护年限等。

（11）外加电流保护的区域范围、辅助阳极和参比电极的种类、安装位置、保护电流密度、推进器与舵的接地要求等。

（二）涂料厂商表

厂商表（Maker List）是船舶建造合同的一个组成部分。涂装专业亦应在合同设计阶段提出相应的厂商表。

涂装专业的厂商表应捉供涂料厂商和防蚀材料（牺牲阳极）与设备（外加电流保护装置）的厂商表。

厂商的提供应以国内厂商为主，一般提供 2 ~ 3 家质量可靠、价格公道有信誉的厂商。

三、涂料代号

在涂装设计中，涂料的品种、类别往往用代号表示，以达到文件的简明、扼要，使人一目了然的目的。

船舶涂料根据其所采用的基料类型和使用的场合与目的，常采用以下代号。

（一）按基料类型分类

C　常规涂料（conventional paint）
B　沥青系涂料（bituminous paint）
C/R　氯化橡胶系涂料（chlorinated rubber paint）
P/E　纯环氧涂料（pure epoxy paint）
T/E　环氧沥青系涂料（coaltar epoxy paint）
V/T　乙烯沥青系涂料（vinyl tar paint）
p/U　聚氨酯涂料（polyurethane paint）
1/Z　无机硅酸锌涂料（1norganic zinc siUcate paint）
SPC　自抛光涂料（self polishing copolymer）
B/E 漂白型环氧沥青（bleached type tar epoxy paint）

（二）按用途分类

A·C　防腐漆（anti－corrosive paint）
R·P　防锈漆（rust preventive paint）
A·F　防污漆（anti－fouling.paint）
B·T　水线漆（boottopping paint）
T·S　干舷漆（topside paint）
D·P　甲板漆（deck paint）
F·P　面漆（finish paint）
U·C　底漆或中间漆（under coat）
B·C　过渡层漆（binder coat）
H·P　货舱漆（hold paint）
H·R　耐热漆（heat resistance paint）
O·R　耐油漆（oil resistance paint）
A·R　耐酸漆（acid resistance paint）
R·I　防锈油（rust inhibitive oil）

A·P　铝粉漆（aluminium paint）
H·B　厚膜型（high－buit type）
N·S　防滑型（non－slip type）
W·S　水溶性涂料（water soluble type）
G·P　镀锌件底漆（paint for galvanized parts）
N·B　非渗色型（non—bleed type）
S·P　车间底漆（shop primer）

第三节　涂装详细设计

涂装详细设计，是涂装初步设计的深入和具体化。

在涂装详细设计开始以前，应先编制详细设计的图纸目录。对于需要送审的图纸应该先绘制，便于及早认可、退审，可进行其他有关的设计工作。

涂装详细设计主要应绘、编以下图纸、文件：①涂装说明书*；②全船涂装面积表；③除锈涂装质量要求；④除锈涂装原则工艺；⑤涂料订货预估单；⑥船体外板牺牲阳极布置图*；⑦液舱牺牲阳极布置图*；⑧牺牲阳极安装工艺；⑨牺牲阳极质量验收要求；⑩外加电流阴极保护装置布置图**；⑪外加电流阴极保护装置安装工艺；⑫外加电流阴极保护装置质量验收要求。

上述图纸中有。者需送船东审查认可，有＊＊者需送船东和船检审查认可。

关于阴极保护的设计本书不准备详细介绍，本章将重点介绍①～⑤项的设计内容。

对于详细设计以及本章第四节介绍的涂装生产设计的各种图、表、文件的编制方法，中国船舶工业总公司曾于 1987 年 4 月发布了指导性工艺文件 CB/Z 235—87《船舶涂装设计技术要求》，本书介绍的有关做法，均符合该文件所规定的要求。

一、涂装说明书

涂装说明书是反映船舶涂装工作的技术要求和质量标准的最为重要的技术文件，是整个船舶涂装的工作依据。

（一）概述

应以建造说明书为依据，对船舶除锈涂装工作的主要要求作综合性叙述，是除锈涂装作业的基本原则。

（二）涂料种类表

是将全船所使用的每一种涂料的名称、牌号、颜色、物理与化学性能参数、施工工艺参数、主要使用部位等进行汇总。其形式见表 2－5－4。

表 2－5－4　涂料种类表

序号	涂料品种		颜色（色卡号）	涂膜厚度 μm		密度 kg/m³	混合比例（体积比）%	混合用期 h	理论涂布率 kg/m²	干燥时间 h	涂装间隔 h（20℃）		稀释率 %	稀释剂	主要使用部分
	牌号	名称		干膜	湿膜						最短	最长			
1															
2															
3															
4															
5															
…															

（三）涂装明细表

该表应对全船每个区域、部位或部件涂装的涂料牌号、名称、颜色、涂装道数、膜厚等以表格形式详尽反映出来。区域、部位、部件的编写程序和分类可按先外后内，先大后小的原则，下述程序和分类可供参考。

（1）外部涂装：①船底区；②水线区；⑧干舷区；④露天甲板；⑤上层建筑外部。

（2）内部涂装：①货舱；②机舱；③泵舱；④房舱。

（3）舾装件涂装：①甲板舾装件；②舱口盖；③机舱舾装件；④其他舾装件。

（4）液舱涂装：①货油舱；②压载舱；⑧货物/压载舱；④艏、艉尖舱；⑤空舱、隔离舱；⑥油舱；⑦水舱；⑧特殊液舱。

上面每一个区域，又可分解为更为详细的部位，如机舱，又可分为：①舱壁；②舱顶；⑧双层底；④局部甲板；⑤污水井等等。

涂装明细表的形式见表 2－5－5。

表 2－5－5　涂装明细表

序号	涂装部位		底漆			面漆			表面颜色	备注
			涂料名称	干膜厚度 μm	涂装道数	涂料名称	干膜厚度 μm	涂装道数		
	（一）外部涂装									
1	1. 船底区									
2	①平底									
3	②垂直外板									
4	③舭龙骨									
5	④海水阀箱									
6	⑤艉柱									
7	⑥舵	外侧								
		内侧								

序号	涂装部位		底漆			面漆			表面颜色	备注
			涂料名称	干膜厚度 μm	涂装道数	涂料名称	干膜厚度 μm	涂装道数		
8	⑦艉轴管	外侧								
		内侧								
9	⑧舵杆筒内表面									
	2. 水线区									
	……									

（四）插图

舶舶中有些部位（如机舱）或部件涂装要求比较复杂，“涂装明细表”有可能难以表达清楚，则可增加插图，以图文相辅的形式加以说明，能使人一目了然。

（五）全船外表颜色图

为使生产部门、质量检验部门对全船外表的颜色有一个明确的概念，最好在涂装说明书的最后附上全船外表颜色图。有些船东亦希望能有此图，以了解全船的颜色是否协调，是否与该公司船舶的传统习惯颜色一致。该图的绘制，可以将船舶的总布置图缩小，然后在各部位边上注上颜色和色卡号。

二、全船涂装面积表

全船涂装面积表是对全船每一个区域、部位、部件的涂装面积数据以表格的形式进行汇总。编制本表的目的是为涂料订货时的数量计算提供依据。由于涂料订货在船舶开工以前，此时船体结构图纸还不一定全部出齐，因此不可能精确计算各部位的面积，只能以总体的布置情况和船体的基本结构形

式对涂装面积进行概略的计算（有两位有效数字即可）。尤其是舱室内部结构复杂的部位，可根据日常积累的经验，采用近似的计算方法。

所谓近似计算方法，是先精确计算出乎面面积，然后乘上一个经验系数，所得结果即平面面积与结构材料表面积之和，代表这一复杂的近似面积（参见图 2－5－1）。

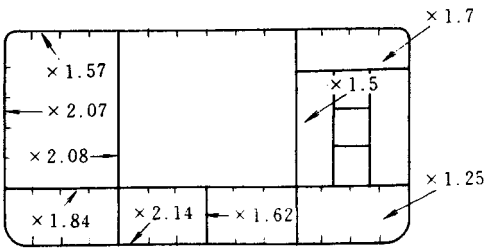


图 2－5－1　舱室内表面积计算系数参考图

三、除锈涂装质量要求

除锈涂装质量要求，通常应以企业标准形式作出明确规定。1993 年，中国船舶工业总公司在汇集了众多企业标准的基础上，制订并发布了中华人民共和国船舶行业标准 CB/T 3513—93《船舶除锈涂装质量验收技术要求》，对船舶的除锈、表面清洁、涂层等的质量及膜厚检测、检验项目等都以标准形式作出了规定。因此，在涂装设计中，对除锈涂装质量要求一般可不另行编制文件。但若有的船舶建造要求较低或要求很高超出了标准规定范围时，有必要单独编写文件。其内容应包括以下要点；

（1）钢材表面处理（包括二次除锈）的引用标准与质量等级要求；

（2）被涂表面在涂装前表面清洁要求；

（3）涂层外观质量要求；

（4）涂层干膜厚度分布要求与检测、验收范围；

（5）质量验收项目；

（6）验收顺序与原则等。

四、除锈涂装原则工艺

船舶的除锈涂装原则工艺应根据工厂设备的特点、能力、劳动力负荷等实际情况以及涂层配套的技术要求等，对除锈涂装工艺条件作出具体规定。

关于除锈涂装的基本工艺要求，应以企业标准的形式作出明确规定。上海六家主要船厂于 1989 年联合制定了《钢质船舶除锈涂装工作标准》（Q/CB.SL 26—89），对船舶产品的原材料预处理、二次除锈、涂装作业条件、作业方法、涂层膜厚控制与检测、安全卫生管理等具体工艺要求都以标准的形式作出了规定，因此，在编制《原则工艺》时均可省略。但对于标准内容以外的特殊工艺要求则应在文件中以特定的篇幅作出专门规定。

《除锈涂装原则工艺》的主要内容是制定“主船体涂装工艺程序”。

制定主船体涂装工艺程序应考虑到以下情况：①原材料是否预处理及二次除锈方式方法；②分段建造与吊装方式及分段预舾装程度；⑧船舶在交船前是否需要进坞；④使用涂料的种类、特点、膜厚及道数，⑤涂料施工部位的位置与环境特点等。

一般来说，分段二次除锈后应涂装 1～2 道防锈漆，而面漆应在试航前和交货前各完成 1 道，但由于上述①～⑤的具体情况，应根据实际情况区别对待。

如船舶二次除锈是采用动力工具打磨，为减少涂料的浪费，有些部位在分段阶段可只涂 1 道底漆甚至不涂漆（如甲板）。

如船舶预舾装程度较高，分段阶段可多涂几道漆。

如船舶交船前不进坞，则下水前应完成全部船底配套漆。

如使用的涂料有涂装间隔时间限制，则应在同一施工阶段（分段或船台）连续涂装完成规定的道数，避免因超过最大涂装间隔时间而对表面处理带来麻烦等。

主船体涂装程序表的形式可参见表 2－5－6。

五、涂料订货预估单

涂料订货预估单是涂料订货时的依据。订货数量的多少，预估量正确与

否，到货时间的先后等都将与现场生产、仓库安排、资金周转等有很大关系。

表 2－5－6　主船体涂装程序表

涂装部分 \ 涂装阶段			分段	船台	下水后至试航前	交货前	备注
外板	船底（包括海水阀箱和舭龙骨）		A.CC/R×3 A.FC/R×1			A·F/R×1	
	水线			A.CC/R×2 B.TC/R×1		B.TC/R×1	
	干舷	一般分段		A.CC/R×2 T.SC/R×1		T·SC/R×1	
		立体分段	A.CC/R×2 T.SC/R×1			T.SC/R×1	
液舱	艏尖舱、艉尖舱、顶边水舱、双层底压载水舱、固定冷却水舱，污水舱、污油舱		T/E×2				
	淡水舱、饮水舱、供应水舱、滑油循环舱				P/E×2		
	各燃油舱、柴油舱、滑油舱		RI×1				
货舱	No.3 货舱	上半部	T/E×2				
		下半部		T/E×2			
	No.1、2、4、5 货舱	盖、顶	R.P×2		A/P×1		
		底		R.P×2	D.P×1		
	污水井			T/E×2			
	货舱盖	内表面	T/E×12				
		外表面	A.CC/R×1		A.CC/R×1 F.PC/R×2		

涂装阶段 / 涂装部分		分段	船台	下水后至试航前	交货前	备注
甲板□机舱上层建筑	……					

编制该文件的主要依据是《涂装说明书》和《涂装面积表》以及《主船体涂装程序表》，后者是到货时间（即纳期）确定的依据之一。

一种涂料的需要量应根据涂料所使用的面积、道数、单位面积的理论涂布量和涂料消耗系数，采用如下公式计算：

$$P = (1 + \alpha) QSN$$

式中　P——涂料需要量，kg 或 L；

α——涂料损耗系数，

Q——单位面积理论涂布量，kg/m^2 或 L/m^2；

S——施工面积，m^2；

N——涂层数。

涂料损耗系数，对于不同的涂料种类，不同的施工部位名不相同，各船厂应根据大量实际施工的经验，确立起消耗系数标准。

涂料订货预估单的形式参见表 2－5－7。

表 2－5－7　涂料订货预估单

序号	材料规格			订货数量 kg	分批到货数量，kg			
	牌号	名称	颜色（色卡号）		开工前	……	……	……
1								
2								
3								

序号	材料规格			订货数量 kg	分批到货数量，kg			
	牌号	名称	颜色（色卡号）		开工前	……	……	……
4								
5								
□								

第四节　涂装生产设计

涂装生产设计是近十多年来发展起来的设计工作。它是将涂装技术要求、工艺措施、管理方法、安全技术等融为一体，按单元或区域进行作业的图表与文件。它是提高涂装技术水平、涂装质量和涂装经济效益的行之有效的方法，是值得研究和不断推广的新的设计技术。

涂装生产设计应在涂装详细设计的基础上，进一步与船体、船装、机装、电装等专业的设计进行协调，绘编以下图纸和文件：

(1)船体分段除锈涂装图册；

(2)船体区域除锈涂装清册；

(3)钢质舾装件除锈涂装清单；

(4)管系除锈涂装清单；

(5)箱柜除锈涂装清单；

(6)基座除锈涂装清单。

必要时，涂装生产设计也可以补充编制与涂装工程管理和质量管理有关的其他技术文件。

一、船体分段除锈涂装图册

船舶的涂装工作，首先是在分段阶段进行的。一个分段往往涉及几个特

定的区域和舱室，光凭涂装详细设计的图纸文件指导生产，对于作业者来说非常不便，且很容易搞错造成返工。

编制船体分段除锈涂装图册的目的是将涂装详细设计的所有技术要求及其他有关管理项目集中于一份图表之中指导分段涂装工作，使作业者一目了然。

船体分段除锈涂装图册由每一个分段的除锈涂装图表汇总构成。船体分段除锈涂装图表则由分段示意图和涂装明细表以及施工说明三个部分构成。

分段示意图，最好是立体示意图。图中应注明分段代号、肋位号、入孔、工艺孔及各涂装部位的名称。绘制时应参考船舶总布置图、分段划分图、分段结构图、绝缘布置图、敷料布置图及其他有关的图纸。

涂装明细表则以表格形式将涂装各部位的面积、除锈方式与等级、涂料牌号与名称、涂料颜色、涂装方式、涂装道数、干膜厚度与湿膜厚度、稀释剂种类、材料与工时定额等一一详细地给予指示清楚。

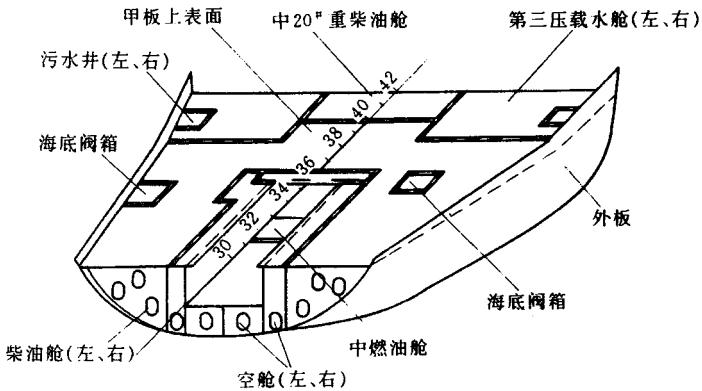
施工说明部分应对于分段示意图和涂装明细表中未作出具体规定的特殊技术、工艺、质量和安全要求以及大型分段的质量和外形尺寸等作出有关的补充说明。船体分段除锈涂装图表的形式可参见表 2－5－8。

表 2－5－8　船体分段除锈涂装图表

分段编号：_____

序号	涂装部位名称	面积 m^2	除锈方式与等级	涂料牌号	涂料名称	颜色	涂装方式	涂装道数

序号	涂装部位名称	面积 m^2	除锈方式与等级	涂料牌号	涂料名称	颜色	涂装方式	涂装道数



每道涂膜厚度，μm		干膜总厚度 μm	理论涂布率 kg	稀释剂牌号	稀释剂定额量 L	涂料定额用量 kg	除锈定额工时 h	涂装定额工时 h	备注
湿膜	干膜								

施工说明：

二、船体区域除锈涂装清册

船体区域除锈涂装清册，用以规定船体分段大合拢以后，在船台、码头和进坞各阶段，船体各区域除锈涂装技术、工艺、质量和各项管理要求。

船体区域除锈涂装清册由各伍域的除锈涂装明细表及其有关施工说明组成。

区域涂装明细表是以表格形式将区域中各涂装部位的面积、施工阶段、除锈方式与等级。涂料牌号与名称、涂料颜色、涂装方式、涂装道数、干膜厚度与湿膜厚度、干膜总厚度、理论涂布率、稀释剂种类、材料与工时定额等一一详细地给予指示清楚。

区域除锈涂装明细表编制的依据是涂装详细设计的有关图纸与文件。编制时还应参考船舶总布置图、绝缘布置图、敷料布置图等有关图纸。船体区域除锈涂装清册形式见表 2－5－9。

施工说明部分则是对特殊技术、工艺、安全技术、脚手配备等要求作出补充说明。

三、钢质舾装件除锈涂装清单

船舶的钢质舾装件品种繁多，有大至桅杆、舱口盖小至灯架、电缆导架等数百种、成千上万件。

绝大多数的钢质舾装件，其除锈与涂装工作是在安装之前独立进行的。由于舾装件将安装在船体各个部位，而船体各个部位的涂装要求又各不相同，因此对钢质舾装件的除锈涂装应根据其体积、质量、结构形式规定其合适的除锈方式。又应根据其安装的部位、规定其与所处位置的周围涂层配套相一致的涂装要求，因此应仔细编制全船的钢质舾装件的除锈涂装清单，以指导车间施工。

由于各种管系、液柜、基座有其各自的特点，拟单独列出清单指导内场除锈涂装工作，本小节所述钢质舾装件中将不包括它们在内。

表 2－5－9　船体区域除锈涂装清册

涂装区域_____

序号	涂装部位名称	面积 m^2	除锈方式与等级	涂料牌号	涂料名称	颜色	涂装方式	涂装道数

每道涂膜厚度，μm		干膜总厚度 μm	理论涂布率 kg	稀释剂牌号	稀释剂定额量 L	涂料定额用量 kg	除锈定额工时 h	涂装定额工时 h	备注
湿膜	干膜								

施工说明

编制钢质舾装件除锈涂装清单时，应与船体、机、电、舾装等专业充分协商，以涂装说明书为依据，结合工厂实际情况逐一确定，必要时应参阅各专业的有关图纸。钢质舾装件除锈涂装清单的形式见表 2－5－10。

表 2－5－10　钢质舾装件除锈涂装清单

类别	钢结构件和舾装件名称	除锈方式和等级				涂装要求		备注
		抛丸	喷丸	酸洗	二次除锈	底漆	面漆	
船体结构	1. 全船厚度大于 6mm 的各种板材	×①				S·P②		
	2. 全船各种型材		×			S·P		
船装	1. 描泊 锚链筒、锚机座等	×			×	T/E	T/E	
	锚链、锚唇、锚甲板突缘		×		×	B×2		
	2. 舵系 舵叶	×			×	A·C×2 C/R		
	舵机座	×			×	R·P×2		
	3. 桅 首桅、雷达桅、天线桅	×				R·P×2		
	直梯、踏步、灯座及其零件		×			R·P×2		
	…							
机装	1. 主机、辅机及锅炉排气管和板厚≥6mm 的钢结构体	×		×		A·P		
	2. 风管　镀锌管				×	P/E×1		
	2. 风管　黑铁管			×		R.P×2		
机装	3. 机舱用格栅	×						
	……							

类别	钢结构件和舾装件名称	除锈方式和等级				涂装要求		备注
		抛丸	喷丸	酸洗	二次除锈	底漆	面漆	
电装	1. 护罩、衬卷			×		S.P		
	2. 灯板、设备支架			×		R.P×2		
	……							

①×表示所采用的除锈方式，机械除锈应规定相应的除锈等级。

②英文字母代表涂料牌号和名称，数字表示涂装道数，这些代号的含义应在清单首页说明。

四、管系除锈涂装清单

船舶的管系种类繁多。不同部位，不同类型的管系，涂漆要求各不相同。管系及其附件的除锈与涂底漆的工作一般均在内场完成，面漆的涂装有在内场完成的，也有在船上与分段涂装或区域涂装同时进行。

为指导管系及其附件在内场的除锈涂装作业，应编制管系除锈涂装清单，将各种类型的管系，根据所安装的不同区域，规定其与区域涂装配套相适应的涂装要求。管系除锈涂装清单的形式见表 2－5－11。

表 2－5－11　管系除锈涂装清单

序号	管子种类	安装部位	除锈方式和等级		底漆涂装要求		备注
			酸洗	机械除锈	管内	管外底漆名称及道数	
1	镀锌管	房舱天花板、衬板内、机舱地格栅下					包括各种绝缘的管子
		房舱天花外及天花板内外界、机舱地格栅上及地格栅上、下交界上层建筑和露天甲板可见部分货舱内	×①		G·P②		

序号	管子种类	安装部位		除锈方式和等级		底漆涂装要求		备注
				酸洗	机械除锈	管内	管外底漆名称及道数	
1	镀锌管	压载舱、饮、淡水舱、给水舱、隔离舱、污水舱、污油水舱			×		S·P	
		各种燃油、滑油舱柜内外交界			×	R·I	S·P	
2	裸露管　磷化管 燃油滑油管	甲板、货舱、房舱、工作舱室及机舱地格栅上		×			R·P×2	
		燃油管、滑油管		×		13# 锭子油	R·P×2	
		机舱地格栅下、房舱衬板内		×			S·P	
		绝缘下（包绝缘的管子）		×		A·P		指蒸汽管、凝水管
		燃油舱、柴油舱、滑油贮存柜、气缸油贮存柜、燃油池油舱、滑油沉淀柜、滑油循环舱		×			R·I	
		……						
3	加热盘管	被加热的舱柜内及舱内外交界		×				
4	排气管	机舱、辅机舱、烟囱	板厚≥6mm		×			
			板厚＜6mm	×			A·P	
	……	……					S·P	

①×表示所采用的除锈方式，机械除锈应规定相应的除锈等级。

②英文字母为涂料牌号与名称的代号，这些代号的含义应在清单首页说明。

五、箱柜除锈涂装清单

船舶的箱柜包括各种油柜与水柜，其中又有镀锌柜与非镀锌柜之分。各种箱柜由于贮放的液体介质的不同，对涂层的要求亦各不相同，又由于箱柜的板厚、结构与外形尺寸的不同，又关系到除锈方式的不同。因此，必须逐项分类，以箱柜除锈涂装清单的形式指导现场生产。

编制箱柜除锈涂装清单时应与有关专业（轮机、舾装）充分协商，并参阅有关箱柜的图纸，了解其构造尺寸，以确定合适的除锈涂装方法。箱柜除锈涂装清单的形式见表 2－5－12。

表 2－5－12　箱柜除锈涂装清单

序号	箱柜图号	箱柜名称	除锈方式与等级			内部涂装		外部涂装		安装部位	备注
			抛丸	酸洗	二次除锈	底漆	面漆	底漆	面漆		
1		锅炉燃油日用柜	×①			R·②		R.P×2	F·P		
2		锅炉柴油日用柜	×			R.1		R.P×2	F·P		
3		应急消防泵用柴油柜	×			R.I		R.P×2	F·P		
4		柴油发电机滑油沉淀柜	×			R.I		R.P×2	F·P		
5		柴油发电机滑油贮存柜	×			R.I		R.P×2	F·P		
6		尾管滑油重力油柜		×							
7		前尾轴管审封循环油柜		×							
8		燃油净化水柜（镀锌）			×			G.P			
9		滑油净化水柜（镀锌）			×			G.P			

序号	箱柜图号	箱柜名称	除锈方式与等级			内部涂装		外部涂装		安装部位	备注
			抛丸	酸洗	二次除锈	底漆	面漆	底漆	面漆		
10		淡水冷却膨胀水箱	×		×	P/E	P/E	R.P×2	F·P		
11		凝水检查贮存柜	×		×	P/E	P/E	R.P×2	F·P		
12		化学清洗柜	×		×	P/E	P/E	R.P×2	F·P		
13		饮水压力柜	×		×	P/E	P/E	R.P×2	F·P		
14		淡水压力柜	×		×	P/E	P/E	R.P×2	F.P		
15	……	……									

①×表示所采用的除锈方式，机械除锈应规定相应的除锈等级。

②英文字母代表涂料牌号与名称，数字表示涂装道数，这些代号的含义应在清单首页说明。

六、基座除锈涂装清单

船舶有许多基座，如主机基座、发电机基座、各种甲板机械基座，各种电气设备基座等等。各种基座安装在不同的区域与部位，因此涂装要求各不相同。基座除锈涂装一般是在内场进行，但有的基座的面漆则在区域涂装时进行，为指导内场对基座的除锈涂装作业，需对各种基座进行分类，然后根据涂装说明书的要求，规定其除锈涂装作业的内容。基座除锈涂装清单的形式见表 2－5－13。

编制基座除锈涂装清单时应参阅船、机、电舾装等专业的基座图纸目录，必要时应参阅有关基座的图纸。

七、开展涂装生产设计的意义

涂装生产设计在我国一些船厂开展以来，体现了很大的优越性。

（一）有利于提高涂装工作的质量

涂装生产设计把涂装技术要求、工艺措施、管理方法等融为一体，按区

域或单元组织生产、指导施工，改变了以往涂装作业没有严格的作业计划、没有严格的工艺程序、仅凭经验、凭老习惯施工的“漆糊涂”状况，使涂装作业的质量有了很大的提高。

表 2－5－13　基座除锈涂装清单

专业分类	序号	箱柜图号	箱柜名称	除锈方式与等级			涂装要求		安装部位	备注
				抛丸	喷丸	二次除锈	底漆	面漆		
船体	1		主要基座	×①		×	T/E②	T/E		
	2		暖气锅炉基座	×		×	T/E	T/E		
	3		发电机组基座	×		×	T/E	T/E		
	…	……								
轮机	24		滑油泵基座		×		R·P×2	F·P		
	25		备用气缸套基座		×		R·P×2	F·P		
	…	…								
电气	82		配电板基座		×		R·P×2	F·P		
	83		电气设备基座		×		R·P×2	F·P		
	…	…								
…	…	…								

①×表示所采用的除锈方式，机械除锈应规定相应的除锈等级。

②英文字母代表涂料牌号与名称，数字表示涂装道数，这些代号的含义应在清单首页说明。

（二）有利于搞好生产管理、提高工效

涂装生产设计的图表、清楚明白地将每个分段、区域以及舾装件的除锈涂装作业要求反映出来，施工人员拿到手上识图块，作业内容和技术要求一目了然，避免因资料不齐、工艺不清而窝工、出差错、返工，提高了工作效率，加快了生产进度，降低了生产成本。

（三）有利于加强各专业工种之间的相互协调

以往的船、机、电各专业和工种，均未把涂装工作置于应有酌地位，因此，分段划分、结构设计等未能顾及涂装工作的要求，有时会给涂装工作带来一定的困难，影响生产进度和质量。各专业的舾装件涂装，往往根据老产品，生搬硬套涂装要求，造成差错、返工。开展了涂装生产设计，加强了专业间的协调，使全船的涂装配套方案统一，生产环节衔接合理，提高了生产管理的科学性，减少了不必要的工料浪费。

（四）有利于新工艺、新技术的推广应用

涂装生产设计将设计、工艺、管理融为一体，加强了各专业工种的协调，有利于分段预舾装、单元舾装、托盘管理、上层建筑整体吊装等新工艺、新技术的推广应用，实现“壳”、“舾”、“涂”一体化现代化造船。也能使涂装作业在整体建造原则工艺及总计划的指导下改进自身工艺技术，降低生产成本。

（五）有利于全面质量管理的进一步落实

涂装生产设计的开展，使船舶涂装从原材料预处理开始到交船为止的每一个阶段、每一生产环节均获得应有的重视，在造船生产的全过程中船舶涂装的全面质量管理获得进一步落实。

（六）有利于搞好安全生产

涂装工作中，因涂料、溶剂而起火、爆炸和中毒的事故，在过去时有发生。开展了涂装生产设计，不仅规定了安全可靠的施工工艺，而且有认真的有效的安全措施，能使事故的发生率大大降低。

第五节　关于船舶管系的颜色标记

船舶内部的管系种类繁多、分布广泛、纵横交错，有的安装在隐蔽部位，如天花板、里子板的内部，有的则安装在显露部位。

为了便于对安装在显露部位的管系的内部介质的了解和控制其流量与方向，需要在管系上做好颜色标记。

管系的颜色标记，各个国家、各个船东都有其习惯做法，在世界上并不完全相同，在船舶设计的过程中应与船东谈妥，并为船东确认。本文介绍的做法，是荷兰 Sigma 涂料公司根据 ISO 的推荐所提出的方法，具有一定的代表性，供读者参考。

一、管系基本识别颜色

管系颜色标记分为基本识别颜色标记和安全性颜色标记两种。

管系基本识别颜色标记是为了帮助人们识别管道内流动的是何种介质，而安全性颜色标记是为了提醒人们引起注意并在一定程度上带有警告性的意义。

（一）基本识别颜色的含义

ISO 推荐的管系基本识别颜色的含义见表 2－5－14 所示。

表 2－5－14　管系基本识别颜色

颜色	色卡号	管内介质情况
绿	RAL 6010	液态水
银灰	RAL 9006	蒸汽
棕	RAL 8001	矿物油、植物油、动物油、可燃性液体

颜色	色卡号	管内介质情况
黄褐	RAL 1004	气态的或液态的气体（除空气外）
紫	RAL 4001	酸和碱
淡蓝	RAL 5012	空气
黑	RAL 9005	其他液体

（二）基本识别颜色的施工方法

管系基本识别颜色的施工方法有以下几种。

（1）采用相应颜色的涂料，涂于管子的整个长度上；

（2）根据管子的直径，每隔一定距离采用相应的颜色的涂料涂于管子上约 150mm 的长度；

（3）用有粘性的、带有基本识别颜色的材料，每隔一定距离、绕管子包覆成彩环。

此外，这种基本识别颜色应涂于管子的所有联结点、阀的两侧、辅助设备、管子穿过舱壁的部位以及其他需要识别流体介质的地方。

如果需要反映管系内介质流动的方向时，那末应该用一个白色或黑色的箭头表示，该箭头应紧挨于基本识别颜色附近，或写于铭牌、标志牌上，附在管子上面。

二、安全性颜色标志

（一）安全性颜色标记的含义

根据 ISO 推荐，安全性颜色标记的含义如下：

（1）红色（色卡号为 RAL 3000）：表示灭火系统；

（2）黄色（色卡号为 RAL 1018）、带有黑色斜条纹：属于危险警告；

（3）以绿色为基本颜色并辅以蓝色（色卡号为 RAL 5010）：指示淡水

管、饮用水或非饮用水管。

另外，还可以用英文字母等方式反映流体介质的属性。如：淡水可写成 Fresh water（英语全名）或 F、W（英语缩写）或 H_2O（化学符号）。

（二）安全性颜色标记的施工方法

（1）采用相应颜色的涂料，涂于基本识别颜色上，在这种情况下，基本识别颜色应涂于管子的整个长度上；

（2）采用相应颜色的涂料，涂于两个约 150mm 长度的基本识别颜色带中间（如图 2－5－2 所示）；

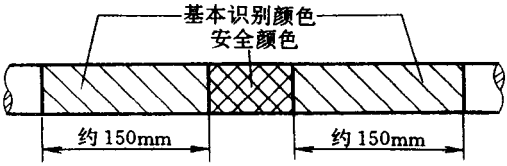


图 2－5－2　安全性颜色标记施工法

（3）在两个约 150mm 的基本识别颜色带中间，用粘性的带有安全颜色的材料包覆成环。

此外，这种安全性颜色应涂于管子的所有联结点，阀的两侧、辅助设备、管子穿过舱壁的部位等。

如果需进一步用文字反映流体介质的属性，则该文字（英语全名或英语缩写或化学符号）应用白色或黑色书写于基本识别颜色上，或书写于基本识别颜色带旁边，或者写于铭牌、标志牌上，附在管子上面。

第六章　刷涂、刮涂、滚刷涂新技术新工艺

第一节　刷涂新技术新工艺

刷涂是最古老的传统涂漆方法，经几千年的应用，形成了一整套传统的工艺操作技术，即使涂装技术发展日新月异，新的涂装方法不断涌现的今天，刷涂仍然是普遍采用的方法之

刷涂是最简便的涂漆方法，所需工具简单，适用范围广，不受涂装场所、环境条件的限制，适用于刷涂各种材质、各种形状的被涂物。同时，对涂料品种的适应性也很强，油性涂料、合成树脂涂料、水性涂料等都可以采用刷涂。刷涂时涂料借助漆刷与被涂物表面直接接触的机械作用，能很好地润湿被涂物表面，并渗入微孔，因而增强了漆膜的附着力。刷涂的缺点是劳动强度大，生产效率比较低；漆膜易产生刷痕，装饰性较差，尤其是刷涂快干涂料需掌握熟练的技巧，方能获得满意的漆膜。

一、漆刷的种类与选用

（一）漆刷的种类

漆刷的种类很多，按刷毛可分为硬毛刷和软毛刷，硬毛刷多为猪鬃（或

马鬃）制作；软毛刷多为羊毛制作，也有用狸毛、狼毛制作的。按漆刷的形状分为扁形刷、圆形刷、歪柄刷、排笔刷、扁形笔刷、板刷等，见图 2－6－1，常用漆刷的构造与特点见表 2－6－1。

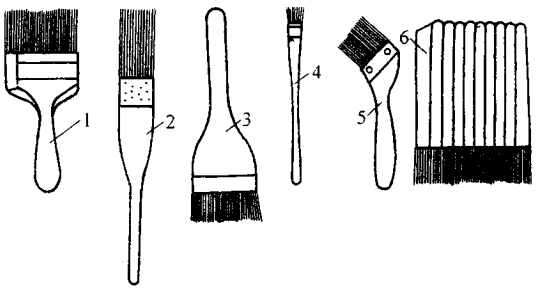


图 2－6－1　常用漆刷

1—扁形刷；2—圆形刷；3—板刷；4—扁形笔刷；5—歪柄刷；6—排笔刷

表 2－6－1　常漆刷的构造与特点

漆刷种类	构造	特点
扁形刷	由木柄（木柄－端呈扁形）、刷毛和长方筒状薄铁卡箍构成，刷毛采用猪鬃制作；按刷毛宽度分为 25mm、38mm、50mm、75mm 等多种规格	适应性很强，最常用；可用于刷涂油性漆、磁漆、清漆等多种涂料
圆形刷	由圆形木柄、圆形刷毛和薄铁卡箍构成，刷毛多采用猪鬃制作。圆形刷的规格以圆形刷毛的直径表示	配合扁形刷使用，用于刷涂形状复杂的部位
歪柄刷	由歪木柄、刷毛和薄铁卡箍构成，刷毛呈扁形，歪木柄通常偏歪 45°，木柄较长	配合扁形刷使用，用于扁形刷不易刷涂的部位
板刷	由薄板刷柄、刷毛、薄铁卡箍构成，分硬毛和软毛两种，刷毛采用猪鬃或羊毛制作，刷毛较薄	可代替扁形刷使用，适宜用于涂装质量要求较高的场合
排笔刷	排笔刷是将刷毛粘结固定在竹管口子一端，形状似毛笔，然后将一定数量的单个竹管刷串扎成不同规格的排笔刷。排笔刷属软毛刷，刷毛采用羊毛制作，常见的有 4 管、6 管、8 管、10 管、12 管等几种规格	适用于建筑行业刷涂大面积墙面

漆刷种类	构造	特点
扁形笔刷	由木质笔杆、刷毛和薄铁卡箍构成、刷毛采用猪鬃或羊毛制作，按刷毛的不同宽度有 2～12mm 多种规格	用于描绘线条和图案

（二）漆刷的的选用

漆刷的选用原则见表 2－6－2。

表 2－6－2

选用原则	选择内容
注意漆刷的质量	1. 刷毛的前端要整齐 2. 刷毛粘结牢固，不掉毛
适应涂料的特性	1. 粘度高的涂料，如调合漆、磁漆等等，町选用硬毛刷，如扁形硬毛刷、歪柄硬毛刷等 2. 粘度低的涂料，如各种清漆，可选用刷毛较薄的硬毛或软毛板刷 3. 水性涂料需选用含涂料好的软毛刷，如羊毛板刷和排笔刷
适应被涂物的状况	1. 一般被涂物的平面或曲面部位，可按照涂料特性，选用扁形刷、板刷或排笔刷 2. 被涂物表面面积大选用刷毛宽的漆刷、面积小选用刷毛窄的漆刷 3. 被涂物的隐蔽部位或操作者不易移动站立位置时，可选用长歪柄漆刷 4. 表面粗糙的被涂物，如铸件，可选用圆形漆刷，因圆形漆刷含漆量多，易使涂料润湿粗糙的表面，并渗入孔穴 5. 描绘线条和图案可选用扁形笔刷平情况，保留一定的间隔；抹平是将已涂布在被涂物表面的涂料展开抹平，将所有保留的间隔面都覆盖上涂料，不使露底；修整是按一定方向刷涂均匀，消除刷痕与漆膜厚薄不均的现象。

二、刷涂操作

（一）刷涂操作要领

1. 执刷

刷涂系手工作业，操作者的熟练程度影响刷涂质量。刷涂时要紧握刷柄，母指在前、食指中指在后并抵住接近刷柄薄铁箍卡上部的木柄上，不使漆刷在手中任意松动。在刷涂过程中，刷柄应始终与被涂表面处于垂直状态，用力要适度，以将约 1/2 长度的刷毛顺一个方向贴附在被涂物表面为妥，漆刷运动时的用力与速度要均衡。

2. 刷涂步骤

刷涂前选将漆刷沾上涂料，需使涂料浸满全刷毛的 1/2，漆刷沾附涂料后，应在涂料桶边沿内侧轻拍一下，以便理顺刷毛，并去掉沾附过多的涂料。

刷涂通常按涂布、抹平、修整三个步骤进行，见图 2－6－2。涂布是将漆刷刷毛所含的涂料，涂布在漆刷所及范围内的被涂物表面，漆刷运动轨迹可根据所用涂料在被涂物表面流平情况，保留一珲的间隔；抹平是半已涂布在被涂物表面的涂料展开抹开头，将所有保留的间隔面覆盖涂料，不使露底；修整是按一定方向刷涂均匀，消除刷痕与漆膜厚薄不均的现象。

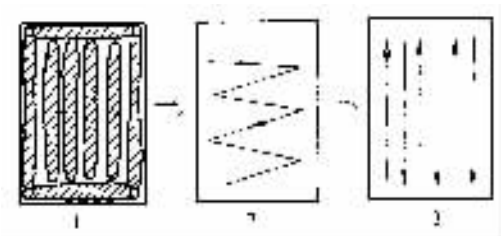


图 2－6－2　刷涂步骤

1—涂布；2—抹平；3—修整

刷涂快干涂料（如硝基纤维涂料）时，不能按照涂布、抹平、修整三个步

骤进行，只能采用一步完成的方法。由于快干涂料干燥速度快，不能反复刷涂，必须在将涂料涂布在被涂物表面的同时，尽可能快的将涂料抹平、修整好漆膜，漆刷运行宜采用平行轨迹，并重叠漆刷 1/3 的宽度，见图 2－6－3。

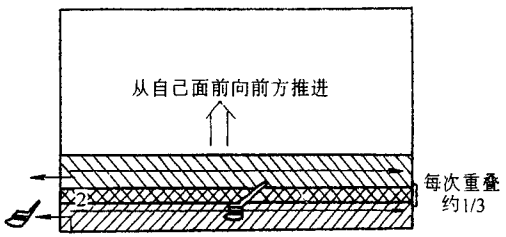


图 2－6－3　快干涂料刷涂方法

1—涂布；2—抹平；3—修整

（二）刷涂注意事项

（1）刷涂时漆刷沾涂料、涂布、抹平、修整这几个操作步骤应该是连贯的，不应该有停顿的间隙。熟练的操作者可以将涂布、抹平、修整三个步骤融合为连续的一步完成。

（2）在进行涂布和抹平操作时，漆刷要求处于垂直状态，并用力将刷毛大部分贴附在被涂物表面，但在修整时，漆刷应向运行的方向倾斜，用刷毛的前端轻轻的刷涂修整，以便达到满意的修整效果。

（3）涂布、抹平、修整三个步骤应纵横交替的刷涂，但被涂物的垂直面，最后一个步骤应沿着垂直方向进行竖刷。木质被涂物最后一个步骤应与木纹同一方向刷涂。

（4）漆刷每次的涂料沾附量最好基本保持一致，只要漆刷的规格选用得当，漆刷每次沾附的涂料刷涂面积也能基本保持一致。

（5）刷涂面积较大的被涂物时，通常应先从左上角开始刷涂，每沾一次涂料后按照涂布、抹乎、修整三个步骤完成一块刷涂面积后，再沾涂料刷涂下一块刷涂面积。

（6）仰面刷涂时，漆刷沾附涂料要少一点，刷涂时用力也不要太重，漆刷运行也不要太快，以免涂料掉落。

（三）漆刷的维护

（1）漆刷在使用前应尽量去掉浮毛。去掉浮毛的方法通常是将漆刷沾少许涂料，在粗糙的板面上反复揉搓，使浮毛掉落，再用刮刀从刷毛的根部向刷毛的前端推刮，反复推刮几次，最后将漆刷在砂纸上刷磨；将漆刷的前端修整成整齐的扁平状。

（2）新漆刷在使用前，可在刷毛根部浸入硝化纤维清漆或虫胶漆，使刷毛在根部尽量粘附牢固，以防漆刷刷毛根部粘结不牢脱毛。

（3）漆刷使用后要清洗干净。首先用刮刀将漆刷上残留的涂料尽量刮掉，然后用稀释剂清洗。刷涂油性漆、调合漆的漆刷，可用 200 号溶剂汽油、煤油清洗；刷涂合成树脂涂料的漆刷，可用其配套的稀释剂清洗；刷涂水性涂料的漆刷，用水或配以亲水溶剂清洗。清洗时不要将刷涂不同颜色、不同种类涂料的漆刷在同一清洗容器内清洗。

在刷涂过程中，短时间中断刷涂作业，可将漆刷垂直悬挂在漆刷防干保存器内，并使刷毛浸泡在防干剂（溶剂或水）中，见图 2－6－4。漆刷悬挂时不要使刷毛的前端触底，以防刷毛变形。需要使用时，从漆刷防干保存器内取去将防干剂甩净即可使用。

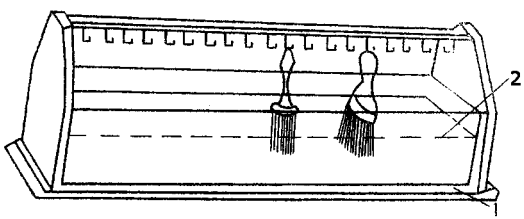


图 2－6－4　漆刷防干保存器

1—防干保存器；2—防干剂液面

漆刷长期保存时需防虫蛀，应保存在干燥场所，最好撒些樟脑粉。

（四）刷涂漆膜常见缺陷及改进方法

刷涂漆膜常见缺陷及改进方不见表 2－6－3。

表 2－6－3　刷涂漆膜常见缺陷与改进方法

缺陷	原因	改进方法
流挂	1. 选用的漆刷刷毛过宽，与被涂物状况不适应 2. 漆刷沾取的漆量过多	1. 根据被涂物选用规格合适的漆刷 2. 漆刷应按照预定的涂刷面积沾取漆量
刷痕	1. 漆刷的刷毛不整齐 2. 漆刷刷毛过硬，涂料抹平后，修整效果差 3. 涂料粘度过高，流平性差 4. 稀释剂挥发过快	1. 将漆刷刷毛修整整齐 2. 根据涂料特性选用合适的漆刷 3. 适当添加稀释剂 4. 增加稀释剂中的高沸点组分
气泡	1. 漆刷用水浸泡存放，使用时水分未除净 2. 被涂物表面沾附有油、水或灰尘 3. 刷徐时未纵横交替的进行涂布、抹平、修整	1. 漆刷使用前一定要除净水分 2. 刷馀前仔细清理被涂物表面 3. 刷漆的涂布、抹平、修整三步骤应纵横交替的进行
针孔	1. 漆刷的刷毛沾附有水分 2. 漆刷刷毛含有较多的低沸点溶剂 3. 刷涂时涂料抹平后，修整用力过大	1. 刷涂前应将漆刷刷毛沽附的水分除净 2. 漆刷刷毛含有低沸点溶剂时，应使其挥发后方可使用 3. 修整时用力要轻
漆膜厚度不均	1. 溶剂挥发过快，且抹平、修整时间过长 2. 漆刷每次沾取的漆量不一致，差别明显 3. 涂料粘度过高，或高粘度涂料选用了刷毛较软	1. 适当增加稀释剂的高沸点组分，尽量缩短抹平、修整时间，不要停顿 2. 漆刷每次沾取的漆量和所涂刷的面积，要基本一致 3. 适当添加稀释剂，或选用合适的漆刷的漆刷

第二节　刮涂新技术新工艺

刮涂是常用的涂装方法之一，主要用于刮涂腻子，修饰被涂物凹凸不平

的表面，并修整被涂物的造型缺陷；刮涂广泛用于铸造成型的被涂物，也用于金属板材冲压成型的被涂物及其他材质的被涂物。

一、刮涂工具

刮涂为手工操作，所用工具为刮刀、腻子盘以及必要的配套打磨工具。

（一）刮刀

刮刀是刮涂的主要工具，常用的有木制刮刀、钢制刮刀、牛角刮刀、塑料刮刀、橡胶刮刀等，见图 2－6－5，其种类及特点见表 2－6－4。

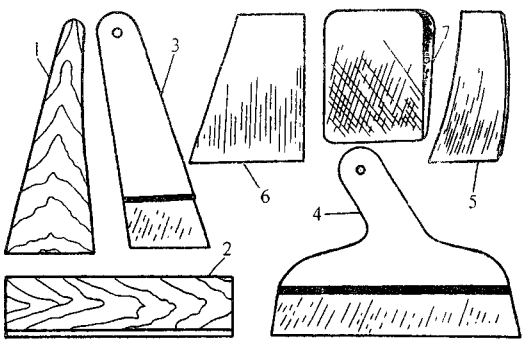


图 2－6－5　常用刮刀

1、2—木制刮刀；3、4—钢制刮刀；5—牛角刮刀；6—塑料刮刀；7—橡胶刮刀

表 2－6－4　刮刀的种类及特点

刮刀种类	特点
钢制刮刀	1. 用弹簧钢板制作，具有较强的韧性和耐磨性，常用的钢板厚度为 0.5～1mm 2. 竖式钢制刮刀用于调拌腻子、小面积刮涂和涂刮修整表面凹凸不平的缺陷 3. 横式钢制刮刀刃宽可达 400m 以上，用于大面积刮涂 4. 刃口的边角要磨圆，刃口适当打磨不能太锋利，也不能太钝

刮刀种类	特点
木制刮刀	1. 用柏木和枫木之类的木材制作，制作容易，具有合适的弹性 2. 竖式木制刮刀刃宽为 10～150mm，刃宽大的用于一般刮涂，刃宽小的用于修整腻子层的缺陷 3. 横式木制刮刀刃宽通常超过 150mm，刮刀高度不超过 100mm，用于刮涂大的平面和圆曲面
牛角刮刀	1. 用水牛角制成，其形状与竖式木制刮刀近似 2. 具有弹性，适宜用于对腻子层进行修整补平和填补针眼 3. 不耐磨，不适宜大面积刮涂或刮涂粗糙的表面 4. 刃口要磨薄，应呈 20°～30°角度，且刃口要磨平直
塑料刮刀	1. 用硬质聚氯乙烯塑料板制成，常用板厚为 3mm，可制成各种不同刃宽的规格 2. 刃口要磨成一定角度，刃口要磨平直 3. 适宜大面积刮涂，尤其适宜刮涂稠度小的腻子
橡胶刮刀	1. 用耐溶剂、耐油的橡胶板制作，常用的橡胶板厚为 4～10mm，可制成各种刃宽的规格 2. 刃口不能磨得太高，以免刮涂时强度不够 3. 有很高的弹性，适宜刮涂形状复杂的被涂物表面 4. 强度低，不适宜填坑补平

（二）腻子盘

腻子盘分为调腻盘和托腻盘两种。

1. 调腻盘

调腻盘用于调整腻子稠度。往往因运输、存放等因素，腻子的稠度有所变化，不适合刮涂要求，需添加稀释剂进行调整。调腻盘也可用作自调腻子。调腻盘用厚度为 2～3mm 钢板制作，常用规格为（500 × 400 × 50）mm，根据实际需要可大于或小于这个规格，边沿应向外倾斜 20°～30°，盘底要求平整光滑。

2. 托腻盘

托腻盘是刮涂作业时用来盛装待刮的腻子。托腻盘通常用 1.5～2mm 厚的钢板制作，常用的规格为（250×180×35）mm，根据需要可大于或小于这个规格，但不宜过大，边沿应向外倾斜 20°～30°，盘底应平整光滑。

刮涂作业腻子用量少或高处作业时，可采用木制的托腻板。托腻板可制成各种形状，如图 2－6－6 所示。

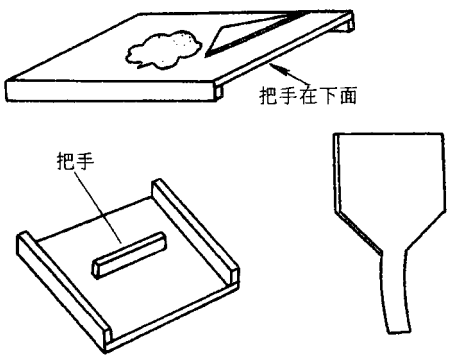


图 2－6－6　托腻板

（三）打磨用具

1. 砂布（或砂纸）

打磨腻子层可用砂布，也可用砂纸。粗磨用 1.5～2.5 号砂布或 150～220 号砂纸。用于将腻子层磨平；细磨用 1～00 号砂布或 220～360 号砂纸，用于将腻子层打磨光滑。

2. 垫板

垫板是木制平板，打磨时可以将砂布（或砂纸）卡附在垫板的一面，主要用于平面磨平腻子层，达到磨高不磨低的目的。大的垫板应设置卡紧固定砂布的机构，小的垫板用砂布将垫板裹紧即可，如图 2－6－7 所示。

3. 打磨机

打磨机有气动和电动两种。气动打磨机重量轻、效率高，使用方便安全，应用较广泛，其构造（F66 型）如图 2－6－8 所示；电动打磨机只需接通电源即可使用，不需另外配置辅助设施，但重量大，湿磨时有漏电危险，

其构造如图 2－6－9 所示。

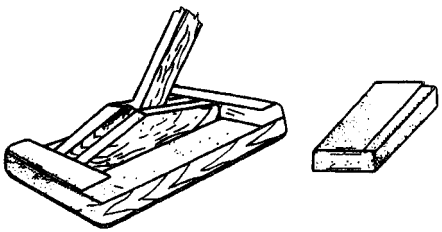


图 2－6－7　打磨垫板

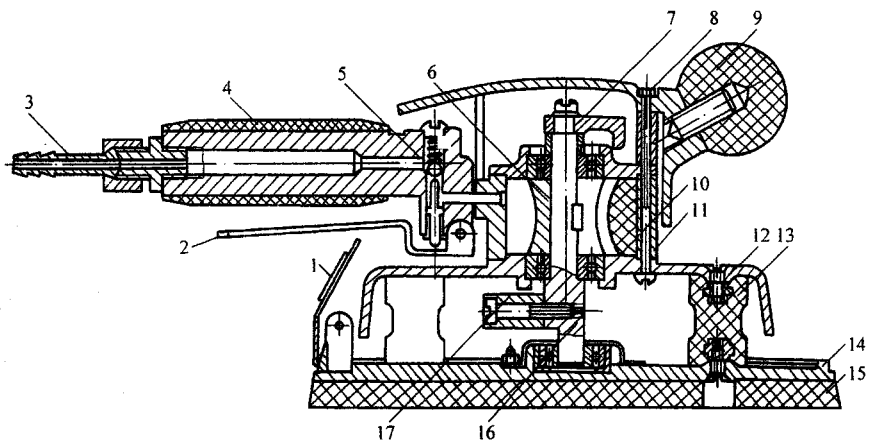


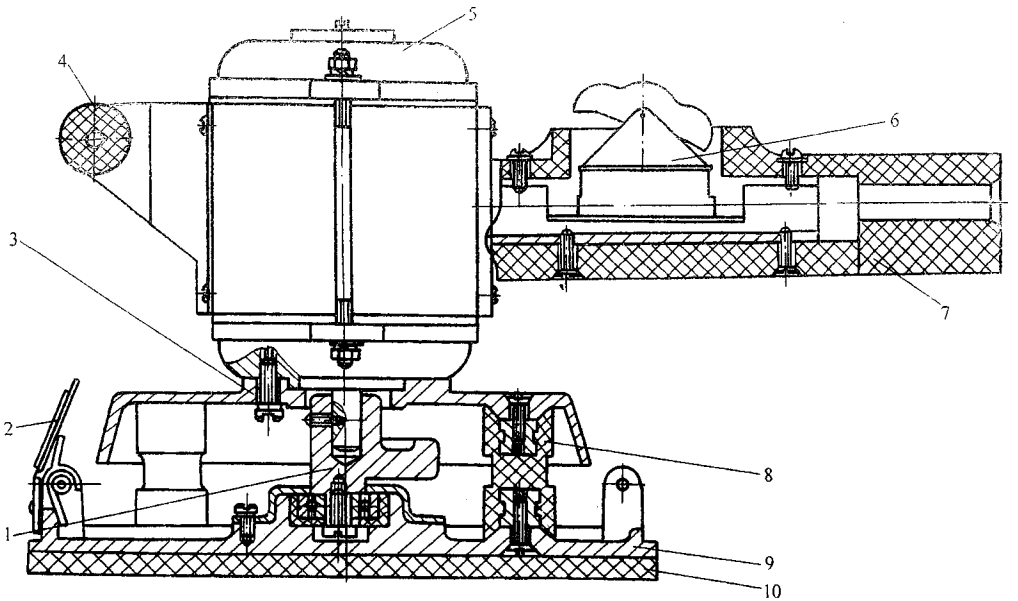
图 2－6－8　气动打磨机构造

1—弹簧夹子；2—开关手柄；3—气管接头；4—手把；5—单向阀；6—叶片；7—上平衡块
8—上盖；9—扶手；10—转子；11—缸体；12—中间座；13—橡胶柱；14—底座
15—磨垫；16—偏心轴；17—下平衡块

二、刮涂操作

（一）刮涂腻子

1. 刮涂次数



2－6－9　电动打磨机构造

1—偏心轴；2—弹簧夹子；3—中座；4—扶手；5—微型电动机；6—电器开关；7—绝缘手把；8—橡胶柱；9—底座；10—磨垫

腻子要多次刮涂，腻子层才牢固结实。不能要求一次刮涂的腻子层达到预定的厚度，因一次刮涂过厚，腻子层容易开裂脱落，且干燥慢。为保证刮涂质量，一般不少于刮涂三次，即通常所说的头道、二道、末道，分三次刮涂其各自的要求是不相同的。

刮涂头道腻子要求腻子层与被涂物表面牢固粘结。刮涂时要使腻子浸润被涂物表面，渗透填实微孔，对个别大的陷坑需先用填坑腻子填实。

刮二道腻子要求腻子层表面平整，将被涂物表面粗糙不平的缺陷完全覆盖。二道腻子的稠度应比头道腻子高，刮涂时应逢高不抬逢低不沉，尽量使腻子层表面平整，允许稍有针眼，但不应有气泡。

刮末道腻子要求腻子层表面光滑，填实针眼。刮涂时用力要均衡，尽量使腻子层表面光滑，不出现明显的粗糙面，所用腻子稠度应比二道腻子低。

2. 腻子稠度的调整