

涂料施工- 初级单元 – IPC 项目

引言

涂料施工是使得任何涂料体系取得成功性能的重要因素之一。涂料材料的质量和物理性质由生产商决定，但只有合适的施工才能获得涂料的潜在性能。其他因素，例如：表面处理及特别使用环境下的涂料选择同样也是重要的。

为了获得成功的保护涂料，首先必须将涂料从其最初的容器中转移至待保护的表面上，然后形成具有期望性质的粘结膜。涂膜必须紧密，能抵御潮气及其他具有潜在破坏力或腐蚀物的通过，并能干燥或固化为其固体状态。施工过程在涂膜的形成过程中起着一个非常重要的作用。

施工方法

使用工业保护涂料的方法有多种，包括：

- 刷涂
- 漆工手套涂
- 辊涂 (手工或动力)
- 喷涂 (包括：传统型有气喷涂，无气喷涂或经过改进的这些方法)

这些方法中，喷涂可能是最广泛用于施工工业保护涂料的方法。

(注意：其他特别指定的方法，包括镘涂或手工施工及复杂喷涂设备将在涂料施工的高级单元中予以讨论。浸涂，辊涂，旋转涂和其他类似技术也将在高级单元中讨论。)

下列一个或几个因素可能会影响施工方法的选择：

- 工件的尺寸和类型。较大的工件可能要使用较多且较高级的设备。工件的类型(在配套中规定) 将决定需要何种或最合适的方法。
- 待涂区域的可接近程度。一些工程(例如：高处的水槽，无线电/电视天线杆)由于实际原因限制了施工设备的类型。
- 待涂区域的形状。较复杂的形状可能难以采用喷涂设备进行合适的涂装。大平面(例如：船舶，储槽等)最适于喷涂施工。
- (喷涂施工中的)过喷涂可能会造成关键区域的损坏或对周围环境的破坏。公众反对碎屑物的呼声日渐增加，例如：工作场地上的过喷涂吹积物。工作区域可以完全封闭，但使用刷涂或辊涂而不使用喷涂，可能是解决该问题最经济的方法。
- 涂料的类型。许多现代化涂料，特别是高固体，厚膜涂料指定采用喷涂施工而不建议使用刷涂或辊涂，只是在不可能进行喷涂施工或小面积施工(例如：修理) 时，才使用刷涂或辊涂。
- 技术工人的可得性。许多高级涂料及设备要求施工人员具备非常专门的技术。在许多地方，不具备熟练水平就不能使用这些涂料及设备。
- 预算限制。如果无钱支付价格昂贵的涂料或施工设备，只能限于选择价廉的涂料和简单的施工设备。

施工方法在很大程度上取决于所用涂料的类型。一些特殊涂料限于使用指定的施工方法。例如：一些 100% 固体份的涂料只能采用特殊设备进行施工，如：多组份加热无气喷涂泵，或用手施工。

传统型液体涂料—采用刷涂，辊涂或喷涂施工—一般应多道涂装，每一道涂层应薄至足以使涂料在干燥和固化时，溶剂得以合适的挥发。一些厚膜涂料，特别是那些具有触变性质的涂料，干燥太快而不能采用刷涂施工进行复涂，所以必须喷涂。另一些厚膜涂料不能在稀释后采用传统型喷涂设备进行喷涂，必须使用无气喷涂。

用于多孔表面的涂料应能渗透进去，填满底材上的空隙，如需要的话，应进行稀释以保证渗透。

涂装方法的选择可能还取决于工人的技术及设备的提供情况。

刷涂施工

油漆的刷涂施工是一种传统方法，在工业生产中大部分已由喷涂施工所取代。刷涂施工比其他施工方法速度慢，通常用于：

- 不能进行辊涂或喷涂的零活(新建及维修)，及用于损坏区域的修理或“局部修补”。
- 角和边的切割处
- 为了在裂缝或腐蚀麻坑处取得良好的渗透作用。

一些关键的区域，如采用喷涂施工可能会由于周围表面的过喷涂而引起损坏，例如：灵敏度高的机器，马达，仪器和仪表玻璃面的周围。

对焊接处，铆钉，螺栓，螺母，棱边，法兰，角落等的预涂。

毫无疑问，刷子的摩擦作用有助于良好的附着力。由于这一原因，刷涂常用于底漆的施工，也推荐用于水下器件的一般施工。刷涂施工有利于将涂料施工在不能完全并合适清理的表面上，其优越的‘润湿’作用使涂料和表面之间达到更好的接触。这特别有益于带锈钢，而使用喷涂施工时，涂料只附着在腐蚀层的顶部，仅有一点或毫无渗透作用—因此只有一点或毫无附着力。

即使是重涂旧的油漆工程(维修)，刷涂施工第一道涂层也是有益的。

对刷涂手中工件所使用的刷子的尺寸应进行挑选。使用小刷子于大面积，难于施工均匀的涂层且工作速率慢，而使用大刷子于小面积，则使精细工作难以实现。

实际操作时，将刷子浸入涂料，取出时，在容器边上擦去或嗝去过量的涂料。刷子使涂料以光滑，均匀的方式在表面上流动流动，不要使用过分的压力，以免在涂料表面上留下条纹或凹陷处。

在前道涂层上以直角呈交叉状施工后道涂层。这样可保证完整，均匀的遮盖并有助于封闭前道涂层的针孔。

施工人员应保持一条‘湿边’，刷涂时应从新涂区域向前一道湿边方向移动。这样可将可见刷痕和搭接区域减至最少。

对于工业保护涂料的施工，有三个要点需要加以考虑：

- 刷涂施工可达杰出的“润湿作用”
- 刷痕(即峰和谷)导致低膜厚区域
- 难以达到始终如一的高膜厚，应指定较低的膜厚

刷涂施工速度慢，但有正负二方面：

- 正面—使操作人员速度减慢，非常留意自己手中的工作
- 负面—使操作人员速度减慢，费时且不经济

刷子的构造

刷子是将鬃毛嵌入在一个固定的组合物中，然后装上木柄或塑料柄而制成的。柄的平端与鬃毛固定组合物用金属箍连接在一起。

填料片嵌在鬃毛底部，这样造成一个空隙可托住更多的涂料，还可减少鬃毛的需用量，而且易于进行涂刷。

较长的鬃毛装在刷子的中央，外侧的鬃毛呈锥形状逐渐减短，这样逐渐减短的作用是使涂料施工较之同样长度的鬃毛刷子来得容易。

有二种类型的鬃毛：

- 天然鬃毛
- 合成纤维

传统的中国鬃毛来自中国猪鬃，这种鬃毛的末端自然分叉或下垂。该特性使中国鬃毛性能极佳，可托住更多的涂料且经久耐用。中国鬃毛因易于吸潮及发涨而失去其有效的形状，所以不适用于水稀释型涂料。

其他天然鬃毛，例如：牛鬃毛，马海毛，骆驼毛，马鬃毛也用于制造漆刷。一般来说，这些鬃毛较次于中国猪鬃毛，但价格便宜且易于获取。

尼龙和聚酯这些合成纤维也用于制造漆刷。合成纤维的末端由于人为分叉而产生下垂。尼龙及聚酯比猪鬃毛耐水，其中聚酯最耐水。

尼龙和聚酯长期使用后都会变软，但聚酯纤维的托漆性比尼龙好。在乙醇和硝基纤维漆的溶剂中，尼龙和聚酯都会失去其硬度，但聚酯所受影响较小。尼龙和聚酯不应用于含有这些溶剂的涂料中。

漆工手套

漆工手套通常用羔羊皮制成，内衬耐溶剂材料。在工业涂料施工中使用有限，通常用于小项目，例如：涂装栏杆，架子中的小直径管道等不可能使用辊涂或喷涂的地方。

实际操作中，将手套浸入涂料并将涂料擦在表面上。所得涂膜质量不可靠，所以这种类型的设备应限于那些外观重于长期保护的区域。

辊涂施工

辊涂对于宽大，平整的表面特有使用价值。虽然不象喷涂那样快，但通常比刷涂快。另一优点是即使是半熟练工人进行施工也能获得适当的，始终如一的标准表面。

辊涂施工无特殊困难之处，很快便可掌握其技术。对大面积施工使用吊桶比托盘更为方便，吊桶里面放有穿孔的隔栅，将辊筒浸入油漆然后在隔栅上滚动以除去多余的油漆并均匀辊涂。而使用托盘时，盘的一端蓄有油漆，辊筒装入油漆后在托盘的‘平台’上滚动。

辊筒的覆盖材料可为短毛‘地毯绒毛’织品，长毛‘羔羊毛’或海绵塑料制品。对于特种涂料，选择正确长度的辊筒绒毛对施工是非常重要的。如果需要的话，应采纳涂料生产商的建议决定最佳辊筒材料。

使用辊涂时，辊筒以交叉的走势在表面上滚动，将涂料均匀地分布在表面上。通常涂料以这种方式施工并结束，但如果需要的话，辊筒也可垂直或水平通过表面而停止。许多现代厚膜涂料不适宜刷涂施工，因为不易达到均匀一致的漆膜。

辊筒在使用后应立即进行清洗。辊筒使用的问题往往产生于其清洁度，管理技术及维修。辊筒不善于将油漆涂入凹陷区域或将蓬松的灰尘及污垢的残留物从表面上去除。还有一种倾向，即：操作人员在开始的涂装面上施以厚涂层，然后在辊筒再装入油漆前，将其稀释至不合适的稠度。

高粘度厚膜涂料难于用辊涂施工在除地面以外的表面上，因为操作人员较难对墙面和屋顶施于恒定的压力。

压料式辊筒

压料式辊筒可通过压力槽直接向辊筒供应涂料而进行连续施工。辊筒芯子由带孔的金属容器制成，这样可使涂料从辊筒的内部流至辊筒的外表面供施工之用。手柄或压力槽上的阀门用以控制流体的压力，节制流向辊筒表面的涂料流量。

压料式辊筒通常用于可同时进行大平面涂装的工程。采用这种自动化设备可大大提高操作人员的效率。

面漆外观

应注意的是施工方法的不同可导致涂层外观的极大差异。刷涂，辊涂或喷涂施工技术都有其各自独特的外观。特定的漆辊常用于达到特定的漆膜外观。

某些类型的涂料，包括那些带有片状颜料(例如：片状铝粉，云母氧化铁)的涂料，对外观上的变化特别敏感，因该变化反映了施工方法和技术。为达到最好及最平整的外观，施工人员应尽可能以恒定的节奏，向同一方向使用喷枪，辊筒或漆刷施工涂料。这种施工对于高可见度的建筑物，例如：高处的水槽和公共建筑尤为重要。

喷涂施工

一般说来，喷涂施工是用于大表面快速施工涂料及用于大多数涂料在几乎所有情况下达到最均匀施工的最好方法。

喷涂施工设备有二种主要类型：

- 传统型有气喷涂

涂料由压缩空气流雾化，随气流运送到表面上。空气和涂料由各自的通道(渠道)进入喷枪，然后混合，再以限定的喷涂图形从喷气嘴喷出。

- 无气喷涂

涂料不用压缩空气雾化，由通过喷枪的流体压力将涂料运送至表面。涂料由高压泵打入喷枪，受压通过具有精密形状和尺寸，称作孔或喷嘴的孔隙，喷到表面上。

特定用途的喷涂设备是以传统型有气喷涂和无气喷涂设备为基础经改进而制成的，包括：

- 多组份喷涂
- 热喷涂
- 静电喷涂
- 离心喷涂
- 高量低压(HVLP)喷涂
- 气助式无气喷涂

我们将在涂料施工的高级单元中研究这些较复杂的系统和设备。我们还要对其他涂料施工方法进行研究，包括：

- 粉末涂装
- 火焰喷涂
- 金属喷涂

- 浸渍涂装，转鼓涂装，流涂和辊涂
- 电泳涂装

传统型有气喷涂的优点

- 喷涂图形易于调节至任何期望的扇形宽度
- 能产生高质量的表面，例如：汽车和家具

传统型有气喷涂的缺点

- 由于过喷涂引起涂料高损耗
- 由于需要压缩空气而引起翻腾和空气湍流
- 为了达到合适的雾化，经常需用溶剂稀释涂料，从而导致每道施工的干膜厚度较低

无气喷涂的优点

- 过喷涂和反弹现象减少，节约涂料
- 多数涂料都能形成较厚漆膜
- 不需用压缩空气雾化涂料
- 不需用压力罐
- 设备可用空气，电或液压驱动
- 生产速率快得多
- 涂料可进入裂缝和角落

无气喷涂的缺点

- 每一个喷嘴的扇形宽度是固定的，不可改变
- 施工涂料的用量几乎不能控制，除非更换喷嘴
- 由于流体流动的速度，难于涂装复杂的小物件

传统型喷涂广泛用于高质量表面(例如：喷涂轿车)，但其速度慢且膜厚低。厚膜涂料可使用传统型喷涂设备，但一般需稀释涂料使其能在较低的压力下通过喷枪。传统型喷涂在世界上某些地方广泛用于大范围涂料施工。一些用户因传统型喷涂设备较安全且施工时毒害较少，故继续使用。

然而，工业用户只对高压(传统型)设备和特殊用途(例如：复杂物件上的硅酸锌涂料的施工)感兴趣，因为这些地方控制喷涂图形较为重要。大多数工业保护涂料施工中，传统型喷涂设备的使用大部分已由无气喷涂取代。在欧洲已很少使用传统型喷涂。但在美国和其他一些国家用得较多，特别是用于无机锌涂料或外观较重要的涂料。

喷涂安全事宜综述

本综述的目的是讨论在所有喷涂操作中所发现的安全问题，无论采用何种特定类型的设备。在讨论每一种设备时，都要提到使用这种喷涂设备所必须谨慎小心的地方。

火灾危险

涂装检查人员，监督人员和工人应始终将毒性和火灾危险铭记在心。多数工人通常意识到机械设备，升降机，梯子，脚手架等的危险性，但他们可能不会意识到少量气化的挥发性溶剂(爆炸危险)会导致巨大的危险，必须使他们认识到处于气体及灰尘之中对健康的危害。

由于在密闭场地进行涂装，引起爆炸，已造成工人死亡。因有毒气体的危害，工人通过合适的面具吸入新鲜空气，但空气中溶剂蒸汽的浓度已达到爆炸范围，一个延长外接的灯泡破碎，点燃了蒸汽，于是事故发生了，造成多人遇害。

闪点是易燃溶剂着火或爆炸的一种指示。表面可能会很热，足以使足够的溶剂挥发引起局部危险。喷雾可能很危险，甚至极细的雾化金属或灰尘分散在空气中也会引起爆炸。

涂料及其溶剂往往按闪点温度进行分类。低闪点溶剂的闪点低于典型储存温度(73°F, 23°C)，储存和/或使用最危险。

为了保持空气中溶剂含量低于爆炸下限，同时又要使涂料得以固化，必须给予合适的通风。

呼吸装置

喷涂时产生一定量的过喷涂，有害蒸汽和有毒烟雾。即使在理想的条件下也无法完全避免。任何处于喷涂操作环境周围的人都应考虑配置某种类型的防毒面具或呼吸保护装置。

防毒面具是一种戴在口鼻上的面罩，防止吸入过喷涂烟雾和蒸汽。

需戴防毒面具有二个原因：

- 首先，某些呼吸保护措施是由诸如 OSHA 和 NIOSH 等机构制定的法规所规定的(注意：这些是美国联邦政府法规)
- 其次，即使没有这些法规，根据常识，吸入过喷涂的油漆和溶剂烟雾也无益于健康

虽然易燃气体或蒸汽的浓度低于爆炸浓度下限，但可能比安全吸入限量要高得多。最高允许浓度(MAC)不得超过工人暴露于有毒环境中工作 8 小时的吸入量。该浓度适合蒸汽，气体，漆雾和固体。最高允许浓度(MAC)每年公布于(在美国)工业卫生档案中—其他国家常采用相同的 MAC(最高允许浓度)。

一般说来，芳烃溶剂，例如：二甲苯和甲苯比脂烃溶剂，例如：松香水毒性要高。但松香水很少用于高性能涂料，而毒性较大的溶剂仍在广泛使用。

芳烃溶剂几乎专用于某些合成油漆，例如：喷漆和乙烯基涂料，多少也用于一些油性漆，例如：酚醛清漆和某些醇酸漆。

脂烃溶剂的允许浓度高于芳烃溶剂，但在任何情况下，最高允许呼吸浓度比爆炸下限浓度低得多。这意味着当某空间被认为对于火灾或爆炸是安全的话，可能对人员来说是极其危险的。应向处于溶剂环境中的工人提供与干净，冷却，过滤的空气源相连的新鲜空气面罩。

使用低闪点溶剂，例如：甲乙酮或丙酮作为‘通用稀释剂’可能极其危险，特别是在密闭空间中。

喷漆工应特别防止吸入含铅或铬的危险浓度油漆，刷漆工也是如此。除了提供合适的通风，去除喷雾，配置防毒面具和空气过滤器外，工人在离开工作场地和吃饭前应彻底清洗自己。污染的衣服也应彻底清洗后再使用。

当使用供气式防毒面具时，所提供的空气必须新鲜，纯净。如果空气被压缩机或车间其他操作污染，使用车间空气—空气来自于工厂—的一般做法则可能是危险的。空气在由喷漆工使用前应经过装置在线路上的过滤器和警示监测器。

有四种主要类型的防毒面具可供操作者使用：

- 供气式头罩
- 供气式面罩
- 防有机蒸汽
- 防尘

供气式头罩防毒面具

头罩式防毒面具设计成遮盖整个头部和颈部，并在低压下通过过滤器向穿戴者提供清洁干燥的空气，使穿戴者的呼吸器官，眼睛，耳朵和暴露的皮肤得以保护，免受高浓度蒸汽，烟雾，灰尘和脏物的毒害。

这种防毒面具在其他防毒面具不实用及不能提供足够的保护时使用。头罩式防毒面具提供最全面的保护方法，因其将眼睛，耳朵和皮肤全部保护起来。不断提供干燥新鲜的空气阻止漆雾进入头罩。

在密闭场地例如：储槽中进行涂装时，通常需用供气式防毒面具，而在喷涂某些涂料(例如：那些含有异氰酸酯的涂料)时，则必须使用供气式防毒面具。

供气式面罩防毒面具

供气式面罩防毒面具仅遮盖口和鼻，由外部提供空气。对于飞溅物等不能提供象头罩式防毒面具那样的保护。在使用这种防毒面具时，还必须佩戴护目镜以保护眼睛。

有机蒸汽防毒面具

有机蒸汽防毒面具遮盖口和鼻并配有可更换的过滤芯子，如图所示通过化学吸附作用除去有机蒸汽。必须使用正确的过滤芯子。

一些这种类型的防毒面具还设计成在空气通过化学过滤芯子前除去空气中的固体粒子。这种防毒面具通常用于一般涂料的最后工序，不推荐用于工业涂料的施工。为使其有效，口罩与面部之间必须完全密封。需要时还必须佩戴安全护目镜或采取其他眼部保护措施。

由于过滤芯子寿命有限，必须更换，所以应保持防毒面具的使用记录。

防尘面具

喷涂人员或协助人员有时还使用防尘面具，但在多数施工中作用不大，还可能不合法。这种面具仅配有从空气中除去固体粒子的过滤芯子，例如：初期表面处理操作中的砂子，磨料或打磨粉尘等，而不除去蒸汽。需要时还必须佩戴安全护目镜或采取其他眼部保护措施。

在涂料制造商的‘材料安全数据手册’(MSDS)中可找到关于合适的‘个人防护设备’(PPE)方面的安全建议，应随时穿戴指定的服装及面具等。在本课程的初级安全单元中还将讲述这方面的问题。

传统型喷涂设备

传统型有气喷涂—空气控制设备

空气控制设备装置在空气压缩机与使用点之间，用以更改气流状态。空气控制设备可更改或控制：

- 空气量
- 空气压力
- 通向喷枪的air的清洁度
- 通向多种设备的air的分布

空气控制设备通常统称作空气降压器(也称作过滤器或调节器)。这种多用途装置可：

- 除去来自空气压缩机的油类，污垢和水分
- 由仪表调节并显示已调节的空气压力
- 为喷枪和其他气动工具提供多个空气出口

空气降压器的主要部件有：

- (1) 空气冷凝器：装置在空气压缩机和使用点之间的空气管道上的过滤器，用于分离诸如油类，水和污垢的固体粒子并冷却压缩空气。空气冷凝器不能调节空气压力。
- (2) 空气调节器：当空气从压缩机出来时，该装置减小主要管道的空气压力。它以最小的波动自动维持所期望的空气压力。调节器应用于已装置空气冷凝器或其他过滤设备的管道中。空气

调节器可调节广范围的空气量和空气压力，带有或不带有压力表并具有不同的灵敏度和精确度。调节器有主要空气入口和已调节的空气出口。

- (3) 一个空气压力表：用以指示空气压力
- (4) 输出阀：用以关闭各条管路
- (5) 一个排放口：用以排出冷凝器累积的水，油和污垢

润滑器

某些气动工具需要很少量的油与驱动他们的空气相混合。润滑器通常以单个装置形式与空气过滤器和空气调节器联合在一起。操作者应保证供应给传统式有气喷涂设备的空气不含有润滑剂。

使用气动工具时，滴落在已处理表面上的油很明显是一个问题。操作者和涂料检查人员必须进行检查以保证表面上无油。

良好的操作实践是将气动工具的润滑器装置在分支管路上，与供应给喷涂施工的空气管路分开。

故障检修及维修

空气降压器(过滤器或调节器)及冷凝器应根据湿度和系统使用情况每日至少放空或清洁二次。在潮湿区域或系统频繁使用时，需进行更频繁的清洁(放空)。

喷涂雾化空气中的水和油会损坏涂装工件。空气必须清洁，干燥，所提供的空气应除去油和水。压缩空气释放至大气时，由于压力改变而发生冷凝。因与喷砂清理设备连在一起，空气管路会含有日前工作留下的水分，所以应在每日工作开始时予以干燥。空气压缩机应长时间运转使其达到操作温度，并采用吸水试验(例如：ASTM D4266)检查空气含油和水的情况。

如果水分通过空气降压器或空气冷凝器，操作者应检查下列事项以决定是否需要纠正：

- 放空过滤器/调节器，空气接收器和空气管路中累积的水分
- 确定过滤器和调节器位于离空气压缩机至少 25 英尺(8 米)处
- 主空气管道别靠近气流或热水管
- 保证压缩机空气入口不靠近气流出口或其他水分产生区域
- 空气接收器的出口应位于靠近储槽顶部处
- 如果空气压缩机为水冷式，检查气缸盖损坏情况或盖上密封圈泄漏情况。输入空气应尽可能冷却。
- 检查压力表以保证可读数且精确。可校准的设备应贴上校准条，特别是如果使用者正在实施 ISO 9000 质量体系。

传统型有气喷涂设备综述

用于施工工业保护涂料的传统型有气喷涂设备通常包括下列部件：

- 空气压缩机，不断提供压缩空气至涂料容器和喷枪
- 空气控制设备，协助稳定提供清洁，干燥的空气
- 软管，在压缩机，喷涂罐和喷枪之间输送空气和涂料
- 喷涂罐，装有待施工的涂料
- 传统型空气喷枪，混合空气和涂料并将混合物以固定的喷涂图形施工在工件上

传统型有气喷涂软管

空气软管

虽然在小的低压系统中可能会采用黑色一桔红色织物覆盖，但空气软管一般为红色。空气软管将压缩空气从空气调节器输送至喷枪。空气软管不应用于涂料。

从调节器至喷枪的软管内径(ID)应为 5/16 英寸(8 毫米)，虽然较大的尺寸也常有所见。如果空气软管内径太小，由于压力下跌过多，造成喷枪空气不足，从而导致各种喷涂缺陷出现。

流体软管

流体软管通常为黑色或棕色橡胶管并导电以使系统接地。由于涂料的溶剂易于侵蚀和损坏普通橡胶化合物，所以流体软管内衬特殊耐溶剂材料，普通溶剂不能透过。

注意：现已有透明塑料制成的流体软管。

对一般面漆，适用 3/8 英寸(10 毫米)内径的软管。维修面漆工作所用的喷枪需要内径为 1/2 英寸(12.5 毫米)的软管。高粘度涂料需要内径为 3/4 英寸(20 毫米)至 1 英寸(25 毫米)的软管。

注意：涂料或溶剂决不应通过空气软管施工，因为空气软管无必须的保护衬里。如果这样使用的话，涂料或溶剂会侵蚀空气软管，引起软管破裂或喷涂空气受到损坏的软管粒子的污染。

清洁和维修保养

流体软管通常在每班工作结束时用合适清洁的溶剂通过管路进行清洁。应使用足够的溶剂以除去所有涂料。操作者通常在溶剂循环通过管路时，以其颜色来判断清洁的有效性。

流体软管可用软管清洁器进行清洁，清洁器推动溶剂和空气的混合物穿过流体软管和喷枪，除去残留物。有一阀门阻止溶剂流动而只让空气通过以干燥设备。

如未经合适清洁，管路中固化的涂料将会导致管路堵塞(或减小内径)或者会被继而使用的其他溶剂软化，污染别的涂料或堵塞管路和喷嘴。

每日工作结束时，应使用合适的溶剂擦拭空气软管和流体软管的外部。

软管应：

- (1) 以整齐盘卷悬挂方式储存
- (2) 定期恰当清洁

软管不应：

- (3) 在地面上拖动
- (4) 绕着锋利物体拉动
- (5) 让车辆辗过
- (6) 绞缠或弯曲
- (7) 当作绳子从脚手架上放下人和设备

向喷枪提供涂料

涂料必须输送至喷枪。在本课程中我们只讨论：

- 压料式供料
- 压料式空气喷枪

其他类型，包括吸料式和重力加料式，在工业涂料操作中很少使用。

常用的涂料容器类型有：

- 与喷枪连在一起的杯子(杯式喷枪)
- 远离喷枪的压力储槽
- 杯式喷枪

直接装在喷枪上的杯子必然较小，必须经常再装料。多数用于较小的工件，或小部件上的最后精细修饰，因此不常用于工业涂料的施工。

杯子可用于压料或为吸料式或者重力加料式设备提供涂料。

压力储槽容器 (喷涂罐)

压料式储槽是封闭容器，容积范围可从约 2 美制介仑(7.5 公升)至 120 美制介仑(450 公升)，在均匀压力下不断向喷枪提供涂料。

储槽用压缩空气加压，将涂料从储槽通过流体软管推向喷枪。

储槽中压力的增大或减小控制流体流动速率。压料式储槽是一种持续向喷枪供料的经济，实用的方法，通常用于需保持连续生产的地方。涂料的流动是均匀的。

较高粘度和高固体涂料可用该方法施工，但 100%固体的涂料则不采用这种方法。储槽可装搅拌机以保持涂料混合并呈悬浮状。(注意：某些一现代化—100%固体的涂料粘度非常低，可采用传统式喷涂进行施工)。

典型的压料式储槽由下列部件组成：

- 壳体
- 夹口盖
- 流体管
- 流体箱
- 带有仪表的调节器
- 安全释放阀
- 搅拌机

压料式储槽的结构根据其用途而变化。轻型储槽通常采用焊接钢板制成并有输入空气压力限制。重型储槽执行 ASME 规定并采用退火钢制成。当喷磨料或腐蚀材料时，储槽壳体应涂上或衬入某种特殊材料，也可使用插入式容器。

压料式储槽调节器

压料式储槽应装置调节器，有三个主要原因：

- 调节器可使涂料流动恒定并可进行精确调节
- 调节器具有调节广范围涂料粘度的能力，并在要求增加软管长度时允许增加压力
- 调节器可对涂料流动和雾化空气压力之间的平衡进行更多调节

压料式储槽可装置单或双调节器。双调节器常用于工业喷涂施工中。

一个调节器控制储槽中涂料的空气压力，从而控制流体的流动，另一个调节器则控制至喷枪的雾化空气压力。

这二个控制器都在靠近操作者的储槽处，可对任何操作条件进行调节。流体压力可能高于或低于雾化空气压力，这取决于：

- 喷枪在储槽上方操作的高度
- 所要求的雾化程度
- 软管的大小及长度
- 操作速度
- 所喷涂料的类型

压料式设备的维修保养

压料式储槽及插入式容器应在每次使用后以合适的溶剂彻底清洗内外部。很明显，最有效的方法是趁油漆未干时进行清洗。清洗压料式容器时，还要清洗及检查密封表面，垫圈和夹口。

传统型有气喷枪

将涂料输送至工件的设备是喷枪。喷枪可分为两大类：

- 自动式
- 手动式

自动喷枪通常在操作和规格上与手动喷枪相同。他们安放在固定或移动的装置上，对准通常由输送设备运送的油漆物件。

自动喷枪通过连接的气缸遥控发射，并预先调节好以喷涂正确的涂料混合物，达到良好的表面效果。自动喷枪施工的特殊用途和详细情况包括在本课程的高级单元中。

但应注意的是，许多手动喷涂的概念和工具与自动喷涂施工所使用的非常相似。喷涂图形和密度可用喷枪上的各种阀门和控制装置进行调节。

手动喷枪由操作者手持并发射气流及涂料流。当操作者将喷枪瞄准并扣动扳机时即进行涂料施工。操作者的技术对于产生良好的表面是非常重要的。

传统型有气喷枪部件综述

典型手动喷枪的主要部件可分为三类：

- 气流控制
- 流体控制
- 枪身

气流

气流控制的一些主要部件有：

- 空气控制阀
- 空气调节阀
- 图形调节阀
- 喷气嘴

空气控制阀

空气控制阀位于喷枪柄上，正好在扳机的后面。当扣动扳机时，空气控制阀打开，使气流通过喷枪。空气控制阀柄上的正向反射弹簧使阀门保持关闭直至扳机扣动。

空气调节阀不提供空气压力调节。当空气阀关闭时，无空气进入喷枪。当阀门打开时，接纳全部空气压力。

空气压力完全由位于压缩机和喷枪之间的压力调节器控制。空气压力应根据所喷涂料的粘度和所期望的喷涂密度(薄层覆盖或厚层覆盖)进行调节。

空气调节阀

低容积喷枪和中容积喷枪装有空气调节阀(或螺丝)，高容积喷枪则是选择性安装。当阀门装置在喷枪内时，位于靠近枪柄座的空气入口处。当阀门选择性安装时，则位于空气入口连接处，与空气软管相连。

空气调节阀只控制空气流动(立方英尺/分钟，公升/分钟)，对空气压力无作用(磅/平方英寸，MPa)

喷束形状调节阀

喷束形状调节阀(或螺丝)位于喷枪背面，是该处可见的二个圆形按钮中上面的那个。阀门柄位于喷枪前方，空气紊流器或空气出口处。

喷束形状调节阀调节供给喷气嘴喇叭口的空气。喇叭口的空气控制喷涂图形。当阀门关闭时(顺时针旋足)，喷束呈圆形。当阀门打开时(逆时针旋足)，喷束呈逐渐变窄的扇形。

喷气嘴

喷气嘴将加压空气引入涂料进行雾化，通过空气喇叭口到涂料上，控制喷束形状。

内部与外部混合

工业空气喷枪通常分为内部混合和外部混合二种。二种类型都可用于手工或自动操作。

内部混合喷枪

内部混合喷枪在喷气嘴内部混合空气与涂料。涂料在离开喷枪前雾化。内部混合喷枪必须在提供压力情况下使用，所有吸料式或重力加料式不可能进行内部混合。通常在需要较粗糙表面，例如：天花立体花纹喷涂和厚浆屋顶涂料时使用。

雾化空气和涂料在喷枪处的压力必须近似相等。喷束图形由喷气嘴的形状决定。

内部混合喷枪(也称作低压喷枪)通常只用于低压空气压缩机或慢干涂料或粘稠涂料。快干涂料会堵塞喷枪气孔。

外部混合喷枪

外部混合喷枪恰在流体喷嘴处(或外部)混合空气和涂料。空气在离开喷枪后雾化涂料。

外部混合喷枪可由压料或吸料方式供料，既可用于吸料供应又可用于压料供应。

这种喷枪在需要精细油漆或多方面适用的表面时使用。由于这种喷枪所提供的雾化及控制比内部混合喷枪好，所以成为一种广泛使用的喷枪。

二种类型的喷枪的一些优点及局限性：

外部混合喷枪的优点

- 产生细微的雾化
- 提供控制的喷束图形
- 节约喷气嘴，无磨损

- 用于吸料及压料进料方式

外部混合喷枪的局限性

- 需要较多的空气(cfm, l/min)
- 需要较高的空气压力(psi, MPa)
- 会产生最多的过喷涂
- 每道涂层漆膜最薄
- 喷束尺寸最小

内部混合喷枪的优点

- 需要较少的空气(cfm, l/min)
- 需要较低的空气压力(psi, MPa)
- 过喷涂最少
- 每道涂层漆膜最厚
- 喷束尺寸最大

内部混合喷枪的局限性

- 提供较粗的雾化
- 喷束尺寸固定
- 空气喷嘴和流体喷嘴会磨损
- 只可用于压料方式

传统型有气喷涂—调节喷枪进行喷涂

设备一经挂装，压料喷枪就必须平衡。进行平衡的步骤为：

- 为达到最大的喷束尺寸，打开分流梭调节阀
- 旋开流体调节螺丝直至线状出现
- 固定流体流动速率
- 打开雾化空气
- 测试喷束图形

喷枪一经平衡，喷涂准备就绪，则需要良好的喷涂技术以达到可接受的涂料施工。

传统式有气喷枪的清洁

涂料施工结束后，需进行正确的清洁工作以保证下次工作时该设备处于良好的工作状态。

压料式喷枪

为了清洁压料式喷枪，用一块布托住喷气嘴并扣动扳机，将涂料压回开口容器。清洁容器并加入溶剂。给系统加压，使溶剂循环直至清洁。(注意：该过程中，应关闭雾化空气)。再次松开喷气嘴和容器盖子，使空气倒回喷枪和软管以干燥软管。清洁喷气嘴和流体喷嘴。清洁储槽并再行装配供以后使用。

安全注意事项：该清洁方法仅用于有气喷枪。操作者决不可将手放在无气喷枪前。

可拆除的喷头

如果所使用的喷枪具有可拆除的喷头，可按如下方法卸下喷头进行清洁：

松开将喷头和枪身连在一起的锁紧螺栓，从喷头上旋下螺栓。用手指向后压以尽可能向前推动扳机。向前拉喷头。复位，向前推动扳机并插入喷头。拉回扳机并旋紧锁紧螺栓。

润滑喷枪

润滑流体针形喷阀填料，空气阀填料和扳机一轴承螺丝。偶尔在流体针形喷阀填料上滴一，二滴油以保持柔软。流体针形喷阀弹簧应涂上凡士林。

注意：切不可将整个喷枪浸入溶剂进行清洁。溶剂会除去喷枪皮密封上的天然油，造成密封剂干掉，喷枪发生故障。

清洁喷气嘴

将喷气嘴浸入清洁溶剂内进行清洁并用压缩空气吹干。如果小孔堵塞，将气嘴浸入溶剂。如需疏通，则应采用火柴梗，稻草或其他软工具进行。用金属丝或钉子抠挖则会永久损坏喷气嘴。

油漆施工疑难问题

传统型有气喷涂的故障检修

下表列出了一些较常见的有气喷涂故障和原因以及纠正方法：

故障	原因	纠正方法
流体从流体填料部件中泄漏	填料螺母，工作填料或干流体针形喷阀填料松动	用几滴轻油润滑填料。旋紧填料螺母以防泄漏，但不能太紧以免紧夹针形喷阀。填料磨损时必须更换。 旋紧填料螺母直至夹牢针形喷阀，然后后退填料螺母直至针形喷阀可在流体喷嘴中自由移动。
空气从喷枪前面泄漏	a. 阀门或座部上有外来物质 b. 阀门或座部磨损或损坏 c. 空气阀门弹簧损坏 d. 由于缺少润滑，阀门杆发粘 e. 阀门杆弯曲 f. 填料螺母太紧 g. 密封圈损坏或遗漏	检查并纠正
流体从喷枪前面泄漏(压料式)	a.流体喷嘴或针形喷阀磨损或损坏 b.流体喷嘴中有块状脏物 c.填料螺母太紧 d. 针形喷阀弹簧损坏 e. 针形喷阀或喷嘴尺寸不对	检查并纠正
喷涂跳动或不稳	适用于吸料式和压料式： a. 容器中缺少足够的涂料 b. 容器过度倾斜 c. 流体通道有障碍 d. 高粘度涂料，需加稀释剂 e 喷涂杯或储槽中的流体收集管松动或开裂 f. 流体管松动或喷嘴座损坏	检查并纠正
顶部密集形状	1. 喇叭口的洞部分堵塞	纠正本页或下一页所展示的缺陷，确定障碍在喷气嘴还是在流体喷嘴。这可通过固体试

故障	原因	纠正方法
	2. 流体喷嘴底部堵塞 喷气嘴座或流体喷嘴座上有脏物	验喷束形状来进行，然后将喷气嘴旋转一半并喷涂另一图形
底部密集形状	1. 喇叭口的洞部分堵塞 2. 流体喷嘴底部一侧堵塞 3. 喷气嘴座或流体喷嘴座上有脏物	如果缺陷与插图所示相反，障碍在喷气嘴上。清洁喷气嘴。 如果不是相反，障碍则在流体喷嘴座上。检查流体喷嘴边上的细微毛口(用 600 的湿或干砂纸磨去)或开口处内部的干漆(洗去)。
右侧密集形状	1. 喇叭口洞右侧部分阻塞 2. 流体喷嘴右侧有脏物	检查并纠正
左侧密集形状	1. 喇叭口洞左侧部分阻塞 2. 流体喷嘴左侧有脏物	检查并纠正
中央密集形状	1. 分流梭调节阀装得太低 2. 雾化压力太低或涂料太厚 3. 如为压料式，则因为流体压力对于所使用的雾化空气太高，或涂料的流动超过了喷气嘴的正常容量 所使用的涂料喷嘴太大或太小	纠正本页所展示的缺陷，再调节雾化压力，流体压力和喷涂宽度直至获得所希望的喷涂图形。
喷束分叉	空气和流体未适当平衡	通过分流梭调节阀或增加流体压力来减小扇形宽度。后者增加了速度，喷枪操作必定快得多。
干喷	所喷涂层缺少液体材料，因为： 1. 空气压力太高 2. 涂料未经正确冲淡或稀释(只在吸料式供料中) 3. 喷枪离工件太远或超出调节范围	1. 降低空气压力 3. 按说明书采用合适的稀释剂进行稀释 4. 调节喷枪至工件的距离，清洁并调节喷枪流体及喷束形状控制
不均匀图形	不规则不均匀的图形，成形慢因为： 1. 涂料流动不合适 2. 雾化空气压力太低 (只在吸料式供料中) 3. 喷枪移动太快	1. 倒退流体调节螺丝至第一条螺纹 2. 增加空气压力，再平衡喷枪 喷枪以中等速度，平行于工件表面移动
不能达到圆形喷涂	扇形调节柄未合适密封	清洁或更换
不喷涂	1. 喷枪处无空气压力 2. 吸料式供料使用内部混合喷气嘴 3. 使用内部混合喷气嘴和压力储槽，流体压力太低 4. 流体喷嘴开启不足 5. 流体对吸料式供料太重或粘度太大	1. 检查空气管路 2. 换成外部喷气嘴 3. 增加储槽处的流体压力 4. 打开流体调节螺丝 5. 改成压料式供料，或稀释流体(即：加入稀释剂)
流体喷嘴滴漏	1. 填料干燥 2. 针形喷阀粘滞	1. 润滑填料 2. 润滑

故障	原因	纠正方法
	3. 填料螺母紧 MBC 型喷枪喷头不成直线，造成针形喷阀移动不便	3. 调节 用木头和皮槌敲打喷头四周并再紧固锁紧螺栓
过量的过喷涂	1. 雾化空气压力太高 2. 喷枪离表面太远 3. 喷涂动作不合适，即： 弧形，移动太快	1. 降低空气压力 2. 检查距离 3. 喷枪以中等速度，平行于表面移动
过量喷雾	1. 稀释剂太多，或使用了快干稀释剂 2. 雾化空气压力太高	1. 再混合 2. 降低空气压力
流体从填料螺母处泄漏	1. 填料螺母松动 2. 填料磨损或干燥	1. 紧固螺母，但不要太紧以免夹住针形喷阀 2. 更换或润滑填料
粗糙的，砂状，薄层面漆，流平前已干燥	1. 喷枪离表面太远 2. 空气压力太高 3. 使用了快干稀释剂	1. 检查距离 2. 降低空气压力 3. 再混合
喷束分叉	流体输送不合适 流体未雾化	1. 增加流体压力 2. 换成孔径较大的喷嘴 3. 降低流体粘度 4. 清洁喷枪及过滤器 5. 减少喷枪用泵数 6. 装置蓝宝石嵌件
喷束膨胀或收缩（波动）	脉冲式送料 吸料部分泄漏	1. 换成较小孔径的喷嘴 2. 在系统中装置脉冲室，或放空现有的脉冲室 3. 减少喷枪用泵数 4. 增加空气马达的空气供应量 5. 除去系统中的阻力，如有喷嘴网或过滤器，清洁之 6. 检查虹吸软管泄漏情况
砂漏状喷束	流体输送不合适	1. 同上述第 5 项全部内容

无气喷涂

无气喷涂因不采用压缩空气雾化油漆而不同于传统型有气喷涂，油漆由泵通过供应管路从容器—通常是生产商原来的漆桶，有时也可是 55 美制加仑(200 公升)桶的散包装—打入无气喷枪。

无气喷涂操作是在高压下使油漆通过一个精确设计的小洞或小孔。当油漆离开喷枪，遇上大气便迅速膨胀。这二种因素使得油漆分解成极细的粒子，形成非常均匀的喷束图形。因没有空气用于雾化油漆，所以称之为‘无气’。

在无气喷涂设备中，泵与喷枪之间的涂料处于高压之下，而不象压料式有气喷涂那样，容器中的涂料不处于压力之下。这样涂料可直接从原来的包装容器由泵吸入。

无气喷涂的优点包括：

1. 提高了生产效率(施工较快)。无气喷涂施工大多数类型的油漆都比任何其他手工操作施工方法

2. 由于涂料容器不处于压力之下，所以可用泵在生产商的容器里进行操作。
3. 由于不用空气雾化，过喷涂大大减少。可能会发生油漆‘滴落’现象，但可通过控制压力来减少，回弹现象降到最低。
4. 产生均匀的厚漆膜，减少了所需涂层数。
5. 施工的漆膜很‘湿’，保证了良好的附着力及流平性。
6. 大多数涂料只需增加极少稀释剂即可喷涂。溶剂少涂料干燥快，对环境损害少。
7. 涂料能较好地渗入点蚀坑，裂缝，凹面及诸如角落等难于到达的区域。
8. 单软管与喷枪相连，易于操纵。

为了产生所需的极高压力，可采用二种无气喷涂泵中的一种：

空气马达泵—压缩空气由独立的空气压缩机供应。消耗 3.5cfm(1.7litres/min)的空气需要 60—100psi(4—7bar)的压力。泵具有固定的比率，根据类型及制造方法可从 20:1 至 65:1 变动。泵将输送至泵的压力的磅数或巴数按比率数增加。一台 30:1 的泵，如果吸入压力为 100 psi (6.8 bar)，则将产生高达 3,000 psi (204 bar)的喷涂压力。为了降低喷涂压力，只需限制驱动泵的输入空气压力即可。例如：30:1 的泵，60 psi (4.2 bar)输入压力，1,800 psi (125 bar)的油漆压力。

电动液压泵—采用液压流体的压力来驱动流体泵。这种泵效率较高且不需要空气压力，只需插上插头接通主要电源即可。这种泵可产生 3,000 psi (204 bar)的喷涂压力。

但是，许多施工现场提供合适的电往往有困难，而且电动泵所提供的压力是有限的，使设备不能喷涂某些重防腐油漆，因此使用面较小。

下列器材也用于无气喷涂设备：

流体管路—特殊的高压力耐溶剂小口径软管，采用金属丝网强化。

流体喷嘴—喷嘴孔尺寸控制油漆的通过量。喷嘴的角度控制喷涂扇形的大小。当需要调节时必须更换喷嘴。喷嘴具有不同的尺寸和形状。

无气喷枪除了扳机外无其他控制器件。扇形喷束和涂料流动由流体喷嘴控制。装有安全拉钩以防止意外喷射。针形喷阀，喷嘴及座部由碳化钨制成，可耐高压和某些油漆的磨损作用。

可翻转喷嘴—由于流体喷嘴孔非常小，易被油漆和其他污物的小粒子堵塞。为了节约每次卸下，清洁及更换喷嘴的时间，设计了一种特殊喷头，可使喷嘴翻转，吹出污物，然后再回到其工作位置。

系统内装有细孔丝网过滤器，通常装在涂料进入流体管路的压力泵处，这些过滤器逐渐被堵塞并常遭忽视。

无气喷涂安全事项

无气喷涂的安全措施基本上与使用传统型有气喷涂时所应遵守的措施相同。仅需增加的非常重要的一点是：由于无气喷涂的原理是迫使涂料在极高的压力下通过很小的孔，所达到的雾化极其有效，可使液体穿过薄膜(例如：人体皮肤)而不损伤之。

这种原理恰与军事中使用的高压装置相同，该高压装置代替皮下注射针头对军事人员进行医疗麻醉。

因此，有害的涂料意外喷射是一种真实存在的危险。意外喷射—如不进行处理—可能会导致失去肢体，甚至生命。所以建议在使用或靠近无气喷涂设备时，应将其当作装有弹药的武器对待。

安全机构(例如：美国的 OSHA)认识到这种危险，要求无气喷枪应带有安全警示并在喷嘴处(即：涂料离开喷枪的那一点)装置安全隔离物以减少油漆和溶剂不损伤皮肤而穿透皮肤的可能性。

溶剂或其他流体射入皮肤会损坏局部组织，也可能会将流体引入血液，发生局部肿胀直至压力减小。合适的处理包括释放压力及有毒化学品，通常以切开受影响的皮肤进行处理，所造成的损伤非常严重。

(图片：这张幻灯片展示了进入无气喷枪通道的一个手指。肿块处即为流体射入的地方。这张幻灯片展示了经过外科手术修复后的该手指。这些图片真正等值于无气喷涂安全事项的 10,000 字的叙述)

所有使用的设备应符合 OSHA (美国), Health and Safety at Work Act (英国)或其他所要求的标准。

如果遵循所有安全措施，意外喷射很可能不会发生。但一旦有人遭意外喷射，他或她应立即就医，即使看上去很轻微。延误就医可能会导致失去手指，手臂或腿脚，甚至造成死亡。

另外还有一些无气喷涂安全规定如下：

- (1) 加压装置决不能无人照看。在离开前应关闭装置，释放压力，牢牢锁住喷枪的扳机并切断电源。
- (2) 所有流体连接应采用高压比率的无气喷涂配件，牢牢固定并在每次使用前进行检查。
- (3) 流体软管应进行电接地以减小静电火花的可能性。
- (4) 应遵守涂料和溶剂生产商有关的安全措施及告诫。
- (5) 发现任何不安全的情况或操作应立即向安全监督人员报告。

无气喷涂设备

最常用的无气喷涂系统为直供型。在这种系统中，泵只在喷涂时才运转，随着压力升高逐渐减慢并在扳机松开时停止运转。典型的直供系统包括：

- 油漆供应
- 泵
- 过滤器
- 软管
- 喷枪

无气喷涂泵

无气喷涂泵是从涂料容器中吸入涂料并在压力下提供给无气喷涂系统其他部分的一种设备。多数泵都是往复移动的容积式泵，在压力下以上下走势输送涂料。

泵的容积以加仑/分钟(gpm)或公升/分钟(l/m)进行计量并取决于涂料泵的排出量及其运转时每分钟循环的次数。涂料施工所使用的泵的输送量为 2.5 gpm 至 15 gpm (10 至 60 l/m)。

流体压力可根据泵的设计从约 800 至 6,500 psi (55 至 448 MPa)。

最常用的无气喷涂泵在 1,500 至 3,500 psi(103 至 240MPa)的压力范围内输送油漆并由压缩空气驱动。

虽然泵可用压缩空气驱动，但空气不与油漆接触，不用于雾化油漆，因此其原理仍为无气喷涂。

泵也可由电或液压驱动。

泵的输出压力以磅/平方英寸，(psi,[MPa])进行计量，如果是空气驱动泵，则取决于空气马达活塞面积对油漆泵活塞面积与输入空气压力之比。换言之，这些泵按固定比率倍增的原理进行运转，提供给流体的压力为多倍的输入空气压力。

例如：一台比率为 30:1 的泵，输入空气压力为 80 psi (5.8 MPa)，其输出流体压力则约为 2,400 psi (165MPa)。典型的比率为 25:1，30:1，45:1，65:1。较高比率的泵多用于喷涂高固体涂料，如多支喷枪用一台泵则必须采用高比率泵。

寒冷天气下的操作及使用较长软管时则需增加压力以达到成功的雾化。

无气喷涂涂料容器

在无气喷涂系统中，涂料容器不加压。用泵将涂料从容器中吸入，然后加压涂料。

本插图展示了用作涂料容器的 55—美制加仑(200 公升)园桶。搅拌器由空气驱动。

由于涂料通过输入软管吸入，所以软管应装甲，以防引起皱缩而使以后油漆流动受到限制。

无气喷涂软管及配件

用于无气喷涂设备的流体软管的尺寸及配件必须设计安全，可承受系统所产生的高压(高达 7,500 psi {512MPa})。同时还必须耐所通过的涂料和溶剂的侵蚀。最常用于无气喷涂流体软管的材料是尼龙，聚四氟乙烯和聚氨酯。

所有无气喷涂软管应接地，以防静电堆积。处于有害环境例如：活性气体工厂或封闭空间中的无气喷涂装置本身也应接地。

只有设计成用于高压无气施工的配件，如旋轴，接头和其他部件才可与无气喷涂设备一起使用。

软管安全事项

不恰当地使用或管理会导致软管断裂或人员受伤。软管应仔细使用及按规定安置，以免缠绕，磨损，切断或暴露于 180°F (82° C)以上或 0°F (- 18°C)以下的温度中。

每次使用前，应检查整条软管的切断，泄漏磨损，覆盖物膨胀或接头损坏或移位等情况。如存在任何上述现象，应立即更换。不可用胶带或其他器件试图修补。

与软管材料不相容的化学品或试剂不应用于软管清洗或与之配用。

每次使用前必须锁紧流体接头。当系统处于压力之下不应松开或断开接头。

软管不应用来拖动无气喷涂装置。只有导电的或接地的流体软管和空气软管才能用于无气喷涂施工。喷枪应通过软管接头进行接地。

软管的全长不应超过 500 英尺(150 米)。

无气喷枪

无气喷枪是使涂料在高压下通过喷嘴上的小孔，雾化涂料并使涂料形成椭圆形，施工在工件上。

无气喷枪有二种基本类型：

内喷口：加压的涂料先通过枪身再通过喷嘴小孔。

外喷口：涂料通过喷枪外的一根管子输入喷嘴小孔，如这张幻灯片所示。

无气喷枪主要部件包括：

- 入口—通常为 1/4 英寸(6 毫米)线状喷嘴，与接地的流体软管连接。
- 涂料喷口：将加压的涂料从入口输送至雾化喷嘴。
- 喷嘴安全罩：根据规定要求设置，通常为鲜艳的安全橙色或红色。喷嘴安全罩用来防止任何人将身体靠近喷嘴孔而遭受涂料喷射。
- 喷嘴孔(或喷嘴)
- 密封圈：保证流体喷嘴与雾化喷嘴之间的密封性，防止高压泄漏。
- 雾化喷嘴：帮助有效的雾化。雾化喷嘴有一 0.090 英寸(2.24 毫米)的小孔，内有隔栏将高压涂料流劈开。如果喷枪一旦发射而喷嘴不在其位进行雾化时，雾化喷嘴也可作为内部安全装置散裂高压涂料流。
- 安全保险器：如这里所示，当安全保险器在‘开’位时，可防止喷枪发射，恰如手枪保险器可阻止意外发射一样。当在‘关’位时，如这儿所示，喷枪发射并使用。

无气喷嘴的选择

无气喷嘴有许多不同的尺寸，通常用某种碳化钨合金制成。由于无气喷枪功能象开/关，在喷枪上没有控制空气和流体的装置，因此无气喷涂扇形的宽度和形状只能由所选择的喷嘴来进行调节。

这张图表展示了用于各种涂料的喷嘴尺寸

无气喷涂喷嘴对照表		
涂料种类	近似孔径尺寸	提供的扇形宽度 (距喷嘴 12 英寸, 30 厘米)
低粘度涂料	0.011 英寸 (0.28 毫米)	6, 8 或 10 英寸 (15, 20 或 25 厘米)
洗涤底漆，车间底漆	0.007 至 0.011 英寸 (0.17 至 0.27 毫米)	6, 8 或 10 英寸 (15, 20 或 25 厘米)
喷漆，清漆，磁漆，罩面漆	0.011 至 0.015 英寸 (0.28 至 0.38 毫米)	6, 8, 10, 12 英寸 (15, 20, 25, 30 厘米)
工业底漆	0.015 至 0.021 英寸 (0.38 至 0.53 毫米)	6, 8, 10, 12 英寸 (15, 20, 25, 30 厘米)
注意：上述喷嘴应使用 100 目的过滤网。		
中或高粘度乙烯，丙烯酸， 乳胶，醇酸涂料	约 0.017 英寸 (0.43 毫米)	6, 8, 10, 12 英寸 (15, 20, 25, 30 厘米)
厚膜涂料	0.019 至 0.025 英寸 (0.48 至 0.63 毫米)	8, 10, 12, 14 英寸 (20, 25, 30, 35 厘米)
玻璃片涂料	0.025 至 0.040 英寸 (0.63 至 1.0 毫米)	10, 12, 14 英寸 (25, 30, 35 厘米)
注意：上述喷嘴应使用 60 目的过滤网。		

上表展示了用于各种涂料的喷嘴尺寸。相同尺寸，不同形状的喷孔可获得不同的扇形宽度。例如：根据喷孔的形状，一个 0.013 英寸的喷孔可产生 6—8 英寸，8—10 英寸或 10—12 英寸不同宽度的扇形。反之，一个 6—8 英寸宽度的扇形可由 0.011，0.013，0.015，0.017 或 0.019 英寸的喷孔产生。(以公制计：一个 0.33 毫米的喷孔可产生 15—20 厘米，20—25 厘米，或 25—30 厘米不同宽度的扇形。反之，一个 15—20 厘米宽度的扇形可由 0.28，0.33，0.38，0.43 或 0.48 毫米的喷孔产生。)

高粘度，高颗粒涂料通常需要较大的喷孔。

如前所述，泵依据其在最高操作速度每分钟输送的油漆量而定级。喷嘴依据其每分钟通过的油漆介仑(公升)数而定级。为了保证连贯的工作，泵应能够以比喷嘴雾化快的速率输送油漆。

虽然一台 0.75 介仑/分钟(2.83 公升/分钟)的泵很少能在一分钟内输送 0.75 介仑(2.83 公升)的油漆，因为喷枪发射时，由于某些原因，一个 0.20 介仑/分钟(0.75 公升/分钟 m)的喷嘴很少能在一分钟内喷涂 0.20 介仑(0.75 公升)的油漆，但必须记住：流动速率是一个重要因素，喷嘴和泵应相配。

例如：一个 0.021 英寸(5.1 毫米)孔径的喷嘴，流动速率为 0.42 介仑/分钟(1.6 公升/分钟)，至少需要一台 0.67 介仑/分钟(2.5 公升/分钟)或更大的泵。

还应注意：无论是由一台 0.33 介仑/分钟(1.24 公升/分钟)的泵，还是由一台 7 介仑/分钟(26 公升/分钟)的大泵向喷嘴供应油漆，一个 0.021 介仑/分钟的喷嘴决不能通过多于 0.42 介仑/分钟(1.6 公升/分钟)的油漆。

泵的速率高于喷嘴的优点是泵可以慢速运转，持续时间长，以储备能量供较大的喷嘴，较多的喷嘴或较长的软管使用。

当一台泵用于多支喷枪时，使用者必须合计喷嘴的流动速率以确定所需的泵的速率。例如：一个 0.021 英寸(5.1 毫米)孔径的喷嘴，流动速率为 0.42 介仑/分钟(1.6 公升/分钟)，因此二个这样的喷嘴，其合并流动速率为 0.84 介仑/分钟(3.21 公升/分钟)，至少需要一台 1.67 介仑/分钟(6.32 公升 1 分钟)或更大的泵。

有如下几种构造的喷嘴：

- 标准喷嘴—提供单一扇形宽度和单一孔径。如果堵塞，必须关闭系统，降压，除去安全罩，取出喷嘴并清洁之。
- 注意：(决不要在系统处于压力之下时试图取出无气喷枪的喷嘴)。
- 可调节喷嘴—这种喷嘴孔径大并有一螺纹碳化硅棒，当其内外移动即可调节孔径，获得一系列不同尺寸的喷嘴。

可翻转喷嘴

—球形喷嘴

球形喷嘴具有锥形喷孔并能通过转动操纵杆而翻转。扣动扳机，将堵塞物吹出喷嘴（如图所示）。然后翻转操纵杆至操作位置，喷涂者即可继续工作。

—圆柱形喷嘴

喷孔装在一圆柱体中。操作与可翻转球形喷嘴相同。如果喷嘴堵塞，圆柱体可翻转，扣动扳机，吹出堵塞物即可。

以下简要叙述了无气喷涂技术和一些故障检修要点，供参考。

无气喷涂施工技术

除以下几点外，良好的无气喷涂技术与有气喷涂非常相似：

- 喷枪离工件表面更远
- 所得涂膜较厚，使重叠较少
- 扣动扳机即有作用

喷枪应距工件 14 至 16 英寸(350 至 400 毫米)，该距离随着油漆的遮盖力，待涂表面的类型及所期望的喷涂图形而变化。同时，喷枪应与表面近于垂直。

喷涂者应保持 8—12 英寸(200—300 毫米)的扇形宽度(喷涂图形的宽度)，该宽度具有良好的润湿作用。如果喷枪与表面不垂直并距表面在 14 英寸(350 毫米)以内，应使用具有较窄扇形角度的喷嘴以保持合适的扇形宽度。

流挂或涂料粘度薄会使操作者的技术发挥不好，但通常还是由于不合适的喷嘴尺寸而造成蹩脚的施工技术。

还应记住，随着喷嘴的磨损，扇形角度变窄，所得漆膜较湿。

一般情况下，最多喷涂 100 至 150 加仑(380 至 520 公升)涂料后，应更换喷嘴。

每一枪都应恰在到达工件前扣动扳机，采用全开/全关的确定动作扣动扳机。

喷枪呈运动状态离开工件，采用全开/全关的确定动作扣动扳机。

如可能的话，在扣动扳机打开喷枪前将喷枪移出工件，在喷涂扇形离开工件后放松扳机。在每一枪的整个过程中，喷枪应以恒定的速度移动。

为达到较宽的喷涂扇形，应持枪远离表面或使用具有较宽扇形角度的喷嘴。但这样所得的涂膜较薄，所以为了保持相同的膜厚，也使用较大的喷嘴。

为了获得较厚的涂层，喷枪应移动较慢或距工件较近。但这样会使喷涂扇形较窄，为了保持相同的扇形宽度，应更换成具有较大扇形角度的喷嘴。另外，较厚的涂层也可通过更换较大的喷嘴而获得。

喷涂形状复杂或带有关键区域的物体时，应计算出最佳喷枪移动方式以得到最大的遮盖力而又不造成油漆堆积或流挂。

无气喷涂故障的排除		
喷涂图形方面的问题	原因	纠正方法
喷束分叉，手指状	流体输送不合适	a. 增加流体压力 b. 换成较大孔径的喷嘴
	流体未雾化	c. 降低流体粘度 d. 清洁喷枪和过滤器 e. 减少喷枪用泵数

无气喷涂故障的排除		
喷涂图形方面的问题	原因	纠正方法
		f. 装置蓝宝石嵌件
喷束图形膨胀或收缩(波动)	脉冲式送料 吸料部分泄漏	a. 换成较小孔径的喷嘴 b. 在系统中装置脉冲室，或放空现有的脉冲室 c. 减少喷枪用泵数 d. 增加空气马达的空气供应(量) e. 除去系统中的阻力，如有喷嘴网或过滤器，清洁之 f. 检查虹吸软管泄漏情况
砂漏状喷束	流体输送不合适	a. 同上述 e 项全部内容
喷束图形不均匀	喷嘴磨损	更换喷嘴

喷涂技术

无气喷涂技术的主要优点是速度比刷涂或辊涂快。但如果待油漆的区域较小或形状复杂，情况则并非如此，使用喷枪更容易得到厚薄不均的粗劣表面！

关于喷涂技术需记住的要点是：材料和设备都是设计成通过固定的距离(约为 18 英寸[45 厘米])合适地输送油漆抵达待涂表面的。这个头等重要的问题决定了实际喷涂操作的许多方面，例如：

喷枪应平行于受涂表面移动，而不是‘弧形’的

不应在油漆中加入过多溶剂，从而改变雾化及流动特性

处理复杂形状工件，角落等处时应多加小心

通常，在工业涂装现场一般不使用传统喷涂设备，而用无气喷涂设备取代之。将二种类型的喷涂进行比较表明，在操作中无气喷涂具有下列优点：

由于所得扇形较宽且油漆通过量高得多，可较迅速获得现代化高性能涂料所需的厚漆膜。使用这种方法可施工特殊设计的高粘度和高固体涂料，通过正确选择喷嘴尺寸和扇形宽度，这种方法也可用于传统型涂料。

由于没有空气冲击，所以喷‘雾’较少。这说明不仅因作为‘雾’浪费掉的油漆较少，而使无气喷涂方法较为经济，而且由于喷‘雾’少，使封闭区域工作条件较可接受，因此无气喷涂可用于狭窄空间，例如：深储槽和舵箱。

用于无气喷涂的油漆一般不需稀释，既节约涂料又节约时间。

操作

无气喷涂装置操作非常简单，只需进行一项调节以控制通向喷枪的漆流，不需要对空气与流体压力进行严格平衡以求得极佳的雾化。喷束图形的大小不能通过调节流体压力而改变，但可由所配备的喷嘴的类型及所用涂料的粘度来决定。

无气喷涂技术略不同于传统型喷涂。整个喷涂过程喷枪都必须与表面保持直角，喷枪和表面之间的距离应约为 12 英寸(30 厘米)。每一枪可重叠 50%以获得遮盖，但每一枪速度比普通喷涂快。无气喷涂不可轻扣扳机，在每一枪开始时就必须完全紧紧地扣下扳机，而在结束时则应全部陡然地放松扳机。每一枪的移动应在扣动扳机前开始并持续至扳机松开后，以保证每一枪的操作部分都以恒定速度进行。

无气喷枪：喷嘴的选择

喷嘴孔径		喷涂角度 (°)	扇形宽度		流体流动速率	
(0.001")	(毫米)		(0.001")	(毫米)	美制介仑/分钟	公升 /分钟
9	0.23	10-50	2.75 - 9	70-230	0.1	0.35
11	0.28	10-80	2.75 - 14	70-350	0.15	0.55
13	0.33	10-80	2.75 - 14	70-350	0.2	0.8
15	0.38	10-80	3.5 - 14	90-350	0.35	1.3
18	0.45	20-80	5 - 14	140-350	0.42	1.6
23	0.65	20-80	5-14	140-350	0.6	2.3

粘度薄的材料需用小孔径喷嘴，粘度厚的材料需用大孔径喷嘴

孔径越大，流体流动越快，遮盖表面也就越快

选择适用于材料的最小孔径

喷嘴角度越大，喷涂扇形越宽

孔径越大，所需的泵和空气供应量就越大

如果对所采用的孔径尺寸而言油漆太薄的话，过量的流体流动将会导致泵的循环太迅速

注意：扇形宽度是油漆在距表面 12 英寸(300 毫米)喷涂时的近似喷射宽度

可调节喷嘴

这类喷嘴有四种尺寸,可安装在大多数喷枪上.通过旋转调节器可改变喷涂扇形宽度和油漆施工量。

喷嘴清洁剂

当转动装置顶部的控制器时，油漆喷嘴即翻转。在此位置操作喷枪，吹出堵塞喷孔的粒子。然后将喷嘴翻转至其正常操作位置。这种装置常以其商品名称称之为‘Reversa-Clean’。

油漆混合

大多数涂料特别是高颜料份涂料，例如：富锌底漆和云母氧化铁涂料，在储存期间很可能发生沉淀。除非涂料在使用前彻底搅拌，否则性能不会令人满意。由于使用前未能适当地混合涂料，常会导致浑浊，干性慢，光泽差及其他疑难问题出现。

混合涂料时应使用专门制造的搅拌器，长度应能够达到容器底部并有一个宽的，凿刀状的边及握持舒适的把手。所有沉淀应以搅打和挖掘的动作进行搅拌混合。如果需混合大量油漆(5美制加仑，20公升)，建议使用机械搅拌，采用压缩空气驱动型为好。

对某些高固体(高粘度)涂料，必须使用机械搅拌，而且配套或生产商的技术数据资料也是这样要求的。在这种情况下，不建议也不允许使用手工搅拌。

许多喷涂泵装有内置搅拌器。

油漆喷涂施工时可能需要一定量的稀释剂，但一般不需加入 10% 以上的推荐稀释剂而使油漆达到合适的施工稠度。应避免过度稀释，因为稀薄涂料的耐久性及耐腐蚀性比按正确厚度施工的涂料差。

一般说来，油漆的稀释除非必须否则应予以避免。如果需要稀释油漆，应在监督之下以正确的溶剂进行稀释。

除非必须否则不应稀释油漆的另一个原因是需要遵守 VOC(挥发性有机化合物)规定。日趋严格的规定目的在于减少散入大气的溶剂蒸汽。稀释剂加入油漆，使涂料的 VOC 含量大大高于产品所设计的 VOC 水平。

如果是二罐装(或多组份)涂料，按正确比率混合涂料是很重要的。应遵守生产商关于罐藏寿命期的指示。通常不建议使用部分量的涂料(例如：从 5 公升桶中取出 2.5 公升，或从 5 加仑桶中取出 1 加仑)进行混合。比较理想的做法是施工者定购小包装的涂料以便进行少量混合。

如果需要混合部分涂料，很重要的一点是在倒出称量前要进行搅拌并且精确称量。只应混合所需量的油漆，工作完成后剩下的任何混合涂料都应合适处置，不能倒回原容器中。漆刷，喷涂设备或其他施工工具应在使用后立即用所建议的溶剂进行清洗，而且一在某些情况下一应在工作中断时清洗，因油漆可能会很快固化而造成不必要的设备损坏及工期延误，特别是无气喷涂设备。

涂料施工

开始施工涂料前，施工者应检查喷枪以保证能喷涂如图所示的喷束图形(注意一与照片联系)。施工者应调节喷枪以产生最佳扇形。

手持喷枪使喷束始终垂直于表面并与受涂表面保持 10 至 12 英寸(25 至 30 厘米)的均匀距离。

以自由的手臂运动喷出每一道漆并在每一道漆的所有点上而使喷枪与表面保持直角。扳机应恰在待涂表面的边与喷嘴成一直线前扣动。扳机应完全扣下并不断移动喷枪直至到达物体的另一边。然后放松扳机，关掉流体，但喷枪继续移动一段距离直至恢复至返回道。当已喷涂漆物体的边到达返回道时，再次完全扣下扳机并继续移动穿过物体。

每一喷道应在前一喷道上重叠 50%，少于 50% 的重叠会使末道漆表面上出现条痕。扣下扳机后，匀速移动喷枪，因为涂料是匀速流动的。50% 的重叠，漆膜覆盖均匀。

弧状移动喷枪会导致不均匀施工并在每一喷道的末端出现过量过喷涂。当喷枪离表面呈 45 度弧状时，约有 65% 的涂料损失。

某些特殊技术用于提供特殊类型的涂膜。这些技术不常使用，一些常用于某些地方，但其他地方则不用。例如：雾罩涂层的施工主要用于美国，当复涂多孔涂料时用以消除有特殊需要

的中间涂层。一些用户仍然宁愿使用特殊渗透的过渡涂层，而不愿使用雾罩涂层技术。这些特殊技术包括：

粘结涂层——一种轻微覆盖的涂层，施工于表面，可闪现直至恰好发粘，通常只需几分钟。然后将末道涂层喷涂在粘结涂层上。这种方法可使较重的湿涂层施工不会出现流挂现象。

充分润湿涂层——一种重而有光泽的涂层，施工全部厚度，几乎一但不一定一重得足以流挂。喷涂这种涂层需要技术和实践经验。

雾罩涂层——一种不完全喷溅涂层，施工时喷枪移动很快。原理是在复涂前部分置换多孔涂料中的空气，象无机锌底漆中的空气。

预涂涂层——一种单独的涂层，施工于边，角，焊接处和其他易受冲击区域以提供更高的漆膜厚度。预涂涂层可用刷涂施工(特别推荐用于底漆)，可在涂料体系中只施工一次，或在涂料体系的每一涂层中都施工一次。

角和边

宽大而平整的区域比角，边，螺栓，螺母，铆钉等处易于涂装。因此重要的是涂装检查人员应特别注意难于涂装的区域。

难涂区域，例如：角和边，如配套中有要求和规定，应先进行预涂，然后在其他区域涂装前再进行喷涂。预涂通常用刷涂施工，特别是在难涂区域。然后，喷涂者应直接对准边和角进行喷涂，这样每一边均有一半油漆覆盖，喷枪应比一般施工更靠近表面。对传统型喷涂，喷涂者可将分流梭调节控制器拧几圈以减小扇形宽度。

任一种方法都会减小喷束。如果喷枪只是靠近表面，每一喷都必须快速以补偿用于较小区域上的常规油漆量。

喷涂螺栓，螺母，螺纹和铆钉时，应特别注意这些关键区域应适当涂装，以使油漆均匀地涂覆在所有暴露区域上。

喷涂曲形表面时，油漆者应使喷枪始终与表面垂直，这可能不行，但油漆者应努力做到，因为这样可喷出较好的，更均匀的漆膜。

所有边和角喷涂后，应喷涂平整或近于平整的区域。

原先喷涂过的区域应以 50% 的方式重叠覆盖，以免出现条痕。

油漆施工：质量控制

现场油漆测试

由于难于管理复杂的实验室设备及多数现场人员缺乏实验室经验，所以可以在现场成功进行的油漆测试范围非常有限。实际操作中，进行的常规测试有：

- 粘度检查——检查流动特性及需加入稀释剂的量
- 湿膜厚度检查——以保证达到所期望的干膜厚度

视觉检查——油漆状况，批号，储存时间，油漆容器状况，商标详情等。进一步视觉检查包括：施工后的干膜状况，察看涂料状况(光泽，漏涂区，针孔等)。

湿膜厚度检查

湿膜厚度的测定为检查人员或油漆喷涂者提供了有用的指导，使其保证正确均匀的漆膜施工于受涂物件上。在油漆施工的这个阶段采用湿膜梳齿仪，有助于防止花费时间而因此昂贵的‘次品工件’。

最常用的湿膜厚度(WFT)测定仪器是梳齿仪。由一套平放在二个水平外壳中长度渐变的齿状物组成。梳齿的尺寸有多种。

湿膜测厚仪在同一平面上有二个端点，二个端点之间是逐渐加深的槽口阶梯。

使用时将测厚仪牢牢压入湿膜，下至表面并退出。二个端点被涂料弄湿，可能会在二个端点之间有几个阶梯。重要的是测厚仪应与表面垂直且不得在表面上拖动。

湿膜厚度以所观察到的最后湿阶梯计数。如果无湿阶梯，则需将测厚仪转到能够测出该特殊涂料湿膜厚度的测量范围中再行测试。也有公制标定的湿膜测厚仪，以微米计量涂膜厚度。

湿膜厚度的读数应在涂料施工后尽快测出。涂料一经离开喷枪，即开始挥发，固体体积组份百分数将会略有变化。这在通过空气输送涂料的喷涂施工中确实存在。

必须注意，测厚仪不得用于不规则表面，因为可能会使其变形。在曲形表面上，应沿着曲线的长度而不是宽度取得读数，以防止不规则地弄湿阶梯。

测厚仪在每次使用后必须擦净所有涂料，以防涂料堆积其中而造成读数不精确的可能性。

测厚仪可能会在已涂装表面上留下痕迹，这将会给涂膜的完整性带来不利影响。这些痕迹应立即用新制涂料进行复涂，以防针孔。关于湿膜测厚仪的使用，说明书可能会给予指导

某些测厚仪，特别是那些用薄片金属或塑料制成的，很快会失去精确度，应经常更换。

干膜厚度检查

干膜厚度(DFT)通常采用电子或磁性测厚仪进行测量。如要获得精确读数，必须校正仪器。为了获得最佳结果：

- (1) 在钢板上校正仪器，该钢板的表面光洁度应与受测油漆表面的光洁度相配
- (2) 采用已知厚度的薄片在待测干膜的期望值范围内校正仪器

接近清洁的喷砂处理表面并不总是可行的，可采用其他校正方法。干膜测厚仪的校正是一个重要问题，由 SSPC，ASTM 或 ISO 标准决定。这些标准将在本课程的检查单元中进行讨论。当涂料配套要求特殊标准或方法时，该方法应予以采用。

在美国，通常使用的是 NIST 生产的光滑校正薄片。如果测厚仪在光滑表面上进行校正，然后用于在粗糙，喷砂清理的表面上测定涂膜厚度，则必须调节以保证精确度。实验已表明在光滑表面上校正的测厚仪，然后用于粗糙度为 2 密耳(50 微米)的表面，如所测的涂膜厚度为 10 密耳(250 微米)，则测得的干膜厚度比实际干膜厚度要高 1 密耳(25 微米)。在这种情况下，每一次测得的读数都要减去 1 密耳(25 微米)以取得实际干膜厚度。

有时也采用另一种方法：将一块约为 6x4 英寸(15x10 厘米)的钢质小样板在测试开始时进行喷砂清理，在达到认同的表面粗糙度后，将该样板作为‘参照’板及校正板以检查干膜厚度仪的测定值。该样板应与受涂构件具有相同的材质(即钢合金)及厚度。

干膜测厚仪的使用及校正将在本课程的检查单元中进行较详细的讨论。

边的影响

一般情况下，最好不要在距边，孔或内角小于 1 英寸(25 毫米)的地方测定干膜厚度。除非再进行校正，否则探头不得与受测样板边缘重叠。

云母氧化铁着色涂料

由于云母氧化铁着色涂料有时会引起磁化误差，因此不能可信地测定某些涂料的干膜厚度，所以在施工中多次检查湿膜厚度就尤为重要。这种现象可能不常发生，一旦发生，则会产生真正的测量问题。

天气条件

较差的天气条件下施工的涂料的涂膜质量往往也较差，同时也降低了保护性能。现场质量控制应监测相对湿度，露点温度及受涂表面的温度以避免下列问题的产生：

- 涂料施工在潮湿表面上
- 新施工的涂料在施工后不久即受到潮气影响
- 在进行固化反应的温度太低的情况下施工涂料
- 涂料施工时表面温度太高，从而阻碍了漆膜形成过程
- 由于局部水蒸气(即空气中的水蒸气)压力高，涂料溶剂不能发挥

作为一般指导，说明书可能要求下列条件：

- 气温高于 5°C (40°F)
- 待涂表面干燥
- 相对湿度低于 90%
- 钢板表面温度至少高于露点温度 3°C (5°F)。

如果不符合这些条件中的任一条，则不应进行涂料施工。

工作质量

涂料施工质量差是造成涂料缺陷的主要因素。由于不正确的施工技术造成的典型问题有：

- 不正确的漆膜厚度
- 针孔
- 过喷涂
- 漏涂(漆膜不连续)
- 针尖状点锈

几乎所有与施工有关的缺陷都是因工作质量差而引起，虽然这听上去很严厉。工作质量差是指喷枪离表面太近或太远，或与受涂表面间的角度太大等实际操作问题。

这些大多是训练问题，或因缺乏训练，而导致对引起油漆施工问题的原因缺乏了解。训练油漆人员的施工技术是非常重要的，特别是那些参与施工现代化，高性能涂料的人员。良好的工作质量是不能担保的，符合规格必定需要良好的工作质量，必须训练检查人员认识到什么是可接受的工作质量。

不正确的漆膜厚度

如果涂层太薄，会发生针尖状腐蚀，造成涂层开裂。漆膜厚度高比漆膜厚度低很可能问题更大，因为高膜厚涂料干燥或固化期间产生的应力比低膜厚涂料更难纠正。

过厚的涂料会留住溶剂，造成固化问题并极易起泡。对于聚合涂料(特别是那些打算每道涂层施工干膜厚度为 20 密耳[500 微米]或更厚的涂料)，由于过厚，可能会产生内部收缩，导致开裂，片状脱落或脱层(失去附着力)。应注意保证施工参数保持在规定的范围内，特别是漆膜厚度。

涂料应施工成平整，均匀的涂膜，使涂料润湿表面。采用薄层，50%重叠的多道施工方法以获得均匀的漆膜及最合适的膜厚。

施工中需特别注意控制单一涂料体系。施工造成的膜厚错误不易纠正，施工‘一次正确’非常重要。

针孔

针孔是涂层上可见的小孔，通常由于在有孔的表面上施工较厚的有机涂料所引起，例如：在混凝土或无机锌表面上施工环氧涂料。含有‘错误’溶剂平衡的涂料也会出现针孔，因溶剂不能从快速固化的涂层中排出所致。环境温度高也会导致出现针孔，因漆膜‘凝定’迅速。

快干涂料，例如：乙烯和氯化橡胶涂料最易出现针孔。快干涂层表面使喷涂产生的空气以气泡状存在于油漆或溶剂中，不能排出。这种现象被命名为‘放气’。

涂料施工后这种现象经常以气泡的形式出现，就好象表面在翻腾一样。蒸汽可能会完全逃逸，油漆流在一起，针孔则‘关闭’。如在涂料发生流动前，涂膜固化，该过程则被中断。结果在表面上可见到气泡(不要与起泡混淆)，气泡破裂处出现露底，露底被填没则出现针孔，但针孔不会再被填没。

施工者可施工一种薄涂层，使其渗入有孔底材，这种特殊设计的材料称之为‘过渡涂层’，或者采用高达 50%的稀释剂稀释第一道涂层，可有助于渗入底材，获取较好的附着力。

过喷涂/干喷

当喷枪推进油漆至不准备喷涂的其他表面上，就发生了过喷涂。这很可能会在每一道喷涂开始或结束时施工者未能扣动扳机时发生。过喷涂的油漆通常黏附在其到达的表面上，留下粗糙的表面。对施工者来说，主要问题是涂料施工在了不合适的表面上。涂料可能部分成膜，形成了一个不起作用的障碍物。

干喷往往造成粗糙的表面，涂层表面看上去象磨料灰尘。干喷物与表面的结合力很差，在某些场合下，由于灰尘太多，妨碍了与下一层涂料的结合，从而导致整个漆系的附着力很弱。这种干喷可能会与下一道涂层施工前粗糙的干喷表面上的真正灰尘和其他污染物混淆在一起。

干喷可能会发生在施工者在高空作业时，漏出的油漆粒子会落下并干燥，或者在吹大风时，油漆粒子会被风带走。

施工者应保证适当调节喷枪并在距表面最佳处施工油漆。涂料在到达工件时应能以良好的流动性润湿表面，涂料通常应施工多道并重叠 50 %。

漏涂点(不连续性)

漏涂点是裸露点，漏涂区或甚至是涂层上稀疏的斑点，在这些斑点处底材未被涂料遮盖。这在涂层作为衬里，打算浸渍使用时更成问题。这些区域会发生针尖状腐蚀，涂料的过早损坏可能与漏涂点有关。

[注意：针孔也可定义为漏涂点]

工作质量差

这一‘包罗万象’的用语可包括许多施工缺陷—其中任何一种都可能引起或促使涂料迅速损坏。在可见污染物上施工涂料，不恰当地施工涂料(太薄或太厚以致流挂，针孔，过喷涂等)，如施工技术较好，所有这些缺陷均可得以纠正或避免。

通过培训可在某种程度上克服工作质量差的问题。这个问题还将在高级单元中进行详细讨论。如果要使受训者/工人成为队伍中的一员，适当的培训是必不可少的。应给工人提供机会使他们了解工作质量差对涂料性能的影响。然后，他们将树立信心并以工作质量高为荣，这将对补偿缩短涂料寿命和导致涂料损坏的施工缺陷大有帮助。

喷涂施工：涂料检查人员的任务

涂料检查人员必须密切关注涂料的喷涂施工。许多涂料缺陷都产生于工件的喷涂施工阶段。任何涂料的成功喷涂施工都必须具有合适的设备，操作程序和施工技术。

应对喷涂施工设备进行检查以确定其是否配备合适的压力调节装置及精密仪器。

在这一点上，检查人员应意识到许多涂料压力罐上的单个压力调节器和仪表仅控制容器内的压力，而不控制雾化涂料的空气压力。单个压力调节器使雾化压力等于压缩机接受器的压力(减去软管管路中损失的压力)；如果不能控制接受器的压力使其适于喷涂操作，则必须在接受器与喷涂罐之间或喷枪与喷涂罐之间的管路中再增加一个调节器。

用于喷涂设备的软管应具有足够大的直径以防止过多的管路压力损失，压缩机的容量应适合操纵所有同时使用的气动工具和设备。流体管路内部必须清洁。

用于从压缩空气源中除去油和水的滤水阀及分水器应运转并有效，以保证空气不会将可见的油和水沉积在表面上。

喷涂空气的质量可用吸水试验(ASTM—D4285)检查，恰如检查磨料喷砂空气一样。

喷枪应保持清洁及良好的工作状态。喷涂特殊涂料所使用的喷气嘴，针阀及流体喷嘴应采纳涂料和喷涂设备制造商的建议选用。应对喷束内的涂料的均匀性和分布性进行检查。

使用富锌涂料时，应检查喷涂罐的搅拌器是否合适，因必须使涂料保持均匀的悬浮状，如果这些无法做到，则必须检查涂料不得沉淀。涂料容器为 5 加仑(20 公升)或以上时，应使用机械搅拌器。使用无气喷涂时，操作者或助手应经常检查混合情况以使涂料组分在施工期间保持悬浮状态。

在传统型喷涂压力罐中，混合机可能作为其组成部分。压力罐搅拌器只应用于保持涂料组分悬浮，而不是主要混合装置。

喷涂时的工作压力不应高于为获得满意的涂料雾化所需的压力，因为高压会导致过多的喷雾及过喷涂。

喷嘴和表面之间的理想距离根据所使用设备的不同而变化，但应保持一致，通过增加喷涂距离来弥补施工者所能达到的范围是不应容许的。操作者的技术和喷枪调节中的任何不足之处应予以关注，因为这些不足会导致涂层厚度不均匀。

使用湿膜和干膜测厚仪可表明漆膜广泛变化的范围，通常对油漆喷涂者力求达到喷涂均匀的涂层具有非常有利的作用。干膜测厚仪应用来决定涂层最终的可接受性。

检查人员应特别注意裂缝，角落，焊接点，螺栓，铆钉和锐边等处的喷涂，因为这些区域一般易受忽视，且不易用漆膜测厚仪检查厚度。

喷涂施工难于达到的表面应使用涂料进行刷涂或揩涂。

某些涂装不是填补底材上的裂缝，而是采用搭桥跨过的方法。如果配套中要求或允许的话，应采用‘预涂’方法涂装裂缝，焊接点等。预涂采用将涂料刷入裂缝和角落等的方式使涂料进入狭窄的空隙。

关于涂料施工程序，涂料检查人员的某些职责可能包括决定合适的施工设备和现场所用的涂料，具体如下：

- 带有搅拌器的压力罐，压力调节设备和仪表用作传统喷涂设备
- 喷涂泵，用作无气喷涂
- 合适质量的漆刷或漆辊
- 软管(如需要，空气和流体软管都要)
- 潮气凝气阀和油分离器
- 喷枪

其他职责可包括：

监视及核实油漆使用程序，包括：

- 混合
- 稀释
- 搅拌
- 安全储存
- 贮存期

监视施工技术，包括：

- 合适的操作压力
- 至工件的恒定距离
- 达到规定的湿膜和干膜厚度
- 难于到达区域的合适涂装

检查安全事项，包括：

- 火灾危险
- 呼吸装置
- 可获得的 MSDS 资料

检查人员需保证他或她本人的安全。通过了解并遵守安全规则，才能最好地完成任务。