

SSPC-PA 2 May 1, 2004

**SSPC: 涂料保护协会
涂料应用规范 NO.2
使用磁性膜厚仪测量干膜厚度**

1. 范围

1.1 综述: 本标准描述了使用商用磁性膜厚仪测量应用于磁性基材的非磁性干膜厚度的测量程序。这些程序的目的是为了补充设备制造商的人工操作指南，而不是去替代那些指南。

1.2 本标准说明了两种类型的膜厚仪的调整和测量的程序：拉脱型（1型）和电子型（2型）。

1.3 本标准详细说明了一个程序，用来判断是否涂层厚度超过了所规定的最低和最高水平。当测量复涂表面的干膜厚度时，可能会修改这个程序（见附注7.1）。

2. 说明和使用

2.1 定义

2.1.1 膜厚仪读数: 在某一点的单个读数。

2.1.2 测量位置的测量值: 在直径4 cm（1.5 inch）的圆形范围内至少3个膜厚仪读数的平均值。

2.1.3 校准: 控制和记录的过程，用来衡量可追溯的校准标准和核实膜厚仪所规定的精确性。校准通常由膜厚仪制造厂商或有认证的实验室，在一个可控的环境下，通过使用一个已记录的程序执行。在校准中所使用的标准，要使得测量结果中不确定性的总和小于膜厚仪规定的精确性。

2.1.4 验证: 用户使用已知的参考标准所进行的精确性的检查。

2.1.5 调整: 为了提高膜厚仪在一个规定表面上，或在其测量范围内的特定部分的精确性，所进行的调节膜厚仪读数符合已知样本厚度的动作。只要已知涂层或垫片的厚度，大部分的2型膜厚仪都能在其上进行调整。

2.1.6 涂层厚度标准（试块）: 一块光滑的铁磁性基材，其上涂覆一层可按照国家标准进行追溯的非磁性涂层。

2.1.7 垫片（薄片）: 一片用来确认干膜厚度仪的精确性，有均匀的已知厚度，非磁性的塑料、金属或其他材料的薄片。

2.1.8 干膜厚度参考标准：用来确认膜厚仪精确性的已知厚度的样品，例如标准的涂层厚度或薄片。在某些业主允许的情况下，使用一个部分样品（已涂装钢结构的特定部分）作为特定工作的厚度标准。

2.1.9 精确性：测量值和标准厚度的真实值之间的一致性。

2.1.10 结构件：由一个或多个包含桥梁、容器、船舶等钢组件连接而构成的单元。如果在车间中涂装，可能是单一的型钢（梁、角、三通、管道、渠道等）。

2.2 膜厚仪的说明

2.2.1 膜厚仪类型：膜厚仪的类型取决于测量厚度中使用的特殊的磁力属性，而不取决于数据的读出模式，例如数字式或模拟式。本标准不包括测量基体效应所产生的涡电流的仪器（见附注7.2）。

2.2.2 1型 – 拉脱型膜厚仪：在拉脱型膜厚仪中，植入的永磁体直接接触涂层表面。测量从表面拔开磁体所需要的力，换算为涂层厚度以刻度显示或显示在膜厚仪上。从薄的涂层上移开磁体需要较少的力。其比例是非线性的。

2.2.3 2型 – 电子型膜厚仪：电子型膜厚仪使用电子电路将参考信号转换为涂层厚度。

2.3 涂料应用标准的使用NO. 2:

本文件包含以下内容：

- 校准，验证，调整和测量的程序（第3部分）；
- 为了与膜厚规范相符合所需要的测量数量（第4部分）；
- 膜厚仪使用原则和各种影响厚度测量因素的附注（附注7.2到7.18）；
- 用数字对测量值超出范围进行举例（附录1）；
- 用数字对使用塑料薄片调整2型膜厚仪进行举例（附录2）；
- 对测量横梁或大梁上干膜厚度的方案进行举例（附录3）；
- 对测量在车间涂装后堆放部件的干膜厚度的方案进行举例（附录4）；
- 对测量测试试板上干膜厚度的方案进行举例（附录5）；
- 对测量经过喷砂清理的测试试板上干膜厚度的方案进行举例（附录6）。

3. 校准，验证，调整和测量的程序

3.1 综述

3.1.1 达到裸露基材：所有的膜厚仪在一定程度上都受到基材状态，例如粗糙度、厚度和组成的影响（见附注7.3到7.8）。要修正这些影响，建议使用未涂装的底材。另

一个选择是使用单独的未涂装的参考试板，这些试板有相近的粗糙度、外形、厚度和组成（见附注7.3到7.8）。在3.2、3.3和3.4的程序中这些被用作为裸露基材。为了排除边界效应，参考试板要有足够的尺寸（见附注7.9）。在附注7.10到7.14中描述了影响测量结果的其他条件。在裸露基材进行测量要在涂层施工以前或者施工中屏蔽一小块有代表性的区域。如果全部表面已经施工涂层，惯常的做法是去除一小块区域的涂层进行测量，之后补上。去除涂层的过程不允许改变基材的状态。如果使用化学脱漆剂，将保留现有的粗糙度（见A2.3）。

3.1.2 测量位置的测量：重复读取膜厚仪，甚至在非常接近的点，由于基材和涂层的微小表面不规则性经常导致读数不同。因此，对于基材和涂层的每个测量位置的测量需要最少读取3个读数。为了读取每一个新的读数，需要围绕测量位置在直径4 cm（1.5 inch）的范围内将探头移动到一个新的位置。舍弃任何异常的没有重复性的或高或低的读数。将可接受读数的平均值作为测量位置的测量数据。

3.1.3 校准：膜厚仪必须由制造厂商或有认证的实验室进行校准。校准后需要一个校准证明或其他的文件，表明依照国家标准此校准结果的可追溯性。没有重新校准的标准间隔时间，也不是绝对需要的。校准间隔时间通常基于经验和工作环境。膜厚仪制造商所建议为期一年的校准间隔作为一个典型的起点。

3.2 精确性的验证

3.2.1 测量一系列参考标准，这些参考标准的涂层厚度在预期的范围内（见附注7.15）。为了防止使用不准确的膜厚仪进行测量，至少在每项工作的开始和结束时，要更换一个或多个参考标准对膜厚仪进行检查。如果在工作班次中膜厚仪跌落或怀疑读数错误，要重新检查其精确性。

3.2.2 记录下膜厚仪的序列号、所使用的参考标准、参考标准的标注厚度以及所得的测量厚度值和验证膜厚仪精确性的方法。如果在整个工作中都使用相同的膜厚仪、参考标准和验证方法，那么只需要记录一次。必须在每次验证校准时记录参考标准的标注值和实际测量值。

3.2.3 如果读数不符合参考标准，所有自上次精确性检查后的测量结果都不可信。在物理损坏、磨损、高使用率或超过既定的校准周期的情况下，要重新检查膜厚仪的测量精确性。如果膜厚仪测量不准确，那么必须在修理和/或重新校准（通常由制造商进行）后才能使用。

3.2.4 用来验证2型（电子型）膜厚仪精确性的塑料或非磁性金属薄片不能用来验证1型膜厚仪的精确性（见附注7.2.1）。

3.3 调整和测量 – 1型，拉脱型膜厚仪

3.3.1 1型膜厚仪具有非线性的比例，但实际上的调整功能是线性的。任何对这种膜

厚仪的调整将限制其可以提供准确读数的测量范围，并且也不建议这样做。

3.3.2 在多个点测量裸露基材得到一个有代表性的平均值。这个平均值是基础金属读数（BMR）。警告：不能在裸露基材上将膜厚仪调整到零读数。

3.3.3 在多个点测量干膜厚度在第4部分详细说明。

3.3.4 从膜厚仪读数中减去基础金属读数得到涂层厚度。

3.4 调整和测量 – 2型，电子型膜厚仪

3.4.1 不同的2型（电子型）膜厚仪的制造厂商在喷砂清理后的表面遵循不同的调整方法。依照制造厂商的指导调整膜厚仪（见附录2）。

3.4.2 在多个测量位置测量干膜厚度在第4部分详细说明。

4. 为了与膜厚规范相符合所需要的测量数量

4.1 测量数量：在每个 10 m^2 （ 100 ft^2 ）的测量范围内任意测量5个独立的测量位置（读数的平均值，见3.1.2）。如果合同各方都同意，也可以在某个特定范围内测量5个以上的测量位置（见4.1.5）。在每个 10 m^2 （ 100 ft^2 ）的测量范围内的5个测量位置的测量要依照如下方式：

4.1.1 对于面积不超过 30 m^2 （ 300 ft^2 ）的结构，每 10 m^2 （ 100 ft^2 ）都要测量。

4.1.2 对于面积不超过 100 m^2 （ $1,000\text{ ft}^2$ ）的结构，由检查员随意选择3个 10 m^2 （ 100 ft^2 ）的范围并进行测量。

4.1.3 对于面积超过 100 m^2 （ $1,000\text{ ft}^2$ ）的结构，第一个 100 m^2 （ $1,000\text{ ft}^2$ ）要按照4.1.2进行测量，每增加 100 m^2 （ $1,000\text{ ft}^2$ ），由检查员随意选择1个 10 m^2 （ 100 ft^2 ）的范围并进行测量。

4.1.4 如果任意 10 m^2 （ 100 ft^2 ）范围内（见4.1.2和4.1.3）的干膜厚度不符合4.3.1和4.3.2中的要求，那么必须进行额外的测量确定出不符合的表面，并且要测量在那个工作班次内进行涂装的每个 10 m^2 （ 100 ft^2 ）表面。

4.1.5 与涂装构件的尺寸和形状相配合的其他的测量面积或测量数量可以由业主在作业规格书中规定（见附录3、4、5和6）。

4.2 规定厚度：建议为涂层规定最大和最小的干膜厚度。如果没有明确规定最大厚度，规定厚度就是最小厚度并且4.3.2部分将不再适用。

4.3 是否符合规定厚度

4.3.1 最小厚度：每 10 m^2 （ 100 ft^2 ）区域内测量位置的测量值的平均值不得小于规定的最小厚度。虽然在任何 10 m^2 （ 100 ft^2 ）的区域内都不允许有低于规定最小厚度80%的单独的测量位置的测量值，但是有可能由于测量量较大而单个的膜厚仪读数低于最小厚度的80%。如果在指定的 10 m^2 （ 100 ft^2 ）区域内测量位置的测量值的平均值达到或超过规定的最小厚度，而一个或多个测量位置的测量值小于所规定最小厚度的80%，则要通过更精确的额外测量确定不符合的区域并辅助修复（见附件1和附注7.16和7.17）。

4.3.2 最大厚度：每 10 m^2 （ 100 ft^2 ）区域内测量位置的测量值的平均值不得大于规定的最大厚度。虽然在任何 10 m^2 （ 100 ft^2 ）的区域内都不允许有大于规定最大厚度120%的单独的测量位置的测量值，但是有可能由于测量量较大而单个的膜厚仪读数高于最大厚度的120%。如果在指定的 10 m^2 （ 100 ft^2 ）区域内测量位置的测量值的平均值达到或未超过规定的最大厚度，而一个或多个测量位置的测量值大于所规定最大厚度的120%，则要通过更精确的额外测量确定不符合的区域并辅助修复（见附件1和附注7.16和7.17）。

5. 精确性

5.1 要在此标准下进行认证，膜厚仪的精确性必须在 $\pm 5\%$ 之内（见附注7.18）。对于小于 $25\text{ }\mu\text{m}$ （ 1 mil ）的厚度，膜厚仪的精确性必须在 $\pm 2.5\text{ }\mu\text{m}$ （ 0.1 mil ）之内。

6. 免责说明

6.1 虽然采取了所有的预防措施，以确保在SSPC标准和规格中的所有信息尽可能的准确、完整和有效，但对于使用任何材料、涂料或此处指定的方法，或规格，或标准本身所造成的结果，SSPC不承担任何责任，也不承担任何义务。

6.2 本标准并不试图解决使用中有关的安全问题。本标准的用户，以及使用此处描述的所有产品或做法的用户，有责任制定适当的健康和安全行为规范，并确保符合所有政府法规负责。

7. 附注

附注不是本标准的要求。

7.1 复涂：维修涂层的工作往往包括在现有涂层上施工新的涂层。使用非破坏性的方法准确测量这种新施工涂层的干膜厚度是非常困难的。首先，这种情况下不可能在基材表面测量，这样基础金属读数（BMR）的精确性或2型膜厚仪的调整就得做出妥协。其次，需要小心的将现有涂层干膜厚度上的不均匀映射在“前后”的干膜

厚度读数上。在试图建立一个要从最终干膜厚度上减去的基础干膜厚度读数时，这样的不均匀也会增加统计上的波动。

使用涂层检测膜厚仪（有时称为Tooke或PIG）将提供准确的干膜厚度测量，但是会切穿涂层，所以必须要修复每一个测量部位。可以使用超声波膜厚仪，但是精确性远低于1型或2型膜厚仪。在复涂中一个可行的用于监测干膜厚度的方法是通过湿膜厚度和施工涂料的体积固含量计算干膜厚度。

如果现有涂层的干膜厚度过于不均匀，可以通过测量现有涂层的平均干膜厚度的方式制定基础干膜厚度。然后从总干膜厚度中减去这个基础干膜厚度就得到复涂涂层的膜厚。

7.2 磁性膜厚仪的原理：每一个这种膜厚仪能感应和测量的仅仅是钢材的磁性表面和接触在涂层表面的磁铁或探头的小圆尖之间的距离。由于钢材的表面粗糙度和为了将钢材的组成与形状所带来的影响控制在较小的程度，要使这个测量距离（从涂层的上表面到磁场零点）等同于波峰之上的涂层厚度，必须修正膜厚仪的读数。这样的修正在3.3（对1型）和3.4（对2型）中有详细说明。

7.2.1 1型（拉脱型）膜厚仪测量将一小块永磁铁拉脱已涂装钢材表面所用的力。将磁铁保持在表面的磁力变化与磁铁和钢材之间距离的非线性函数成反比，亦即，干膜厚度（加上其他所有现有涂层）。

通常，1型的膜厚仪不用为了每一个新系列的测量进行调整或重设。用来调整2型（电子型）膜厚仪所用到的塑料或非磁性金属薄片不能用于调整1型膜厚仪。这些薄片通常都相当的坚硬和弯曲，甚至在光滑的钢材测试表面也不能完全的放平。使用1型膜厚仪，当接近测量的拉脱点时，薄片常常会弹回钢材表面，使得提高磁铁过快而导致错误的读数。

7.2.2 2型（电子型）膜厚仪有两个不同的磁力原理。一些2型膜厚仪使用永磁体。当磁铁接近钢材时，磁铁尖端的磁感应强度增加。磁感应强度的变化和磁铁与钢铁基材的距离成反比，通过测量磁感应强度的变化，可以测得涂层厚度。用来测量磁感应强度最常用的方法是在磁铁尖端安装霍尔元件和磁电阻元件。其他2型膜厚仪使用电磁感应的原理。通过直流电激发有软铁棒的线圈，由此在探头尖端产生变化的磁场。就像永磁体一样，当探头接近钢铁基材时铁棒内的磁感应强度增大。这个变化可以很容易的通过使用附加的线圈检测到。这些线圈的输出值与涂层厚度相关。

7.3 重复性：磁性膜厚仪必须对涂层表面或探头正下方的钢材表面的微小不平整有一定的敏感度。在粗糙表面重复读数，甚至在非常接近的点位，经常差别很大，尤其是对于较高表面粗糙度的表面上的薄涂层厚度。

7.4 零点设定：不论膜厚仪应用于粗糙的钢材表面还是未涂装的光滑钢材表面，1型膜厚仪都不能进行调整或刻度归零。一些2型膜厚仪能在未涂装的冲砂清理表面调整

读数归零。在任何情况下都要遵循膜厚仪制造厂商的建议。

7.5 钢材表面的粗糙度：如果钢材表面是光滑而且均匀的，它的平面就是有效的磁面。如果钢材是粗糙的，就好像喷砂清理后的表面，膜厚仪所感应到的“明显”或有效的磁面就是一个位于粗糙度中波峰与波谷之间的虚拟平面。膜厚仪读数是虚拟平面之上的厚度。如果使用1型膜厚仪，通过减去基础金属读数（BMR）的办法得到波峰之上的涂层厚度（见3.3）。如果使用经过正确校准和调整的2型膜厚仪，得到读数就是波峰之上的涂层厚度（见3.4）。

7.6 脏的、有粘性的或柔软的漆膜：为了得到探头与漆膜紧密接触的效果，漆膜的表面和膜厚仪的探头不能存在灰尘、油脂和其他杂物。如果漆膜有粘性或太柔软，会影响到测量的精确性。有粘性的漆膜会导致不必要的1型膜厚仪磁铁的吸附力。通常柔软的漆膜会被1型或2型膜厚仪的探头压力所压陷。有时柔软或有粘性的漆膜可以通过这样的方法得到满意的测量结果，那就是当使用2型膜厚仪时，在漆膜上放置一片薄片，测量涂层和薄片的总厚度再减去薄片厚度得到漆膜厚度。

7.6.1 可以通过使用软布擦拭探头的方法去除普通的污垢和油脂。用背面粘性胶带去除吸附在探头上的磁性颗粒。还要去除所有在探头上的残胶。

7.7 合金钢基材：大部分的低碳钢与高强度低合金钢（HSLA）之间的差异不会显著影响磁性膜厚仪的读数。对于高合金钢，应该检查膜厚仪的反应。不论何种类型的合金，膜厚仪应该针对与已施工涂料的表面相同的钢材表面进行调整。

7.8 钢材表面的弯曲率：表面的弯曲率会影响磁性膜厚仪的读数。如果弯曲率可知，通过在相似弯曲率表面调整膜厚仪还是可以得到有效的测量读数。

7.9 接近边缘部分：磁性膜厚仪对钢材中几何意义上的中断结构很敏感，例如孔、角和边缘。对边缘效应和中断结构的敏感度随着不同的膜厚仪会有变化。在靠近中断结构2.5 cm（1 inch）的范围内的测量结果可能是无效的，除非针对那个位置膜厚仪进行了特别的调整。

7.10 靠近其他大块钢材：如果存在靠近膜厚仪主体的大块钢材，使用永磁铁的老式双极膜厚仪对此敏感。这种影响会从内角延伸至多达8 cm（3 inches）。

7.11 探头的倾斜：要进行有效的测量，所有的磁铁或探头必须垂直放置在涂层表面。

7.12 其他磁场：强磁场，例如焊接设备或附近的电线造成的磁场，可能会干扰膜厚仪的操作。钢铁基材中残留的磁性也会影响膜厚仪的读数。在这样的场合使用双极固定探头膜厚仪时，建议对两极位置颠倒前后的读数取平均值。可能需要其他仪器消除钢材的磁性。

7.13 温度极限：大部分的磁性膜厚仪在4 °C和49 °C（40 °F和120 °F）下运行良好。

一些膜厚仪甚至在高的多的温度下也可以良好的运行。但是，如果在现场遇到这样的极限温度，在把参考标准和膜厚仪都置于相同的环境温度后，可能要用至少一个参考标准对膜厚仪进行检查。大部分的电子膜厚仪可以对膜厚仪主体、探头和表面之间的温度差进行补偿。

7.14 震动：1型（拉脱型）膜厚仪的精确度受到交通运输、机械结构和震荡等因素的影响。当这些膜厚仪进行校准验证或测量厚度时，不能存在明显的震动。

7.15 涂膜厚度标准：从多个来源得到的涂膜厚度标准（此标准由涂覆指定厚度值的钢板构成，此厚度可依照国家标准进行追溯）都是有效的，包括大部分的涂层厚度仪制造厂家。从多个来源得到的具有已知厚度的薄片也是可用的。

7.16 厚度变化 – 最小厚度的80% / 最大厚度的120%：在任何测量中都有一定程度的不确定性。在指定测量位置，使用相同的4 cm（1.5 inch）直径的圆形范围，两位检查员使用相同的膜厚仪也不必然记录到相同的结果。出于允许这种很自然的偏差的考虑，允许个别点的测量数据低于规定的最小膜厚，只要在这个10 m²（100 ft²）范围内的其他点的读数足够大，可以使平均厚度达到或超过规定的最低膜厚。类似的理由也适用于最大膜厚。规定最小厚度的80%和规定最大厚度的120%，这个范围已经把膜厚仪和参考标准的精确性与基材的变化都考虑在内了。

7.17 改正过低或过高膜厚：合同各方应该在改正高于最大或低于最小规定膜厚的方法上达成一致。这些可能在采购文件中做出规定的方法，可以遵循制造厂商的指导，或当发现不符合区域后各方达成一个折中方案。

7.18 1型笔型膜厚仪：可能会发生这样的情况，那就是笔型拉脱型膜厚仪是测量干膜厚度的唯一可行方法。虽然这些膜厚仪通常不能达到5%精确度的要求，但是如果合同各方同意也可以使用。

附录 1 – 用数字对平均厚度测量进行举例

附录1不是本标准的强制部分。

下面的数字举例作为第4部分的例证。公制数值的计算与美国习惯的测量方法相同。（参考文献《保护涂层和衬里》。第4卷，第5号，1987年5月）（*Reference Journal of Protective Coatings and Linings*, Vol. 4, No. 5, May 1987.）

假设结构面积是30 m²（300 ft²）。想象将此面积划分为每块10 m²（100 ft²）的三等份。

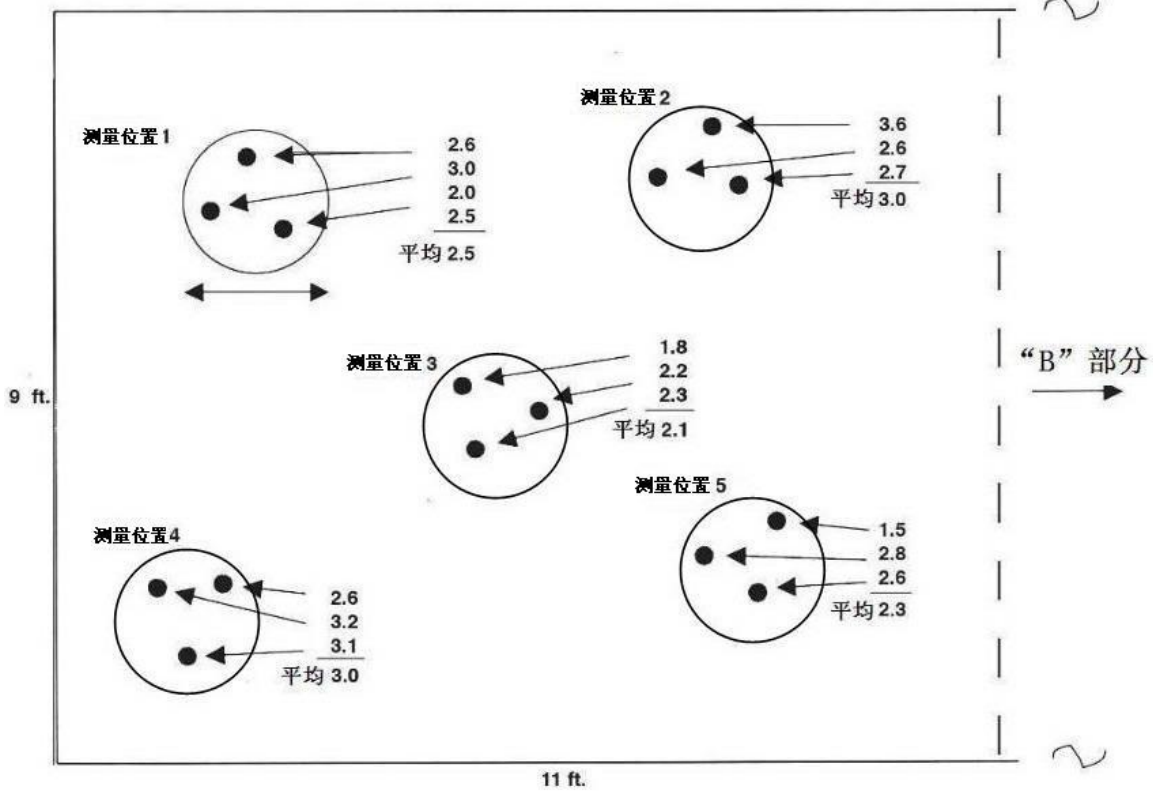
A部分 - 10 m²（100 ft²）

B部分 - 10 m²（100 ft²）

C部分 - 10 m²（100 ft²）

首先，测量A部分的涂层厚度。这包括至少15个厚度仪读数（见图A1）。假设规定要求 $64\ \mu\text{m}$ （2.5 mils）的最小膜厚。那么A部分的涂层厚度就是在其上5个测量位置测量值的平均值，即是 $66\ \mu\text{m}$ （2.6 mils）。

图 A1
结构上的“ A ”部分
(大约 $10\ \text{M}^2$ [$100\ \text{FT}^2$])



测量位置1	$64\ \mu\text{m}$	2.5 mils
测量位置2	$76\ \mu\text{m}$	3.0 mils
测量位置3	$53\ \mu\text{m}$	2.1 mils
测量位置4	$76\ \mu\text{m}$	3.0 mils
测量位置5	$58\ \mu\text{m}$	2.3 mils
平均值	$66\ \mu\text{m}$	2.6 mils

考虑美国习惯的测量方法：2.6 mils的平均值超过了所规定的2.5 mils的最小值，因此是符合规定的。接下来，判断最小测量位置的测量值2.1 mils是否在规定最小厚度的80%范围内。2.5 mils的80%是2.0 mils ($0.80 \times 2.5 = 2.0$)。虽然2.1 mils低于规定的最小厚度，但是仍然处于80%的范围内，所以符合规定。在测量位置5有个单独读数是1.5 mils，在测量位置3有个单独读数是1.8 mils，这两个数值都明显小于2.0 mils。这样也是允许的，因为只要求3个读数的平均值（即测量位置的测量值）必须大于或等于2.0 mils。

考虑等效的公制测量方法：66 μm的平均值超过了所规定的64 μm的最小值，因此是符合规定的。接下来，判断最小测量位置的测量值53 μm是否在规定最小厚度的80%范围内。64 μm的80%是51 μm（0.80 x 64=51）。虽然53 μm低于规定的最小厚度，但是仍然处于80%的范围内，所以符合规定。在测量位置5有个单独读数是38 μm（1.5 mils），在测量位置3有个单独读数46 μm（1.8 mils），这两个数值都明显小于51 μm。这样也是允许的，因为只要求3个读数的平均值（即测量位置的测量值）必须大于或等于51 μm。

由于在这个例子中使用的结构面积是30 m²（300 ft²），A部分膜厚的测量程序还要应用在B部分和C部分上。B部分以及C部分的测量膜厚都必须超过规定的最小膜厚64 μm（2.5 mils）。

要监控此结构上全部30 m²（300 ft²）面积的膜厚，至少要取得45个单独读数，从中计算出15个测量位置的测量膜厚值。每10 m²（100 ft²）面积上的膜厚通过其上5个测量位置的测量值取得。

附录2 – 举例使用薄片调整2型膜厚仪

附录2不是本标准的强制部分。

这里的举例描述了一种调整方法，用来提高2型（电子型）膜厚仪在冲砂清理或其他的粗糙表面测量的有效性。举例中一直使用喷砂清理，但是这些方法对于其他类型的表面处理也是可行的。在一个比较不均匀的表面，例如部分生锈的手工工具清理的表面，可能需要更多的读数以达到统计有效性的满意水平。由于不同厂家的膜厚仪操作方式不同，对某种膜厚仪的调整要按照厂家的指导进行。

2型膜厚仪要针对基材的表面粗糙度进行调整是为了能够直接读取膜厚。

可以利用冲砂后涂装前的部分基材表面调整膜厚仪。另外，一块和主结构同时喷砂清理，并且具有主结构表面粗糙度代表性的未涂装的测试试板也可以用来调整膜厚仪，前提是此试板材料的磁性和几何性质与被测结构相似。如果没有可以用来调整膜厚仪的表面，那么可以按照如下描述，在光滑表面调整时使用一个修正值。

依所使用膜厚仪的性能和特点而定，可以使用三种调整技术。请注意，由于粗糙表面造成的统计变化，使用这三种方法取得的单个读数可能不完全相同。

前两个例子描述了在一个或多个薄片上的调整和验证。当使用薄片时，由此产生的膜厚仪测量值的精确度较低并必须重新计算。例如，一个正确校准的膜厚仪的精确度可能是± 2%。薄片厚度的精确度可能在± 3%之间。膜厚仪和薄片的综合公差按照平方和公式将是± 4%：

$$\sqrt{2^2 + 3^2} = 3.6055 \approx 4$$

对于测量值符合薄片厚度的膜厚仪，测量到的平均厚度一定在薄片厚度的 $\pm 4\%$ 之内。如果在一个 $250\ \mu\text{m}$ （10 mil）的薄片上测量到的平均厚度介于 $240\ \mu\text{m}$ （9.6 mils）和 $260\ \mu\text{m}$ （10.4 mils）之间，说明膜厚仪被正确调整。 250 减去 250 的 4% 就是最小值 240 （ 10 减去 10 的 4% 就是 9.6 ）； 250 加上 250 的 4% 就是最大值 260 （ 10 加上 10 的 4% 就是 10.4 ）。[250 的 4% 是 10 ； 10 的 4% 是 0.4]

A2.1 单点校准调整：这个例子中使用一个等于或接近测量膜厚的薄片。根据这个调整所需要达到的精确度，厚度的测量范围，会随着膜厚仪的不同设计而变化。

假设被测量的涂层厚度是 $100\ \mu\text{m}$ （4.0 mil），那么要用大约 $100\ \mu\text{m}$ （4.0 mil）的薄片调整膜厚仪。将薄片放置在已经喷砂清理至所需等级的基材表面，或具有相似表面粗糙度的喷砂测试面。

考虑到冲砂后表面粗糙度的统计差异，取10个薄片厚度读数的平均值就足够了。

A2.2 两点校准调整：这个例子中使用两种薄片的厚度值，一种大于所期望测量到的涂膜厚度，一种小于所期望测量到的涂膜厚度。要注意，不是所有的膜厚仪都可以用这个方法调整。

假设被测量的涂层厚度是 $100\ \mu\text{m}$ （4.0 mil），那么用来设定膜厚仪上下刻度范围的合适的薄片厚度为 $250\ \mu\text{m}$ （10.0 mil）和 $50\ \mu\text{m}$ （2.0 mil）。

由于防护涂料通常应用于喷砂清理的金属表面，出于统计方法的考虑，为了调整需要获得一个典型值。要为粗糙表面上的薄片建立一个可靠的平均值，在一片薄片上读取的10个读数就足够了。依照厂家的指导，调整膜厚仪以便使用实际薄片厚度设定膜厚仪。

这个过程要重复应用在两种厚度的薄片上。

在中间厚度薄片上的10个读数的平均值，在上述的例子中中间薄片厚度大约 $100\ \mu\text{m}$ （4.0 mil），可以验证膜厚仪是否已经被正确调整到位。平均读数处于薄片厚度的 $\pm 4\%$ 范围内是可以接受的。

采用这个方法可以确保膜厚仪读数就是粗糙度中波峰之上的涂膜厚度。

A2.3 光滑表面校准调整：如果因为涂层已经存在而无法使用喷砂清理后的裸露基材表面进行调整，可以用光滑表面调整膜厚仪。调整依照厂家的指导。

喷砂清理后基材表面的读数高于真实数值，此真实数值取决于表面粗糙度和膜厚仪探头的设计。在大部分的应用中通常使用 $25\ \mu\text{m}$ （1.0 mil）的修正值。注意这个修正值与实际表面粗糙度的测量是不相关的。为了修正粗糙度的影响必须要从每次的膜厚仪读数中减去这个修正值。由此产生的修正后的读数就是波峰之上的涂层厚度。

对于较低的粗糙度，修正值可以低至10 μm（0.4 mil），但是对于非常高的粗糙度，修正值要高至40 μm（1.6 mil）。当没有喷砂清理后的表面用来调整膜厚仪时，表A2给出了合适的修正值。

表 A2
用于ISO 8503粗糙度等级的典型修正值（来源：prEN ISO 19840）

ISO 8503 粗糙度等级	修正值 (μm)	修正值 (mil)
Fine (低)	10	0.4
Medium (中)	25	1.0
Coarse (高)	40	1.6

当利用光滑的基材表面制作涂装后的标准板时，使用此标准板调整膜厚仪意味着必须在读数上使用修正值。

附录 3 - 测量横梁（大梁）上干膜厚度的方法

附录3不是本标准的强制部分，但是为了测量横梁和大梁上的干膜厚度，附录3对测量横梁或大梁上干膜厚度的两种方案进行举例。

A3.1 对于油漆工来说存在一个问题，那就是很难在高处和低处的垂直表面上施工与水平表面相同均匀的漆膜。相对于平面的中心部分，在横梁上，相应的会存在更多的倾向于较小干膜厚度（DFT）的边缘部分，和倾向于较大干膜厚度的内角部分。每个油漆工通常会为特定的工作开发一种作业方式。因此，以Top Flange底面的干膜厚度为例，可能会始终大于或小于目标干膜厚度。这种错误可以很容易的发现并改正。随机误差造成更困难的问题。漆膜明显太厚或太薄的总误差必须要纠正，并且这已经超出了本标准的范围。

在这些方案中，测量位置的数量可能会远远超过标准中所要求的“每10 m²（100 ft²）5个测量位置”。在A3.2中所述的对完整干膜厚度的判定，需要在横梁上进行一次非常彻底的检查。在A3.4中所述的对干膜厚度的取样判定，允许较少的测量位置。用户不必在结构中的每个横梁上都要求进行完整干膜厚度的判定。例如，可以要求在10个横梁中对其中1个进行完整干膜厚度判定，或在5个横梁中对其中1个进行取样判定，或将完整判定和取样判定想结合。

如图A3所示，一个横梁有12个不同的表面。其中的任何一个表面的干膜厚度都可能超过规定的范围，因此，每个表面都要进行测量。如果flange厚度小于25 mm（1 inch），合同各方可以选择不测量toe的干膜厚度（注：在轧制横梁上，对表面2、4、6和8进行测量可能不可行），即图A3中的表面2、4、6、8和12。作为一个非正式的初步调查，检查员可能要检查每个表面干膜厚度的均匀性。是否flange靠近fillet的干

膜厚度与靠近toe的干膜厚度相同？是否整个web表面的干膜厚度均匀？检查员必须确保所使用的膜厚仪不受边缘效应的影响。当测量边缘时依照膜厚仪厂家的指导。

A3.2 横梁上完整干膜厚度的判定：将横梁或大梁沿着其长度分成5个相等的部分。按照图A3中每部分的标识，确定横梁的12个表面。对高度等于或大于91 cm（36 inches）的横梁，将web沿着长度方向从中间分开。对于完整干膜厚度的判定，web的每一半看做是一个单独的表面。在每个部分的表面1上取一个测量位置（如3.1.2的定义）。在5个部分中的每个部分的表面1上的测量位置由检查员任意选取。这5个测量位置的平均值就是表面1的干膜厚度。在其他11个表面（如果不测量toe，就是7个表面；对于高的横梁就是14个表面）重复此测量方式。数据可以按照表格A3.1所示格式记录。

A3.3 任何单个测量位置的测量值都不能小于规定最小干膜厚度的80%。任何单个测量位置的测量值都不能大于规定最大干膜厚度的120%。每个表面的平均值必须符合所规定的干膜厚度。（如果不测量toe的干膜厚度将只有8个平均值；对于高的横梁可能最多有14个平均值。）

A3.4 横梁上取样干膜厚度的判定：作业规格书可以要求仅仅选择一个长度小于18 m（60 ft）的横梁进行取样干膜厚度的判定，用来替代对每个横梁的完整干膜厚度的判定。进行取样干膜厚度的判定时，不分割较高横梁上的web部分。

A3.4.1 长度小于6 m（20 ft）的横梁：对于长度小于6 m（20 ft）的横梁，在横梁上12个表面的每个面，如图A3所定义，取两个测量位置进行测量，随机分布。每个测量位置的测量值必须符合所规定的干膜厚度。

A3.4.2 长度介于6 m（20 ft）和18 m（60 ft）之间的横梁：对长度介于6 m（20 ft）和18 m（60 ft）之间的横梁，在横梁上的12个表面（如果不测量toe就是8个表面）的每个面，如图A3所定义，取3个测量位置进行测量，随机分布。每个测量位置的测量值必须符合所规定的干膜厚度。

A3.5 不合格：如果任何测量位置的测量值超过了所规定的范围，可以进行额外的测量用来确定不合格的区域。

A3.6 受限制部分：如果横梁位于一个或更多表面无法测量的位置，按照规定，依照A3.2和A3.4，测量可以测量到的每个表面。

A3.7 附件：按照作业规格书中的规定，要经常随机测量横梁上的加强筋和其他附件。

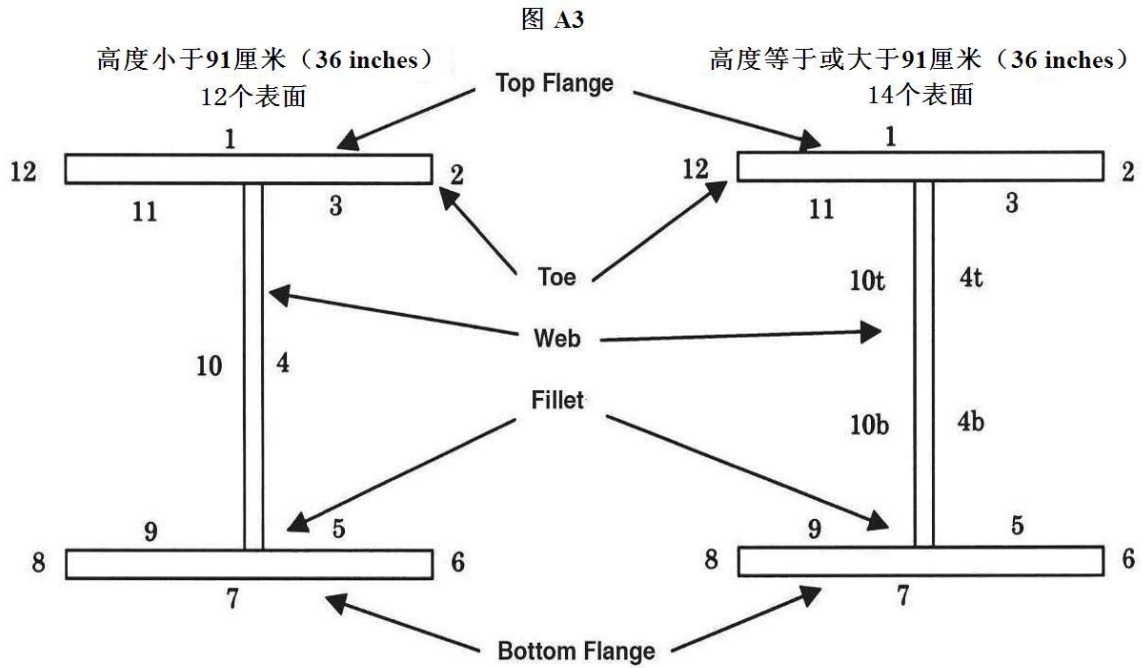


表 A3.1
记录横梁或大梁的12个表面的测量位置测量值和平均干膜厚度的数据表

表面*	部分 1	部分 2	部分 3	部分 4	部分 5	平均值
1						
2						
3						
4t						
4b						
5						
6						
7						
8						
9						
10t						
10b						
11						
12						

* t = web的上半部分 (对于高横梁)

b = web的下半部分 (对于高横梁)

表 A3.2
需要在横梁的每个表面进行完整干膜厚度判定或取样干膜厚度判定的
测量位置的数量

每个表面上测量位置的数量		
横梁长度	完整干膜厚度判定*	取样干膜厚度判定
小于6 m (20 ft)	5	2
6到18 m (20到60 ft)	5	3
大于18 m (60 ft)	5	不适用

*对于等于或高于91 cm (36 inches) 的横梁，在完整干膜厚度判定中web的上半部分和下半部分作为单独的表面

附录 4 – 在车间涂装后堆放的横梁、钢结构和各种部件的干膜厚度的测量方法。

附录4不是本标准的强制部分，但是为了测量堆放的横梁和大梁上的干膜厚度，附录4对两种测量方案进行了举例。

A4.1 综述：“堆放的部件”指的是由一名油漆工在一个班次内完工的堆放在一起的一组钢部件。对于检查堆放部件，首先进行目测，检查有明显缺陷的区域，例如涂层不足，并在必要时修补。作为一个非正式的初步调查，检查员可能需要检查每个表面干膜厚度的均匀性。

A4.2 完整干膜厚度的判定

A4.2.1 横梁（大梁）：依照A3.2所述流程进行。

A4.2.2 其他各种部件：在部件的每个表面取一个测量位置（如4.1.2所定义）。如果部件的表面少于5个，在较大的表面取更多的测量位置使总的测量位置数量达到5个。如果部件的总面积大于10 m² (100 ft²)，以随机分布的5个测量位置为每个10 m² (100 ft²) 或其他的表面测量。

A4.3 任何单个测量位置的测量值都不能小于规定最小干膜厚度的80%。任何单个测量位置的测量值都不能大于规定最大干膜厚度的120%。每个表面的测量位置的平均值必须符合所规定的干膜厚度。如果在一个表面上只有一个单独的测量位置，必须符合所规定的干膜厚度。

A4.4 取样干膜厚度的判定：作业规格书可以要求仅仅选择一个部件进行取样干膜厚度的判定，用来替代如A4.2所述的对每个涂漆部件的完整干膜厚度的判定。

A4.4.1 长度小于6 m (20 ft) 的横梁：依照A3.4.1所述流程进行。

A4.4.2 长度介于6 m (20 ft) 和18 m (60 ft) 之间的横梁: 依照A3.4.2所述流程进行。

A4.4.3 其他各种部件: 对于其他部件, 在部件上随机分布选取3个测量位置。每个测量位置的测试值必须符合所规定的干膜厚度。

A4.5 不合格: 如果任何测量位置的测量值超过了所规定的范围, 可以进行额外的测量用来确定不合格的区域。

A4.6 受限制部分: 如果横梁或其他部件位于一个或更多表面无法测量的位置, 按照规定, 依照A4.2或A4.4, 测量可以测量到的每个表面。

A4.7 需要测量的横梁或部件的数量: 在堆放的部件中, 可以规定需要进行完整干膜厚度判定和取样干膜厚度判定的横梁或部件的数量。例如, 依照A4.2, 在接近施工班次开始时, 施工班次中间和接近施工班次结束时各对一个涂漆部件进行一次完整干膜厚度的判定; 也可以依照A4.4, 在每三个部件中进行一次取样干膜厚度判定。

A4.8 附件: 按照作业规格书中的规定, 要经常随机测量横梁上的加强筋和其他附件。

附录 5 - 测量涂装后的测试钢板上干膜厚度的方法

附录5不是本标准的强制部分, 但是为了测量涂装后的测试钢板上的干膜厚度, 附录5对测量方案进行了举例。

A5.1 样板尺寸: 测试样板的最小面积是 116 cm^2 (18 in^2), 最大面积是 930 cm^2 (144 in^2); 即, 最小 $7.5 \times 15 \text{ cm}$ ($3 \times 6 \text{ inch}$), 最大 $30 \times 30 \text{ cm}$ ($12 \times 12 \text{ inch}$)。

A5.2 过程: 使用两种电子膜厚仪。在测试样板的上三分之一部分, 中间三分之一部分和下三分之一部分读取两个膜厚仪的读数。要在至少距离任何边缘 12 mm ($1/2 \text{ inch}$) 和距离另一个膜厚仪的读数点 25 mm (1 inch) 处读取读数。舍弃任何异常的没有重复性的或高或低的读数。测试样板的干膜厚度是6个可接受的读数的平均值。

A5.3 最小厚度: 可接受读数的平均值不得小于所规定的最小膜厚。任何单独的读数不得小于所规定最小膜厚的80%。

A5.4 最大厚度: 可接受读数的平均值不得大于所规定的最大膜厚。任何单独的读数不得大于所规定最大膜厚的120%。

A5.5 拒绝: 如果一个读数小于所规定最小干膜厚度的80%或大于所规定最大膜厚的120%, 可以在靠近过低或过高读数的区域做额外的测量, 目的是对试板干膜厚度进行重新评估。如果额外的测量结果显示试板争议区域的干膜厚度小于允许的干膜厚度的最小值或大于允许的干膜厚度的最大值, 就要拒绝使用此试板。

附录 6 - 测量采用喷砂清理后涂装的测试钢板上薄涂层干膜厚度的方法

附录6不是本标准的强制部分，但是为了测量喷砂清理后涂装的测试钢板上薄涂层的干膜厚度，附录6对测量方案进行了举例。

A6.1 如果干膜厚度大约是 $25\ \mu\text{m}$ （1 mil）或更低，就定义为薄涂层。由于此干膜厚度与喷砂清理后钢材上膜厚仪的统计波动相同，必须更多许多的读数以获得有意义的平均值。

A6.2 样板尺寸：测试样板的最小面积是 $116\ \text{cm}^2$ （ $18\ \text{in}^2$ ），最大面积是 $930\ \text{cm}^2$ （ $144\ \text{in}^2$ ）；即，最小 $7.5\ \text{x}\ 15\ \text{cm}$ （ $3\ \text{x}\ 6\ \text{inch}$ ），最大 $30\ \text{x}\ 30\ \text{cm}$ （ $12\ \text{x}\ 12\ \text{inch}$ ）。

A6.3 过程：使用一个正确调整的2型电子型膜厚仪。在测试样板的上三分之一部分读取随机分布的10个读数。计算这10个读数的平均值和标准偏差。同样的，在测试样板的中间三分之一部分和下三分之一部分读取随机分布的10个读数，计算平均值和标准偏差。要在至少距离任何边缘 $12\ \text{mm}$ （ $1/2\ \text{inch}$ ）和距离另一个膜厚仪的读数点 $25\ \text{mm}$ （ $1\ \text{inch}$ ）处读取读数。舍弃任何异常的或高或低的读数，即大于由平均值计算所得的3个标准偏差的读数。测试样板的干膜厚度是3个平均值的平均值。

A6.4 最小厚度：三个平均值的平均值不得小于所规定的最小膜厚。任何单独的平均值不得小于所规定最小膜厚的80%。

A6.5 最大厚度：三个平均值的平均值不得大于所规定的最大膜厚。任何单独的平均值不得大于所规定最大膜厚的120%。