第三章　海洋和重防腐涂料的性能评价方法和标准

第一节　相关的常规性能测试方法

一、涂料产品的取样

涂料产品的取样用于检测涂料产品本身以及所制成的涂膜。取样是为了得到适当数量的品质一致的测试样品，要求对所测的产品具有足够的代表性。取样工作是检测工作的第一步，非常重要，取样的正确与否直接影响检测结果的准确性。对于涂料产品的取样，目前我国均采用 GB 3186—82（89）《涂料产品的取样》。

二、清漆和清油的透明度

清漆和清油都是胶体溶液，其透明程度或浑浊程度都是由于光线照射在分散相微粒上产生散射光而引起的。在生产过程中，各种物料的纯净程度不够、机械杂质的混入、物料的局部过热、树脂的互溶性差、溶剂对树脂的溶解性低、催干剂的析出以及水分的渗入等都会影响产品的透明度。外观浑浊而不透明的产品将影响成膜后的光泽和颜色，并使得附着力和其对化学介质的抵抗力下降。测定方法一般采用 GB/T 1721—79（89）《清漆、清油及稀

释剂外观和透明度测定法》。

三、清漆和清油的颜色

清漆和清油等透明液体涂料由于对光的吸收而产生不同的颜色，通常是要求其颜色越浅越好。检测颜色的方法是将这些涂料产品与一系列标准色阶的溶液或玻璃，在天然散射光或规定的人工光源的透射光下比较，确定其颜色的深浅程度。依据所选用标准的不同，有以下几类检测方法。

（1）铁钴比色法：按国家标准 GB/T 1722—92《清漆、清油及稀释剂颜色测定法》进行。

（2）铂钴比色法：按国家标准 GB/T 9282—88《透明液体——以铂钴等级评定颜色》进行。

（3）加氏颜色等级法：按国家标准 GB/T 9281—88《色漆和清漆用漆基 加氏颜色等级评定透明液体的颜色》进行。

（4）罗维朋（Lovibond）比色法：按国家标准 GB/T 1722—92《清漆、清油及稀释剂颜色测定法》进行。

四、密度

密度的定义为在规定的温度下，物体的单位体积的质量，常用单位为 g/cm^3 或 g/mL。

测定涂料产品密度的目的，主要是控制产品包装容器中固定容积的质量；在检测产品遮盖力时也有意义，以便了解在施工时单位容积能涂覆的面积等。

目前，密度测定按国家标准 GB/T 6750—86《色漆和清漆——密度的测定》进行。

五、细度

色漆中使用的颜料和体质颜料，应该是微小的颗粒均匀地分散在漆料之

中，当涂成十几到几十微米厚的薄膜时，涂膜表面应平整光滑，不能有颜料等颗粒状物体显现出来。为了表达涂料中颜料等的分散程度，制定了细度这个检测项目。除了用于检查色漆以外，现在对清漆有时也进行细度检测，以检查其中是否含有微小的机械杂质。细度也称研磨细度。

我国国家标准细度测定有两种，可根据需要选用。

GB/T 1724—79（89）《涂料细度测定法》中规定的细度计有 3 种规格：0～150μm，0～100μm 和 0～50μm。

GB/T 6753.1—86《涂料研磨细度的测定》，则分为 100μm，50μm，25μm 和 15μm 等 4 种规格。

六、粘度

液体涂料的粘度检测方法有多种，分别适用于不同的品种。这些检测方法主要采用间接比较测定的方法。对透明清漆和低粘度色漆的粘度检测以流出法为主。对高粘度色漆则通过测定不同剪切速率下的应力的方法宋测定粘度，采用这种方法还可测定其他的相应流变特性。

（一）流出法

通过测定液体涂料在一定容积的容器内流出的时间来表示此涂料的粘度，这是比较常用的方法。对应的国家标准有 GB/T 1723—93《涂料测定法》和 GB/T 6753.4—86《涂料流出时间测定法　ISO 流量杯法》。

（二）设定剪切速率测定法

高粘度的色漆具有非牛顿型流动性能，它们在不同的剪切应力作用下产生不同的剪切速率，因而它们的粘度不是一个定值，用前面的方法都不能测出它们的比较实际的粘度值。要测定它们的粘度，通常需要采用旋转粘度计法。不同类型的旋转粘度计分别适用于测试不同的涂料产品。一般色漆的质量控制，通常选用圆筒型粘度计，它的精度已能满足要求。我国国家标准

GB/T 9751—88《涂料在高剪切速率下粘度的测定》所用仪器为锥板式或圆筒形粘度计和浸没式粘度计（即转子和定子均浸没于试料中的粘度计），检测涂料在 5000～20000/s 的剪切速率下的动力粘度，以 Pa·s 表示。对于乳胶漆类大多使用桨式，如斯托默粘度计。国家标准 GB/T 9269—88《建筑涂料粘度的测定——斯托默粘度计法》规定了用斯托默粘度计测定涂料粘度的方法，适用于测定非牛顿型建筑涂料，测试结果以克雷布斯单位（KU）表示。这种单位的换算按仪器附有的换算表换算。

七、不挥发分含量

不挥发分或称固体分指的是涂料组分中经过施工后留下成为涂膜的部分，它的含量高低对形成的涂膜的质量和涂料使用价值有直接关系。现在为了保护环境，减少挥发有机物对大气的污染，国际上提倡生产高固体分涂料。不挥发分的测定有两个国家标准可选用。GB/T 1725—79（89）《涂料固体含量测定法》规定的检测方法是用玻璃培养皿和玻璃表面皿，在鼓风恒温烘箱中测定。对不同品种涂料的取样数量、焙烘温度进行了规定，焙烘温度为 30 分钟。GB/T 6751—86《色漆和清漆　挥发物和不挥发物的测定》中，规定可用玻璃、马口铁或铝质的直径约为 75mm 的平底圆盘，也在鼓风恒温烘箱中进行。温度规定为 105℃ ± 2℃，焙烘 3 小时。

八、贮存稳定性

贮存稳定性是指涂料产品在正常的包装状态和贮存条件下，经过一定的贮存期限后，产品的物理或化学性能所能达到原规定的使用要求的程度，或者说是涂料产品抵抗在规定条件下进行存放后可能发生的性能变化程度。

贮存稳定性按国家标准 GB/T 6753.3—86《涂料贮存稳定性试验方法》规定进行检测。

九、使用量

使用量是指涂料在正常施工情况下，在单位面积上制成一定厚度的涂膜

所需的漆量，以 g/m^2 表示。测试方法按国家标准 GB/T 1758—79（89）《涂料使用量测定法》进行。

十、施工性

施工性用来检测涂料产品施工的难易程度。可按国家标准 GB/T 6753.6—86《涂料产品的大面积刷涂试验》规定的方法来评价。

十一、流平性

流平性是涂料施工性能中一个重要项目，从涂料施工性中单独分出。专列为一个检测项目。流平性是指涂料在施工后，其涂膜由不规则、不平整的表面流展成平坦而光滑表面的能力。可按国家标准 GB/T 1750—79（89）《涂料流平性测定法》进行评价。

十二、干燥时间

液体涂料涂于物件表面从流体变为固体涂膜的物理或化学变化过程通称涂膜的干燥。可按国家标准 GB/T 1728—79（89）《漆膜、腻子膜干燥时间测定法》进行测定。

十三、漆膜厚度

在涂料检验过程中，漆膜厚度是一项很重要的控制指标。涂料某些物理性能的测定及耐久性等一些专用性能的试验，均需要把涂料制成试板，在一定的膜厚下进行比较；在施工应用中，由于涂装的漆膜厚薄不匀或厚度未达到规定要求，均将对涂层性能产生很大的影响。因此如何正确测定漆膜厚度是质量检验中重要的一环，必须给予应有的重视。测定方法按 GB/T 13452.2—92《色漆和清漆　漆膜厚度的测定》进行。

十四、光泽

光线照射在平滑表面上，一部分反射，一部分透入物体内部产生折射。光反射的规律是入射角等于反射角。反射光的光强与入射光强的比值称为反射率。光投射到平整表面上的反射称为镜面反射。涂膜的光泽就是涂膜表面将照射在其上的光线向一定方向反射出去的能力，也称镜面光泽。反射的光量越大，则其光泽越高。光泽的测定可按国家标准 GB/T 9754—88《色漆和清漆　不含金属颜料的色漆漆膜之 20°、60°、85°镜面光泽的测定》进行。

十五、硬度

涂膜作为保护性材料，它必须具备一定的强度，所以它的机械性能是很重要的性能。

硬度是表示漆膜机械强度的重要性能之一，其物理意义可理解为漆膜表面对作用其上的另一个硬度较大的物体所表现的阻力。涂膜的硬度测定方法很多，目前常用的有 3 类方法，即摆杆阻尼硬度法、划痕硬度法和压痕硬度法。

（1）摆杆阻尼硬度法：按国家标准 GB/T 1730—93《漆膜硬度测定法　摆杆阻尼试验》进行测定。

（2）划痕硬度法：按国家标准 GB/T 6739—1996《漆膜铅笔硬度测定法》进行测定。

（3）压痕硬度法：按国家标准 GB/T 9275—88《色漆和清漆　巴克霍尔兹压痕试验》进行测定。

十六、耐冲击性

耐冲击性又称冲击强度，系指涂于底材上的涂膜在经受高速率的重力作用下发生快速变形而不出现开裂或从金属底材上脱落的能力，它表现了被试验漆膜的柔韧性和对底材的附着力。按国家标准 GB/T 1732—93《漆膜耐冲

击测定法》测定。特种涂层材料参照相关的方法。

十七、柔韧性

当涂于底材上的漆膜受到外力作用而弯曲时，所表现的弹性、塑性和附着力等的综合性能称为柔韧性。柔韧性的测定主要通过涂膜与底材共同受力弯曲，检查其破裂伸长情况，其中包括了涂膜与底材的界面作用。

目前涂层柔韧性的测定主要有以下 3 种仪器。

（1）轴棒测定器：按国家标准 GB/T 1731—93《漆膜柔韧性测定法》规定进行。

（2）卤柱轴弯曲试验仪：按国家标准 GB/T 6742—86《漆膜弯曲试验（圆柱轴）》规定进行。

（3）锥形挠曲测验仪：按国家标准 GB/T 11185—89《漆膜弯曲试验（锥形轴）》规定进行。

十八、附着力

系指漆膜与被涂漆物件表面通过物理和化学力的作用结合在一起的坚牢程度。目前测定漆膜附着力一般采用以下两类方法。

（一）综合测定法

1. 十字划格法

按国家标准 GB/T 9286—1998《色漆和清漆　漆膜的划格试验》规定进行。

（2）划圈法

按国家标准 GB/T 1720—79（89）《漆膜附着办测定法》规定进行。

（二）拉开法

按国家标准 GB/T 5210—85《涂层附着力的测定法　拉开法》规定进

行。

十九、耐磨性

耐磨性为涂层对摩擦机械作用的抵抗能力，它是那些在使用过程中经受到机械磨损的漆膜的重要特性之一。一般采用国家标准 GB/T 1768—79(89)《漆膜耐磨性测定法》进行检测。

二十、耐洗刷性

系测定涂层在使用期间经反复洗刷除去污染物时的相对抗磨蚀性。对于建筑内墙涂料和甲板漆是一项很重要的考核指标。一般采用国家标准 GB/T 9266—88《建筑涂料　涂层耐洗刷性》进行测定。

第二节　船底防污漆的筛选和性能评价

船底防污漆防污性能测试方法是防污漆研究工作、配方筛选、产品改进和成品质量控制的关键。目前还没有一个能全面反映防污性能的完整测试方法，所以迄今为止主要还是依靠实海测试，海港浮筏挂板试验，然后进行实船涂装。因此船底防污漆试验周期往往要好几年。这种利用天然环境进行测试，虽然结果是可靠的，但是周期太长不能适应防污漆发展的需要。还有很多加速测试方法，但结果往往与实际情况存在一定差距，相同类型的有时有可比性，一般用作实验室中筛选配方与成品控制之用。

目前采用的船底防污漆防污性能测试方法有以下 3 种。

(1) 实海渗出率测试：将涂好船底防污漆的样板浸泡在海港里，定期取出，在一定量的海水中进行振荡，测定在这一时间内漆膜中铜离子和有机锡毒料的渗出率。

(2) 海港浮筏挂板试验：将涂有整套船底漆的钢板装在木框中，固定在

海港试验的浮筏里，让样板浸在海水中进行考验，定期检查海洋附着生物附着情况。

（3）实验室内加速实验：将涂有船底防污漆的样片，在一个溶液内振荡，使用漆膜及铜的化合物加速溶解一段时间后，在海水或人造海水中测定其渗出率。

一、实海渗出率的测试

（1）实海铜渗出率的测试：按国家标准 GB/T 6824—86《船底防污漆铜离子实海渗出率测定法》规定进行。

（2）实海有机锡单体渗出率的测试：按国家标准 GB/T 6825—86《船底防污漆有机锡单体实海渗出率测定法》规定进行。

（3）毒料消化法：为了进一步了解防污漆漆膜的总渗出量，与在浸海一段时间后漆膜内毒料的残余量和利用率，特别是在漆膜后期阶段，渗出率已减少时的情况。将试验样板或船底上的漆膜小心地刮下一定面积，进行粉碎均匀后，用化学分析法来求得漆膜单位面积中的毒料。这样用渗出率和消化漆膜两方面可了解防污漆渗出的情况。有些配方，毒料用量大，渗出率小，消化法测试结果剩余毒料量大，说明漆膜封闭性大。有些配方在使用一段时间后渗出率下降，通过消化法可了解毒料是否部分封闭在内，还是已消耗完。所以消化法是鉴定防污漆渗出情况的另一个方法。

①测试方法：测试的样板或船底干燥后，小心地用刀将漆膜连底漆一起刮下，注意尽量不要散落。试验玻璃样板可全部刮下，船底或试验钢板上漆膜至少要刮 $100cm^2$，刮的面积越大，测定结果的误差越小。将刮下的漆膜进行混合粉碎，取其平均样进行化学分析。

②分析方法：

A. 锡：准确称取样品约 1g 于附有回流冷凝管的三角烧瓶内。加浓硝酸 20mL 及硫酸 15mL，加热至有机物完全氧化为止。将溶液移于烧杯中，在水浴上蒸发近干，加 15mL 浓硝酸及 10mL 蒸馏水，将杯盖好，蒸至 5～10mL。稀释至 50mL，加热至 90～100℃，保持 10～15 分钟，用细密滤纸趁热过滤，用稀硝酸（1∶20）洗涤沉淀物，约 10 次，保留滤液。将滤纸及

沉淀放入称重的坩埚中，烘干后，低温灰化，然后灼烧至恒重。将灰分与15倍的碘化铵混合，在（420～480）℃温度下灼烧约15分钟至不再有气体逸出，冷却，加2mL硝酸，蒸干，再灼烧至恒重。两次重量之差即样品中含锡量。

汞：将上述保留滤液移于400mL烧杯中，在水浴上蒸至近干。加40mL蒸馏水及25mL盐酸搅拌，如有不溶物应滤去，并用蒸馏水洗涤。如含铁量高，加20%亚硫酸10mL于溶液中，再加温去除过量的亚硫酸。用1∶1NH_4OH中和，加2mL盐酸及300mL蒸馏水，通H_2S至饱和，沉淀物用滤纸过滤并用含有H_2S的水洗涤。将滤纸及沉淀物移于蒸发皿中，加15mL王水，温热至硫化汞溶解并将氯气驱尽。将析出之游离硫滤去，洗涤至沉淀中无氯离子。用30%Na_2CO_3将滤液中和，加入新配制的30%硫化铵溶液30mL，然后在不断搅拌下，加10%NaOH溶液至深色溶液开始退色。加热至沸，再加NaOH溶液至清晰。加30%硝酸铵，煮沸至氨全部去除、过滤、再水洗至无氯离子。将沉淀移入坩埚，用95%乙醇洗三次，将坩埚放于烧杯冲，加足够量的四氯化碳将沉淀完全覆盖，盖好烧杯，放置约30分钟。将坩埚从烧杯中取出，使溶剂渗出。用四氯化碳洗涤至取1mL洗液蒸干后无可见残渣。然后再用乙醇洗三次，乙醚洗一次，将坩埚用红外线照射或放在水浴上蒸干后，再在105℃左右烘至恒重。

B. 铜：将上述保留滤液，低温蒸至过量酸驱尽，冷却后有固体出现，加25mL水溶解。小心地加入1mol/L NaOH至氢氧化铜出现，加4mL冰乙酸溶解沉淀，稀释至70mL，冷却，加3g硫化钾（溶于少量水中），放置半小时，用0.1mol/L硫代硫酸钠溶液滴定。快到终点时，加2mL淀粉液及2g硫氰化钾（溶于少量水中），继续滴定至蓝色消失。用下式计算铜的含量。

$$Cu\% = \frac{0.06354A}{\text{样品质量}}$$

式中　A——$Na_2S_2O_3$溶液消耗用量，mL。

二、海港浮筏挂板试验

海港浮筏挂板试验是从海港中的自然条件来观察船底防污漆防污性能的

方法。用来筛选鉴定各种防污漆的配方，为进一步实船涂装打下基础。船底防污漆的海港挂板试验最好选择一个海洋附着生物繁殖量多，一年内繁殖时间长的海区，这样对考验就严格一些。但是为了切合船底漆在当地海港中的情况，亦应在使用的海区内进行海港浮筏挂板试验。

（1）静态试验：按国家标准 GB/T 5370—85《防污漆样板浅海浸泡试验方法》规定进行。

（2）动态试验：按国家标准 GB/T 7789—87《船舶防污漆防污性能动态试验方法》规定进行。

三、实验室内加速测试方法

上述防污性能测定的方法，是在自然界条件下进行的，其结果是可靠的，但是所需的时间太长，一般需一年以上。若要试制长效防污漆，时间还需相应地延长，何况这些测定工作必须在海边进行。如何使测试工作加快，使防污漆能在一个较短时间内即可判断其性能好坏，是防污漆发展中的关键。但是目前还没有一个较完美的方法，都有其局限性。

防污漆实验室内加速法的原理，是采用化学方法使漆膜皂化，并使漆膜中渗出的铜离子成为络合物，在漆膜经过加速消耗后，测定出其在海水或人造海水中的渗出率。

目前采用的加速法大致有以下几种。

（一）氨基乙酸加速测试法

利用 pH = 10.5 的氨基乙酸钠溶液能很快地溶解防污漆漆膜中的铜和氧化亚铜，亦同时溶解松香。铜在溶液里成为氨基乙酸铜盐的络合物使漆膜加速消耗。氨基乙酸溶液为 0.025mol/L，氨基乙酸钠内含 0.48mol/L NaCl。

配方是：

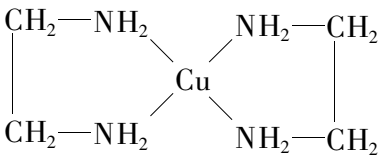
1.25mol/L NaOH	360mL	氨基乙酸	33.75g
NaCl	504g	蒸馏水	18L

测试时在单面磨砂玻璃样板上，按照施工的实际情况涂刷防锈漆与防污

漆（漆膜面积 $42cm^2$），在末道防污漆干燥一天后，用振荡器在 300mL 氨基乙酸钠溶液中静止 9.5 小时，再进行振荡。每隔 12 小时取出，以海水洗 0.5 小时后，再在海水或人造海水中振荡 2 小时，测定铜离子的渗出率。重复上述试验，直至样板中铜离子渗出率很少为止。测出其铜离子渗出率，画出渗出率曲线。

（二）乙二胺加速测试法

乙二胺可与防污漆漆膜中的铜或氧化亚铜生成络合物：



乙二胺溶液具有碱性，加速液 pH = 12，因此它同时能将防污漆漆膜溶解。

乙二胺加速测试方法是在磨砂玻璃样片上，按照施工实际情况，涂刷防锈漆与防污漆。涂漆面积为 $90cm^2$，在末道防污漆干燥一天后，在 300mL 加速液内振荡、频率为 120 次/min，振幅 2cm，每 6 小时更换加速液一次，以分光光度计，换算成加速渗铜率，再与时间作出加速渗出率曲线。

乙二胺加速测试法，加速的倍数是很大的，但由于乙二胺碱性强，对于耐碱性差的防污漆漆基会产生脱漆、粉化，故不适用。

（三）酸碱渗出率加速测试法

酸碱加速法是利用盐酸酸化的海水，将防污漆漆膜表面的铜用物理方法（如超声波）萃取后，在海水中测定铜的渗出率，然后再用氢氧化钠溶液校正到 pH = 11 左右的蒸馏水中用物理方法将漆膜表面破坏。重复上述加速过程，直至试样在海水中振荡时其渗出率小于 $10\mu g/(cm^2 \cdot d)$ 为止。

测定所用的酸化海水，是将过滤的新鲜海水，加入一定量的盐酸（分析纯），使 pH = 2.5 左右，所用的碱液是将蒸馏水用 NaOH 调至 pH = 11 左右。

酸碱渗出率加速测试法，是一个综合因素加速方法，影响的因素较多。

以上介绍的3种防污漆加速测试法，都有其局限性，只能粗略地反映防污漆的渗出规律，一般仅作为同类型防污漆在实验室内初步筛选及生产上质量控制之用。

四、防污漆膜摩擦阻力的测定

目前对水下防污涂料的研究，越来越注重漆膜表面的粗糙度对摩擦阻力的影响，从而影响船只的航速和动力的消耗。因此，船底防污漆，即要有优良的防污性能，又要有一定降阻性能。降阻性能可采用国家标准GB/T 7791—87《自抛光防污漆降阻性能试验方法——圆盘转矩法》规定进行。

第三节　长效防腐涂料的加速测试方法及局限性

涂膜在大气环境下要受到空气中水分及其他各种化学成分的侵蚀；被涂物件的使用条件也可能使涂膜接触各种化学物品。涂在物件上的涂膜具有保护被涂物件不受腐蚀的使命，如防止金属生锈、木材腐朽等，因而涂膜的耐化学及腐蚀性成为涂膜发挥保护作用的一类重要性能。对涂膜的耐化学和耐腐蚀要求是多种多样的，涂膜要按照不同的需要来满足。涂膜的耐化学和耐腐蚀性主要由涂料的结构组成决定，但施工的配套、施工条件和质量也对涂膜的这方面性能产生影响。在设计和研制涂料时要根据使用要求选用适当的方法对其耐化学和耐腐蚀性能进行检测，尽量模仿实用条件和可能遇到的情况。但由于实验条件与实际的差别，性能的检测结果通常是在规定条件下得到的数据，更多的是比较定性的结论，与千变万化的实际应用情况很难达到完全吻合，现在正在不断改进这方面的检测方法，以求适应要求。

涂膜的耐化学及耐腐蚀性能的检测通常包括以下3个方面。

(1) 对接触化学介质而引起的破坏的抵抗性能的检测，如耐水性、耐盐水性、耐石油制品性、耐化学品性等。

(2) 对大气环境中物质破坏的抵抗性能的检测，如耐潮湿性、耐污染

性、耐化工气体性、耐霉菌性等。

（3）对防止介质引起底材发生腐蚀的能力的检测，总的是耐腐蚀性和耐锈蚀性的检测，通常以湿热试验、盐雾试验和水气透过性试验来表示其能力。

在进行耐化学及耐腐蚀性能检测时，所得数据多是比较值，有的按其破坏程度分级，有的按产品标准规定的时间判断是否合格。各国的标准不尽相同。

一、耐水性

涂料在实际应用过程中往往与潮湿的空气或水分直接接触，随着漆膜的膨胀与透水，就会发生起泡、变色、脱落、附着力下降等各种破坏现象，直接影响到涂料的使用寿命，因此对某些涂料产品必须进行耐水性能检测。漆膜的耐水性好坏与树脂中所含的极性基团、颜料中的水溶盐、涂膜中的各种添加剂等因素有关，也受到被涂物的表面处理及涂膜的干燥条件等因素所影响。

目前常用的耐水性测定方法大致有以下几种：常温浸水法；浸沸水法；加速耐水法。

（一）常温浸水法

常温浸水法为最普遍采用的一种方法，适用于醇酸、氨基漆等绝大多数品种。国家标准 GB/T 1733—93 规定将涂漆样板的 2/3 面积放入温度为 23℃ ± 2℃的蒸馏水中，待达到产品标准规定的浸泡时间后取出，目测评定是否有起泡、失光、变色等现象，也可用仪器来测定漆膜失光率、附着力的下降程度。该法简便易行，但所用的水质对漆膜耐水性有很大影响。

（二）浸沸水法

浸沸水法适用于经常与盛有热水、热汤等器皿接触的物件的涂膜。测定

时，将涂漆样板的 2/3 面积浸挂在沸腾的蒸馏水中，待达到产品标准规定的时间后取出，以目测检查起泡、生锈、失光、变色等破坏现象。此法中沸水应始终保持沸腾状态，试验时为保持同一液面，也需用正在沸腾的水进行补充。

（三）加速耐水法

常温浸水法虽然简便易行，但对某些涂料测试时需时较长，影响产品的周转。为了缩短周期，加快试验进程，GB/T 5209—85《色漆和清漆　耐水性测定——浸水法》中规定采用 40℃ ± 1℃的流动水法，对水质作了规定。用循环泵或通入干燥、无油的压缩空气，以保持水的流动，水的电导率规定不大于 2μS/m。

通过试验可发现，按 40℃ ± 1℃的流动水所作的试验，与 25℃ ± 1℃常温浸水法作比较，白色氨基漆达到同样破坏的等级，其加速倍率为 6 ~ 9 倍，这样原来需 3 天时间的试验，现在可缩短到当天就能得出结果，大大提高了测试效率。

二、耐盐水性

涂膜在盐水中不仅受到水的浸泡而发生溶胀，同时又受到溶液中氯离子的渗透而引起强烈腐蚀，因此漆膜除了可能出现有耐水性中的起泡、变色等现象外，还会产生许多锈点和锈蚀等破坏。所以可用耐盐水性试验判断涂膜防护性能。

目前盐水浓度一般都采用 3%的氯化钠溶液，测试时，将试板 2/3 面积浸入，按产品标准规定的浸泡时间后取出检查。这种常温浸盐水法国内外基本相同，仅试验温度有所差别。另外按国家标准 GB/T 1763—79（89）中规定，也可采用加温耐盐水法，试验温度为 40℃ ± 1℃，采用一套恒温设备。

三、耐石油制品性

现代工业产品，如交通工具、机床、工程机械和工业装备等经常会接触

到各种石油制品，如汽油、润滑油、变压器油等。这些物件的涂膜必须具有对这些石油制品侵蚀作用的抵抗能力。不同产品规定了对不同石油制品的耐性标准，其中最普遍的是耐汽油性。对于船舶漆主要考察其耐柴油、耐润滑油性能。

耐汽油性的检测是测定涂膜对汽油的抵抗能力，即在规定的条件下进行试验，观察涂膜有无变色、失光、发白、起泡、软化、脱落等现象，以及恢复原状态的难易程度。按照国家标准 GB/T 1734—93《漆膜耐汽油性测定法》规定，检验方法分为浸汽油和浇汽油两种，两者均适用于汽油间断并短时间地作用于漆膜上的场合。浸汽油法测试时，也是将试板的 2/3 面积浸入产品标准规定的汽油中，到时取出检查。浇汽油法在试板上浇上一定量的汽油，到规定时间后，于漆膜上放上纱布和砝码，以观察纱布是否粘在漆膜上。规定的测试温度为 23℃ ± 2℃。对于汽油经常并长时间作用于漆膜上的场合，则最好于沸点的汽油中进行快速试验。

其他耐润滑油性、耐变压器油性的测试方法基本相同。

对于用于贮存石油制品的容器的漆膜，除了检测涂膜的耐石油制品性以外，还要进行涂膜对石油制品的品质影响的检验。一般在涂料产品标准中规定其检验方法。

四、耐化学品性

涂膜可能接触到的各种化学品有以下两类。

（1）工业化学品：酸、碱、盐和有机溶剂等属于工业化学品。酸、碱、盐等化学品对金属被涂物件能直接发生“干蚀”而使金属腐蚀，因此涂膜对这些工业化学品侵蚀的抵抗性能是非常重要的。我国习惯上把防止由于酸、碱、盐等工业介质的腐蚀称为防腐，把防止天然介质（水、海水、大气及土壤等）腐蚀称为防锈，以示区别，但还总称为防腐蚀。通过涂膜对这些工业介质的抵抗性能的测定，可以判断涂膜防腐蚀性能。有机溶剂对涂膜有一定的侵蚀作用，涂膜的耐溶剂性好坏能表示出涂膜所具有的机械强度，所以也是一个重要检测项目。

（2）家用化学品：属于这类的品种很多，依据国际上的习惯，它包括

水、洗涤剂或肥皂液、酱油、醋、油脂、酒类、饮料（如咖啡、茶）、果汁、调味品（如芥末、番茄酱）、化妆品（如口红）、墨水和油墨、润滑油脂、药品（如碘酒）以及其他。涂膜接触到这些物品，如果被沾污留有痕迹，或受到侵蚀，都将影响装饰和保护作用。现在的家用电器、家具等都特别重视对这些化学品的抵抗性能的检测。

下面介绍几种有代表性的检测方法。

（1）耐酸性和耐碱性：一般涂膜的耐酸性和耐碱性检测方法基本相同，如我国国家标准 GB/T 1763—79（89）《漆膜耐化学试剂性测定法》中所规定，用普通低碳钢棒浸涂或刷涂被试涂料，干燥 7 天后，测量厚度，将试棒的 2/3 面积浸入产品标准规定的酸（或碱）中，在 25℃ ± 1℃温度下浸泡。定时观察检查涂膜状况，按产品标准规定判定结果。为了加速，也可采用搅动的方法使酸（或碱）介质按一定速度流动，同时提高温度。或将试棒在酸、碱介质和在空气中交替进行，因试棒置于空气中时，氧气能更迅速地经过湿漆膜而渗透到试棒上，促进漆膜的破坏。

国家标准 GB/T 9274—88《色漆和清漆　耐液体介质的测定》中规定除了使用钢棒和铝棒外也可使用冷轧钢板等，浸泡法测试温度定为 23℃ ± 2℃。

对于建筑涂料的耐碱性试验在国家标准 GB/T 9265—88《建筑涂料涂层耐碱性的测定》中另有规定，用涂于石棉板上的涂膜浸入饱和氢氧化钙溶液中，检查结果。

（2）耐溶剂性：除了产品有规定以外，通常都按国家标准 GB/T 9274—88 中的浸泡法进行，按产品标准规定的时间在 23℃ ± 2℃浸泡。

近年来国际上推荐一种甲乙酮来回擦拭法，既能测出涂膜耐有机溶剂能力的强弱，更能判断涂膜的机械强度，对交联型涂料可以考察其交联密度的大致情况。通用的方法是使用一个中空的管状容器，带有一个毡制的尖端，在涂膜上每秒擦拭一个来回，通过时间计算出来回擦拭的次数，计算擦掉一定厚度的涂层后露出底材所需来回擦拭的次数，例如进行 200 或 300 次来回擦拭，涂膜仍不露底，可表示其结果为 200^{+} 或 300^{+}。

（3）耐家用化学品性：又称污染试验。通常采用国家标准 GB/T 9274 中的点滴法进行检验。又分覆盖法和敞开法。将测试液体滴在制好的试验样

板涂膜表面，每滴约 0.1mL，覆盖法在液体滴上覆以表面皿，敞开法则不加覆盖。在规定的 23℃ ± 2℃下，在规定时间内，样板应不受干扰。达到产品标准规定时间后，如果是水溶液则用水清洗，如果是非水溶液，则用对涂膜无损害的溶剂彻底冲洗，并立即检查涂膜变化情况。一般是根据变化情况划分等级标准，有的国家分为 11 级，10 级最好，0 级最差。

五、耐湿性

指涂膜受潮湿环境作用的抵抗能力。通常是对涂膜样板在高湿度条件下进行检测。我国等效采用了 ISO 6270—1980 的标准制定了 GB/T 13893—92《色漆和清漆　耐湿性的测定　连续冷凝法》，规定了检测涂膜在连续冷凝的高湿度环境中的耐湿性的方法。用于测定多孔性底材（如木材、水泥石棉板）和非多孔性底材（如金属）上的涂层的耐湿性能。标准规定采用耐湿性测定仪，样板放于仪器的顶盖位置，仪器的水浴温度控制在 40℃ ± 2℃，保持试验样板下方 25mm 的气温为 37℃ ± 2℃，涂层表面连续处于冷凝状态，按规定的时间进行试验。试验结束时取下样板，立即检查其表面破坏情况，按 GB/T 1740—79（89）样板评级方法或协议评价其耐湿性。

此外，也有在常温下的检测方法，如日本 JIS K5661—1970 建筑用防火涂料标准中规定有耐湿性检验项目，其方法为将涂漆样板在不受雨露侵蚀与日光直射、通风良好的环境下，垂直放置天后，在温度 20℃ ± 3℃、湿度约 90%的容器中垂直放置 72 小时后，取出检查涂膜状况。

六、耐污染性

涂膜在使用过程中，经常暴露和接触到各处环境的大气介质，当涂层本身固化不彻底或漆膜不够平整时，涂膜表面就会不同程度地沾上煤灰、油斑、尘埃、动物的排泄物等各种外来污物，影响了漆膜的外观、颜色和光泽。特别是白色和浅色的外墙建筑涂料，涂膜沾污后影响整个建筑物甚至城市的美观。因此对抗污染（沾污）性的控制和检测是很重要的项目。

对于暴露在大气中的试板，可使用色差仪测定漆膜暴露前后的反射值，

其差值就可以认为是由于沾染污物的结果，一般以污物堆集指数来衡量。

$$\text{污物堆集指数} = L_B / L_A \times 100$$

式中　L_A——漆膜未暴露前的反射值，%；

L_B——漆膜经暴露一定时间后的反射值，%。

对于建筑涂料，尤其是白色和浅色的外墙漆抗沾污的检测，目前一般采用有一定规格的粉煤灰与自来水，配成 1∶1 的粉煤灰水，均匀涂刷在漆膜表面，按一定的循环周期进行，然后测定漆膜反射系数的下降率，对于白色漆膜，则为白度值的下降率，可按下式计算：

$$C_n = (A - B) / A \times 100$$

式中　C_n——经 n 次污染后的白度值下降率，%；

A——漆膜原始白度值，%；

B——漆膜经 n 次污染后的白度值，%；

n——根据涂料品种不同，在 5 ~ 15 次之间选取。

七、耐化工气体性

随着工业的发展，许多城镇都处于工业大气的环境中，空气中含有大量的工业废气和酸雾等化工气体，尤其在化工厂及其邻近地区所使用的设备、构件、管道、建筑物等，危害更为严重，为此在这些地区所使用的涂料不仅要具有一定的耐候性，更需要有较高的抵抗化工气体腐蚀性的能力。除了在现场挂片或实地涂装进行考核外，为了能快速得出试验结果，在实验室一般采用 SO_2 或 NH_3 对漆膜进行耐化工气体的腐蚀试验。这也是涂膜耐腐蚀试验的一个项目。

试验可在一气密箱中进行，SO_2 可由气体钢瓶或气体发生设备供给，并配有合适的调节及测量装置。当试验涂层不超过 40μm 时，一般推荐用 0.2L SO_2。由于干燥的 SO_2 腐蚀性不大，因此试验必须在一定的温度和湿度下进行。

另外每次试验周期通入的 SO_2 是同一体积，所以在箱内试板的总面积是一个重要条件，因为不同类型的漆膜吸收 SO_2 的速率和程度是不同的，

因此试验条件会受到箱内试板类型的影响。

为了使试验更接近实际情况，也有把 SO_2（或 NH_3）试验与人工加速老化试验结合起来，以模拟化工厂的室外环境条件，使测试结果与实际应用更为一致。

1. 抗霉菌性

一般适于霉菌生长的温度是 15～35℃，最适宜的温度是 25～35℃，当温度低于 0℃，高于 40℃时，霉菌实际上不生长。适于霉菌生长的相对湿度是 80%以上，超过 95%时生长最为旺盛，低于 75%时霉菌不生长，但并不死亡，所以最适宜于霉菌生长的气候条件是温度 30℃与相对湿度 95%～100%。

霉菌对涂料的破坏作用首先是霉菌在漆膜上的生长引起漆膜表面的斑点、起泡；同时由于霉菌在新陈代谢过程中所产生的有机酸，能引起漆膜表面颜料的溶解及漆基的水解，从而透入底层，导致漆膜破坏并失去其保护作用。因此对使用在我国南方及出口湿热带地区的涂料品种必须进行防霉试验。

在试验中所需选择的菌种是随不同地区、不同季节的气候条件变化而有所不同；各国家和地区的霉菌试验方法标准中规定使用的菌种也不一样。根据我国具体情况及试验要求，认为以下几种菌种是具有代表性的，可供选择的有：黑曲霉、黄曲霉、土曲霉、焦曲霉、萨氏曲霉、杂色曲霉、土生曲霉、产黄青霉、球毛壳霉、木霉、宛氏拟青霉、蜡叶芽枝霉等。

各种霉菌在生长过程中除了必要的温度、湿度外，还需供给一定的碳源、氮源及其他微量元素。在实验室内我们可以配制各种培养基以满足霉菌培育所需要的养分。培养基分为两种：全部用一定纯度的化学药品配制而成的培养基称为合成培养基，如蔡氏培养基、无碳培养基等；若含有天然物的培养基称为天然培养基，如马铃薯培养基、麦芽汁培养基等。

防霉试验方法一般有悬挂法和培养皿法，对于大件成品的漆膜表面还可采用局部法。悬挂法要求有专门的霉菌试验箱，箱内悬挂样品处的有效空间应恒定地保持 28～30℃，保持相对湿度 95%～100%的范围，样品表面不允许有大量凝露。培养皿法则可采用一般烘箱或低温烘箱，保持温度 28～30℃，相对湿度则由培养皿内的培养基来保持，可不用控制。

从实际试验效果来看，悬挂法霉菌生长速度慢，需时较长，不太好观察，规定的 28 天时间还有延长的趋势，但其能适合零部件或整机的防霉试验。培养皿法霉菌生长速度快，好检查，规定为 21 天，实际上 14 天基本上就能定级，但其试验时需把样品制成 15mm × 40mm 的小片试样才能进行，且试验条件也较为严酷，长霉等级一般比悬挂法要快 2 ~ 3 级。

九、耐腐蚀性

涂膜抵抗外来介质作用防止被涂底材发生腐蚀是涂膜一项重要保护性能。腐蚀包括外来天然介质引起的锈蚀和工业介质引起的腐蚀。天然介质引起的锈蚀是普遍存在的，工业介质引起的腐蚀条件更为苛刻。而且引起腐蚀的这些条件千变万化，各种被涂物件所处环境不同，这就造成了对涂膜的耐腐蚀性评价的困难。在设计生产涂料产品时耐腐蚀性是极复杂的课题之一。

评价涂膜的耐腐蚀性最实际的方法是实物试验，即将涂料涂在被涂物件上，在实际的条件下使用，长时期观察其发生腐蚀的情况，以判断这种涂料是否耐腐蚀是否适合使用要求，这需要较长的时间，很难实现。退一步的做法是挂板模拟试验，即将涂料制成样板，在尽量与实际一致的环境条件下试验，用样板代替实物，例如船底涂料在海水中的实海测试、海港浮筏挂板试验等，这种方法试验周期还是太长。如日本 JIS 规格规定试验防锈性时间长达 2 年，现在更多地采用实验室内模拟加速测试方法，这些方法包括盐雾试验、湿热试验、水气透过性试验等，虽然可在试验室内进行，缩短试验周期，但只能得到相对的有局限性的结果，有人指出目前常用的方法还不能算是完美、准确的方法，它们只对相同类型的涂料产品具有可比性，而不能用于不同体系涂料的评价，此外试验的结果往往和实际情况有差距。因此用这些试验方法作为控制质量虽是可行的，但同时还需要用几种试验同时进行，以其综合结果评定耐腐蚀性的好坏。现在国际上正在不断研究更为准确的模拟试验方法。

（一）盐雾试验

盐雾试验是目前普遍用来检验涂膜耐腐蚀性的方法。

大气中的盐雾是由悬浮的氯化物的微小液滴所组成的弥散系统，它是由于海水的浪花和海浪击岸时泼散成的微小水滴经气流输送过程所形成。一般在沿海或近海地区的大气中都充满着盐雾。由于盐雾中的氯化物，如：氯化钠、氯化镁具有在很低相对湿度下吸潮的性能和氯离子具有很大的腐蚀性，因此盐雾对于在沿海或近海地区的金属材料及其保护层具有强烈的腐蚀作用。

目前各国盐雾试验标准中所采用的盐水配方大体上可分为两类：一类是纯的氯化钠盐水；一类是所谓人造海水。它们的 pH 值都是控制在 6.5～7.2 的范围内，一般称为中性盐雾试验。纯的氯化钠盐水，有采用 3%，5%和 20%的。由于浓度过大有使试验箱内相对湿度下降，造成样板表面有盐结晶析出降低了腐蚀强度，以及喷嘴经常易堵的毛病，故一般现在均采用在 3%～5%之间。

人造海水配方如下：

NaCl	27g/L	$CaCl_2$	1g/L
$MgCl_2$	6g/L	KCl	1g/L

其目的是想使溶液的成分更接近于天然海水，以模拟真实海洋大气的腐蚀条件。从试验结果来看，其腐蚀速度不如纯氯化钠盐水的快。

为了提高盐雾试验的效果，目前发展了乙酸盐雾试验，即用乙酸将纯氯化钠盐水的 pH 值调整到酸性（pH 值在 3.1～3.3 之间）。更进一步的发展是氯化铜改性的乙酸盐雾试验，即除了用乙酸调节成酸性外，再加入适量的 $CuCl_2 \cdot 2H_2O$。这两种方法的目的就是试图克服以往盐雾试验存在的可靠性和重现性问题，并大大加速腐蚀的速度。参见 ASTM G43—75(80)。

温度与腐蚀速度有着密切的关系。辐度高时腐蚀加快，但可靠性和重现性下降。目前大多数国家标准中规定的是 35℃和 40℃两种。

喷雾周期根据不同要求可采用连续喷雾或间歇喷雾（如每小时内，喷雾 15 分钟，停喷 45 分钟），但以连续喷雾的破坏速度为快。

目前，我国国家标准 GB/T 1771—91《色漆和清漆　耐中性盐雾性能的测定》系等效采用国际标准 ISO 7253—1984，试验中盐水浓度为 50g/L ± 10g/L，pH 值为 6.5～7.2，温度 35℃ ± 2℃，边疆喷雾。此试验条件与美国

ASTM B 117—73（1979）标准完全相同。

盐雾试验设备目前采用较多的是喷嘴式的，即使一定压力的空气通过试验箱内的喷嘴把盐水喷成雾状而沉降的试验样板上。喷嘴可以是玻璃制的，也可以是塑料或其他合金钢制的。采用喷嘴式盐雾箱试验时需注意以下事项。

（1）试验过程中，必须经常检查喷嘴是否堵塞，以保证喷雾的正常进行。

（2）所用的压缩空气必须经空气过滤器除油和空气饱和器加热饱和。

（3）喷雾压力应严格控制，使在规定值上下很窄的范围内波动，以免影响试验的重现性。

（4）把需要进行相互比较的同一批样板应尽量在同一次试验里进行。样板涂漆表面与盐雾沉降方向成 30°角放置。每次检查后，应交换样板的放置位置，以消除设备内喷雾量及温度的不均匀所引起的误差。

标准中规定被测试涂膜样板必须在封边后测试，观察涂膜状况有无变色、起泡、生锈和脱落现象，按其轻重程度，起泡大小和面积、锈点大小来分级。有的标准中还规定在测试前对涂膜斜十字切割露底，放入盐雾箱中测试，其结果以在切痕周边锈蚀蔓延的距离和附着力损失的距离来评定。

美国 ASTM D 2933—74（81）提出一个循环试验法，即样板在盐雾箱中放置 4 小时后，不冲洗或干燥立即放入温度 37.8℃，相对湿度 100%的湿热试验箱中 18 小时，然后不干燥直接放入温度为 -23.3℃ ± 2℃冷冻箱中 2 小时，此为 1 循环，重复试验至产品规定的要求，一般为 5 ~ 35 循环。据称 35 次循环试验的结果比在美国佛罗里达内陆曝晒 2 年的条件还要苛刻，但不及在佛罗里达海滩曝晒 18 个那样严重。

（二）湿热试验

湿热试验也是检测涂联耐腐蚀性的一种方法，一般与盐雾试验同时进行。

饱和水蒸气对漆膜的破坏作用主要基于以下两点。

（1）水对漆膜有渗透作用，透过漆膜之一层或多层，在漆膜与漆膜之间积聚，产生了最初的起泡；随后再向深入一步发展，最后达到漆膜与底板之间产生最后的起泡，水分与金属底板接触，产生电化学腐蚀作用。

（2）漆膜本身可以吸收一部分水分，使漆膜发生膨胀，降低了漆膜和底板的附着力，从而产生起泡现象。

一般在相对湿度较低的情况下，漆膜附着力的变化是不明显的，但随着相对湿度增加到 90%，甚至于更高，附着力的丧失就会变得很快，除了个别漆膜外，多数漆膜的附着力均不能恢复。

在相同的相对湿度下，温度越高，则绝对湿度越大，周围空间水蒸气压力增加，水气向漆膜内扩散就越显著，加快了受潮速度。同时温度越高，高分子链的热运动越厉害，分子间的作用力减弱，加速形成分子间的空隙，有利于水分的进入。

在相同的绝对湿度下，温度越低，则相对湿度就越高，水分向漆膜内部渗透的趋向就越大。另一方面，相对湿度高时，水分凝结的趋势就增加，在涂料表面凝结的水分增多，因而涂料受潮的速度也就加大了。

根据上述一些理由，目前推荐的湿热试验周期有许多种，有高温高湿短周期、温湿度交变的试验周期和恒湿恒温的试验周期等。

从实际试验情况来看过高的温度，虽然周期短、破坏快，但在某些情况下会因变化太快而不能很好地区别样板的优、劣，甚至会歪曲试验的真相。温湿度交变的试验周期，由于有低温高湿阶段，使水汽的漆膜表面上凝露，有利于水分渗透到漆膜内部，从而加速了对漆膜的破坏，但从目前试验的趋向来看，有希望在湿热试验中不要产生过多凝露的倾向。因为凝露太多，在漆膜上形成一层水膜，易造成漆膜中的可溶性物质过多地被溶解出来，与实际湿热情况不符。

我国国家标准 GB/T 1740—79（89）《漆膜耐湿热测定法》规定用恒温恒湿试验周期方法。

目前，耐湿热试验一般均在调温调湿箱内进行。由于湿热试验中取主要的影响因素是温度和湿度，因此在每次试验中需特别注意对这两个因素的控制，以免影响试验结果。另外在试验时垂直悬挂的样板之间应保持一定的距离，以不相互重叠碰撞为准（2～4cm）；样板在各周期检查时还应互换位

置，以尽可能地减少因设备内温、湿度的不均匀所造成的试验误差。试验用水也应注意采用蒸馏水或离子交换树脂净化水。

对于样板的评定主要观察涂膜有无起泡、生锈和脱落，按其损坏程度进行评级。

（三）水气透过性试验

前面已提到，水气能通过涂膜渗透达到底材，因而引起腐蚀。因此对涂膜进行水气透过性检测，可以判断涂膜耐腐蚀程度。这项试验是用游离涂膜来进行试验，所以检验手续比较烦杂。它是用渗透性试验杯测定，将游离涂膜夹在试验杯中，在膜两面放加不同的恒定的相对湿度，在一定的时间内，计算出透过规定的表面积试膜的水蒸气质量，以 $g/(m^2 \cdot d)$ 表示水气透过率。数值低表示透过水气少。可以作为各种涂料耐腐蚀程度的一种表示。这个方法一般用于涂料产品的研究。

（四）钢铁表面丝状腐蚀试验

钢铁表面发生细丝状腐蚀（丝状锈蚀）可使表面涂层呈现疏松线状隆起现象，通称丝状腐蚀，它常是由一个或几个腐蚀生长点辐射而成，试验和评价色漆和清漆涂层在有微量盐分和规定的相对湿度下由于划痕引起钢铁表面产生丝状腐蚀情况也是对耐腐蚀性的一种检测方法。我国等效采用 ISO 4623—1984，制定了 GB/T 13452.4—92《色漆和清漆　钢铁表面上的丝状腐蚀试验》，检测方法中规定在被试样板上划两条相互垂直，间距不小于 20mm 和各长 50mm 的划痕，在划痕上能清晰看到金属表面。将样板浸入 1g/L 的氯化钠溶液 30～60 秒钟（浸泡法），或放入符合 GB/T 1771—91 规定的中性盐雾中达到协议规定的时间（盐水喷雾法），然后放入 40℃ ± 2℃，入相对湿度 80% ± 5% 的试验箱中，按规定时间进行检验，根据划痕扩展开的丝状腐蚀程度和数量进行评价。

第四节　涂料耐大气老化性能的评价方法

涂料的质量除了取决于各项物理性能指标的检验外，更重要的是其使用寿命，即涂料本身对大气的耐久性。这种耐久性的表现是代表了该涂料的真正使用价值，是该涂料各种技术性能指标的综合表现，因此，进行涂料的耐候性试验是很必要的。提高涂料的耐候性，是改进涂料质量的关键。

一、人工加速老化试验

人工加速老化试验是基于大量天然暴露试验的结果，从中找出规律，找出气候因素与漆膜破坏之间的关系，以便在实验室内人为地创造出模拟这些气候因素的条件并给予一定的加速性，以克服天然暴露试验需时过长的不足。

（一）试验中的有关因素

1. 光源

从国内外已有的试验情况来看，光源是漆膜老化中的一个很重要的因素。太阳光谱一般可分为 3 个区域：紫外光区、可见光区和红外线区。经测定晴天太阳当头时（指赤道的中午），海平面的太阳能分布如下：

紫外线（290～400nm）　占 4%　红外线（700～2500nm）　占 53%

可见光（400～700nm）　占 43%

虽然紫外线能量仅占太阳总能量的 4%，但许多材料却是在紫外线区域内遭受破坏。如硝基纤维素在主要是 310nm 波长的光的辐射下分解；不饱和聚酯与苯乙烯的共聚物在波长为 325nm 时很快地变黄；聚丙烯、聚氨基甲酸酯等在 330～370nm 时出现老化。

2. 温度

由于光的作用总是伴随着温度的上升，因此温度升高也是促使漆膜老化的一个重要因素。漆膜的热老化，主要是由于交联过程及聚合物分子链的破坏；交联的结果，产生了立体结构，使漆膜变硬、变脆、失去弹性；而分子链破坏的结果使大分子链断裂，减少了分子长度及分子量，形成了游离基团，表现为发软、发粘。

在人工加速老化试验中，一定的温度配合周期性的降雨，造成频繁的交变温度，其影响比单纯的热老化更为重要，因为这样使涂层和底板发生不断地膨胀和收缩，就可导致涂层中形成很大的内应力。在大多数情况下，漆膜组成体系中含有成分和结构不同的物质：底漆、腻子、色漆、磁漆和清漆，因此在受温度交变作用时，由于在各层中的应力有所不同，再加以具有一定波长的强烈的光照，很易造成漆膜的开裂。

3. 湿度

在大气中暴露，漆膜实际上是长时间地保持在潮湿状态下，尤其在湿热地区更是如此。低湿度的紫外线照射虽然也能使漆膜产生失光、粉化，但作用较慢，并且出现龟裂；而在高湿度下，紫外线照射就成为一个更有效的破坏因素，使上述破坏作用大大增强。其原因主要是水分的吸收引起了漆膜的溶胀，体积变化，或使漆膜中水溶性物质溶解出来，当受光线照射时，就易使漆膜结构破坏或加快了光化学变化的作用。当然湿度的影响应考虑到温度、水分以及光照等各因素互相促进的总体影响。

4. 氧气

漆膜中的聚合物仅仅由于日光而解离的情况非常少，由于日光和氧气的相互作用，即所谓的日光氧化而促进老化是值得注意的。被太阳能所活化的氧会引起漆膜表面的氧化作用，结果增加了漆膜的孔隙并形成了漆膜的失光。已证实了在人工加速老化试验循环中，增加氧处理具有重要的意义，尤其是在较高压力的氧气处理中，显著地增加了由于裂缝和龟裂所引起的破坏现象。

（二）人工加速老化设备

为了模仿自然界中各种气候因素，以便在试验室内创造出所谓人工气

候，并且能达到加速试验的目的，可采用人工老化机。人工老化机根据所采用的光源可分为紫外线碳弧型、阳光碳弧型、氙灯型、高压水银灯以及组合光源等类型。紫外线碳弧型采用的是 2 个紫外线碳弧灯，利用上下碳棒的电弧，产生较大的紫外线能量，通过石英灯罩。过滤，发出连续光谱，其 300 ~ 380nm 的部分具有很大的分光能量，可见光和红外光部分能量则很小。

高压水银灯是种水银蒸气的弧光放电灯，有直形和 U 形的。与紫外线碳弧灯相同，也主要产生紫外线能量。但高压水银灯发出的光谱是线状光谱，是不连续的，能量集中在几条特征谱线附近，除了具有 300 ~ 380nm 的波段外，其小于 290nm 的短波成分也较多，因此使它对漆膜的破坏有着与碳弧灯不同的影响。

阳光碳弧型则利用碳棒内含有的金属元素不同，使发出的光谱除了包括紫外光区域 278 ~ 400nm 的以外，可见光部分领域也很大，红外光部分则很小，这样就使灯源的谱能量与太阳的光谱能量分布较为接近，比单纯的发射紫外波段的碳弧灯和高压水银灯提高了一步。

近期推广采用的氙灯，是一种内充高纯度氙气的弧光放电灯，它由一根透明石英玻璃管制成，两端各封接有一金属电极。氙灯比上述几种光源先进之处是首先其光谱能量分布更为接近太阳光，这样试验的模拟性就可大为提高；另外氙灯的辐射强度也比较均匀，当灯电流在相当范围内变化时，其光谱分布的特性仍然不变。当然氙灯也含有少量的天然光中所没有的 300nm 以下的短波成分及发热量较大的红外部分，因此为了避免影响试验结果，也必须对光进行过滤以及需用冷水对灯管进行冷却。

通过这些品种的加速老化试验，我们可以得出这些设备对试验效果的基本概念：采用紫外线碳弧型老化机，其与天然曝晒试验的结果基本相同，漆膜在失光；变色和裂纹等破坏现象方面与天然曝晒是比较符合的，唯一缺陷就是没有粉化或很少出现粉化，这特别明显地表现在醇酸与硝基漆两大类品种上；采用高压水银灯老化机其特征为粉化现象正常，重现性较好，使用操作也简便，但由于其小于 290nm 的短波成分较多，使某些品种在试验中与天然比较有一定程度的失真现象。

阳光型老化机从实际试验情况来看，在加速倍率上并不比紫外线碳弧型

的快多少，在破坏现象上也基本一致，但在某些破坏特征方面，以漆膜在老化过程中的颜色变化，与天然曝晒的色相变化颇为一致，显示了比紫外线碳弧型及高压水银灯型的老化机的性能优越。

氙灯与高压水银灯一样，也是灯管型，使用操作较简便，并且氙灯对自然的模拟性很好，对于褪色试验特别合适，不足之处是加速倍率不够理想。为了既能解决模拟性，又能提高加速性，国内外有推荐采用组合光源的，即把上述各种灯源中的两种，以适当的配合同时装置在老化机中，以解决模拟与加速的矛盾，但直至目前，还未见到有广泛的推广和应用。

二、大气老化试验

涂料在使用过程中受到各种不同因素的作用，使涂层的物理化学和机械性能引起不可逆变化，并最终导致涂层的破坏，这种现象一般称为涂膜的老化。

涂料的大气老化试验是指在各种气候类型区域里研究大气各种因素如日光、风、雪、雨、露、温度、湿度、氧气、化工气体等对涂层所起的老化破坏作用，通过试板的外观检查以鉴定其耐久性。也有在曝晒过程中进行漆膜的物理机械性能及游离漆膜的性能测试，但做得并不多。

根据大气种类可分为乡村大气、工业大气和海洋性大气；根据地区来分又可分为温带、寒带、干热带、湿热带等类型；而暴露方法又可分为朝南45°、当地纬度、垂直角度及水平角度等方式。

（一）气候、季节、曝晒角度的影响

我国面积广大，气候类型复杂，从北到南、由东向西气候条件很不同，往往同一个配方的品种，在不同地区使用性能差别很大，因此为了要全面考核某一个品种的耐久性，就有必要在各个区域内同时进行曝晒试验。

通过一系列样品的裸晒可得出不同气候地区对试板破坏的严酷程度，以同样的醇酸品种，如白、红、绿、黑四种颜色，采用同样的施工工艺，同时在天津、上海、武汉、重庆、广州、海南等地进行曝晒，可发现气候条件以

重庆、广州、海南等地最为严酷，样板破坏严重；武汉、上海居中，天津破坏最慢；而在重庆、广州、海南等地中又以海南最快，样板破坏最为厉害。

样品的耐久性除与气候地区有关外，曝晒季节对其影响也很大。由于季节不同，样品所经历的气候条件不同，因此漆膜的破坏程度也不同。

对于白干类型的涂料，在春季曝晒时，由于漆膜尚未完全坚实，就受到温差的急剧变化而引起漆膜变形；接着在夏季又遭受到强烈的紫外光照射或大量的雨水侵袭而进一步造成破坏。在秋季曝晒时，由于气温较平衡，紫外光强度也日趋下降，致使新涂的漆膜能有一段继续坚硬的过程，从而经得起来年的大气破坏作用。

实际试验也证实了这点：即春季样板破坏最快，秋季最慢。其顺序是：春－夏－冬－秋。因此，从涂料的角度来看，试验在春季，施工在秋季是有其一定道理的。

需指出的是：我国南方地处温热带或亚湿热带的一些地区，虽然炎热，但温差变化较小，气候随季节不同的变化不太显著，故曝晒季节对漆膜耐久性的影响不如我国其他地区大。

另外，曝晒角度对涂料的耐久性影响也是需要加以考虑的。因为在大气老化中，光是一个很重要的因素，因此应该尽量设法以最适合的角度来最大限度地利用太阳能。

（二）曝晒场的设立

曝晒场应建立在平坦、空旷的地方，周围无高大障碍物，使样板能充分受到各种大气因素的作用。若作为一般的大气曝晒试验，即乡村大气，则应尽量避免各种工业有害气体的影响。

曝晒场所应有明亮的工作室、贮存室，并应有必需的气象观测设备，各种漆膜检查的仪器及洗手池、上下水、照明电等各种设施。

气象资料的观测视曝晒场所环境、规模和人力而定，若在邻近有气象台（站）者，可直接采用气象台的数据。

曝晒架可用钢材或木材制成，并用耐候性较好的涂料涂装，其结构应力视简便、牢固，能调节曝晒角度者最好。

（三）样板检查方法

我国国家标准 GB/T 9276—1996《涂层自然气候暴露试验方法》中规定了以年和月为样板检查的计时单位，规定为在曝晒的第一至第三个月每隔 15 天检查一次；从第四个月起，每月检查一次；一个月以后每 3 个月检查一次。由于涂料品种的不同以及曝晒地区破坏速度的不同，检查周期可根据情况适当变更。

规定的检查项目包括失光、变色、粉化、裂纹、起泡、斑点、生锈、泛金、点污、长霉和脱落等。

检查主要是目测法，比较简便，能具体判断涂装的实用性能和耐老化程度的差别，但易产生个人的主观误差。其中漆膜的光泽和颜色，可用仪器测定，以数值来反映漆膜耐久性的变化。

对于色漆粉化程度可按 GB/T 14826—93《色漆涂层粉化程度的测定方法及评定》的规定，或者采用粉化测定仪，或者采用手工测定，对照标准评定等级。具体评级方法在国家标准 GB/T 1766—1995《色漆和清漆涂层老化的评级方法》中有规定。

此外，近年来利用仪器分析日渐增多，如对漆膜表面进行复型，在电子显微镜下就可观察到漆膜表面微细结构的改变，从而在较短的时间内就可预测天然曝晒的最终结果。也可在曝晒样板上切下游离漆膜进行红外分析，以判断曝晒的不同阶段漆膜老化所达到的程度。

第五节　功能型涂料技术标准

一、防火涂料

钢结构防火涂料即施涂于建筑物及构筑物的钢结构表面，能形成耐火隔

热保护层以提高钢结构耐火极限的涂料。

钢结构防火涂料按其涂层厚度及性能特点可分为：

B 类　薄涂型钢结构防火涂料——涂层厚度一般为 2～7mm，有一定装饰效果，高温时膨胀增厚耐火隔热，耐火极限可达 0.5～1.5 小时。又称为钢结构膨胀防火涂料。

H 类　厚涂型钢结构防火涂料——涂层厚度一般为 8～50mm，粒状表面，密度较小，热导率低，耐火极限可 0.5～3.0 小时。又称为钢结构防火隔热涂料。

（1）一般技术要求。

①本标准所规定的涂料及涂层性能，均指能用于保护钢结构提高其耐火极限的防火涂料和按本标准规定的试验方法检测的涂层性能。

②用于制造防火涂料的原料应预先检验。不得使用石棉材料和苯类溶剂。

③防火涂料可用喷涂、抹涂、辊涂、刮涂或刷涂等方法中的任何一种或多种方法方便地施工，并能在通常的自然环境条件下干燥固化。

④防火涂料应呈碱性或偏碱性。复层涂料应相互配套。底层涂料应能同普通的防锈漆配合使用。

⑤涂层实干后不应有刺激性气味。燃烧时一般不产生浓烟和有害人体健康的气体。

（2）性能指标：防火涂料的性能指标见表 3－3－1。

表 3－3－1　防火涂料的性能指标

序号	项目		指标要求	试验方法
1	在容器中的状态		无结块，搅拌后呈均匀状态	GB/T 6753.3
2	细度/μm	≤	100	GB/T 6753.1
3	干燥时间/h			
	表干	≤	4	GB/T 1728
	实干	≤	24	
4	附着力/级	≥	3	GB/T 1720

序号	项目	指标要求	试验方法
5	柔韧性/mm ≤	3	GB/r 1731
6	耐冲击/cm ≥	20	GB/T 1732
7	耐水性（24h）	不起泡、不掉粉、允许轻微失光和变色	GB/T 1733
8	耐湿热性（48 h）	不龟裂、不掉粉、允许轻微失光和变色	GB/T 1740

（3）防火性能指标与级别：表 3－3－2 为防火涂料的防火性能与级别。

表 3－3－2　防火涂料的防火性能与级别

序号	项目	指标与级别①			试验方法
		一级	二级	三级	
1	耐燃时间/min ≥	30	20	10	GB/T 15442.2—1995②
2	火焰传播比值	0～25	26～50	51～75	GB/T 15442.3—1995③
3	阻火性　失重/g ≤	5	10	15	GB/T 15442.4—1995④
	炭化体积/cm^3 ≤	25	50	75	

①GB 15442.1—1995 为饰面型防火涂料防火性能分级及试验方法　防火性能分级。

②GB/T 15442.2—1995 为饰面型防火涂料防火性能分级及试验方法　大板燃烧法。

③GB/T 15442.3—1995 为饰面型防火涂料防火性能分级及试验方法　隧道燃烧法。

④GB/T 15442.4—1995 为饰面型防火涂料防火性能分级及试验方法　小室燃烧法。

（4）试验项目的规定：每种产品除按本标准规定的项目试验外，还应根据产品的特性和预定用途，按相应的国家标准或其他认可的方法作必要的补充试验。

（5）室内钢结构防火涂料通用技术条件（GB 14907—94）。

①适用范围：本标准适用于建筑物及构筑物室内使用的各类钢结构防火涂料。

②定义及分类：表 3－3－3 为室内钢结构防火涂料的技术指标。

③试验方法　按 GB 14907—94《室内钢结构防火涂料通用技术条件》中第五章要求进行。

表 3－3－3　室内钢结构防火涂料的技术指标

项　　目			技术指标	
			B 类	H 类
在容器中的状态			经搅拌后呈均匀液态或稠厚流体，无结块	经搅拌后呈均匀稠厚流体，无结块
干燥时间，表干/h		≤	12	24
初期干燥抗裂性			一般不应出现裂纹。如有 1～3 条裂纹，其宽度应不大于 0.5mm	一般不应出现裂纹。如有 1～3 条裂纹，其宽度应不大于 1mm
外观与颜色			外观与颜色同样品相比，应无明显差别	
粘结强度/MPa		≥	0.15	0.04
抗压强度/MPa		≥		0.3
干密度/（kg/m^3）		≤		500
热导率/［W/（m·K）］		≤		0.116
抗振性			挠曲 L/200，涂层不起层、脱落	
抗弯性			挠曲 L/100，涂层不起层、脱落	
耐水性/h		≥	24	24
耐冻融循环性/次		≥	15	15
耐火性能	涂层厚度/mm		3.0，5.5，7.0	8，15，20，30，40，50
	耐火极限不低于/h		0.5，1.0，1.5	0.5，1.0，1.5，2.0，2.5，3.0

二、成品油罐和油舱涂料导静电性测试方法和标准

成品油罐和油舱涂料导静电性测试方法可按 GB/T 16906—1997《石油罐导静电涂料电阻率测定法》进行，具体如下述。

（一）原理

本方法测量时是在试样表面置放一平行电极，在电极之间施加一个直流电压，其间所产生的电流值以表面电阻率的数值来表示。本方法可以测定 $10^{10}\Omega$ 以下的表面电阻率。

（二）仪器与材料

（1）涂料电阻率测定仪　施加直流电压之后，能够瞬时间给出表面电阻率的仪器。

注意，本方法可采用 YFT 型耐油防腐涂料电阻测定仪。

（2）无水乙醇（化学纯）

（3）聚酯薄膜　厚度 0.03～0.1 mm，电阻率大于 $10^{10}\Omega$。

（4）玻璃粘胶纸带。

（三）试样制备

（1）取面积 150mm × 150mm 和 140mm × 140mm 的清洁聚酯膜各一张作为底材，将一张覆盖在另一张上，用玻璃粘纸带将小张边缘和大张未覆盖部分粘贴上。

（2）夹住合为一体的两张底材，以均匀的速度将底材垂直进入涂料中，提留 10 秒，随后以同样的速度取出，悬挂于洁净处自然晾干成膜。

（3）使底材倒转 180°，用同样方法浸涂第二次，在恒温、恒湿条件下（23℃ ± 2℃，50% ± 5%）至涂膜完全固化为止。

（4）用刀片切去粘有胶带纸的底材边缘后，再将其切成 40mm × 130mm 的单层试样 6 条，选择试样作测试用。

注意，如果涂料有底漆、面漆之分，应分别制作试样。

（四）测量程序

1. 实验室测试

（1）将试样用无水乙醇清洗后，放在 50℃ ± 2℃的烘箱中加热 2 小时。

（2）取出试样，在温度 23℃ ± 2℃，相对湿度小于 70% 的条件下停放 16 小时。

（3）打开仪器电源开关，置于“ ON ”位置。

（4）将平行电极接线柱分别插入标有“ + ， - ”符号的插孔。

（5）将平行电极放置于试样表面。

（6）选择合适的量程，按下测量按钮 1/00，即可读数。

（7）同样的方法测量另外两个试样。

（8）测试完毕，将电源开关拨至“ OFF ”处。

（9）将平行电极接线柱拨下，置于干燥处。

（10）取三个试样电阻率的平均值作为测量结果。

2. 现场测试

（1）在贮器内选择五处为平整、清洁的涂层表面。

（2）用无水乙醇清洗已选择好的涂层表面，清洗面积至少为 40mm × 130mm 以上，之后令其自然干燥。

（3）按试验测试的试验步骤分别测试各处涂层表面电阻率。

（4）取五处涂层表面电阻率的平均值作为测量结果。

（五）成品油罐和油舱涂料导静电性的标准

用涂料电阻率测定仪测定，涂层电性能测试结果均应小于 $10^9\Omega$，且每一测试结果均应在同一数量级之内。

三、舰船舱内涂料的卫生标准

（1）水面舰船舱室空气组分允许浓度（GJB 11.2—91）。

①空气组分允许浓度是指最高允许浓度，即为对人体不产生各种暂时性或永久性、直接或间接的损害，不影响船员作业效率。在正常情况下，任何时间内，均不能超过本标准规定的值。

②空气组分舒适浓度：空气组分舒适浓度主要是对有刺激性和异味气体

而言，除氧以外，在该浓度以下，既不产生对人体的生理学影响，也不产生刺激症状和异味感。

③舱室空气组分的检测方法可按照 GJB 533—88 执行。

④水面舰船舱室空气组分允许浓度与舒适浓度见表 3－3－4。

表 3－3－4　水面舰船舱室空气组分允许浓度与舒适浓度

序号	名　称	分子式	相对分子质量	允许浓度			舒适浓度		
				/%	/（mg/m³）	/μL/L	/%	/（mg/m³）	
1	氧	O_2	32.00	19～21			21		
2	氮	N_2	28.00	78～80					
3	氢	H_2	2.00	2.0					
4	二氧化碳	CO_2	44.01	0.2			0.1		
5	一氧化碳	CO	28.01		28.6	25			
6	二氧化氮	NO_2	46.01		1.9	1.0		0.1	0.05
7	二氧化硫	SO_2	64.07		3.9	1.5		1.0	0.4
8	硫化氢	H_2S	34.08		0.4	0.3		0.035	0.025
9	总烃	CxHy			150	35		5.0	1.0
10	臭氧	O_3	48.00		0.1	0.05		0.02	0.01
11	氨	NH_3	17.03		14	20		0.7	1.0
12	甲醛	HCHO	30.00		0.6	0.5		0.06	0.05
13	苯	C_6H_6	78.11		6.4	2.0		0.8	0.25
14	二甲苯	$C_6H_4(OH_3)_2$	106.20		30	7.0		4.5	1.0
15	二氯二氟甲烷	CF_2Cl_2	120.92		5000	1000			

注：表中允许浓度规定的值，除氧气、氮气外，均为上限值，如有超过应采取加大舱室通风量或其他措施进行控制。

（2）常规动力潜艇舱室空气组分允许深度（CJB 11.3—91）。

常规动力潜艇舱室空气组分允许浓度为常规动力潜艇的设计制造、大气净化和卫生监督提供依据，适用于常规动力潜艇 60 天间断潜航（8～12h/d）中舱室空气组分的控制和净化。本标准主要考虑到对人体的生理、生化影

响，不包括艇内设备对艇内空气控制的要求。表 3－3－5 为常规动力潜艇舱室空气组分允许浓度。

表 3－3－5　常规动力潜艇舱室空气组分允许浓度

序号	名　称	分子式	相对分子质量	允许浓度（60d）		
				/%	/（μL/L）	/（mg/m³）
1	氧	O_2	32.00	> 19		
2	氮	N_2	28.00	76 ~ 80		
3	氢	H_2	2.00	2.0		
4	二氧化碳	CO_2	44.01	1.0		
5	一氧化碳	CO	28.01		20	23
6	二氧化氮	NO_2	46.01		0.4	0.8
7	氯化氢	HCl	36.47		1.0	1.5
8	氟化氢	HF	20.01		0.2	0.16
9	氯	Cl_2	71.00		0.15	0.45
10	总烃	CxHy			15	75
11	氨	NH_3	17.03		10.0	7.0
12	二氯二氟甲烷	CF_2Cl_2	120.92		500	2500
13	汞	Hg	200.59			0.01
14	二氧化硫	SO_2	64.07		0.4	1.0
15	丙烯醛	CH_2CHCHO	56.10		0.1	0.23
16	硫化氢	H_2S	34.08		0.1	0.15
17	苯	C_6H_6	78.11		2.0	6
18	甲苯	$C_6H_5CH_3$	92.13		10.5	40
19	乙苯	$C_6H_5C_2H_5$	106.16		7.0	30
20	乙醇	CH_3CH_2OH	46.07		150	300
21	臭氧	O_3	48.00		0.04	0.08
22	硫酸蒸气	H_2SO_4	98.08			0.5

序号	名　称	分子式	相对分子质量	允许浓度（60d）		
				/%	/（μL/L）	/（mg/m³）
23	砷化氢	H_3As	77.93		0.03	0.10
24	锑化氢	H_3Sb	124.78		0.05	0.25
25	二氯甲烷	CH_2Cl_2	84.94		25	87.5

注：表中规定数据除 O_2、N_2 和 CO_2 外均为上限值，即在 60 天间断潜航期间，要保持在这一水平以下，如超过表中数值，应采取相应措施进行控制。CO_2 为一次潜航期间的时间加权平均浓度，峰值不得高于 1.5%。

（3）核潜艇舱室空气允许浓度（GJB 11—84）。核潜艇舱室空气组分允许浓度为核潜艇的设计制造，大气净化和卫生监督提供了依据，适用于核潜艇大气组分 90 天的控制和净化。本标准主要考虑对人体的生理影响，不包括艇内设备和仪器对艇内大气的控制的要求。表 3－3－6 为核潜艇舱室空气组分允许浓度。

表 3－3－6　核潜艇舱室空气组分允许浓度

序号	名　称	分子式	相对分子质量	允许浓度（90d）		
				/%	/（μL/L）	/（mg/m³）
1	氧	O_2	32.00	19～21		
2	氮	N_2	28.00	78		
3	氢	H_2	2.00	1		
4	甲烷	CH_4	16.04	1.3		
5	二氧化碳	CO_2	44.01	0.8		
6	一氧化碳	CO	28.01		15	17
7	二氧化氮	NO_2	46.01		0.2	0.4
8	二氧化硫	SO_2	64.07		0.2	0.5
9	氟里昂－12	CF_2Cl_2	120.92		100	500
10	总烃	C_xH_y			10	50
11	臭氧	O_3	48.00		0.02	0.04

序号	名　称	分子式	相对分子质量	允许浓度（90d）		
				/%	/（μL/L）	/（mg/m³）
12	汞	Hg	200.59			0.003
13	氨	NH_3	17.03		5	3.5
14	氯	Cl_2	71.00		0.05	0.15
15	氯化氢	HCl	36.47		0.47	0.7
16	氟化氢	HF	20.01		0.1	0.08
17	硫化氢	H_2S	34.08		0.05	0.07
18	锑化氢	H_3Sb	124.78		0.01	0.05
19	砷化氢	H_3Ar	77.93		0.01	0.03
20	丙烯醛	CH_2CHCHO	56.10		0.05	0.1
21	乙醇胺	$NH_2CH_2CH_2OH$	61.06		0.4	1.0
22	碱性气溶胶	NaOH	40.01			0.15
23	肌氨酸钠	$CH_3CH_2NaCOOH$	99.00		0.07	0.3
24	乙醛酸	HCOCOOH	74.07		0.7	2
25	二甲胺	$(CH_3)_2NH$	45.08		0.14	0.25
26	甲胺	CH_3NH_2	31.06		0.12	0.15
27	甲醛	HCHO	30.00		0.1	0.1
28	乙醛	CH_3CHO	44.05		1.7	3.0
29	甲醇	CH_3OH	32.04		4	5
30	乙醇	C_2H_5OH	46.07		50	94
31	正丙醇	$CH_3CH_2CH_2OH$	60.10		5	12
32	正丁醇	$C_2H_5CH_2CH_2OH$	74.12		4	12
33	丙酮	CH_3COCH_3	58.08		100	238
34	丁酮	$CH_3CH_2COCH_3$	72.06		20	59
35	苯	C_6H_6	78.11		1	3
36	甲苯	$C_6H_6CH_3$	92.13		2.7	10
37	二甲苯	$C_6H_4(CH_3)_2$	106.20		2.3	10

序号	名　称	分子式	相对分子质量	允许浓度（90d）		
				/%	/（μL/L）	/（mg/m³）
38	乙苯	$C_6H_5C_2H_5$	106.16		2	8.7
39	1，2－二氯乙烷	$C_2H_4Cl_2$	98.97		1	4
40	二氯甲烷	CH_2Cl_2	84.94		5	17.4
41	三氯甲烷	$CHCl_3$	119.39		2.5	12.2
42	氟里昂－11	$CFCl_3$	137.38		10	56.0
43	四氯化碳	CCl_4	153.84		0.5	3.1
44	1，1，1－三氯乙烷	CH_3CCl_3	133.42		2.5	13.6
45	吲哚	C_8H_7N	117.00		0.1	0.48
46	粪臭素	$C_6H_4CCH_3CHNH$	131.00		0.1	0.5
47	甲硫醇	CH_3SH	48.11		0.1	0.2
48	硫酸蒸气	H_2SO_4	98.08			0.3
49	光气	$COCl_2$	98.92		0.05	0.2
50	肼	N_2H_4	32.05		0.05	0.07
51	甲肼	CH_3NHNH_2	46.08		0.02	0.04
52	偏二甲肼	$(CH_3)_2NNH_2$	60.08		0.1	0.25

（4）饮水舱室漆卫生标准（GB 5369—85）。饮水舱室必须经卫生鉴定，并取得卫生部认可的卫生部门颁发的许可证书。

①浸泡水的水质除应符合现行《生活饮用水卫生标准》的规定外，还应根据涂料成分检验水中特有溶出物。

②必要时，对浸泡水和涂层中溶出的有毒物质进行毒理学实验，以确保涂层对人体安全无害。

③具体检测方法按 GB/T 5369—85《船用饮水舱室涂料能用技术条件》中附录 A 规定进行。

四、涂层太阳热反射测试方法

（略）

五、阻尼涂料复合损耗因数 η 的测定

按照 GB/T 16406《声学材料阻尼性能的弯曲振荡试验方法》规定的试验方法进行试验。

六、吸波涂料雷达波反射率的测定

按照 GJB 2038—94《雷达吸波材料反射率测试方法》规定进行试验。