

目 次

前言	I
IEC 前言	II
IEC 序言	II
1 总则	1
2 对操作者健康的危害	1
3 目的	2
4 试剂和材料	2
5 试验设备要求	3
6 严酷等级	4
7 初始检查	4
8 预处理	4
9 条件试验	4
10 最后检查	5
11 有关规范应给出的说明	6
附录 A(标准的附录) 对操作人员的危害	7
附录 B(标准的附录) 接种方法	8
附录 C(标准的附录) 推荐的安全预防措施	8
附录 D(标准的附录) 去污染的方法	9
附录 E(标准的附录) 流程图	10
附录 F(标准的附录) 导则	11

前 言

本标准等同采用国际标准 IEC 68-2-10《基本环境试验规程 第2部分:试验方法 试验J和导则:长霉》(1988年第五版)。

本标准是对 GB/T 2423.16—1990《电工电子产品基本环境试验规程 试验J:长霉试验方法》和 GB/T 2424.9—1990《电工电子产品基本环境试验规程 长霉试验导则》的修订。

在 GB/T 2423.16—1990 制定时,将 IEC 68-2-10(1988年第五版)标准中的“附录F 导则”作为另一项国家标准 GB/T 2424.9—1990《电工电子产品基本环境试验规程 长霉试验导则》,为完全等同采用 IEC 国际标准,便于 GB/T 2423.16 标准的使用,本次修订将 IEC 68-2-10 标准中的“附录F 导则”仍作为本标准的附录F,GB/T 2424.9—1990 标准作废。同时为便于本标准在我国的使用,将 GB/T 2423.16—1990 标准的附录F“试验菌号对照表”改为本标准表1的注。

本标准从生效之日起,同时代替 GB/T 2423.16—1990 与 GB/T 2424.9—1990。

本标准的附录A、附录B、附录C、附录D、附录E和附录F都是标准的附录。

本标准由中华人民共和国电子工业部提出。

本标准由全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:电子工业部第五研究所。

本标准主要起草人:张铮、王忠。

本标准于1981年首次发布,于1990年第一次修订,现为第二次修订。

IEC 前言

- 1) 国际电工委员会(IEC)关于技术问题的正式决议或协议,是由对该问题特别关切的国家委员会代表参加的技术委员会制定的,它们尽可能地表达了国际上对该问题的一致意见。
- 2) 这些决议或协议以标准的形式供国际上使用,并在此意义上被各国家委员会所承认。
- 3) 为了促进国际上的统一,IEC 希望所有国家委员会在其国内情况许可的范围内应采用 IEC 标准的内容作为他们的国家规定。IEC 标准与相应的国家规定之间存在的分歧,应尽可能在国家规定中明确指出。

IEC 序言

本标准是由 IEC 第 50 技术委员会(环境试验)50B 分会(气候试验)制定的。
本标准第五版代替试验 J:长霉的第四版(1984 年)。
本标准的内容是基于以下文件制定的:

六月法文件	表决报告
50B(CO)251	50B(CO)257
50B(CO)263	50B(CO)265

关于本标准表决通过的详尽内容可从上表中的表决报告中查到。

中华人民共和国国家标准

电工电子产品环境试验

第2部分:试验方法

试验J和导则:长霉

GB/T 2423.16—1999
idt IEC 68-2-10:1988

代替 GB/T 2423.16—1990 和
GB/T 2424.9—1990

Environmental testing

for electric and electronic products—

Part 2: Test methods—Test J and guidance: Mould growth

1 总则

1.1 本试验采用经选择的霉菌孢子在已装配的样品上接种,然后在促进孢子发芽和霉菌生长的条件下培养一段时间的方法进行长霉试验。

本试验给出两种不同的试验方法。试验方法1规定用霉菌孢子直接在样品上接种;试验方法2规定用可支持霉菌生长的营养液预先处理样品后再在样品上接种。

1.2 当已装配的样品必须暴露于空气的霉菌孢子中以及在气候条件有利于霉菌生长的地方工作时,本试验程序可用以评定霉菌生长程度和(或)由此可能产生的性能劣化。

1.3 建议使用其他已建立的真菌试验程序来评定所用结构材料因霉菌污染而导致的易受损性,并只使用不受霉菌严重侵蚀的材料。

1.4 本试验程序也适用于工作时不必暴露于霉菌孢子,但在贮存或运输时可能必须暂时暴露于霉菌孢子的已装配样品。

1.5 当已装配的样品在贮存、使用或运输时暴露于大气或装卸时无防护遮蔽,由灰尘、污迹、凝结的挥发性营养物或油脂形成的表面污染可能会沉积在样品上。这种表面污染会导致霉菌植入的增加,并可引起更多的霉菌生长和损害。这种污染的影响可用试验方法2来评定。

1.6 若已装配的样品被防护而不暴露于霉菌孢子,则即使在霉菌孢子丰富的地方工作,样品需经受起本试验严格程序的能力也是不必要的。

1.7 由于在一个很大的试验箱内难于保持必需的试验条件,大型组合设备通常用一些分组件来进行试验。总之,这将使试验费用缩减到最小,因为几个分组件可能在结构上如此相似以致仅需试验其中之一即可。

2 对操作者健康的危害

2.1 本试验程序要求使用活的霉菌孢子和提供促进霉菌生长的环境条件。

2.2 在开始接触霉菌菌种或按下述试验步骤进行试验前,操作者首先应学习本标准的附录。

参阅:附录A——对操作人员的危害

附录B——接种方法

附录C——推荐的安全预防措施

附录D——去污染的方法

3 目的

无论已装配的样品是否由抗霉材料构成,本试验的目的在于通过有关规范已明确严酷等级的试验方法1和(或)试验方法2来查找已装配样品未预见的劣化原因。

a) 试验方法1:培养28 d后评定霉菌生长程度和由此产生的任何物理损害;如有关规范有要求,则在培养时间延长到84 d后检查对样品性能的影响。

b) 试验方法2:先用营养液对样品进行预处理,培养28 d后评定霉菌生长程度和由此产生的任何物理损害,并检查对样品性能的影响。

有关规范应明确所选择的试验方法和严酷等级。

4 试剂和材料

4.1 菌种或孢子——供应和条件

4.1.1 进行本试验应使用表1中列出的菌种。每种菌种预期的侵蚀性列出作为参考。无论样品的性质如何,所有的菌种孢子应混合在一起使用。

为本试验提供菌种或孢子的研究中心应证明提供物符合本标准的规定。

表1 试验菌种名称及侵蚀性

序号	名 称	菌株定名人	典型菌种 ¹⁾ (仅供参考)	性 质
1	黑曲霉 (<i>Aspergillus niger</i>)	V. Tieghem	ATCC, 6275	在许多材料上大量生长,对铜盐有抵抗性
2	土曲霉 (<i>Aspergillus terreus</i>)	Thom	PQMD, 82j	侵蚀塑料
3	出芽短梗霉 (<i>Aureobasidium pullulans</i>)	(De Barry) Arnaud	ATCC, 9348	侵蚀涂料与蜡克漆
4	宛氏拟青霉 (<i>Paecilomyces varioti</i>)	Bainier	IAM, 5001	侵蚀塑料与皮革
5	绳状青霉 (<i>Penicillium funiculosum</i>)	Thom.	IAM, 7013	侵蚀许多材料尤其是纺织品
6	赭色青霉 (<i>Penicillium ochrochloron</i>)	Biourge	ATCC, 9112	对铜盐有抵抗性,侵蚀塑料与纺织品
7	光孢短柄帚霉 (<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>)	(Sacc.) Bain Var. <i>Glabra</i> Thom.	IAM, 5146	侵蚀橡胶
8	绿色木霉 (<i>Trichoderma viride</i>)	Pers. Ex. Fr	IAM, 5061	侵蚀纤维织物与塑料

注²⁾: 各菌种相应的中国微生物研究所菌种保藏号:黑曲霉 AS 3. 3928、土曲霉 AS 3. 3935、出芽短梗霉 AS 3. 3984、宛氏拟青霉 AS 3. 4253、绳状青霉 AS 3. 3875、赭色青霉 AS 3. 4302、光孢短柄帚霉 AS 3. 3985、绿色木霉 AS 3. 2942。

4.1.2 来自经认可的真菌研究中心的菌种应放在适当的容器内,在其上注明接种日期。

4.1.3 菌种和冷冻干孢子应按提供者的建议进行操作和贮存,用户应在接种容器上标明由冷冻干孢子制备成菌种的接种日期。

采用说明:

1) 因 IEC 标准中给出的参考菌种号为美国典型菌种保藏号及日本东京大学微生物研究所的菌种号,在中国无法获取,因此本试验可按中国菌号使用国内的菌种,采用 IEC 标准中的保藏菌种与国内保藏菌种同等有效。

2) 所用菌号根据中国微生物菌种保藏管理委员会 1992 年编的中国菌种目录中的菌号。

4.1.4 制备孢子悬浮液的菌种,从接种容器上标明的接种日期算起,应在室温存放不少于 14 d,但不超过 28 d。

4.1.5 如果菌种不立即使用,应保藏在 5℃~10℃的冰箱中,连续保藏时间不超过六周。用于保藏的菌种从接种容器上标明的接种日期算起,接种后培养时间不少于 14 d 但不超过 28 d,然后进行保藏。

4.1.6 在制备霉菌孢子悬浮液前,不应取下装有菌种的容器塞子。一个打开的菌种容器应只制备一次孢子悬浮液。每批制备的孢子悬浮液应使用另一个容器来盛装。

注:进行下述试验程序推荐的安全方法见附录 C。

4.2 霉菌孢子悬浮液的制备

4.2.1 应使用加入 0.05%润湿剂的蒸馏水制备孢子悬浮液。可选用 N-甲基牛磺酸(N-methyltaurine)或二辛基硫代丁二酸钠(Dioctyl sodium sulphosuccinate)作为润湿剂。润湿剂不应含有支持或抑制霉菌生长的物质。

4.2.2 向每个菌管缓缓加入含有润湿剂的水 10 mL。将一根接种铂丝或镍铬丝在火焰上加热到赤红以灭菌并冷却,然后用这根金属丝轻刮菌种表面以释放出孢子。将液体轻微摇动以分散孢子而不分离菌丝碎片,然后将孢子悬浮液缓缓倒入到锥瓶内,并用此锥瓶收集所有其他孢子悬浮液。

4.2.3 用力振荡锥瓶以充分混匀八种孢子提取物,并使成团的孢子分散。孢子悬浮液应放置至少 30 min,然后用质量好、滤速快的纤维滤纸过滤除去菌丝碎片、琼脂块和孢子团。

4.2.4 离心已过滤的孢子悬浮液,去掉上层清液。用 50 mL 蒸馏水使沉淀物悬浮,再离心。用此方法清洗孢子三次,然后按以下要求稀释最后的沉淀物。

4.2.4.1 对于试验方法 1:用 100 mL 蒸馏水稀释最后的沉淀物。

4.2.4.2 对于试验方法 2:当样品按第 8 章在喷雾接种前用营养液进行预处理时,最后的沉淀物应用 100 mL 蒸馏水稀释;当样品用涂覆或浸渍方式接种时,可用 4.3.2 给出的营养液代替蒸馏水来制备悬浮液。

如果用孢子悬浮液的营养液接种,则省去第 8 章给出的预处理程序。

4.2.5 孢子悬浮液可用蒸馏水或营养液稀释至最大体积 500 mL,并应在制备的当天使用。

4.3 对照条

4.3.1 本试验要求的对照条应由纯净白滤纸条或不防水的棉布条制成。

4.3.2 用于制备对照条的营养液应由下列试剂的蒸馏水溶液构成,并应在制备的当天使用。下列试剂用量为每升蒸馏水的用量。

磷酸二氢钾(KH_2PO_4)	0.7 g
磷酸氢二钾(K_2HPO_4)	0.3 g
硫酸镁($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.5 g
硝酸钠(NaNO_3)	2.0 g
氯化钾(KCl)	0.5 g
硫酸亚铁($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)	0.01 g
蔗糖	30.00 g

4.3.3 对照条应放入小器皿内,并用营养液浸泡。使用前才将对照条从营养液中取出并滴干。

4.3.4 应在做试验的当天制备新鲜的对照条。

5 试验设备要求

5.1 用于小样品的设备

5.1.1 应使用带紧密盖子的、能安置样品的玻璃或塑料容器。容器的大小与形状应使得在它内部空间的底部具有足够敞露的水表面积,以保持容器内相对湿度大于 90%。

样品的安置方式应确保样品不被水触及或溅到。

5.1.2 用于培养安置于容器内小样品的试验箱,其箱内整个工作空间的温度应均匀保持在 $28^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的范围内。由于控温器运作引起的温度周期循环变化不应超过 1°C/h 。

5.2 用于大样品的设备

5.2.1 应使用适合的潮湿箱来培养因太大而不能放入 5.1.1 规定容器内的大样品。

潮湿箱应有密闭良好的箱门以防止箱内与试验室之间的空气交换。

5.2.2 潮湿箱内的相对湿度应保持在 90% 以上,不允许有凝露水从箱壁或箱顶滴落在样品上。

箱内整个工作空间的温度应均匀保持在 $28^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 范围内。由于控温器运作引起的温度周期循环变化不应超过 1°C/h 。

为了使整个箱内的温度和湿度达到均匀,可在箱内强迫空气循环,空气流速在样品表面上不应超过 1 m/s 。

6 严酷等级

每种试验方法的试验严酷等级由试验的持续时间来确定。

试验方法 1: 规定两种严酷等级: 28 d 和 84 d。

试验方法 2: 规定一种严酷等级: 28 d。

有关规范应明确进行本试验所选择的试验方法及要求的严酷等级。

7 初始检查

试验前,试验样品应进行外观检查和按有关规范要求进行电气和机械性能检测。

8 预处理

8.1 对于试验方法 1 和试验方法 2

用于试验的样品应处于用户从制造商处接收以供使用时的状态。样品通常不应进行任何清洁处理,但是如果有关规范有规定,则允许在试验前对样品的一半用乙醇或含洗涤剂的水清洗,然后用清水冲洗。用这种方法可以区分因样品结构上使用不适当材料和表面污染引起的霉菌生长。

注: 0 级(见 10.3)

当有关规范要求长霉等级为 0 级时,试验前宜考虑清洁样品,因为可能存在的污染在试验方法 1 中可促使霉菌生长。

8.2 对于试验方法 2

将用孢子悬浮液接种的试验样品先用营养液进行预处理。营养液的成分见 4.3.2,并加入 0.05% 不杀菌的润湿剂。营养液可喷雾、涂覆或浸渍在样品上,或按有关规范的规定进行预处理(见 4.2.4.2)。在接种前经营养液处理的样品应晾干。

9 条件试验

9.1 应用

9.1.1 对于有关规范中规定的试验方法,应按下述规定方法应用。

9.1.2 试验方法 1

如果有关规范要求试验 84 d 后进行检测,则应准备两组样品;一组用霉菌孢子接种然后进行培养(试验样品);另一组应暴露在潮湿条件下,不接种,然后进行培养(见 9.2)。后者样品称为“负对照样品”。

试验方法 2

应包含两组样品。一组,即试验样品,经营养液预处理后应用霉菌孢子接种,然后培养 28 d;另一组不用营养液预处理,不接种,暴露在潮湿条件下,然后培养 28 d。后者样品称为“负对照样品”。

注：负对照样品

负对照样品宜放在与放置接种样品不同的单独试验箱内，并暴露于规定的条件下。为了确保在负对照样品上不长霉，箱子宜用附录 D 中 D2 给出的方法之一进行灭菌。如果负对照样品不支持霉菌生长，则试验是有效的。

9.2 接种

根据样品的大小和性质，试验样品和对照条应用孢子悬浮液（见 4.2）以喷雾、涂覆或浸渍方式接种（见附录 B 和附录 C）。

负对照样品应用蒸馏水喷雾、涂覆或浸渍，并防止被污染。

9.3 培养

9.3.1 按 9.2 在 15 min 内接种。小试验样品应分组，每组包含三个能安置于容器（见 5.1.1）内的对照条。样品和对照条应间隔排列良好，容器应放在培养箱内（见 5.1.2）。

9.3.2 负对照样品应放在与放置试验样品相似但单独的容器内（不放接种的对照条），然后将容器放在培养箱内（见 5.1.2）。

9.3.3 对于大试验样品，三个对照条应和样品一起放在潮湿箱内。负对照样品最好放在单独的潮湿箱内。如果是同一个箱，则应在霉菌试验结束并经去污染（见附录 D）后立即放入负对照样品。

9.3.4 除了在第一个 7 d 检查对照条以确定接种菌的活力、以及补充氧气的几分钟时间外，容器盖不应打开或有其他干扰。这种操作以后每 7 d 重复一次，直到规定的试验时间结束为止。

9.3.5 如果在接种后 7 d 第一次打开检查时，在任何一条对照条上肉眼都看不到霉菌生长，则试验应被认为无效，应重新进行试验。

10 最后检查

10.1 外观检查

10.1.1 样品取出后应立即进行检查（见 10.3）、检测和（或）拍照（按有关规范的要求），因为样品一旦暴露在试验室的干燥空气中，所有长霉外观会迅速变化，见附录 C 推荐的安全操作方法。

10.1.2 样品经外观检查和评定霉菌的实际生长后，应小心地把表面的菌丝洗去，然后用显微镜进行检查，以评定在样品上造成物理损害（例如蚀刻）的性质和程度，见附录 C 推荐的安全清洗方法。

10.2 长霉的影响

10.2.1 当有关规范要求潮湿状态下（在培养后）进行电气和（或）机械性能检测时，样品周围的相对湿度在检测完成之前不允许过分地下降。因此对小样品的检测应仍然在水面敞露的带盖容器内进行；对大样品的检测应仍在潮湿箱内进行。

注：当要作电气连接时，或者需要打开容器的盖子或潮湿箱的箱门对样品进行工作时，这类操作应在适当考虑操作者安全的条件下进行，见附录 C 推荐的安全操作方法。

10.2.2 当有关规范规定在样品恢复后进行检测时，则样品应从容器或箱内取出，按 10.1.1 中的规定进行外观检查，然后暴露于规定的条件下恢复 24 h，恢复结束后进行性能检测。

10.2.3 对接种孢子悬浮液的样品和仅接种蒸馏水的样品应进行相同的检测。在这两组样品之间存在的任何显著差异被认为是由于霉菌生长以及高湿度附加造成的。

10.2.4 检测后，样品应取出并按 10.1.1 进行外观检查，最后按 10.1.2 确定样品所遭受的物理损害。

10.3 长霉程度

经试验的样品应首先用肉眼检查，如有必要再用体视显微镜（标称放大倍数约为 50 倍）进行检查。

应按以下等级评定及表述长霉程度：

0——在标称放大约 50 倍下无明显长霉；

1——肉眼看不到或很难看到长霉，但在显微镜下可见明显长霉；

2——肉眼明显看到长霉，但在样品表面的覆盖面积小于 25%；

3——肉眼明显看到长霉，在样品表面的覆盖面积大于 25%。

注：当样品包括组合件呈现不同长霉程度时，宜对它们进行分别评定。

对于试验方法 2，当样品要求检查抗真菌剂效力时才宜规定 0 级。

11 有关规范应给出的说明

当有关规范采用本试验时，应给出下述细则：

章条号

- | | |
|--|------------------|
| a) 试验方法 1 和 2 | 3 |
| b) 严酷等级：试验持续时间 | 6 |
| c) 条件试验前电气和机械性能检测（仅当性能劣化需要被确定时） | 7 |
| d) 预处理 | 8 |
| e) 条件试验 | 9 |
| f) 试验后电气和机械性能检测（仅当性能劣化需要被确定时） | 10.1, 10.2, 10.3 |
| g) 样品是否必须检查、检测和（或）照相 | 10.1.1 |
| h) 试验后是否需要进行电气和机械性能检测，若需要时是在潮湿状态下
还是在恢复后进行，或者在这两种情况下都进行 | 10.2.1 |
| i) 恢复后检测 | 10.2.2 |

附 录 A
(标准的附录)
对操作人员的危害

A1 总则

A1.1 真菌学家和病理学家的观点认为,除非采取特别预防措施,进行长霉试验会构成对健康的危害。

A1.2 在附录中详述的预防措施是基于已确立的微生物技术和专用设备,并建议培训试验人员对这些技术和设备的使用。

A1.3 建议提供一个单独专用的房间来做长霉试验。

A1.4 建议使用微生物安全箱(MSC)对试验程序的某些部分进行操作,包括对从供应源获得的菌种进行的检查。

A1.5 空气中的霉菌孢子经常从鼻子和口进入到人体内,但对健康通常不会形成严重危害。然而,某些敏感的人由于反复吸入某些孢子(包括本试验使用的霉菌孢子)可能受到影响。因此进行本试验应注意采取附录C中概述的预防措施。

在试验箱内的培养期间,外地霉菌可能成为无意的侵入者并生长起来;当这类霉菌中的某些成为某些试验地区的本地菌时,可能会侵害人体系统。

A1.6 建议欲涉及本试验的所有人告知医务人员或自己的医生他们所从事的工作,并接受医学的赞成或反对意见。

A1.7 应告知所有进行本试验的人员他们目前的健康状态将遭受的潜在危害,从事本试验的单位应执行国家劳动保护条例。

A2 对于医务人员的指导说明

A2.1 本试验包含空气中霉菌孢子的吸入、吞咽和由伤口侵入造成的危险。

A2.2 附录C给出了应采取的安全预防措施,以使这种危险减小到最低。

A2.3 对于敏感的人存在特殊的危险,这类人是:

a) 特异性敏感者,通常对花粉、室内灰尘、动物皮屑等过敏,患有鼻粘膜炎、气喘病或其他过敏症状。对于这类人的危险在于产生对霉菌孢子的I型过敏反应,但在某些环境中可产生III型反应(农业肺病型)。

b) 慢性肺部疾病患者,如患有支气管炎、慢性支气管炎、类肉瘤病、肺气肿等疾病。孢子在肺腔中的沉积和发芽可导致真菌的生长,形成真菌球或曲霉瘤(Aspergilloma),主要与烟曲霉有关。治愈的结核病损害部位可能成为霉菌生长的场所。

c) 当前正接受广谱抗菌素治疗、服用免疫抑制药物包括皮质激素类药物或服用其他规定化疗制剂的病人。由于消灭了呼吸和消化道正常的细菌群系,有时可能使真菌广泛生长,同时免疫抑制可使个体对真菌感染更为敏感。

尽管按照规定程序进行试验涉及到的危险被认为是较低的,但建议上述类型的人员不宜涉及本试验。

附 录 B
(标准的附录)
接种方法(见第 9 章)

B1 在开始接种前应学习附录 C“推荐的安全预防措施”。

B1.1 通常适合的接种方法是将霉菌孢子悬浮液喷雾到样品和对照条上。使用的喷枪应具有足够大的喷嘴以免被菌丝碎片堵塞。已发现被称为“美术喷枪”类的喷枪是比较适用的。在每次使用前容器和喷嘴均应灭菌。

B1.2 如果样品具有硬而磨光的表面,喷射的孢子可能不易粘附其上,此时改用经灭菌过的软毛刷子仔细刷涂霉菌孢子悬浮液可能更有效。

B1.3 对于小样品,将其浸渍在霉菌孢子悬浮液中是快速和有效的方法。

B2 建议所有的接种方法都在 **MSC** 内进行,否则可能使孢子悬浮液在空气中形成悬浮体。

B3 对于大样品,可能的话,应按 1.7 拆散成组件。然而,如果样品仍太大不能在 **MSC** 内接种,则要考虑在样品上方安装一个临时性的排气罩,应与 **MSC** 规定的微生物排气系统相同或与其具有近似的相同气流条件。

另一种方法是将大样品直接放入潮湿箱内涂上孢子悬浮液接种,然后在潮湿箱内进行培养。任何液滴应按附录 D 所述用乙醇擦掉。尽管这种方法可能不产生空气悬浮体,但如果推荐的排气系统安装在潮湿箱上,在接种期间应开动排气系统。

附 录 C
(标准的附录)
推荐的安全预防措施

C1 应采取安全预防措施,使操作人员吸入和皮肤(特别是手指甲周围)接触霉菌孢子的程度减小到最低。

C2 在移动或检查经培养后的样品及对照条时,或开闭试验箱门和容器盖子等而扰动周围的空气时,可能会吸入霉菌孢子。当生长的霉菌变干时,脱离的霉菌小微粒将更易散布在空气中而导致危险的增加。当用喷雾方式在样品上接种霉菌时,吸入的危险也会更大。

C3 可戴上经认可的带有灰尘过滤器的呼吸器来直接防止吸入空气中的霉菌孢子(直径 $1\ \mu\text{m}$ ~ $10\ \mu\text{m}$)。用纱布或疏松的面罩起不到足够的防护作用。然而,最佳的方法是使用微生物安全箱(**MSC**)。

C4 为使霉菌接触皮肤的危险减小到最低,在处理所有菌种、接种菌液以及经接种和培养后的试验样品时,可戴上防护手套。防护手套可用易处置的塑料类或可消毒的橡胶制成。手套在使用后应用乙醇擦拭并清洗来去除污染。

C5 所有操作包括打开霉菌培养的容器、制备霉菌孢子悬浮液、在样品和对照条上接种以及对经培养后的样品进行检查和检测都应在微生物安全箱(**MSC**)中进行,并采取以下预防措施来减少空气悬浮体的形成:

a) 在制备霉菌孢子悬浮液时,使用规定的润湿剂(见 4.2.1);

b) 从 **MSC** 中取出培养容器转移到干热箱进行培养前,用 70% 的乙醇擦拭培养容器的外表面;

c) 在试验结束后样品仍在 **MSC** 中时,用 70% 的乙醇擦拭或清洗样品,这是为了在最后去除污染和处置样品前去掉表面生长的霉菌。

C6 对于一个单独容器来说样品太大而必须在潮湿箱中进行培养时,当关闭箱门或因检查样品和其他目的需要打开箱门时,由于空气扰动霉菌孢子可传播到空气中。因此可在试验潮湿箱上安装适合的排气

系统以阻止霉菌孢子微粒外逸。

排气系统应通过微生物过滤器将空气排向外部大气。在试验开始前应检查过滤器,以确保过滤器清洁和无霉菌生长。

C7 如果需要使用大型步入式培养箱时,应穿防护服及戴上带有按上述 **C3** 中规定的呼吸器或者带有合适供气管道的完整头罩。必须强调颗粒过滤器不能防护熏蒸气或烟雾。

C8 如果需要将样品从一个 **MSC** 转移到另一个 **MSC**,必须采取适当的预防措施保护操作人员。

C9 用于长霉试验的所有试验箱和器械使用后,均应按附录 **D** 尽快去除污染。

C10 试验结束时,样品和对照条上可能长有大量霉菌,应小心处置它们。建议不用燃烧法进行销毁,因为大多数燃烧炉不能进行完全燃烧,而产生的烟雾能将孢子带到广阔的地方。在最后弃置对照条前应将它们浸入到装有次氯酸钠溶液的容器中(见附录 **D**)。可能废弃、留存或使用的样品和手套,在按从附录 **D** 中选取的一种方法最后去除污染之前,应先按 **C5** 中的 **c)** 进行处理。

C11 如果对试验箱和器具的清洁存在任何怀疑,以及在前次去污染后超过 **28 d** 的情形下,建议在开始试验前对它们进行去污染。

C12 在试验区内不应抽烟或吃食物。

附 录 D (标准的附录) 去污染的方法

D1 用于培养霉菌生长的潮湿箱和容器,可能会被试验霉菌和外面侵入的霉菌污染,因此去污染程序是必需的。该程序应对试验菌及侵入菌两者均有效;它不应留下去污染剂的残余物,残余物很可能会干扰试验期间接种霉菌的生长,该程序给使用者带来的危险也必须最小。

D2 推荐下列去污染的方法:

a) 用次氯酸钠溶液浸渍或清洗:

应把次氯酸钠溶于水制成溶液(含有 $500 \times 10^{-6} \sim 1\,000 \times 10^{-6}$ 的有效氯)。被污染的试验箱、容器或器具应用溶液擦洗或浸渍,并确保溶液渗入到所有缝隙中,时间不少于 **30 min**,然后应用清水彻底冲洗。

次氯酸钠有强烈漂白作用,因此使用此物质去污染可能对某些材料不适合。

b) 高压蒸汽灭菌:

此方法适用于耐高温的较小物品。高压蒸汽灭菌器应设置在压强 $100\text{ kPa}^{1)}$ (**1 bar**)、温度达到 121°C ,时间 **30 min**。

c) 用乙醇擦拭:

乙醇用水稀释,比例为乙醇占 **70%**、水占 **30%**,应用干净的布浸上 **70%** 乙醇溶液对霉菌孢子悬浮液可能滴落、溅洒或喷雾到的表面进行擦拭。

D3 在弃置被污染的材料、剩余菌种、孢子悬浮液等之前,应用上述方法 **a)** 或 **b)** 去除污染。

D4 甲醛蒸气是有效的去污染剂,但很难去除它的残余,而且在温暖封闭的空间会引起更多的甲醛蒸气,这样可能会抑制试验霉菌的生长。

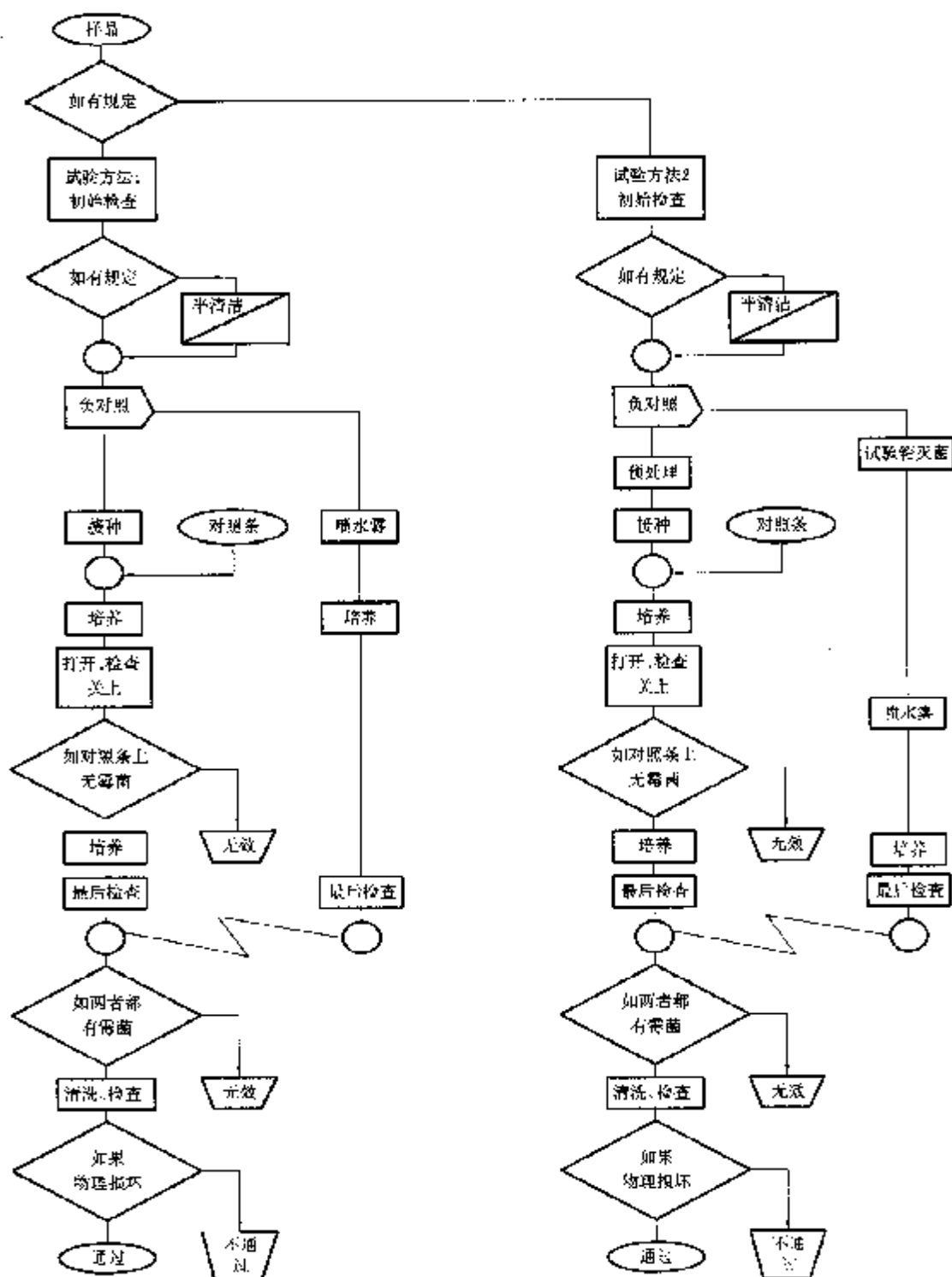
其他挥发性杀菌剂也是有效的,但可能出现影响安全的爆炸和(或)中毒问题,特别是在大试验箱中。

因此甲醛和其他挥发性杀菌剂应避免使用。

采用说明:

1] 此处原文为 **10 kPa**,因 **1 bar** 应为 **100 kPa**,原文有误,在此给予更正。

附录 E
(标准的附录)
流程图



附录 F (标准的附录) 导 则

F1 污染机理

真菌在土壤中及很多普通材料上生长,通过产生孢子来传播,孢子脱离母体发芽而进一步生长。

孢子非常小,容易随流动的空气传播。它们也会粘附在灰尘上,随灰尘进入设备中。因此,能透过空气的设备的所有部分,都可被空气中夹带的霉菌孢子所污染。

用手触摸也可导致污染。孢子可通过手的触摸附着在设备上,或沉积在手摸留下的手印上。

此外,螨也可以引起污染,螨能穿过非常小的间隙(小到 $25\mu\text{m}$),其身体携带霉菌孢子形成污染。螨的尸体及排泄物提供了利于霉菌孢子繁殖的营养及水分。

F2 发芽和生长

湿度是孢子发芽所必需的。物体表面上存在的灰尘或其他亲水物质,可从大气中吸收足够的水分。

当相对湿度低于 65% 时,孢子就不会发芽和生长。相对湿度越大于此值,孢子生长就越快。然而,孢子能在非常低的湿度下长期存活,即使菌体已经死亡,一旦湿度适宜孢子仍能发芽并开始新的生长。

除了大气中的高湿度外,孢子还要求样品表面有一层吸收水分的物质。如果存在这层湿膜,大多数有机材料会提供足够的营养维持至少少量的霉菌生长。当存在灰尘时,灰尘含有足够的营养可供霉菌生长。空气静滞的间隙和通风的缺乏会助长霉菌的生长。

可能造成设备故障的大多数霉菌发芽的最适宜温度在 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 之间。但是有很少数种类在 0°C 以下能够发芽,有些则在温度高达 40°C 时也能够发芽。

很多孢子长期暴露在 0°C 以下或高达 80°C 的温度下都不会受到损伤。

为了杀死孢子,建议使用附录 D 给出的方法。

F3 长霉的影响

F3.1 原发性影响

霉菌能在大多数有机材料上生长,但其中有一些材料更易受到霉菌侵蚀。长霉通常只出现在暴露于空气的表面上,吸湿的表面更易受到侵蚀。

即使材料只出现轻微的损害,由于湿润的菌丝层在表面形成导电通路,会急剧降低绝缘材料上导体之间的绝缘电阻。

当湿润的菌丝生长在经过精密校准的电子电路的电磁场内时,会导致电路频率-阻抗特性发生严重变化。

很容易受到霉菌侵蚀的材料是皮革、木材、织物、纤维、丝绸和其他天然材料。大多数塑料易感性较低,但也会受到侵蚀。

塑料可能含有未聚合的单体、低聚合物或添加剂,它们可渗出到表面成为霉菌的营养,霉菌可在这种表面上大量生长。

霉菌对材料的侵蚀通常导致机械强度下降或其他物理性能的变化。

有些塑料在寿命期内要依靠增塑剂来获得满意的效果。如果这种增塑剂易被霉菌分解,会最终导致塑料主体的破体。

F3.2 继发性影响

在材料表面生长的霉菌能产生酸性物质和其他电解质,对材料造成继发性侵蚀。

这种侵蚀会导致电解和老化作用,甚至玻璃也会因此丧失透明度。霉菌分泌的催化剂促进了氧化或分解作用。

大块菌丝体的存在能提供蓄水源,即使外界湿度已经降得很低,但在样品内仍可保持高湿度,这样会导致元件受潮失效。

长霉的存在既损外观又伴有霉味,使人感到厌恶。

F3.3 涉及设备的影响

由于现代化设备的微型组件设计和相互联接,设备的某处长霉可能会对其他本身不允许长霉的分单元或微型组件产生严重影响。

因此当要考虑对单一分单元或元件的原发性或继发性影响时,应评价对整机性能可能产生的影响。

应注意用于材料和设备的所有标志物,例如铭牌和标记都应和设备本身具有相同的防护等级。

注意:由于各种原因,某些设备可能装有在设计时没有考虑抗霉性的元件或部件,因而设备总的性能可能由于这些元件或部件抗霉性较差而受到影响。

F4 霉菌生长的预防

以下各种方法可不同程度地消除长霉的有害影响:

F4.1 所有绝缘材料应尽量选用高耐霉性的材料,这样可最大限度地延缓长霉的时间和减少因长霉造成的材料损害。

F4.2 为获得产品所要求的性能或耐久性,在装配期间使用润滑剂、清漆和涂层等常常是必需的。这些材料的选择应考虑它们的抗霉性。即使它们本身不支持霉菌生长,例如润滑剂等,但可聚集支持霉菌生长的灰尘。

应指出常常推荐使用防霉剂来保护某些材料。

F4.3 应避免在设备装配期间形成能长霉的潮湿区。较不被注意的潮湿区的例子是:在未密封的插头和插座或在特定位置的印制线路板与其插座之间,都是不易发现的潮湿区。

F4.4 将设备完全密封,并充以干燥清洁的空气,是防止霉菌生长最有效的办法。

F4.5 在机壳内不断加热能确保足够低的湿度来避免长霉。

F4.6 在被适当控制的环境中运作设备能防止霉菌的有害生长。

F4.7 在部分密封的机壳内定期更换干燥剂能保持足够低的湿度来防止霉菌的有害生长。

F4.8 定期而仔细地清洁有外壳的设备,除去积累的霉菌和灰尘(营养层),能防止设备劣化。

F4.9 将防霉剂加入清漆及标牌中,或直接喷洒,能在一段时间内防止霉菌生长(见 F7 中防霉剂的应用)。

F4.10 在设备的材料和功能允许的情况下,可以用紫外线或臭氧灭菌。

F4.11 自然通风比强迫通风更易积聚灰尘,必须注意设备易积尘的部位。应知道设备各部分表面存在适当流速的气流能阻止长霉。

F4.12 使用杀螨剂能控制螨的活动。

F5 长霉试验的适用性

设备长霉试验通常限于检验在需要的地方是否已使用了适当的元件和材料,因为涉及整机的长霉试验常常费用昂贵或得出值得怀疑的结果。

一般通过对材料、元件、分部件或小的组合件等进行试验,能够更容易和准确地获得大多数所需的信息。

材料的抗霉性试验是一种专业技术,既要求有真菌学知识,又要懂得广泛的菌种收集。因此,这类试验必须由具有专用设备的试验机构来进行,生产厂应根据这种机构所签发的试验报告来选择结构材料。

在材料经预先试验后,而且在设计阶段已作出明智选择以及不会发生明显污染的情况下,使用试验

方法 1 对产品进行总的检查。

当污染很可能发生时,试验方法 1 和试验方法 2 都可用来评价被污染和未被污染样品的性能。

试验方法 1 和试验方法 2 不能代替材料的正常选择试验,不可能用设计简单的试验来取代材料的预先细致的试验以及专家对其结果的评价。

设计适用于潮湿环境的设备时,通过预先试验细致地选择材料是最重要的简单预防措施。当绝缘表面的严重污染不会出现时,这种预选常常是唯一的必须采取的预防措施,这种措施可满足除最严酷条件外的其他所有条件的要求。如果已正确地选择了材料及采用了好的结构设计原则,当设备在有利于霉菌生长的条件下仅工作很短的时间,或者采取了某种防护措施,例如密封并连续地加热以降低内部湿度时,就没有必要进行长霉试验。如果没有采用这些原则,试验 J 就不足以检测出所有故障的可能根源。

作为对将在非常有利于长霉的条件下使用的样品进行的最后的总检测,试验 J 只选用了少数几种菌种来侵蚀那些常用的具有相当抗霉性的工业材料。因此,它可以指出在设计良好的样品上出现问题的性质。对于设计不当和使用不合适材料的样品,本试验不能找出样品在使用期可能出现的所有故障,因为本试验程序已经简化以便在环境实验室内进行本试验的操作。

试验 J 适合三种基本的影响类型:

a) 培养 28 d 后表面长霉和侵蚀的程度。

试验方法 1:

这可能是最常用的试验方法。长霉程度的检查表明是否已使用抗霉性材料。长霉的部位表明可能发生故障的部位和允许存在的最大间隙或蔓延距离。表面的侵蚀表明由于长霉而易产生物理损害的位置。

试验方法 2:

即使样品是抗霉菌侵蚀的,霉菌仍然会在由营养物污染的表面上生长。

在这种情形下可产生继发性影响,例如霉菌代谢物对样品进行侵蚀或霉菌菌丝产生物理穿透作用。

试验方法 2 应用以评价材料长霉的继发性影响,或者评价样品表面显著的营养物污染导致的长霉对样品的性能影响。

试验方法 2 也可用以评价样品经防霉剂处理的效果(见 F7.4)。试验方法 2 不是用以模拟非常强烈的表面污染方法,例如有大量有机尘埃或昆虫尸体的情形。

为了确定已使用通常抗霉性良好的材料和采用了良好的设计原则,用于试验方法 2 的样品应满足试验方法 1 的要求。

b) 28 d 培养(试验方法 2)后或 84 d 培养(试验方法 1)后仍处于潮湿状态对性能的影响。

本试验方法指明样品在长霉时进行工作情形下预期发生性能变化的次序和性质。湿气的存在会导致性能变化,因此必须进行两组检测,一组检测在感染霉菌的样品上,一组在未感染霉菌的样品上。这两组之间的差别就是湿润菌丝体存在所造成的结果。

试验方法 2 规定的营养液成分能够影响样品的性能,例如降低表面阻抗。

要准确评价这种差别是困难的,因为新鲜空气也含霉菌孢子,在没有感染霉菌的样品上霉菌可能会自然生长。为了阻止霉菌的自然生长,需要特殊的预防方法。

c) 试验 28 d(试验方法 2)后或 84 d(试验方法 1)后,再经 24 h 恢复处理后对性能的影响。

当菌丝在样品未工作期间已生长并存在于低湿度时,本试验指出由于这类菌丝的存在导致样品发生性能变化的次序和性质。

本试验方法适用贮存在霉菌生长旺盛的条件下,但其后又安装在空调室内工作的样品。这种方法同样也需要做两组检测,以区别由于潮湿造成的持久性影响和由于低湿度下菌丝存在造成的影响。

最后,应记住在自然环境中霉菌孢子通常随风传播,然而在试验中却必须以悬浮液通过喷雾、刷涂、或浸渍方法来导入霉菌孢子,特别是对于设备,渗入霉菌孢子的方法和程度可以不同。

F6 对操作人员的危害和建议的安全预防措施

真菌学家和病理学家的意见认为,进行长霉试验能构成健康危害,除非采取特殊的预防措施。这些预防措施包括选择 4.1.3 所列的专用菌种。

应参考附录 A 和附录 C。

F7 防霉剂的使用

F7.1 提高设备抗霉性的一种常用技术是使用适当的防霉剂抑制或防止霉菌生长。

F7.2 使用的限制

当选择使用被密封在设备内的防霉剂时,必须牢记一些原则。最重要的是:

F7.2.1 防霉剂不应产生有毒气体,因为会对打开设备进行工作的人员会造成危害。

F7.2.2 挥发性防霉剂不应导致设备各组成部分的劣化,例如硒整流器受汞化合物的毒害、金属部件的电解腐蚀、绝缘体表面的绝缘电阻或击穿电压的下降、继电器和开关等接触部位绝缘膜的形成或沉积等。

F7.2.3 当设备含有光敏部件如光电池时,挥发性防霉剂不应在这些部件窗口上形成吸光层。

F7.3 防霉剂性能

不管在何处长霉可能导致侵害而需要防霉剂具有足够挥发性以维持适当浓度时,必须注意下列几点:

F7.3.1 在设备内部的防霉剂在最高温时应保持稳定和持久性。

F7.3.2 防霉剂应经受住设备内部表面湿气的反复凝露。

F7.3.3 防霉剂不应在几个月内完全挥发掉。

F7.3.4 为了检验防霉剂的持久性,在做霉菌试验前可能需要在高温、高湿或太阳辐射下进行试验。若需要考虑这些试验,应在有关规范中进行说明。

F7.4 目的

选用防霉剂,要么在几个月的潮湿环境运输中起到防护作用,或要么达到长期防护作用。当要在运输期间起短期防护作用时,宜用试验 J 的试验方法 1 检测安置好的防霉剂效力;当要起到长期防护作用和考虑表面污染可能出现时,宜采用试验方法 2 来进行检测。

即使欲用防霉剂作长期防护,正常发展的趋势是选择对使用的防霉剂有抗性的霉菌变种来进行长霉试验。因此当要求持久防护时,要求不仅应定期更新防霉剂,而且还应使用不同类型的防霉剂。