ICS 点击此处添加 ICS 号
CCS 点击此处添加 CCS 号

T/

团 体 标 准

T/XXX XXXX—2026

AI 交换机用 112 G/224 GSerDes 通道超低损耗树脂技术要求

Technical requirements for ultra-low-loss resin for 112 G/224 G SerDes channels in AI switches

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

2026－XX－XX 发布 2026－XX－XX 实施

中国互联网协会 发 布

目　　次

前言 II
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　缩略语 2
5　技术要求 2
6　试验方法 5
7　检验规则 6
8　标志、包装、运输和贮存 7
附录 A（规范性）　112 G/224 G SerDes 材料高频介电性能测试要求 8
附录 B（规范性）　112 G/224 G SerDes 标准评价板 9
附录 C（资料性）　推荐的 112 G/224 G 通道插入损耗等级 10
附录 D（规范性）　材料等级 11
附录 E（资料性）　技术路线与专利依据 12
参考文献 13

前　言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则　第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件面向AI交换机112 G/224 G SerDes高速互连对低介电常数、低介质损耗、高频稳定性、低吸湿和高可靠性材料的需求，建立树脂材料、层压材料和高速通道三级评价要求。本文件不限定具体树脂化学组成，PPE/PPO、氰酸酯、活性酯、烯烃类及其复合体系等满足本文件要求的技术路线均可采用。本文件中的指标为标准草案建议值，正式立项和送审前宜通过多家材料、CCL、PCB及交换机企业的实验室间比对（Round Robin）进一步验证和定标。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国互联网协会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

AI 交换机用 112 G/224 GSerDes 通道超低损耗树脂技术要求

1 范围

本文件规定了AI交换机用112 G/224 G SerDes通道超低损耗树脂的技术要求、试验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本文件适用于AI交换机用112 G/224 G SerDes通道超低损耗树脂的生产、检验、交付和使用。

本文件所述超低损耗树脂包括用于半固化片、树脂膜、覆铜箔层压板及多层印制电路板介质层的热固性树脂体系，包括但不限于改性聚苯醚（PPE/PPO）、氰酸酯、活性酯固化环氧、烯烃类热固性树脂及其复合体系。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 15258 化学品安全标签编写规定

GB 26572 电器电子产品有害物质限制使用要求

GB/T 191 包装储运图形符号标志

GB/T 1408.1 绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验

GB/T 2408 塑料 燃烧性能的测定 水平法和垂直法

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2829 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 4722—2017 印制电路用刚性覆铜箔层压板试验方法

GB/T 5169.16 电工电子产品着火危险试验 第16部分：试验火焰 50 W水平与垂直火焰试验方法

GB/T 5597 固体电介质微波复介电常数的测试方法

GB/T 6388 运输包装收发货标志

GB/T 31838.2 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第2部分：电阻特性(DC方法) 体积电阻和体积电阻率

GB/T 39560.302 电子电气产品中某些物质的测定 第3-2部分：燃烧-离子色谱法（C-IC）筛选聚合物和电子件中的氟、氯和溴

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

AI 交换机 AI-enabled switch

面向人工智能计算、高性能计算及数据中心网络，用于高速数据交换和互连的网络交换设备。

3.2

SerDes serializer deserializer

串行器/解串器，用于实现并行数据与高速串行数据之间转换的高速接口技术。

3.3

112 G SerDes 112 G serializer deserializer

单通道标称数据传输速率为112 Gb/s的SerDes技术。采用PAM4调制时，其主要Nyquist频率约为28 GHz。

3.4

224 G SerDes 224 G serializer deserializer

单通道标称数据传输速率为224 Gb/s的SerDes技术。采用PAM4调制时，其主要Nyquist频率约为56 GHz。

3.5

超低损耗树脂 ultra-low-loss resin

用于高速、高频印制电路板介质层，在规定频率范围内具有低介电常数、低介质损耗及低吸湿特性，并能够满足高速信号传输对热、机械及加工可靠性要求的树脂体系。

3.6

介电常数 dielectric constant, Dk

材料相对介电常数的工程表征值。

3.7

介质损耗角正切 dissipation factor, Df

材料介质损耗角的正切值。

3.8

高频信号插入损耗 high-frequency signal insertion loss

高速差分信号通过规定长度传输通道后，由导体损耗、介质损耗、结构不连续性及其他因素引起的信号衰减。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI：Artificial intelligence，人工智能

SerDes：Serializer/deserializer，串行器/解串器

Dk：Dielectric constant，介电常数

Df：Dissipation factor，介质损耗角正切

Tg：Glass transition temperature，玻璃化转变温度

Td：Thermal decomposition temperature，热分解温度

CTE：Coefficient of thermal expansion，热膨胀系数

CAF：Conductive anodic filament，导电阳极丝

PPE：Polyphenylene ether，聚苯醚

PPO：Polyphenylene oxide，聚苯醚

CCL：Copper clad laminate，覆铜箔层压板

PCB：Printed circuit board，印制电路板

5 技术要求

5.1 一般要求

5.1.1 产品应采用适用于高速、高频印制电路板的热固性树脂体系。

5.1.2 树脂固化物应具有低极性、低吸湿和高频介电性能稳定的特征。

5.1.3 树脂体系不应因提高交联密度而显著增加高频介电损耗。

5.1.4 树脂体系应与玻璃纤维增强材料、铜箔及 PCB 层压工艺具有良好的相容性。

5.1.5 用于 224 G SerDes 通道的树脂，其高频介电性能应重点考核 28 GHz～56 GHz 范围。

5.1.6 树脂体系宜采用低极性 PPE/PPO、氰酸酯、活性酯、烯基封端树脂或其复合技术路线。

5.2 外观

树脂产品应均匀，无明显机械杂质、凝胶颗粒、沉淀、分层、结块及其他影响使用性能的缺陷。液态树脂在规定储存条件下不应出现明显分层、沉淀或凝胶。

5.3 物理性能

物理性能见表1。

表 1　物理性能

项目	ULL-112	ULL-224
固体含量/%	规定值±3.0	规定值±2.0
黏度/Pa·s	规定值±20%	规定值±15%
树脂含量偏差/%	≤±3	≤±2
吸水率/%	≤0.20	≤0.15
密度/g·cm^{-3}	规定值±0.05	规定值±0.05
注：液态树脂黏度应由供需双方根据树脂形态、溶剂体系和加工方式约定。		

5.4　电性能

5.5　介电常数（Dk）

介电常数见表2。

表 2　介电常数

项目	ULL-112	ULL-224
Dk@10 GHz	≤3.30	≤3.20
Dk@28 GHz	≤3.30	≤3.20
Dk@40 GHz	≤3.35	≤3.25
Dk@56 GHz	—	≤3.30

对于224 G SerDes用树脂，10 GHz～56 GHz范围内Dk变化率宜≤5%。高性能等级产品宜达到Dk@10 GHz≤3.10。

5.5.1　介质损耗角正切（Df）

介质损耗角正切见表3。

表 3　介质损耗角正切

项目	ULL-112	ULL-224
Df@10 GHz	≤0.0020	≤0.0015
Df@28 GHz	≤0.0025	≤0.0015
Df@40 GHz	≤0.0025	≤0.0018
Df@56 GHz	—	≤0.0020

对于224 G SerDes用树脂，优选Df@10 GHz≤0.0010、Df@28 GHz≤0.0012、Df@56 GHz≤0.0015。

5.5.2　介电常数/介质损耗温度特性

在-40 ℃～125 ℃范围内进行测试。ULL-112的Dk相对25 ℃变化率应≤5%，ULL-224应≤4%；Df相对25 ℃变化率ULL-112应≤20%，ULL-224应≤15%。

5.5.3　体积电阻率与表面电阻率

体积电阻率应不低于1.0×10^{15} Ω·cm；表面电阻率应不低于1.0×10^{14} Ω。

5.5.4　介电强度

固化树脂及其层压材料介电强度应不低于25 kV/mm。224 G等级宜不低于30 kV/mm。

5.6　热性能

5.6.1　玻璃化转变温度（Tg）

ULL-112低损耗树脂的玻璃化转变温度（Tg）应不低于180 ℃，优选不低于200 ℃；ULL-224低损耗树脂的玻璃化转变温度（Tg）应不低于200 ℃，优选不低于220 ℃。

5.6.2 热分解温度（Td）

ULL-112低损耗树脂的热分解温度（Td，以5%失重对应温度计）应不低于350 ℃，优选不低于380 ℃；ULL-224低损耗树脂的热分解温度（Td，以5%失重对应温度计）应不低于380 ℃，优选不低于400 ℃。

5.6.3 热膨胀系数（CTE）

Z方向CTE：ULL-112应≤55 ppm/℃；ULL-224应≤50 ppm/℃。

5.6.4 耐热性

经260 ℃回流焊处理3次后，试样应无分层、起泡和裂纹，Df变化率≤10%；224 G等级宜≤8%。

5.6.5 阻燃性

树脂固化物用于PCB介质层时，阻燃等级应达到UL94 V-0。

5.7 机械性能

5.7.1 拉伸/弯曲性能

树脂固化物拉伸强度应≥50 MPa；弯曲强度应≥80 MPa；弯曲模量应≥2.5 GPa。

5.7.2 铜箔剥离强度

标准铜箔厚度条件下，ULL-112剥离强度应≥0.8 N/mm，ULL-224应≥0.7 N/mm。85 ℃/85% RH、168 h后剥离强度保持率应≥80%。

5.7.3 冲击性能

固化树脂试样冲击强度应≥10 kJ/m²；经85 ℃/85% RH、168 h处理后保持率应≥70%。

5.8 化学性能

5.8.1 耐化学试剂性

经规定浓度酸、碱、醇类及PCB加工相关化学试剂处理后，不应发生明显溶胀、开裂、分层或表面腐蚀；Df变化率应≤10%。

5.8.2 耐水解性

经121 ℃、100% RH、100%水蒸气压力条件处理168 h后，不应出现分层、起泡或裂纹；吸水率应≤0.50%，Df增加率应≤15%，铜箔剥离强度保持率应≥80%。

5.8.3 耐电化学迁移（CAF）性能

85 ℃、85% RH条件下按规定电压测试，规定时间内不应发生贯通型CAF；绝缘电阻不应低于1.0×10^{8} Ω。224 G材料宜将CAF列为型式检验项目。

5.9 环境适应性

5.9.1 高温高湿老化

85 ℃±2 ℃、85%±5% RH、168 h。处理后Dk变化率≤5%，Df变化率≤10%，Tg下降≤10 ℃，铜箔剥离强度保持率≥80%，且无分层、起泡和裂纹。

5.9.2 热循环/回流焊可靠性

热循环：−40 ℃～125 ℃，1000次；224 G等级宜采用−55 ℃～150 ℃，1000次。回流焊峰值温度260 ℃，3次。试验后无分层和裂纹，Df变化率≤10%，铜箔剥离强度保持率≥80%。

5.10 加工工艺性

5.10.1 压合工艺窗口

树脂应具有适用于多层PCB压合的稳定加工窗口；压合后介质厚度偏差应≤±5%，224 G产品宜≤±3%。

5.10.2 流动与固化特性

应测定起始固化温度、峰值固化温度、凝胶时间、最低熔融黏度和固化反应焓；固化度应≥95%，224 G产品宜≥97%。

5.10.3 机械加工性能

加工后不应出现严重毛刺、树脂smear异常、孔壁裂纹、分层或玻纤明显拔出。

5.11 有害物质限量

树脂材料中有害物质的限量应符合GB 26572的相关要求。

6 试验方法

6.1 试验条件与试样制备

除另有规定外，试样应在23±2 ℃、50%±5% RH条件下放置24 h。树脂固化试样应按照供方规定的标准固化制度制备，并在产品技术文件中明确固化温度、时间、升温速率、后固化条件和树脂含量。

6.2 外观检查

采用目视检查，必要时采用10倍放大镜。

6.3 物理性能试验

物理性能试验应按检测对象分别进行：树脂溶液检测固含量、黏度和凝胶时间；半固化片检测树脂含量、挥发分及流动性；固化物检测固化程度。优先采用GB/T 4722中适用的方法；其他方法应明确具体步骤并经供需双方确认。

6.4 电性能试验

电性能试验：体积/表面电阻率按GB/T 1410；介电强度按GB/T 1408.1；Dk/Df优先采用IEC 61189-2-721的SPDR方法进行1 GHz～20 GHz以上测试；20 GHz以上频段可采用经校准的SPDR、split-cylinder resonator或TRL测试方法。测试方法、频率、温度及试样厚度应在报告中注明。

6.4.1 Dk 和 Df

1.1 GHz～20 GHz范围可采用IEC 61189-2-721规定的SPDR方法。20 GHz以上应采用经实验室间验证的高频谐振腔、传输线或其他等效方法。112 G至少测试10 GHz和28 GHz；224 G至少测试10 GHz、28 GHz、40 GHz和56 GHz。结果应注明频率、温度、测试方向、方法和树脂含量。

6.4.2 体积电阻率和表面电阻率

按照GB/T 5597进行。

6.4.3 介电强度

介电强度按GB/T 1408.1和GB/T 4722方法进行。

6.5 热性能试验

热性能试验：Tg采用DMA或DSC并注明方法；Td采用TGA，以5%失重温度表示；CTE采用热机械分析法；耐热性优先按GB/T 4722适用方法。阻燃等级按GB/T 2408—2021，或GB/T 5169.16—2017试验。

6.6 机械性能试验

铜箔剥离强度及热处理后剥离强度按照GB/T 4722—2017中7.2规定的方法测定。试验应采用标准评价板，并记录铜箔类型、厚度、表面处理方式及试验条件。热处理后剥离强度保持率按热处理后剥离强度与初始剥离强度之比计算，以百分数表示。标准评价板的铜箔剥离强度应不低于0.70 N/mm；高性能级及超低损耗级应不低于0.80 N/mm。经规定热处理后，标准评价板的铜箔剥离强度保持率应不低于80%。

6.7 化学性能试验

耐化学试剂性按照GB/T 4722—2017中6.2规定的方法进行测定。采用与PCB制造工艺相关的酸、碱及有机溶剂进行耐化学试剂性试验。试样在23 ℃±2 ℃条件下浸泡24 h，试验前后测定试样质量并检查外观变化。试验所用试剂的种类、浓度及试样处理条件应在试验报告中注明。质量变化率按试验前后质量差与初始质量之比计算。

采用高压蒸煮试验（PCT）评价材料的耐水解性能。试样在121 ℃饱和水蒸气环境下处理168 h，试验后检查分层、起泡及裂纹等缺陷，并按第6.4条和第6.6条规定的方法测定介电性能及铜箔剥离强度，计算相应性能变化率或保持率。

采用具有规定孔间距的PCB试验样板，在85 ℃±2 ℃、相对湿度85%±5%条件下施加规定直流偏压，持续试验1000 h。试验期间监测绝缘电阻变化，试验结束后检查导电阳极丝（CAF）形成情况。试验报告应注明试样结构、孔间距、施加电压、试验时间及失效判定准则。IEC 61189-5-503:2017可作为CAF方法开发的资料性参考。

6.8 环境适应性试验

高温高湿老化试验：按照GB/T 2423.3—2016规定的方法进行。试验条件为85 ℃±2 ℃、相对湿度85%±5%，持续1000 h。试验后按照本文件第5.8.1条规定的指标进行评价。

热循环试验：按照GB/T 2423.22—2012规定的方法进行。试验温度范围为−40 ℃～125 ℃，循环1000次；高可靠等级试验温度范围为−55 ℃～150 ℃，循环1000次。试验应明确温度转换速率、高低温保持时间及循环次数。

回流焊耐热性试验：采用模拟回流焊方法进行试验，峰值温度为260 ℃±5 ℃，连续进行3次回流焊热循环。试验后检查试样是否出现分层、起泡和裂纹。

试验报告应记录试样结构、预处理条件、升降温速率、峰值温度保持时间及循环次数。环境适应性试验:高温高湿按规定温湿度进行;热循环按规定温度范围和循环次数进行;回流焊采用峰值260±5 ℃。

6.9 加工工艺性试验

采用DSC、DMA、旋转流变仪和热机械分析仪等测定树脂固化及流变行为；半固化片还应测定树脂流动率、凝胶时间、最低熔融黏度、固化度和压合后介质厚度偏差。

6.10 有害物质限量试验

有害物质的测定应按照GB/T 39560系列标准中适用的方法进行。

对于有无卤要求的产品，溴（Br）和氯（Cl）含量应符合供需双方约定的限值及适用标准要求，并按照GB/T 39560.302等适用方法进行检测。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分类分为出厂检验和型式检验。检验项目应根据树脂产品形态及实际应用要求确定。

7.2 出厂检验

每批产品出厂前应进行出厂检验。出厂检验项目应包括外观及与产品形态相适应的关键物理性能。抽样检验可按照GB/T 2828.1或经供需双方确认的适用抽样方案执行。型式检验

型式检验应包括本文件规定的适用技术要求。新产品定型、主要原材料或生产工艺发生重大变化、连续停产6个月以上恢复生产以及正常生产周期性质量评价时，应进行型式检验。

采用计数抽样评价生产过程稳定性时，可按照GB/T 2829执行。具体检验周期及抽样方案应在产品技术文件中明确。

7.3 组批与抽样

同一产品型号、同一配方、同一生产工艺及连续生产条件下生产的产品作为一批。检验样品应具有代表性。树脂溶液、固体树脂及半固化片应分别制定相应的取样方法。计数型检验项目的抽样方案按照GB/T 2828.1确定；计量型检验项目的抽样方案应依据其适用标准或经验证的方法确定。

7.4 判定规则

全部规定项目符合要求时判为合格。若出现不合格项目，应加倍取样复验该项目；复验仍不合格，则该批判为不合格。安全、环保及法规强制性项目不得通过复验规则降低判定要求。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品包装应标明产品名称、型号、SerDes等级、批号、生产日期、净含量、保质期、生产单位、执行标准编号及储存条件。运输包装标志应符合GB/T 191和GB/T 6388的相关规定。涉及危险化学品时其安全标签应符合GB 15258的规定。

8.2 包装

包装应具有防潮、防污染、防机械损伤性能。液态树脂包装材料不得与树脂发生反应或造成污染。

8.3 运输

运输过程中应避免阳光直射、雨淋、剧烈振动和重压，并避免与强氧化剂、酸、碱等物质混运。需要低温运输的产品应按照产品技术文件规定执行。

8.4 贮存

产品应密封、避光储存。推荐储存温度为5 ℃～25 ℃，相对湿度≤7% RH。液态树脂储存期间应定期检查黏度、固含量及外观。保质期由生产企业根据稳定性试验确定。

附 录 A
（规范性）
112 G/224 G SerDes 材料高频介电性能测试要求

112 G/224 G SerDes材料高频介电性能测试要求见表A1。

表 A.1 112 G/224 G SerDes 材料高频介电性能测试要求

SerDes等级	基础测试频率	关键评价频率
112 G	1、10、20 GHz	28 GHz
224 G	1、10、20、28、40、50 GHz	56 GHz

224 G材料不宜仅采用10 GHz Dk/Df作为材料等级判定依据。

附 录 B
（规范性）
112 G/224 G SerDes 标准评价板

评价板用于评价树脂材料、玻璃纤维、铜箔及PCB结构共同作用下的高速信号传输性能。112 G推荐100 Ω差分阻抗、0～40 GHz测试频率、28 GHz关键评价频率及4 in、8 in、12 in走线；224 G推荐100 Ω差分阻抗、0～70 GHz测试频率、56 GHz关键评价频率及2 in、4 in、8 in走线。评价项目包括S11、S21、差分插入损耗、差分回波损耗、串扰、TDR、传播延迟和阻抗一致性。

附 录 C
（资料性）
推荐的112 G/224 G通道插入损耗等级

推荐的112 G/224 G通道插入损耗等级见表C1。

表C.1 推荐的112 G/224 G通道插入损耗等级

等级	112 G：IL@28 GHz	224 G：IL@56 GHz
基础级	≤1.2 dB/in	≤1.5 dB/in
高性能级	≤1.0 dB/in	≤1.2 dB/in
超高性能级	≤0.8 dB/in	≤1.0 dB/in
注：通道插入损耗不仅由树脂介质损耗决定，还受铜箔粗糙度、线宽、介质厚度、玻纤织构、过孔、连接器和加工偏差等影响。因此本附录指标建议作为材料评价条件下的推荐指标。		

附 录 D
（规范性）
材料等级

材料等级见表D1。

表 D.1 材料等级

指标	ULL-112	ULL-224	ULL-224E
适用速率	112 G	224 G	224 G及以上
Dk@10 GHz	≤3.30	≤3.20	≤3.10
Df@10 GHz	≤0.0020	≤0.0015	≤0.0010
Df@28 GHz	≤0.0025	≤0.0015	≤0.0012
Df@56 GHz	—	≤0.0020	≤0.0015
Tg	≥180 ℃	≥200 ℃	≥220 ℃
Td	≥350 ℃	≥380 ℃	≥400 ℃
吸水率	≤0.20%	≤0.15%	≤0.10%
Z-CTE	≤55 ppm/℃	≤50 ppm/℃	≤45 ppm/℃
阻燃	V-0	V-0	V-0
推荐IL@28 GHz	≤1.2 dB/in	≤1.0 dB/in	≤0.8 dB/in
推荐IL@56 GHz	—	≤1.2 dB/in	≤1.0 dB/in

附 录 E
（资料性）
技术路线与专利依据

本标准不限定具体树脂化学结构，但指标设置参考美国、日本、中国台湾和韩国公开专利中的低介电树脂技术路线。日本活性酯技术重点通过芳香族、联苯及萘结构降低环氧固化物介电损耗；美国改性PPE技术通过低极性端基和芳香结构实现低损耗并兼顾加工性；中国台湾专利关注含磷多酚/活性酯的低介电与阻燃协同；韩国专利则采用PPE、氰酸酯和反应型活性酯组合实现低Df、低吸湿和高耐热。

参 考 文 献

[1] JP5152445B2, Active ester resin, production method thereof, thermosetting resin composition, cured product thereof, semiconductor sealing material, prepreg, circuit board, and build-up film.

[2] JPWO2009008471A1, Copper foil with dielectric layer.

[3] US9957389B2, Thermosetting resin composition having heat resistance and low dielectric loss characteristics, prepreg using same, and copper clad laminate.

[4] US20140044918A1, Polyphenylene ether resin composition, and a prepreg and a copper clad laminate made therefrom.

[5] US9422412B2, Halogen-free resin composition and copper clad laminate and printed circuit board using same.

[6] TW201623377A, Phosphinated polyphenols with active ester linkages for low-dielectric copper clad laminate.

[7] KR101556658B1, Thermosetting resin composition having excellent heat resistance and low permittivity, prepreg and copper clad laminate using the same.

[8] KR102964634B1, Active ester for curable agent of epoxy type resin having high heat-resistance and low dielectric constant and manufacturing method thereof.

[9] JP2022001612A, Phosphorous-containing active ester, curable resin composition, cured material, prepreg, circuit board, build-up film, semiconductor sealant, and semiconductor device.

[10]IEC 61189-2-721 Test methods for electrical materials, printed boards and other interconnection structures and assemblies - Part 2-721: Test methods for materials for interconnection structures - Measurement of relative permittivity and loss tangent for copper clad laminate at microwave frequency using a split post dielectric resonator

[11]IEC 61189-5-503:2017 Test methods for electrical materials, printed board and other interconnection structures and assemblies - Part 5-503: General test method for materials and assemblies - Conductive anodic filaments (CAF) testing of circuit boards

[12] GB/T 1634.2 塑料 负荷变形温度的测定 第2部分：塑料和硬橡胶.

[13] GB/T 2035 塑料术语.

[14] GB/T 2572 纤维增强塑料平均线膨胀系数试验方法.

[15] GB/T 2611 试验机通用技术要求.

[16] GB/T 4723 印制电路用覆铜箔酚醛纸层压板.

[17] GB/T 13542.1 电气绝缘用薄膜 第1部分：定义和一般要求.

[18] GB/T 19466.1 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第1部分：通则.

[19] GB/T 19466.2 塑料 差示扫描量热（DSC）法 第2部分：玻璃化转变温度和台阶高度的测定.

[20] GB/T 19466.3 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第3部分：熔融和结晶温度及热焓的测定.