第 7 卷◆第 10 期◆版本 1.0◆2026 年
文章类型：论文|刊号（ISSN）：2737-4580(P) / 2737-4599(O)

建筑防水卷材低温柔性、拉伸性能检测对比试验研究

任瑛
阿拉尔市天平建材检测有限责任公司

DOI:10.32629/jpm.v7i10.9075

[摘　要] 低温柔性与拉伸性能分别反映建筑防水卷材在低温弯曲状态下抵抗开裂的能力，以及受拉时承受荷载和发生变形的能力。两项指标的试样制备、温度控制、夹持方式和结果表征不同，检测差异可能来自材料本身，也可能由操作条件引入。围绕沥青类与高分子类卷材，构建包含低温柔性和拉伸性能的对比试验框架，讨论试验条件、数据表达及误差控制对结果解释的影响。文中数值为方法分析用的模拟数据，不代表实际产品检测结果。分析表明，不同材料类别的拉伸指标不能脱离试样形状与单位直接横向排序；低温柔性结果亦须结合规定温度、弯曲条件和裂纹判据判读。通过统一取样、强化温控、记录破坏形态并报告离散程度，可提高检测结果的可复核性与工程解释力。
[关键词] 建筑防水卷材；低温柔性；拉伸性能；对比试验；检测误差

Comparative Experimental Study on the Low-Temperature Flexibility and Tensile Performance Testing of Building Waterproofing Membranes

Ren Ying
Alar Tianping Building Materials Testing Co., Ltd.

[Abstract] Low-temperature flexibility and tensile performance respectively reflect the ability of building waterproofing membranes to resist cracking under low-temperature bending conditions, as well as their ability to withstand loads and undergo deformation under tension. The preparation of specimens, temperature control, clamping methods, and result characterization differ between these two indicators; discrepancies in testing may stem from the materials themselves or be introduced by operational conditions. Focusing on bituminous and polymer-based membranes, this study establishes a comparative testing framework encompassing both low-temperature flexibility and tensile performance, and discusses the influence of testing conditions, data representation, and error control on result interpretation. The numerical values presented herein are simulated data used for methodological analysis and do not represent actual product test results. The analysis indicates that tensile performance indicators for different material categories cannot be directly ranked by unit value in isolation from specimen geometry; furthermore, low-temperature flexibility results must be interpreted in conjunction with the specified temperature, bending conditions, and crack criteria. By standardizing specimen sampling, enhancing temperature control, recording failure modes, and reporting the degree of dispersion, the reproducibility of test results and their applicability for engineering interpretation can be improved.
[Key words] building waterproofing membranes; low-temperature flexibility; tensile properties; comparative testing; testing error

引言

建筑防水卷材在施工、使用过程中所受到的温度和应力状况是不同的。屋面卷材会受到昼夜温差、基层变形、局部拉伸等的影响，地下工程材料会受到结构接缝位移、回填压实、长期约束等的影响。低温下材料的柔性会降低，弯折处容易产生裂纹；拉伸性能差或者变形能力低，就容易造成节点、搭接边以及基层裂缝处的破坏。因此，低温柔性、拉伸性能常常被用来进行产品质量控制以及材料的选择。

两项试验虽然都有关于试样的受力情况，但是不能简单地把它们当作一个“韧性”的指标来使用。低温柔性是按照规定温度下弯折后是否产生裂纹等现象来判定的，拉伸试验是根据材料种类和使用方法测得的最大力、拉伸强度或者断裂伸长率。不同的卷材由于试样形状、夹持方式以及结果单位的不同，使得跨类别比较容易出现误读。本文根据现行建筑防水卷材试验方法的通行框架来讨论对比试验的设计逻辑、结果解释以及质量控制，用明确标注的模拟数据来展示统计表达方式。

1 试验设计与检测条件

1.1 对比试验的对象与边界

试验宜按材料类别分组，不宜把沥青类卷材与高分子类卷材的单项结果直接合并排序。沥青类产品通常具有胎基与涂盖

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

层构成的复合结构，拉伸时可能出现涂盖层开裂、胎基受力或层间剥离；高分子卷材则可能表现为均匀伸长、局部颈缩或夹持端滑移。相同的最大力并不意味着相同的材料强度，相同的断裂伸长率也未必对应相同的工程适用性。

对比试验可选择同一类别内的不同产品，或同一产品在不同温度、不同方向下的性能。试样应从卷材宽度方向的不同位置均匀截取，避开卷头、卷尾及可见缺陷，并分别沿纵向、横向制备。试验报告中应注明产品类别、标称厚度、取样位置、试样方向、状态调节条件及采用的试验方法。若研究目标涉及材料类别间比较，应将比较限定于试验响应和破坏特征，不以单个数值代替工程适用性判断。

1.2 低温柔性试验控制

低温柔性试验的主要变量包括试样状态调节、冷却介质温度、恒温时间、弯曲芯轴尺寸、弯曲速度及观察条件。试样从恒温环境取出至完成弯折的时间应尽量一致，弯折操作应平稳，避免冲击或停顿造成附加应力。对于厚度差异明显的材料，弯曲几何条件若未按适用方法统一，结果可能同时反映材料性能和试验装置差别。

判定时应在规定光照下检查表面及弯折部位，记录裂纹、涂层脱落、分层等现象。仅写“通过”或“不通过”会损失信息；若标准允许，可同步记录裂纹位置、长度及出现比例，但这些补充记录不能替代规定判据。低温柔性通常是特定试验条件下的符合性结果，不应直接解释为材料实际最低使用温度。

1.3 拉伸试验的参数与破坏识别

拉伸试验应依据产品类别和相应方法确定试样尺寸、夹持间距、拉伸速度及结果计算方式。试样在夹具中应对中，夹持面不得损伤材料；若试样在夹具处断裂或发生明显滑移，应按适用方法判断是否属于有效结果，并说明处置方式。对复合卷材，除最大力或拉伸强度、断裂伸长率外，破坏位置及形态也具有解释价值。

厚度测量方式会影响以单位宽度最大力表示的结果与以截面积计算的应力结果之间的比较。不同报告体系中的“拉力”“强度”不应混用，伸长率亦应说明标距和计算依据。建议纵、横向分别统计，并至少报告有效试样数、均值、标准差及变异系数；若结果分布偏斜或出现异常值，应保留原始记录并说明复测依据。

1.4 数据处理与不确定性表达

对每组试样，可计算均值和标准差，以描述中心水平与组内离散程度。低温柔性若以某一温度下裂纹试样数表示，可报告“裂纹试样数/总试样数”，并列出具体观察现象；不能将有限试样的结果外推为总体失效率。拉伸结果则应按标准规定的有效位数修约，统计前不得随意删除与预期不符的数据。

2 检测结果的对比与解释

2.1 模拟数据的展示边界

为说明结果报告方式，表 1、表 2 列出一组模拟数据。数据用于展示分组、统计和解释方法，不对应具体企业、产品型号或真实抽检批次，不能作为产品合格判定或材料排名依据。示例中的三组样品仅表示三类常见卷材构成，实际研究应以具备代表性的批次和足够试样量开展。

表 1　不同卷材类别低温柔性模拟结果

样品组（示例）	试验温度/℃	试样数/个	出现裂纹/个	裂纹率/%	观察记录
A：聚合物改性沥青类	-20	10	1	10	弯折外侧见细裂纹
B：自粘沥青类	-15	10	2	20	局部涂层出现裂纹
C：高分子类	-25	10	0	0	未见可辨识裂纹

对于每组试样，可以计算出均值和标准差，用来表示中心水平以及组内离散程度。低温柔性用某一温度下裂纹试样数来表示，可以报告裂纹试样数/总试样数，并且列出具体的观察现象，不能把有限试样的结果外推到总体失效率上。拉伸结果要按照标准规定的有效位数进行修约，统计之前不能随便去掉和预期不符的数据。

为了说明结果报告的方式，表 1、表 2 给出一组模拟数据。数据是用来说明分组、统计、解释的方法，并不是针对具体的某一个企业、某一个产品型号或者某一次的抽检批次，不能用它来作为判定产品是否合格或者材料排名的依据。示例中的三组样品只是表示出三种常见的卷材，实际的研究应该以有代表性的批次和足够的试样量来进行。

2.2 拉伸结果的统计表达

表 2　拉伸性能模拟统计结果（均值±标准差）

样品组（示例）	方向	单位宽度最大力/（N/50mm）	断裂伸长率/%	破坏特征（示例）
A：聚合物改性沥青类	纵向	820±42	38±5	胎基方向受力后复合层开裂
A：聚合物改性沥青类	横向	610±39	34±4	破坏集中于边缘区域
B：自粘沥青类	纵向	540±35	46±6	涂盖层变形并伴随局部剥离
B：自粘沥青类	横向	430±31	41±5	试样中部发生断裂
C：高分子类	纵向	260±18	420±28	伸长后出现颈缩并断裂
C：高分子类	横向	245±20	390±25	断裂前出现局部变薄

表 2 中拉力和伸长能力可以有不同的量级，但是最大力高并不一定代表整体性能好。高分子卷材的高伸长率和沥青复合卷材的单位宽度最大力分别反映不同的材料响应，在选择材料的时候要根据基层位移、节点构造、搭接方式以及产品标准的要求来综合考虑。如果研究对象有明显的各向异性，就要分别对纵、横向进行分析，并且说明取样和加载的方向。

2.3 低温柔性与拉伸性能的关联

两项指标可以从不同的角度来反映材料的状态，但是它们

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.

之间的相关性并不是固定的。低温柔性试验包括弯曲应变和低温脆化效应，拉伸试验一般在规定条件下施加单轴拉力。材料在常温下有较高的断裂伸长率，并不能保证低温弯折时没有裂纹；低温弯折没有裂纹也不能代替对拉伸强度或者伸长能力的检测。

2.4 异常结果的识别与复核

试样厚度不均匀、切边缺口、调温时间不够、夹具打滑、温度回升都会引起异常结果。低温试验中弯折时间不同或者试样在室温下暴露时间过长，都会使实际受试温度偏离设定值；拉伸试验中夹持端断裂、偏心加载、采样频率不合适都会造成最大力和伸长率失真。异常值的处理不能只依靠统计阈值，需要对试样照片、试验记录以及曲线进行检查，然后根据适用的方法来做出有效性判断。

对于复测，要记录原试样的结果以及复测的理由，不能只保留有利的数据。必要时可以由另外一名操作人员复核关键步骤，或者使用同一批次留样进行交叉验证。温度传感器、万能试验机测力系统以及位移测量装置的校准情况也要列入原始记录之中。

3 提高检测可比性的实施路径

3.1 建立统一的取样与编码规则

实验室或者研究项目应该制定出统一的取样位置图，说明卷材宽度方向、纵横方向以及距边缘的取样范围。试样编码要能追溯到批次、位置、方向和试验项目，但是不能在检测人员判读裂纹之前把预期的结果暴露出来。对于涂层不均匀或者有明显的缺陷的地方，根据研究目的来分别对待，用来做产品符合性检验的时候按照相关的标准进行处理，用来做缺陷机理研究的时候单独标记，不能和正常的区域数据一起出现。

试样制备应该使用锋利、稳定的裁切工具，防止产生毛边和切口的扩展。切割后对尺寸和边缘质量进行检查，发现有明显损伤的试样按照规定标准判定为无效，并且做好记录。取样方案、试样数以及无效样替补方式应在试验之前确定，以减少事后调整所造成的选择偏差。

3.2 将温控管理延伸至试样转移环节

低温柔性检测的温度控制不能只依靠恒温设备设定值来完成。需要记录设备显示的温度以及独立测温的结果，说明试样放置的方式、恒温的时间以及从取出到弯折的时间间隔。如果多个试样依次进行操作，就要控制好每件试样的暴露时间，防止前后样品处于不同的热历史。环境温度、设备负载、开门频次等变化较大时，可以采用空载、满载检查的方式来检验温度的稳定性。

对温度梯度的研究，应该按照一定的步长来设置温度，并且要说明每一级是否使用新的试样。重复弯折同一个试样会产生累积损伤，不能和单独的试样数据一起并列。报告中还要区分出规定温度下符合判据和温度梯度下的研究观察，两者的目的是不一样的，结论的适用范围也不同。

3.3 完善拉伸试验过程记录

拉伸测试应该保存完整的力-位移或者力-时间曲线，记录试样的尺寸、标距、夹持间距、加载速度以及破坏位置。夹具压力要足以防止试样滑动，但是不能压伤试样，必要时可以检查夹持后试样的表面以及夹具附近是否有变形。在测试之前对传感器的量程以及位移系统进行检查，防止量程选择错误而使小载荷区间测量分辨率降低。

不同的方向试样应该使用相同的设备状态以及测试程序。如果某一方向上经常出现夹持端断裂的情况，就应该检查试样的加工以及夹持方式是否存在问题，而不能把这种现象归结为材料强度低。对于复合结构产品，在不改变标准主结果的情况下，可以增加断口照片、层间破坏描述或者视频记录来解释最大力和断裂伸长率变化的原因。

3.4 采用分层报告与审慎结论

检测报告可以分为方法信息、原始观测、统计结果和工程解释四部分。方法信息列明适用的标准、设备和环境条件；原始观测记录每件试样的结果和破坏现象；统计结果报告样本量、均值、标准差以及必要的离散指标；工程解释只限于试验条件和产品类型。对于不符合有效性的试样，需要说明判定依据以及处理过程。

研究结论不能仅仅依靠均值差异来得出。样本量小、组内离散大时，不能把数值差别说成是稳定的材料优势；做显著性检验的时候，在试验设计的时候就要确定比较的对象以及用什么统计方法来检验，并且要说明前提条件。对于标准符合性判断，应该按照相应的标准和试验方法的规定来判定，不能用模拟数据、单批次的研究数据或者未经验证的经验阈值来代替。

结论

低温柔性、拉伸性分别对应卷材在低温弯曲、单轴受拉情况下的不同反应，二者互相补充，不能互相代替。检测对比的可靠性由材料分组、取样方向、试样状态、温度控制、夹持加载条件、破坏形态的完整记录决定。对于跨材料类别的数据来说，单位以及试验方式的不同都必须加以考虑；单项数值的大小不能直接得出工程适用性的排序。表格中所列的数据是用作方法展示的模拟数据，只说明数据的组织形式。实际检测要按照适用的标准进行试验，并且要报告有效样本数、离散程度以及操作条件。采用统一的试验流程、保留原始曲线和影像、对异常结果进行可追溯的复核，可以提高检测结果的重复性以及工程解释力，给卷材质量评价以及工程选材提供更加可靠的依据。

[参考文献]

[1]俞彬. 建筑防水材料检测及质量控制方法 [J]. 建材发展导向, 2026, 24 (12): 13-15.

[2]张海丽. 建筑防水卷材拉伸性能检测技术 [J]. 质量与认证, 2026, (6): 118-120.

[3]张志浩. 建筑改性沥青防水卷材拉伸性能检测技术研究 [J]. 新城建科技, 2025, 34 (10): 97-99.

[4]李文婷,刘然,陈健,等. SBS 防水卷材拉伸性能检测结果的不确定度评定 [J]. 工程质量, 2021, 39 (7): 60-64.

[5]孙艳芳,桑丽娜. 新型复合改性沥青防水卷材的制备与性能研究 [J]. 中国建筑防水, 2019, (10): 15-18. DOI:10.15901/j.cnki.1007-497x.2019.10.004.

Copyright © This work is licensed under a Commons Attibution-Non Commercial 4.0 International License.