《铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法》

国家标准送审稿编制说明

一、任务来源

根据国标委综合[2017]128号及全国有色金属标准化技术委员会下发的有色标委 [2018]2号《关于转发2018年第一批有色金属国家标准制（修）订项目计划》文件，《铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法》国家标准（计划号： 20173798-T-610），由宁波兴业盛泰集团有限公司、宁波兴业鑫泰新型电子材料有限公司、安徽鑫科铜业有限公司、凯美龙精密铜板带（河南）有限公司、山西春雷铜材有限责任公司、江西金品铜业科技有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司、国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东）负责起草，项目于2019年完成。

**二、工作简况**

1. 立项目的

随着电子元器件向着微型化、薄型化、高密度和高度集成化发展，电子元器件在长时间使用中产生的热效应不断增加，部分元器件还可能在更高的温度下长时间使用，为了保持端子连接器弹片的嵌合力，这就要求材料具有优良的抗应力松弛性能。国内接插件市场占有率比较高，但均以中低端市场为主，而高端的汽车连接器、精密接插件及大规模集成电路等产品则长期依赖进口。造成这种现象的原因主要有两个方面，一方面是我国对于高弹铜基合金的基础研究起步较晚，且我国铜合金制备加工能力与发达国家相比还有一定差距，工艺条件、装备水平等方面都有待进一步提高；另一方面是随着客户对铜基弹性材料性能的要求不断提高，许多客户对材料提出了具有抗应力松弛特性的隐性需求，而国内应力松弛试验方法标准少，限制了我国对高端连接器及精密接插件等材料进行更深层次的研发工作。

国外对应力松弛试验方法已制定相应的标准，主要有美国ASTM E328“材料和结构的应力松弛试验标准推荐方法”、日本伸铜协会技术标准JCBA-T309-2004 薄板条弯曲应力松弛缓和试验方法等。跟据以上国外标准可以看出，评价材料松弛性能的主要方法两种，一种是拉伸应力松弛，另外是弯曲应力松弛。而目前国内仅有GB/T 10120-2013“金属材料拉伸应力松弛试验方法”，缺少相应的弯曲应力松弛试验方法，且此标准中对测试样的要求较高、试验周期长、效率低，对设备的要求比较高，且绝大多数铜基弹性材料的下游企业，并未配备检测机器和具有检测能力。目前各种弹性接插件的工作环境，更与弯曲应力松弛试验条件相接近，采用弯曲应力松弛试验方法，更能代表实际材料的工作条件，更可满足多元条件下的应力松弛试验要求；另外，由于各企业也只是独立地进行应力松弛试相关的简单的试验性工作，试验方法五花八门，但由于缺乏统一评价标准，致使更多企业未对其进行展开系统地、深层次的研究，限制着其高端方面的使用。因此，制定铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法就显得十分重要，对规范弯曲应力松弛试验，统一数据评价标准，有利于我国中高端连接器、集成电路用材料的研发，具有良好的现实意义。为满足国内外市场对铜及铜合金应力松弛性能的需求，更有效的确保产品质量，因此制定本标准。

1. 项目编制组单位简况
	1. 编制组成员单位

本标准由宁波兴业盛泰集团有限公司、宁波兴业鑫泰新型电子材料有限公司、安徽鑫科铜业有限公司、凯美龙精密铜板带（河南）有限公司、山西春雷铜材有限责任公司、江西金品铜业科技有限公司、中色（宁夏）东方集团有限公司、国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东）等共同起草，以上编制组成员单位均是《铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法》的应用单位。

* 1. 主编单位简介

本标准的主编单位是宁波兴业盛泰集团有限公司。宁波兴业盛泰集团有限公司（以下简称盛泰公司）是在宁波慈溪地区发展起来的现代化企业集团，为中国高精度铜板带行业的领先制造商，母公司欢悦互娱控股有限公司于2007年成功在香港联交所主板上市。公司一直致力于铜板带的专业化研究、生产、销售，其“三环”产品于2007年9月被国家质检总局评为“中国名牌产品”称号，是中国铜板带领域仅有的三大“中国名牌产品”之一。“三环”商标被认定为中国驰名商标和浙江省著名商标。

盛泰公司的主要产品有：高精度引线框架用铜板带、高精度锡磷青铜板带、高精度锌白铜板带、高精度紫铜板带、高精度黄铜板带、高精度多元合金、铜锡锌合金及高铜合金等八大系列，其中以电子、汽车行业用的接插件铜带和引线框架用铜带为主导产品，是目前国内铜板带品种系列最全的生产企业之一。

1. 主要工作过程

2018年3月14日，由全国有色金属标准化技术委员会召集在云南省曲靖市召开了《铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法》国家标准第一次工作会议，与会专家对标准进行了认真、热烈的讨论，成立了标准编制组，并进行了相应的任务落实，确定了由宁波兴业盛泰集团有限公司为负责起草单位，若干相关单位参与标准起草及验证。编制小组根据云南曲靖任务落实会确定的起草原则，首先整理收集本企业前期所积累的试验数据，为本标准全面、系统、有效的制定奠定了良好的基础，并通过查阅国内外有关的技术资料，结合主要用户的技术要求，经过多次讨论和广泛征求意见，形成了标准征求意见稿及编制说明。

2018年9月18日，由全国有色金属标准化技术委员会召集在天津市召开了《铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法》国家标准第二次工作会议，会议上对标准的起草进行了说明，会上对标准的框架结构及主要内容进行了初步讨论，对后续标准的完善创造了条件。

2019年6月25日，由全国有色金属标准化技术委员会召集在青岛市召开了《铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法》国家标准第三次工作会议，会议上各位专家对标准内容进行了讨论。对标准内容中的结构提出修改意见，建议按照“GB/T 20001.4-2015 标准编写规则 第4部分：试验方法标准”的要求进行重新整理。对标准中的试验原理、试验步骤等给出了相关修改意见，建议明确试样取样方向，明确试验温度和时间，对试验步骤重新整理，使试验方法步骤清晰、易操作。

**二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据**

**（一）编制原则标准编制原则**

本标准起草单位自接受起草任务后，成立了本标准编制工作组。初步确定了《铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法》标准起草所遵循的基本原则和编制依据：

1按照《中华人民共和国标准化法》要求，依据GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

2.查阅国内外有关弯曲应力松弛试验方法的技术要求。

**（二）确定标准主要内容**

1 **标准标题及范围**

本标准规定了铜及铜合金材料弯曲应力松弛试验方法，适用于厚度为0.1mm～1.0mm的铜及铜合金板带材，评价其弯曲应力松弛性能。

参考国外标准JCBA T309-2004，本标准适用于厚度为0.1mm~1.0mm的铜及铜合金板带材。

4试验设备

4.1试验夹具

参考国外标准以及目前使用的情况，为了便于测量操作，选用了单端固定块式夹具，去除了螺丝式夹具。

4.2加热装置

本标准规定的试验方法通常在125℃~150℃温度下进行，如有规定也可在其他温度甚至室温下进行，因此一般需要使用加热设备，恒温槽或加热炉，炉膛内恒温区温度波动小于5℃，温度精度优于±0.5℃。

5试样

本标准规定的试样为等截面长条形试样，参考国外标准及国外企业目前在使用的试样尺寸，规定试样宽度为10mm±0.05mm，试样长度100mm，长度可根据试验片的厚度、初期应力等进行适当的调整。同时对取样的板材平整度、取样的方式进行了规定，以确保试验结果的准确。

6 环境

试验测试环境温度应维持在23℃±5℃范围内，且测量高度时试样及夹具的温度需与测试环境温度达到一致。

7试验方法

7.1本实验的力学模型为悬臂梁自由端集中载荷，如图1所示，

F

ls

ε0

b

t

图1 应力松弛试验力学模型示意图

说明：

 F——载荷；

 b——试样宽度；

 t——试样厚度；

 ε0——挠度（弯曲变形）；

 ls——弯曲段长度*。*

根据材料力学可知，悬臂梁的最大弯曲正应力σ与弯曲段长度ls及挠度（弯曲变形）ε0之间有公式（1）所示的关系，

$σ=\frac{1.5×ε\_{0}×E×t}{l\_{s}^{2}}$…………………………………（1）

说明：

σ——最大弯曲正应力；

ls——试样弯曲段长度；

E——弹性模量；

ε0——挠度（弯曲变形）；

t——试样厚度；

7.2试验过程中，试样初始应力（即最大弯曲正应力）应小于试样屈服强度或弹性极限，为了便于标准使用，同时参考了国外企业实际试验过程所用的参数，此处规定试样的初始应力规定为试样规定塑性延伸强度Rp0.2的80%。

7.3 本标准所选用的夹具更适合初始弯曲变形取固定值的情形，将公式（1）变形后写成公式（2）的情形，

$l\_{s}=\sqrt{\frac{1.5×ε\_{0}×E×t}{σ}}$…………………………（2）

根据本公司的使用情况，规定初始弯曲变形为4mm。根据公式（2）可知，当初始弯曲变形与弯曲段长度满足公式（2）时，试样初始应力（最大弯曲正应力）即相同，因此初始弯曲变形的值并不影响试样初始应力（最大弯曲正应力），因此标准中规定经协商，可使用其他初始弯曲变形值。参考国内外试验经验，弯曲段长度与初始弯曲变形的比值会影响试验结果，此处规定初始弯曲变形ε0应当不大于弯曲段长度ls的1/2。

8 试验报告

本试验方法中，规定塑性延伸强度、材料厚度、试验时间和温度、弹性模量等是影响试验结果的重要参数，需要在报告中指出，根据GB/T 20001.4-2015的要求，报告中还应该包含本标准号、试验日期等内容。

**三、标准水平分析**

1. 标准水平简析

报据国外相关的应力松弛试验方法标准来看，评价金属材料应力松弛性能的主要方法有两种，一种是拉伸应力松弛，另一种是弯曲应力松弛。对于拉伸应力松弛试验方法，目前国内仅有GB/T 10120-2013“金属材料拉伸应力松弛试验方法”，该标准对测试样的要求较高、试验周期长、效率低，对设备的要求比较高，绝大多数铜基弹性材料的下游企业并未配备检测设备，不具有相关的检测能力；而在弯曲应力松弛试验方法中，较为常用的方法主要有：环状试样弯曲应力松弛实验法、悬臂梁式弯曲应力松弛试验方法等，国内标准GB/T10120-2013“金属材料 拉伸应力松弛试验方法”中对环状试样的弯曲应力松弛试验方法中所取样品的形状尺寸轮廓等进行了明确说明，但该方法对试样的加工精度要求高，尤其一些超薄带箔材料，试样加工较为困难，因此目前普遍采用悬臂梁式弯曲应力松弛试验方法评价材料的抗应力松弛特性，即一端自由一端固定的加载方式。结合目前各种铜基电子元器件的工作环境，更与弯曲应力松弛试验条件相接近，因此采用弯曲应力松弛试验方法，更能代表实际材料的工作条件，更可满足多元条件下的应力松弛试验要求，但目前国内没有关于铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法的统一标准，技术人员在实际检测试验过程中如何正确、有序的实施弯曲应力松弛试验方法，并没有清晰明确的指导技术资料。

基于上述现状，宁波兴业盛泰集团有限公司根据多年研究铜及铜合金带材抗应力松弛特性的经验，借鉴美国ASTM E328“材料和结构的应力松弛试验标准推荐方法”、日本伸铜协会技术标准JCBA-T309-2004 薄板条弯曲应力松弛缓和试验方法等标准，设计了一种在单端弯曲状态下，由短片的铜及铜合金试样在常温或高温下进行应力松弛性能测试的试验方法。本标准相比美国ASTM E328标准具有实用性强、制样方便、试验装置简单易操作等优点，与日本JCBA-T309-2004标准试验方法类似。

**四、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性**

 本标准与相关法律、法规、规章及相关标准相协调。

**五、专利及涉及知识产权**

 本文件起草过程中没有检索到专利和知识产权问题，如果涉及到专利和知识产权时请使用单位与专利和知识产权方协商，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

**六、重大分歧意见的处理经过和依据**

**七、标准作为强制性或推荐性国家标准的建议**

 本标准建议不作为强制性标准，而建议作为推荐性标准。

**八、贯彻标准的要求和措施建议**

**九、预期效果**

本国家标准的制定，可促进我国铜及铜合金材料弯曲应力松弛试验的规范化，为提供可比较的检测结果奠定了良好的技术支撑和标准化平台。

《铜及铜合金弯曲应力松弛试验方法》国家标准编制组

2019年09月8日

附录

试验报告

1.本次铜及铜合金弯曲应力松弛试验验证单位有7家，对试验结果进行统计，分析试验方法的可靠性。本次验证试验使用的样品信息见表1，试验结果见表2~表10。

表1 试样信息

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 样品编号 | 材料牌号 | 规格状态 |
| 样品1 | C7025 | 0.127TM02 |
| 样品2 | C7025 | 0.15TM02 |
| 样品3 | C7025 | 0.25TM03 |
| 样品4 | C5191 | 0.29Y2 |
| 样品5 | C5210 | 0.3Y2 |
| 样品6 | C194 | 0.254T |

表2 样品1试验温度125℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 4.0 | 5.6 | 6.4 | 7.2 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 4.6 | 6.2 | 7 | 8 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 3.8 | 5.1 | 6 | 7.1 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 4.5 | 5.8 | 7.3 | 7.9 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 5.2 | 6.4 | 7.1 | 7.8 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 4.9 | 6 | 6.8 | 7.4 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 4.1 | 6 | 6.9 | 7.7 |
| 平均值/% | 4.4 | 5.9 | 6.8 | 7.6 |
| 标准偏差 | 0.51 | 0.43 | 0.45 | 0.35 |
| 相对平均偏差/% | 9.19 | 5.42 | 4.93 | 3.98 |
| 相对标准偏差/% | 11.39 | 7.27 | 6.56 | 4.66 |

表3 样品1试验温度150℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 8.4 | 9.3 | 10.9 | 12.4 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 8.1 | 9.1 | 10.3 | 12.5 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 8.9 | 10 | 11.6 | 13 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 9.3 | 10.6 | 12 | 13.3 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 7.6 | 8.9 | 10.3 | 12.1 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 8.6 | 9.2 | 10.5 | 12 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 9.6 | 10.7 | 11.8 | 12.9 |
| 平均值/% | 8.6 | 9.7 | 11.1 | 12.6 |
| 标准偏差 | 0.69 | 0.74 | 0.73 | 0.48 |
| 相对平均偏差/% | 6.19 | 6.62 | 5.76 | 3.17 |
| 相对标准偏差/% | 7.98 | 7.67 | 6.62 | 3.83 |

表4 样品2试验温度125℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 7.4 | 8 | 8.9 | 10.1 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 8.9 | 9.6 | 10.3 | 11.2 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 8.0 | 8.3 | 9.0 | 10.4 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 8.6 | 9 | 10.1 | 10.8 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 8.2 | 9 | 9.5 | 10.3 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 8.7 | 9.2 | 9.9 | 10.5 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 7.7 | 8.2 | 8.7 | 10 |
| 平均值/% | 8.2 | 8.8 | 9.5 | 10.5 |
| 标准偏差 | 0.55 | 0.59 | 0.63 | 0.42 |
| 相对平均偏差/% | 5.42 | 5.78 | 5.59 | 2.96 |
| 相对标准偏差/% | 6.72 | 6.78 | 6.68 | 3.96 |

表5 样品2试验温度150℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 9.8 | 12.0 | 13.1 | 16.1 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 9.2 | 11.4 | 12.9 | 15.8 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 8.9 | 11 | 12.5 | 15.9 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 10.6 | 12.6 | 13.8 | 16.9 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 10.2 | 12 | 12.9 | 15.4 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 9.3 | 11.7 | 12.6 | 16.2 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 10.9 | 12.7 | 14 | 16.6 |
| 平均值/% | 9.8 | 11.9 | 13.1 | 16.1 |
| 标准偏差 | 0.75 | 0.61 | 0.58 | 0.50 |
| 相对平均偏差/% | 6.30 | 3.94 | 3.42 | 2.33 |
| 相对标准偏差/% | 7.67 | 5.14 | 4.39 | 3.11 |

表6 样品3试验温度125℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 4.8 | 5.5 | 6.4 | 7.6 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 4.1 | 5 | 6.2 | 7.3 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 5.3 | 5.8 | 6.4 | 7.3 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 5.7 | 6 | 6.8 | 7.9 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 4.3 | 5.1 | 6 | 7.2 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 4.7 | 5.6 | 6.4 | 7.8 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 5.1 | 5.6 | 6.5 | 7.4 |
| 平均值/% | 4.9 | 5.5 | 6.4 | 7.5 |
| 标准偏差 | 0.56 | 0.36 | 0.25 | 0.27 |
| 相对平均偏差/% | 8.99 | 4.89 | 2.56 | 3.05 |
| 相对标准偏差/% | 11.52 | 6.49 | 3.88 | 3.61 |

表7 样品3试验温度150℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 7.9 | 9.2 | 10.6 | 12.8 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 7.7 | 9.2 | 10.3 | 12.5 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 7.1 | 8.4 | 9.9 | 12.3 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 8.9 | 10 | 11.7 | 13.4 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 8.3 | 9.7 | 11 | 13.1 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 8.6 | 9.5 | 11.3 | 12.9 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 7.3 | 8.9 | 10.2 | 12.6 |
| 平均值/% | 8.0 | 9.3 | 10.7 | 12.8 |
| 标准偏差 | 0.67 | 0.53 | 0.65 | 0.37 |
| 相对平均偏差/% | 6.76 | 4.27 | 4.95 | 2.23 |
| 相对标准偏差/% | 8.34 | 5.70 | 6.03 | 2.92 |

表8 样品4试验温度125℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 14.4 | 16.1 | 18.1 | 20.9 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 13.1 | 15.2 | 17.3 | 20 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 14.7 | 16.3 | 18 | 20.5 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 13.8 | 15.4 | 17.7 | 20.3 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 15.7 | 17.2 | 19.4 | 21.7 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 12.1 | 14 | 16.3 | 19.2 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 15.4 | 16.8 | 19 | 22.1 |
| 平均值/% | 14.2 | 15.9 | 18.0 | 20.7 |
| 标准偏差 | 1.28 | 1.08 | 1.04 | 0.99 |
| 相对平均偏差/% | 7.09 | 5.35 | 4.16 | 3.71 |
| 相对标准偏差/% | 9.00 | 6.83 | 5.76 | 4.81 |

表9 样品5试验温度125℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 13.7 | 16.2 | 18.9 | 23.3 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 10.3 | 13 | 15.6 | 20.1 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 11.4 | 14.5 | 16.9 | 21.3 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 12.7 | 16.8 | 18.3 | 22.5 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 13 | 15.5 | 18.4 | 22.9 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 12.0 | 15.4 | 17.2 | 22.0 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 12.3 | 15.8 | 18.2 | 22.9 |
| 平均值/% | 12.2 | 15.3 | 17.6 | 22.1 |
| 标准偏差 | 1.11 | 1.24 | 1.14 | 1.12 |
| 相对平均偏差/% | 6.79 | 5.84 | 5.23 | 3.91 |
| 相对标准偏差/% | 9.13 | 8.12 | 6.47 | 5.05 |

表10 样品6试验温度125℃应力松弛率

|  |  |
| --- | --- |
| 单位 | 应力松弛率/% |
| 24h | 48h | 96h | 192h |
| 宁波兴业盛泰集团有限公司 | 25.1 | 26.6 | 28.2 | 29.1 |
| 中色（宁夏）东方集团有限公司 | 22.4 | 25.1 | 26.3 | 27.4 |
| 山西春雷铜材有限责任公司 | 24.6 | 28 | 29.2 | 30.3 |
| 江西金品铜业科技有限公司 | 27 | 28.3 | 29.6 | 31 |
| 安徽鑫科铜业有限公司 | 21.8 | 22.9 | 24.7 | 26.6 |
| 国家铜铝冶炼及加工产品质量监督检验中心（山东） | 23.6 | 25.9 | 27.3 | 28.2 |
| 凯美龙精密铜板带（河南）有限公司 | 26.4 | 28.2 | 29.9 | 31.5 |
| 平均值/% | 24.4 | 26.4 | 27.9 | 29.2 |
| 标准偏差 | 1.94 | 1.98 | 1.91 | 1.86 |
| 相对平均偏差/% | 6.37 | 5.82 | 5.49 | 5.22 |
| 相对标准偏差/% | 7.96 | 7.51 | 6.84 | 6.38 |

通过7家单位的试验数据对比，当试验时间逐渐增加时，数据结果偏差逐渐减小，试验时间较长时试验结果有较好的稳定性。试验时间较短时，实际试验时间的相对误差会较大，对结果有影响，同时由于试验时间短，弯曲变形量小，测量相对误差也会偏大，因此试验过程中对于试验时间较短时的处理应当谨慎，减小试验时间的误差及变形测量时的误差。

2.验证初始弯曲变形量对试验结果的影响



图2 QSn8-0.3青铜125℃应力松弛率曲线

图2是不同初始弯曲变形量的应力松弛试验结果，试验使用QSn8-0.3青铜，状态为H04，试验温度为125℃。试验结果表明，初始弯曲变形量对应力松弛率有明显的影响，相同条件下初始弯曲变形越大，应力松弛率也越大，随着时间的增加，差异也越明显。因此标准中规定了推荐采用的初始弯曲变形，并规定只有初始弯曲变形相同时，应力松弛率才能相互比较。