

# 基于球压试验装置校准规范的研究

□方文莉<sup>1</sup> 程晓苏<sup>2</sup>

1. 合肥市计量测试中心 2. 国检测试控股集团计量检测有限公司

**【摘要】**球压试验装置是用于评估材料在高温条件下软化温度和抵抗异常热负荷能力的仪器。为加强校准人员对JJF(皖)252-2026《球压试验装置校准规范》的理解,确保规范的正确实施。本文对规范编制背景、计量特性的确定以及校准过程中需注意事项进行了说明。旨在深入剖析校准过程中可能出现的问题及解决方法,为相关研究和生产实践提供有益的参考。

**【关键词】**计量学;球压试验装置;规范解读;校准

文献标识码:A 文章编号:1003-1870(2026)02-0016-03

## Research on Calibration Specification for Ball Pressure Tester

**【Abstract】** Ball pressure tester is an instrument used to evaluate the softening temperature of materials and their ability to resist abnormal heat loads under high temperature conditions. To enhance the understanding of JJF (Wan) 252-2026 Calibration Specification for Ball Pressure Tester among calibration personnel and ensure the correct implementation of the Specification, this paper explains the background of the Specification, the determination of metrological characteristics, and the precautions during the calibration process, aiming to deeply analyze the problems and methods that may arise during the calibration process, and to provide useful references for related research and production practices.

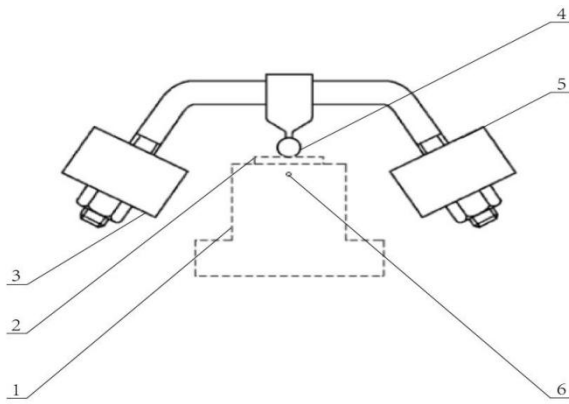
**【Keywords】** metrology; ball pressure tester; interpretation of Specification; calibration

### 引言

在持续高温环境的作用下,会导致非金属材料、绝缘材料的组织结构以及物理形态会出现显著的变化,通常体现为材料出现软化甚至熔融的物理现象。在医用电气设备、插头插座、灯具、电源、信息技术设备产品等安规标准中,无论是非金属材料还是绝缘材料,均对其耐热性有着严格的界定。为了确保防触电安全,家用电器、医用电气设备等

所采用的外部绝缘材料以及用于固定载流部件的结构组件,均应具备优良的耐高温特性。

球压试验仪是用于评估材料在高温条件下软化温度和抵抗异常热负荷能力的仪器,其主要由负载装置(压力球、砝码)、试样支座等组成,球压试验装置结构如图1所示。通过对被测材料在高温条件下施加压力,观察并测量压痕尺寸,测定其软化温度和材料流动性,从而评估其耐热性能。



1—试样支座；2—试样；3、5—砝码；4—压力球；  
6—温度测量孔

图1 球压试验装置结构示意图

安徽省作为中国家电产业的重要基地，家电行业集群成势，呈现“一核多极”的空间布局，以合肥为核心，辐射滁州、芜湖、马鞍山等地，形成完整的产业链集群。美的、格力、海尔、TCL等头部企业在合肥、芜湖、滁州等地设立生产基地和研发中心。这些家电生产企业在生产技术改造及产品质量检验中均需配备球压试验仪，该仪器在安徽市场有着广泛的应用。作为电器产品、电工套管耐热性测量的主要设备，其量值准确性直接影响电器产品、电工套管等设备耐热性能检测的准确与否。

制定球压试验仪安徽省地方校准规范，既是产业自身质量控制的需求，也是计量技术服务产业发展的体现。为此，安徽省市场监督管理局以皖市监函〔2025〕112号文《关于下达2025年安徽省地方计量技术规范制修订计划和废止12项地方计量技术规范的通知》批准立项。

## 1 主要内容解析

### 1.1 制定的依据及适用范围

规范的编写格式依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》，计量术语符合JJF 1001-2010《通用计量术语及定义》，测量不确定度评定与表示符合JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的要求。以GB/T 308.1-2013《滚动轴承 球 第1部分：钢球》，GB/T 5169.21-2017《电工电子产品着火危险试验 第21部分：非正常热 球压试验方法》，JB/T 7051-2006《滚动轴承零件 表面粗糙度测量和评定

方法》为基础进行编制，适用于球压试验装置的校准。

### 1.2 计量特性

目前，国内医用电气设备、灯具插座、家用电器、电工套管等多个行业领域的产品及其组件附件需要进行球压试验，众多标准对球压试验装置的参数性能、结构组成作出规定，编制组通过对不同标准中球压试验装置参数、结构进行归纳整合，GB/T 5169.21中对球压试验装置的结构及参数规定可适用于不同标准的要求。故本规范在制定过程中，关于球压试验装置的计量特性主要来源于GB/T 5169.21。

GB/T 5169.21第5.1条规定，负载装置的压力球应符合ISO 3290-1的滚动轴承成品钢球，国家GB/T 308.1-2013和上述国际标准具有一致性对应关系，本规范关于压力球计量特性主要来源于GB/T 308.1。根据GB/T 308.1第7.3条规定，压力球表面粗糙度校准方法参照JB/T 7051-2006《滚动轴承零件 表面粗糙度测量和评定方法》执行。

根据试验标准，通过将总试验力 $(20 \pm 2) \text{ N}$ 的负载装置压在呈水平状态且置于加热箱内的试件表面，在规定温度和时间恒温后，取出试件浸入水中冷却，测量试件表面压痕直径。

GB/T 5169.21要求，球压试验装置由负载装置、试样支座、烘箱、光学测量装置、温度测量装置5个部分组成，目前国内市场所流通的球压试验装置一般包含负载装置、试样支座等部分。

烘箱作为实验室常规设备，在实际使用中具有多样性，一般配备球压试验装置不包含本部分。目前国内标准对于测量试件表面压痕直径所用设备并不一致，GB/T 5169.21规定使用具有10X放大倍率的光学测量仪器（读数显微镜、工具显微镜、生物显微镜等），JG/T 3050规定使用游标卡尺进行测量，所用设备并未统一。实际校准时，烘箱可参照JJF 1101-2019《环境试验设备温度、湿度校准规范》，光学测量设备和游标卡尺均有相应的国家计量校准规范。

GB/T 5169.21规定负载装置的压力球应符合GB/T 308.1的滚动轴承成品钢球，并未明确压力球的等级。GB/T 308.1根据技术指标，将钢球分为11个等级，球压试验装置压力球满足最低G200级指标即可

满足要求。GB/T 308.1 对钢球的技术指标要求包含直径变动量、表面粗糙度、硬度及压碎载荷等项，硬度及压碎载荷项目会破坏球压试验装置的完整性。

考虑到球压试验装置的结构特点和实际应用需求，本规范确定的计量特性包括4项：负载装置压力、压力球直径、压力球直径变动量、压力球表面粗糙度。

### 1.3 校准条件

#### 1.3.1 环境条件

根据GB/T 5169.21，进行球压试验前，试样应放置在温度处于15℃~35℃，相对湿度45%~75%的环境下进行，恒温不少于24h。根据试验方法对环境的要求，保证校准过程与实际试验过程的一致性，故将校准环境温度设定为 $(25 \pm 10)$ ℃，环境湿度 $(45\% \sim 75\%)$  RH。

#### 1.3.2 校准用设备

标准测力仪、数显千分尺等均为测量力值、尺寸的常规计量器具，符合经济合理性原则。目前粗糙度测量仪出厂最大允许误差有 $\pm 5\%$ 、 $\pm 7\%$ 、 $\pm 10\%$ 和 $\pm 15\%$ 几种，根据JB/T 7051要求选择示值误差不超过10%的粗糙度测量仪作为粗糙度测量标准。

### 1.4 关于校准方法

#### 1.4.1 外观及功能性检查

目前，国内市场不同厂家生产的球压试验装置在结构设计上存在差别，在选择球压试验装置应选择外露式压力球，部分厂家所生产球压试验装置压力球露出不到一半，此类设备会导致试样测试后的压痕不完整，进而测量偏差过大。

校准前应对球压试验装置进行平衡校验：完成平衡校验后，将压力球放置在试样支座上，根据其摆动情况，对载荷体位置做适当调整后拧紧载荷体，将压力球重新放置在支座上，观察摆动效果，以确定调整效果。只有在平衡情况下，压力球才能平稳放置，否则压力球会有明显摆动，影响压痕尺寸，导致测量结果失准。

标准要求试样支座表面应平滑、有足够的强度、有足够大的质量，未对其计量特性作出明确要求。目前，国内市场球压试验装置试样支座一般使用直径50mm、高度100mm的不锈钢实心圆柱体或其

他形式的钢制支座，以确保试样支座性能满足试验要求。根据GB/T 5169.21中要求，为确保球压试验时温度的准确性，确保试样支座的实际温度不能相对试验温度有显著偏离，在试样支座应有温度测量孔，可通过热电偶测量试样支座实际温度，温度测量孔位置应在试样支座中心表面下面约3mm处。电工套管领域标准球压试验并未对此作出要求。目前市面存在带测温孔支座和带不带测温孔支座，测温孔一般距离支座边缘3mm、孔深25mm，孔径由于生产厂家不同从1~3mm不等。实际试验时，烘箱中温度显示为烘箱中空气温度，不能代表底座温度达到额定温度，通过测温孔和温度测量装置可确定试验温度的准确性，建议使用带测温孔试样支座。

#### 1.4.2 负载装置

压力及直径校准方法是常规测量方法，操作方法比较简单，采用多次测量取平均值的数据处理方式，提高测量准确性。

GB/T308.1中G200级钢球表面粗糙度要求是不大于 $0.15 \mu\text{m}$ ，工业生产过程中主要通过精研或抛光来消除微小的磨削痕迹，获得镜面光洁表面。测量此类高精度表面的粗糙度，一般选择分辨率高、重复性好且不会损伤工件表面的方法，常用仪器有白光干涉仪、轮廓仪、粗糙度仪等。考虑到经济合理性原则，选择带有圆补偿功能的表面粗糙度测量仪作为测量标准。实际校准过程时设置表面粗糙度仪取样长度0.25 mm，评定长度为5倍取样长度，在压力球表面选取均匀分布的5个位置测量，取5个位置测量值的算术平均值作为压力球表面粗糙度测量结果。

不宜使用粗糙度比较样块来测量G200级轴承钢球的表面粗糙度，粗糙度比较样块主要用于车间现场的快速初步判断以及对粗糙度要求不高的工序间检验。一方面G200级钢球 $Ra \leq 0.15 \mu\text{m}$ ，精度要求极高，粗糙度样块通常是通过车、铣、刨、磨等加工方法制作，车、铣、刨工艺粗糙度样块其最低的 $Ra$ 值一般在 $0.8 \mu\text{m}$ 左右，已超出样块的适用范围，外磨、平磨等加工方式的样块 $Ra$ 值最低可达到 $0.1 \mu\text{m}$ ，但用肉眼和指甲感触去区分 $0.15 \mu\text{m}$ 和 $0.10 \mu\text{m}$ 的差异是完全不可能的，人感官分辨的极限

远低于此精度要求。另一方面使用粗糙度样块对比法要求比较样块与被检零件具备相同材质、相同加工方法且比较样块与零件表面应具备相同的形状，由于光线在球面和平面的反射特性不同，一个球面和一个平面即使具有完全相同的Ra值，给人的视觉和触觉感受也会存在差异，增加误判的风险。

## 2 结语

球压试验装置校准规范的制定，填补了该领域计量技术规范空白。本研究通过系统化的市场调研和试验验证，明确了球压试验装置的核心计量参数，建立了统一的校准方法，为球压试验装置量值溯源提供了依据。这一规范的实施有效提升了球压试验数据的准确性与可比性，对确保家用电器等产品绝缘材料的耐热性能评价可靠性具有重要支撑作用。

## 参考文献

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会.GB/T 308.1-2013 滚动轴承球 第1部分：钢球[S].北京：中国标准出版社，2013.

[2] 国家市场监督管理总局，国家标准化管理委员会.GB/T 2099.1-2021 家用和类似用途插头插座 第1部分：通用要求[S].北京：中国标准出版社，2021.

[3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总

局，中国国家标准化管理委员会.GB/T 5169.21-2017 电子电工产品着火危险试验 第21部分非正常热球压试验方法：[S].北京：中国标准出版社，2018.

[4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会.GB 7000.1-2015 灯具 第1部分：一般要求与试验[S].北京：中国标准出版社，2016.

[5] 中华人民共和国国家发展和改革委员会.JB/T 7051-2006 滚动轴承零件 表面粗糙度测量和评定方法[S].北京：机械工业出版社，2006.

[6] 国家质量监督检验检疫总局.JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示[S].北京：中国质检出版社，2013.

[7] 国家质量监督检验检疫总局.JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则[S].北京：中国质检出版社，2011.

[8] 国家质量监督检验检疫总局.JJF 1094-2002 测量仪器特性评定[S].北京：中国计量出版社，2003.

## 作者简介

方文莉，高级工程师，本科。主要研究方向：力学计量技术与应用研究。

程晓苏，高级工程师，本科。主要研究方向：力学计量技术与应用研究。