**附件2：**

《15 kA高精度直流大电流标准源校准规范》编制说明

1. **任务来源**

根据《湖南省市场监督管理局关于下达2024年度湖南省地方计量技术规范项目计划的通知》（湘市监计量函〔2024〕50号）要求，由湖南省计量检测研究院为主要起草单位，衡阳市计量测试中心、长沙天恒测控技术有限公司为参与起草单位制订《15kA高精度直流大电流标准源校准规范》，以下简称直流大电流源。

1. **规范制定背景及必要性**

直流大电流源是一种提供稳定、准确的直流大电流的输出装置，主要用于测量直流大电流的场合。以往，在我国电力结构中，交流输变电和用电在相当长时间内占主导地位，而直流电由于技术条件限制无法实现长距离输电，仅限用于实验室，因此，直流电相关技术的应用、产品的研制、标准规范的制定等相对较少。

随着电力电子技术的进步和直流技术的优势，许多领域开始研发和使用具有高电压、大电流特点的直流供电系统，直流大电流源作为目前市场上大电流计量设备如：直流分流器、直流电流互感器、直流电流传感器等的标准装置，越来越多的应用于新能源汽车、轨道交通、电力电子、航天航空、军工、船舶、冶金及检验检测实验室等国民经济各行业领域，其量值溯源需求越来越迫切。

直流大电流源的国外生产商有是德科技、美国Fluke等，测量范围一般在200A～1000A，准确度等级最高为0.02级。受其测量范围和准确度等级等因素的限制，一般用在特殊场合，占据国内市场份额不大。国内生产厂家较多，有长沙天恒、苏州清华、深圳科陆、武汉龙城、上海兰斯汀、深圳星龙等，都致力于相关产品的研发，通过多年的发展和积淀，技术成熟，产品质量日趋稳定，测量范围一般在200A～20kA，准确度等级最高为0.005级。长沙天恒作为国内高精度直流大电流源的重要生产厂商，其产品销往全国各地，目前采购了长沙天恒生产的高精度直流大电流源且委托我院进行校准的企业有：成都市计量检定测试院、国网江西省电力有限公司超高压分公司、湖南中车时代电驱科技有限公司、宁波博曼特工业有限公司、宁波中车时代传感技术有限公司、云南省计量测试技术研究院、中铁检验认证株洲牵引电气设备检验站有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司等。

目前，在检测技术方面，测量电流、电压等参数的技术相对成熟，但参数的测量范围有限。对于电流超过100A、电压超过1000V的大电流、高电压，和电流小于1μA、电压小于1μV的超小电流、超小电压的测量，仍然是当前研究的重要课题。

国家已发布的有关源的计量技术规范有：JJF1284-2011《交直流电表校验仪校准规范》、JJF1597-2016《直流稳定电源校准规范》、JJF1638-2017《多功能标准源校准规范》和JJF1923-2021《电测量仪表校验装置校准规范》，最高仅适用于1000A以下的源，对于测量范围大于1000A的直流源，计量特性指标如何考核衡量，校准方法是否科学、合理、可行等等，国家尚无统一的计量技术规范。为了加强计量装置的监督管理，适应技术发展需要，提高与相关技术法规协调性，制定《15kA高精度直流大电流标准源校准规范》对确保我省直流大电流源测量量值的准确性、溯源性和一致性非常必要。

**三、主要技术依据及原则**

本规范起草的主要技术依据如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| JJF | 1001—2011 | 通用计量术语及定义 |
| JJF | 1059.1—2012 | 测量不确定度评定与表示 |
| JJF | 1071—2010 | 国家计量校准规范编写规则 |
| JJF | 1284—2011 | 交直流电表校验仪校准规范 |
| JJF | 1597—2016 | 直流稳定电源校准规范 |
| JJF | 1638—2017 | 多功能标准源校准规范 |
| JJF | 1923—2021 | 电测量仪表校验装置校准规范 |

本规范格式按计量技术规范JJF1071《国家计量校准规范编写规则》进行编制。在规范编制时充分考虑直流大电流源的性能和行业使用要求，选定直流大电流源需要校准的量值。本着科学合理，便于操作的原则，根据现有的行业技术规范和专家意见、建议，以现有的生产技术、校准技术为前提，以期实现提高生产水平，鼓励进步，淘汰落后，完善直流大电流源量传体系。重点考虑校准规范的实用性和可操作性，并考虑直流大电流源的预期用途，统一校准方法。

**四、编制过程**

1、《15kA高精度直流大电流标准源校准规范》制定任务下达后，起草单位于2024年3月成立编制组，明确各编制人员的工作分工：

调研、起草：喻准、徐昱、王琳

不确定度评定：杨小红、毛晓峰、舒子奇

征求意见、汇总：贺运九、黎倩茜

验证试验：喻准、舒子奇、黎倩茜

意见处理：王琳、毛晓峰、贺运九

标准化：喻准、杨小红

2、2024年4月，编制组先后向长沙天恒、深圳科陆、宁波中车等生产厂家和用户单位进行了调研和咨询，查阅了大量相关的技术资料、产品标准、技术规范并对行业应用情况进行了全面调研。通过查阅相关文献、标准和技术资料，收集了大量的数据和信息，为规范的编制打下了较好的基础。

3、2024年5月，编制组对检测方法进行了充分的探讨，一边将收集到的相关意见、建议和信息，加以归纳、整理和论证，一边利用实验室现有设备在省计量院、长沙天恒等实验室多次进行各参数的实验验证试验，将获得的数据进行比较和分析。

4.2024年6月，编制组结合理论、实验和经验进行该规范的编写，编制组成员间通过开会，电话和电子邮件等方式，经过多次讨论，于6月底完成了规范初稿。明确了规范的适用范围、引用文件、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法等关键内容。随后发至小组各成员进行修改，小组成员通过电话和邮件沟通等方式将个人意见和建议反馈汇总，经过多次修改后，起草小组于2024年7月中旬完成了征求意见稿。

5、2024年8月，编制组完成了编制说明、实验验证报告、测量不确定度评定报告。

**五、编制的要点及说明**

1、适用范围

从目前市场应用情况看，直流大电流源的测量范围、准确度等级各不相同。本规范编制的主要出发点在于给出100A～15kA测量范围内、最大允许误差为

±(0.01%～5%)的直流大电流源量值传递与溯源所需的校准解决方案。

2、计量性能

直流大电流源一般由中央控制器、电流输出电路、反馈测量电路、交互装置、保护电路以及供电电源等组成。通常采用模块化设计，可由单个恒流源模块独立输出，也可由多个恒流源模块并联后输出。

根据直流大电流源的工作原理及其测量特性，其主要技术指标为：输出直流电流的示值误差、短期稳定性、纹波含量。目前国内有十余家生产企业，最大允许误差为±0.005%，短期稳定性在(0.001%～0.1%)/1min;国外生产厂家不多，且多为高稳源，其最大允许误差在±0.1%左右，而短期稳定性则要求很高，为(0.0005%～0.05%)/1min。

综合考虑标准装置的现有能力，兼顾目前大部分被校直流大电流源的准确度水平，本规范规定直流大电流源的最大允许误差为±(0.01%～5%)，短期稳定性为规定时间间隔内相应等级最大允许误差绝对值的(1/5～1/10)。

对于纹波含量，国外称其为输出噪声，纹波含量指标，各生产厂家给出的意见均较模糊，一般为0.1%～0.5%，且纹波含量的测量方法不统一、存在争议；另一方面，目前我省尚未建立纹波含量的量传体系。为了科学严谨，我们用传统的测量方法做了大量实验，实验数据表明，纹波对源的稳定性有一定影响，而对源的准确度的影响则相对较小。因此，本规范校准项目暂不考虑纹波含量。

3、校准方法

明确直流大电流源校准点的选取原则。校准点应覆盖所有量程并兼顾各量程之间的覆盖性及量程内的均匀性，同时参考被校直流大电流源使用说明书中对校准点的建议，也可根据实际情况或送校单位的要求进行选取。选取准确度最高量程为基本量程，其它量程为非基本量程。

明确直流大电流源计量特性参数校准方法。本规范推荐了两种校准方法，即：“电流电压转换法”和“标准电流表法”。建议优先采用“电流电压转换法”，因电流电压转换标准的准确度目前国内可达10-6数量级，且测量范围大于10kA。校准时，连接导线应使用横截面积不小于25mm²/100A的铜线，并确保接触良好、接地良好；注意电流电压转换器的阻值选择，以减小直流大电流源的负载效应；使用穿心式测量标准时，应尽量使导线置于内孔近似几何中心位置，以降低磁场均匀性对测量准确度的影响及避免因导线发热影响铁心的性能。

明确直流大电流源校准用测量标准。对于规范列举的两种校准方法，一般应选取各量程的10%、100%作为校准点，校准装置满足其扩展不确定度(*k*=2)不大于被校直流大电流源的最大允许误差绝对值的1/3，测量范围覆盖被校直流大电流源的测量范围，均可采用。本规范推荐常用的测量标准及其他设备有电流电压转换器(含精密同轴分流器)、标准电阻器、直流电流比例标准、直流电压表、直流(大)电流表等。除上述规定的标准设备外，也可以使用其他符合要求的计量器具作为测量设备。

4、校准记录格式

本规范附录A中给出相关的校准原始记录格式。

**六、与现行标准的关系**

本规范属于计量技术规范，目前我国还没有《直流大电流源》的国家计量技术规范。本规范与现行技术规定协调一致，无冲突或重复。

**七、采纳国际建议说明**

本规范没有国际建议。

**八、试验验证情况**

试验验证详细情况见《试验报告》。

验证结果表明：本规范所规定的校准项目合理、技术要求恰当、校准方法正确可行、可操作性强。