

ICS 29.260.01

K 44

备案号: 16983-2006

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 979 — 2005

直流高压高阻箱检定规程

Verification regulation of high voltage D.C. resistance box

2005-11-28 发布

2006-06-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 概述..... 1

4 计量性能要求..... 1

5 通用技术要求..... 2

6 计量器具控制..... 3

附录 A（资料性附录） 直流高压高阻箱检定证书和检定不合格通知书内页格式 6

附录 B（资料性附录） 直流高压高阻箱检定原始记录 7

附录 C（资料性附录） 直流高压高阻箱测量不确定度评定实例 9

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于下达 2003 年行业标准项目补充计划的通知》（发改办工业〔2003〕873 号）的要求制定的。

直流高压高阻箱是检定绝缘电阻表的标准器，对电力安全生产起着重要作用。本标准根据高阻箱的特点，在残余电阻和开关接触电阻变差的要求与测量、一般检查的要求，基本误差的检定方法、检定结果的处理等方面制定出了适合的要求和操作方法，以规范高阻箱的检定。

本标准的附录 A、附录 B、附录 C 为资料性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由国家电网公司计量办公室归口并解释。

本标准起草单位：山东电力研究院、中国电力科学研究院。

本标准主要起草人：范巧成、汪东军、鹿凯华、徐焜荣。

直流高压高阻箱检定规程

1 范围

本规程规定了直流高压高阻箱（以下简称高阻箱）的计量性能要求、通用技术要求和计量器具控制。
本规程适用于准确度等级为 0.1～10 级，测试电压≤10kV，总阻值≥10⁶Ω的高阻箱的首次检定、后续检定和使用中的检验。
本规程不适用于有源高值电阻器，也不适用于在电路中作为永久性安装元件的电阻器。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- JJF 1059—1999 测量不确定度评定与表示
- JJF 1094—2002 测量仪器特性评定
- JJG 166—1993 直流电阻器

3 概述

高阻箱主要是用于绝缘电阻表（兆欧表）检定的标准电阻器，它一般由若干个十进盘构成，每个十进盘由等值的单值电阻器和步进开关组成，一般最小步进电阻为 100Ω，最大步进电阻为 10GΩ。在参考条件下，高阻箱每个十进盘有各自相应的准确度等级。

4 计量性能要求

4.1 准确度等级和最大允许误差

高阻箱各十进盘相应准确度等级和最大允许误差应符合表 1 的规定。

表 1 准确度等级和最大允许误差

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
最大允许误差 %	±0.10	±0.20	±0.50	±1.0	±2.0	±5.0	±10

高阻箱的示值误差用相对误差表示：

$$\delta = \frac{R_f - R_x}{R_x} \times 100\% \tag{1}$$

式中：

- δ ——高阻箱示值的相对误差，%；
- R_x ——所测得的电阻实际值；
- R_f ——被测点的电阻标称值。

4.2 电压变差

高阻箱的电压变差是在参考条件下，分别对高阻箱施加 1/5 标称使用电压和标称使用电压，其阻值的相对变化。

电压变差按下式计算：

$$\delta_U = \frac{|R_r - R_x|}{R_r} \times 100\%$$

(2)

式中：

- δ_U ——高阻箱的电压变差，%；
 - R_r ——施加 1/5 标称使用电压所测得的电阻实际值；
 - R_x ——施加标称使用电压所测得的电阻实际值；
 - R_r ——被测点的电阻标称值。
- 高阻箱的电压变差应不大于相应的最大允许误差的绝对值。

4.3 残余电阻

开关器件有零位档的高阻箱，当所有开关均置于零位时，连接点之间的电阻应不大于其最小步进电阻最大允许误差的 50%。

4.4 开关接触电阻变差

带有开关器件的高阻箱，每个开关触头接触引起的电阻变差，应不大于最小步进电阻最大允许误差的 50%。

5 通用技术要求

5.1 外观

高阻箱面板或机壳上应有以下主要标志和符号：名称、型号、编号、标称值、准确度等级、制造厂名称、标称使用温度湿度范围、标称使用电压（或电流）、生产日期和制造计量器具许可证标志。

5.2 结构

高阻箱可分为十进盘式、端钮式或以上两种形式的组合。每个示值有对应确定的电阻值，能直接通过所表明的端钮或其他连接方式进行测量。

高阻箱应有单独的泄漏屏蔽端钮和接地端钮。当用绝缘电阻表对高阻箱进行测量时，应无明显不稳定及短路或开路现象。

5.3 绝缘电阻

高阻箱电路和与电路无电气连接的任何其他外部金属间的绝缘电阻应不小于 500MΩ。

5.4 绝缘强度

高阻箱线路与测试用参考接地端之间应能承受频率为（45~65）Hz 的实际正弦交流电压历时 1min 的试验，而无击穿与飞弧现象。试验电压如表 2 所示。

表 2 试 验 电 压

标称使用电压上限值 u kV	≤0.5	≤2.5	>2.5
试验电压有效值 kV	1	1.5 u	1.35 u

5.5 温度、湿度标称使用条件

各等级高阻箱的标称使用温度为（20±10）℃，相对湿度为 25%~75%。

5.6 温度、湿度参考条件

各等级高阻箱的温度、湿度参考条件及其允差应符合表 3 的要求。

表 3 温度、湿度参考条件及其允差

影响量	参考条件	检定时对单一参考值的偏差
环境温度	20℃	±3℃
相对湿度	50%	30%~70%

5.7 参考电压（或电流）

参照 JJG 166，高阻箱的标称使用电压（或电流）系列如表 4 所示。

表 4 标称使用电压（或电流）系列

步进阻值	电流系列 mA	电压系列 kV
≤0.1MΩ	2 (3) , 5 (8) , 10, 20, 50	—
≥1MΩ	—	0.10, 0.20, 0.30, 0.50, 0.60, 0.70, 1.00, 1.50, 2.00, 2.50, 5.00, 10.0

6 计量器具控制

计量器具控制包括：首次检定、后续检定和使用中检验。

6.1 检定条件

6.1.1 检定用设备

6.1.1.1 标准器

检定高阻箱采用直流高压高阻电桥装置或高阻检定仪作工作标准。

- a) 由工作标准及环境条件等引起的扩展不确定度 U ($k=2$) 应不大于被检高阻箱相应最大允许误差的 1/3。
- b) 检定装置重复测量的标准差应不大于被检高阻箱相应最大允许误差的 1/15。
- c) 检定装置中由灵敏度引起的误差应不大于被检高阻箱相应最大允许误差的 1/10。
- d) 检定时由于连线电阻、绝缘泄漏、静电感应、电磁干扰、零电流等因素引起的误差应不大于被检高阻箱相应最大允许误差的 1/20。
- e) 测定电压变差时由测量装置和测量方法本身引入的误差应不大于被检高阻箱相应最大允许误差的 1/10。

6.1.1.2 配套设备

- a) 2.5kV 和 5kV 的绝缘电阻表，准确度等级不低于 10 级。
- b) 耐压测试仪，准确度等级不低于 5 级。
- c) 低电阻表或双电桥，分辨力不大于 1mΩ，准确度等级不低于 2 级。

6.1.2 检定环境条件

6.1.2.1 实验室温度 (20±3) °C，相对湿度为 30%~70%。

6.1.2.2 所用标准器和配套设备工作的环境应符合其相应规定的条件，周围无腐蚀性气体和尘埃。

6.1.2.3 高阻箱应在本规程 6.1.2.1 的条件下放置 24h 后才能检定。

6.2 检定项目

高阻箱的检定项目如表 5 所示。

表 5 检 定 项 目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
外观及线路	+	+	+
绝缘电阻	+	+	+
绝缘强度	+	-	-
残余电阻	+	+	+
开关接触电阻变差	+	+	+
基本误差	+	+	+
电压变差	+	-	-

注：“+”表示必须检定，“-”表示可不检定，亦可根据用户要求进行检定。

6.3 检定方法

6.3.1 外观及线路检查

6.3.1.1 外观检查

a) 检查被检高阻箱面板及铭牌上的符号或标志,应符合本规程 5.1 的要求。

b) 被检高阻箱应保证零部件完整,无影响计量性能的残缺或污损,否则应在修复后方予检定。

6.3.1.2 线路检查

用绝缘电阻表对被检高阻箱进行初步测量,应无明显不稳定及短路或开路现象。对于步进电阻小于等于 $1\text{G}\Omega$ 的测量盘,缓慢切换开关位置时,应无开路现象。

6.3.2 绝缘电阻测量

6.3.2.1 绝缘电阻测量应在下述环境条件下进行:温度 $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $45\%\sim 75\%$ 。

6.3.2.2 高阻箱的绝缘电阻可采用绝缘电阻表测量,测量应在高阻箱电路和与电路无电气连接的外部金属点(通常为机壳)间进行。

6.3.2.3 测量绝缘电阻的试验电压为高阻箱标称使用电压最高值。

6.3.2.4 测量结果应在施加电压后 $(1\sim 2)\text{min}$ 内读出。

6.3.3 绝缘强度试验

6.3.3.1 绝缘强度试验条件同 6.3.2.1。

6.3.3.2 高阻箱的绝缘强度试验用耐压测试仪进行。

6.3.3.3 耐压测试仪应具有足够的输出功率,检查的方法为:使耐压测试仪在空载下,输出置于待试电压 U 的 50%,随后接上被试高阻箱,这时其输出电压应不低于 $0.45U$ 。

6.3.3.4 试验电压应平稳上升至高阻箱所规定的电压值,历时 1min ,应无击穿和飞弧现象。

6.3.3.5 绝缘强度试验时,漏电保护动作电流应置为 5mA 。

6.3.4 残余电阻测量

6.3.4.1 测定前将每只开关从零位至最大值来回转动不少于 3 次,然后使示值置于零位。

6.3.4.2 用准确度不低于 2 级,分辨力不大于 $1\text{m}\Omega$ 的低电阻表或双电桥进行测量。

6.3.4.3 测量应重复进行 3 次,每次测量前应转动每只开关,取 3 次测量结果的平均值作为测量结果。

6.3.5 开关接触电阻变差测量

6.3.5.1 测量前将每只开关在最大范围间转动数次(不少于 3 次),然后将所有盘置零,测量此时电阻值 R_0 。

6.3.5.2 测量第 1 盘变差时,将第 1 盘开关在最大范围间再转动数次后,使示值重置零位,测量此时电阻值 R_1 。

6.3.5.3 测量第 2 盘变差时,将第 2 盘开关在最大范围间再转动数次后,使示值重置零位,测量此时电阻值 R_2 。

6.3.5.4 依次对每个盘的变差进行测量,对最末一个盘(第 n 盘)同样在最大范围间再转动数次后,测量此时电阻值 R_n 。

按下式计算各盘变差:

$$\begin{aligned}\Delta_1 &= |R_0 - R_1| \\ \Delta_2 &= |R_1 - R_2| \\ &\dots\dots \\ \Delta_n &= |R_{n-1} - R_n|\end{aligned}$$

式中, Δ_1 、 Δ_2 、 \dots 、 Δ_n 为第 1 盘、第 2 盘、 \dots 、第 n 盘的变差。

取各盘最大的变差值作为高阻箱的开关接触电阻变差。

6.3.6 基本误差测量

6.3.6.1 检定方法

基本误差的检定在参考条件下进行,根据被检高阻箱的准确度等级,一般可采用高压高阻电桥装置

或高阻检测仪进行直接测量。

6.3.6.2 检定电压

检定时施加于被检高阻箱的电压应为其标称使用电压；当检定以额定电流给出的小阻值测量盘时，所施加的电压应为检定第 1 点通过额定电流时所对应的电压。

6.3.6.3 稳定状态

检定时电流对高阻箱要有足够的作用时间，使电阻值达到稳定状态，要求其阻值变化每分钟不大于被测电阻允许误差的 1/20。但不得超过 5min。

6.3.6.4 基本误差计算

被检高阻箱电阻值按下式计算：

$$R_x = A_x$$

式中：

R_x ——被检高阻箱的电阻实际值；

A_x ——测量仪器示值。

示值相对误差按本规程公式（1）计算。

6.3.6.5 高阻箱检定时，也可采用经认证的保证满足本规程 6.1.1.1 关于检定扩展不确定度 U ($k=2$) 要求的其他方法。

6.3.7 电压变差测量

6.3.7.1 测量方法

电压变差的测定在高阻箱 1/5 标称使用电压和标称使用电压间进行。在参考条件下，首先对高阻箱施加 1/5 标称使用电压记录电阻实际值 R_r ；然后对高阻箱施加标称使用电压，直至达到稳定状态，测量并记录电阻实际值 R_x 。对十进盘高阻箱，选择每个盘的示值 1、2 和 10 三个点进行测量。

6.3.7.2 电压变差的计算

电压变差按本规程公式（2）计算。

6.4 检定结果处理

6.4.1 检定数据按数值修约规则的规定化整，检定数据的位数应按下述原则给出。

6.4.1.1 电阻值修约间隔

对十进盘高阻箱的某测量盘第 1 点，修约间隔等于其最大允许误差的 1/10，其余各点的修约间隔与第 1 点相同。对端钮式高阻箱各检定点的修约间隔等于其最大允许误差的 1/10。

考虑到最小十进盘的步进值较大且残余电阻值相对较小，各十进盘的检定结果中允许不扣除残余电阻，但证书中应列出残余电阻值。

6.4.1.2 残余电阻及开关接触电阻变差按 0.01Ω 间隔修约。

6.4.1.3 绝缘电阻及绝缘强度试验不给出检定数据，只判断合格与否。

6.4.2 按本规程的项目进行检定，并能满足本规程全部技术要求，可予以定级。

6.4.3 对表 5 所列检定项目全部合格者出具检定证书；凡有一项不合格者，出具不合格通知书，并注明不合格的项目和原因。基本误差合格与否的判定，应满足 JJF 1094 中对测量不确定度的要求；不合格的，在满足用户使用要求的情况下允许降一级使用，但必须满足所定等级的全部技术要求。

6.4.4 检定证书上应给出检定数据、检定时的温度、相对湿度、检定电压（电流）及检定结论。建议给出测量不确定度。

6.4.5 修理后的高阻箱，按首次检定处理。

6.5 检定周期

高阻箱的检定周期为 1 年。连续 3 年基本误差不大于最大允许误差的 1/2 者可延长为 2 年。

附 录 A
(资料性附录)

直流高压高阻箱检定证书和检定不合格通知书内页格式

直流高压高阻箱检定证书和检定不合格通知书内页格式见表 A.1。

表 A.1 检 定 结 果

1 外观及线路 结论:		2 绝缘电阻 结论:			
3 绝缘强度 结论:		4 残余电阻: 结论:			
5 开关接触电阻变差 结论:		6 电压变差 结论:			
7 基本误差 结论:					
实 际 值					
示值	×10GΩ	×1GΩ	×100MΩ	×10MΩ	×1MΩ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
准确度等级					
检定电压 (电流)					
示值	×100kΩ	×10kΩ	×1kΩ	×100Ω	端钮电阻
1					示值/GΩ
2					实际值/GΩ
3					准确度等级
4					检定电压
5					示值/GΩ
6					实际值/GΩ
7					准确度等级
8					检定电压
9					示值/GΩ
10					实际值/GΩ
准确度等级					准确度等级
检定电压 (电流)					检定电压
检定依据:		检定温度:		℃ 相对湿度: %	
检定用计量标准名称:					
计量标准测量范围:		装置最佳测量能力:			
未经本实验室书面批准, 不得部分复制本证书。					

附 录 B
(资料性附录)
直流高压高阻箱检定原始记录

直流高压高阻箱检定原始记录见表 B.1。

表 B.1 直流高压高阻箱检定原始记录

检定证书号		送检单位					送检单位地址			
仪器名称				型号		出厂编号		制造厂		
检定温度	℃	相对湿度	%	检定日期	年 月 日		检定依据			
计量标准名称				测量范围			装置最佳测量能力	U= ~ k=2		
计量标准证书号				有效期至	年 月 日		主标准检定证书号		有效期至	年 月 日
检定项目		检 定 结 果								
1. 外观及线路检查										
2. 绝缘电阻测量										
3. 绝缘强度试验										
4. 残余电阻测量								平均值: Ω		
5. 开关接触电阻变差测量		变差: Ω								
6. 电压变差的测定		×10GΩ	×1GΩ	×100MΩ	×10MΩ	×1MΩ	×100kΩ	×10kΩ	×1kΩ	×100Ω
1/5 标称使用电压	1									
	2									
	10									
标称使用电压	1									
	2									
	10									
最大电压变差 (%)										

表 B.1 (续)

7. 基本误差测量	检 定 结 果								
十进盘示值	实 际 值								
	×10GΩ	×1GΩ	×100MΩ	×10MΩ	×1MΩ	×100kΩ	×10kΩ	×1kΩ	×100Ω
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
最大允许误差 (%)									
检定电压 (电流)									
端钮电阻	示值 (GΩ)	实际值 (GΩ)	最大允许误差 (%)	检定电压	示值 (GΩ)	实际值 (GΩ)	最大允许误差 (%)	检定电压	
结 论									

检定_____ 核验_____

附 录 C (资料性附录)

直流高压高阻箱测量不确定度评定实例

C.1 概述

依据本规程的检定方法,将被检的高阻箱在高压高阻电桥上直接测量,来获得其各测量盘给出的电阻值。下面以测量 $\times 10\text{M}\Omega$ (最大允许误差为 $\pm 0.2\%$)测量盘为例,按 JJF 1059 的规定进行测量不确定度评定。同时本评定方法采用 Excel 电子表格进行各不确定度分量的汇总以及合成标准不确定度和扩展不确定度的计算。

C.2 数学模型

$$y = x$$

式中:

y ——高阻箱的电阻值;

x ——高压高阻电桥的读数。

C.3 灵敏系数

$$c = \partial y / \partial x = 1$$

C.4 标准不确定度的评定

由被测高阻箱和高压高阻电桥的示值重复性等引入的标准不确定度一般采用 A 类评定方法,当通过大量实验证明,由被测高阻箱和高压高阻电桥的示值重复性等引入的标准不确定度,均小于被检高阻箱最大允许误差绝对值的 1/15 时,可以从简单、实用的角度考虑,采用 B 类方法进行评定,其他不确定度来源也采用 B 类方法进行评定,并采用相对标准不确定度,各分量的来源认为十分可靠,自由度取 ∞ ,评定扩展不确定度的包含因子 k 取 2。下面对各主要标准不确定度分量进行评定。

C.4.1 由被测高阻箱和高压高阻电桥的示值重复性等引入的标准不确定度,取被检高阻箱最大允许误差绝对值的 1/15,则其相对标准不确定度 $u_{\text{rel1}} = 0.2\% / 15$ (在 E2 单元格输入 “=F6/15”)。

C.4.2 高压高阻电桥的不确定度

高压高阻电桥测量 $10\text{M}\Omega \sim 100\text{M}\Omega$ 的最大允许误差为 $\pm 0.03\%$,即半宽值为 0.03% ,在此区间可认为服从均匀分布 ($k = \sqrt{3}$),则相对标准不确定度 $u_{\text{rel2}} = 0.03\% / \sqrt{3}$ 。

C.4.3 灵敏度产生的不确定度

按规程的规定,检定装置中由灵敏度引起的误差限应不大于被检高阻箱最大允许误差的 1/10,即分散区间的半宽为 $0.2\% / 10$ (在 C4 单元格输入 “=F6/10”),在此区间可认为服从均匀分布 ($k = \sqrt{3}$),则相对标准不确定度 $u_{\text{rel3}} = 0.02\% / \sqrt{3}$ 。

C.4.4 被检数据修约带来的不确定度

出具证书按本规程 6.4.1.1 确定的修约间隔修约时将产生不确定度,修约间隔为测量盘第 1 点允许误差的 1/10,则测量盘各点由修约带来的相对不确定度分量半宽值为 $0.2\% / 20n = 0.01\% / n$ (n 值分别为 1、2、3、…、10),属均匀分布 ($k = \sqrt{3}$),实际计算证明,由于 n 值的不同使得相对合成标准不确定度也有差异,第 1 点最大,第 10 点最小,但这种差异只有 3%,因此,可取大者作为该盘的相对合成标准不确定度。则由修约带来的相对不确定度分量半宽值取为 $0.2\% / 20$ (在 C5 单元格输入 “=F6/20”),其相对标准不确定度 $u_{\text{rel4}} = 0.01\% / \sqrt{3}$ 。

对上述各不确定度分量的评定结果汇总为如下的 Excel 电子表格来计算各点的相对合成标准不确定度。

其中 D4 单元格中输入 1.732 代替 $\sqrt{3}$ ；E3 单元格中的输入 “=C3/D3”，从 E3 单元格拖动填充柄至 E5，即可获得各分量的相对标准不确定度；在 F2 单元格中输入 “=E2*E2”，从 F2 单元格拖动填充柄至 F5，即可获得各分量的方差。按公式 $u_{\text{crel}} = \sqrt{\sum u_{\text{relj}}^2}$ 在 B6 单元格中输入 “=SQRT (SUM (F2: F5))”，即可获得相对合成标准不确定度。

表 C.1 各相对不确定度分量汇总及相对扩展不确定度计算电子表格

	A	B	C	D	E	F
1	序号	不确定度来源	a_j	k_j	u_{relj}	u_{relj}^2
2	1	示值重复性引入的标准不确定度			0.013%	1.78E-08
3	2	高压高阻电桥的不确定度	0.030%	1.732	0.017%	3.00E-08
4	3	灵敏度不足产生的不确定度	0.020%	1.732	0.012%	1.33E-08
5	4	被检数据修约带来的不确定度	0.01%	1.732	0.006%	3.33E-09
6	$u_{\text{crel}}=$	0.025%	$U_{\text{rel}}=$	0.05%	被测阻值的 MPEV=	0.20%
7	注：对于不同允许误差的测量盘，只要在 F6 和 C3 单元格中分别输入被测盘或阻值的 MPEV 和所用高压高阻电桥的 MPEV，即可得到 u_{crel} 和 $k=2$ 的相对扩展不确定度 U_{rel} 。MPEV 为最大允许误差的绝对值。					

C.5 扩展不确定度的评定

本评定方法从简单、实用的角度考虑，各分量的来源认为十分可靠，评定扩展不确定度的包含因子 k 取 2。则 $\times 10\text{M}\Omega$ 测量盘的相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=k \times u_{\text{crel}}=2 \times 0.025\%=0.05\%$ 。

C.6 扩展不确定度的报告

$\times 10\text{M}\Omega$ 测量盘的相对扩展不确定度 $U_{\text{rel}}=0.05\%$ ， $k=2$ 。