



山东省地方计量校准规范

JJF(鲁)63-2007

火花试验机

Calibration Specification of Wire Spark Tester

2007-03-19发布

2007-04-19实施

山东省质量技术监督局 发布

火花试验机校准规范

Calibration Specification of
Wire Spark Tester

JJF(鲁)63-2007

本规范经山东省质量技术监督局于2007年03月19日批准,并自2007年04月19日起实行。

归口单位：山东省质量技术监督局

主要起草单位：山东省计量科学研究院

本规范由归口单位负责解释

本规范主要起草人：

王新军 (山东省计量科学研究院)

张 勤 (山东省计量科学研究院)

参加起草人：

李道民 (山东省计量科学研究院)

单 莹 (山东省计量科学研究院)

吴兴广 (广州市海珠区日新电器厂)

南瑞亭 (广州市海珠区日新电器厂)

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(2)
4.1 一般检查	(2)
4.2 试验电极	(2)
4.3 保护电极	(3)
4.4 电压示值	(3)
4.5 直流试验电压脉动因素	(3)
4.6 最小灵敏度	(3)
4.7 稳定性	(3)
4.8 绝缘电阻	(3)
4.9 工频耐压试验	(3)
5 校准条件	(4)
5.1 环境条件	(4)
5.2 标准器	(4)
5.3 辅助设备	(4)
5.4 其他条件	(5)
6 校准项目和校准方法	(5)
6.1 校准项目	(5)
6.2 校准方法	(6)
7 校准结果	(10)
8 复校时间间隔	(10)
附录 A 火花试验机校准原始记录	(11)
附录 B 火花试验机校准证书内页格式	(12)

火花试验机校准规范

1 范围

本规范适用于电线电缆检测用工频火花试验机和直流火花试验机(统称火花试验机)的首次校准、后续校准和使用中检验。

本规范不适用于高频火花试验机、火花检漏仪和其他用途的火花试验机的校准。

2 引用文献

JJF 1071—2000 《国家计量校准规范编写规则》

JJF 1001—1998 《通用计量术语及定义》

JJF 1059—1999 《测量不确定度评定与表示》

GB 4793.1—1995 《测量、控制和实验室用电气设备的安全要求》

GB/T 16927—1997 《高电压试验技术》

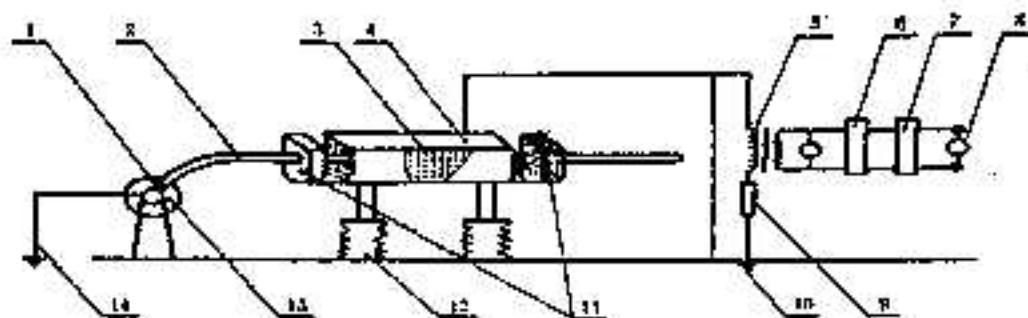
GB/T 3048.9—1994 《电线电缆电性能试验方法 绝缘线芯工频火花试验》

GB/T 3048.15—1992 《电线电缆 绝缘线芯直流火花试验方法》

JB/T 4278.10—1993 《橡皮塑料电线电缆仪器设备检定方法 火花试验机》

使用本规范时, 应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 概述



图中: 1—试样导体; 2—被试电线; 3—高压电极; 4—电极座; 5—试验变压器;

6—电压调整器; 7—电压断路器; 8—电源; 9—绝缘不良指示器(也可以安在电源系统中);

10—变压器接地; 11—保护电阻; 12—绝缘子; 13—收线盘; 14—接地

火花试验机的高压电源分别为工频高压电源和直流高压电源, 因此分为工频火花试验机与直流火花试验机, 用于检验电线电缆绝缘线芯的绝缘层质量(包括电线电缆试品是否绝缘不良、绝缘材料是否有气孔或露铜)。工频高压电源一端

接地(按使用说明书或有关规定确定接地端),直流高压电源正极接地,负极由一根低电容的非屏蔽电线与试验电极相连接。

火花试验机包括高压电源、试验电极、保护电极、电压指示仪表、击穿指示器及必要的电气设备和连接线,见图1。

4 计量特性

4.1 一般检查

4.1.1 外观

4.1.1.1 火花试验机的外观指示应清晰,不应有影响使用的明显缺陷。

4.1.1.2 火花试验机的零部件装配应牢固,无明显松动现象。

4.1.1.3 火花试验机应有专用的接地端子,且有明显接地标识。

4.1.2 标志

火花试验机的面板、铭牌或外壳上应有以下主要标志:产品名称、产品型号、出厂编号、生产厂名(或厂标)、生产日期、电源电压、试验电压范围、最大试品外径、最大走线速度等。

4.1.3 结构

火花试验机应有高压电源、试验电极、保护电极、试验电压指示表、击穿记数装置、击穿报警装置等部分。

4.1.4 通电检查

4.1.4.1 火花试验机应有安全保护联锁装置,安全保护联锁装置保证开启试验电极箱时,应能自动切断电源,且试验电极自动接地。

4.1.4.2 火花试验机的开关、按钮、旋钮应灵活可靠。

4.1.4.3 火花试验机通电预热后,显示或指示应清晰完整。

4.1.4.4 电压指示为数字显示的火花试验机,其数码显示或液晶屏显示不应有重叠和缺划现象。

4.2 试验电极

4.2.1 试验电极有效宽度应大于被试电线的最大直径 30mm。工频火花试验机的试验电极的有效长度应使被试品绝缘每点通过电极的时间不少于 0.05s;直流火花试验机的试验电极的有效长度应使被试品绝缘每点通过电极的时间不少于 0.001s。

4.2.2 试验电极底部应制成“V”形或“U”形。对地应保持良好的绝缘,而便在最高试

验电压下,当绝缘子受潮时火花机也应正常运行,电极箱壳体应接地。

4.2.3 电极应为金属制成的接触式电极,应用珠链或环链,链长应大于“V”形或“U”形底部电极的深度。

a) 链上的珠或环应分布均匀,表面光滑,不应有严重腐蚀和(或)刮伤被试品绝缘的任何毛刺;且每一节珠或环应灵活可挠。珠链和环链应交叉排列。

b) 环链的环应由直径大于 0.8mm 金属丝构成,环的外径应不大于 5mm。加用椭圆形等其他形状狭边应不大于 5mm。珠的直径应为(2~5)mm。

c) 相邻两链的间距离(指任何方向的相邻两链间的中心距离)应不小于 8mm。珠链上相邻两颗珠子的间距应不超过 2.5mm;每 100mm 长的环链上,环数应不小于 20 个。

4.3 保护电极

试验电极的两端应有接地的保护电极。保护电极宽度不小于试验电极的有效宽度,长度应不小于 15mm。所有珠链与环链应与试验电极一致。保护电极与试验电极之间的距离应保证在最高试验电压下,不发生试样绝缘表面闪络。

4.4 电压示值

火花试验机试验电压示值的允许误差限为 $\pm 5\%$ 。

4.5 直流试验电压脉动因素

直流电源输出电压脉动因数应不超过输出直流电压的 5%。

4.6 最小灵敏度

工频高压电源有效值 3kV 或直流高压电源 5kV 时,在空载电压下的短路稳态电流应限制在 600 μ A 以下,进行 20 次人工击穿,每次时间间隔为 1s,击穿指示器应准确无误地记录下每一次击穿数,击穿指示器应能保证击穿时触发断路器断开高压电源和驱动系统电源,在必要时应能遮断触发信号。

4.7 稳定性

在最高试验电压下,进行 20 次人工击穿,每次时间间隔为 1s,击穿指示器应准确无误地记录下每一次击穿数。

4.8 绝缘电阻

在 500V 电压下,火花试验机电源输入端对机箱外壳的绝缘电阻应不低于 10M Ω ,高压电源高压端和金属外壳及地之间的绝缘电阻应不低于 100M Ω 。

4.9 工频耐压试验

应对火花试验机电源输入端对机箱外壳进行工频耐压试验,在1.5kV电压下保持1min应无击穿和飞弧现象。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 校准火花试验机示值误差时应遵守的环境条件为

温度: $(20 \pm 15)^\circ\text{C}$; 湿度: $\leq 85\% \text{RH}$ 。

5.1.2 校准火花试验机示值误差时应遵守的工作电源条件

给火花试验机供电的电源应满足电压 AC220V($1 \pm 10\%$), 频率 50Hz($1 \pm 5\%$)。

电网供电的, 电源质量应不低于我国电网供电的有关要求。

5.1.3 校准火花试验机示值误差时应遵守的其他条件

外界电磁场影响而引起的扩展不确定度($k=2$)不应超过火花试验机电压示值允许误差的1/10。

5.2 标准器

5.2.1 对标准器的准确度要求

5.2.2.1 选用的标准器所引起的扩展不确定度($k=2$)不应超过被校准火花试验机输出电压允许示值误差的1/3。

5.2.2.2 可选用数字高压表(由高压分压器、低压数字表和连接电缆构成)作标准器。其高压分压器的准确度应在所允许的温度范围内满足准确度要求。如果分压器只能在较小的温度范围内保证准确度, 应在分压器保证准确度所允许的温度范围内进行校准。

5.2.2.3 也可以选用有足够的测量范围的电压互感器和交流电压表校准工频高压电源试验电压示值。

5.2.2 对标准器的额定电压的要求

校准火花试验机时, 所选的标准器的额定电压 U_n 应满足式(1)和式(2)的要求:

$$0.5U_n \leq U_{\max} \leq 1.2U_n \quad (1)$$

$$0.2U_n \leq U_{\min} \quad (2)$$

式中: $U_{\max}$ ——火花试验机的最高试验电压, kV;

$U_{\min}$ ——火花试验机的最低试验电压, kV。

5.3 辅助设备

辅助设备主要包括游标卡尺、钢卷尺、通用示波器(或交流数字电压表)、绝缘电阻表、人工击穿装置、高压电容等, 其技术要求应满足以下要求:

5.3.1 对校准火花试验机所使用的部分辅助设备的要求见表 1。

表 1 对校准火花试验机使用的部分辅助设备的要求

辅助设备名称	要 求	辅助设备名称	要 求
游标卡尺	200mm: 分度值 0.02mm	交流数字电压表	不低于 0.5 级
钢 卷 尺	2m: 分度值 1mm	交流微安表	量程合适
绝缘电阻表	1000V, 不低于 10.0 级	直流微安表	量程合适

5.3.2 人工击穿装置

a) 人工击穿装置由一构成高压试验电极的金属板与一金属针、微安表、必要的限流阻抗组成。

b) 用于最小灵敏度试验的金属针针尖的锥度应不大于 60 度, 直径应不大于 2mm。为防止针尖熔化, 用于稳定性试验的金属针可用较粗的金属针或采用 HB 铅笔芯代替金属针。

c) 金属板与金属针之间隙为 (0.25 ± 0.05) mm, 该间隙用 0.25mm 塞尺片调整。

d) 金属板与金属针相对旋转运动, 针尖掠越平板周期每秒一次, 每次持续时间对工频高压电源为 $0.025(1 \pm 10\%)$ s, 对直流高压电源为 $0.005(1 \pm 10\%)$ s。持续时间即为人工击穿持续时间。

e) 用于稳定性试验的人工击穿装置应能在火花试验机输出最高电压下安全使用。

5.3.3 校准工频火花试验机的高压电容, 额定工作电压不低于被试工频火花机的最高试验电压。校准直流火花试验机的高压电容应不小于 $0.47\mu\text{F}$, 耐受电压不低于 3kV。

5.4 其他条件

5.4.1 校准火花试验机电压示值所使用的电压测试线的绝缘强度应能承受火花试验机最高标称电压, 不应起电晕并不被击穿。

5.4.2 校准火花试验机的人员应取得相应的培训和上岗证, 在校准火花试验机时应佩戴绝缘手套, 按国家有关安全操作规定进行; 检定场所应配备绝缘橡胶垫并有保证使与校准无关的人员保持在有效安全距离以外的隔离措施。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

在用户没有特殊要求时, 火花试验机的推荐校准项目见表 2, 当用户有特殊要求时, 按照用户要求从表 2 中选择校准项目。

表2 火花试验机的推荐校准项目表

校准项目	校准类别	首次校准	后续校准	使用中检验
一般检查		+	+	+
试验电极检查		+	+ ^①	+ ^②
保护电极检查		+	+ ^①	+ ^②
电压示值校准		+	+	+
直流试验电压脉动因素测量		+	—	—
灵敏度试验		+	+	+
稳定度试验		+	+	+
绝缘电阻		+	+	+
工频耐压试验		+	—	—

注：① "+"表示校准，"—"表示不校准；
 ② 在后续校准和使用中检验中对试验电极检查和保护电极检查时可只对测量相邻两线间距和放电环分布表面情况进行检查；

6.2 校准方法

6.2.1 一般检查

6.2.1.1 外观、标志、结构

火花试验机外壳应有明显的接地端子和接地标志，检查高压电源的接地端，外壳接地端及直流高压电源的正极的接地情况。检查火花试验机的标志及各部分结构，结果应符合4.1.1的要求。

6.2.1.4 通电检查

- 开启试验电极箱时，检查安全保护联锁装置。结果应符合4.1.4.1的要求。
- 通电后检查火花试验机的开关、按钮、旋钮，结果应符合4.1.4.2的要求。
- 火花试验机通电预热后，检查显示或指示，应符合4.1.4.3的要求。

d) 电压指示为数字显示的火花试验机，检查其数码显示或液晶屏显示，结果应符合4.1.4.4的要求。

6.2.2 试验电极检查

6.2.2.1 试验电极的有效长度

被试品每点通过工频高压电源电极的时间为0.05s时，经受电源电压2.5全周期数。按公式(3)确定被试品通过工频火花试验机试验电极的有效长度。当被试品每一点通过直流高压电源电极的时间为0.001s时，按公式(4)确定被试品通过直流火花试验机试验电极的有效长度。

用游标卡尺测量试验电极实际有效宽度, 结果应符合 4.2.1 的要求。

$$l = vt/60 = (v \cdot n/f)/60 = vt/1200 \quad (3)$$

式中: l —— 电极有效长度, m;

v —— 线速度, m/min;

t —— 时间, s;

f —— 电源频率, Hz;

n —— 被试品经受的电源电压全周期数; 2.5。

$$l = vt/60 = (0.001/60) \cdot v \quad (4)$$

式中: l —— 电极有效长度, m;

v —— 被试品的最高速度, m/min;

t —— 时间, s。

6.2.3.2 检查珠或环分布表面情况并用钢卷尺及游标卡尺测量相邻两链间距, 珠链或环链的有关尺寸。结果应符合 4.2.3 的要求。

6.2.4 保护电极检查

检查保护电极是否接地。在保护电极与试验电极之间施加最高标称试验电压, 检查是否发生试样绝缘表面闪络。检查珠或环分布表面情况并用钢卷尺及游标卡尺测量相邻两链间距, 珠链或环链的有关尺寸。结果应符合 4.3 的要求。

6.2.5 电压示值校准

6.2.5.1 试验电压示值误差校准方法

采用直接测量法。在确保准确度的条件下, 允许使用其他方法, 但需经上一级计量主管部门批准, 当校准数据有争议时, 以本规范规定的方法为准。

a) 采用数字高压表作标准器校准火花试验机电压示值, 线路图见图 2。

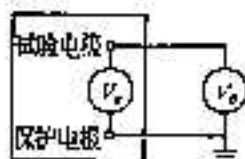


图 2 采用数字高压表作标准器校准火花试验机的线路图

图中: V_x —— 火花试验机电压指示;

V_o —— 标准数字高压表电压指示。

b) 采用电压互感器及交流电压表作标准校准工频火花试验机电压示值, 线路图见图 3。

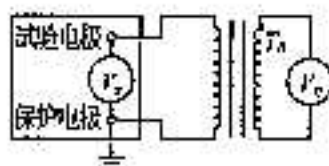


图3 采用电压互感器作标准器校准100 kHz火花试验机的线路图

图中: V_x —— 火花试验机电压指示;

T_n —— 标准电压互感器;

V_n —— 标准电压互感器二次所接交流电压表电压指示。

6.2.5.2 校准试验点的选取

a) 指针式火花试验机选取指示仪表每个带数字分度的电压值为校准点; 数字式火花试验机, 在指示仪表满量程刻度内选取不少于4个电压值进行校准。

b) 如果相关产品标准的技术条件还规定了其他工作电压值, 则还应增加相应的校准点。

c) 校准多量程数字火花试验机时, 选取一个常用量程作为主要量程按 a) 和 b) 选取校准点, 其他量程至少应选取该量程上、下限值及中间点进行校准。

d) 用户有特殊要求时, 试验电压允许校验到不低于该火花试验机实际使用的最高电压, 但不得低于最小灵敏度所要求的试验电压。

6.2.5.3 电压示值误差

试验电压示值误差用相对误差表示, 见公式(5), 结果应符合4.4的要求。

$$r = [(U_x - U_n) / U_n] \times 100\% \quad (5)$$

式中: r —— 高压电源空载输出电压示值的相对误差, %;

U_x —— 火花试验机电压示值, kV;

U_n —— 标准器电压示值, kV。

6.2.6 直流试验电压脉动因素测量

6.2.6.1 用通用示波器测量

高压电容器的一端接试验电极, 另一端接通用示波器输入端。接通直流火花试验机电源, 将试验电压空载升至标称1kV, 用通用示波器测量试验电压峰峰值 ΔU , 按公式(6)计算试验电压的脉动因素。

$$\gamma = (\delta / U) \times 100\% \quad (6)$$

式中: γ —— 直流试验电压脉动因素, %;

δ —— 直流脉动电压, V;

U ——标称试验电压, V。

直流脉动电压可以用公式(6)计算:

$$\delta = \Delta U / 2 \quad (7)$$

式中: δ —— 直流脉动电压, V;

ΔU —— 直流试验电压峰峰值, V。

6.2.6.2 用交流数字电压表测量

接通直流火花试验机电源, 将试验电压空载升至标称 1kV, 用交流数字电压表交流电压功能测量试验电压有效值 ΔU , 此时直流脉动电压值 $\delta = \Delta U$, 将 δ 值代入式(6)计算直流试验电压的脉动因素。

6.2.6.3 结果应符合 4.5 的要求。

6.2.7 灵敏度试验

6.2.7.1 工频高压电源有效值 3kV 或直流高压电源 5kV 时, 在空载电压下用交流数字微安表串接在试验变压器次级绕组低压侧的电阻上端测量短路稳态电流, 也允许采用其他实际上等效的连接方法取样。为将短路稳态电流限制在 600 μ A 以内可以串接一个一端接地的电阻器作为限流阻抗。

6.2.7.2 断开触发信号, 用人工击穿装置检查, 使金属板与金属针相对旋转持续 20 个周期, 分别记录火花试验机击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数。

6.2.7.3 最小灵敏度应符合 4.6 的要求。

6.2.8 稳定性试验

6.2.8.1 如外接附加阻抗, 将附加阻抗短路。

6.2.8.2 在工频火花试验机电极之间接入用于工频火花试验机稳定性试验的人工击穿装置, 该装置用于工频火花试验机稳定性试验的人工击穿装置, 应在板电极与针尖电极之间并联一个与被试品具有相同电容值的电容器, 也可以采用一段没有缺陷的具有最大电容值(根据工频火花试验机规格)的被试品(该被试品的绝缘或护套应为 PVC 材料, 其线芯或铠装层接地)替代人工击穿装置。

在直流火花机电极之间接入用于直流火花试验机稳定性试验的人工击穿装置。

6.2.8.3 进行稳定性试验时, 每次试验应更换人工击穿装置的金属针, 或采用等效的针, 断开触发信号, 将试验电压升至最高标称试验电压, 启动人工击穿装置,

使金属板与金属针相对旋转持续 20 个周期, 分别记录工频火花试验机击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数。

6.2.8.4 重新启动人工击穿装置, 使金属板与金属针相对旋转持续 20 个周期, 在金属板与金属针相对旋转期间, 将试验电压自工频有效值 3kV 或直流 5kV 至最高电压连续调整两次, 旋转结束后分别记录火花试验机击穿指示器记录的击穿数和人工击穿装置记录下的击穿数。

6.2.8.5 稳定性应符合 4.7 的要求。

6.2.9 绝缘电阻

在 500V 电压下测量火花试验机电源输入端对机箱外壳的绝缘电阻与高压电源高压端和金属外壳及地之间的绝缘电阻, 测量结果应符合 4.8 的要求。

6.2.10 工频耐压试验

用耐压测试仪对被校准火花试验机进行工频耐压试验, 耐压测试仪击穿电流设置为 5mA, 被校准火花试验机的电源输入端和机箱外壳之间施加 1500V 试验电压, 持续时间 1min, 试验结果应符合 4.9 的要求。

注: 试验时, 开始电压应小于 1/2 的试验电压, 然后迅速升到 1500V, 试验结束时应立即切断电源, 应该先降压后切断电源。

7 校准结果

7.1 校准数值应按规定的格式和要求做好原始记录(见附录 A), 校准后应出具校准证书。示值校准结果只给出示值实测值, 实测值修约到等级指数的 1/10。

7.2 当用户有特殊要求时, 校准证书的信息应按照用户的要求出具。用户没有特殊要求时, 校准证书应给出的有关信息见附录 B。

7.3 测量不确定度的评定与表示应符合 JJF1059-1999《测量不确定度的评定与表示》的规定。

7.4 按用户要求所校准项目均符合本规范技术要求, 判定被校火花试验机符合使用要求。

8 复校时间间隔

建议火花试验机的复校时间间隔不超过一年。使用频繁或发现误差已超过本规范规定的火花试验机, 建议复校时间间隔缩短为半年。修理后及进行了误差调整的火花试验机建议在使用前进行重新校准。

附录 A

火花试验机校准原始记录

委托单位名称_____		地 址_____	
计量器具名称_____		型号/规格_____ 编号_____	
制作者_____		准确度等级_____	
标准器名称_____		测量范围_____	
计量标准证书号_____		有效期至_____年____月____日	
校准依据_____		校准时温度_____℃ 湿度_____ %RH	
校准地点_____		校准日期_____年____月____日	
建议下次校准在_____年____月____日 校准_____ 接收_____			

一、一般检查:

外观	标志	结构	通电检查
高 压 电 源	工频口	直流口	最高试验电压(kV)
最大试样直径 ϕ (mm)			最大走线速度(m/min)
极性指示器功能		电气连锁	机械连锁

二、试验电极检查: 试验电极形状: V型口 ☐ U型口 ☐

试验电极珠子直径 ϕ (mm)		珠链长度(mm)		链距(mm)	
同一串珠子间距离(mm)		电极有效宽度(mm)		电极有效长度(mm)	

三、保护电极检查:

保护电极珠子直径 ϕ (mm)		珠链长度(mm)		链距(mm)	
同一串珠子间距离(mm)		电极有效宽度(mm)		电极有效长度(mm)	

四、电压示值校准(kV):

示 值									
实 际 值									
示值误差(%)									
示 值									
实 际 值									
示值误差(%)									

五、直流试验电压脉动因素测量:

试验电压(V)	1000	工频电压(V)		脉动电压 δ (V)	
---------	------	---------	--	-------------------	--

六、灵敏度试验: 人工击穿装置持续旋转 20 次, 火花试验机有 ☐ 无 ☐ 报警计数误差。

试验电压(kV)		短路电流(μ A)	
----------	--	----------------	--

七、稳定性试验: 人工击穿装置持续旋转 20 次, 火花试验机有 ☐ 无 ☐ 报警计数误差。

最高试验电压(kV)		人工击穿装置并联电容(pF)	
------------	--	----------------	--

八、绝缘电阻:

火花试验机电源输入端与机箱外壳之间_____M Ω 。

高压电源高压端和金属外壳之间_____M Ω ; 高压电源金属外壳和地之间_____M Ω 。

九、工频耐压试验:

电源输入端和机箱外壳之间施加 1500V 试验电压, 持续时间 1min。

附录 B

火花试验机校准证书内页格式

B1 校准证书或报告应至少包括以下信息:

B1.1 校准实验室相关的信息

- a) 标题, 如“校准证书”或“校准报告”;
- b) 实验室名称和地址及其他相关信息(如电话、传真、邮政编码、电子信箱等);
- c) 证书和报告的唯一性标识(如证书编号), 每页及总页数的标识;
- d) 进行校准的地点(如不在实验室内校准);
- e) 校准证书和校准报告的校准和核验签名: 签发人的签名、职务或等效标识; 以及签发日期;
- f) 进行校准的日期和校准环境的描述;
- g) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- h) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书和报告的声明。

B1.2 被校对象相关的信息

- a) 送校单位名称和地址;
- b) 被校对象的描述和明确标识(名称、制造者、型号/规格、出厂编号等)。

B1.3 校准所用测量标准的相关信息

- a) 校准所依据的技术规范的标识, 包括名称和代号;
- b) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明(包括测量标准名称、测量范围、不确定度或准确度等级或最大允许误差、计量标准证书号和有效期等)。

B1.4 其他相关信息

- a) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- b) 如果与校准结果的有效性和应用有关时, 应对抽样程序进行说明。

B1.5 与校准结果相关的信息:

