

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2016.02.05

靶场试验电源设备计量检测周期的评定

文海, 缪志华

(中国华阴兵器试验中心, 陕西 华阴 714200)

摘要: 为确保靶场试验电源设备计量检测周期设置科学合理, 遵照 JJF1139-2005《计量器具检定周期确定原则和方法》提出的原则, 对其计量检测周期进行了分析评定, 结果表明 1 年的周期基本合理。

关键词: 试验电源设备; 计量检测周期; 测量可靠性; 最大似然估计; 区间估计

中图分类号: TB9

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2016)02-0016-03

Evaluating the Verification Period of Power Supply Devices

WEN Hai, MIAO Zhihua

(Huayin Ordnance Test Center of China, Huayin 714200, China)

Abstract: In order to ensure the verification period of power supply devices is scientific and reasonable, analysis and evaluation is made in this paper on the verification period according to the principle proposed by JJF 1139-2005 "Principle and Method for Determination Verification Period of Measuring Instruments". The results show that the period of one year is reasonable.

Key words: power supply device; verification period; measurement reliability; maximum likelihood; interval estimation

0 引言

靶场设备一般都是对供电质量要求较高的精密、昂贵的设备, 若没有性能稳定受控的电源保障, 很可能影响武器装备试验鉴定的正常进行和试验数据的正确获取。以往, 靶场曾多次因供电品质造成测试设备损坏, 甚至引起被试设备和参试设备故障, 进而导致试验中断、延误等现象。

试验电源设备包括发电机(组)、交流稳定电源(含 UPS 电源)、直流稳定电源(含大电流启动电池)等三类, 靶场试验任务保障尤以发电机和交流稳定电源应用最为普遍, 在试验、测试、保障等各个领域均发挥着重要作用。

除直流稳定电源的计量检测周期^[1]有规定以外, 发电机和交流稳定电源没有规定计量检测周期。为使试验电源设备的性能指标^[1-3]受控, 靶场从 2012 年开始将其纳入周期计量检测管理中, 参照直流稳定电源将周期统一设为 12 个月。

由于受其使用性能、环境、频繁程度、准确度要

求及维护保养情况、检测成本等因素的综合影响, 这个周期可能不尽合理, 存在着周期内使用可能不合格、超周期使用有可能合格的现象。这就说明了试验电源设备的计量检测周期还需根据靶场实际进行分析评定。

1 评定方法

1.1 基本原则

试验电源设备虽然不是计量器具, 但可参考以下原则, 即: 一是根据本身特征、性能要求及使用情况来确定其周期; 二是明确测量可靠性目标(计量器具不小于 0.9); 三是用最大似然估计法等合适的方法进行测算; 四是利用区间估计对该周期的概率保证程度进行验算。

1.2 测量可靠性与检测周期的函数关系

试验电源设备的测量可靠性是影响其检测周期的重要因素。随着试验电源设备的使用, 其测量可靠性会随着时间的推移不断降低, 其性能参数超出其规定指标范围的概率将增大。

鉴于试验电源设备属于机电设备, 其性能指标主要是通过电子元器件的可靠性来保证, 而电子元器件的故障模型服从指数分布^[4]。因此, 其测量可靠性 R 服从指数分布, 是其指标超差率 λ 和计量检测周期 τ 的函数, 见式(1); 失效时间概率分布函数 f 也应服从

收稿日期: 2015-12-30

作者简介: 文海(1972-), 男, 高级工程师, 工学硕士, 主要从事军事计量测试与管理; 缪志华(1979-), 男, 工程师, 工学硕士, 主要从事无线电计量测试。

指数分布假设, 见式(2)。

$$R(\tau) = e^{-\lambda\tau} \quad (1)$$

$$f\left(\frac{\tau}{2}\right) = \lambda e^{-\lambda\frac{\tau}{2}} \quad (2)$$

1.3 最大似然估计法

最大似然估计法是建立在最大似然原理的基础上, 其基本思想是已知某个参数 θ 能使 X 这个样本出现的概率最大, 则可能性最大的 $\hat{\theta}$ 值即被称为 θ 的最大似然估计值。

求该参数估计值 $\hat{\theta}$ 的一般步骤如下:

1) 构建似然函数。假定有一个概率分布 D , 其概率密度函数为 f_D , 分布参数为 θ , 从 D 这个分布抽出一个具有 n 个值的采样 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 通过 f_D , 可以将似然函数记为 $L(\theta) = f_D(x_1, x_2, \dots, x_n | \theta)$, 于是求分布参数 θ 的最大似然估计值就转换为求 $L(\theta)$ 的最大值点。

2) 对似然函数 $L(\theta)$ 取对数。由于对数函数是单调递增函数, 对似然函数两端取对数, 所以 $\log L(\theta) = \log f_D(x_1, x_2, \dots, x_n | \theta)$ 与 $L(\theta)$ 有相同的最大值点。

3) 求 $\log L(\theta)$ 关于 θ 的偏导数。令 $\frac{\partial \log L(\theta)}{\partial \theta} = 0$,

即可得 $\log L(\theta)$ 的最大值, 也即是 $L(\theta)$ 的最大值 $\hat{\theta}$ 。

1.4 区间估计法

区间估计法是参数估计的一种, 具体就是按给定概率值建立包含待估计参数的区间。其中, 这个给定的概率值称为置信度, 是指总体参数值落在样本统计值某一区间内的概率; 这个建立起来的包含待估计参数的区间称为置信区间, 而置信区间即是指在某一置信水平下, 样本统计值与总体参数值间误差范围, 置信区间越大, 置信水平越高。

2 评定过程

2.1 样本构建

利用最大似然估计法, 其有效样本量应大于 30。样本的选取应同时符合以下条件: ①设备至少使用 2 年以上, 且首次计量检测合格; ②观察时长: 以首次计量检测合格的日期为开始, 在观察期间一旦检测出指标超差, 则观察结束, 否则以临近统计结束的最近一次检测日期为观察结束; ③在观察期间, 除计量检测指标超差外, 其他故障情况不列入。

通过查询靶场校准实验室留档保存历年来试验电源设备的检测原始记录, 从 2012 年至今, 同时满足上

述条件的发电机有 41 台、交流稳定电源有 29 台、直流稳定电源 8 台。

以这 78 台试验电源设备统计的计量检测结果构建样本集合 $X = \{X_1, X_2, \dots, X_{78}\}$, 其中

$$X_i = \begin{cases} 1, & \text{第 } i \text{ 台指标超差} \\ 0, & \text{第 } i \text{ 台指标合格} \end{cases}, i = 1, 2, \dots, 78$$

各样本统计结果见表 1。

表 1 样本统计表

序号 i	观察时长 $\tau_i/\text{月}$	结果 X_i	序号 i	观察时长 $\tau_i/\text{月}$	结果 X_i	序号 i	观察时长 $\tau_i/\text{月}$	结果 X_i
1	11	1	27	41	0	53	24	0
2	12	1	28	27	0	54	24	0
3	13	1	29	12	1	55	24	1
4	34	0	30	41	0	56	37	0
5	34	0	31	27	0	57	23	0
6	22	0	32	27	1	58	23	0
7	10	0	33	22	0	59	23	0
8	21	0	34	22	0	60	25	0
9	21	0	35	12	0	61	25	0
10	34	0	36	22	0	62	24	0
11	21	0	37	12	0	63	24	0
12	24	1	38	12	0	64	24	1
13	21	0	39	12	0	65	37	0
14	34	0	40	12	0	66	24	0
15	34	0	41	34	0	67	24	0
16	21	1	42	24	0	68	24	0
17	24	1	43	24	0	69	25	0
18	34	0	44	25	0	70	25	0
19	35	0	45	25	1	71	23	0
20	34	0	46	12	1	72	23	0
21	34	0	47	24	0	73	23	0
22	22	0	48	24	0	74	24	0
23	22	0	49	25	0	75	11	1
24	37	0	50	24	1	76	11	1
25	40	0	51	34	0	77	11	1
26	28	0	52	34	0	78	40	0

注: 靶场计量检测周期计划是 12 个月, 但在实际过程中, 每一个周期会因靶场频繁的任务保障而提前或推迟。

2.2 指标超差率 λ 的计算

根据最大似然估计经典法, 构造似然函数 $L^{[5]}$, 见式(3)。

$$L = \prod_{i=1}^n \left\{ \left[f\left(\frac{\tau_i}{2}\right) \right]^{X_i} \cdot [R(\tau_i)]^{1-X_i} \right\} \quad (3)$$

将式(1)、式(2)代入, 得到式(4)

$$L = \prod_{i=1}^n \left\{ [\lambda e^{-\lambda\frac{\tau_i}{2}}]^{X_i} \cdot [e^{-\lambda\tau_i}]^{1-X_i} \right\} \quad (4)$$

将式(4)先取对数, 再两边取偏导, 可得式(5)

$$\frac{\partial}{\partial \lambda} \ln L = \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n X_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (X_i \cdot \tau_i) - \sum_{i=1}^n \tau_i \quad (5)$$

当 $\frac{\partial}{\partial \lambda} \ln L = 0$ 时, 即可得式(6)为

$$\lambda = \frac{X}{\tau - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (X_i \cdot \tau_i)} \quad (6)$$

式中: $X = \sum_{i=1}^n X_i$, 为统计期间所观察到的计量检测指标

超差的总设备台数; $\tau = \sum_{i=1}^n \tau_i$, 为统计期间所观察到的检测总时间, 其中 τ_i 为第 i 台设备的计量检测周期。

将表1的数据代入式(6)中, 即可计算出指标超差率 $\lambda = 0.009096077$ 。

2.3 计量检测周期 τ 的计算

参照计量器具可靠性值不小于 $0.9^{[5]}$ 的要求, 试验电源设备的测量可靠性 $R(\tau) \geq 0.9$, 则试验电源设备的计量检测周期 τ 应满足

$$R(\tau) = e^{-\lambda \tau} \geq 0.9 \quad (7)$$

将 $\lambda = 0.009096077$ 代入式(7), 即可计算出计量检测周期 $\tau \leq 11.58307169$ 。

2.4 用区间估计验算

从样本 X 集合中(表1)选出所有指标超差样本, 以其“观察时长”构造新的样本集合 C , $C = \{11, 12, 13, 24, 21, 24, 12, 27, 25, 12, 24, 24, 24, 11, 11, 11\}$, 其平均值 $\bar{C} = 17.875$, $n = 16$ 。

由于靶场试验电源设备的计量检测周期问题属于单侧问题, 按置信度 96% 计算, 单侧置信区间的上、下限分别取值为 0.98, 0.02, 其分位数 $\alpha = 0.04$ 。

令统计量 $\tau_n = 2n\lambda\bar{C}$, 该统计量 τ_n 服从自由度为 $2n = 32$ 的 χ^2 分布, 查 χ^2 分布表可得

$$\chi^2(\alpha/2, 2n) = \chi^2(0.02, 32) = 17.78271$$

$$\chi^2(1 - \alpha/2, 2n) = \chi^2(0.98, 32) = 50.48670$$

因此, 靶场试验电源设备计量检测周期的区间估计应为

$$\left(\frac{2n\bar{C}}{\chi^2(1 - \alpha/2, 2n)}, \frac{2n\bar{C}}{\chi^2(\alpha/2, 2n)} \right) \approx (11.33, 32.17)$$

2.5 作出判定

上述计算结果表明: 若要试验电源设备的测量可靠性目标值不小于 0.9, 则其计量检测周期应当不大于 11.54026898 个月, 验算该周期的置信概率可达 96%。

为便于靶场实际的计量监督管理, 计量检测周期一般取年的整数倍; 故试验电源设备的计量检测周期可以定为 1 年, 靶场试验电源设备现行的计量检测周期确定基本准确。

3 结束语

科学合理地确定设备的计量检测周期在靶场设备管理中具有十分重要的地位, 既有利于测试设备的科学管理, 又利于提高装备计量保障的效益。本文所介绍的方法可供其他专用测试设备确定计量检测周期借鉴和参考。

参 考 文 献

- [1] 李继东, 刘利华, 孙全文. JJG(航天) 6-1999 直流稳定电源检定规程[S]. 北京: 中国航天工业总公司, 1999.
- [2] 岳伟. QJ 3233-2005 交流稳压电源稳态特性校准规范[S]. 北京: 国防科学技术工业委员会, 2006.
- [3] 徐国良, 张建彬, 张国华, 等. GJB 5785-2006 军用内燃发电机组通用规范[S]. 北京: 中国人民解放军总装备部发行部, 2007.
- [4] 施国洪, 杨丽春, 贡文伟. 质量控制与可靠性工程基础[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [5] 国家质量监督检验检疫总局. JJF 1139-2005 计量器具检定周期确定原则和方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- (上接第 15 页)
- [1] 张黎明, 张琳, 李燕, 等. 被动式遥感 FTIR 测量时的仪器响应函数校正[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(1): 45-46.
- [2] 张天舒, 刘文清, 高闽光, 等. 地表发射率的机载傅里叶变换红外光谱反演方法研究[J]. 光学技术, 2006, 32(2): 219-221.
- [3] 朱军, 刘文清, 刘建国, 等. FTIR 光谱拟合方法在反演气体浓度中的应用[J]. 光谱学与光谱分析, 2005, 25(10): 1573-1576.
- [4] 刘志明, 高闽光, 刘文清, 等. 傅里叶变换红外光谱仪探测器仪器响应函数研究[J]. 光谱学及光谱分析, 2008, 28(8): 1786-1789.
- [5] 杨照金, 范纪红, 王雷. 现代光学计量与测试[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2010.
- [6] 吴建平, 传感器原理与应用[M], 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [7] Kroutil RT, Combs RJ, Knapp RB. Radiometric Linearity in Passive FTIR Spectrometry[J]. SPIE, 1999, 3856: 34-43.
- [8] Ishii J, Ono A. Fourier transform spectrometer for thermal - infrared emissivity measurements near room temperatures [J]. Proc. of SPIE, 2000, 4103: 126-132.
- [9] Hanssen L, Mekhontsev S, Khromchenko V. Infrared spectral emissivity characterization Facility at NIST [J]. Proc. SPIE, 2004, 5405: 285-293.