



中华人民共和国国家标准

GB/T 46823—2025/IEC 60469:2013

过渡、脉冲和相关波形 术语、定义和算法

Transitions, pulses and related waveforms—Terms, definitions and algorithms

(IEC 60469:2013, IDT)

2025-12-31 发布

2026-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	V
引言	VI
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
3.1 概述	1
3.2 术语和定义	1
3.3 符号	17
3.4 拒用术语	18
4 测量和分析技术	18
4.1 概述	18
4.2 波形测量方法	18
4.3 波形测量流程的描述	19
4.4 波形时窗的确定	19
4.4.1 波形时窗的选择	19
4.4.2 剔除数据	20
5 波形分析算法	20
5.1 概述和指南	20
5.2 选择状态电平	20
5.2.1 概述	20
5.2.2 基于数据分布的方法——直方图	20
5.2.3 基于数据分布的方法——Shorth 估计量	22
5.2.4 其他方法	24
5.2.5 算法切换	25
5.3 其他单过渡波形参数的确定	25
5.3.1 概述	25
5.3.2 有符号波形幅度的计算算法	25
5.3.3 百分数参考电平的计算算法	25
5.3.4 计算参考电平时刻的算法	26
5.3.5 计算 $x1\%$ 和 $x2\%$ 参考电平之间的过渡持续时间的算法	27
5.3.6 计算类阶跃波形的下冲和过冲畸变的算法	27
5.3.7 计算波形畸变的算法	28
5.3.8 计算过渡稳定持续时间的算法	29

5.3.9 计算过渡稳定误差的算法	30
5.4 单一脉冲和重复脉冲波形分析	30
5.4.1 概述	30
5.4.2 脉冲持续时间的计算算法	30
5.4.3 波形周期的计算算法	30
5.4.4 脉冲间隔的计算算法	31
5.4.5 占空比的计算算法	31
5.5 复合波形分析	32
5.5.1 概述	32
5.5.2 波形解析	32
5.5.3 子时窗分类	34
5.5.4 波形重构	34
5.6 类冲激波形分析	35
5.6.1 冲激脉冲幅度的计算算法	35
5.6.2 类冲激中心时刻计算算法	35
5.7 不同波形之间的时间关系分析	35
5.7.1 概述	35
5.7.2 不同波形间延迟的计算算法	35
5.8 波形畸变分析	35
5.9 波动和抖动分析	36
5.9.1 概述	36
5.9.2 确定标准差	36
5.9.3 测量仪器的波动和抖动	38
5.9.4 测量信号源的波动和抖动	40
附录 A (资料性) 波形示例	42
A.1 参考波形示例	42
A.1.1 概述	42
A.1.2 类阶跃波形	42
A.1.3 线性过渡波形	42
A.1.4 指数波形	43
A.1.5 类冲激波形	44
A.1.6 矩形脉冲波形	44
A.1.7 梯形脉冲波形	45
A.1.8 三角脉冲波形	46
A.1.9 指数脉冲波形	47
A.2 复合波形示例	48
A.2.1 概述	48

A.2.2 双脉冲波形	48
A.2.3 双极性脉冲波形	48
A.2.4 阶梯波形	49
A.2.5 脉冲串	49
参考文献	51
 图 1 单次正向过渡	4
图 2 单次负向过渡	4
图 3 单个正脉冲波形	6
图 4 单个负脉冲波形	7
图 5 单个正向过渡的过冲和下冲	8
图 6 单个负向过渡的过冲和下冲	9
图 7 脉冲串	10
图 8 复合波形	15
图 9 波形偏差的计算	16
图 10 波形采集和测量流程	19
图 11 复合波形的产生	32
图 A.1 类阶跃波形	42
图 A.2 线性过渡波形	43
图 A.3 指数波形	43
图 A.4 类冲激波形	44
图 A.5 矩形脉冲波形	45
图 A.6 梯形脉冲波形	46
图 A.7 三角脉冲波形	47
图 A.8 指数脉冲波形	47
图 A.9 双脉冲波形	48
图 A.10 双极性波形	49
图 A.11 阶梯波形	49
图 A.12 脉冲串	50
 表 1 计算标准差的精确公式和近似公式的结果比较	37

前　　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件等同采用 IEC 60469:2013《过渡、脉冲和相关波形 术语、定义和算法》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国电工仪器仪表标准化技术委员会(SAC/TC 104)归口。

本文件起草单位：哈尔滨电工仪表研究有限公司、中国计量科学研究院、深圳友讯达科技股份有限公司、北京工业大学、苏州联讯仪器股份有限公司、北京无线电计量测试研究所、黑龙江省电工仪器仪表工程技术研究中心有限公司、深圳市鼎阳科技股份有限公司、中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所、深圳市科陆电子科技股份有限公司、华立科技股份有限公司、中国电气装备集团科学技术研究院有限公司、浙江正泰仪器仪表有限责任公司、国网河北省电力有限公司营销服务中心、烟台东方威思顿电气有限公司、宁波迦南智能电气股份有限公司、内蒙古电力(集团)有限责任公司内蒙古电力科学研究院分公司、普源精电科技股份有限公司、江苏华鹏智能仪表科技股份有限公司、德力西集团仪器仪表有限公司、保定市兆微软件科技有限公司、浙江万胜智能科技股份有限公司、上海贝岭股份有限公司、国网四川省电力公司营销服务中心、江阴长仪集团有限公司、深圳市万里眼技术有限公司、宁波三星医疗电气股份有限公司、中电装备山东电子有限公司、国网江西省电力有限公司供电服务管理中心、国电南瑞南京控制系统有限公司、南京电力设计研究院有限公司、青岛世泽智能科技有限公司。

本文件主要起草人：赵科佳、韩桂菊、郭小广、朱江森、廉哲、龚伟鹏、王慧武、宋民、商佳尚、姜河、刘恋、瞿祎、陈闻新、王春艳、叶红恩、黄旭斌、冀南囡、阎超、张福强、蒋卫平、宋学彬、王悦、戴文俊、王央龙、姚向成、丁毅、赵琮、杨潇潇、杨玉勇、邱小勇、蒙根、于振超、郭雪薇、邓风平、马斌、秦万民。

引　　言

本文件等同转化 IEC 60469:2013, 旨在促进过渡、脉冲和其他波形的参数精准交流, 建立测量这些参数的技术和程序。由于电脉冲技术广泛应用于电子行业(如计算机、电信和测试仪器等), 脉冲术语的明确定义和相应方法/算法的表达需要持续发展, 这对电子行业制造商和消费者之间形成有效交流至关重要。标准术语、定义和计算方法的可用性有助于改善产品的质量, 并帮助消费者更好地比较不同产品的性能。数字波形记录设备(包括示波器)的持续改进便于波形的捕获、共享和处理, 此类设备通常具备波形处理并给出脉冲参数等自动运算功能, 无需用户额外操作。本文件也可用于更多领域的科学和工程应用中, 如光学、宇宙学、地震学、医学等, 适用范围从单一频次单独响应到高频重复信号、从带宽小于1Hz 到超过1THz 的信号。因此, 需要一个标准来确保脉冲参数的定义和计算方法的一致性。

IEC 60469-1 涉及波形参数的术语和定义, IEC 60469-2 描述了波形的测量过程。本文件的目的是结合 IEC 60469-1 和 IEC 60469-2 的内容, 更新术语, 纠正错误, 添加计算脉冲参数值的算法, 并添加一种新开发的计算状态电平方法。与 IEC 60469-1 和 IEC 60469-2 相比的两个主要变化是参数定义和算法。定义变更内容包括添加新的术语和定义, 删除未使用的术语和定义, 扩展不使用的术语列表以及更新和修改现有定义。本文件包含常用于描述波形测量和分析过程以及波形参数的约 100 个术语定义。IEC 60469-1 和 IEC 60469-2 中的许多术语已完全删除或弃用。IEC 60469:2013 中保留了弃用的术语, 以示与 IEC 60469-1 和 IEC 60469-2 之间的连续性。当术语不能明确或准确地定义时, 需弃用。由于术语普遍存在误用、曲解和误解的情况, 制定一套公认的术语和定义成为最大难点, 仪器制造商的遗留问题和共同使用的术语也亟待解决。IEC 60469:2013 还促成了某些波形参数计算方法的形成与发展, 这些算法皆有助或有益于标准的使用者。到目前为止, 对于参数及其计算方法还没有一个通用可交流的参考, 在不同群体之间对于相同参数的测量还存在较多争论和误解。因此, 本文件添加了一些推荐算法作为参考, 并且在附录 A 中也列举了多个可用公式表达的基本波形作为例子。这些算法侧重于分析具有两种状态和单一过渡特征的波形。复合波形(具有两个或更多状态/两个或更多过渡特征的波形)的分析是通过先将其分解为多个具有两种状态和单一过渡特征的波形来实现, 本文件也提供了相应的分解方法。

本文件还引入了波形波动和随机抖动的分析算法, 其描述了抖动和波动的均值和标准差的计算过程。文件中也包含了标准差准确度的估算和修正其值的方法。

本文件中的拒用术语为 IEC 之前版本中曾用术语。

过渡、脉冲和相关波形 术语、定义和算法

1 范围

本文件给出了关于过渡、脉冲和相关波形的术语的定义，并给出了测量其参数的技术及程序的定义和描述。文件中考虑的波形是指形成了多次过渡，并且在过渡之间的时间间隔内保持相对恒定的波形。本文件适用的信号及其波形可应用于以下领域：数字通信、数据通信及其计算；瞬态的生物学事件、宇宙学事件和物理学事件的研究；以及在各种工业、商业和消费应用中遇到和使用到的电脉冲、化学脉冲和热脉冲。

本文件不适用于正弦变化或其他连续变化的信号及其波形。

本文件旨在促进有关过渡、脉冲和其他波形参数以及测量这些参数的技术和程序的精准交流。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语、定义和符号

3.1 概述

除了推荐的术语及其定义外，本章还包含了一些拒用但广泛使用的术语。在推荐术语的定义之后给出了拒用术语及拒用原因。

在本文件中，时间作为一个自变量，用字母 t 表示。“波形值”作为因变量，用 $y(t)$ 表示。对于特定的波形，“波形值”可等同表征“电压”“电流”“功率”或其他物理量。

3.2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 维护的用于标准化的术语数据库，地址如下：

- ISO 在线浏览平台：<http://www.iso.org/obp>；
- IEC 电子百科：<http://www.electropedia.org/>。

3.2.1

畸变区 **aberration region**

3.2.1.1

过渡后畸变区 **post-transition aberration region**

用户指定的时刻和固定时刻之间的时间间隔，其中固定时刻是 50% 参考电平时刻之后的第一个采样时刻，其对应的波形值在 50% 参考电平时刻之后的状态边界内。

注：用户指定的时刻发生在固定时刻之后，通常等于固定时刻加上过渡持续时间的三倍。

3.2.1.2

过渡前畸变区 **pre-transition aberration region**

用户指定的时刻和固定时刻之间的时间间隔，其中固定时刻是 50% 参考电平时刻之前的第一个采