

ICS 17.220

N 22

DB43

湖 南 省 地 方 标 准

DB43/T 879.1—2014

变频电量测量仪器 测量用变送器

Variable frequency electric quantity measuring instruments: Measuring transducer

2014-06-06 发布

2014-08-06 实施

湖南省质量技术监督局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 使用条件	4
5 额定值	5
6 技术要求	6
7 试验方法	12
8 检验规则	18
9 标志、检验合格证、包装	19
附录 A 图形符号和端子标志	20
附录 B 试验装置和试验线路	25
附录 C 不同功率因数下相位误差对功率测量准确度的影响	31
附录 D 模拟量输出和数字量输出变送器的系统准确度比较	32

前 言

变频器作为变频调速系统的电源，应用日益广泛。如何准确测量变频器的损耗、效率和变频电机的损耗及效率，是变频调速技术亟待解决的重大课题。

变频电量具有频带宽、基频变化范围广、高次谐波含量丰富和电磁干扰强等特点，这给准确测量带来诸多困难。

本标准从变频电量的特点出发，提出了对变频电量测量影响较大必须标明的技术指标，并按照这些技术指标，定义了产品的准确度等级。

本标准规定的变送器的二次输出信号瞬时值与一次输入信号瞬时值成线性，二次输出信号与一次输入信号的相位差控制在规定范围内，二次输出信号包含了一次输入信号在变送器带宽范围内的所有信息。与 GB/T 13850—1998 定义的交流输入、直流输出的变送器不同。GB/T 13850—1998 定义的变送器，一次输入为正弦量，二次输出仅包含一次被测量的单一特征信息。例如，电压变送器二次输出仅包含一次电压信号的峰值、均值或有效值，而不包含其它信息。

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准规定的变送器，与 GB/T 20840.7~8 定义的电子式电压、电流互感器的适用频率范围不同。

本标准由湖南省质量技术监督局、国家变频电量测量仪器计量站提出。

本标准由湖南省质量技术监督局归口。

本标准起草单位：湖南银河电气有限公司、湖南省计量检测研究院、国防科技大学。

本标准主要起草人：徐伟专、刘思潮、陆阳、王宁、王有贵、廖仲箴、肖江平。

本标准首次发布。

变频电量测量仪器 测量用变送器

1 范围

本标准规定了变频电量输入、模拟量或数字量输出的测量用变频电量变送器（以下简称变送器）的术语、使用条件、额定值、技术要求、试验方法、检验规则、标志、检验合格证及包装。

本标准适用于将变频电量转换成方便二次设备使用的、包含一次变频电量在变送器带宽范围内的全部特征信息的模拟信号或数字编码信号的变送器；其输入量标称基波频率在（0~1.5）kHz 之间、电压在 35kV 以下、电流在 7kA 以内的测量用变送器。

注：将被测量转变为数字量参数更为合理，原因在于对传统模拟量输出变送器是基于有局限的常规技术，并非依据使用被测参量信息的设备的实际需要。

如各类测量用电压传感器、电流传感器或电压、电流组合式传感器，各类霍尔电压传感器、霍尔电流传感器、带积分器或不带积分器的罗氏线圈、磁通门电流传感器，各类数字量输出的变频电量传感器等。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 1207 电磁式电压互感器
- GB 1208 电流互感器
- GB 4824 工业、科学和医疗射频（ISR）设备 电磁骚扰特性 限值和测量方法
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热（12h+12h循环）
- GB/T 2423.56 电工电子产品环境试验 第2部分 试验方法 试验Fh：宽带随机振动和导则
- GB/T 11021 电气绝缘 耐热性分级
- GB/T 13850 交流电量转换为模拟或数字信号的电测量变送器（idt IEC 688:1992）
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验（idt IEC 61000-4-3:1995）
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验（idt IEC 61000-4-4:1995）
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验（idt IEC 61000-4-5:1995）
- GB/T 17626.6 电磁兼容 试验和测量技术 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验
- GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.9 电磁兼容 试验和测量技术 脉冲磁场抗扰度试验
- GB/T 17626.11 电磁兼容 试验和测量技术 电压暂降、短时中断和电压变化抗扰度试验
- GB/T 20840.7 互感器 第7部分 电子式电压互感器
- GB/T 20840.8 互感器 第8部分 电子式电流互感器

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文本。

3.1

变频电量 variable frequency electric quantity

变频电量是指满足下述条件之一，并以传输功率为目的的交流电量。

- a) 信号频谱仅包含一种频率成分，而频率不局限于工频的交流电信号。
- b) 信号频谱包含两种及以上被关注频率成分的电信号。

变频电量包括电压、电流以及电压电流引出的有功功率、无功功率、视在功率等。

3.2

变频电量变送器 variable frequency electric quantity transducer

将变频电量转换成方便二次设备使用的、遵循一定标准、并包含一次变频电量在变送器带宽范围内全部特征信息的模拟信号或数字编码信号的装置。

标准规定的变送器，除带宽限制之外，若消除固定延时，模拟量输出变频电量变送器的二次输出信号在任意时刻均与一次输入变频电量的幅值成线性；数字量输出变频电量变送器的二次输出信号的任一样本数值与样本信息对应时刻的一次输入变频电量幅值成线性，通过这些模拟量或数字量输出可以反映输入变频电量的全部信息，二次输出信号与一次输入信号的相位差控制在规定范围内。

对如电压、电流或电压和电流进行转换的变频电量变送器，分别称为变频电压变送器、变频电流变送器和变频功率变送器。

3.3

量程 span

变送器允许输入信号有效值或峰值的绝对值，在量程之内，可以得到本标准规定的性能。标称有效值时，应说明有效值对应的峰值因数，如：1000V/CF=1.5。

3.4

额定量程 rated span

变送器可长时间承受的输入信号有效值或峰值的绝对值，在额定量程之内，可以得到本标准规定的性能。

3.5

变频电量分析仪 variable frequency electric quantity analyzer

以变频电量为基本测量和分析对象的，具有人机界面的仪器或装置。

3.6

变频功率标准源 variable frequency power standard source

频率、幅值、相位均在一定范围内能任意可调的、满足相应准确度和稳定度要求的、能同时输出交流电压和电流的仪器。输出交流电压和电流为纯正弦波，也可叠加含量和相位可控的单次或多次谐波。

3.7

一次转换器 primary converter

一种装置，将来自一个或多个电压传感器的信号转变成适合于传输系统的信号。

3.8

传输系统 transmitting system

一次部件和二次部件之间传输信号的短距离或长距离耦合装置。依据所采用的技术，传输系统也可以用于传输功率。

3.9

瞬时值 instantaneous value

某一时刻，变送器一次输入或二次输出的电压或电流幅值。

3.10**额定一次电压（电流） rated primary voltage (current)**

一次电压（电流）基波有效值，是变送器的性能依据。

3.11**额定二次电压（电流） rated secondary voltage (current)**

额定一次电压（电流）下，模拟量输出变送器二次输出电压（电流）的基波有效值。对于数字量输出变送器而言，此时二次输出可以是除以额定变比对应的数字编码信息，也可以是与额定一次电压（电流）数值上相等的数字编码信息。

3.12**额定变比 rated transformation ratio**

额定一次电压（或电流）与额定二次电压（或电流）的比值。

3.13**准确限值电压（电流）范围 accurate limit value voltage (current) range**

能满足准确度等级对应误差限值要求的被测电压（电流）范围，包括准确限值电压（电流）上限和准确限值电压（电流）下限的一组值。在准确限值电压（电流）范围之内，变送器误差应不超过标称准确度等级对应的误差限值。

准确限值电压（电流）上限用符号 U_{max} (I_{max}) 表示，准确限值电压（电流）下限用符号 U_{min} (I_{min}) 表示。

3.14**准确限值频率范围 accurate limit value frequency range**

能满足准确度等级对应误差限值要求的被测电压（电流）的基波频率范围，包括准确限值频率上限和准确限值频率下限的一组值。在准确限值频率范围之内，变送器误差应不超过标称准确度等级对应的误差限值。在不引起歧义的情况下，可简称频率范围。

准确限值频率上限用符号 f_{max} 表示，准确限值频率下限用符号 f_{min} 表示。

3.15**量程比 span ratio**

电压（电流）准确限值上限与电压（电流）准确限值下限的比值取整数。

3.16**参考频率 reference frequency**

基本误差的参考频率点。

3.17**相位差 phase displacement**

对于电压（电流）变送器，是指在参考频率下，一次电压（电流）信号与二次电压（电流）信号的相位之差。

对于功率变送器，是指在参考频率下，一次电压与电流的相位差与二次电压和电流的相位差的差值。

3.18**带宽 bandwidth**

用频率表示，反映变送器的频率响应特性的参数，在该频率下，输入纯正弦波，实际二次输出的方均根值为按照额定变比计算的理论二次输出的方均根值的 倍。

3.19

输出延时 output delay time

变送器二次输出允许滞后于一次输入的一段固定时间，该时间不随信号频率改变。

3.20

上升时间 rise time

一次输入为阶跃信号，输出信号从 10% 稳态输出至 90% 稳态输出的时间差值。

如图 1 所示， t_r 为上升时间。

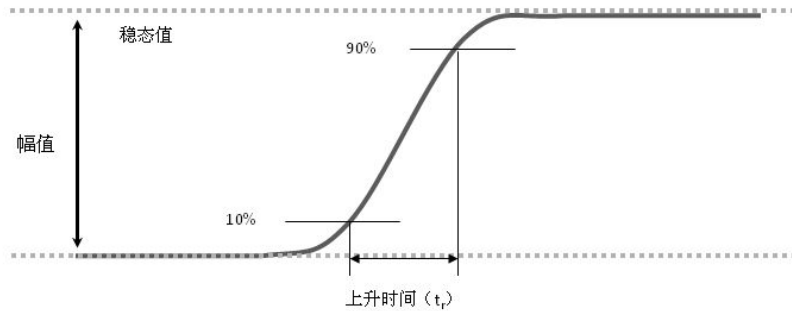


图 1 上升时间示意图

3.21

准确度等级 accuracy class

对变送器给定的等级，变送器在规定使用条件下的误差应在规定误差限值范围内。

3.22

额定负荷 rated load

仅适用于模拟量输出变送器，是变送器准确度等级所依据的二次负荷。

注：通常以二次端子上输出视在功率单位伏安（VA）表示，它是在规定功率因数及额定二次电压或电流下计算的。

3.23

设备最高电压 Um highest voltage for equipment

最高相间电压方均根值，设备依据它设计其绝缘和有关设备标准按此电压所规定的其他特性。

注：它是设备可以工作的系统最高电压的最高值，如三相系统中，即便是测量相电压、其设备最高电压仍然是线电压的最大值。

4 使用条件

4.1 气候环境条件

变送器使用以及贮存温度和湿度按严酷程度分类，严酷程度根据表 1 中的使用组别确定。

表中的使用组别分别定义如下：

- I、室内使用，用在实验室、工厂试验站条件中。
- II、用在对极端条件有防护的环境中，并且介于 I 和 III 组之间的条件中。
- III、可户外使用，略作防护的场所。

表 1 气候环境使用组别

组别	标称使用温度范围	贮存温度范围	相对湿度
I	10℃~35℃	-25℃~55℃	≤93 ₋₃ ⁺² %
II	0℃~45℃	-25℃~55℃	
III	-10℃~55℃	-40℃~70℃	

4.2 海拔

海拔不超过 1000m。

4.3 振动或轻微地震

开关操作或短路电动力可能产生振动。变送器由于外部原因引起的振动（例如断路器开关操作等），必须列入正常使用条件。有轻微地震造成的振动按特殊使用条件考虑。

4.4 安装要求

变送器若对安装方式及外部电磁环境敏感，应注明安装方式及环境要求。对于磁敏感的变送器，不推荐与断路器等机械开关设备安装在同一个柜体内。

对于浮地结构变送器，应采用绝缘材料的外隔离保护罩，并保持一定的距离已确保使用人员的安全，并在安装位置采用醒目文字或标识给出警示。

5 额定值

5.1 通用额定标准值

5.1.1 一次电压

110V、220V、380V、660/690V、750V、1000/1140V、3/3.3kV、6kV、10kV、20kV、25kV、35kV。

5.1.2 一次电流

10A、12.5A、15A、20A、25A、30A、40A、50A、60A、75A 以及它们的十进制倍数或小数。有下划线者为优先值。

5.1.3 量程比

量程比的标准值为：5、20、100、200、500。

5.1.4 辅助电源电压

额定辅助电源电压是指装置运行时在其自身电源端口测得的电压，如有必要，包括制造方提供的或要求装入的串联辅助电阻或附件，但不包括连接电源的导体。

额定辅助电源电压应在表 2 所列的标准值中选取。

表 2 额定辅助电源电压

（单位：V）

三相三线或三相四线制系统	单相三线制系统	单相二线制系统	直流电压
—	120/240	120	24
220/380	—	(220)	<u>48</u>
230/400	—	230	60
240/415	—	(240)	<u>110</u> 或 125
277/480	—	277	<u>220</u> 或 250

注1：第一栏较低值是对中性点的电压，较高值是相间电压。第二栏中较低值是对中性点的电压，较高值是线间电压。
 注2：230/400V将是未来唯一的IEC标准电压，并推荐在新系统上采用。IEC 标准化工作将在下阶段考虑把现有系统中的220/380V和240/415V这些不同电压归入230/400V（1±10%）范围内。
 注3：有下划线者为优先值。

5.1.5 辅助电源频率

额定电源频率的标准值为直流（DC）、50Hz 和 60Hz。

5.2 模拟量输出变送器的额定值

5.2.1 二次电压

一次为电压或电流输入的变送器，二次均可输出电压信号。

GB 1207 及 GB/T 20840.7 所列二次额定电压值适用于变送器。

5.2.2 二次电流

一次为电压或电流输入的变送器，二次均可输出电流信号。

GB 1208 及 GB/T 20840.8 所列二次额定电流值适用于变送器。

此外，下列值考虑为标准推荐值：

20mA、50mA、100mA、200mA、500mA 及这些值除以 得到的值。

5.2.3 电压输出型二次负荷

额定二次负荷的标准值用 VA 表示时，GB 1208 所列额定二次负荷适用于变送器，总负荷应小于或等于额定负荷。

额定二次负荷的标准值用 Ω 表示时，标准推荐值为：2k Ω 、20k Ω 、2M Ω 。总负荷应大于或等于额定负荷。

5.2.4 电流输出型二次负荷

额定二次负荷的标准值用 VA 表示时，GB 1208 所列额定二次负荷适用于变送器，总负荷应小于或等于额定负荷。

额定二次负荷的标准值用 Ω 表示时，标准推荐值为：0.1 Ω 、0.2 Ω 、0.5 Ω 以及它们的十进制倍数或小数，总负荷应小于或等于额定负荷。

5.3 数字量输出变送器的额定值

5.3.1 采样速率额定值

采样速率不应低于带宽的两倍。

5.3.2 输出延时额定值

由于输出延时对变送器的功率测量准确度有直接影响，故对功率变送器应明确其输出延时额定值。

对于不包含同步时钟的数字量输出变送器，延迟时间的额定值为 1T、2T 或 3T，T 为采样周期。

对于包含同步时钟的数字量输出变送器，由于延迟时间并不影响相位，可以不受限制，但应不大于 400ms。

对于模拟量输出变送器，输出延时不应大于额定值。

6 技术要求

6.1 通用框图和外观

6.1.1 变送器的通用框图

图 2 所示为变送器的通用框图，依据所采用的技术，图 2 中列出的所有部件并非均不可缺少。图 2 中的变送器测量一路电压和一路电流信号，通常，该电压和电流信号的乘积为被测回路的功率。本标准规定的变送器，既可以是如图 2 所示的测量一路电压、电流及对应功率的变频功率变送器，或测量单路或多路电压的变频电压变送器，或测量单路或多路电流的变频电流变送器。

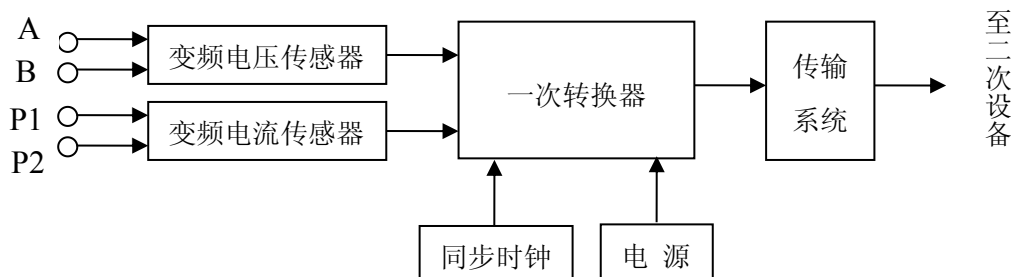


图 2 变送器通用框图

6.1.2 外观

产品外壳不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形等，表面涂镀层不应起泡、龟裂和脱落，金属零部件不应有锈蚀及其他机械损伤；接线螺丝应齐全，轻摇时，内部无撞击声。

6.2 工频耐受电压

工频耐受电压以一次回路的最高电压 U_m 为依据，变送器应能承受表 3 对应的工频耐受电压，不应出现飞弧、击穿的现象。若变送器辅助电源为电池或经过互感器等从被测回路取电的变送器，无需此项试验。

表 3 工频耐受电压

最高测量电压（方均根值）	工频耐受电压（方均根值） kV
<1 kV	3 kV
4.5 kV	18 kV
9 kV	23 kV
15 kV	30 kV
辅助电源电路（220V或380V）	1.5 kV

注：对于浮地结构的变送器，不做辅助电源电路工频耐受电压项。

6.3 温升

变送器的设计和构造，应能承受下述条件的热效应而温升不超过规定限值且无损伤：

- 额定的最高环境温度；
- 最低频率和最高频率；
- 额定连续热电流；
- 辅助电源电压和二次负荷的综合作用，使二次转换器具有最大的内部功率消耗。

变送器在其端子通过一次电流为额定热连续电流，连接负荷时，其温升不应超过表 4 所列的相应值。

这些值是以第 4 章给定的使用条件为依据。

如果规定环境温度值超过 4.1 的给定值，表 4 的允许温升应减去环境温度的超过值。

变送器的温升由所用技术的最低绝缘等级限定。各绝缘等级的最高温升列于表 4。

额定温升限定值应符合表 4 的要求，也可由制造厂家提供，对未提供的采用下述限定值：
外表面 25K，内部 60K。

表 4 变送器的温升限值

绝缘等级（依据 GB/T 11021）	最高温升/K
浸于油中的所有等级	60
浸于油中且全密封的所有等级	65
填充沥青胶的所有等级	50
不浸油或不充沥青的各等级	
Y	45
A	60
E	75
B	85
F	110
H	135

注：对于某些材料（如树脂），制造方应指明其相应的绝缘等级。

6.4 准确度等级

6.4.1 准确度等级的标称

变送器准确度等级以准确限值电压（电流）和准确限值频率范围内所规定的最大相对误差的百分数来表示。

6.4.2 基本准确度等级

依据变送器的量程比，准确度等级分普通级和 S 级，S 级又分为 S1 级、S2 级、S3 级和 S4 级。详细分级如下：

普通级的标准准确度等级为：0.05、0.1、0.2、0.5、1、2；

S1 级的标准准确度等级为：0.1S1、0.2S1、0.5S1；

S2 级的标准准确度等级为：0.1S2、0.2S2、0.5S2；

S3 级的标准准确度等级为：0.1S3、0.2S3、0.5S3；

S4 级的标准准确度等级为：0.1S4、0.2S4、0.5S4。

6.4.3 直流准确度等级

能测量直流分量的变送器，应标注直流准确度等级，直流准确度等级应以该准确度等级在额定电压和/或额定电流下所规定的最大允许误差百分数来表示。其准确度等级的划分同基本准确度等级。

6.4.4 误差限值

在准确限值频率范围内，普通级、S 级变送器的比值误差和相位误差应不超过表 5~表 9 相应误差限值。

表 5 普通级测量用互感器误差限值

准确度等级	比值误差 (±%)			相位误差 (±′)		
	U _{max} (I _{max}) 百分值			U _{max} (I _{max}) 百分值		
	10	20	100	10	20	100
0.05	0.1	0.05	0.05	5	2	2
0.1	0.2	0.1	0.1	10	5	5
0.2	0.5	0.2	0.2	30	15	10
0.5	1	0.5	0.5	60	30	30
1	2	1	1	120	60	60
2	4	2	2	240	120	120

表 6 S1 级测量用互感器误差限值

准确度等级	比值误差 (±%)				相位误差 (±′)			
	U _{max} (I _{max}) 百分值				U _{max} (I _{max}) 百分值			
	2	5	20	100	2	5	20	100
0.05S1	0.1	0.05	0.05	0.05	5	2	2	2
0.1S1	0.2	0.1	0.1	0.1	10	5	5	5
0.2S1	0.5	0.2	0.2	0.2	15	10	10	10
0.5S1	1	0.5	0.5	0.5	60	30	30	30

表 7 S2 级测量用互感器误差限值

准确度等级	比值误差 (±%)					相位误差 (±′)				
	U _{max} (I _{max}) 百分值					U _{max} (I _{max}) 百分值				
	0.5	1	5	20	100	0.5	1	5	20	100
0.05S2	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	5	2	2	2	2
0.1S2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	10	5	5	5	5
0.2S2	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	20	10	10	10	10
0.5S2	1	0.5	0.5	0.5	0.5	60	30	30	30	30

表 8 S3 级测量用互感器误差限值

准确度等级	比值误差 (±%)					相位误差 (±′)				
	U _{max} (I _{max}) 百分值					U _{max} (I _{max}) 百分值				
	0.2	0.5	5	20	100	0.2	0.5	5	20	100
0.05S3	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	5	2	2	2	2
0.1S3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	10	5	5	5	5
0.2S3	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	20	10	10	10	10
0.5S3	1	0.5	0.5	0.5	0.5	60	30	30	30	30

表 9 S4 级测量用变送器误差限值

准确度等级	比值误差 (±%)					相位误差 (±′)				
	U _{max} (I _{max}) 百分值					U _{max} (I _{max}) 百分值				
	0.1	0.2	2	20	100	0.1	0.2	2	20	100
0.05S4	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05	5	2	2	2	2
0.1S4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	10	5	5	5	5
0.2S4	0.5	0.2	0.2	0.2	0.2	20	10	10	10	10
0.5S4	1	0.5	0.5	0.5	0.5	60	30	30	30	30

注 1: 其中相位误差是指参考频率 f₀ 下的相位误差。

注 2: 当 f < f₀ 时, 相位误差限值需满足表 5~表 9 限值; 当 f > f₀ 时, 相位误差限值允许放宽至表 5~表 9 限值的 f/f₀ 倍。

注 3: 在测量功率时, 允许以电压与电流的相位差的误差代替相位误差。

6.4.5 量程比

普通级的量程比应不小于 5, S1 级的量程比应不小于 20, S2 级的量程比应不小于 100, S3 级的量程比应不小于 200, S4 级的量程比应不小于 500。

6.5 传输系统和输出链接

变送器能在制造方规定的传输系统缆线和输出链接的最大长度下运行, 且比值误差和相位误差应不超过表 5~表 9 相应的误差限值。

注: 变频电量测量场合通常电磁环境复杂, 模拟量输出变送器的传输系统的缆线长度, 规格、布线方式、接地、屏蔽等都有可能影响变送器的测量准确度, 需特别注意。

6.6 影响量

当变送器在参比条件下, 一个影响量按照表 10 的要求改变时, 由该影响量引起的以等级指数百分数表示的改变量应不超过表 10 规定。改变量的计算方法如下:

$$\text{改变量} = \frac{X - R}{F} \times 100 \quad \text{和} \quad \text{改变量} = \frac{Y - R}{F} \times 100$$

式中:

X——影响量下限时输出值;

Y——影响量上限时的输出值;

R——参比条件下的输出值;

F——标准 (基准) 值。

表 10 标称使用范围极限和允许改变量

序号	影响量	参比条件 (另有标志除外)			允许改变量 (以等级指数的百分数表示)
		使用组别 I	使用组别 II	使用组别 III	
1	环境温度	20℃、23℃	15℃~30℃	0℃~45℃	100%
2	辅助电源电压	标称电压 ±10%		标称电压 ±20%	50%
3	辅助电源频率	标称频率 ±10%		标称频率 ±20%	50%
4	自热影响	通电 (1~3) min 与通电 (30~35) min			100%
5	二次负荷 (适用模拟量)	0~25%			0%

6.7 频率特性

变送器应描绘出带宽范围内的幅频特性曲线和相频特性曲线。

在准确限值频率范围内，比值误差和相位误差应满足表 5~表 9 相应的误差限值。

在准确限值上限频率与带宽上限频率之间和在准确限值下限频率与带宽下限频率之间，比值误差劣化量不应大于 3dB。

6.8 上升时间

变送器的上升时间不应大于标称上升时间，带宽不应小于标称带宽。

上升时间 t_r 与带宽 (BW) 的关系可用下述公式进行转换：

$$t_r = 0.35/BW$$

式中：BW 的单位为 Hz， t_r 的单位为 s。

例如：某变送器的上升时间为 $50 \mu s$ ，那么其带宽为 7kHz。

上升时间试验和带宽试验可根据情况任选一个进行。

6.9 输出延时

输出延时时间不大于额定延时。

6.10 电磁兼容发射要求

GB 4824 所考虑的发射限值适用于变送器，且应进行相应试验。

变送器的发射限值应满足 GB 4824 规定的 A 级或 B 级要求。

6.11 电磁兼容抗扰度要求

变送器应能承受表 11 规定的抗扰度试验，性能判据参见表 12。

表 11 抗扰度等级

端口	现象	试验方法标准	等级	性能判据
直流电源 输入端口	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	2kV / 5kHz	B
	电压暂降、短时中断	GB/T 17626.11	/	A
信号和控制 端口	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	2kV / 5kHz	B
	射频传导，共模	GB/T 17626.6	(80~1000)MHz, 30V/m 80%调幅 (1kHz)	B
交流电源 输入端口	电快速瞬变脉冲群	GB/T 17626.4	4kV / 5kHz	B
	射频传导，共模	GB/T 17626.6	(0.15~80)MHz, 10V/m 80%调幅 (1kHz)	B
	电压暂降、短时中断	GB/T 17626.11	/	A
	浪涌 (冲击)	GB/T 17626.5	4kV, 1.2 μs /50 μs	A
	射频电磁场、调幅	GB/T 17626.3	(80~1000)MHz, 30V/m 80%调幅 (1kHz)	B
外壳 (变送器)	工频磁场	GB/T 17626.8	100A/m	B
	脉冲磁场	GB/T 17626.9	1000A/m	B

表 12 抗扰度试验的性能判据

被试设备 (EUT)	判据 A	判据 B
运行状态	无变化	仅有短暂变化
计量特性	基本误差无改变	基本误差改变量不超过 50%
控制信号和输出信号	无变化	仅有短暂变化

6.12 振动

变送器的振动试验等级应根据使用组别按 GB/T 2423.56 的要求进行选择, 表 13 为推荐值。振动试验后, 其计量性能应不发生改变。

表 13 机械环境使用组别

组别	振动试验等级		
	频率范围	加速度谱密度	持续时间
I	(5~500) Hz	0.5	10min
II		1.0	30min
III		5.0	30min

注: 上表等级数为推荐值。制造商也可与用户商定试验等级, 最长持续时间300min。

7 试验方法

7.1 外观检查

目视检查外壳及接线端子, 应符合 6.1.2 的要求。

7.2 工频耐受电压试验

试验电压应根据设备最高电压取表 3 中的相应电压值, 持续时间为 60s。

试验时, 变送器一次端子需短接, 二次端子 (包括缆线接口的数字量输出端子), 辅助电源输入端子全部互相短接并接大地。试验电压施加在一次端子与大地之间。

采用光纤输出的变送器, 施加在一次端子与工作电源的输入端子之间。

7.3 温升试验

变送器在 6.3 给定的条件下连续运行, 若变送器表面温度变化值每小时不超过 1K 时, 即认为变送器已达到稳定温度。

试验场地的温度应在 10℃ 和 30℃ 之间。

试验时, 变送器应按代表实际情况的状态放置。

温升测量可以用温度计、热电偶或其他适当装置。

对变送器预期最热部位的温升应进行代表性测量。

如果试验结果如下, 则认为变送器符合 6.3 的要求。

- a) 温升符合 6.3 规定的限定值。
- b) 冷却到室温后能满足下列要求。
 - 无可见损伤。

- 其误差与试验前的差异，不超过其准确度等级相应误差限值的 1/2。

7.4 准确度试验

7.4.1 准确度试验条件

- 在预处理和测量基本误差之前，应在参比条件下，按照生产厂家说明书要求对变送器进行初调（生产厂家未要求时不做）。但在进行周期检定时，不得进行初调。
- 变送器的基本误差往往与变送器的安装方式有关，应采用厂家推荐的安装方式，但应使传输链路达到标称的最大距离。
- 在表 14 规定的条件下，将变送器接入线路进行预处理。

变送器的预处理时间可根据其自热影响的大小适当延长或缩短，确定方法如下：变送器完成预处理时的误差与通电到使其内部达到热平衡时的误差之差不超过基本误差限值的 1/5。标准表的预处理时间按其技术要求确定。

表 14 预处理条件

试验条件	要求
电压（包括辅助电源）	标称值
电流	标称值
频率	参比值
功率因数	参比值
从接入线路到开始测定误差的时间	30min

- 按规定进行预处理后，可根据需要按生产厂家说明书对可供用户调节的装置进行调节。当生产厂家未作说明时，调整零位应在辅助电源施加标称电压、被测量为零值时的条件下进行（带有隐零位的变送器除外）。
- 测量基本误差时，所有影响量都应保持参比条件。每个影响量的参比条件和试验用允许偏差见表 15。

表 15 影响量的参比条件和试验用允许偏差

影响量	参比条件 (另有标志除外)	试验时允许有偏差 ^① (适用于一个参比值)
环境温度	按标志	
使用组别		
I（一般用途）	15℃~30℃	±1℃
II（恶劣环境用途）	0℃~45℃	—
输入量波形	正弦波	畸变因数×100 不超过等级指数，除生产厂家另有规定外
输出负载	标称使用范围平均值 ^②	±1%
辅助电源	交流电压	标称值
	直流电压	标称值
	频率	标称值
注：① 当标志为参比范围时，不允许有偏差。 ② 对于带有固定负载的变送器，应为所带的实际负载值。		

7.4.2 改变量的试验条件

- a) 应对每一影响量测定改变量，试验时其他影响量应保持参比条件。
- b) 当给定一个参比值时，影响量可在该值与标称使用范围内的任一值之间变化。当给定一个参比范围时，影响量可在参比范围的每一误差限值及标称使用范围中与该误差限值邻近的任一值之间变化。

标称使用范围极限和允许改变量见表 15。

- c) 测定改变量时，如有可能，应避免对标准表施加影响量。否则，当标准表和被检变送器承受相同的影响量时，应确保前者的改变量不超过后者改变量的 1/4。

7.4.3 参考频率下的准确度试验

对于电流变送器，在参考频率（50Hz 或 60Hz）、额定负荷（仅模拟量输出变送器）和功率因数为 1 以及正常工作温度条件下，按照表 5～表 9 列出的电流值进行电流准确度试验。电流的比值误差及相位误差应能满足 6.4.4 的要求。

对于电压变送器，在参考频率（50Hz 或 60Hz）、额定负荷（仅模拟量输出变送器）和功率因数为 1 以及正常工作温度条件下，按照表 5～表 9 列出的电压值进行电压准确度试验。电压的比值误差及相位误差应能满足 6.4.4 的要求。

对于功率变送器，在输入电压/电流为准确限值下限、频率为参考频率（50Hz 或 60Hz）、额定负荷（仅模拟量输出变送器）和功率因数为 1 以及正常工作温度条件下，按照表 5～表 9 列出的电流/电压值、进行试验。电压、电流的比值误差及两者的相位差误差、以及功率误差应能满足 6.4.4 的要求。

注：对于内部多量程变送器，每个量程选择量程转换的上限点和下限点。最大量程的上限点用准确限值上限取代，最小量程的下限点用准确限值下限取代。

7.4.4 不同频率下的准确度试验

在变送器准确限值频率范围内，选取上、下限两个频率点和范围内的 3 个频率点重复 7.4.3 的试验。

按下一频率点与上一频率点的倍数相等的原则选取中间频率点。对于标称频率范围较宽的变送器，可适当增加试验频率点。电压、电流的比值误差及两者相位差的误差、以及功率误差应能满足 6.4.4 的要求。

7.5 传输系统和输出链接检查

在变送器准确度试验时一并得到验证，无需进行额外试验。变送器的比值误差和相位误差应不超过表 5～表 9 相应的误差限值。

7.6 影响量试验

7.6.1 环境温度影响试验

根据表 10 给出的参比值，按照 GB/T 2423.1 和 GB/T 2423.2 规定分别对散热试验样品进行低高温环境试验。待试验样品的温度稳定时，按有关标准规定对其通电，并进行准确度试验，变送器的误差改变量应能满足表 10 的要求。试验持续时间 8h 或 16h，升（降）温变化速率不大于 1℃/10min（不超过 5min 时间的平均值）。

7.6.2 电源电压影响试验

根据表 10 给出的参比值，分别进行工作电源电压上、下限试验。待工作电源电压上、下限处于稳

定状态后，进行准确度试验，变送器的误差改变量应能满足表 10 的要求。

7.6.3 电源频率影响试验

根据表 10 给出的参比值，分别进行工作电源频率上、下限试验。待工作电源频率上、下限处于稳定状态后，进行准确度试验，变送器的误差改变量应能满足表 10 的要求。

7.6.4 自热影响试验

根据表 10 给出的参比值，分别在变送器通电开始时和试验结束前，进行准确度试验，前后两次的变送器的误差改变量不应超出表 10 规定。

7.7 频率特性试验

在准确限值上限频率至带宽上限频率之间和在准确限值下限频率至带宽下限频率之间以及准确限值频率范围内，各频率段等倍数选择不少于 3 个频率点，在额定电压或额定电流下进行准确度试验，记录标准表及变送器输出的幅值和相位，绘制幅频特性和相频特性曲线。在带宽范围内变送器的频率特性应满足 6.7 条的要求。

7.8 上升时间试验

输入一个阶跃信号，记录变送器的输出波形，观测波形计算上升时间。

阶跃信号应当用带宽高于被检变送器 10 倍以上的信号源产生，以保证阶跃信号本身的上升时间可以忽略不计。

7.9 输出延时试验

- a) 对于模拟量输出的变送器，在被检变送器一次端输入一频率为 f 的正弦信号，使用已校准的变频电量分析仪同时记录变送器一次端和二次端的波形，并测量两个波形间的相位差 $\Delta\phi$ 。

$$t_r = \Delta\phi/360f$$

t_r 应满足 6.9 的要求。

- b) 对于数字量输出的变送器，可与标准变送器同时测量同一输入信号，采用可兼容被检变送器和标准变送器通讯的二次仪表，记录由数字量还原的波形的相位差，方法同 a)。

7.10 电磁兼容发射试验

电磁兼容发射试验应按照 GB 4824 的试验程序进行。试验限值的规定值为组 1、A 级。试验优先在组装完整的条件下进行，为试验简便如果有的部件不包含电子器件，则可以只对其余的部件进行试验。

7.11 电磁兼容抗扰度试验

7.11.1 射频电磁场抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.3 中规定，在下列条件下进行：

- 根据型号规格，作为台式或落地设备试验；
- 暴露于电磁场中的电缆长度：1m；
- 频率范围：80MHz~2000MHz；
- 在 1kHz 正弦波上以 80%调幅载波调制；
- 变送器处于工作状态；

- 电压线路和辅助线路通以参比电压和参比频率；
- 电流线路通以额定电流；
- 未调制的试验场强：30V/m。

在试验时应不使变送器的状况紊乱且误差的改变应满足 6.11 条规定。

7.11.2 快速瞬变脉冲群试验

试验应按 GB/T 17626.4 中规定，在下列条件下进行：

- 根据型号规格，作为台式或落地设备试验；
- 变送器处于工作状态；

- 电压线路和辅助线路通以参比电压和参比频率；
- 电流线路通以额定电流。

- 在耦合器与 EUT 之间的电缆长度： $\leq 1\text{m}$ ；

- 试验电压应以共模方式（线对地）作用于：

- 电压线路；
- 电流线路，如果在正常使用时与电压线路是隔离的；

- 辅助线路，如果在正常使用时与电压线路是隔离的；

- 在电流线路和电压线路上的试验电压为：4kV；

- 在参比电压超过 40V 的辅助线路上的试验电压为：2kV；

- 试验时间：每一极性 60s。

在试验时应不使变送器的状况紊乱且误差的改变应满足 6.11 条规定。

7.11.3 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.6 中规定，在下列条件下进行：

- 根据型号规格，作为台式或落地设备试验；
- 变送器处于工作状态；

- 电压线路和辅助线路通以参比电压和参比频率；
- 电流线路通以额定电流。

- 频率范围：150kHz~80MHz；

- 电压水平：10V。

在试验时应不使变送器的状况紊乱且误差的改变应满足 6.11 条规定。

7.11.4 浪涌抗扰度试验

试验应按 GB/T 17626.5 中规定，在下列条件下进行：

- 变送器处于工作状态；

- 电压线路和辅助线路通以参比电压和参比频率；
- 电流线路无电流或电流端应开路；

- 浪涌发生器与 EUT 之间的电缆长度：1m；

- 以差模方式（线对线）试验；

- 相位角：在相对于交流电源零位的 60° 和 240° 施加脉冲；

- 在电流线路和电压线路（干线）上的试验电压：4kV，发生器电源阻抗： 2Ω ；

- 在参比电压超过 40V 的辅助线路上的试验电压：1kV，发生器电源阻抗： 42Ω ；

- 试验次数：每一极性 5 次；

——重复速率：最大1次/min。

在试验时，变送器的状况、功能或性能有暂时的降低或失去是容许的。但误差的改变应满足6.11条规定。

7.11.5 工频磁场抗扰度试验

试验应按GB/T 17626.8中规定，在下列条件下进行：

- 根据型号规格，作为台式或落地设备试验；
- 变送器处于工作状态；
 - 电压线路和辅助线路通以参比电压和参比频率；
 - 电流线路通以额定电流；
- 试验应通过移动感应线圈来重复进行，在每个正交方向对EUT的整体进行试验；
- 工频磁场强度：100A/m。

在试验时应不使变送器的状况紊乱且误差的改变应满足6.11条规定。

7.11.6 脉冲磁场抗扰度试验

试验应按GB/T 17626.9中规定，在下列条件下进行：

- 根据型号规格，作为台式或落地设备试验；
- 变送器处于工作状态；
 - 电压线路和辅助线路通以参比电压和参比频率；
 - 电流线路通以额定电流；
- 试验应通过移动感应线圈来重复进行，在每个正交方向对EUT的整体进行试验；
- 脉冲磁场强度：1000A/m。

在试验时应不使变送器的状况紊乱且误差的改变应满足6.11条规定。

7.12 贮存环境条件试验

每项气候试验后，变送器应无损坏且能正常工作。

7.12.1 高温试验

试验应按GB/T 2423.2，在下列条件下进行：

- 变送器在非工作状态下；
- 温度： $+55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，I和II类变送器；
 $+70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，III类变送器；
- 试验时间：72h。

7.12.2 低温试验

试验应按GB/T 2423.1，在下列条件下进行：

- 变送器在非工作状态下；
- 温度： $-25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，I和II类变送器；
 $-40^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，III类变送器；
- 试验时间：72h，I和II类变送器；
16h，III类变送器。

7.12.3 交变湿热试验

试验应按 GB/T 2423.4，在下列条件下进行：

- 变送器辅助电路通参比电压；
- 交变方式：1
- 温度上限：40℃±2℃，I 和 II 类变送器；
55℃±2℃，III 类变送器；
- 不采取特别措施来消除表面潮气；
- 试验时间：2 个周期。

此项试验结束 24h 后，还应经受下列试验：

- a) 按 7.2 条进行工频耐受电压试验；
- b) 进行功能性检查，变送器应无损坏且能正常工作，也不应出现影响功能的表面腐蚀痕迹。

7.13 振动试验

按 GB/T 2423.56 “试验 Fh” 进行。受试样品按工作位置固定在振动台上，进行初始检测。受试样品在非工作状态下，按表 13 规定值，分别对三个垂直的轴线方向进行振动。对于第 3 级受试样品，试验应在加电运行检查程序的工作条件下进行。试验结束后，样品应能正常工作，且计量性能应满足 6.4.4 的要求。

8 检验规则

本标准所规定的试验分为例行试验、型式试验和特殊试验。

8.1 例行试验

每台变送器都应承受的试验。

8.2 型式试验

对每种变送器所进行的试验，用以验证按同一技术规范制造的变送器均应满足、且在例行试验中包括的要求。在具有较小差别的变送器上所做的型式试验，或在改动的分组部件上所做的型式试验，其有效性应经制造方和用户协商同意。

8.3 特殊试验

型式试验或例行试验之外经制造方和用户协商同意的试验，具体试验项目由双方共同确定。各类试验的试验项目和顺序按表 16 进行。

表 16 试验项目

序号	试验项目	要求	试验方法	型式试验	例行试验
1	外观	6.1.2	7.1	●	●
2	工频耐受电压	6.2	7.2	●	●
3	温升	6.3	7.3	●	○
4	准确度	6.4	7.4	●	●
5	影响量	6.6	7.6	●	○

表 16 试验项目 续

序号	试验项目	要求	试验方法	型式试验	例行试验
6	频率特性	6.7	7.7	●	○
7	上升时间	6.8	7.8	●	○
8	输出延时	6.9	7.9	●	○
9	电磁兼容发射	6.10	7.10	●	○
10	电磁兼容抗扰度	6.11	7.11	●	○
11	贮存环境条件	4.1	7.12	●	○
12	振动	6.12	7.13	●	○

注：表格中“●”表示需检项目，“○”表示可不检项目，试验顺序按本表序号顺序进行。

9 标志、检验合格证、包装

9.1 标志

变送器外壳表面（或产品说明书）应有下列标志和符号：

- a) 制造厂名或商标；
- b) 产品型号；
- c) 序号或日期；
- d) 接线端子；
- e) 准确度等级；
- f) 准确限值频率范围；
- g) 被测量种类线路数（符号 B-2，B-4 或 B-6 到 B-10）；
- h) 测量范围；
- i) 输出电流（电压）和输出负载的范围；
- j) 辅助电源值；
- k) 传输系统链路的最大长度或最大传输距离。

9.2 检验合格证

每台出厂产品应有检验合格证，检验合格证应有如下内容：

- 产品名称、型号；
- 制造厂名称；
- 出厂检验结论（必要时提供检验数据）、检验日期；
- 检验员标识或检验代号。

9.3 包装

包装箱应符合防潮、防尘、防震、运输的要求。

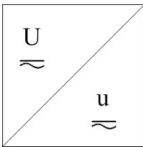
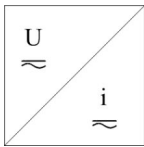
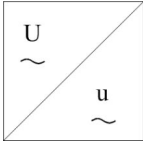
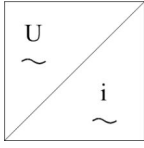
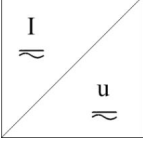
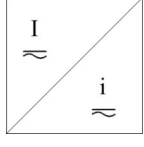
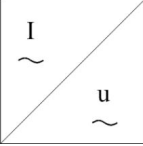
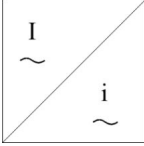
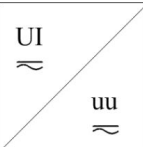
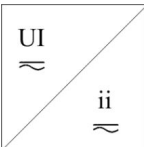
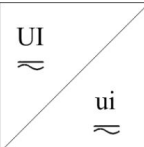
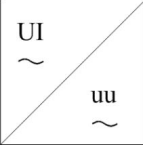
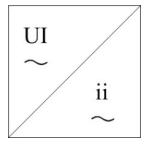
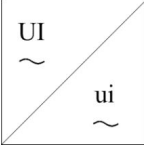
单个包装箱内应有使用说明书、保修卡、检验合格证及装箱清单。

附录 A
图形符号和端子标志

A.1 图形符号

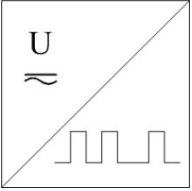
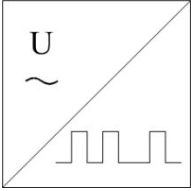
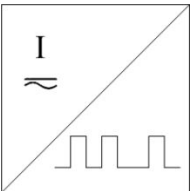
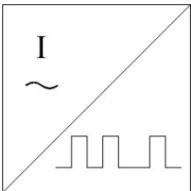
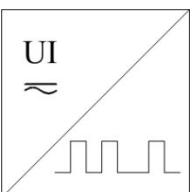
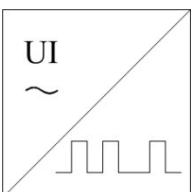
A.1.1 模拟量输出变送器图形符号

表 A.1 模拟量输出变送器图形符号

输出类型 输入类型	电压型	电流型	混合型
电压型 (可测直流)	 A-1	 A-3	
电压型 (交流)	 A-2	 A-4	
电流型 (可测直流)	 A-5	 A-7	
电流型 (交流)	 A-6	 A-8	
组合型 (可测直流)	 A-9	 A-11	 A-13
组合型 (交流)	 A-10	 A-12	 A-14

A.1.2 数字量输出变送器图形符号

表 A.2 数字量输出变送器图形符号

是否可测量直流 输入类型	是	否
电压型	 B-1	 B-2
电流型	 B-3	 B-4
组合型	 B-5	 B-6

A.1.3 端子标志

对于一次电压输入，以大写字母 A、B、C 表示对地全绝缘一次端子，N 表示非全绝缘一次端子。

对于一次电流输入，以 P1、P2 表示高端与低端。

对于模拟量输出变送器，不论输出为电压型还是电流型，输入为电压的，二次端子与一次端子 A、B、C、N 对应，分别以小写字母 a、b、c、n 表示。输入为电流的，二次端子以 S1、S2 表示。

对于数字量输出变送器，依据所采用的技术不同，二次端子型式和数量都可能不同，二次端子统一用 T/R 表示，表示一组带收发功能的链接端子。

A.1.3.1 模拟量输出变送器端子标志

表 A.3 模拟量输出的变送器端子标志

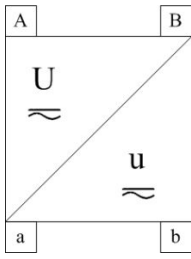
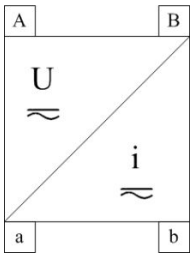
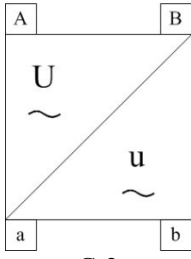
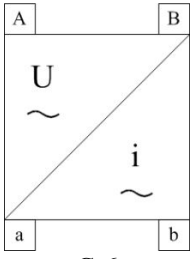
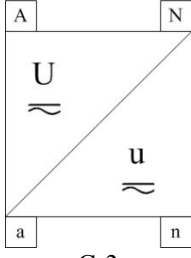
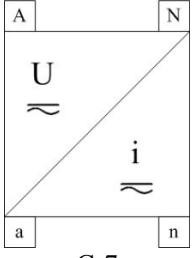
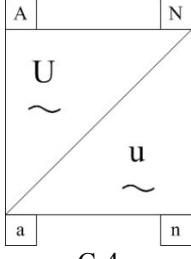
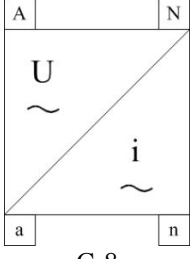
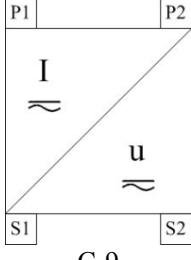
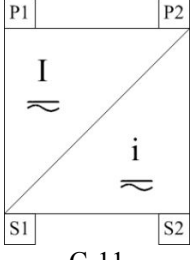
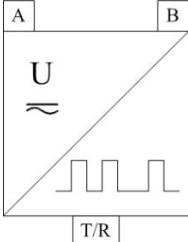
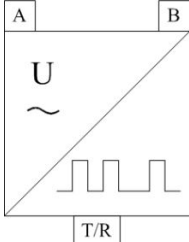
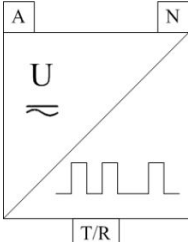
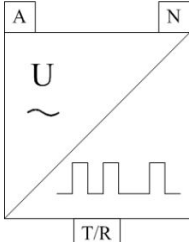
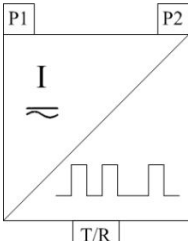
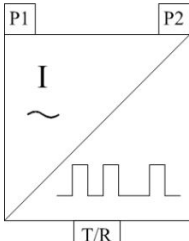
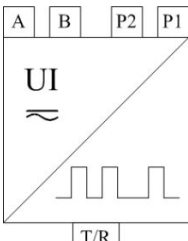
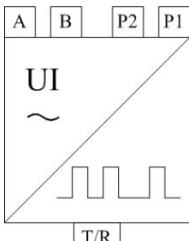
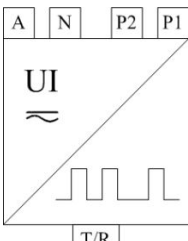
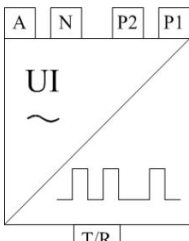
输出类型 输入类型	电压型	电流型	混合型
电压型 (可测直流、全绝缘)	 <p>C-1</p>	 <p>C-5</p>	
电压型 (交流、全绝缘)	 <p>C-2</p>	 <p>C-6</p>	
电压型 (可测直流、非全绝缘)	 <p>C-3</p>	 <p>C-7</p>	
电压型 (交流、非全绝缘)	 <p>C-4</p>	 <p>C-8</p>	
电流型 (可测直流)	 <p>C-9</p>	 <p>C-11</p>	

表 A.3 模拟量输出的变送器端子标志 续

输出类型 输入类型	电压型	电流型	混合型
电流型 (交流)	<p>C-10</p>	<p>C-12</p>	
组合型 (可测直流、电压 端子全绝缘)	<p>C-13</p>	<p>C-17</p>	<p>C-21</p>
组合型 (交流、电压端子 全绝缘)	<p>C-14</p>	<p>C-18</p>	<p>C-22</p>
组合型 (可测直流、电压端 子非全绝缘)	<p>C-15</p>	<p>C-19</p>	<p>C-23</p>
组合型 (交流、电压端子非 全绝缘)	<p>C-16</p>	<p>C-20</p>	<p>C-24</p>

A.1.3.2 数字量输出变送器端子标志

表 A.4 模拟量输出变送器端子标志

是否可测量直流 输入类型	是	否
电压型 (全绝缘)	 <p>D-1</p>	 <p>D-2</p>
电压型 (非全绝缘)	 <p>D-3</p>	 <p>D-4</p>
电流型	 <p>D-5</p>	 <p>D-6</p>
组合型 (电压端子全绝缘)	 <p>D-7</p>	 <p>D-8</p>
组合型 (电压端子非全绝缘)	 <p>D-9</p>	 <p>D-10</p>

附录 B 试验装置和试验线路

B.1 试验装置的基本要求

B.1.1 试验装置的等级指数和允许的测量误差

试验变压器时所用的试验装置等级指数及试验装置在表 10 规定的参比条件下对被检变送器的测量误差（以被检变送器测量上限的百分数表示），应不超过表 B.1 规定。测量误差应由试验确定。

表 B.1 试验装置的等级指数和允许的测量误差

被检变送器的等级指数	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0
试验装置的等级指数	0.02	0.05	0.05	0.1	0.2	0.5
试验装置允许的测量误差（%）	±0.02	±0.05	±0.05	±0.1	±0.2	±0.5

B.1.2 试验装置允许的标准偏差估计值

评定试验装置测量准确度（重复性）的标准偏差估计值应由试验确定，其值应不超过表 B.2 规定。

表 B.2 试验装置允许的标准偏差估计值

测量对象	试验装置的等级指数				
	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5
	允许的标准偏差估计值				
电压、电流（%）	0.006	0.01	0.02	0.04	0.05
相位（'）	0.3	0.4	1	2	6

B.1.3 试验装置监视表

试验装置中每相电路均应装设 0.5 级监视表。

对于频率可以调节的试验装置，应装设 1 级（检测非频敏变送器时）或 0.05 级（检测频敏变送器时）频率监视表。

对于使用微差法检测变送器的装置，应装设变送器输出电压和输出电流监视表，其等级指数应为 0.5。

B.1.4 试验装置的量程

试验装置的量程应该等于或大于被检变送器的量程，但不能超过后者的 150%。

B.1.5 试验装置的幅值调节要求

试验装置的电流、电压调节器应能平稳地从零值调节到标称值的 120%。其调节细度应能保证试验装置输出的分辨力优于其基本误差限值的 1/5。

B.1.6 试验装置的相位调节要求

各相电压与电流之间的相位差应能在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 范围内调节，其调节细度应不大于 $30'$ 。对于具有测量相位变送器功能的试验装置，其调节细度应不大于其相位测量误差（绝对误差）限值的 1/5。移

相引起的电流、电压变化应不超过±1.5%。

B.1.7 试验装置的稳定度要求

试验装置输出电流、电压、功率的稳定度应不超过表 B.3 的规定。其频率稳定度应不超过 1%（非频敏变送器试验时）或 0.05%（频敏变送器试验时）。但当装置具有测量频率功能时，其频率稳定度应参照表 B.3 要求。

表 B.3 试验装置输出稳定度

试验装置等级指数		0.02	0.05	0.1	0.2	0.5
电流、电压、功率 输出稳定度 (%)	比较法	0.01	0.02	0.05	0.05	0.1
	微差法	0.05	0.1	0.1	0.2	0.5

注：对于采用数字电桥法试验电路，仅测量复合误差时，对试验装置的稳定度可降低到试验装置等级指数的 2 倍。

B.2 模拟量输出变送器的准确度测量试验线路

B.2.1 模拟量输出电压变送器准确度测量试验线路

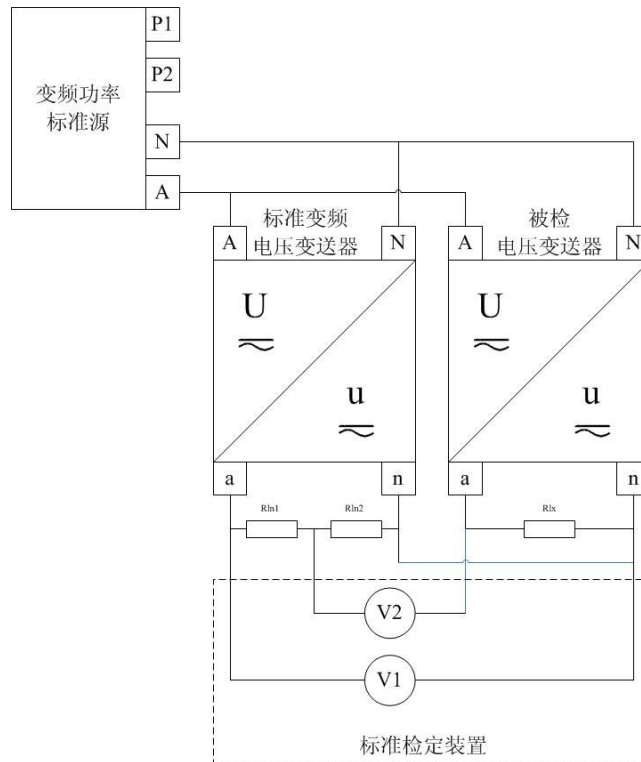


图 B.1 模拟量输出电压变送器准确度测量试验线路

图 B.1 中，电压变送器为电压输出型，被检变送器输出接额定二次负荷 R_{1x} 。对于电流输出型， R_{1x} 同样为额定二次负荷，输出电流经过 R_{1x} 后，转变为电压信号。即：不论电压输出型，还是电流输出型，输入标准检定装置都是电压信号。

对于电流输出型变送器， R_{1x} 必须是高精度的无感电阻，必须经过试验证明其在不同频率下的准确度方可使用。

标准变送器与被检变送器应具有相近的一次额定电压和相同的变比。若变比不同，标准变送器的额定二次电压应当高于被检变送器的额定二次电压。标准变送器输出经 R_{1n1} 和 R_{1n2} 分压后，变比与被检变送器相同。

R_{1n1} 和 R_{1n2} 必须是高精度的无感电阻，必须经过试验证明其在不同频率下的准确度方可使用。

标准检定装置中的电压表 V1 测量值作为标准值，电压表 V2 为标准变压器和被检变压器输出的差值。由 V2 示值可以计算出被检变压器的复合误差。分析 V2 和 V1 的相位关系结合复合误差可以计算出被检变压器的比值误差和试验频率下的相位误差。

B.2.2 模拟量输出电流互感器准确度测量试验线路

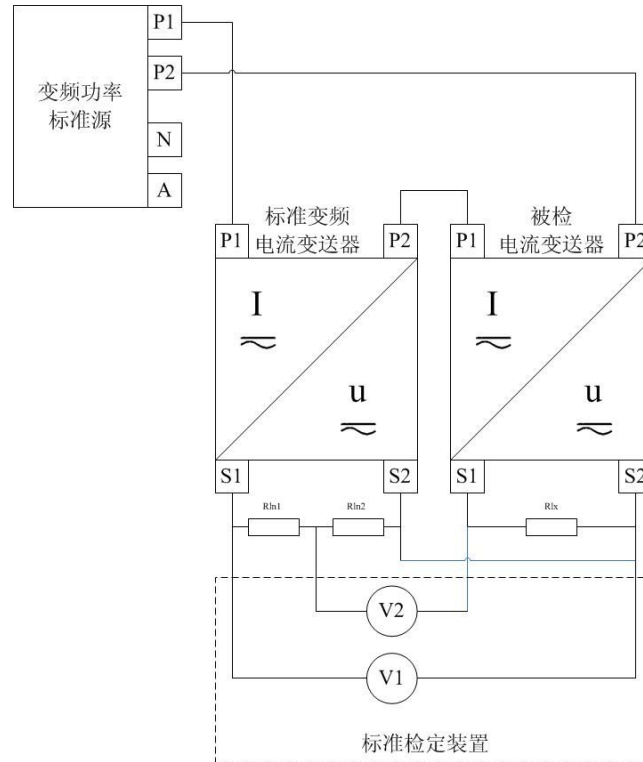


图 B.2 模拟量输出电流互感器准确度测量试验线路

图 B.2 中，电流互感器为电压输出型，被检互感器输出接额定二次负荷 R_{1x} 。对于电流输出型， R_{1x} 同样为额定二次负荷，输出电流经过 R_{1x} 后，转变为电压信号。即：不论是电压输出型，还是电流输出型，输入标准检定装置的都是电压信号。

对于电流输出型互感器， R_{1x} 必须是高精度无感电阻，且必须经过试验证明其在不同频率下的准确度方可使用。

标准互感器与被检互感器应具有相近的一次额定电压和相同的变比。若变比不同，标准互感器的额定二次电压应当高于被检互感器的额定二次电压。标准互感器输出经 R_{1n1} 和 R_{1n2} 分压后，变比与被检互感器相同。

R_{1n1} 和 R_{1n2} 必须是高精度无感电阻，且必须经过试验证明其在不同频率下的准确度方可使用。

标准检定装置中的电压表 V1 测量值作为标准值，电压表 V2 为标准互感器与被检互感器输出的差值。由 V2 示值可计算出被检互感器的复合误差。分析 V2 和 V1 的相位关系结合复合误差可计算出被检互感器的比值误差和试验频率下的相位误差。

B.2.3 模拟量输出互感器及系统准确度测量试验线路

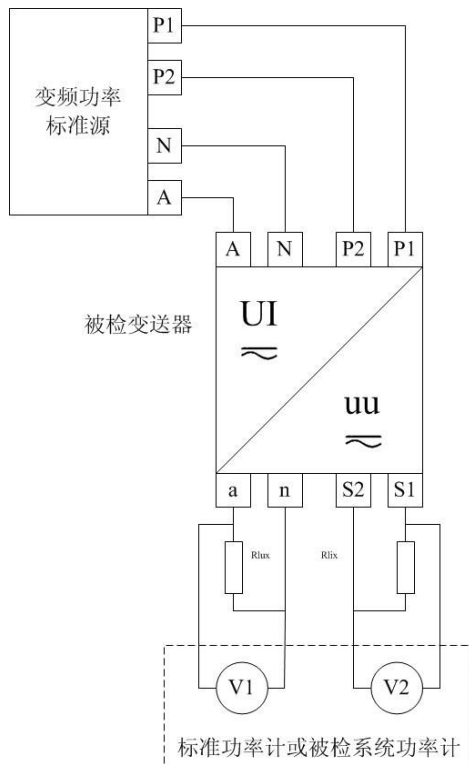


图 B.3 模拟量输出功率变送器准确度测量试验线路

本线路图采用直接比对法测量被检变送器的电压、电流比值误差及功率变送器中电压与电流相位差的相位误差，忽略电压通道和电流通道本身的相位误差，作为功率测量需要，这种方式是可以接受的。并且，试验线路较易实现。

图 B.3 中，标准值由变频功率标准源直接给出。被检变送器的输出可以接标准功率计或实际使用的系统的功率计。采用后者时，测量的是被检变送器和配套功率计的总误差，即系统误差。

对于模拟量输出变送器，最终读数的准确度除了与变送器本身相关之外，还与配套功率计，变送器辅助电源，传输系统、变送器与功率计的阻抗匹配及两者的量程匹配等均有关系。而这些环节的误差影响，往往很难分项逐一进行准确的测量，因此，本试验方案作为系统准确度检定具有较大的现实意义。

B.3 数字量输出变送器的准确度测量试验线路

B.3.1 数字量输出电压变送器准确度测量试验线路

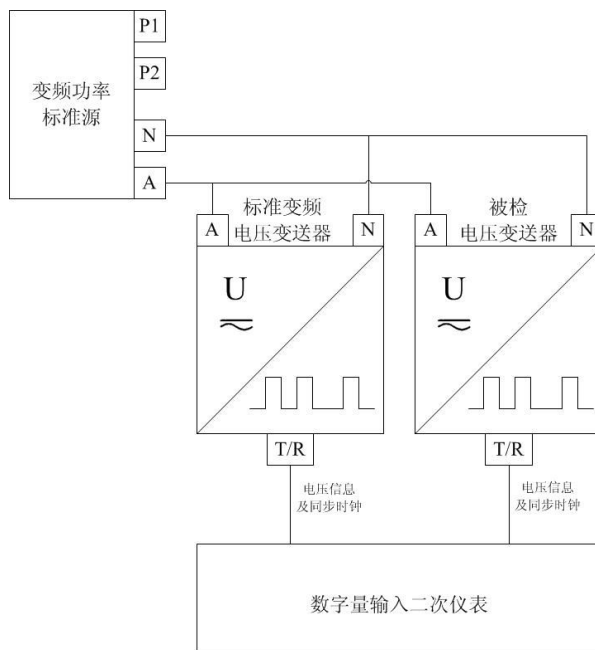


图 B.4 数字量输出电压互感器准确度测量试验线路

被检电压互感器和标准变频电压互感器的测量输出同时接到数字量输入二次仪表。通过同步时钟或其它方式可在数字量输入二次仪表中获取同一时刻被检电压互感器电压值 U_x 和标准变频电压互感器的电压值 U_n ，对一个以上信号周期（基波频率在 10Hz 以上时，推荐 10 个以上周期）内的所有样本序列进行计算，可以获得被检电压互感器的复合误差、比值误差和相位误差。

B.3.2 数字量输出变频电流互感器准确度测量试验线路

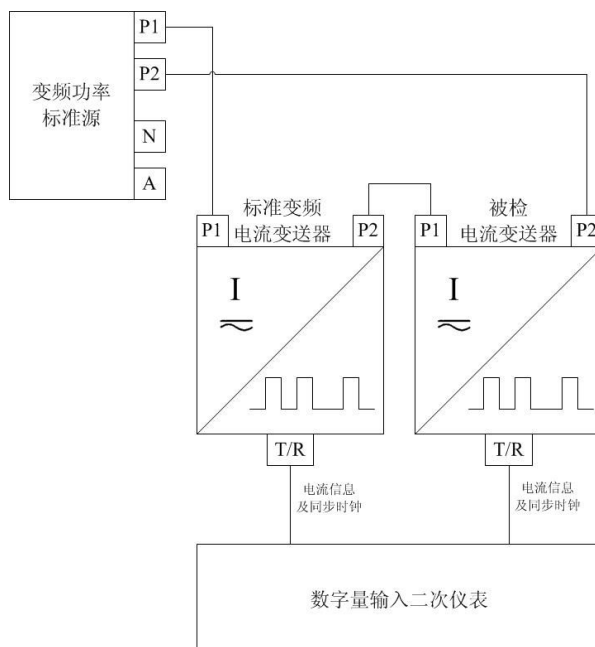


图 B.5 数字量输出电流互感器准确度测量试验线路

被检电流互感器和标准变频电流互感器的测量输出同时接到数字量输入二次仪表。通过同步时钟或其它方式可在数字量输入二次仪表中获取同一时刻被检电流互感器电流值 I_x 和标准变频电流互感器的电流值 I_n ，对一个以上信号周期（基波频率在 10Hz 以上时，推荐 10 个以上周期）内的所有样本序列

进行计算，可以获得被检电流变送器的复合误差、比值误差和相位误差。

B.3.3 数字量输出变送器及系统准确度测量试验线路

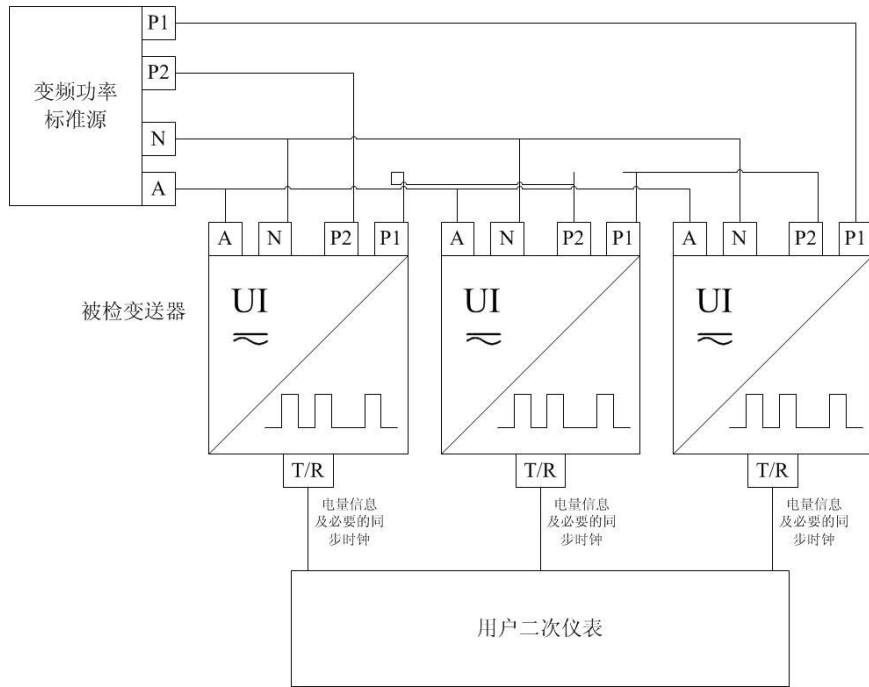


图 B.6 数字量输出变送器及系统准确度测量试验线路

当被检变送器和标准变送器由于采用不同接口和协议或其它技术原因，不能由一台数字量输入二次仪表同步获取被检变送器和标准变送器的时间相关电压、电流样本值时，采用该试验线路。

被检变送器与数字量输入二次仪表相连，测量结果与标准源示值进行直接比对。计算电压比值误差、电流比值误差和电压电流相位差的误差。

本试验线路可以获取电压、电流相位差的误差，但是，不能获取变送器一次电压（电流）与二次电压（电流）的相位差。对于独立运行的变送器，这些参数并不重要，不进行准确度测量是允许的。对于多相系统中的多个单相变送器，一次电压（电流）与二次电压（电流）的相位差会影响相关参数的计算，为此，应将该系统中的所有变送器的一次电压并联，一次电流串联，被检变送器之间的最大相位差及电压、电流相位差的相位误差中大者作为变送器的相位误差。

附录 C

不同功率因数下相位误差对功率测量准确度的影响

在正弦电路中，功率（本节提到的功率均指有功功率）与电压方均根值、电流方均根值及电压、电流的相位差有关。在变频器输出的 PWM 电路中，若负载是电机，功率与基波功率较接近，基波功率与基波电压方均根值、基波电流方均根值及基波电压和基波电流的相位差有关。

以单相电路为例， $P=UI\cos\phi$ ，式中：

P —— 正弦电路功率或 PWM 电路基波功率；

U —— 正弦电路电压方均根值或 PWM 电路基波电压方均根值；

I —— 正弦电路电流方均根值或 PWM 电路基波电流方均根值；

ϕ —— 正弦电路电压和电流的相位差或 PWM 电路基波电压与基波电流的相位差。

实际测量中， U 、 I 和 ϕ 都会有误差，假设它们的绝对误差分别为 ΔU 、 ΔI 和 $\Delta\phi$ （以弧度为单位）。由此引起的 P 的绝对误差为 ΔP ，那么：

$$\Delta P = \frac{\partial P}{\partial U} \Delta U + \frac{\partial P}{\partial I} \Delta I + \frac{\partial P}{\partial \phi} \Delta \phi = I \cos \phi \Delta U + U \cos \phi \Delta I + UI \sin \phi \Delta \phi$$

P 的相对误差为 $\Delta P/P$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{\Delta U}{U} + \frac{\Delta I}{I} + \tan \phi \Delta \phi$$

上式中，右边第一项为电压测量的相对误差，第二项为电流测量的相对误差，在测量装置量程附近或准确限值范围之内，其数值等于仪表的准确度等级。

第三项误差是相位角 ϕ 的正切与相位测量误差的乘积，具体数值与相位角 ϕ 密切相关。

当 $\phi=0^\circ$ 或 180° 时， $\tan \phi=0$ ，功率测量准确度几乎不受相位误差的影响。

当 $\phi=90^\circ$ 或 270° 时， $\tan \phi=\pm\infty$ ，任何非无穷小的相位误差，都会导致功率测量无穷大的误差。换言之，功率因数为零时，功率不可测量。

实际应用中，一般不会遇到功率因数为零的情况，因此，我们关心的是功率因数较小时的功率测量准确度。

显然，功率因数越低，相同的相位误差对功率测量准确度的影响越大。

下表列出了相位角在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 范围内变化时， $10'$ （约 0.0029 弧度，相当于 0.2 级电磁式互感器的误差限值）相位误差引起功率测量误差值。

序号	相位角 ϕ ($^\circ$)	$\cos \phi$	$\tan \phi$	功率测量相对误差 (%)
1	36.9	0.7997	0.7508	0.2
2	60.0	0.5000	1.7321	0.5
3	78.5	0.1994	4.9152	1.4
4	87.1	0.0506	19.740	5.7
5	88.9	0.0192	52.081	15

附录 D
模拟量输出和数字量输出变送器的系统准确度比较



图 D.1 模拟量输出和数字量输出变送器的系统准确度比较

在由构成元件为相同准确度等级的各系统进行比较时,采用数字量输出的变送器和采用模拟量输出的变送器系统准确度的对比如图 D.1。

当采用模拟量输出的变送器时,图中假设二次负荷匹配及量程匹配(传统工频互感器由于二次输出遵循统一的标准,基本不存在量程匹配问题)恰当,否则,系统准确度可能更低。

当采用数字量输出的变送器时,由纯数字信号传输、负载匹配及量程匹配等引起的误差被排除。在此情况下,只要计算精度选择恰当,仪表因是数字值的纯计算而不会增加任何误差。在仪表中,受温度或者长期漂移影响的可能性也被全部消除。