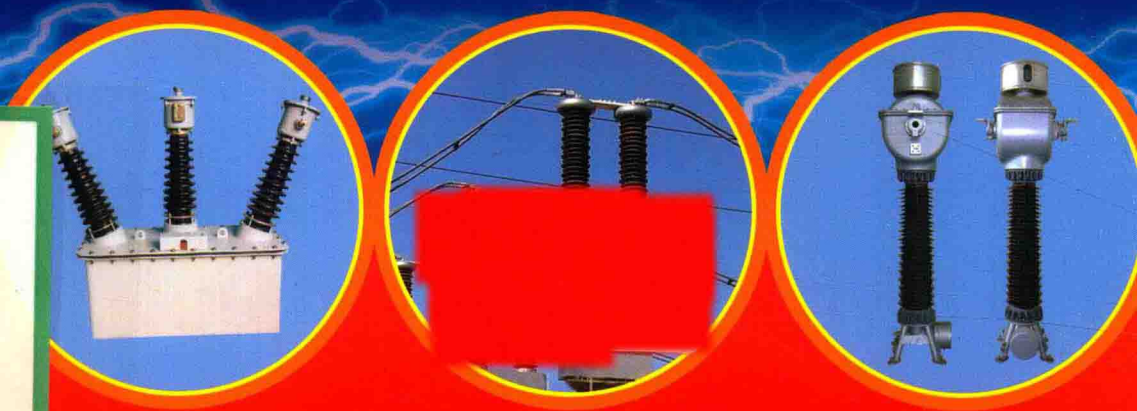


电子式互感器 工程应用技术问答

DIANZISHI HUGANJI
GONGCHENG YINGYONG JISHU WENDA

李震宇 刘前卫 徐明 等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电子式互感器 工程应用技术问答

DIANZISHI HUGANQI
GONGCHENG YINGYONG JISHU WENDA

李震宇 刘前卫 徐明等 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

近年来,随着智能电网及变电站数字化的发展,使得电子式互感器在电网中得到大量应用。根据国家电网公司“三集五大”中大运行、大检修体系的要求,结合目前电子式互感器种类较多、设备较新的现状,由科研、电力用户、设备制造单位相关技术专家共同编写了本书。

本书分为电子式互感器基本原理、结构及发展,电子式互感器的参数、结构选择和配置方式,电子式互感器的包装运输和调试,电子式互感器的试验检测,电子式互感器的运行维护和电子式互感器典型故障案例六篇,共设有约 200 问。

本书可供科研、设计、制造、运行单位、电力工程技术人员使用,也可供大专院校有关专业师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

电子式互感器工程应用技术问答/李震宇等编著. —北京:
中国电力出版社, 2016. 4

ISBN 978 - 7 - 5123 - 8631 - 0

I. ①电… II. ①李… III. ①互感器-问题解答 IV.
①TM45- 44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 290159 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 http: //www. cepp. sgcc. com. cn)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2016 年 4 月第一版 2016 年 4 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 8.75 印张 127 千字

印数 0000—1500 册 定价 36.00 元

敬告读者

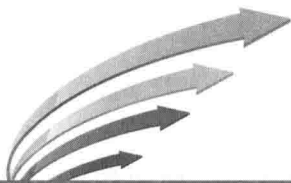
本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《电子式互感器工程应用技术问答》

编写人员

李震宇 刘前卫 徐 明 王佳颖 费 烨
杜 砚 汪本进 刘忠战 雷 民 黄 华



序

电子式互感器是智能电网中实现电力信息测量的新型设备，是新一代信息技术与传统电气设备制造业深度融合的产物。我国对电子式互感器的研究工作起步于 20 世纪 70 年代，目前我国是世界上唯一一个将电子式互感器大量运用到工程实际中的国家；工程应用的需求，极大地促进了我国对电子式互感器的研究、制造及运维水平。回顾电子式互感器的发展历程，可以说我国电子式互感器这一高科技产品今天的发展壮大与国家电网公司领导层睿智的战略眼光及技术管理、设备研发及运行维护人员的艰辛付出密不可分。笔者作为一名研究人员，有幸投身其中，见证了电子式互感器从蓬勃兴起到迅猛发展的过程。

电子式互感器具有多样化的原理和型式，但它们无一例外都是光学、微电子、计算机及通信等弱电技术与高电压等强电技术交叉结合的产物。与传统互感器相比较，电子式互感器在一系列工程应用中呈现了新特点、出现了新问题，需要设备研制与实验、工程建设及运行维护技术人员的共同努力，特别是一线电力职工需要及时调整知识结构以及提高工作技能，才能解决电子式互感器在工程应用中出现的新问题，促进电子式互感器在电力行业中的广泛应用。

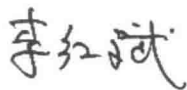
《电子式互感器工程应用技术问答》的出版可及时地满足这一迫切需求。本书在对电子式互感器技术问题进行详细解答的基础上，重点关注了我国电子式互感器工程应用的最新问题，内容丰富，涉及面广，针对性强，通俗易懂，非常适合作为电力一线职工自学及技能培训用书，对提高电子式互感器调试、运维水平具有极大帮助。

本书的作者均为我国电子式互感器领域的专家，具有扎实的理论基础和丰富的现场实际经验，善于站在读者的角度去思考读者究竟关心什么问题、

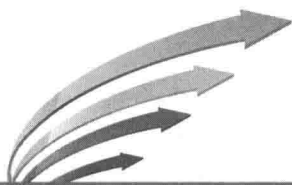
会提出什么问题，并对这些问题进行专业解答，让读者在阅读中“解渴”。

新一轮的科技革命与产业变革正在蓄势待发，作为电气设备的重要组成部分，电子式互感器的持续发展必须要依靠技术的不断创新，这也是《中国制造 2025》国家强国建设战略规划中对制造业发展的要求。我们期待同时也坚信，电子式互感器这一朝阳行业在未来会更加充满活力，蓬勃发展。

华中科技大学电气与电子工程学院副院长
博士生导师
教 授



2015 年 12 月



前言

近年来,随着智能电网及变电站的智能化发展需要,使得电子式互感器在电网中得以大量应用。相对传统互感器来讲,电子式互感器原理不同、种类较多、设备较新,且在现场运行维护等方面会有一些新要求。总体来看,国内不同地区电子式互感器的使用和运行管理水平差异较大,东部地区应用相对成熟,其他相当部分地区电子式互感器的使用还处于起步探索阶段,对这些地区的现场运行维护人员来讲,电子式互感器带来的一些新概念需要及时消化吸收、融会应用,一些基本原理和使用知识尚需要普及。为此,我们通过多年科研、运行、管理的积累,结合电力用户、设备制造单位的经验,共同完成电子式互感器工程应用问答书籍的编写工作。本书是用于智能变电站技术培训的一本通俗读物,带有速成科普和现场施工学用结合性质,目的在于为电力一线职工的技能自修和组织培训提供资料,提高一线电力职工的知识结构和工作技能,适应当前智能型变电站建设的迫切需求。

本书所有编写人员均为从事产品研发的专家团队和具有丰富现场经验的试验、检验的专业技术人员,编写过程中紧密结合当前电子式互感器应用实际,对相关理论知识及概念性知识尽量精练,对相关知识与实际应用知识做到简明、实用,从而使读者能够学以致用。

全书分为电子式互感器基本原理、结构及发展,电子式互感器的参数、结构选择和配置方式,电子式互感器的包装运输和调试,电子式互感器的试验检测,电子式互感器的运行维护,电子式互感器典型故障案例 6 篇,计约 200 个问答题。本书第一~第三篇、第六篇由李震宇、刘忠战、刘前卫、徐明编写,第四~第五篇由费烨、杜砚、汪本进、雷民编写,刘忠战对全书进行了审校与统稿。

本书在编撰过程中得到中国电力科学研究院、国网吉林省电力有限公司

电力科学研究院和国网四川省电力公司电力科学研究院等电力系统一次设备运行维护人员的大力支持和协助，同时也得到了西安华伟光电技术有限公司、易能乾元（北京）电力科技有限公司、南瑞航天（北京）电气控制技术有限公司、国电南京自动化股份有限公司、许继电气集团有限公司和南瑞继保电气有限公司等电子式互感器生产厂家技术人员的帮助，他们提供了十分难得的素材和相关资料，并提出了十分宝贵的建议和意见。在此，向为本分册编写工作付出了辛勤劳动和心血的所有人员表示衷心的感谢。

由于本书编写工作量大，时间仓促，加之电子式互感器技术应用尚处于初级阶段，技术方案和标准尚未完全统一，来自不同单位的作者表述角度可能有差异，在内容上也难免存在不足之处，希望广大专家和读者批评指正。

编 者

2015.12



目 录

序

前言

第一篇 电子式互感器基本原理、结构及发展	1
1-1 传统电力互感器发展现状如何? 不足之处有哪些?	2
1-2 什么是电子式互感器? 电子式互感器的作用是什么?	2
1-3 与传统互感器相比, 电子式互感器有哪些技术优势?	3
1-4 工程应用电子式互感器有哪些类型? 如何划分?	5
1-5 有源式电子式互感器与无源式电子式互感器的区别是什么?	7
1-6 基于罗氏线圈的电子式电流互感器的原理是什么?	7
1-7 基于低功率线圈的电子式电流互感器的原理是什么?	9
1-8 基于磁光玻璃的电子式电流互感器的原理是什么?	10
1-9 全光纤电流互感器的原理是什么?	11
1-10 基于同轴电容分压型的电子式电压互感器的原理是什么?	13
1-11 基于磁光玻璃型三维光学电压互感器的原理是什么?	15
1-12 全光纤光学电压互感器的原理是什么?	16
1-13 单相电子式互感器由哪几个部分组成?	17
1-14 电子式电压互感器常用的电压传感有哪几种方式? 各有何优缺点?	18
1-15 SF ₆ 气体绝缘独立式罗氏线圈型电子式互感器的结构组成是什么? ...	20
1-16 GIS 用光学电子式电流互感器的特点是什么?	20
1-17 GIS 组合电子式互感器与支柱式结构有何重大区别?	21
1-18 支柱式气体绝缘同轴电容分压电子式电压互感器的结构 组成是什么?	22

1-19	电流电压一体化组合互感器是如何实现的？	22
1-20	小电容分压器可用于哪些高压电器组合中？	23
1-21	合并单元有哪些类型？ 能实现哪些基本功能？	24
1-22	合并单元有哪些跟计量性能相关的主要指标？ 其时间性能指标的 含义是什么？	25
1-23	电子式互感器的输出方式与传统互感器有何区别？	26
1-24	电子式互感器各种对时方式有哪些优缺点？	27
1-25	电子式互感器误差定义与传统互感器相比有何区别？	28
1-26	独立支柱式电子式电流互感器如何解决高压侧电源难题？	30
1-27	安装高频阻尼母线对电磁防护有何影响？	31
1-28	快速暂态过电压对电子式互感器有哪些影响？ 应采取什么 应对措施？	32
1-29	电子式互感器抗电磁干扰措施有哪些？	33
1-30	电子式互感器现阶段存在哪些常见问题？	36
1-31	电子式互感器的状态监测现阶段发展水平如何？	37
1-32	电子式互感器的技术发展方向是什么？	37
第二篇 电子式互感器的参数、结构选择和配置方式		39
2-1	电子式互感器在智能变电站有哪几种应用方式？	40
2-2	电子式互感器有哪些关键参数？	40
2-3	电子式互感器的选型应重点关注哪些问题？	40
2-4	电子式互感器的环境使用条件主要包括哪几个因素？	41
2-5	电子式电流互感器对抗振性能有哪些要求？	41
2-6	对电子式互感器二次输出规约及接口是如何规定的？	42
2-7	电子式电流互感器在配置时如何避免出现保护死区？	42
2-8	电子式互感器小型化对组合电器结构有哪些影响？	42
2-9	电子式互感器与一次电器有哪些组合装配方式？	43
2-10	电子式电流互感器配置应注意哪些事项？	44
2-11	电子式电压互感器配置应注意哪些事项？	44
2-12	有源电子式互感器如何实现双重化配置？	45
2-13	全光纤电流互感器对采样系统有什么要求？	45

2-14	电子式互感器对合并单元有什么技术要求？	47
2-15	对于贸易结算点，电子式互感器应如何配置？	47
2-16	电子互感器的功能分段与组合装配方案有何关系？	48
2-17	线路间隔电子式互感器应如何配置？	49
2-18	35kV 及以下电压等级开关柜中有无必要配置电子式互感器？	49
2-19	电子式互感器组成的计量系统一般如何设计？	49
2-20	传统互感器加模拟量输入合并单元与电子式互感器两种方案相比， 各自有哪些优缺点？	50
2-21	合并单元配置的内容有哪些？	51
2-22	合并单元有哪些影响通信的基本参数？	51
2-23	不同生产厂家的电子式互感器和合并单元能互换使用吗？	52
2-24	对电子式互感器的接地点（网）有哪些规定？	53
2-25	电子式互感器二次辅助电源电压有几种？如错误使用会产生 什么后果？	53
第三篇 电子式互感器的包装运输和调试		55
3-1	电子式互感器包装运输应注意哪些问题？	56
3-2	有源电子式互感器现场安装前有哪些准备工作？	56
3-3	有源电子式互感器现场安装一次部分施工规范有哪些？	57
3-4	有源电子式互感器现场采集单元的配置与安装步骤有哪些？	58
3-5	有源电子式互感器现场线缆敷设主要步骤有哪些？	59
3-6	有源电子式互感器现场合并单元的安装应注意哪些问题？	59
3-7	有源电子式互感器现场安装时的调试工作有哪些？	60
3-8	全光纤电流互感器现场安装前准备工作有哪些？	60
3-9	全光纤电流互感器与一次设备组合的装配要点有哪些？	61
3-10	全光纤电流互感器集成组装及变电站安装调试主要使用熔接 工具有哪些？各自的用途是什么？	61
3-11	全光纤电子式互感器的现场安装应注意哪些情况？是否存在 二次侧开路或短路危险？	62
3-12	为什么光缆施工、光纤熔接质量非常重要？光纤接头处理与熔接 应注意哪些问题？	62

3-13	组合电器配用电子式互感器的采集器位置如何选定?	63
3-14	电子式互感器在调试与运维时应二次回路采取哪些抗电磁 干扰的措施?	64
3-15	有电流切换功能采集器的输出测试目的和方法是什么?	65
3-16	数字报文测试/GOOSE 收发测试目的和条件有哪些?	66
3-17	全光纤电流互感器安装时要进行哪些调试工作?	67
第四篇 电子式互感器的试验检测		69
4-1	电子式互感器投运前检查一般有哪些重点内容?	70
4-2	电子式互感器现场交接验收试验项目有哪些?	70
4-3	电子式互感器及合并单元现场交接验收试验项目结果是 如何判定的?	71
4-4	电子式互感器的外观和标志检查内容有哪些?	72
4-5	测量电子式互感器绝缘电阻的主要目的是什么? 应注意哪些 问题?	73
4-6	电子式互感器电容量和介质损耗因数的测试方法是什么?	73
4-7	电子式互感器一次端子的工频耐压测试方法是什么?	74
4-8	如何检查电子式互感器的联结组别和极性?	74
4-9	如何进行电子式互感器自诊断功能测试?	75
4-10	如何进行电子式互感器的光通信接口收发功率裕度测试?	75
4-11	如何进行电子式互感器时钟同步测试?	75
4-12	如何进行电子式互感器通信协议测试?	76
4-13	如何进行电子式互感器合并单元模拟量输入采集测试?	77
4-14	如何进行电子式互感器合并单元额定延时测试?	77
4-15	如何进行电子式互感器现场机械振动影响试验?	78
4-16	如何进行电子式互感器密封性能试验?	79
4-17	如何进行电子式互感器额定雷电冲击测试和截断雷电冲击测试? ...	79
4-18	如何进行电子式互感器局部放电测量?	81
4-19	如何进行电子式互感器短时电流测试?	81
4-20	如何进行电子式互感器复合误差测试?	82
4-21	如何进行电子式互感器电磁兼容测试?	82

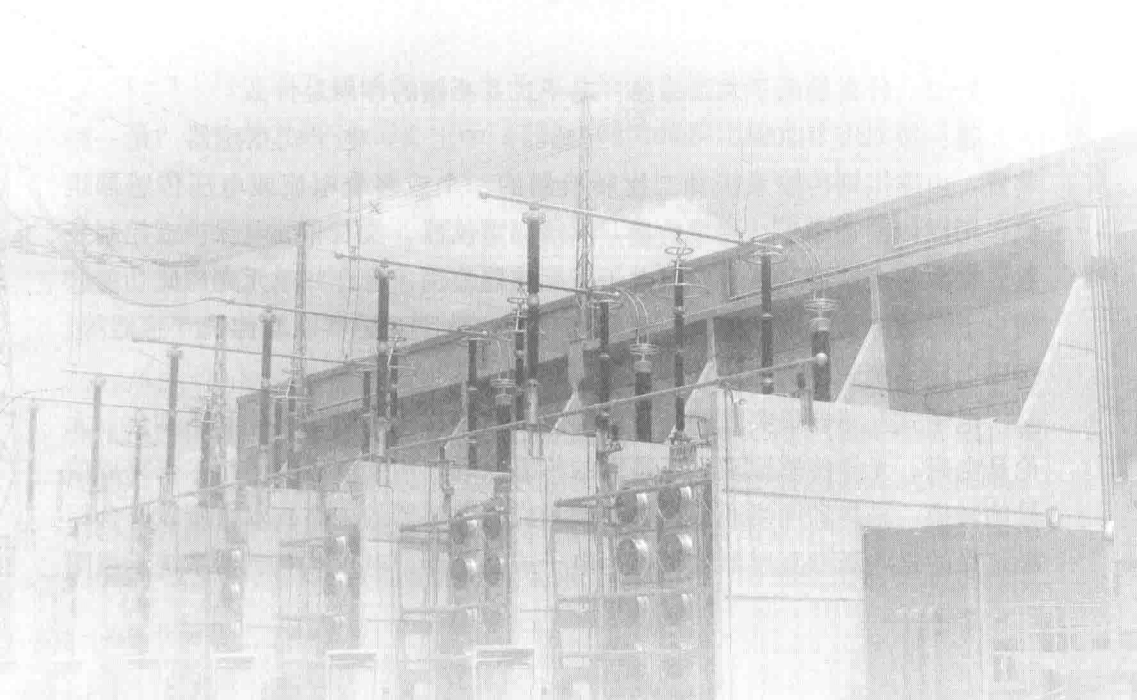
4-22	如何进行电子式互感器隔离开关分合容性小电流条件下的 抗干扰测试？	83
4-23	如何进行电子式互感器可靠性评估？	84
4-24	如何进行电子式互感器 MU 发送 SV 报文检验？	85
4-25	电子式互感器现场交接试验的标准是什么？有哪些注意事项？	85
4-26	全光纤电流互感器校验前需具备哪些条件，需注意哪些事项？	86
4-27	全光纤电流互感器的现场试验如何实施？	87
4-28	电子式互感器校验前需具备哪些条件，需注意哪些事项？	89
4-29	电子式电流互感器型式试验的项目有哪些？	90
4-30	电子式互感器在现场测试过程中的常见问题及处理方法是什么？ ...	90
4-31	电子式互感器计量误差由哪些因素决定？	91
4-32	对电子式互感器现场交接误差试验的误差是如何分配的？	92
4-33	电子式互感器固定延时法与同步脉冲法两种误差测量方式有哪些 异同点？	92
4-34	电子式互感器误差是带着合并单元整体进行测量吗？	95
4-35	电子式互感器误差测试应该在变电站一次、二次施工完工后 进行吗？	97
4-36	电站现场电磁环境评估需要关注哪些方面？	98
4-37	高压电站电磁环境有何参考数据？	98
4-38	在对电子式电流互感器现场试验时，若升流设备升不到试验要求 的额定电流，该如何处理？	99
4-39	电子式互感器在现场进行工频耐压试验时，应施加多少电压？在对 电子式电压互感器现场试验时若升压设备升不到试验要求的 额定电压，该如何处理？	100
4-40	电子式电压互感器现场试验时是否可以采用变频升压的方式？	101
4-41	对 GIS 设备进行工频耐压试验时是否需要将与其配套的电子式 电压互感器隔离开？	101
4-42	全光纤电流互感器保偏光纤重新熔接后，是否需要重新进行误差 试验？	101
4-43	现场测试过程中合并单元与电子式互感器距离较远怎么办？	101

4-44	如何保证测试完成后电子式互感器参数不被修改？	102
4-45	现场试验时电子式互感器二次能开路或者短路吗？	103
4-46	电子式互感器的光纤熔断对误差有影响吗？	103
4-47	传统互感器加模拟量输入合并单元误差应该如何测试？	103
4-48	合并单元可以单独进行误差测试吗？	104
4-49	现场测试过程中发现电子式互感器超差了怎么办？	105
4-50	现场做保护试验时如何避免在互感器一次加量？	106
第五篇 电子式互感器的运行维护		107
5-1	电子式互感器运行中常见问题有哪些？	108
5-2	单个电子式互感器多组测量通道同时出现采样异常的原因及处理？	108
5-3	GIS 电子式互感器远端模块上电时，若出现空气开关合不上或者合后很快跳掉的情况，应该如何处理？	108
5-4	如何判断电子式互感器及合并单元运行是否正常？	108
5-5	电子式互感器同步信号异常时，会发生什么现象？	109
5-6	网络报文显示采样无效的可能原因有几种？	109
5-7	间隔合并单元报品质异常，如何快速定位故障源？	110
5-8	全光纤电子式电流互感器容易出现哪些问题？有哪些解决措施？	110
5-9	全光纤电子式互感器现场运行可能出现哪些故障？有哪些解决措施？	110
5-10	电子式互感器在运行时应做的巡视项目有哪些？	111
5-11	电子式互感器的检修维护项目有哪些？	111
5-12	什么是电子式互感器的小修和大修，检修周期一般是多长？	111
5-13	电子式互感器储存有哪些要求？	112
5-14	电子式互感器生产厂家需提供哪些售后服务？	112
5-15	电子式互感器电气单元部分什么时候可以带电操作？	112
5-16	气体绝缘电子式互感器密度表标示哪几种压力？	112
5-17	气体绝缘电子式互感器充气时应注意哪些问题？	113
5-18	为什么有些电压互感器在高压侧断开后仍然会有信号输出？	113
5-19	SF ₆ 气压对 GIS 电子式电压互感器精度有何影响？	113

5-20	如何方便的监测 AIS 电子式互感器绝缘状态?	114
5-21	电子式互感器二次输出是 FT3 报文, 如何分析采集单元输出的 报文质量?	114
5-22	在维修采集器、合并器等电子单元时应采用怎样的防静电 措施?	114
5-23	激光供能类互感器在运行出现驱动电流高报警时应如何处理?	114
5-24	气体绝缘电子式互感器气压降低到告警压力时应如何处理?	114
5-25	气体绝缘电子式互感器气压降低到闭锁压力时应如何处理?	114
5-26	全光纤电流互感器故障修复后一般需要进行哪些检测项目?	115
第六篇	电子式互感器典型故障案例	117
6-1	变电站强电磁环境下电子式互感器发生工作失常有何实例, 其原因 有哪些?	118
6-2	电子式互感器有无发生爆炸事故的实例, 其原因及预防措施 有哪些?	118
6-3	电子式互感器发生传输信号衰减及间断故障的原因有哪些?	119
6-4	有无造成 GIS 用 EVT 电容分压器发生误差浮动现象的实例, 其原因 是什么? 对 EVT 分压器有何改进方法?	119
6-5	有无独立 ECT 采用自励源+激光辅助送能方式运行的实例, 易发生 的问题及改进方法是什么?	121
参考文献		123

第一篇

电子式互感器基本原理、 结构及发展





1-1 传统电力互感器发展现状如何？不足之处有哪些？

答：长久以来，电力系统一直使用电磁式或电容式电压互感器（TV）和电磁式电流互感器（TA）（传统电力互感器）来测量一次侧电压和电流，为计量及保护等设备提供电压及电流信号。随着电力系统电压等级的提高和容量的增加，对测量和保护要求的也不断提高，传统电力互感器的不足之处日益突出，存在的主要问题包括：①绝缘难度大，特别是 500kV 以上的传统电力互感器，因绝缘而使得其的体积、质量及价格均不成比例的提高；②动态范围小，TA 容易出现磁饱和现象，磁饱和会影响二次保护设备正确识别故障；③互感器的输出信号不能直接与微机化计量及保护设备接口，在要求一次设备智能化的数字化变电站更是显得无能为力；④电容式 TV 易产生铁磁谐振等。

多年以来，科研工作者一直致力于研制传统互感器的理想替代产品。随着现代电子技术、光电技术、传感技术和微型计算机技术的发展及综合应用，电子式互感器应运而生，它成为最具发展潜力的新型互感器。电子互感器相对于传统互感器，具有结构紧凑、体积小、抗电磁干扰、不饱和以及易于数字信号传输等优点。但电子式互感器还属于新型的正在发展中的产品，应用的可靠性还有待进一步的验证，因此还没有在市场上大量推广应用。但其具有广阔的应用前景这一点毋庸置疑。

1-2 什么是电子式互感器？电子式互感器的作用是什么？

答：按 GB/T 20840—2007《互感器》中定义，电子式互感器“是一种装置，由连接到传输系统和二次转换器的一个或多个电流或电压传感器组成，用以传输正比于被测量的量，供给测量仪器、仪表和继电保护或控制装置。在数字接口情况下，一组电子式互感器公用一台合并单元完成此功能。”历史上曾被称为光电互感器、光学互感器、数字互感器、非传统互感器等。按以上定义统一称为电子式互感器。

电子式互感器最突出的特点是传感方式多样化、微功率化和小型化，无论是电磁、光学传感原理，还是别的传感原理，均须依靠电子技术来完成信号的转换、采集和网络通信，电子技术成为互感器的主体技术，所以符合标准定义的这些新型互感器均被称为电子式互感器。电子式互感器系统示意图