

电力设备智能化 远程监测诊断系统

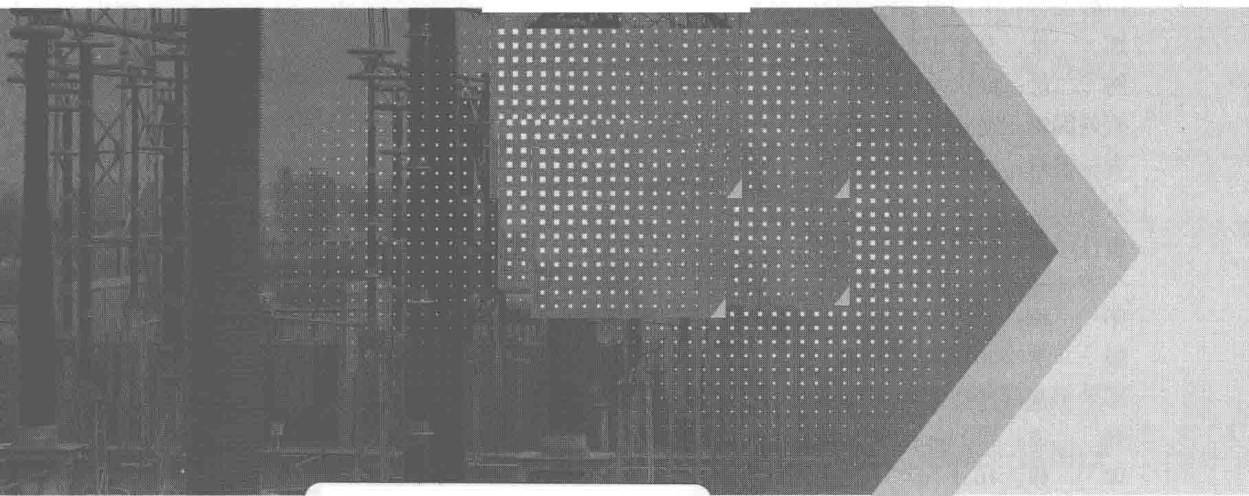
王红斌 等编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

电力设备智能化 远程监测诊断系统

王红斌 谢善益 高 雅 编著
范 颖 周 刚 杨 强



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书介绍了电力设备智能化监测诊断系统所涉及的关键技术,全书共分为7章,内容主要包含从监测装置层到应用系统层的四个方面:在线监测技术规范化应用、在线监测装置标准化通信、设备监测诊断数据平台、设备监测诊断智能应用。

本书针对设备状态监测诊断系统应用中面临的实际问题提出了一套完整的解决方案:完善在线监测技术标准体系,实现不同类型监测装置的标准化接入,构建综合设备在线监测、调度运行、生产管理信息的设备全景信息平台,实现对设备状态的智能监测预警与评价诊断。

本书适合从事电力设备在线监测装置及设备状态监测诊断系统研发的技术人员,以及电网公司相关领域科研、设计、运行的工程师使用。

图书在版编目(CIP)数据

电力设备智能化远程监测诊断系统 / 王红斌等编著. —北京:中国电力出版社, 2017.9

ISBN 978-7-5198-0573-9

I. ①电… II. ①王… III. ①远程网络—应用—电力设备—设备状态监测—监测系统②远程网络—应用—电力设备—故障诊断系统 IV. ①TM4-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第063338号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:岳 璐

责任校对:太兴华

装帧设计:郝晓燕 张 娟

责任印制:邹树群

印 刷:三河市万龙印装有限公司

版 次:2017年9月第一版

印 次:2017年9月北京第一次印刷

开 本:710毫米×980毫米 16开本

印 张:10.5

字 数:178千字

印 数:0001—1000册

定 价:49.00元

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

输变电设备是支撑电网安全稳定运行的基石，而设备故障是引发电网事故的首要原因，国内外许多著名的大停电事故都是由设备故障造成的。在线监测与故障诊断技术是及时发现设备缺陷、防范电网事故的重要手段，已成为近年来的研究热点。在线监测装置在电网内已大量应用，但一直存在着监测集成不规范、信息分散难融合、智能应用水平低等问题，导致难以充分发挥作用。

开展设备在线监测与智能诊断技术研究，建设电力设备远程监测诊断系统，实现对全网设备的状态全景可视、风险实时预警、缺陷智能诊断、寿命动态评估、隐患全局挖掘和运维精准管控，是保障电网设备安全稳定运行，提升资产全生命周期精益化管理水平，促进智能电网发展的重要举措，对于电网未来发展意义重大。当前，设备在线监测与智能诊断领域迫切需要开展的工作有：完善在线监测技术标准体系，实现在线监测规模化、规范化应用；规范监测信息，实现不同类型监测装置的标准化接入；构建综合设备在线监测、调度运行、生产管理信息的设备全景信息平台，为电网各专业与部门提供标准化数据服务；实现对设备状态的智能监测预警与评价诊断，支持设备状态检修工作开展，从而实时监测设备潜在风险，提高电网精益化管理水平，推动智能电网技术进步。

本书介绍了电力设备智能化远程监测诊断系统所涉及的关键技术及应用实践，总结了广东电网在电力设备远程监测诊断中心规划、设计、建设、应用过程的技术研究成果，是广东电网有限责任公司电力科学研究院相关研究人员共同努力的结晶。归纳起来，涉及电力设备智能化监测诊断系统的关键技术问题，从监测装置层到应用系统层主要包括以下四个方面：在线监测技术规范化应用、在线监测装置标准化通信、设备监测诊断数据平台、设备监测诊断智能应用。全书共分为7章，第1章为概论，第2章至第5章分别介绍电力设备智

能化监测诊断系统四个方面的关键技术，第 6 章介绍系统运维驾驶舱与设备状态可视化，第 7 章介绍智能化远程监测诊断系统应用效果。

本书适合从事电力设备在线监测装置及系统研发的技术人员，以及电网公司相关领域科研、设计、运行的工程师阅读。

限于作者水平，书中难免存在不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编著者

2016 年 6 月

前言

第 1 章 概论	1
1.1 电网运行管理面临的挑战	1
1.2 电力设备状态监测技术的发展	2
1.3 状态监测技术应用存在的问题	4
1.4 电力设备智能化监测诊断系统关键技术	5
第 2 章 在线监测技术规范应用	7
2.1 在线监测技术的评价与配置原则	7
2.2 监测装置的功能及性能	13
2.3 监测装置的安装与验收	19
2.4 监测装置的检验测试	23
第 3 章 在线监测装置标准化通信	43
3.1 基于 IEC 61850 的在线监测数据建模	43
3.2 在线监测谱图文件格式	50
3.3 在线监测综合处理单元	55
第 4 章 设备监测诊断数据平台	59
4.1 分布式的软硬件平台	59
4.2 IEC 61850/61968/61970 一体化建模	70
4.3 基于模型源端维护的信息交互	76
4.4 基于 SOA 的统一 CIS 服务	81
第 5 章 设备监测诊断智能应用	86
5.1 状态参量数据优化	86

5.2	设备监测动态预警	89
5.3	基于信息融合的设备故障智能诊断	97
5.4	基于全景信息的多维度状态评价	110
5.5	基于故障模式诊断的风险评估	117
5.6	基于风险控制的检修策略	124
第6章 系统运维驾驶舱与设备状态可视化		127
6.1	平台系统运维驾驶舱	127
6.2	设备状态可视化	132
第7章 智能化远程监测诊断系统应用效果		142
7.1	变压器监测诊断典型应用	143
7.2	GIS 设备监测诊断典型应用	148
7.3	输电线路故障诊断典型应用	153
7.4	雷电监测典型应用	155
7.5	输电线路防冰抗冰典型应用	156
7.6	主变压器及断路器状态评价及风险评估	158
7.7	应用展望	160
参考文献		161

第 1 章

概 论

1.1 电网运行管理面临的挑战

随着我国社会经济持续稳定发展,电网规模也实现了持续增长。当前,随着区域大电网联网、交直流输电混合运行、大容量远距离输电等技术的广泛应用,电网稳定正面临着日益严峻的考验。同时,电网系统还面临着复杂外部气象条件的影响,雷害、山火、台风和覆冰等灾害频发,严重威胁着电网设备安全。如何有效监控设备风险,避免灾难性事故发生,提高对电网安全运行的整体驾驭能力,是当前电网管理所面临的巨大挑战。

由于电网规模持续扩大、设备总量迅速增加,加之用户对供电可靠性的要求逐步提高,电网企业原有的生产管理模式逐渐显现出其局限性。原有的管理模式简单粗放,依赖于人员经验,难以形成对全网设备实时、高效的闭环管理。为进一步提高对电网设备运维管理的支撑能力,亟须利用现代化信息手段全面推广状态检修,构建新型的生产管理模式来提高设备运行可靠性、加强检修针对性、降低生产运营成本。新的管理模式从全网的角度掌握设备全生命周期的经济性和可靠性,可提高电网资产管理的精益化水平。

智能电网已成为当今世界电力系统发展变革的主流方向。智能电网涵盖了提高电网科技含量、提高能源综合利用效率、提高电网供电可靠性、促进资源优化配置等各项内容,是电网企业全局联动的系统工程,对电网设备的运行管理提出了更高的要求。而对全网范围内的设备实现一体化状态监测与诊断,充分支持电网自组织优化运行,是电网智能管理不可或缺的组成部分。

为应对电网系统安全稳定运行、设备资产精益化管理、智能电网发展的要求,电力设备在线监测与故障诊断技术得到了长足的发展与日益广泛的应用。随着状态检修试点工作的展开,电网公司在线监测装置的应用规模日益扩大,数据

传输量 and 处理量日益巨大。这些多种类型、广泛分布的监测装置，长期以来往往是不同厂家、不同区域独立分散地建设，技术标准不统一、功能性能不完善，无法满足未来电网运行管理的需要。因此，迫切需要在全网范围内搭建一个统一的电力设备智能化监测诊断系统。该系统应实现数据获取、监测预警、状态评价、检修决策建议等一系列功能，从而有效支持状态检修工作的实施。

1.2 电力设备状态监测技术的发展

国外对在线监测技术的研究始于 20 世纪 60 年代，但直到 70~80 年代，随着传感器、数字信号处理和计算机通信技术的发展，在线监测与诊断技术才真正得到迅速发展。我国自 80 年代以后开始逐步发展和推广在线监测诊断技术。可以认为，我国的在线监测诊断技术的研究与发展和国际几乎是同步的。

欧美等发达国家针对电网关键一次设备研制的在线监测装置已有很多，如 IDD（智能诊断装置）技术、开关设备的选相操动技术等，已得到一定程度的应用，并有许多成功预报设备故障的范例。国内在一次设备状态参量的监测方面也取得了较好的成果，在小电流高精度传感器、油中溶解气体监测等方面，达到国际先进或领先水平，并在国内有较为广泛的应用，但在其他新型传感器的研制领域落后于欧美等国家。国内普遍存在重监测、轻诊断的问题，缺乏有效的多参量综合监测诊断工具和方法，对电网安全经济运行、设备使用寿命及风险进行综合评估。

在输电线路运行状态与气象环境监测方面，目前在国外如美国、加拿大等一些发达国家，输电线路运行状态与气象环境监测装置有一定的应用，但并不是十分普及，主要监测导线温度、倾角、线路电流、舞动等。同时，欧美日等非常重视输电线路安全运行技术及 IT 技术在管理和运行维护中的应用，研究对输电线路进行数据采集、处理、存储的方法，以及使用新的诊断工具和方法评估运行中设备的预期使用寿命、风险和维修策略。在国内，针对导线舞动、杆塔倾斜、线路覆冰、微气象、绝缘子污秽、导线温度等建立了多类线路在线监测系统，如雷电定位系统、覆冰预警系统、输电导线在线热稳定极限监视系统等，初步实现了网省公司层面的集中监测。但各类监测系统自成一体、信息相对单一、整合程度不高，采用的通信规约、数据接口及实现的功能各不相同，导致运行单位维护工作量大，甚至造成重复建设的局面。

数字化变电站是变电设备信息集成的重大突破，国际上数字化变电站的研

究已从实验室阶段进入实际工程应用阶段。基于 IEC 61850 通信标准, ABB、西门子、阿尔斯通等制造商在欧洲建造了多座数字化变电站, 可提供从一次设备到二次设备的完整的数字化变电站解决方案。国内一些省市已经在部分变电站或部分设备上开始进行数字化变电站的应用尝试, 但多数数字化变电站都是局部数字化, 如仅在过程层采用电子式互感器, 或仅在站控层采用 IEC 61850 标准等, 距实现真正的数字化尚有一定距离。

在设备监测诊断系统研究应用方面, 由于设备资产所有者主体的差异, 欧美、日本、澳大利亚等发达国家所开发的在线监测管理系统, 如通用电气公司 ISM&D (Integrated Substation Monitoring and Diagnostic) 系统、阿尔斯通公司 Alstom MS 2000 变电站设备状态在线监测系统、美国电力研究院 (EPRI) 的监测诊断中心 (M&D)、佛罗里达电力公司的变电设备管理系统 (SMMIS) 等, 通常主要按照主设备类型对监测数据进行管理分析, 诊断结果也主要依赖监测装置本身完成, 各监测参量孤立评价, 基本不具备信息综合能力。

在监测系统集成方面, 福建电网公司最早建立了输变电设备在线监测与故障诊断系统 (简称 OMDS), 采用二级管理、三级监测的整体体系。OMDS 系统与生产管理系统 (简称 GPMS) 实现数据共享, 设备台账数据、检修试验数据直接来自于 GPMS, 对设备运行中的异常征兆发出报警信号, 同时系统的在线监测数据直接可以共享给 GPMS 的状态检修功能模块 (CBM)。整个系统较为成形, 目前面临的主要问题在于测试及后台数据处理等技术不够成熟, 投入运行时间较长的现场监测单元维护不够理想, 传输数据连贯一致性不够理想。

华北电网公司建立了输变电设备状态检修辅助决策系统, 包括设备查询、监测预警、状态诊断、状态评价、预测评估、风险评价、维修策略和系统管理等模块, 通过电网地理信息、状态仪表盘和在线监测趋势图等实现数据展现和挖掘。系统的主要功能是对已有数据的整合分析, 尚无足够的在线监测设备支撑, 仅建立了 500kV 输电线路微气象等在线监测系统, 并逐步向 220kV 推广。

云南电网公司建设了云南电网技术监督数据分析中心, 该中心立足于全景展现云南电网输变电设备运行状况、及时掌握输变电设备健康水平、支持输变电设备运行维护管理工作的需要。系统融合设备基础信息、试验报告、巡检信息、缺陷信息、在线监测信息, 以及环境、地理、极端气候、灾害信息。系统涵盖实时监测、预警发布、专家分析、移动应用四大方面的应用。主要包括信息采集、设备规模统计分析、变电站在线监测数据智能诊断、输电线路在线监测预警、异常设备预警信息发布、设备家族缺陷分析、设备状况人机互动等功能。

广东电网有限责任公司较为系统地关注状态检修和在线监测技术始于 20 世纪 90 年代,对电容型设备的监测诊断技术进行了探索性研究,并立项对状态检修工作开展了初步的尝试。并于 1999 年编制完成并下发了一系列状态检修相关管理文件和技术文件,在此基础上,开展了在线监测试点工作。广东电网有限责任公司已建成雷电定位系统、架空线路在线测温系统、电网覆冰监测网、电能质量监测系统、变压器绝缘油在线监测系统、变压器中性点直流电流监测系统等专业监测系统。广东电网有限责任公司下属的部分供电局也试点安装了变压器局部放电在线监测系统、变压器振动在线监测系统,这些专业系统对电网设备安全和可靠运行起到了重要的作用,但是由于覆盖范围小,系统功能单一,数据无法互通和集中,因而未能充分发挥其应有的作用。

1.3 状态监测技术应用存在的问题

国内省级电网公司近年来先后开发的基于计算机信息技术和网络技术的设备监测信息管理系统,部分实现了设备资产、监测、试验等信息的管理,但在全面性、综合性、交互性、实用性等方面还无法支持状态检修所需的信息及功能要求。尤其在信息综合方面,与设备状态信息相关的生产信息管理系统、调度自动化系统和在线监测系统均相互独立,“信息孤岛”现象严重。

生产信息管理系统主要管理设备的台账、运行记录、检修记录、缺陷记录和预防性试验记录等基本信息,其数据特点是静态和离线的,信息模型主要遵循 IEC 61968 标准。调度自动化系统主要管理电网的实时运行数据,其数据特点是动态和在线的,信息模型主要遵循 IEC 61970 标准。在线监测系统主要管理设备的状态测量量,其数据特点是准实时数据,其信息模型主要遵循 IEC 61850 标准。由于各类信息的数据特点和模型存在巨大差异,对现有信息系统的简单组合无法满足设备状态检修管理的需要。

在经历了 30 多年的快速发展后,国内外已形成了一些相对成熟的在线监测技术与产品,逐步摆脱了早期的测量准确度差、系统运行不稳定等不足,在国内外均有一定规模的工程应用。纵观有关在线监测与故障诊断技术的应用情况,国内外基本都是以电力企业自身所面对的设备运维管理具体困境为出发点,研究开发相应的监测诊断技术,解决相对单一的需求。由于缺乏长远规划,在大规模推广应用过程中遇到了一些迫切需要解决的共性技术瓶颈,主要体现在如下:

(1) 在线监测技术标准严重滞后, 监测应用缺乏合理规划, 安装、验收、检测环节缺失, 影响到监测技术的有效应用;

(2) 在线监测装置产品质量参差不齐, 通信方式缺乏规范, 部分装置可靠性低, 数据真实性不足以支撑设备运维管理需要;

(3) 监测管理系统设计和建设缺乏统一规划, 功能单一分散, 难以实现系统集成, 形成规模效应;

(4) 设备状态信息分散于电网各业务系统, 存在严重专业交叉与技术壁垒, 导致系统数据难以交互, “信息孤岛”现象严重;

(5) 设备状态评价与故障诊断的研究应用尚无法达到掌握设备真实健康状态与运行风险的目的, 信息综合应用智能化水平低, 不能生成切实可行的设备运维管理策略。

基于对设备在线监测与评价诊断技术研究应用现状的分析, 可以发现传统的在线监测分散应用管理模式存在着规划缺失、配置不清、标准滞后、可靠性差、应用水平低等问题, 已严重阻碍成熟可靠的在线监测技术的推广应用。

1.4 电力设备智能化监测诊断系统关键技术

针对以上问题, 在设备监测诊断技术领域, 需要重点开展的工作与解决的问题有: 完善在线监测技术标准体系, 实现在线监测规模化、规范化应用; 规范监测信息接入, 实现不同类型监测装置的标准化接入和“即插即用”; 构建综合设备在线监测、调度自动化、生产管理系统信息的设备全景信息平台, 为电网各专业与部门提供标准化数据服务, 打破各专业部门的业务壁垒; 开展设备状态智能监测预警与评价诊断研究, 实现对设备缺陷的准确诊断和运维检修策略的生成, 支撑设备状态检修工作的全面开展。最终建设完成的电力设备智能化监测诊断系统, 可实时监测全网设备潜在运行风险, 提高供电可靠率和资产精益化管理水平, 保障电网高效、经济、安全、稳定运行。

以上所归纳的电力设备智能化监测诊断系统所涉及的技术问题, 从监测装置层到应用系统层主要包括以下四个方面: 在线监测技术规范应用、在线监测装置标准化通信、设备监测诊断数据平台、设备监测诊断智能应用。

本书的主要内容是介绍这四方面的关键技术及应用实践。

(1) 在线监测技术规范应用。本部分重点关注如何规范化应用各类在线监测技术。通过建立科学的评价指标体系, 对各类在线监测技术的应用进行全

面评价,提出适应监测技术发展水平与电网实际需求的监测装置配置指导原则,制定状态监测技术发展规划。建立各类监测装置标准化技术体系,规范监测装置功能及性能指标,把关现场安装施工与交接验收,为不同类型监测装置的一体化接入奠定基础。针对变压器油中溶解气体、GIS 局部放电等重要监测项目,开展监测装置入网与运行中检验测试,确保运行的各类监测设备保持必需的安全性、有效性、稳定性、一致性,实现监测装置的一体化接入。

(2) 在线监测装置标准化通信。本部分重点关注如何实现各厂家、各型号、各变电站的在线监测装置与主站系统的标准化通信。采用在线监测装置标准化扩充建模和 MMS 通信技术,以实现海量监测信息的交互和汇聚。研制和应用电力设备在线监测综合处理单元,实现不同原理、不同厂家在线监测装置的一体化接入,解决大规模在线监测数据接入的标准化通信问题。

(3) 设备监测诊断数据平台。本部分介绍了设备监测诊断数据平台技术。通过“源端维护、自动上传、统一建模、综合应用”方式,与生产管理信息系统、地区调度自动化 Web 子系统和在线监测综合处理通信单元基于 IEC 61968/61970 和 IEC 61850 进行数据传输。通过智能免维护数据平台,自动导入和拼接生成电网一、二次设备的统一模型以完成信息融合。将 SOA 应用框架和 CIS 服务技术应用于与高级应用软件的信息交互,提高信息平台的业务支撑和持续发展能力。

(4) 设备监测诊断智能应用。本部分介绍了设备监测诊断智能应用技术。通过设备监测诊断数据平台获取各类设备状态信息,开展设备状态参量质量优化工作,进行基于统一阈值管理与趋势分析的动态预警;开展设备状态智能诊断与评价,梳理设备缺陷处理流程,完善设备状态检修策略,实现对设备故障原因的准确诊断和检修策略的智能生成;构建综合设备状态数据优化、监测预警、智能诊断、状态评价、风险评估、决策支持的完备状态检修应用体系。

在线监测技术规范化应用

当前,虽然针对输变电设备的各类在线监测技术在电网中得到了越来越广泛的应用,但是装置运行及应用效果不尽理想。其主要原因是:在线监测技术标准严重滞后,监测技术的应用缺乏合理规划;在线监测装置产品质量参差不齐,安装、验收、检测环节的管控不足。因此,必须提高在线监测技术应用的规范化水平。

本章的主要内容是:介绍对各类在线监测技术的应用进行全面评价的方法,以及监测装置配置指导原则、监测技术发展规划;介绍监测装置功能及性能指标,以及装置的现场安装施工与交接验收。针对变压器油中溶解气体、GIS局部放电、电容型设备及避雷器绝缘监测等重要监测项目,介绍了监测装置入网与运行中的检验检测技术。

2.1 在线监测技术的评价与配置原则

鉴于设备各类在线监测技术研究与应用水平存在很大差异,科学评价与合理规划监测技术的应用显得尤为重要。通过建立科学的评价指标体系,可对各类在线监测技术的应用进行全面评价。基于监测技术评价结果,结合电网公司发展需求,可确定适应监测技术发展水平与电网实际需求的监测装置配置原则和发展规划。

2.1.1 在线监测技术评价

当前,在线监测技术的应用已覆盖到电力系统各类主要输变电设备,包括主变压器(电抗器)、GIS、断路器、互感器、电容器、套管、避雷器、开关柜、输电线路(导线、地线、绝缘子、杆塔等)、电力电缆及附件等。同时,基于一些特定

需求，针对设备所处气象、环境、位置参量的监测技术也得到了应用。

针对变电设备的主要监测技术如表 2-1 所示。

表 2-1 变电设备主要监测技术

监测分类	监测项目
变压器	油中溶解气体监测
	(电容型) 套管 $\tan\delta$ 及电容量监测
	铁心接地电流监测
	UHF 局部放电监测
	中性点直流电流监测
GIS	UHF 局部放电监测
	SF ₆ 气体湿度与压力监测
断路器	分合闸线圈电流波形、储能电机打压时刻与储能时间监测
	断路器电流实时值波形、动作时间、累计动作次数监测
	断路器辅助触点的动作状态监测
电容型设备 (电容型电流互感器、 电容型套管、电容式电压互感器、 耦合电容器)	$\tan\delta$ 及电容量监测
避雷器	全电流和阻性电流监测
开关柜	温度监测
	局部放电监测
变电站内各类变电设备及其所处环境	视频及环境图像监测

针对输电设备的主要监测技术如表 2-2 所示。

表 2-2 输电设备主要监测技术

监测分类	监测项目
电缆	光纤温度监测
	局部放电监测
	金属护套环流监测
架空输电线路	绝缘子污秽 (泄漏电流) 监测
	导线温度、导线电流、光照强度、微风振动 (振动值、振动频率、 疲劳损伤值)、风偏 (风偏角、仰角、最小间隙) 监测
	线路杆塔振动 (振幅值、频率) 监测
	覆冰监测 (环境温湿度、风速、风向、雨量、气压、日照、导线温度、 导线倾角、覆冰厚度、覆冰张力、视频图像)
输电线路各类输电 设备及其所处环境	视频图像
	环境温湿度、降水、山火、雷电等监测

为规范输变电设备在线监测技术应用，有效配置在线监测装置，可以从监测装置的安全性、有效性、可靠性、必要性、经济性五个方面对监测技术应用进行评价。

(1) 安全性：在线监测装置的投入不影响电网和输变电设备的正常运行，不降低电网和设备的总体安全性。

(2) 有效性：在线监测装置获取的数据能有效应用于电气设备的状态评价，并指导状态检修。

(3) 可靠性：在线监测装置必须具备较高的电磁兼容性能，能在安装点各种环境下长期稳定运行，维护工作量小，一般整套装置使用寿命应在 8 年以上；安装在设备内部的传感器等元件使用寿命应与安装设备的寿命一致。

(4) 必要性：根据被监测设备的重要程度以及对监测数据获取及时性要求程度不同，合理选取监测点。

(5) 经济性：在线监测装置配置选点和设备选型时，应按资产全生命周期考虑投入经济性。

选用在线监测装置时，应综合考虑上述原则，在满足监测要求的前提下，应尽量选用简洁、有效、可靠和维护少的产品。基于上述五个方面，对主要变电设备监测技术进行评价的指标如表 2-3 所示。

表 2-3 变电设备监测技术评价指标

设备类型	监测项目	有效性	安全性	可靠性	必要性	经济性
变压器	油中溶解气体监测	高	高	中	高	中
	(电容型) 套管监测	高	中	中	高	中
	铁心接地电流监测	高	高	中	低	中
	UHF 局部放电监测	高	高	中	中	中
	中性点直流电流监测	高	高	中	高	中
GIS	UHF 局部放电监测	高	高	中	高	中
	SF ₆ 气体湿度与压力监测	低	中	中	低	中
断路器	分合闸线圈电流波形、储能电机打压时刻与储能时间监测	中	高	中	中	中
	断路器电流实时波形、动作时间、累计动作次数监测	中	高	中	中	中
	断路器辅助触点的动作状态监测	中	中	中	中	中
电容型设备	tanδ 及电容量监测	高	中	中	中	中
避雷器	全电流及阻性电流监测	高	中	中	中	中
开关柜	温度监测	高	高	中	低	低
	局部放电监测	中	高	中	低	低

基于上述五个方面，对主要输电设备监测技术进行评价的指标如表 2-4 所示。

表 2-4 输电设备监测技术评价指标

设备类型	监测项目	有效性	安全性	可靠性	必要性	经济性
电缆	光纤温度监测	中	高	中	中	低
	局部放电监测	高	高	中	中	中
	金属护套环流监测	高	高	中	低	低
架空输电线路	输电线路综合监测（覆冰、舞动、防盗、图像、温度、泄漏电流等项目）	中	高	中	中	低

2.1.2 在线监测装置配置原则

基于各类监测技术评价结果，结合电网公司的实际发展需求，可确定输变电设备在线监测装置的配置原则。以南方电网有限责任公司颁布的《变电设备在线监测与带电测试装置配置指导原则》为例，配置原则如下。

（1）主变压器及线路高抗类在线监测装置配置原则如表 2-5 所示。

表 2-5 主变压器及线路高抗类在线监测装置配置原则

序号	电压等级	配置原则	备注
1	500kV	(1) 应加装多组分绝缘油色谱在线监测装置。 (2) 500kV 主变压器中性点直流电流可能超过设备耐受能力的应加装直流监测装置。 (3) 可安装铁心电流在线监测装置。 (4) 绝缘存在潜伏性缺陷及非常重要的变压器可试点安装变压器特高频局部放电在线监测装置或预留特高频局部放电带电测试的接口	套管在线监测装置宜待有成熟的挂网运行经验后再推广
2	220kV	(1) 绝缘存在缺陷及直接向特级、一级重要用户供电的变压器应加装多组分绝缘油色谱在线监测装置。 (2) 主变压器中性点直流电流超过 20A 时应加装直流监测装置。 (3) 可试点安装电容量和介质损耗在线监测装置。 (4) 如已安装套管在线监测装置，可安装铁心电流在线监测装置	
3	110kV	(1) 绝缘存在缺陷或直接向特级重要用户供电的变压器可加装多组分绝缘油色谱在线监测装置。 (2) 可试点安装电容量和介质损耗在线监测装置。 (3) 如已安装套管在线监测装置，可安装铁心电流在线监测装置	

（2）GIS（H-GIS）设备在线监测装置配置原则如表 2-6 所示。