

ICS 29.240.99

F 23

备案号: 57189-2017

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 1637 — 2016

变电站机器人巡检技术导则

Technical guide for robot inspection in substation

2016-12-05 发布

2017-05-01 实施

国家能源局 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	1
4 巡检系统.....	2
5 巡检作业要求	2
6 巡检方式.....	3
7 巡检内容.....	4
8 任务规划.....	12
9 巡检资料整理	17
附录 A（资料性附录） 变电站机器人巡检系统定期维护标准	18
附录 B（资料性附录） 变电站机器人巡检记录单.....	21

前 言

本标准依据 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国电力联合会提出并归口。

本标准主要起草单位：华北电力大学、国网山东省电力公司电力科学研究院、山东鲁能智能技术有限公司、广东电网有限责任公司电力科学研究院。

本标准主要起草人：柳长安、张斌、彭向阳、吴华、慕世友、王柯、刘春阳、叶飞、杨国田、付崇光、董蕊芳、韩磊、韩晓雷、王兴照、苏荣强、傅孟潮。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

变电站机器人巡检技术导则

1 范围

本标准规定了采用机器人对变电站进行巡检的技术原则，主要包括巡检系统、巡检作业要求、巡检方式、巡检内容、任务规划及巡检资料整理。

本标准适用于交直流电压等级变电站（换流站）机器人巡检作业。

2 规范性引用文件

下列文件对本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅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 26860 电力安全工作规程 发电厂和变电站电气部分

DL/T 573 电力变压器检修导则

DL/T 1610 变电站机器人巡检系统通用技术条件

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可见光巡视 **visible inspection**

应用照相机、摄像机等可见光设备对变电站设备进行巡视并记录相关信息的活动。

3.2

红外巡视 **infrared inspection**

应用红外热成像仪对变电站设备、导线连接点、线夹、绝缘子等进行温度检测并记录相关信息的活动。

3.3

变电站机器人巡检系统 **robot inspection system in substations**

由变电站巡检机器人、本地监控后台、远程集控后台、机器人室等部分组成，能够通过全自主或遥控模式进行变电站巡检作业的系统。

3.4

变电站巡检机器人 **robot for the substation inspecting**

由移动载体、通信设备和检测设备等组成，采用遥控或全自主运行模式，用于变电站设备巡检作业的移动巡检装置。

3.5

本地监控后台 **local monitoring system**

由计算机（服务器）、通信设备、监控分析软件和数据库等组成，安装于变电站本地用于监控机器人运行的计算机系统。

3.6

远程集控后台 **remote centralized control system**

用于集中监控、管理多个变电站机器人巡检系统的计算机系统。

3.7

机器人室 robot room

安装有充电装置、自动门等设备，可以配合机器人实现变电站巡检机器人全天候自主充电的设施。

3.8

导航设施 navigation facilities

为变电站巡检机器人进行定位导航而在变电站安装的标识设施。

4 巡检系统

4.1 系统组成

4.1.1 变电站机器人巡检系统应至少配置变电站巡检机器人、本地监控后台、机器人室，必要时配置导航设施、固定视频监控装置，无人值守变电站宜选配远程集控后台。

4.1.2 变电站巡检机器人应至少配备可见光摄像机、红外热成像仪和声音采集等检测设备，所载检测设备应满足 DL/T 1610 《变电站机器人巡检系统通用技术条件》相关要求。

4.2 系统功能

4.2.1 变电站机器人巡检系统应具备巡视功能，可制定巡检计划，对变电站设备开展外观检查、表计读取、红外测温、声音检测等巡视工作，或通过人工遥控操作，对指定设备进行现场监视或远程视频指导等工作。

4.2.2 巡检系统应具备数据分析和管理功能，可查询历次巡检计划编制、数据记录和报表生成情况，可获得表计历史数据曲线，可开展设备测温、闸刀分合状态判断、悬挂异物判断、声音判断等缺陷或故障诊断工作，并对异常情况报警。

4.2.3 巡检系统应满足 DL/T 1610 的功能要求。

5 巡检作业要求

5.1 人员要求

5.1.1 作业人员应具有变电站运行维护经验，熟悉电力安全工作规程和有关技术标准。

5.1.2 作业人员应通过变电站机器人系统的相关操作培训和考核。

5.1.3 作业人员应熟悉变电站巡检机器人系统的基本工作原理、技术参数和性能，掌握系统的操作程序和日常维护方法。

5.2 设备要求

5.2.1 投入巡检作业的机器人巡检系统应通过型式试验和出厂试验，检测合格。

5.2.2 机器人巡检系统应由专人负责，定期对机器人巡检系统进行维护和保养（参见附录 A），确保巡检系统状态正常。

5.2.3 巡检机器人如长期不用，应定期启动，检查设备状态。如有异常现象，应及时调整、维修。

5.2.4 巡检机器人供应商应提供完善的产品用户资料，包括巡检系统软硬件版本信息、出厂检验报告、使用手册等。

5.3 环境要求

5.3.1 机器人室应安装牢固，房顶材料应满足阻燃要求，并做好防雨、防台风、防潮等措施。

5.3.2 机器人巡检环境条件应满足 DL/T 1610 的要求。

5.3.3 机器人巡检作业一般在良好天气下进行。

5.3.4 需要在雾、雪、雨、冰雹、大风等恶劣天气或强电磁干扰条件下巡检时，应针对现场气候和工作条件，组织技术讨论，制订可靠的安全措施。

5.4 安全要求

5.4.1 巡检作业人员应熟悉机器人在变电站的巡检路线。

5.4.2 巡检作业前，应预先设置紧急情况下巡检机器人的安全策略。

5.4.3 变电站机器人巡检作业应满足 GB 26860 的规定。

5.5 作业要求

5.5.1 根据变电站设备运行状态及巡检要求，提前编制机器人的巡检计划，指导巡检工作。

5.5.2 作业前作业人员应提前了解作业现场，必要时应进行现场勘查，确定能否进行作业，并根据巡检计划作好任务规划。

5.5.3 作业前应确认机器人巡检系统各部分工作正常。

5.5.4 作业前应确认机器人电池电量充足，宜准备好必要的备品备件。

6 巡检方式

6.1 正常巡检

6.1.1 正常巡检是指运行单位根据变电站巡检计划，安排机器人对站内设备进行周期性的辅助巡检工作。

6.1.2 正常巡检中，变电站巡检机器人一般应完成室外部分各类一次设备的巡视，无法安排机器人安全到达的区域除外；室内电气设备如有需要可单独安排巡视。

6.1.3 各项巡检内容可以单独进行也可以根据需要组合进行，巡检周期可与人工巡检不同，一般宜短于人工巡检。

6.1.4 正常巡检一般无需人工监视，机器人发出报警信号后应及时检查处理。

6.1.5 应定期对机器人巡检数据进行检查与复核。

6.2 异常巡检

6.2.1 异常巡检是指运行单位为查明变电站故障点、故障情况、故障原因以及跟踪其他已知的缺陷情况等进行的机器人辅助巡检工作。异常巡检一般在以下情况下进行：

- a) 设备发生异常，现场情况不明或人员去现场查看存在人身伤害风险时。
- b) 设备带电运行，但存在尚未消除的缺陷或隐患，需要定期跟踪巡检时。

6.2.2 异常巡检计划应根据具体巡检任务和巡检目的制订。

6.2.3 在 6.2.1a) 情况下，异常巡检宜全程人工监视，如果现场环境不利于巡检工作继续开展或机器人行为异常，应立即中止巡检。

6.3 特殊巡检

6.3.1 特殊巡检是指变电站设备正常运行时，因特殊原因在正常巡检以外安排机器人进行的辅助巡检工作。特殊巡检一般在以下情况下进行：

- a) 系统大负荷及高温时。
- b) 设备经过检修、试验、改造或长期停用，重新投入运行及新安装设备投入运行。
- c) 恶劣天气、自然灾害、外力影响发生时或发生前后。

- d) 法定节假日和上级通知有重要保供电任务期间。
- e) 设备操作需要现场监视或远程视频指导时。
- f) 设备或电网事故，造成变电站处于单进线、单主变压器或单母线等特殊运行方式时。

6.3.2 特殊巡检计划应根据具体巡检任务和巡检目的制订。

6.3.3 特殊巡检宜全程人工监视，同步进行巡检数据检查与复核。如果现场环境不利于巡检工作继续开展或机器人行为异常，应立即中止巡检。

7 巡检内容

7.1 正常巡检

以交流 500kV 变电站为例，正常巡检内容见表 1。

表 1 正 常 巡 检 内 容

巡检设备	巡检项目	巡 检 内 容	巡检手段
主变压器	声音检测	主变压器声音是否异常（参照 DL/T 573 的表 3 和表 4）； 有无放电声	声音传感器
	套管检测 （高压侧、中压侧、 低压侧、中性点）	外表是否清洁，有无明显污垢； 外表有无破损现象； 外表有无放电痕迹； 法兰有无锈蚀； 法兰有无裂痕； 升高座是否漏油	可见光摄像机
		套管油位是否正常	可见光摄像机
		套管红外图谱有无异常	红外热成像仪
	引线接头检测	引线有无散股或断股现象	可见光摄像机
		接头有无过热情况	红外热成像仪
	呼吸器检测 （本体、调压装置）	呼吸器硅胶是否变色； 呼吸器油位是否正常； 呼吸器是否漏油	可见光摄像机
	油枕检测	油枕油位是否正常	可见光摄像机
	气体继电器检测 （本体、调压装置）	气体继电器是否漏油	可见光摄像机
	压力释放装置检测	是否渗漏油； 信号杆是否突出	
	油压感应装置检测	是否渗漏油	
	滤油机检测	表计压力是否正常	可见光摄像机
		是否渗漏油	可见光摄像机
	冷却系统检测	潜油泵是否渗漏油； 散热片是否渗漏油； 冷却器连接管法兰是否渗漏油	
	本体及外观检测	外观有无裂痕； 外壳接地是否完好； 器身焊接处、法兰处或阀门是否渗漏油； 器身有无锈蚀	

表 1 (续)

巡检设备	巡检项目	巡 检 内 容	巡检手段
主变压器	本体及外观检测	主变压器油温计、绕组温度计读数是否正常	可见光摄像机
		器身有无过热现象； 本体、油枕油位红外图谱是否正常	红外热成像仪
高压 电抗器	声音检测	电抗器声响是否正常	声音传感器
	套管检测	外表是否清洁，有无明显污垢； 外表有无破损现象； 外表有无放电痕迹	可见光摄像机
		套管油位是否正常	可见光摄像机
		套管红外图谱有无异常情况	红外热成像仪
	引线接头检测	引线有无散股或断股现象	可见光摄像机
		接头有无过热情况	红外热成像仪
	呼吸器检测	呼吸器硅胶是否变色； 呼吸器油位是否正常； 呼吸器是否漏油	可见光摄像机
	气体继电器检测	气体继电器是否漏油	
	压力释放装置检测	是否渗漏油	
	油压感应装置检测	是否渗漏油	
	冷却系统检测	散热片是否渗漏油； 冷却器连接管法兰是否渗漏油	
	本体及外观检测	外观有无裂痕； 外壳接地是否完好； 器身焊接处、法兰处或阀门是否渗漏油； 器身有无锈蚀	可见光摄像机
		主变压器油温计、绕组温度计读数是否正常	
		器身有无过热现象； 本体、油枕油位红外图谱是否正常	
电流 互感器	油位检查 (油浸式)	油位是否正常	可见光摄像机
		有无渗漏油现象	可见光摄像机
	气体压力检查 (充气式)	压力表指针是否指示在绿区	可见光摄像机
	外绝缘检查	外表是否清洁； 外表有无破损现象； 外表有无放电痕迹； 有无渗漏油情况(油浸式)	可见光摄像机
	本体外观检查	有无锈蚀现象	
	温度测试	红外测温是否正常	红外热成像仪
	声音检测	有无异响(有无电磁振动声，放电声等)	声音传感器
	引线接头检查	引线有无散股或断股现象	可见光摄像机
		接头有无过热情况	红外热成像仪

表 1 (续)

巡检设备	巡检项目	巡 检 内 容	巡检手段
电压互感器	外绝缘检查	外表是否清洁; 外表有无破损现象; 外表有无放电痕迹; 有无渗漏油情况(油浸式)	可见光摄像机
	本体及外观检查	有无锈蚀现象	
	温度测试	红外测温是否正常	红外热成像仪
	声音检测	有无异响(有无电磁振动声, 放电声等)	声音传感器
	引线接头检查	引线有无散股或断股现象;	可见光摄像机
		接头有无过热情况	红外热成像仪
并联电容器	接头连线检查	引线有无断股或散股现象; 母线排是否锈蚀	可见光摄像机
		接头有无过热现象	红外热成像仪
	高压熔断器检查	是否完好;	可见光摄像机
		有无过热现象	红外热成像仪
	绝缘子检查	外表是否清洁; 外表有无破损现象; 外表有无放电痕迹	可见光摄像机
	外观检查	油漆是否脱落; 外壳是否“鼓肚”变形	
		电容器红外测温是否正常	红外热像仪
	声音检测	有无异响	声音传感器
	TV 放电检查	是否渗漏油; 套管有无闪络放电现象; 外观是否完好, 器身有无裂纹	可见光摄像机
		红外测温是否正常	红外热像仪
并联电抗器	声音检测	有无异常声音	声音传感器
	接头连接线检测	引线有无散股或断股现象	可见光摄像机
		接头有无过热现象	红外热成像仪
	绝缘子检测	外表是否清洁; 外表有无破损现象; 外表有无放电痕迹	可见光摄像机
	外观检测	表层有无脱落现象; 本体是否变形; 表面有无烧灼痕迹	
	温度检测	红外测温是否正常	红外热成像仪
断路器	外观检查	外表是否清洁; 外表有无破损现象; 外表有无放电痕迹	可见光摄像机
	引线接头检测	引线有无散股或断股现象	
		接头有无过热情况	红外热成像仪

表 1 (续)

巡检设备	巡检项目	巡 检 内 容	巡检手段
断路器	声音检测	有无异响	声音传感器
	温度检测	本体及并联电容红外测温是否正常	红外热像仪
隔离开关	触头检查	触头有无过热现象	红外热成像仪
		分合闸是否到位	可见光摄像机
	引线接头检查	引线有无散股或断股现象	
		接头有无过热情况	红外热成像仪
	传动机构检查	连杆机构有无脱落; 传动拉杆是否变形、锈蚀	可见光摄像机
	绝缘支柱检查	外表是否清洁; 外表有无破损现象; 外表有无放电痕迹	
	外观检查	接地引线是否锈蚀	
	声音检测	有无异常	声音传感器
避雷器	外绝缘检查	外表是否清洁; 外表有无破损现象; 外表有无放电痕迹	可见光摄像机
	引线接头检查	引线有无散股或断股现象	
		接头有无过热情况	红外热成像仪
	本体及外观检查	接地引下线有无松脱、锈蚀; 均压环有无锈蚀、变形; 计数器外观及引线是否完好	可见光摄像机
	泄漏电流检查	泄漏电流监测值是否处于正常范围	可见光摄像机
	声音检测	有无异响	声音传感器
阻波器	引线接头检查	引线有无断股或散股现象	可见光摄像机
		接头有无过热情况	红外热成像仪
	绝缘子检查	有无闪络放电; 拉力绝缘子是否断裂; 支柱绝缘子是否断裂; 耦合电容器绝缘子是否断裂	可见光摄像机
	本体及外观检查	阻波器上有无杂物; 部件有无锈蚀	
		本体红外测温是否正常	红外热成像仪
	声音检测	声音有无异常	声音传感器
母线	绝缘子检查	有无闪络放电; 绝缘子是否断裂、破损; 外表是否清洁、有无明显污垢	可见光摄像机
	线夹检查	线夹是否脱落	
	导线检查	导线有无断股	

表 1 (续)

巡检设备	巡检项目	巡 检 内 容	巡检手段
母线	导线杆检查	导线杆是否成直线; 导线杆是否挂有异物	可见光摄像机
	温度检测	红外测温是否正常	红外热成像仪
各类端子箱	本体及外观	各指示灯指示是否正常; 箱门、柜门是否关闭	可见光摄像机
电缆终端	外观	防雷设施是否完好; 绝缘套管是否破损	可见光摄像机

7.2 异常巡检

以交流 500kV 变电站为例, 异常巡检内容见表 2。

表 2 异常巡检内容

巡检设备	巡检原因	巡 检 内 容	巡检手段
主变压器、高压电抗器	设备运行故障 (跳闸)	是否喷油、严重渗漏油、冒烟或着火	可见光摄像机
		是否存在结构变形或损坏现象	
		套管或引线是否有放电、击穿闪络痕迹	
		油温、油位指示情况	
		雷击故障时检查避雷器计数器动作情况	
		其他异常情况	
	运行缺陷或 隐患跟踪巡检	异常声响变化情况	声音传感器
		异常放电变化情况, 如套管爬电等	可见光摄像机
		漏油变化情况, 油位指示变化	
		异常发热变化情况, 油温指示变化	红外热成像仪 可见光摄像机
电流互感器、电压互感器	设备运行故障	是否喷油、严重渗漏油、冒烟或着火	可见光摄像机
		外观结构是否破坏或异常, 如伞裙爆裂	
		套管或引线是否有放电、击穿闪络痕迹	
		二次端子箱是否异常	
		油位、相关表计指示是否正常	
	运行缺陷或 隐患跟踪巡检	异常放电变化情况, 如套管爬电等	声音传感器
		油、气泄漏情况, 表计指示变化	可见光摄像机
		异常发热情况, 温升或图谱变化	红外热成像仪
并联电容器、并联电抗器	设备运行故障	是否存在冒烟或着火现象	可见光摄像机
		外观结构是否破坏或异常	
		是否有异常声音	声音传感器
	运行缺陷或 隐患跟踪巡检	异常放电变化情况	声音传感器
		异常发热变化情况	红外热成像仪

表 2 (续)

巡检设备	巡检原因	巡 检 内 容	巡检手段
断路器	设备运行故障 (跳闸)	是否存在断路器爆炸或瓷套爆裂现象	可见光摄像机
		瓷套、接线板或引线是否存在放电痕迹	
		电气引线是否断线、断股或受损	
		分合闸指示、相关表计指示是否正常	
	运行缺陷或 隐患跟踪巡检	外套爬电、接头异常放电变化情况	声音传感器
		本体及接线板、引线异常发热变化情况	红外热成像仪
		分合闸指示情况	可见光摄像机
隔离开关	设备运行故障	闸刀触头受损情况, 接触是否正常	可见光摄像机
		分合闸指示是否正常	
		支柱绝缘子外观结构是否正常, 有无爆裂	
		闸刀连杆位置、状态是否正常, 有无裂纹	
	运行缺陷或 隐患跟踪巡检	闸刀触头或接头异常放电变化情况	声音传感器
		闸刀触头或接头异常发热变化情况	红外热成像仪
		分合闸指示情况	可见光摄像机
避雷器	设备运行故障	是否存在避雷器爆炸或外套爆裂现象	可见光摄像机
		外套、接线板或引线是否存在放电痕迹	
		电气引线是否断线、断股或受损	
		计数器指示及外观、接地引线是否正常	
	运行缺陷或 隐患跟踪巡检	外套爬电、接头异常放电变化情况	声音传感器
		本体及接头、引线异常发热变化情况	红外热成像仪
		计数器指示值、泄漏电流监测值变化情况	可见光摄像机

7.3 特殊巡检

以交流 500kV 变电站为例, 特殊巡检内容见表 3。

表 3 特殊巡检内容

巡检设备	巡检原因	巡 检 内 容	巡检手段
主变压器	过负荷及高温	各油温计、油位计是否在允许范围内	可见光摄像机
		各处有无渗漏情况	可见光摄像机
		各引线接头温度是否在正常范围内	红外热成像仪
		有无异响	声音传感器
	大雪	引线、变压器顶盖有无积雪; 套管有无结冰、凝冻、冰雪融化情况	可见光摄像机
	大风	本体及各引线上有无杂物、飘挂物; 附近有无易被风吹动飞起的杂物; 引线摆动是否在容许范围内; 气体继电器防雨罩是否完好	可见光摄像机

表 3 (续)

巡检设备	巡检原因	巡 检 内 容	巡检手段
主变压器	雷雨后	变压器各侧避雷器计数器是否动作; 各侧套管有无破损、裂纹及放电痕迹; 引线有无脱落和放电痕迹	可见光摄像机
	冰雹后	引线有无断股; 套管有无破裂现象	
	大雾、“毛毛”雨、 扬尘	各侧套管有无沿面放电现象	
	检修后投运及 新设备投运	各油温计、油位计是否在允许范围内; 各处有无渗漏情况	
		各引线接头或检修部位温度是否正常	红外热成像仪
高压 电抗器	过负荷及高温	各油温计、油位计是否在允许范围内	可见光摄像机
		各处有无渗漏情况	可见光摄像机
		各引线接头温度是否在正常范围内	红外热成像仪
	大雪	引线、电抗器顶盖有无积雪; 套管有无结冰、凝冻、冰雪融化情况	可见光摄像机
	大风	本体及各引线上有无杂物、飘挂物; 附近有无易被风吹动飞起的杂物; 引线摆动是否在容许范围内	
	冰雹后	引线有无断股; 套管有无破裂现象	
	大雾、“毛毛”雨、 扬尘	套管有无沿面闪络现象	
	雷雨后	套管有无破损、裂纹及放电痕迹; 引线有无脱落和放电痕迹	
	检修后投运及 新设备投运	各油温计、油位计是否在允许范围内; 各处有无渗漏情况	
		各引线接头或检修部位温度是否正常	红外热成像仪
并联 电容器	高温	各接头有无异常发热现象	红外热成像仪
	大雪	引线有无积雪; 有无结冰、凝冻、冰雪融化情况	可见光摄像机
	大风	设备和导线上有无飘挂物; 有无断线	
	冰雹后	引线有无断股; 外绝缘有无破裂现象	
	大雾、“毛毛”雨、 扬尘	套管有无沿面闪络现象	
	雷雨后	瓷质绝缘有无破损裂纹、放电痕迹	
	电容器投切或异常 (如铁磁谐振) 消除后	检查电容器有无烧伤、变形、移位	可见光摄像机
		各部温度是否正常	红外热成像仪
		有无异响	声音传感器

表 3 (续)

巡检设备	巡检原因	巡 检 内 容	巡检手段
并联电抗器	高温	本体及各接头有无异常发热现象	红外热成像仪
	大雪	设备积雪情况	可见光摄像机
	大风	设备和导线上有无飘挂物； 有无断线、散股或断股现象	
	冰雹后	本体有无倾斜变形、引线有无断股； 表层有无脱落现象	
	大雾、“毛毛”雨、 扬尘	套管有无沿面闪络现象	
	雷雨后天	绝缘有无破损裂纹、放电痕迹	
断路器	过负荷及高温	接头有无异常发热现象	红外热成像仪
		有无异响	声音传感器
	大雪	引线有无积雪； 本体有无结冰、凝冻、冰雪融化情况	可见光摄像机
	大风	引线上有无飘挂物； 附近有无易被风吹动飞起的杂物； 引线摆动是否在容许范围内	
	雷雨后天	外绝缘有无破损、裂纹及放电痕迹； 引线有无脱落和放电痕迹	
	冰雹后	引线有无断股； 外绝缘有无破裂现象	
	大雾、“毛毛”雨、 扬尘	外绝缘有无沿面放电现象	
避雷器	大雪	本体有无结冰、凝冻、冰雪融化情况； 放电间隙是否存在覆冰情况	可见光摄像机
	大风	引线上有无飘挂物； 附近有无易被风吹动飞起的杂物； 引线摆动是否在容许范围内	
	大雾、“毛毛”雨、 扬尘	外绝缘有无沿面放电现象	
	冰雹后	引线有无断股； 外绝缘有无破裂现象	
	雷电活动或 开关操作后	避雷器放电计数器动作是否正常； 避雷器瓷套与计数器有无损坏； 避雷器接地引下线有无烧伤痕迹	
		泄漏电流监测值是否正常	可见光摄像机
其他一次设备	过负荷	接头有无过热现象	红外热成像仪
		充油充气设备压力、油位是否正常	可见光摄像机
		有无异响	声音传感器
	大雪	引线有无积雪； 外绝缘有无结冰、凝冻、冰雪融化情况	可见光摄像机

表 3（续）

巡检设备	巡检原因	巡 检 内 容	巡检手段
其他 一次设备	大风	母线、引线上有无飘挂物； 设备附近有无易被风吹动飞起的杂物； 引线摆动是否在容许范围内	可见光摄像机
	高温、气候突变	检查压力、油位是否正常	可见光摄像机
		有无渗漏现象	可见光摄像机
	雷雨后天	检查外绝缘有无破损、裂纹及放电痕迹	
	冰雹后天	引线有无断股； 外绝缘有无破裂现象	
	检修后投运及 新设备投运	接头或外绝缘是否存在异常放电现象	
		接头或检修部位是否存在异常发热现象	红外热成像仪

8 任务规划

8.1 基本要求

8.1.1 作业人员事先根据机器人巡检计划进行巡检任务规划，巡检机器人按照任务规划自动执行变电站设备巡检任务。

8.1.2 机器人巡检任务规划应包括巡检区域、巡检路径、巡检任务点、巡检设备、巡检项目、巡检内容、巡检数据处置等方面的内容，保证机器人能够准确执行。

8.2 巡检任务点

8.2.1 巡检任务点的布设包括确定拍摄地点、拍摄角度、视场范围、拍摄数量等，确保巡检设备本体和附属表计处于良好视角，具有足够清晰度。

8.2.2 不同变电站、不同电压等级设备外观结构及尺寸存在差异，巡检任务点应根据现场实际情况确定。以交流 500kV 变电站为例，巡检任务点一般布设原则如表 4。

表 4 交流 500kV 变电站巡检任务点一般布设原则

巡检设备	巡 检 内 容	取景数	取 景 要 求
主变压器区域			
主变压器	主变压器本体高压侧 A（B、C）相	1	分别以 45°取景，实现本体的全覆盖
	主变压器本体低压侧 A（B、C）相	1	分别以 45°取景，实现本体的全覆盖
	主变压器油枕 A（B、C）相	1	主变压器油枕红外测温应观察可能出现的假油温现象
	主变压器高压套管 A（B、C）相	2	分别以 120°夹角取景，取景内容包含套管上端接线板和下端基座，取景照片以序号区分
	主变压器高压套管油位 A（B、C）相	1	清晰看清油位，读取数数据误差在±5%内
	主变压器中压套管 A（B、C）相	2	分别以 120°夹角取景，取景内容包含套管上端接线板和下端基座，取景照片以序号区分
	主变压器中压套管油位 A（B、C）相	1	清晰看清油位
	主变压器低压套管 IA（B、C）相	2	分别以 120°夹角取景，取景内容包含套管上端接线板和下端基座，取景照片以序号区分

表 4 (续)

巡检设备	巡 检 内 容	取景数	取 景 要 求
主变压器	主变压器低压套管 IIA (B、C) 相	2	分别以 120° 夹角取景, 取景内容包含套管上端接线板和下端基座, 取景照片以序号区分
	主变压器低压套管油位 I-1A (B、C) 相	1	清晰看清油位
	主变压器低压套管油位 II-1A (B、C) 相	1	清晰看清油位
	主变压器中性点套管 A (B、C) 相	2	分别从主变压器低压侧以 120° 夹角取景, 取景内容包含套管上端接线板和下端基座, 取景照片以序号区分
	主变压器中性点套管油位 A (B、C) 相	1	清晰看清油位
	主变压器油面温度计 1A (B、C) 相	1	准确识别仪表数字, 读取数据误差在 ±5% 内
	主变压器油面温度计 2A (B、C) 相		
	主变压器绕组温度计 A (B、C) 相		
	主变压器油枕油位计 A (B、C) 相		
	主变压器本体 X 号潜油泵 A (B、C) 相	4	清晰看到设备情况
	主变压器本体 X 号油流指示计 A (B、C) 相	4	清晰看清指针位置
	主变压器呼吸器 A (B、C) 相	1	清晰看清硅胶变色情况
	主变压器瓦斯继电器 A (B、C) 相	1	清晰看到设备情况
	主变压器取气盒 A (B、C) 相	1	清晰看到设备情况
	主变压器风冷控制柜 A (B、C) 相	1	清晰看到设备情况
	主变压器端子箱 A (B、C) 相	1	清晰看到设备情况
66kV 及以下区域			
母线	I 段过渡母线	2	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖母线另一端及母线支柱
	I 段过渡母线绝缘子	4	每组绝缘子一张照片
	I 段过渡母线跨接部分	1 (3)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张
	I 段母线	2	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖母线另一端及母线支柱
	I 段母线绝缘子	5	每组绝缘子一张照片
	I 段母线跨接部分	2 (6)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张
	II 段过渡母线	2	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖母线另一端及母线支柱
	II 段过渡母线绝缘子	4	每组绝缘子一张照片
	II 段过渡母线跨接部分	1 (3)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张
	II 段母线	2	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖母线另一端及母线支柱
	II 段母线绝缘子	5	每组绝缘子一张照片
	II 段母线跨接部分	2 (6)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张

表 4 (续)

巡检设备	巡 检 内 容	取景数	取 景 要 求
电压互感器	电压互感器本体 A (B、C) 相	1	内容包含测温 and 油位指示
	电压互感器绝缘子	2	分别从两个方向取景
	电压互感器熔断器	2	分别从两个方向取景, 将电压互感器熔断器三相包含在一个场景图片中, 且同时包含熔断器两侧接头部位
电流互感器	电流互感器本体	1	从两个方向进行取景, 取景内容包含电流互感器进、出端接线板和本体, 内容包含测温 and 油位指示
	电流互感器支柱绝缘子	2	分别从两个方向取景, 将电流互感器接线盒及绝缘子包含在一个场景图片中
断路器	断路器分合闸指示	1	准确识别分合闸
	断路器 SF ₆ 压力表	1	准确识别压力数值
	断路器本体	2	分别从两个方向取景, 取景内容包含断路器上、下端接线板到整个绝缘子
站用变压器	站用变压器本体高压侧	1	从站用变压器高压两侧以 45°角取景, 实现本体的全覆盖
	站用变压器本体低压侧	1	从站用变压器高压两侧以 45°角取景, 实现本体的全覆盖
	站用变压器本体油枕	1	包含测温 and 油位指示
	站用变压器调压装置油枕	1	包含测温 and 油位指示
	站用变压器油面温度计	1	准确识别仪表数字, 读取的数据误差在 ±5% 内
	站用变压器本体瓦斯继电器	1	清晰看到设备情况
	站用变压器本体呼吸器	1	清晰看到呼吸器变色情况
	站用变压器调压装置呼吸器	1	清晰看到呼吸器变色情况
	站用变压器低压侧母排	1	清晰看到设备情况
隔离开关	闸刀本体	2	分别从两个方向取景, 将闸刀三相及支柱绝缘子包含在一个场景图片中, 同时进行测温 and 位置判断
	接地闸刀	1	进行位置判断
并联电容器	电容器组本体	4	分别在电容器组四个面进行测温
	电容器电流互感器油位指示	3	清晰看清油位
	电容器串联电抗器	3	分相进行采集, 涵盖本体和绝缘子
并联电抗器	电抗器本体	2	分相进行采集, 分别从两个方向取景, 涵盖本体和绝缘子, 并进行测温
	电抗器中性点	1	分别从两个方向取景, 涵盖本体和绝缘子, 并进行测温
避雷器	避雷器本体	2	从两个方向进行取景, 取景内容包含避雷器各相接线板和本体
	避雷器监测器	3	分相采集, 内容包含避雷器动作次数和泄漏电流值
公用部分	接线板	各 1	根据其连接设备进行命名, 归属连接设备的间隔中

表 4 (续)

巡检设备	巡 检 内 容	取景数	取 景 要 求
公用部分	引线接头	各 1	根据其连接设备进行命名, 归属连接设备的间隔中
220kV 区域			
母线	I 母线	2	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖母线另一端及母线支柱
	I 母线跨接部分	3 (9)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张
	I 母线绝缘子	7	每组绝缘子一张照片
	II 母线	4	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖母线另一端及母线支柱
	II 母线跨接部分	6 (18)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张
	II 母线绝缘子	16	每组绝缘子一张照片
	III 母线	2	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖母线另一端及母线支柱
	II 母线跨接部分	3 (9)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张
	II 母线绝缘子	7	每组绝缘子一张照片
断路器	断路器分合闸指示	1 (3)	根据位置指示的个数进行采集
	断路器储能指示	1 (3)	根据储能指示个数进行采集
	断路器 SF ₆ 压力表	1 (3)	根据表计的个数进行采集
	断路器本体 A (B、C) 相	2	从两个方向进行取景, 取景内容包含断路器上、下端接线板到整个绝缘子
隔离开关	闸刀本体 A (B、C) 相	2	对闸刀本体测温 and 位置判断, 测温涵盖闸刀头和尾
	闸刀绝缘子 A (B、C) 相	2	从两个方向进行取景, 取景内容包含整个绝缘子
接地开关	接地闸刀本体 A (B、C) 相	1	对闸刀本体位置判断
	接地闸刀绝缘子 A (B、C) 相	2	从两个方向取景, 取景内容含整个绝缘子 (或无绝缘子)
电压互感器	电压互感器本体 A (B、C) 相	2	内容包含测温 and 油位指示
	电压互感器绝缘子	2	分别从两个方向取景
电流互感器	电流互感器本体 A (B、C) 相	2	从两个方向进行取景, 取景内容包含电流互感器进、出端接线板和本体, 内容包含测温 and 油位指示
	电流互感器绝缘子 A (B、C) 相	2	分别从两个方向取景, 将电流互感器接线盒及绝缘子包含在一个场景图片中
避雷器	避雷器本体 A (B、C) 相	2	从两个方向进行取景, 取景内容包含避雷器各相接线板和本体
	避雷器监测器 A (B、C) 相	3	分相采集, 内容包含避雷器动作次数和泄漏电流值
500kV 区域			
母线	I 母线	4	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖三个间隔的母线长度
	I 母线跨接部分	2 (6)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张
	I 母线绝缘子	7	每组绝缘子一张照片

表 4 (续)

巡检设备	巡 检 内 容	取景数	取 景 要 求
母线	II 母线	4	分别从母线两端头正下方取景, 覆盖三个间隔的母线长度
	II 母线跨接部分	2 (6)	3 个跨接头一张, 不满足时一个接头一张
	II 母线绝缘子	7	每组绝缘子一张照片
断路器	断路器本体断口部分 A (B、C) 相	2	由于 500kV 断路器较高, 因此分为断路器端口 (含接线板部分) 和断路器绝缘子两个部分, 再分别从两个方向取景
	断路器本体绝缘子部分 A (B、C) 相	2	分别从两个方向取景
	断路器分合闸指示 A (B、C) 相	1	准确识别分合闸
	断路器液压表 A (B、C) 相	1	准确识别压力数值
	断路器 SF ₆ 压力表 A (B、C) 相	1	准确识别压力数值
隔离开关	闸刀本体 A (B、C) 相	1	对闸刀本体测温 and 位置判断, 测温涵盖闸刀头和尾
	闸刀绝缘子 A (B、C) 相	2	从两个方向进行取景, 取景内容包含整个绝缘子
接地开关	接地闸刀本体 A (B、C) 相	1	对闸刀本体位置判断
	接地闸刀绝缘子 A (B、C) 相	2	从两个方向进行取景, 取景内容包含整个绝缘子 (或无绝缘子)
电压互感器	电压互感器本体 A (B、C) 相	1	内容包含测温 and 油位指示
	电压互感器绝缘子 A (B、C) 相	2	分别从两个方向取景
电流互感器	电流互感器本体 A (B、C) 相	1	从两个方向进行取景, 取景内容包含电流互感器进、出端接线板和本体, 内容包含测温 and 油位指示
	电流互感器绝缘子 A (B、C) 相	2	分别从两个方向取景, 将电流互感器接线盒及绝缘子包含在一个场景图片中
避雷器	避雷器本体 A (B、C) 相	2	从两个方向进行取景, 取景内容包含避雷器接线板和本体
	避雷器监测器 A (B、C) 相	1	分相采集, 内容包含避雷器动作次数和泄漏电流值
高压电抗器	高压电抗器本体高压侧	1	分别以 45° 角取景, 实现本体的全覆盖
	高压电抗器本体低压侧	1	分别以 45° 角取景, 实现本体的全覆盖
	高压电抗器油枕 A (B、C) 相	1	含油位指示
	高压电抗器高压侧套管本体 A (B、C) 相	2	从两个方向取景, 取景内容包含套管接线板和本体
	高压电抗器高压侧套管油位 A (B、C) 相	1	清晰看清油位, 读取数数据误差在在 ±5% 内
	高压电抗器低压侧套管本体 A (B、C) 相	2	从两个方向取景, 取景内容包含套管接线板和本体
	高压电抗器低压侧套管油位 A (B、C) 相	1	清晰看清油位, 读取数数据误差在 ±5% 内
	高压电抗器油面温度计 A (B、C) 相	1	清晰看到设备情况

表 4 (续)

巡检设备	巡 检 内 容	取景数	取 景 要 求
高压电抗器	高压电抗器相绕组温度计 A (B、C) 相	1	清晰看到设备情况
	高压电抗器呼吸器 A (B、C) 相	1	清晰看到呼吸器变色情况
	高压电抗器瓦斯继电器 A (B、C) 相	1	清晰看到设备情况
	高压电抗器取气盒 A (B、C) 相	1	清晰看到设备情况
中性点电抗器	中性点电抗器本体高压侧	1	分别以 45°角取景, 实现本体的全覆盖
	中性点电抗器本体低压侧	1	分别以 45°角取景, 实现本体的全覆盖
	中性点电抗器油枕	1	含油位指示
	中性点电抗器套管本体	1	分别以 45°角取景, 实现本体的全覆盖
	中性点电抗器套管油位	1	清晰看清油位
	中性点电抗器油面温度计	1	准确识别压力数值
	中性点电抗器呼吸器	1	清晰看到呼吸器变色情况
	中性点电抗器瓦斯继电器	1	清晰看到设备情况
	中性点电抗器取气盒	1	清晰看到设备情况
公用部分	接线板	1	清晰看到设备情况
	引线接头	1	清晰看到设备情况

8.3 任务规划生成

8.3.1 作业人员在本地监控后台或远程集控后台通过人机交互模式自动生成机器人可执行的巡检任务规划指令文件。

8.3.2 任务规划分为周期性和临时性两类, 周期性任务规划可先行制定, 重复使用; 临时性任务规划根据临时性巡检任务制定。

8.3.3 为方便管理, 任务规划宜考虑机器人在单次充电周期内能够完成的巡检工作量, 单次巡检任务宜一次完成, 尽量避免单次巡检任务中途返回充电。

9 巡检资料整理

9.1 机器人巡检作业后, 巡检系统监控后台应能自动记录本次巡检数据和相关信息并存档, 必要时能自动生成《变电站机器人巡检记录单》(参见附录 B)。

9.2 巡检作业完成后, 应对巡检中发现的异常数据进行核实, 及时处理设备缺陷和安全隐患。

9.3 宜定期利用巡检系统对巡检数据进行统计分析, 了解变电站设备运行状态, 制订防范措施。

附 录 A
(资料性附录)

变电站机器人巡检系统定期维护标准

变电站机器人巡检系统定期维护，一般分为例行维护和专业维护两类，前者由变电站作业人员定期进行，后者一般由巡检系统供应商定期进行。运行单位宜根据实际情况与供应商协商确定变电站机器人巡检系统定期维护周期。

表 A.1、表 A.2 分别列出了巡检系统例行维护、专业维护一般检查项目和检查标准。

表 A.1 例行维护项目和标准

对象	序号	检查维护项目	检查维护标准
巡检 机器人	1	机器人外观	外观干净，无明显破损、变形、污渍，表面色泽均匀，无锈蚀现象
	2		外壳密封良好，无受潮、进水现象
	3		零部件匹配良好、连接可靠，各螺栓无松动
	4	冷却风扇	机器人内部冷却风扇运转正常，无异常声音
	5	底盘单元	通过遥控检查机器人行走、转弯、后退等基本移动功能正常
	6	云台	通过遥控检查机器人云台水平旋转、上下俯仰正常
	7	轮胎	无严重磨损、老化现象，无凸包、漏气现象
	8	避障功能	在障碍物前能及时停车报警，碰撞开关及碰撞停止功能正常
	9	可见光摄像机	成像功能正常，画面稳定、清晰，聚焦功能正常
	10	红外热成像仪	成像功能正常，画面稳定、清晰，设备测温结果正常
	11	急停开关	急停开关及紧急停止功能正常
	12	电池电压	机器人采集电池电压数据正常
	13	扬声器及 声音采集装置	扬声器正常，声音稳定、清晰、无严重杂音； 声音采集装置功能正常，录音稳定、可靠
	14	运行状态	机器人运行状态指示与实际状态一致，指示装置正常
	15	定位功能	定位功能正常，定位误差在规定范围内
	16	控制功能	机器人能正确执行命令，自动和手动控制功能正常
	17	辅助装置	辅助照明、雨刷等辅助装置功能正常
监控 后台	1	外观结构	主机、显示器等设备外观良好，无破损、受潮、积灰现象
	2	运行状态	主机、显示器等设备运行状态良好，无过热、频繁死机、断线现象
	3	通信功能	巡检机器人、本地监控后台、远程集控后台间通信正常
	4	监控后台软件	实时数据显示、存储、查询及机器人自主、手控功能正常
	5	数据存储状态	数据存储空间充足，无存储容量告警现象
	6	定位与状态显示	电子地图中机器人定位准确，机器人状态数据显示正常
巡检 通道	1	导航轨道	导航轨道无断裂、破损、消磁、松动、移位现象
	2	定位检测点	机器人定位检测点无损坏现象，无妨碍机器人定位的特殊物体
	3	机器人观测视野	机器人与设备之间无妨碍观测的遮挡物，机器人视野不受限制
	4	巡检通道	巡检通道清洁、无遮挡、无积水，无影响机器人行走、定位的物体

表 A.1 (续)

对象	序号	检查维护项目	检查维护标准
机器人室	1	外观结构	无破损, 防雨、防风、防潮措施良好, 干净整洁、无杂物堆积
	2	温、湿度	室内温、湿度参数符合机器人环境要求, 空调功能正常
	3	卷帘门	自动、手动开启关闭功能正常, 限位开关信号正常
	4	照明	室内照明开、关正常
	5	充电箱	充电箱电压、电流显示屏及电源指示灯正常
	6	自主充电装置	自主充电电极铜片无松动、氧化、磨损、破裂、水渍等现象
	7		自主充电电源线无老化、破裂等现象, 连接良好
	8		手动充电、自动充电功能正常
辅助设施	1	无线通信信号	检查无线通信信号能够覆盖全站, 通信稳定可靠
	2	小型气象站	风速、温湿度传感器运行正常, 小型气象站监测数据显示正常
	3	固定式可见光、红外监测装置	变电站固定式可见光、红外监测装置无损坏, 监测数据正常
	4	备品备件	备品备件完善, 保存条件符合要求

表 A.2 专业维护项目和标准

对象	序号	检查维护项目	检查维护标准
巡检机器人	1	外壳	外观干净, 无明显破损、变形、污渍, 表面色泽均匀, 无锈蚀现象; 外壳密封良好, 无受潮、进水现象; 零部件匹配良好、连接可靠, 各螺栓无松动
	2	主控制器	主控制器状态正常
	3	电器组件	电器组件工作正常
	4	磁导航传感器	磁导航传感器感应正常
	5	云台	检查机器人云台水平旋转、上下俯仰正常, 机械结构正常、精度高
	6	轮胎	无严重磨损、老化现象, 无凸包、漏气现象, 可正常使用
	7	避障设备	机器人避障功能正常
	8	可见光摄像机	成像功能正常, 画面稳定、清晰, 聚焦功能正常
	9	红外热成像仪	成像功能正常, 画面稳定、清晰, 设备测温结果正常
	10	碰撞开关	碰撞开关功能正常
	11	电池组件	充电容量、电压、电流、损耗正常
	12	驱动单元	机器人正常启动、行走
	13	本体充电机构	机器人本体充电机构正常充电
监控后台	1	检查在任务点能否准确选择待检设备及定位待检部位、获取读数	准确选择待检设备及部位, 准确获取表计读数
	2	检查监控后台软件系统是否运行正常	监控后台软件系统运行正常
	3	对监控后台软件系统进行优化、清理	对监控后台软件系统优化、清理正常

表 A.2 (续)

对象	序号	检查维护项目	检查维护标准
监控后台	4	检查机器人导航、定位误差, 进行误差修正	机器人导航定位误差满足要求, 修正误差正常
	5	新增变电站任务点	根据需要, 增加巡检任务点
	6	监控后台软件系统升级、补丁修补	监控后台软件系统升级正常
巡检通道	1	磁力线	检查有无消磁、缺失、破损现象
机器人室	1	室内电气设备状态	室内电气设备使用正常
	2	机器人室与机器人联动功能检测	机器人室与机器人联动功能正常
	3	自动门检测	自动门自动、手动开启关闭功能正常, 限位开关信号正常
辅助设施	1	网络设备状态检测	全站网络通信正常、信号稳定可靠

附 录 B
(资料性附录)
变电站机器人巡检记录单

表 B.1 变电站机器人巡检记录单

任务编号			巡检日期		
巡检线路					
任务类型					
工作负责人		作业区段		作业时段	
变电设备 巡检情况					
巡检系统 工作情况					
注 1：巡检任务类型包括变电站巡视、缺陷核实、消缺复查、故障点查找等。 注 2：变电设备巡检情况指记录巡检机器人在变电站巡检过程中发现的设备缺陷或异常情况。 注 3：巡检系统工作情况指记录巡检工作过程中机器人本体、监控后台及任务系统发生的异常情况。					

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
变电站机器人巡检技术导则
DL/T 1637—2016

*

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>)
北京博图彩色印刷有限公司印刷

*

2018年12月第一版 2018年12月北京第一次印刷
880毫米×1230毫米 16开本 1.5印张 43千字
印数 0001—1000册

*

统一书号 155198·79 定价 19.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究
本书如有印装质量问题,我社营销中心负责退换



中国电力出版社官方微信



电力标准信息微信

为您提供 **最及时、最准确、最权威** 的电力标准信息



155198.79