

DOI:10.12158/j.2096-3203.2022.04.019

基于高光谱技术的陶瓷绝缘子污秽等级检测

张血琴, 周志鹏, 李谦慧, 郭裕钧, 吴广宁

(西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 611756)

摘要:陶瓷绝缘子污秽等级检测主要采用等值盐密法、表面污层电导法、泄漏电流法等传统方法,检测过程耗时长、效率低。高光谱技术能够非接触地获取目标图谱信息且信息量丰富,在绝缘子污秽检测方面有较大应用潜力,因此文中提出基于高光谱技术的陶瓷绝缘子污秽等级检测方法。首先,由于陶瓷绝缘子的材质原因,采集其高光谱图像时存在反光现象,因此采用直方图均衡化处理高光谱图像,去除反光干扰;然后,对高光谱图像进行预处理,去除噪声干扰;接着,采用连续投影算法(SPA)对样本谱线进行特征提取,去除冗余信息;最后,根据特征谱线建立支持向量机(SVM)分类模型,实现陶瓷样品的污秽等级划分,其准确率可达95%。

关键词:陶瓷绝缘子;高光谱技术;直方图均衡化;连续投影算法(SPA);污秽等级检测;支持向量机(SVM)

中图分类号:TM855

文献标志码:A

文章编号:2096-3203(2022)04-0150-06

0 引言

电力系统的安全稳定运行一直受输电线路绝缘子污秽闪络问题的影响^[1-5]。污闪问题严重时,会引起大面积、长时间的停电,造成巨大的经济损失。因此,在污闪事故发生之前,对绝缘子绝缘状态进行有效监测及评估具有重要意义^[6-7]。

陶瓷绝缘子作为最早应用的绝缘子,在电力系统中使用较广,其污秽检测主要采用传统检测方法,如等值盐密法^[8]、泄漏电流法^[9]、表面污层电导法^[10]等。但这些方法耗时长、效率低,应用具有一定的局限性。

高光谱技术是成像技术与光谱探测技术相结合的一项检测技术,能够得到目标图像数据及对不同波长电磁波的反射率数据,所形成的高光谱数据包括平面像素信息和光谱维度信息,信息量丰富^[11],在物质种类及程度分类方面有较大应用潜力。文献[12]采用高光谱技术结合改进型区间随机蛙跳算法建立了番茄硬度检测模型,实现了番茄硬度的快速、无损检测。文献[13]通过高光谱技术实现了绝缘子表面污秽含水量的非接触检测。文献[14]制备了不同污秽等级的硅橡胶绝缘片样本,结合高光谱技术建立不同污秽等级特征谱线库,运用支持向量机(support vector machine, SVM)多值分类模型实现复合绝缘子污秽等级的划分。文献[15]根据复合绝缘子不同污秽成分的谱线差异,选取特征波长建立随机森林分类模型,实现了复合绝

缘子单一污秽和混合污秽成分的识别。目前,主要运用高光谱技术对复合绝缘子进行污秽状态研究,而陶瓷绝缘子与复合绝缘子的成分和物理状态均存在明显差异。因此,有必要开展基于高光谱技术的陶瓷绝缘子污秽等级检测研究。

陶瓷绝缘子表面存在釉质,在采集其高光谱图像时会出现反光现象,对谱线信息有较大影响。因此,文中首先通过直方图均衡化处理去除反光干扰;然后采集不同污秽等级的陶瓷片样本的高光谱图像,对其进行预处理,去除噪声干扰;接着通过连续投影算法(successive projections algorithm, SPA)对样本谱线进行特征提取;最后基于SVM模型根据特征谱线建立污秽检测模型,对待测样本进行污秽等级划分,实现陶瓷绝缘子非接触式污秽等级检测。

1 试验平台及样本制备

1.1 高光谱图像采集平台

高光谱图像采集平台的主要设备包括暗室、高光谱仪和反射率为99%的标准校正白板,暗室由灯架及吸光布组成。文中试验采用近红外高光谱仪Gaiasky-mini2-NIR,光谱范围为900~1700 nm。图像采集过程中,将高光谱仪以垂直俯拍的方式安装于暗室上,保持镜头距离样本100 cm,利用灯架上的8个模拟日光光源对试验样本均匀补光。

1.2 试验样本制备

试验样本根据标准GB/T 22707—2008^[16]进行制备,选取50 mm×50 mm的陶瓷绝缘片作为人工样本基材。采用文献[16]所述浸污法制备样本,制备污秽溶液时以氯化钠为主要可溶盐成分,以高岭土为主要不可溶物。分别配置不同电导率的标液样

收稿日期:2021-12-27;修回日期:2022-03-01

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51907168);四川省杰出青年科技人才项目(2020JDJQ0039);国家电网有限公司总部科技项目(521104190007)

本和测试样本污秽溶液,进行浸污操作,使人工污秽均匀附于陶瓷绝缘片上,得到试验样本。

试验样本包括标签样本和检测样本。根据文献[16],分别配置电导率为2 s/m,4 s/m,8 s/m,16 s/m的污秽溶液,通过浸污法得到标签样本,记为B1、B2、B3、B4,分别对应污秽等级I、II、III、IV。采集其高光谱数据后,采用等值盐密法,测量换算得到样本的盐密、灰密值。4个样本的灰密均为0.10 mg/cm²,盐密分别为0.05 mg/cm²,0.10 mg/cm²,0.20 mg/cm²,0.40 mg/cm²。

保持灰密均为0.10 mg/cm²,分别配置电导率为3 s/m,5 s/m,10 s/m,18 s/m的污秽溶液,通过浸污法得到检测样本,记为C1、C2、C3、C4。采集其高光谱数据后,经蒸馏水清洗得到污秽溶液,过滤后,测量换算得到样本盐密值,分别为0.06 mg/cm²,0.12 mg/cm²,0.22 mg/cm²,0.43 mg/cm²。

浸污后,将试验样本置于阴凉干燥处,得到人工污秽样本,如图1所示,各污秽等级样本表面污秽分布均匀,有利于采集对应等级光谱数据。

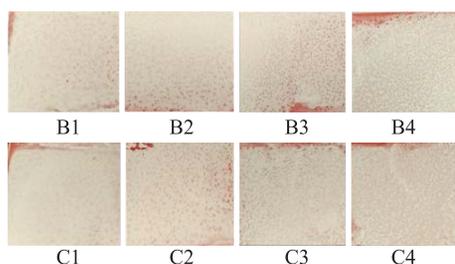


图1 人工污秽样本

Fig.1 Artificial contamination samples

1.3 样本高光图像采集

通过试验平台,采用Gaiasky-mini2-NIR近红外高光谱仪对试验样本进行高光图像采集。采集样本数据前,须采集校正白板的高光谱图像,并将高光谱仪镜头盖上以采集背景信息,用于高光图像的黑白校正处理。然后,对样本进行高光图像采集,采集过程中,须保持光照强度足够且均匀,获得样本的高光谱数据。

2 高光谱数据处理

2.1 直方图均衡化

直方图均衡化利用图像直方图对原始图像进行调整,其对太亮或太暗的图像都有着较好的处理效果^[17-18]。在对陶瓷绝缘片人工污秽样本进行高光谱图像采集时,由于样本表面的釉质,会存在反光现象,如图2所示。采集反光区域谱线数据,如图3所示。由图3可见,反光区域谱线整体反射率超

过1,并且波长为1150~1350 nm时反射率信息出现缺失。因此文中选用直方图均衡化对高光谱图像进行处理,弱化陶瓷绝缘子图像采集时的反光现象。

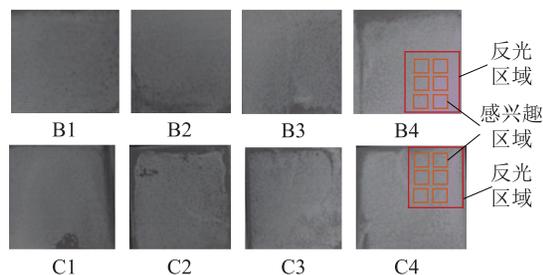


图2 样本高光图像

Fig.2 Hyperspectral image of samples

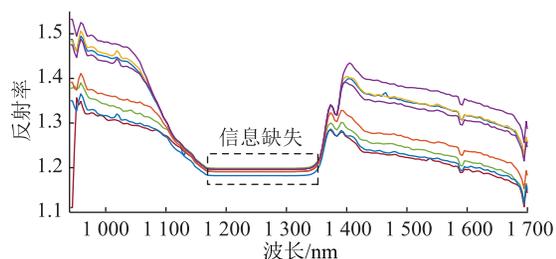


图3 反光区域谱线

Fig.3 Spectral line of reflective area

运用直方图均衡化对人工污秽样本高光图像进行处理,处理后的图像见图4,原反光区域谱线如图5所示。

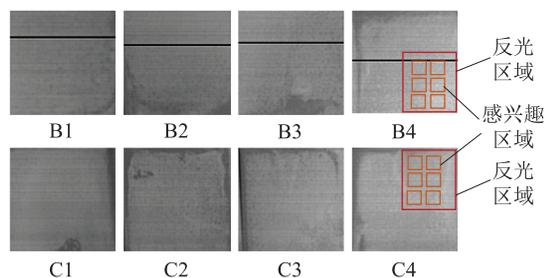


图4 直方图均衡化后图像

Fig.4 Image after histogram equalization

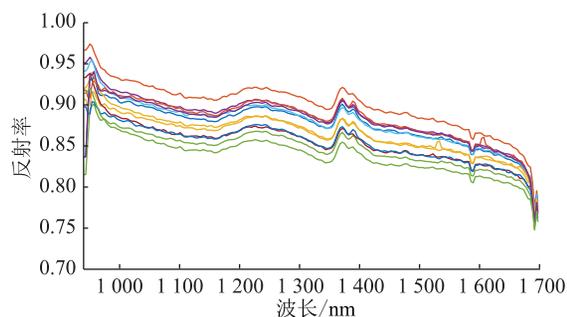


图5 直方图均衡化后原反光区域谱线

Fig.5 The spectral line of the original reflective region after histogram equalization

经过直方图均衡化处理,原始图像中的反光区域得到了明显改善,能够更加清楚、全面地呈现样本表面污秽情况。由图 5 可见,反光区域谱线整体反射率低于 1,无数据缺失现象,能够反映污秽信息。运用 ENVI 软件提取感兴趣区域光谱数据(人为选取的高光谱图像区域的光谱数据),其中标签样本 100 组(不同污秽等级各 25 组),检测样本 60 组(不同污秽等级各 15 组)。

2.2 高光谱图像预处理

采集过程中,仪器及外界的噪声会对谱线数据造成干扰,在对数据进行分析前,须对图像进行预处理,包括黑白校正和多元散射校正。

黑白校正能够有效消除噪声干扰^[19],根据采集的校正白板数据及背景数据,对样本数据进行黑白校正。具体操作在 ENVI 软件上进行,校正公式如下:

$$R_s = \frac{R_0 - R_w}{R_w - R_D} \quad (1)$$

式中: R_s 为校正后反射率; R_0 为采集的原始数据; R_w 为校正白板数据; R_D 为反射率为 0 的背景数据。

多元散射校正能够有效消除因散射水平不同所带来的光谱差异,进而增强光谱与数据间的关联性^[20],其原理在于运用“理想光谱”修正光谱数据中的基线平移、偏移。由于无法准确获得理想光谱,通常假设所有光谱数据的平均值为理想光谱。

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (2)$$

式中: \bar{D} 为所有样本的光谱数据的平均光谱矢量,即理想光谱; d_i 为第 i 个样本的光谱矢量,为 $1 \times m$ 维数据; m 为光谱波长数; n 为选取的样本谱线数。

将每条光谱数据与理想光谱进行一元线性回归,得到每条光谱的基线平移量 b_i 以及偏移量 a_i 。

$$d_i = a_i \bar{D} + b_i \quad (3)$$

得到基线平移量及偏移量后,运用式(4),得到校正后光谱矢量 $d_{i,MSC}$ 。

$$d_{i,MSC} = \frac{d_i - b_i}{a_i} \quad (4)$$

式中: $d_{i,MSC}$ 为多元散射校正后第 i 个样本的光谱矢量。

图 6 为预处理前后谱线数据对比。预处理前,不同污秽等级谱线较为分散,总体规律表现为污秽等级越高,反射率越低;预处理后,谱线噪声减少,不同污秽等级样本谱线之间区分度增大。因此预处理能够有效地建立污秽等级检测模型,实现快速检测。

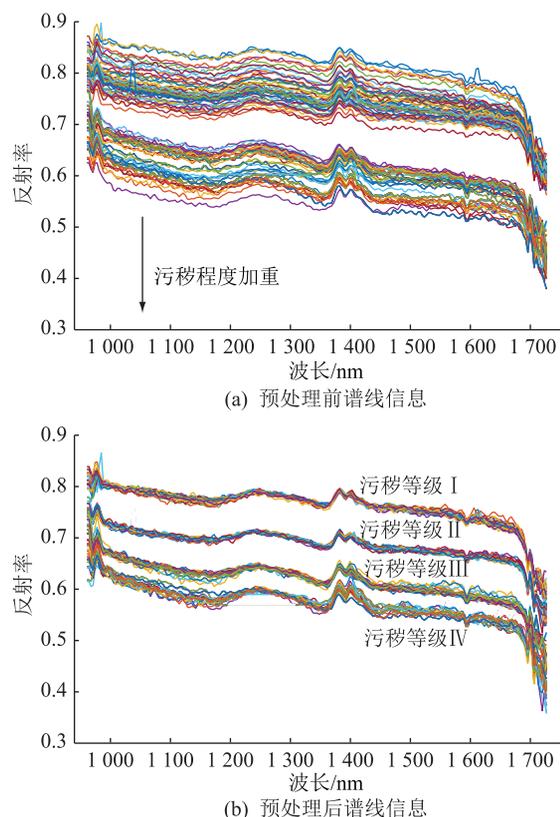


图 6 预处理前后谱线对比

Fig.6 Comparison of spectral lines before and after pretreatment

3 污秽检测模型

3.1 基于 SPA 的特征提取

高光谱技术有着信息量丰富这一优势,但这同样为数据处理带来问题。光谱维度有 224 个波长,导致原始数据中信息冗余。因此,在建立模型之前,选择 SPA 对数据进行特征波长选取,去除冗余信息。

作为一种常用的变量筛选方法,SPA 依据向量的投影分析找寻最优变量组合^[21-22]。经过该算法处理能使谱线向量间的共线性达到最小,且能有效减少建立判别模型所需要的变量个数,提高建模效率。标签样本数 100,波长数 224,形成一个 100×224 的光谱矩阵 X ,须提取的波长个数为 N 。SPA 从一个波长开始,依次计算其在其他没有选中的波长上的投影,然后将投影向量最大的波长选为特征波长,循环 N 次。具体步骤参照文献[22]。

SPA 的处理结果如图 7 所示,经 SPA 误差分析,确定了特征波长数目为 20 个,分别为 951 nm, 962 nm, 983 nm, 997 nm, 1 053 nm, 1 148 nm, 1 243 nm, 1 348 nm, 1 387 nm, 1 394 nm, 1 405 nm, 1 465 nm, 1 503 nm, 1 570 nm, 1 602 nm, 1 606 nm, 1 655 nm, 1 684 nm, 1 694 nm, 1 722 nm。利用提取的特征

波长重构污秽等级标准谱线,标准谱线保留了原始谱线的特征,能够作为污秽等级检测的基准。

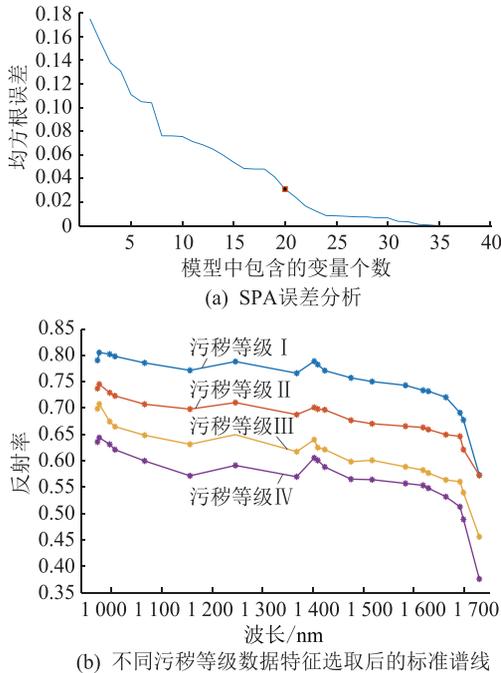


图7 SPA 特征波长提取结果

Fig.7 The extraction results of feature bands of SPA

3.2 基于 SVM 的污秽等级分类模型

SVM 作为一种常用的广义线性分类器,训练时间短、复杂度低,主要用于数据的分类或回归问题^[23-24],因此文中选用 SVM 建立污秽等级分类模型。污秽等级分类为多值分类问题,根据参考文献[25]研究结果,选用“一对一”SVM 算法进行污秽等级分类。“一对一”SVM 算法采用投票法进行分类,文中污秽等级为 I、II、III、IV,图 8 为建立的 4 个等级样本分类结构,对输入数据进行投票,得票多的等级作为样本等级输出。

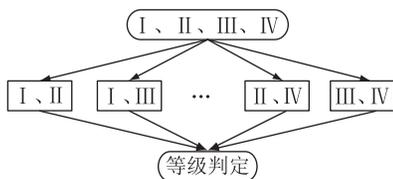


图8 SVM 分类结构

Fig.8 Structure of SVM classification

基于 SVM 所建立的污秽等级检测模型,检测结果如图 9 所示,有 3 个样本检测出错,检测准确率为 95%,证明了文中方法识别陶瓷绝缘子污秽等级的有效性。

文中方法同样适用于自然污秽,采集自然污秽数据后重新训练,所得模型即可运用于自然污秽检测。对于现场绝缘子,须根据其形状多角度采集高

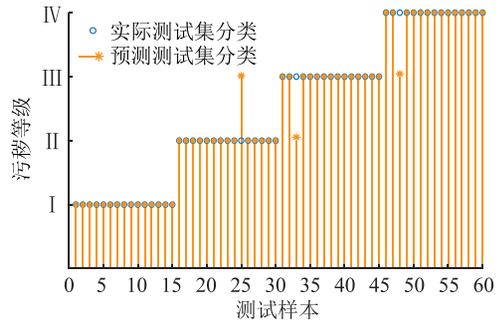


图9 污秽等级检测模型检测结果

Fig.9 Detection results of contamination grades detection model

光谱数据。在现场应用方面,线路带电限制数据采集距离,空气中湿度等因素对高光谱谱线数据有影响,因此高光谱技术应用于绝缘子污秽检测在线监测方面还有待研究。

4 结论

文中提出基于高光谱技术的陶瓷绝缘子污秽等级检测方法。首先,采集不同污秽等级陶瓷样本的高光谱图像;其次,结合直方图均衡化处理方式弱化反光现象;接着,对高光谱图像进行预处理,去除噪声;然后,采用 SPA 提取特征波长作为训练数据;最后,基于 SVM 建立检测模型对测试样本进行污秽等级划分,实现陶瓷绝缘子污秽等级检测。结论如下:

(1) 陶瓷绝缘子表面污秽等级不同时,其高光谱谱线在幅值上存在明显差异,这种幅值差异能够作为污秽等级判定的标准;

(2) 直方图均衡化处理能够有效弱化陶瓷绝缘子自身材质原因所造成的反光现象,提高陶瓷绝缘子高光谱数据的准确性;

(3) 文中方法能够实现陶瓷绝缘片人工污秽样本的污秽等级检测,准确率可达 95%,为实现陶瓷绝缘子污秽等级检测提供了技术参考。

参考文献:

[1] 蒋兴良,任晓东,韩兴波,等. 不同布置方式对交流绝缘子串人工污秽闪络特性的影响[J]. 电工技术学报,2020,35(4): 896-905.
JIANG Xingliang, REN Xiaodong, HAN Xingbo, et al. Influence of different layout methods on artificial pollution flashover characteristics of AC insulator strings [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2020, 35(4): 896-905.

[2] 姜尚芃,李黎,卢明,等. 瓷绝缘子表面粘附颗粒的粒径分布特性及其影响因素研究[J]. 电工技术学报,2019,34(3): 611-619.
JIANG Yunpeng, LI Li, LU Ming, et al. Study on particle diameter distribution characteristics and influence factors of ad-

- hered particles on the porcelain insulator surface [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2019, 34(3): 611-619.
- [3] 何正浩, 王昱晴, 宋思齐, 等. 盐密与盐度对不同型式绝缘子串交流人工污秽闪络特性的影响 [J]. 高电压技术, 2016, 42(12): 3810-3815.
HE Zhenghao, WANG Yuqing, SONG Siqi, et al. Influence of salt deposit density and salinity on AC artificial pollution flash-over performances of various types insulators [J]. High Voltage Engineering, 2016, 42(12): 3810-3815.
- [4] 徐森, 仵超, 李少华, 等. 雾霾期间绝缘子的积污特性研究 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37(7): 2142-2151.
XU Sen, WU Chao, LI Shaohua, et al. Research on pollution accumulation characteristics of insulators during fog-haze days [J]. Proceedings of the CSEE, 2017, 37(7): 2142-2151.
- [5] 邵仕超, 毕晓甜, 李明哲, 等. 特殊工业粉尘地区复合绝缘子自然积污特性研究 [J]. 电力工程技术, 2021, 40(1): 138-141, 154.
SHAO Shichao, BI Xiaotian, LI Mingzhe, et al. Natural fouling characteristics of composite insulators in special industrial dust areas [J]. Electric Power Engineering Technology, 2021, 40(1): 138-141, 154.
- [6] 金立军, 田治仁, 高凯, 等. 基于红外与可见光图像信息融合的绝缘子污秽等级识别 [J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(13): 3682-3691, 3389.
JIN Lijun, TIAN Zhiren, GAO Kai, et al. Discrimination of insulator contamination grades using information fusion of infrared and visible images [J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36(13): 3682-3691, 3389.
- [7] 金立军, 张达, 段绍辉, 等. 基于红外与紫外图像信息融合的绝缘子污秽状态识别 [J]. 电工技术学报, 2014, 29(8): 309-318.
JIN Lijun, ZHANG Da, DUAN Shaohui, et al. Recognition of contamination grades of insulators based on IR and UV image information fusion [J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(8): 309-318.
- [8] 姜新建, 董弘川, 王黎明, 等. 用有效盐密作为表征污秽度的新方法 [J]. 高电压技术, 2017, 43(12): 3869-3875.
JIANG Xinjian, DONG Hongchuan, WANG Liming, et al. New method to describe contamination degree of insulators by effective equivalent salt deposit density [J]. High Voltage Engineering, 2017, 43(12): 3869-3875.
- [9] 王黎明, 李旭, 曹彬, 等. 局部电弧对绝缘子泄漏电流和表面电导率关系的影响 [J]. 高电压技术, 2019, 45(5): 1624-1629.
WANG Liming, LI Xu, CAO Bin, et al. Influence of partial arc on leakage current and surface conductivity of insulators [J]. High Voltage Engineering, 2019, 45(5): 1624-1629.
- [10] WANG S H, WU Y L. Effect of salty fog on flashover characteristics of OCS composite insulators [J]. Chinese Journal of Electrical Engineering, 2019, 5(3): 59-66.
- [11] 叶满珠, 廖世芳. 高光谱技术在农业遥感中的应用 [J]. 农业工程, 2018, 8(10): 38-40.
YE Manzhu, LIAO Shifang. Application of hyperspectral technique in agricultural remote sensing [J]. Agricultural Engineering, 2018, 8(10): 38-40.
- [12] 龙燕, 连雅茹, 马敏娟, 等. 基于高光谱技术和改进型区间随机蛙跳算法的番茄硬度检测 [J]. 农业工程学报, 2019, 35(13): 270-276.
LONG Yan, LIAN Yaru, MA Minjuan, et al. Detection of tomato hardness based on hyperspectral technology and modified interval random frog algorithm [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(13): 270-276.
- [13] 马欢, 郭裕钧, 张血琴, 等. 基于高光谱技术的绝缘子污秽含水量检测 [J]. 高电压技术, 2020, 46(4): 1396-1404.
MA Huan, GUO Yujun, ZHANG Xueqin, et al. Moisture content detection of insulator contamination based on hyperspectral technology [J]. High Voltage Engineering, 2020, 46(4): 1396-1404.
- [14] 邱彦, 郭裕钧, 张血琴, 等. 基于高光谱技术的绝缘子污秽成分识别方法 [J]. 高电压技术, 2020, 46(11): 4023-4030.
QIU Yan, GUO Yujun, ZHANG Xueqin, et al. Identification method of insulator pollution components based on hyperspectral technology [J]. High Voltage Engineering, 2020, 46(11): 4023-4030.
- [15] 邱彦, 张血琴, 郭裕钧, 等. 基于高光谱技术的绝缘子污秽等级检测方法 [J]. 高电压技术, 2019, 45(11): 3587-3594.
QIU Yan, ZHANG Xueqin, GUO Yujun, et al. Detection method of insulator contamination grades based on hyperspectral technique [J]. High Voltage Engineering, 2019, 45(11): 3587-3594.
- [16] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 直流系统用高压绝缘子的人工污秽试验: GB/T 22707—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. Artificial pollution tests on high-voltage insulators to be used on DC systems: GB/T 22707-2008 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2009.
- [17] 董丽丽, 丁畅, 许文海. 基于直方图均衡化图像增强的两种改进方法 [J]. 电子学报, 2018, 46(10): 2367-2375.
DONG Lili, DING Chang, XU Wenhai. Two improved methods based on histogram equalization for image enhancement [J]. Acta Electronica Sinica, 2018, 46(10): 2367-2375.
- [18] 邓超迪, 李川, 李英娜. 基于直方图均衡化和双边滤波的变压器红外图像增强 [J]. 电力科学与工程, 2020, 36(11): 38-44.
DENG Chaodi, LI Chuan, LI Yingna. Transformer infrared image enhancement based on histogram equalization and bilateral filtering [J]. Electric Power Science and Engineering, 2020, 36(11): 38-44.
- [19] 谢亚平, 陈丰农, 张竞成, 等. 基于高光谱技术的农作物常见病害监测研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2018, 38(7): 2233-2240.

- XIE Yaping, CHEN Fengnong, ZHANG Jingcheng, et al. Study on monitoring of common diseases of crops based on hyperspectral technology [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2018, 38(7): 2233-2240.
- [20] 刘晓旭. 基于不同预处理方法的小麦叶片氮素含量的高光谱估测[D]. 泰安: 山东农业大学, 2018.
- LIU Xiaoxu. Estimation of nitrogen content in wheat leaves based on different pretreatment methods [D]. Taian: Shandong Agricultural University, 2018.
- [21] 吴迪, 宁纪锋, 刘旭, 等. 基于高光谱成像技术和连续投影算法检测葡萄果皮花色苷含量[J]. 食品科学, 2014, 35(8): 57-61.
- WU Di, NING Jifeng, LIU Xu, et al. Determination of anthocyanin content in grape skins using hyperspectral imaging technique and successive projections algorithm [J]. Food Science, 2014, 35(8): 57-61.
- [22] 张津源, 张德贤, 张苗. 基于连续投影算法的小麦蛋白质含量近红外光谱预测分析[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(4): 960-964.
- ZHANG Jinyuan, ZHANG Dexian, ZHANG Miao. Prediction and analysis of wheat protein content by near-infrared spectroscopy based on successive projections algorithm [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2019, 35(4): 960-964.
- [23] 陈明, 马宏忠, 潘信诚, 等. 基于S变换和遗传算法优化SVM的GIS机械故障诊断[J]. 电力信息与通信技术, 2020, 18(5): 1-6.
- CHEN Ming, MA Hongzhong, PAN Xincheng, et al. GIS mechanical fault diagnosis based on S-transform and SVM optimized by genetic algorithm [J]. Electric Power Information and Communication Technology, 2020, 18(5): 1-6.
- [24] 杨金成, 郭泽林, 袁铁江, 等. 大数据环境下基于改进SVM的典型负荷类型识别[J]. 电力电容器与无功补偿, 2021, 42(4): 170-175.
- YANG Jincheng, GUO Zelin, YUAN Tiejia, et al. Typical load type recognition based on improved SVM in big data environment [J]. Power Capacitor & Reactive Power Compensation, 2021, 42(4): 170-175.
- [25] 吴广宁, 袁海满, 宋臻杰, 等. 基于粗糙集与多类支持向量机的电力变压器故障诊断[J]. 高电压技术, 2017, 43(11): 3668-3674.
- WU Guangning, YUAN Haiman, SONG Zhenjie, et al. Fault diagnosis for power transformer based on rough set and multi-class support vector machine [J]. High Voltage Engineering, 2017, 43(11): 3668-3674.

作者简介:



张血琴

张血琴(1979),女,博士,副教授,研究方向为高电压绝缘与防护技术(E-mail: xq_zhang@swjtu.cn);

周志鹏(1997),男,硕士在读,研究方向为输电线路外绝缘污秽检测;

李谦慧(1995),女,硕士在读,研究方向为输电线路外绝缘污秽检测。

Contamination grades detection method of ceramic insulator based on hyperspectral technology

ZHANG Xueqin, ZHOU Zhipeng, LI Qianhui, GUO Yujun, WU Guangning

(School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611576, China)

Abstract: Traditional indicators such as equivalent salt deposit density, surface pollution layer conductance and leakage current are mainly used to measure the contamination grades of ceramic insulators, and the detection process is time-consuming and inefficient. Hyperspectral technology can obtain rich information of target spectrum non-contact, and has great application potential in insulator pollution detection. Therefore, a method of ceramic insulator pollution level detection based on hyperspectral technology is proposed in this paper. Firstly, there is a reflection phenomenon when collecting hyperspectral image due to the material of ceramic insulator, so histogram equalization is used to process the hyperspectral image to remove the reflective interference. Then, the hyperspectral image is preprocessed to remove the noise interference. And the successive projections algorithm (SPA) is used to extract the feature of the sample spectral line for removing the redundant information. Finally, the classification model of support vector machine (SVM) is established according to the characteristic spectral lines, and the classification accuracy of ceramic samples is 95%.

Keywords: ceramic insulator; hyperspectral technology; histogram equalization; successive projections algorithm (SPA); contamination grades detection; support vector machine (SVM)

(编辑 方晶)