

# 绝缘子避雷器动态

## (月刊)

2021年 第10期  
总第462期

### 主办单位:

中国电器工业协会绝缘子避雷器分会

中国电工技术学会电工陶瓷专业委员会

中国硅酸盐学会陶瓷分会电瓷专业委员会

西安高压电器研究院

总 编: 张晋波

主 编: 周小中

副 主 编: 姚君瑞

责任编辑: 倪淑文

杨 军

韦晨艳

### 编辑部地址:

西安市西二环北段18号  
(西高院内)

邮政编码: 710077

电 话: 029—84225081

传 真: 029—84261137

电子信箱: jyzb1q@126.com

发行范围: 会员单位

印刷: 陕西实佳印务有限责任公司

印数: 每期1100册

出版日期: 每月15日

准印证号: (西安)2021—GY008

内部资料 免费交流

## 目 次

### ◆市场分析

2020年绝缘子避雷器行业综述(续).....(1)

### ◆企业动态

西高院顺利通过能源管理体系监督换标审核.....(6)

南京电气特高压绝缘子列入江苏省“十四五”制造业  
高质量发展规划.....(6)

芦溪召开电瓷电气产业高质量发展政银企恳谈会.....(6)

西电集团以大国重器铸就中巴合作丰碑.....(6)

西电避雷器市场开拓取得新业绩.....(6)

中国电气装备集团正式成立.....(7)

行业多家会员入选国家级专精特新“小巨人”企业..(7)

南京电气套管公司通过南京市信用示范企业复审.....(7)

2021年大连电瓷人才盘点述能会.....(7)

河南省委常委、常务副省长周霁到金冠电气调研.....(7)

西安神电中标白鹤滩~浙江士800kV特高压输电工程

浙北换流站电阻器.....(7)

百斯特开展5S基础知识培训.....(8)

南京电气一项专利获南京市优秀专利奖.....(8)

### ◆质量与标准

我国首个低压电涌保护器领域 IEC 国际标准提案成功  
立项.....(9)

辽宁电科院召开500kV复合绝缘子断裂分析交流会....(10)

### ◆综合信息

国网电网转型升级:5年计划投入3500亿美元.....(11)

未来五年投资500亿元用于关键核心技术研发.....(11)

### ◆技术交流

氧化锌非线性电阻片隐性开裂分析.....(12)

基于无人机红外测温的线路复合绝缘子运维措施探讨  
.....(17)

### ◆公告栏

2021年西安高压电器研究院有限责任公司发放的  
检验报告名录(绝缘子类)(三).....(22)



## 2020年绝缘子避雷器行业综述

(接上期)

### 4 2020年基本建设及技术改造情况

据不完全统计,2020年全行业基本建设和技术改造总投资超过2亿元,比上年(超

过3亿元)有所减少,和2018年基本持平。

2020年绝缘子避雷器行业主要基本建设和技术改造情况见表15。

表15 2020年主要基本建设和技术改造情况

序号	项目名称	投资(万元)	建设单位	备注
1	年产22000吨高压系列绝缘子生产线技术改造项目	3300	江西高强电瓷集团有限公司	
2	电阻片新工厂搬迁投产	3000	平高东芝(廊坊)避雷器有限公司	已投产,实现年产15万相各类型避雷器、高品质电阻片产能600吨/年生产能力。
3	新建一座400m <sup>3</sup> 全自动智能化节能窑炉等	2000	醴陵市浦口电瓷制造有限公司	
4	自动化陶瓷绝缘子生产线	1875	江西高强电瓷集团有限公司	
5	宿迁公司生产线扩建	1600	苏州电瓷厂股份有限公司	提高自动化、智能化水平,扩大产能。
6	玻璃绝缘子数字化工厂项目	1580	南京电气科技集团有限公司	玻璃绝缘子制造智能化、高效、节能
7	原有设备改造更新	980	苏州电瓷厂股份有限公司	提升产品品质,提高劳动生产率。
8	10kV内置柱式防雷绝缘子式限压器	650	江西中南绝缘子有限公司	项目建设能够带动南坑工业园区、相关配套企业及地区经济获得一定的经济效益。
9	电阻片成型自动生产线等	612	西安西电避雷器有限责任公司	批量生产能力提升20%-50%。
10	年产150万片悬式绝缘子自动生产线项目	600	萍乡市旭华电瓷电器制造有限公司	改造半自动手工悬式绝缘子生产成型工艺,产量由90万片/年增加到150万片/年,质量由93%成品合格率提升到99%,市场占有率提升15%。
11	10-750kV整体模压工艺复合外套避雷器生产线	500	抚顺电瓷制造有限公司	效率明显提高,产能大幅提升。
12	10-35kV自动化测试设备、自动化配组设备	500	抚顺电瓷制造有限公司	效率明显提高。

序号	项目名称	投资(万元)	建设单位	备注
13	自动化窑炉	500	江西省萍乡市华东出口电瓷有限公司	
14	铁道棒型产品烘房	300	江西省萍乡市华东出口电瓷有限公司	
15	成型生产线	300	山东高亚绝缘子有限公司	提高产品性能和生产效率
16	180立方抽屉窑改造	215	苏州电瓷厂股份有限公司	提高节能效果,节能降耗,取得一定的经济效应。
17	户外特高压试验场项目	200	南京电气科技集团有限公司	完善现有特高压产品试验项目
18	抽屉窑的改造	180	萍乡市海克拉斯电瓷有限公司	提升产品竞争力
19	绝缘子生产线自动化设备优化	163	江西爱瑞达电瓷电气有限公司	大大提高了生产效率,减少人为失误,从而进一步提高产品质量。
20	隧道窑改进	150	山东高亚绝缘子有限公司	提高产品性能,增加产能
21	避雷器自动化输送设备	139	金冠电气股份有限公司	①电阻片装配、转运一体化;②10-35kV产品硫化、测试、包装工序集成;③110-220kV复合产品装配自动化;④复合避雷器产品测试一体化。
22	除尘设备技术升级	135	西安西电高压电瓷有限责任公司	除尘能力提升,达到市区环保要求

## 5 2020年对外合作情况

2020年,受新冠肺炎疫情影响,绝缘子避雷器行业对外合作、出国或地区人员和往年相比大幅下降。据不完全统计,2020年绝

缘子避雷器行业只有数家不足10人次前往国外和地区参加展会、商务洽谈等。2020年绝缘子避雷器行业出国考察情况见表16。

表16 2020年出国(境)考察情况

序号	考察单位	考察内容	人数	国家或地区
1	大连北方避雷器有限公司	商务洽谈	1	柬埔寨
		商务洽谈	1	缅甸
		商务洽谈	1	菲律宾
2	江苏金三力电力器材实业有限公司	国外参展	1	迪拜
3	萍乡市旭华电瓷电器制造有限公司	商务洽谈	1	赞比亚
4	河北宣化新迪电瓷股份有限公司	商务洽谈	3	巴基斯坦

## 6 2020年行业组织活动

### 6.1 召开绝缘子避雷器行业会议

#### 1) 中国电器工业协会绝缘子避雷器分会2020年年会

中国电器工业协会绝缘子避雷器分会2020年年会于2020年12月12日在江西省萍乡市芦溪召开,年会包括分会七届五次理事会、分会2020年会员大会和分会八届一次理事会。

参加分会七届五次理事会的有分会36个理事单位的代表及秘书处人员共40人。会议主要审议通过了分会第七届理事会经济责任审计报告、审议并同意18个单位的入会申请和取消6个单位的会员资格、会议通报了中电协关于分会换届方案的批复,并审议换届方案及文件,同意按规定议程进行换届、会议提出并确认了本次换届选举的监票人、计票人候选名单等。

会员大会来自全国绝缘子避雷器行业的155个单位的218位代表参加。大会的主题之一是换届。按照换届议程,分会第七届理事长元复兴作了分会第七届工作总结报告,分会第七届副秘书长姚君瑞向大会通报了分会七届五次理事会的相关决议,大会审议通过了分会第七届工作总结、第七届理事会财务审计报告、理事会换届方案、《绝缘子避雷器分会工作条例》等文件,以无记名投票方式选举西安高压电器研究院等44个单位组成的分会第八届理事会。分会第八届理事会秘书长周小中向大会报告了分会八届一次理事会的选举结果:西安高压电器研究院张晋波任分会理事长,大连电瓷集团输变电材料有限公司孙启全等12人任分会副理事长,西安高压电器研究院周小中任分会秘书长,根据周小中秘书长的提名,聘任姚君瑞为分会副秘书长。分会第八届理事会

新任理事长张晋波发表讲话,感谢上级领导、全体会员及理事会的信任,表示会认真努力工作,和大家一道办好分会的事情,不辜负总会和各位同仁的信任。

会议同期举办了绝缘子避雷器行业专题交流会。邀请了来自中国电力科学研究院科技部主任兼国网能源互联网技术研究院副院长李庆峰、中国电力科学研究院避雷器检测站站长张博宇等8位专家学者,围绕绝缘子避雷器行业的现状及发展作了精彩的专题报告。

#### 2) 2020年输变电年会暨专委会工作会议

2020年11月27日~29日,2020年输变电年会暨专委会工作会议在成都市召开。会议由中国电工技术学会输变电设备专委会、中国电工技术学会电工陶瓷专委会、中国电工技术学会电力电容器专委会、中国电工技术学会大容量试验技术专委会、中国电机工程学会变电专委会和西安高压电器研究院有限责任公司共同主办,川开电气有限公司、成都旭光电子股份有限公司和山东瑞泰玻璃绝缘子有限公司协办。共140余家单位的188名委员和代表参会。中国电工技术学会李秦副理事长到会并讲话;中国电工技术学会秘书长韩毅和中国电机工程学会国际部、奖励办主任赵建军代表总会分别讲话;西高院总经理贾涛代表主办方讲话。会议由中国西电集团有限公司首席科学家、主任委员元复兴主持。大会在全体会议之后设立了两个分会场进行技术交流。

会议邀请了中国电力科学研究院高压所冯英主任、电力规划设计总院程晨璐博士和西安西电开关电气有限公司白世军副总经理三位专家,分别对“2019年国家电网公司输配电设备运行情况”、“电力系统发展

现状、面临的挑战及未来发展趋势”和“中压直流配电应用场景及关键设备”作了专题报告。中国电工技术学会刘淼主管作了“如何通过全国学会做好企业科技创新工作”的报告。

会议编辑出版了《2020 输变电年会论文集》。《论文集》共收录论文 114 篇，其中 16 篇被评选为 2020 年输变电年会的优秀论文。《论文集》收录绝缘子避雷器专业相关论文 21 篇，其中 4 篇被评为优秀论文，21 篇论文分别是：

- (1) 氧化锌非线性电阻片隐性开裂分析（优秀论文）；
- (2) 高抗震特高压交流 1000kV 避雷器瓷套和电容式电压互感器瓷套的研制（优秀论文）；
- (3) 基于交流开关技术的特高压可控避雷器控制保护研究（优秀论文）；
- (4) 盘形悬式瓷绝缘子快速零值检测技术研究（优秀论文）；
- (5) 复合外套金属氧化物避雷器认证评价探讨；
- (6) 静电喷涂无铅玻璃釉在金属氧化物电阻片制造中的应用研究；
- (7) 750kV 金属氧化物避雷器均压电容器故障分析和处理；
- (8) 红外测温技术诊断氧化锌避雷器均压电容管松脱缺陷；
- (9) 考虑风速和光照影响的特高压避雷器温度分布研究；
- (10) 避雷器放电计数器多重雷击动作特性改进研究；
- (11) 高海拔交流架空线路避雷器选型研究；
- (12) 220 千伏氧化锌避雷器泄漏电流异常现象分析及对策；

(13) 输电线路雷击跳闸杆塔定位装置试验研究；

(14) 国产玻璃绝缘子玻璃件颜色变化的原因分析；

(15) 国产玻璃绝缘子玻璃件质量把关措施的研究与应用；

(16) 不同铝氧原料对于电瓷配方性能的影响；

(17) 量规在绝缘子制造和检验中的应用；

(18) 改性硅橡胶耐紫外光老化性能研究；

(19) 气孔和晶粒尺寸不均匀系数对方波脉冲大电流作用下高电位梯度氧化锌陶瓷失效的作用；

(20) 颗粒荷电对 XSP-160 型瓷三伞绝缘子积污特性影响数值模拟；

(21) NiO 含量对 ZnO 压敏电阻性能的影响。

## 6.2 编辑出版有关资料

1) 出版发行内部刊物《绝缘子避雷器动态》

《绝缘子避雷器动态》全年共出版 12 期，截至 2020 年 12 月出版总期为 452 期。

2) 出版并发布了《2019 年绝缘子避雷器行业统计资料汇编》

《2019 年绝缘子避雷器行业统计资料汇编》共收集了行业 120 家企业的统计资料（其中生产企业 101 家、配套件企业 19 家），生产企业工业总产值 146 亿元，覆盖行业内全部电压等级和产品类型。主要内容包括“综述”、“汇总表”、“主要经济指标排序”、“主要产品产量排序”、“各企业报表”和“绝缘子避雷器行业统计指标解释”等六部分。该资料收录了行业各企业大量详实的数据和一手资料，包括企业概况、产品产量、新

产品开发、主要设备、技术改造等方面。其统计数据基本反映了2019年度绝缘子避雷器行业的经济运行状况、市场情况，以及行业发展的最新趋势。

3) 翻译出版《避雷器评价与应用领域技术动向》

该资料由日本避雷器评价与应用技术发展动向调查专业委员会编写。主要内容包括金属氧化物避雷器的基本事项、金属氧化物避雷器的评价技术、金属氧化物避雷器在电力系统中的应用技术、输电线路用避雷器装置的实际运行情况等。

4) 出版发行公开出版刊物《电瓷避雷器》

《电瓷避雷器》全年共出版6期，刊登学术论文200余篇。2020年9月25日，由中国科学技术协会、国家新闻出版署联合主办的第十五届中国科技期刊发展论坛在浙江杭州召开，开幕式上发布了高质量科技期刊分级目录试点成果。作为中国科协选取的首批试点单位之一，由中国电机工程学会承担制定的首个《能源电力领域高质量科技期刊分级目录》在论坛上正式发布。《电瓷避雷器》期刊进入该目录的电工理论与装备专业T3级。

6.3 编制《电器工业“十四五”发展指导意见》(绝缘子避雷器部分)

按照中国电器工业协会中电协(2020)12号文件，关于印发《电器工业“十四五”发展指导意见》编制工作启动的通知要求，西安高压电器研究院并绝缘子避雷器分会秘书处组织行业相关企业，根据中国电器工业协会提出的编制要求，认真分析国家的相关政策和扶持热点，以及绝缘子避雷器行业存在的问题，结合行业“十三五”发展指导意见的执行情况，提出发展思路，开展了该指导意见绝缘子避雷器部分(以下简称本部分)的编制工作。本部分编制工作历经组织安排、收集资料、编制初稿、初稿审核、征求意见等环节，于2020年5月经分会理事长审批定稿，完成上报。

本部分由5章组成：第一章 绝缘子避雷器行业“十三五”发展概况、第二章 绝缘子避雷器行业“十四五”发展面临的形势、第三章 绝缘子避雷器行业“十四五”发展思路及目标、第四章“十四五”发展重点任务、第五章 措施和政策建议。

在2020年行业年会上，将本部分的编制情况向大会作了专题汇报，本部分也在会刊《绝缘子避雷器动态》上全文刊登，期望本部分能够成为绝缘子避雷器行业未来五年内发展的指导性文件。

(摘自《2020年绝缘子避雷器行业统计资料汇编》续完)

## 2021年1-8月我国外贸运行情况

今年以来，我国外贸韧性较足、增长较快、快中趋稳、稳中向好。1-8月，进出口、出口、进口金额分别为24.78、13.56、11.22万亿元，创历史同期新高。8月当月，进出口、出口、进口金额分别为3.43、1.9、

1.53万亿元，创单月新高。主要特点如下：

- 一、增速仍维持在较高水平；
- 二、贸易结构持续优化提升；
- 三、外贸创新发展能力逐步增强；
- 四、对国民经济发展贡献突出。

**企业动态**

## 西高院顺利通过能源管理体系 监督换标审核

日前，西安高压电器研究院能源管理体系顺利通过了中国质量认证中心的再监督审核，并取得了新版认证证书。2016年至2021年，西高院通过了能源管理体系初次评审、第一次能源管理评审复审、第二次能源管理评审复审、能源管理体系再认证审核、能源管理体系监督审核及此次监督审核及换标审核。随着西高院能源管理体系的不断完善，对于促进企业节能减排，提高能源使用效率，建设环境友好型、资源节约型企业具有重要意义。西高院将继续坚持节能减排，促进人与环境的和谐，不断提高服务质量、环境管理及能源绩效，为实现企业发展与节能降耗的双赢而不懈努力。

## 南京电气特高压绝缘子列入江苏省 “十四五”制造业高质量发展规划

8月26日，江苏省人民政府办公厅印发了《江苏省“十四五”制造业高质量发展规划》，南京电气特高压绝缘子名列其中。规划明确“十四五”期间要以16个先进制造业集群和重点产业链培育为总抓手，率先建成全国制造业高质量发展示范区。其中，在“发展重点”一节中，强调要重点发展特高压设备，做强做优特高压（复合、瓷和玻璃）绝缘子等产品。

《江苏省“十四五”制造业高质量发展规划》将特高压绝缘子产品列为“十四五”全省先进制造业发展的重点，将对南京电气未来发展提供有力引领和支持。

## 芦溪县召开电瓷电气产业高质量发展 政银企恳谈会

9月8日，芦溪县电瓷电气产业高质量发展政银企恳谈会召开。芦溪县委书记黎增义出席会议并讲话，强调要聚焦芦溪电瓷电气产业，加快产业转型升级步伐，不断提高产业知名度、美誉度和影响力，建立政银企团结互助的良好合作关系，推动芦溪电瓷电气产业高质量发展。与会领导以及部分金融机构、企业负责人分别作了发言。大家在发言中既客观分析了芦溪优势及产业发展趋势，也直言当前存在的不足与困难，并提出了许多高质量的意见建议。

## 西电集团以大国重器铸就 中巴合作丰碑

9月1日，中国西电集团参与建设的巴基斯坦国内第一条直流输电工程——默蒂亚里—拉合尔±660kV直流工程项目正式投入商业运营，这是继巴西美丽山二期项目之后，中国第二个“走出去”的超（特）高压直流输电项目。该项目的成功投运，将推动巴基斯坦电力系统实现骨干电网升级，从此迈入了交直流混联电网新时代，也标志着中国西电集团参与“一带一路”建设取得又一硕果。

## 西电避雷器市场开拓取得新业绩

近日，西安西电避雷器有限责任公司成功中标韩国电力公司一项目（KEPCO）全部两个标段，共包含16743套154kV带间隙线路避雷器和2890套345kV带间隙线路避雷器2项产品，该订单是西电避雷器继2020年中标韩国电力公司（KEPCO）项目后再一次斩获国际出口大订单。

## 中国电气装备集团正式成立

9月25日,中国电气装备集团有限公司成立大会在上海举行,这在我国输配电行业发展史上具有里程碑意义,开启了建设世界一流智慧电气装备集团全新篇章。公司注册资金1亿元,国务院国资委持股66.6667%、中国国新控股有限责任公司持股16.6667%、中国诚通控股集团有限公司持股16.6667%。

中国西电集团党委书记、董事长白忠泉出任中国电气装备集团董事长,山东电工电气集团董事长、党委书记周群出任董事,中国西电集团总经理、党委副书记裴振江出任董事。

## 行业多家会员企业入选国家级 专精特新“小巨人”“企业”

近日,国家工业和信息化部公布了第三批专精特新“小巨人”企业,南京电气绝缘子有限公司、重庆鸽牌电瓷有限公司、芦溪县江西高强电瓷集团有限公司、萍乡强盛电瓷制造有限公司、江西百新电瓷电气有限公司、江西省萍乡市宇翔电瓷制造有限公司等多家会员榜上有名,成为国家级专精特新“小巨人”企业。

## 南京电气高压套管公司通过南京市 信用示范企业复审

8月20日,南京市信用示范审核组到南京电气高压套管有限公司,对南京市信用示范企业进行复审,并通过现场审核。南京电气高压套管有限公司于2015年经南京市发展改革委、南京市社会信用体系建设工作领导小组信用核查、专家评审等一系列流程,获评南京市信用示范企业。本次审核为五年后的复审。(南电)

## 2021年大连电瓷集团输变电材料有限公司人才盘点述能会

9月9日,大连电瓷集团输变电材料有限公司组织召开了2021年人才盘点述能会。通过本次会议,公司管理层对基层业务人才的思维深度、技能水平、管理能力等综合素质有了更加清晰和全面的了解。本次述能会为能力突出的基层员工提供了展示自己能力的机会和平台。同时,也为公司后续的人才培养模式和培训方式明确了重点和方向。

## 河南省委常委、常务副省长周霁 到金冠电气调研

9月17日,河南省委常委、常务副省长周霁等领导一行莅临金冠电气股份有限公司调研指导工作。周副省长一行参观了金冠电气展厅,随后来到生产指挥中心听取安全生产数据、生产经营情况及产品销售市场情况等汇报,观看了金冠电气宣传片。在1000kV特高压试验大厅和避雷器生产车间,周副省长详细了解了金冠电气的试验设备和产品,对金冠电气的科研技术水平及信息化管理系统表示高度赞扬。

## 西安神电中标白鹤滩~浙江±800kV 特高压输电工程浙北换流站电阻器

9月23日,国家电网有限公司2021年特高压工程第二十三批采购(白鹤滩~浙江特高压第一次设备招标采购)中标公告中,西安神电电器有限公司中标白鹤滩~浙江±800kV特高压输电工程浙北换流站电阻器2包。这是近年来继国网青豫和闽粤联网直流,南网昆柳龙和中南通道直流,三峡如东风电柔直等工程后,神电公司直流电阻产品又一次得到用户的认可。(尹阿利)



## 鸽牌电瓷通过国家工信部“两化融合管理体系”贯标评定

9月13日,重庆鸽牌电瓷有限公司拿到了国家工信部颁发的“两化融合管理体系评定证书”,标志着鸽牌电瓷工业化与信息化融合迈上了新的台阶。

两化融合是信息化和工业化的深度结合,是以信息化带动工业化、以工业化促进信息化,走新型工业化道路。鸽牌电瓷“两化融合管理体系”贯标工作于2020年7月启动,2021年7月19日进行了管理评审,顺利通过了贯标评定。这对于提高鸽牌电瓷公司的整体素质、核心竞争力以及实现科学管理将起到推进作用。

## 安达电气吉林省中标

8月19日,河北安达电气科技有限公司收到了国网吉林省电力有限公司、国网吉林招标有限公司发出的《中标通知书》,确定安达电气为国网吉林省电力有限公司2021年第一次物资协议库存招标(招标编号2321AA)采购货物中标人。

## 百斯特开展 5S 基础知识培训

萍乡百斯特电瓷有限公司为营造干净、整洁、舒适的工作环境,进一步提升公司管理水平,提高工作效率和员工素养,夯实职业健康安全基础。9月24日,在机电大楼二楼会议室开展5S基础知识培训。张志冰副部长从5S管理的必要性开始讲解,随后将车间现状与标准车间对比,以图片形式分析车间存在的5S问题,并提出改善措施,把5S工作做细做实。通过此次培训,极大地提升了员工对5S管理的认识与理解。

## 南京电气一项专利获南京市优秀专利奖

8月24日,南京市知识产权局发文公布了2021年度南京市优秀专利奖名单,南京电气绝缘子有限公司的“一种可追溯的防高空坠落钢化玻璃绝缘子”实用新型专利名列其中。

该项专利技术属国内外首创,且为南京电气在全行业独家拥有。通过对钢化玻璃绝缘子生产工艺流程和工艺控制参数的开发与优化,进一步降低钢化玻璃绝缘子的自破率,从本质上降低玻璃碎块从高空坠落发生机率,解决了与钢化玻璃件自破特性相关的关键工序或控制点工艺控制参数研究的关键技术,降低钢化玻璃绝缘子自破率的行业难题。  
(南电)

## 湖南滨华电瓷电器检测检验有限公司荣获实验室CNAS 认可证书

8月25日,湖南滨华电瓷电器检测检验有限公司成功通过CNAS(中国合格评定国家认可委员会)的评审,取得实验室国家认可证书。此次认可检测能力范围共覆盖3个产品检测对象,36个检测项目/参数。湖南滨华电瓷电器检测检验有限公司CNAS认可资质的获得,不仅意味着该公司检测中心硬件设施、软件条件以及检测能力达到国际认可水平,更标志着醴陵经开区服务企业高质量发展的水平进一步提升。

## 玫德集团入选“2021 中国民营企业制造业 500 强”

9月25日,在2021中国民营企业500强峰会上,全国工商联发布了2021年中国民营企业500强榜单,玫德集团强势入选。



## 我国首个低压电涌保护器领域 IEC 国际标准提案成功立项

在日前召开的国际电工技术委员会 IEC/SC37A “低压电涌保护器 (SPD)” 2021 年年会上,我国首个 IEC 低压电涌保护器领域国际标准提案获立项,国际标准名称及编号为: IEC TS 61643-05 “Low voltage surge protective devices-Part 05: Monitoring device of Surge protective devices (MDS) -Requirements and test methods”。

该项目由全国避雷器标准化技术委员会 (SAC/TC 81) 组织上海大学、西高院、四川中光防雷科技股份有限公司等单位共同研究并提出,标委会委员周歧斌博士担任项目召集人。

该项目基于我国在智能 SPD 领域的技术积累和长期实践,是针对智能型 SPD 的主要部件——电涌保护器监测装置制定的技术规范,主要技术内容包括:用于监测电涌保护器 (SPD) 的性能指标和工作状态,并与上位机进行通信的监测装置 (MDS) 的性能要求和测试方法。

该国际标准的成功立项,既标志着中国低压电涌保护器领域的技术在国际标准中获得主导地位,也说明由中国制造企业率先研发并推向市场的智能型 SPD 产品得到了国际市场的认可。该标准不仅将提高我国防雷产业在国际贸易市场技术应对能力,也将成为我国运用先进技术保障防雷公共安全的重要里程碑。

西安高压电器研究院作为 IEC 低压电涌保护器 (IEC/SC37A) 的国内技术对口单

位,以及全国避雷器标准化技术委员会 (SAC/TC 81) 秘书处的挂靠单位,一直以来积极组织国内专家参与 IEC 低压电涌保护器领域的国际标准化工作,近几年在该领域不断取得突破。下一步,西高院将继续履行 IEC 技术对口单位的职责,组织行业相关单位完成 IEC TS 61643-05 的制定工作,在巩固已取得国际标准化成果的同时,进一步凝聚行业力量,推动更多中国技术走向国际标准化舞台。(黄勇)

## 国网吉林院完成2021年上半年避雷器运行中持续电流检测数据审核工作

截至7月26日,国网吉林电力科学研究院完成了2021年上半年吉林省避雷器运行中持续电流检测数据审核工作。

期间,该院专业人员从避雷器检测计划落实情况、检测数据完整性、异常数据分析和红外图谱等方面,对全省9个地市及省检修公司上半年4308支避雷器运行中持续电流项目检测数据开展复核工作,共发现异常数据152条,并针对问题数据,逐条开展校核,细致分析异常原因,向运行单位详细反馈审核结果,并制定避雷器运行中持续电流检测工作质量动态检查策略,强化电网设备安全管理。

## 2021年第三批中国电工技术学会 标准立项清单发布

8月27日,经中国电工技术学会标准化工作专家委员会审议,决定批准一批标准立项。其中,涉及到绝缘子避雷器行业的标准有:

1. CESBZ2021017《变电站站用支柱绝缘子带电清扫装备使用导则》,牵头起草单

位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司贵阳局。

2.CESBZ2021018《变电站站用支柱绝缘子带电清扫装备技术要求》，牵头起草单位：中国南方电网有限责任公司超高压输电公司贵阳局。（中国电工技术学会）

## 世界首条盐湖铁路绝缘子开始清洗

近日，青藏铁路从青海省海西州察尔汗盐湖横穿而过，成为世界上唯一一条建在盐湖上的铁路，而这一段约33km的线路也被称为“万丈盐桥”。察尔汗盐湖区域空气中盐分含量高，很容易在铁路牵引供电接触网设备上形成盐污，造成线路跳闸，甚至导致大面积停电，诱发行车安全事故。为了保障青藏铁路的畅通运行，青藏集团公司西宁供电段格尔木大修车间将对管内盐污区段牵引供电设备进行为期20天的清洗工作。

员工们利用接触网清洗车操作高压水枪，清洗盐污区段的接触网绝缘子，并且对牵引变电所设备进行清洗。洗去铁路牵引供电接触网设备上形成的盐污，保证了铁路接触网的供电安全。

## 辽宁电科院召开500kV复合绝缘子断裂分析交流会

近日，500kV王渤2号线6号塔中相大号侧复合绝缘子导线端球头上方第二至第三个伞裙中间处断裂。针对此情况，辽宁电力科学研究院召开复合绝缘子断裂分析交流会，来自国网、科研、检测、制造单位的专家参加了会议。

会议汇报了500kV王渤2号线的基本情况，并重点对6号塔复合绝缘子断裂情况、前期红外测温排查情况、复合绝缘子使用情况、绝缘子发热处置情况进行了阐述。相关

技术人员针对本次断裂绝缘子原因开展了深入的分析，并提出了继续利用无人机红外测温加强复合绝缘子的红外测温诊断工作等运维意见。

### 综合信息

## 国家电网力推电网转型升级 5年计划投入3500亿美元

当前，国家电网运营着全球最大的电力系统，是构建新型电力系统的“主力军”。国家电网公司董事长、中国电力企业联合会理事长辛保安指出，电力是能源转型的关键领域。随着“双碳”进程加快和能源转型深化，亟待加快构建新型电力系统。未来五年国家电网计划投入3500亿美元，推进电网转型升级。

## 国家能源局发布4.21亿kW抽水蓄能进入中长期发展规划

为推进抽水蓄能快速发展，适应新型电力系统建设和大规模高比例新能源发展需要，助力实现碳达峰、碳中和目标，国家能源局近日发布了《抽水蓄能中长期发展规划（2021-2035年）》。

《规划》在全国范围内普查筛选抽水蓄能资源站点基础上，建立了抽水蓄能中长期发展项目库。对满足规划阶段深度要求、条件成熟、不涉及生态保护红线等环境制约因素的项目，按照应纳尽纳的原则，作为重点实施项目，纳入重点实施项目库，此类项目总装机规模4.21亿kW；对满足规划阶段深度要求，但可能涉及生态保护红线等环境制约因素的项目，作为储备项目，纳入储备项目库，这些项目待落实相关条件、做好与生

态保护红线等环境制约因素避让和衔接后，可滚动调整进入重点实施项目库，此类项目总装机规模 3.05 亿 kW。

到 2025 年，抽水蓄能投产总规模较“十三五”翻一番，达到 6200 万 kW 以上；到 2030 年，抽水蓄能投产总规模较“十四五”再翻一番，达到 1.2 亿 kW 左右；到 2035 年，形成满足新能源高比例大规模发展需求的，技术先进、管理优质、国际竞争力强的抽水蓄能现代化产业，培育形成一批抽水蓄能大型骨干企业。

## 国家电网提出 未来五年投资500 亿元 用于关键核心技术研发

9 月 9 日，由国家电网有限公司、国际可再生能源署主办的 2021 能源电力转型国际论坛在京召开。国家电网有限公司董事长、中国电力企业联合会理事长辛保安作了题为《积极构建新型电力系统 坚定不移走绿色发展之路》的主旨演讲。

值得关注的是，在此次论坛上，国家电网提出将在未来五年投资愈 2 万亿元，推进电网转型升级，加快建设以新能源为主体的新型电力系统，其中将投入 500 亿元用于关键核心技术研发，推动能源清洁低碳转型，助力碳达峰碳中和。

## 投资 75 亿，历经 10 年湖南永州 电厂即将投产

9 月 12 日，国家能源集团湖南永州电厂（简称永州电厂）建设现场再传喜讯，在圆满完成 7·30 首次并网发电任务后，1 号机组首次带 100 万 kW 实现满负荷运行。

永州电厂位于东安县芦洪市镇，项目一期工程建设两台 100 万 kW 国产超临界燃煤

发电机组，是国家能源集团在湘实施“一南一北、统筹发展”布局的先行项目、湖南省重点能源项目、国内“最南端”首台百万机组“烟塔合一”项目。建成后，预计每年可供应 80 亿 kWh 电量。将优化地区电网结构，缓解省内用电高峰期供电压力，为湖南省经济高质量发展提供能源保障。

## 中国电建签约蒙古国额尔登 布仁水电站项目

近日，中国电建正式签署蒙古国额尔登布仁水电站项目总承包合同。项目建成后，将极大促进当地经济和社会的发展。

额尔登布仁水电站项目位于蒙古国西部科布多省，距首都乌兰巴托 1600km，项目工期 61 个月。项目建设内容主要包括大坝、引水隧洞、调压井、厂房等工程。

中国电建自进入蒙古国市场以来，承建了包括水电站、公路、铁路基础设施、煤矿挖运等领域若干项目，累计合同总额约 6.5 亿美元，获得蒙古国政府和当地人民的广泛认可和赞誉。

## 俄罗斯计划到 2035 年新增 15 台 第三代核电机组

俄罗斯原子能公司负责人 Alexey Likhachev 表示，俄罗斯将逐步淘汰上世纪年代建造的苏联核电机组，并在 2035 年之前将新增 15 台核电机组。

“我们的任务是在现有场地上建造核电机组，用新装置扩展现有工厂。所有新建核电机组都将是第 3 代以上，容量为 1200 兆瓦，”塔斯社的一份报告援引利哈切夫的话说。目前，这项任务正在政府层面进行讨论。（中国能源网）



## 氧化锌非线性电阻片隐性开裂分析

张文刚 罗剑 蒙晓记 胡小定 韩锦晖 谢清云  
(西安西电避雷器有限责任公司)

### 0 引言

氧化锌非线性电阻片是金属氧化物避雷器的核心元件,其性能对避雷器的整体性能有直接的影响。电阻片生产工艺复杂,共有12道生产工序,过程控制周期长、难度大,电阻片性能只有在最终检测时显现,制造过程中各工序只能通过外观检查确认产品质量,一旦发现碰损等缺陷直接报废,制造过程具有不可逆性。氧化锌电阻片制造过程中失效模式的种类较多,包括过程碰损、泄漏电流超标、击穿和闪络等形式的失效。目前公司生产的电阻片全过程合格率在96%以上,其中击穿占损失率1%,泄漏电流超标占0.5%~1%,闪络占0.5%~1%,过程碰损约占2%,其中过程碰损是氧化锌电阻片制造过程中损失最大的失效模式之一。

在氧化锌非线性电阻片制备过程中,在电气性能测试之前,对产品质量的过程控制非常有限。显性的外观碰损容易识别,对于在磨片和电测后发现的失效模式,在前面的工序不易发现,因而不能准确地定位问题件具体的失效时段和失效模式,所以称为隐性开裂。这种隐性开裂的隐蔽性强、破坏程度大、失效形式多样,严重影响电阻片生产质量。隐性开裂失效比例有一定的波动性,平均占比约0.1%,失效模式主要集中在某些

批次,个别批次占比达1%~2%,所以关于隐性开裂问题的研究,对解决此类过程损失具有很大的指导意义。

基于氧化锌非线性电阻片隐性开裂问题,本文通过分析隐性开裂失效件的断面形貌和开裂机理,确定了隐性开裂是电阻片制造过程中在特定阶段受不同程度的外力磕碰引起的一类失效模式,为解决电阻片生产过程工程技术问题提供理论指导和事实依据。

### 1 失效模式

电阻片在磨片工序和最终电气性能测试时出现了几种不同的失效模式,第一类是电阻片边缘呈现圆圈状向内开裂剥落的失效模式(图1(a));第二类是在电阻片边缘出现长约10~20mm的圆弧状裂纹(图1(b)),这种开裂形式是目前隐性开裂问题件中出现最多的外观失效模式;第三类是在电阻片边缘位置出现沿端面开裂掉落(图1(c));第四类是类似于裂纹由侧面一点萌生,两条裂纹沿电阻片端面向内部延伸的失效模式(图1(d))。同时在方波筛选过程中出现了图(e)和图(f)两种失效模式,在D5和D6等小规格电阻片中出现这两种失效模式的比例较高,占到筛出比例的30%~40%,这两种失效模式与图1(a)和图1(b)失效模式相似。

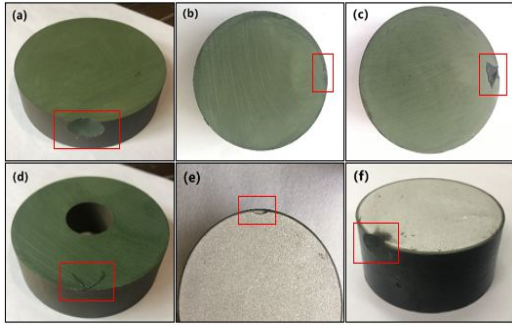


图1 电阻片在磨片和电测后出现的不同失效模式

## 2 失效模式分析

### 2.1 失效断面分析

从图1可以看出,几种失效模式均为受外力磕碰在电阻片边缘沿侧面或者端面出现不同形式的开裂或剥落现象,受力方向以及大小可能直接影响失效模式。在电阻片制备过程中,包括设备、工装以及人员操作不规范等问题均可以使电阻片出现因外力磕碰导致不同程度的碰损。观察发现,失效模式为图1(a)的电阻片开裂区域的轮廓高度一致,都是由端面出发延伸最后呈圆圈状向内开裂掉落的模式。对开裂断面观察发现,断面从里到外分不同区域呈现一定的规律性特征,如图2所示,电阻片局部受力后,在受力点萌生裂纹源,裂纹扩展至 $r_m$ 半径内断面光滑平整,在 $r_m$ 区域外侧区域略微粗糙,在最外侧区域内,可以明显看出,断面形貌具有一定的方向性,裂纹呈放射状向外延伸。通过对断面分析,这种失效模式有镜面断裂的特征,是脆性材料断裂失效的一种表现形式。M.Lindqvist等研究结果显示,脆性材料在断裂失效后,其断口表面的形态有三个不同的区域:镜面区,雾状区和羽状区,镜面区是一个相对光滑的区域,在紧邻裂缝起源的位置,镜面半径 $r_m$ 与失效力(或强度)之间有一定的关系,这种形式的断裂模式已在玻璃和钢铁材料中观察到。

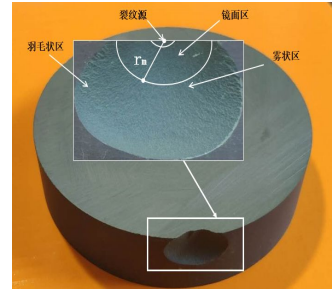


图2 电阻片开裂后界面形貌

从图1(c)中可以看出,该类失效模式其裂纹外轮廓呈三角状,且轮廓边缘不整齐,界面颜色较深,且表面粗糙,与图1(a)开裂界面对比明显不同。另外,图1(c)裂纹是从侧面萌生沿电阻片端面延伸最终开裂,可能是受外力方向的不同导致了这种裂纹扩展方向的差异。为了探究图1(c)的断面与图1(a)断面之间是否有一定的关系,运用金相显微镜观察了两种失效模式界面的显微形貌特征,图3(a)是图1(a)失效断面的显微形貌,可以看出断面组织细小且均匀,其表面比较平整,颗粒边界不明显,没有球状颗粒形貌;图3(b)是图1(c)失效断面的显微形貌,其微观组织主要是球状的颗粒物,颗粒边界明显,且有一定的间隙,部分颗粒破碎呈现平面状断面。从图3两种不同失效模式的断面显微组织明显可以看出,图3(a)的失效模式应属于陶瓷材料的脆性断裂,而图3(b)断裂过程中有一定的塑性变形,裂纹沿颗粒表面扩展,开裂形式应属于塑性断裂。

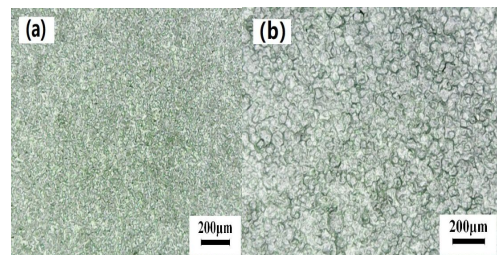


图3 两种失效模式断面显微结构图

## 2.2 失效时段分析

电阻片在排结合剂前表现出一定的塑性，而在排结合剂后完全表现脆性材料特征。图4是排结合剂前后断面的宏观形貌，可以看出，排结合剂前的电阻片断面粗糙，裂纹扩展呈河流状，且有台阶感，而排结合剂后的断面较平整光滑，这两种断面形貌类似于图1(a)和图1(c)失效模式下的断面形貌。电阻片制造过程中，在排结合剂之前，电阻片内部存在大量的有机结合剂和一定的水分，分子间结合力较小，电阻片在受力磕碰时，由于这些有机结合剂的存在会发生一定的塑性变形，表现塑性材料特征，受力磕碰后不直接表现出开裂失效；在排结合剂之后，因电阻片中结合剂和水分蒸发，基体分子间结合力增大，表现为脆性材料特征，受力磕碰时易产生裂纹甚至开裂。

图5(a)是排结合剂前失效断口50倍显微形貌照片，颗粒边界明显，基体表面不平整，颗粒不规则，大小不均匀，基体约有30%的坑洞，这些坑洞是开裂两侧界面分离后颗粒留下的坑洞，经放大到200倍后(5(b))，可以看出明显的坑洞，颗粒尺寸差异明显，图5(c)是排结合剂后失效断口50倍显微形貌照片，可以看出大部分颗粒已经破碎，断面平整光滑，与图5(a)相比坑洞明显减小，颗粒形状统一均匀，边界模糊；图5(d)是排结合剂后断口放大200倍的显微形貌照片，其基体并尺寸较大的坑洞，界面平整，颗粒大小一致且均匀。通过显微形貌的对比发现，排结合剂前后电阻片受外力失效的机理是不同的。

图6(a)是未经压制成型的氧化锌造粒料的显微形貌，微观氧化锌造粒料形貌呈球形颗粒状，颗粒平均粒径在 $100\mu\text{m}$ ，颗粒间有一定的间隙，在经成型压制后，球形颗粒

会发生一定的变形，原始颗粒间的空隙减小，部分颗粒变形填充空隙，颗粒边界呈不规则状。未经成型压制的氧化锌造粒料在直接烧结后，颗粒发生了一定程度的收缩，但收缩比例不大，其显微形貌依然是球状的颗粒，见图6(b)。

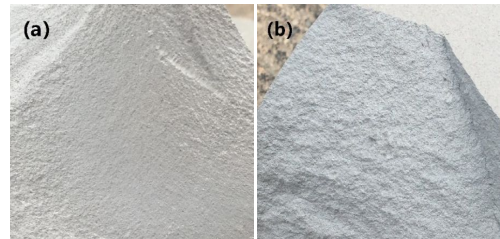


图4 断口宏观形貌  
(a)排结合剂后 (b)排结合剂前

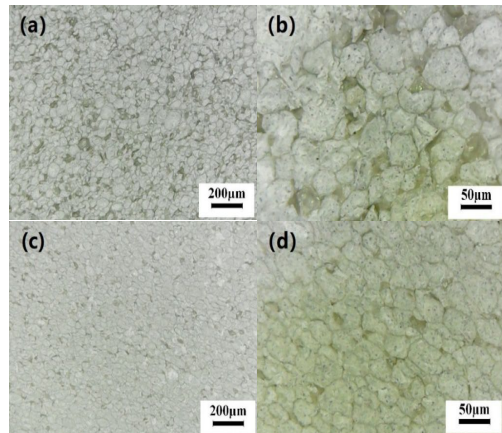


图5 断口显微形貌  
(a) (b)排结合剂前 (c) (d)排结合剂后

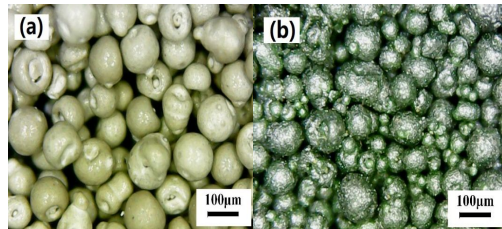


图6 氧化锌造粒料形貌  
(a)造粒料 (b)造粒料烧结

图7是电阻片排结合剂前后断裂机理示意图，右图为电阻片排结合剂前受外力失效开裂的机理图，排结合剂前的电阻片存在一

定量的有机结合剂和水分,氧化锌颗粒之间是通过结合剂物理粘接在一起,颗粒之间的结合力相对较小,此时颗粒内部分子之间的结合力大于颗粒间的结合力,在受外力时,裂纹绕过颗粒延伸,不会穿过颗粒,所以开裂后的断面上,颗粒的形状基本不会发生变化,界面由颗粒以及颗粒留下的坑洞组成,因而宏观下表现为粗糙的界面。排结合剂后的电阻片,由于有机结合剂消失,氧化锌造粒料分子扩散,其分子之间的结合力大于颗粒之间的粘接力,在断裂失效后的镜面区域,表现为裂纹直接穿过大部分颗粒延伸,在遇到小部分颗粒时会绕过颗粒延伸,因此其宏观基本呈现平整光滑的断面。

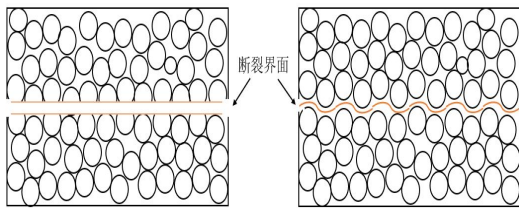


图7 排结合剂前后断裂机理示意图

### 2.3 失效受力分析

从上述分析中可知,氧化锌电阻片在整个制造过程中,以排结合剂为节点,前后分别表现塑性材料与脆性材料的特征,主要原因是有机结合剂的存在,使得氧化锌造粒料颗粒之间的结合力与颗粒内部分子间结合力在排结合剂前后有很大差异,所以在失效样品中发现有两种截然不同的断面特征。根据现场调查发现,在所有失效样品中,粗糙界面的失效样品占的比例非常少,失效件主要表现为脆性材料的断裂方式,其断裂界面光滑平整,类似于图2。由此得出,电阻片受力磕碰发生失效的阶段是排结合剂工序以后,通过观察裂纹形式,可以发现受力方式不同,裂纹扩展路径也就不同,受力方式为径向时,裂纹由受力点两侧沿端面扩展。

受力方式为轴向时,裂纹由受力点两侧呈圆弧状向下扩展,电阻片边缘轴向或径向局部受力是导致开裂的两种主要的受力方式。

### 2.4 失效模式验证

为了验证失效模式发生的时间段并复现问题件的失效模式,分别取排结合剂前后以及烧结后的电阻片,在电阻片边缘分别施加不同方向、不同大小的力,以获得开裂等失效模式。图8分别是排结合剂前后以及烧成后,在电阻片边缘轴向和径向施加不同大小的力后出现的失效模式。可以看出,当沿轴向或径向施加力时,排结合剂前的电阻片受力开裂,出现裂纹,如图8(a)、(b),在受力点周围存在一定程度的塑性变形,验证过程中,部分试验电阻片只发生塑性变形而未发现裂纹。实际调查过程中,未发现有裂纹但周围区域有塑性变形区的问题件。图8(c)(d)分别是电阻片在排结合剂之后受力出现的失效模式,可以看出,其失效模式类似于图1(a),在沿径向受力时,样品受力点出现了沿表面扩展开来的两条微裂纹,这些裂纹极其隐蔽很难被观察到。另外,产生这两种失效模式所施加的力远小于出现图8(a)(b)失效模式所施加的力,在失效验证过程中,发现小规格的电阻片(D5和D6)由于叠放或单手拿取多于两片时易出现这种形式的碰损。图8(e)(f)分别是烧成后的电阻片在受力后出现的失效模式,烧成后的电阻片在受力磕碰后断面呈绿色,与图1中失效件断面颜色不同。另外,产生这两种失效模式所施加力与图8(a)(b)失效模式所施加的力接近,在试验过程中发现,烧成后的电阻片在受力磕碰时,出现失效的情况基本是受力点直接开裂掉落,而不会出现裂纹,且碰损的面积较小,要出现面积较大的碰损需要施加很大的力。



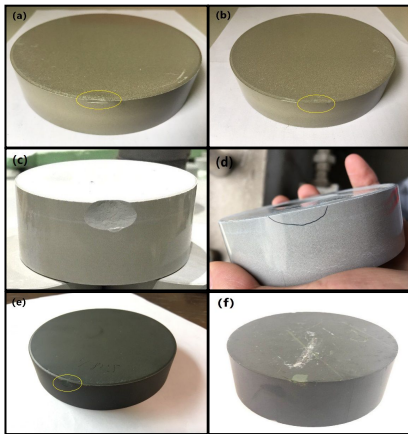


图 8 不同阶段受力失效模式

(a)(b)排结合剂前 (c)(d)排结合剂后 (e)(f)烧结后

通过以上验证试验分析可知，在排结合剂之前，电阻片表现一定的塑性材料特征，在受力磕碰时，电阻片局部发生塑性变形，只有在外力增加到塑性变形的极限时，最终出现开裂失效。在排结合剂之后，电阻片表现脆性材料特征，此时受力磕碰后易出现微裂纹，烧结以后，电阻片经过高温相变之后，基体表现脆性材料特征，同时刚性很大，边缘易受力磕碰直接开裂掉落，要产生与图 1(a)中尺寸大小相似的失效模式几乎是不可能的。电阻片在排结合剂之后，作业过程中因操作失误引起电阻片之间磕碰或者电阻片与工装设备之间磕碰引起局部应力集中，此时，微裂纹已经出现，如图 8(d)所示，微

裂纹极其隐蔽，作业者很难观察到，从而流入到下一工序中，在经高温烧结后，裂纹两侧区域基体背向收缩使得裂纹继续扩展，烧结后电阻片表面颜色较暗，这些裂纹也不易观察，在磨片过程中，因磨片剪切应力的作用，开裂较大的区域直接掉落，呈现图 1(a)类的失效模式，开裂较小的表现为图 1(b)中边缘开裂的失效模式。另外，一些更微小的裂纹在磨片过程中也未被发现，直至最终电气性能测试时被发现。

### 3 结论

采用金相显微镜，通过对失效模式界面的形貌特征和受力方式进行分析，验证了电阻片在成型之后到磨片过程中可能发生的失效模式及产生的方式，得到如下结论：

1) 隐性开裂界面形貌主要表现为脆性断裂机理；

2) 隐性开裂产生的过程一般是在排结合剂之后因操作不规范使电阻片磕碰受力产生微裂纹，之后经烧结过程裂纹延伸扩展，最后经磨片应力或方波筛选时呈现显性开裂失效模式，包括直接开裂掉落和出现裂纹两种失效模式。

3) 在排结合剂出炉至烧成装炉前这一时段，通过避免电阻片间的直接接触和规范操作可有效解决隐性开裂问题。

## 李成榕教授课题组在特高压直流穿墙套管中绝缘支撑技术研究领域取得重要进展

近日，在新能源电力系统国家重点实验室自主研究课题等项目资助下，联合中国建材集团有限公司以及意大利 GE-Alstom RPV 公司协同完成，李成榕教授课题组陶瓷材料及绝缘支柱的研发及试验考核取得了重大成功。

该研究成果获得了国际特高压直流设

备生产龙头企业通用-阿尔斯通公司的认可，所设计研发的基于先进陶瓷材料的绝缘支撑件通过了 IEC 标准中关于  $\pm 800$  kV 气体绝缘直流穿墙套管内支柱绝缘子规定的全部考核试验，并即将在我国陕北-湖北  $\pm 800$  kV 特高压直流输电工程武汉换流站中替代 ABB 产品开展应用，突破了国外技术封锁。

# 基于无人机红外测温的线路复合绝缘子运维措施探讨

林朝晖 许燕青 郑干好

(国家电网福建省电力有限公司检修分公司)

**摘要:** 目前国内超特高压输电线路复合绝缘子已广泛应用,较2016年用量增幅约70%,运行年限超过10年以上的约40%,发生多起复合绝缘子脆断、酥断等故障,严重影响输电线路可靠运行。同时近年来输电无人机大幅度应用,以无人机为平台搭载红外热像仪,可用来巡检复合绝缘子的异常发热,是提升输电线路运行可靠性的重要手段之一。本文提出基于无人机红外测温的复合绝缘子运维差异化措施及不同塔型拍摄点位建议,有助于掌控复合绝缘子实际工况,切实保障输电线路主干网安全运行。

**关键词:** 复合绝缘子 无人机 红外测温 差异化 拍摄点位

## 0 引言

复合绝缘子在我国超特高压线路上广泛应用,有效提高了线路的安全运行和可靠性水平,也大大减轻了繁重的污秽清扫及零值检测等运行维护工作量。近年来全国电力系统发生复合绝缘子断裂故障较多,主要有断裂、脆断、酥断、污闪、鸟啄、老化等六种,见图1。复合绝缘子故障情况统计见图2。

根据相关统计,目前复合绝缘子运维情况重点关注E(伞套严重蚀损)、A(憎水性丧失)、G(红外检测到发热),说明近年来红外热成像技术在输电线路巡检中的广泛应用。

多旋翼无人机是一种机动性强、稳定性高、敏捷安全、操作简便的飞行平台。针对复合绝缘子温度检测,采用无人机搭载红外检测设备的方案替代原有的人工手持,可兼顾检测准确性、高效性、安全性和灵活性。



继串



脆断(非耐酸芯棒)



酥断(耐酸芯棒)



污闪



鸟啄



老化

图1 目前各种绝缘子故障情况

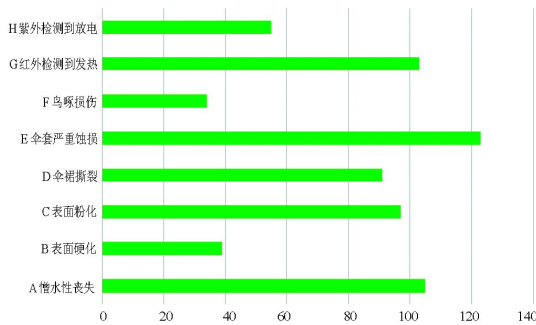


图2 复合绝缘子故障情况统计

## 1 复合绝缘子红外测温的必要性

### 1.1 高场强工况下

(1) 高场强下，特别是在潮湿环境，绝缘子表面的水珠、积污会引起电场畸变，造成局部电场进一步增大。

(2) 进一步增大的电场，会引发硅橡胶表面产生电晕，电晕使硅橡胶老化加速。

(3) 硅橡胶老化后，其吸水性、透水性性能劣化。

(4) 硅橡胶在吸水后转变为极性物质的特性，在交变电场的作用下，绝缘子的硅橡胶发生温升，进一步加速老化。

(5) 护套老化后透水性劣化，潮湿会渗入到芯棒，引起芯棒的老化。

(6) 潮湿渗入芯棒后，在电场作用下，引起界面与芯棒的水解，并引发局部放电。

(7) 长期局部放电的烧蚀，最后导致芯棒断串。

### 1.2 微气象区域

目前复合绝缘子故障大部分发生在大档距、沿海大风口或落差大等微气象区域的杆塔上，其绝缘子串比其它情况下受到更大的应力。有试验表明，局部放电等造成的老化与其受到的机械应力有直接的关系。在沿海，大风舞动，动态机械负荷可大于静态负荷几倍，突变的大负荷可引起芯棒突然伸缩，很容易造成护套和芯棒间粘接界面损伤——形成气隙。

## 2 无人机红外测温

### 2.1 其他测温方式分析

(1) 存在对运行 10 年及以上的复合绝缘子老化问题重视不足。日常线路巡视工作主要对绝缘子外观进行检查，对沿海或大雾等湿度较大的地区未能有针对性的开展红外测温。

(2) 运行中的绝缘子红外检测受外部环境和拍摄角度的影响较难获得绝缘子本体的真实红外图谱，需要登塔选定合适的角度才能进行检测，工作量大、缺陷发现效率不高。直升机红外检测也存在一定的漏检率。

(3) 目前对复合绝缘子工况的把控，大部分依赖于直升机红外巡检、人工带电登杆测温，但人工带电登杆测温因受角度、装备影响，未能有效获取复合绝缘子内部发热情况。

### 2.2 无人机红外测温优势

(1) 以某市检修公司为例，组织利用手持式红外测温仪+无人机红外测温进行杆塔精细化复核，其中 11 基杆塔，人工复测温差大于 0.5 度，6 基杆塔温差出现负值，不排除仪器精度、测量距离较远等原因造成的偏差。

(2) 以某 500kV 线路 2020 年直升机航巡过发现复合绝缘子发热 9 基，组织开展无人机红外测温，共发现 28 基复合绝缘子发热，且直升机发热的 9 基杆塔存在温差不一致，不排除直升机航巡红外测温受飞行姿态及路线影响，不如无人机红外测温方便快捷。

(3) 以笔者所在单位近 2 年来做个纵向比较：传统模式下人工红外测温 15 基杆塔/人/天，使用无人机红外测温可以达到 60 基杆塔/人/天，效率提升约 4 倍，更满足目前输电线路“两个替代”（可视化代替人工通道巡检、无人机代替人工状态巡视）的转型

需要。

### 2.3 无人机红外测温拍摄点位

根据无人机红外测温近年来实践实操，针对不同塔型及复合绝缘子串型，推荐以下四种拍摄点位：

#### (1) 双回路 I 串/双 II 串

①头上扬角度宜采用 10 度-15 度；

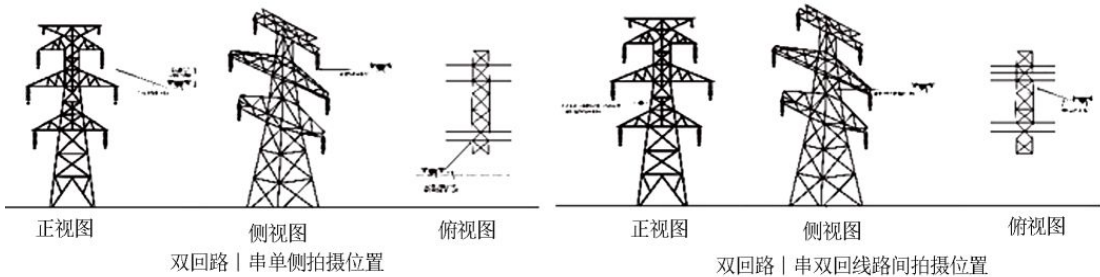


图3 双回路 I 串/双 II 串拍摄点

#### (2) 双回路 V 串/双 V 串无人机拍摄点

①头上扬角度宜采用 30 度；

②无人机水平位置大致位于同相导线下方 8 米，或下层横担平面附近，距离绝缘子 10 米；

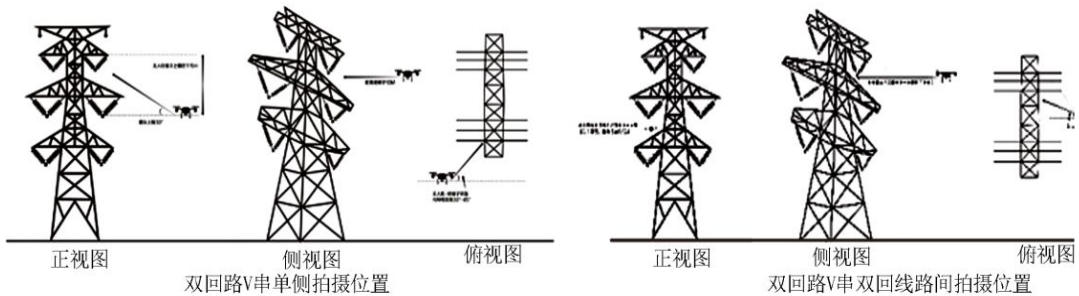


图4 双回路 V 串/双 V 串无人机拍摄点

#### (3) 单回路 V 串及双 V 串无人机拍摄点

①头上扬角度宜采用 30 度；

②无人机水平位置大致位于同相导线下方 2-3 米，距离绝缘子 10 米；

③自杆塔一侧进行拍摄时，无人机与目

②水平位置位于目标绝缘子同相导线下方 1-2 米，距离目标绝缘子 10 米；

③自杆塔一侧进行拍摄时，无人机与目标绝缘子的连线与导线成 30 度-45 度。从杆塔上方进入双回导线之间拍摄时，无人机正对杆塔塔身中轴线。双回路 I 串/双 II 串拍摄点见图 3。

③自杆塔一侧进行拍摄时，无人机与目标绝缘子的连线与导线成 30 度-45 度。从杆塔上方进入双回导线之间拍摄时，无人机正对杆塔塔身中轴线。双回路 V 串/双 V 串无人机拍摄点见图 4。

标绝缘子的连线与导线成 30 度-45 度。进入两边相导线之间拍摄时，无人机正对杆塔塔身中轴线。单回路 V 串及双 V 串无人机拍摄点见图 5。

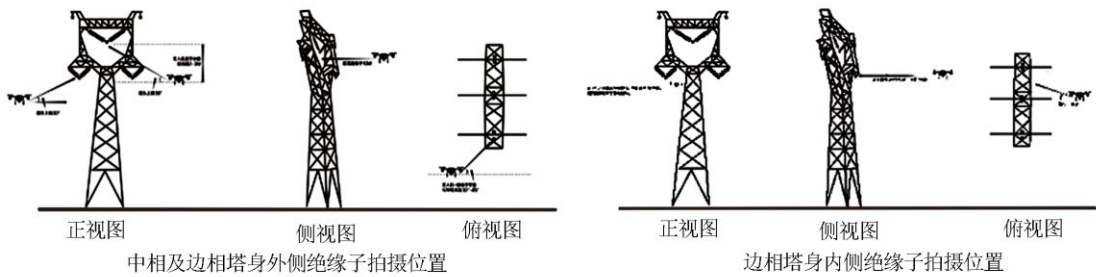


图 5 单回路 V 串及双 V 串无人机拍摄点

(4) 单回路 I 串及双 I 串无人机拍摄点

- ①头上扬角度宜采用 10 度-15 度；
- ②无人机水平位置略低于导线，距离绝缘子 10 米；

③自杆塔一侧进行拍摄时，无人机与目标绝缘子的连线与导线成 30 度-45 度；进入两变相导线之间拍摄时，无人机正对杆塔塔身中轴线。单回路 I 串及双 I 串拍摄点见图 6。

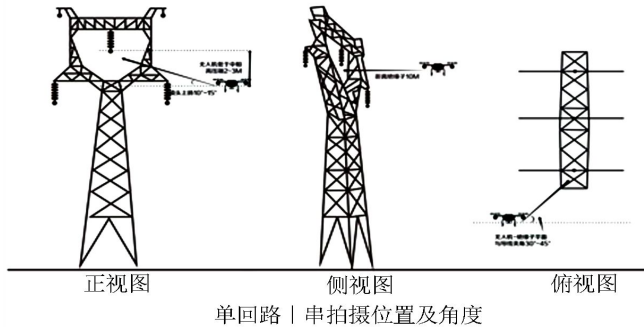


图 6 单回路 I 串及双 I 串拍摄点

(5) 其他经验

①一旦在飞行过程中，在屏幕上观察到了发热点，要针对发热点进行补拍，对其发热点进行多角度拍摄、检查、分析，同时利用可见光对发热点进行近距离拍摄，并在傍晚或者清晨时进行重新复拍；

②在开展红外测温时尽量避免强光天气和湿度较大的天气，气温过高和湿度大会影响绝缘子测量的精准度，尽量选择早晨或者傍晚进行测量，避免雨天和雾天进行测量；

③无人机搭载 XTS 红外测温时，采用“北极”或“医疗”分析场景，分析效果最佳。无人机搭载 XT2 红外测温时，分析图像时采用“Arctic（北极）”或“原图像”时，分析效果最佳。

3 复合绝缘子差异化测温运维措施

依据近年来实践，对复合绝缘子测温进行差异化安排，并结合复合绝缘子预期使用周期（福建公司复合绝缘子是 10 年为周期进行更换的），目前复合绝缘子工况良好，具体差异化测温安排如下：

3.1 单 V 串复合绝缘子

(1) 线路复合绝缘子运行时间  $\geq 10$  年

①沿海大风、高湿、高雾地区的单 V 串复合绝缘子带电登杆及近距离红外测温基准周期为 2 个月；红外测温方式为每隔 3 基测 1 基轮测；

②除沿海大风、高湿、高雾地区外的单 V 串复合绝缘子带电登杆及近距离红外测温基准周期为 3 个月；红外测温方式为每隔 3 基测 1 基轮测。

(2) 线路复合绝缘子运行时间 $<10$ 年

①沿海大风、高湿、高雾地区的单 V 串复合绝缘子带电登杆及近距离红外测温基准周期为 3 个月；红外测温方式为每隔 3 基测 1 基轮测；

②除沿海大风、高湿、高雾地区外的单 V 串合成绝缘子带电登杆及近距离红外测温基准周期为 6 个月；红外测温方式为每隔 3 基测 1 基轮测。

## 3.2 非单 V 串复合绝缘子

(1) 线路复合绝缘子运行时间 $\geq 10$ 年

①每年对沿海大风、高湿、高雾地区的非单 V 串复合绝缘子中工况最恶劣的 15 基杆塔（每个巡检站）进行带电登杆及近距离红外测温；

②每年对沿海大风、高湿、高雾地区外的非单 V 串复合绝缘子中工况最恶劣的 10 基杆塔（每个巡检站）进行带电登杆及近距离红外测温。

(2) 线路复合绝缘子运行时间 $<10$ 年

①每年对沿海大风、高湿、高雾地区的非单 V 串复合绝缘子中工况最恶劣的 10 基杆塔（每个巡检站）进行带电登杆及近距离红外测温；

②每年对沿海大风、高湿、高雾地区外的非单 V 串复合绝缘子中工况最恶劣的 5 基杆塔（每个巡检站）进行带电登杆及近距离红外测温。

## 4 总结

本文从复合绝缘子运维的难点出发，通过不同测温方式比对，确定无人机红外测温的可行性，同时根据近年来的实践，提出复合绝缘子基于无人机红外测温的差异化运维措施。

同时采用无人机红外普检将产生海量的绝缘子红外图谱，基于红外图谱的复合绝缘子智能识别在现场具有一定的应用价值，可研究开发绝缘子红外工作站，用于普检产生的图谱智能分析识别和绝缘子缺陷辅助诊断分析。

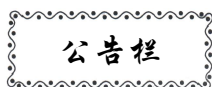
## 清华大学成立碳中和研究院

2021年9月22日，清华大学正式成立碳中和研究院。研究院将围绕碳中和打造技术创新中心、高端智库战略中心、高层次人才培育基地、合作交流传播平台。研究院将发挥学校基础研究深厚和学科交叉融合的优势，实现多院系多学科联合创新，集中优势资源加快突破碳中和领域关键核心技术攻关，攻克一批碳中和“卡脖子”关键核心技术。

下一步，清华大学将充分发挥多学科、多平台的优势和深厚的人才积累，在低碳发电与动力、新型电力系统、零碳交通、零碳建筑、工业深度减排、减污降碳协同增效、

CCUS与碳汇、碳中和战略等方向重点发力，力争在碳中和主战场与关键技术突破方面发挥引领作用。

长期以来，清华大学在建设碳中和研究方面有深厚积累，在若干个碳中和核心研究领域已取得一批具有先进水平的创新成果。同时，清华大学与重点企业围绕双碳主题展开研究，深化校企合作，在绿色低碳发展战略领域，与国内外重点企业联合共建校级研究机构，还积极推动气候变化国际交流合作，主动搭建高层次交流平台，已建成包括清华大学气候变化与可持续发展研究院在内的多个校级研究机构。



## 2021年西安高压电器研究院有限责任公司 发放的检验报告名录 (绝缘子类)(三)

(接上期)

委托号	委托单位	产品型号	产品名称	试验类型
200027J	山东日阳电力科技有限公司	CS 70 S16 B16-550/35 20(CS 100 S16 B16-5 50/3200(CS 120 S16 B 16-550/3200)	棒形悬式复合绝缘子	定型试验
200028J	山东日阳电力科技有限公司	CS 70 S16 B16-410/19 20(CS 100 S16 B16-4 10/1920(CS 120 S16 B 16-410/1920)	棒形悬式复合绝缘子	定型试验
200029J	山东日阳电力科技有限公司	CS 70 S16 B16-230/10 15(CS 100 S16 B16-2 30/1015(CS 120 S16 B 16-230/1015)	棒形悬式复合绝缘子	定型试验
200030J	山东日阳电力科技有限公司	CS 70 S16 B16-100/50 0(CS 100 S16 B16-10 0/500(CS 120 S16 B16 -100/500)	棒形悬式复合绝缘子	定型试验
200073J	广州麦科凌电力装备有限公 司	FSP-220/0.8	防风偏复合绝缘子	定型试验
200074J		FSP-110/0.8		定型试验
200078J	广州麦科凌电力装备有限公 司	FXBZW±25/120	地线耐张复合绝缘子	定型试验
200079J		FXBZW±25/160E		定型试验
200136J	PT.POWERINDO PRIMA PERKASA	FXBW4-275/210	SUSPENSION POLYMERIC INSULATOR	性能试验
200137J		FXBW4-275/210		性能试验
200484J	河北洛岚电气制造有限公司	φ18mm	环氧玻璃纤维引拔棒	性能试验
200532J	抚顺高科电瓷电气制造有限公 司	550kV	避雷器用空心瓷绝缘子(元 件)	定型试验
200548J	国网重庆市电力公司电力科 学研究院	R5ET105L, 125,283,360	线路柱式瓷绝缘子	性能试验
200624J	中车大同电力机车有限公司	25kV	支持绝缘子	性能试验
200704J	醴陵市湖电顺雷电力电瓷电 器有限公司	U70B146/320N16R	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
200705J		U70C146/320N		定型试验
200706J	醴陵市湖电顺雷电力电瓷电 器有限公司	U40C140/200N	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
200708J		R12.5ET125/400	线路柱式瓷绝缘子	定型试验
200755J	湖南省醴陵市特种电瓷电器 有限公司	C30-125-IV	耐污型户外棒形支柱瓷绝 缘子	定型试验
200800J	国网重庆市电力公司电力科 学研究院	R5ET105L,125, 283, 360	线路柱式瓷绝缘子	性能试验

委托号	委托单位	产品型号	产品名称	试验类型
200803J	沈阳古河电缆有限公司	275kV	空心复合绝缘子	性能试验
200809J	国网重庆市电力公司电力科学研究院	R12.5ET150N,170, 336, 534	线路柱式瓷绝缘子	性能试验
200810J		R12.5ET125N,160, 305, 400	线路柱式瓷绝缘子	性能试验
200811J	国网重庆市电力公司电力科学研究院	R5ET105L,125, 283, 360	线路柱式瓷绝缘子	性能试验
200812J		R12.5ET150N,170, 336, 534	线路柱式瓷绝缘子	性能试验
200813J	国网重庆市电力公司电力科学研究院	R5ET105L,125, 283, 360	线路柱式瓷绝缘子	性能试验
200814J		110kV/12.5kN	棒形支柱瓷绝缘子	性能试验
200885J	江西省萍乡市爱德电瓷有限公司	U70B146/450D16W	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
200886J		U70B146/320N16W		定型试验
200898J	潍坊丰泽电力器材有限公司	UC120B155/450D16W	耐污盘形悬式瓷复合绝缘子	定型试验
200899J		UC70B146/400D16W		定型试验
200911J	保定冀开电力器材有限公司	CS 70 S16 B16-75/490	棒形悬式复合绝缘子	定型试验
200912J		FPQ-10/5	线路柱式复合绝缘子	定型试验
200913J	保定冀开电力器材有限公司	FZS-10/5	线路柱式复合绝缘子	定型试验
200960J	国网重庆市电力公司电力科学研究院	FXBW-220/120-2, 2350, 6340	棒形悬式复合绝缘子	性能试验
200961J		FXBW-220/210-2, 2470, 7040		性能试验
200962J		35kV/12.5kN	棒形支柱瓷绝缘子	性能试验
200979J	浙江国恩电气有限公司	FXBW-110/120(100、70)	棒形悬式复合绝缘子	定型试验
200980J		FXBW-35/120(100、70)		定型试验
200981J	浙江国恩电气有限公司	FZSW-126/10	高压支柱复合绝缘子	性能试验
200982J		FZSW-40.5/6		性能试验
200996J	萍乡市旭华电瓷电器制造有限公司	P-33-Y	高压针式瓷绝缘子	定型试验
210052J	唐山高压电瓷有限公司	C6-325-1815	支柱瓷绝缘子	性能试验
210057J	醴陵市浦口电瓷制造有限公司	170kV	断路器用支柱瓷套空心瓷绝缘子	定型试验
210058J		170kV	断路器用灭弧室瓷套空心瓷绝缘子	定型试验
210060J	醴陵市浦口电瓷制造有限公司	145kV	GIS用瓷外套气体绝缘套管	型式试验
210061J		252kV		型式试验
210077J	福州恒森达电气有限公司	ANSI 54-1	拉紧瓷绝缘子	定型试验
210078J		ANSI 54-2	拉紧瓷绝缘子	定型试验
210079J	福州恒森达电气有限公司	ANSI 54-4	拉紧瓷绝缘子	定型试验
210080J		ED-2B	低压蝶式瓷绝缘子	型式试验
210083J	江西百新电瓷电气有限公司	U210B170/545T20R	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210085J		U210B170/525D20R		定型试验



委托号	委托单位	产品型号	产品名称	试验类型
210088J	江西百新电瓷电气有限公司	U210B170/400N20R	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	性能试验
210092J		U420B205/550D28R		性能试验
210102J	萍乡百斯特电瓷有限公司	UD160B170/550D20R	直流盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210103J		UD210B170/550D20R		定型试验
210104J		UD210B170/560T20R		定型试验
210107J	河间市华阳电力电气有限公司	U70B146/450D16W	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210108J		U70B146/400D16W		定型试验
210109J	河间市华阳电力电气有限公司	U70B146/320N16W	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210110J		P-20T	高压针式瓷绝缘子	定型试验
210123J	北京誉诚杰电力科技发展有限公司	YCJ-15kV-PT	新型 PT 接头总成	性能试验
210124J	CHUN HO CO., LTD.	FZSW-52/15-560	支柱复合绝缘子	型式试验
210125J	西安西电高压电瓷有限责任公司	1100kV	互感器用空心瓷绝缘子	性能试验
210128J	江西金之川电瓷电气有限公司	B-1/3150	变压器瓷套	性能试验
210129J		BLQ-20/315	变压器瓷套	性能试验
210133J	国网重庆市电力公司电力科学研究院	U70BP/146D,280,450	交流盘形悬式瓷绝缘子	性能试验
210134J	河南帝安电器有限公司	10kV/630A	U型套管	性能试验
210135J	中铁宝鸡轨道电气设备检测有限公司	XJ-1.5/96	柔性悬挂下锚绝缘子	性能试验
210147J	醴陵华鑫电瓷科技股份有限公司	170kV	Hollow Ceramic Chamber Insulator for Circuit Breaker	PROTOTY PE TEST:
210148J	醴陵华鑫电瓷科技股份有限公司	170kV	Hollow Ceramic Post Insulator for Circuit Breaker	PROTOTY PE TEST:
210152J	西安西电高压电瓷有限责任公司	1100kV	电容套管用上瓷套	性能试验
210157J	四川环球绝缘子有限公司 四川省宜宾环球集团有限公司	UDG240B170/550H24R	直流盘形悬式玻璃绝缘子	定型试验
210164J	西安康本材料有限公司	XD/28-7451	悬吊绝缘子	性能试验
210167J	萍乡市电瓷制造有限公司	JH10-120	拉紧复合绝缘子	性能试验
210177J	四川环球绝缘子有限公司	UDG210B170/390A20R	直流盘形悬式玻璃绝缘子	定型试验
210178J	四川环球绝缘子有限公司	UDG160B170/390A20R	直流盘形悬式玻璃绝缘子	定型试验
210179J	醴陵市华诚电瓷有限公司	145kV	SF <sub>6</sub> 断路器灭弧室用空心瓷绝缘子	定型试验
210180J	醴陵市华诚电瓷有限公司	145kV	SF <sub>6</sub> 断路器支柱用空心瓷绝缘子	定型试验
210181J	醴陵市华诚电瓷有限公司	252kV	SF <sub>6</sub> 断路器灭弧室用空心瓷绝缘子	定型试验
210182J	醴陵市华诚电瓷有限公司	252kV	SF <sub>6</sub> 断路器支柱用空心瓷绝缘子	定型试验

委托号	委托单位	产品型号	产品名称	试验类型
210183J	醴陵市浦口电瓷制造有限公司	550kV	断路器支柱用空心瓷绝缘子(上元件)	定型试验
210184J	醴陵市浦口电瓷制造有限公司	550kV	断路器支柱用空心瓷绝缘子(中元件)	定型试验
210185J	醴陵市浦口电瓷制造有限公司	550kV	断路器支柱用空心瓷绝缘子(下元件)	定型试验
210186J	醴陵市浦口电瓷制造有限公司	550kV	断路器灭弧室用空心瓷绝缘子(元件)	定型试验
210192J	抚顺高科电瓷电气制造有限公司	550kV	灭弧室用空心瓷绝缘子	性能试验
210193J		550kV		定型试验
210194J	浙江佳信电气有限公司	CG5-12	传感器	性能试验
210195J	浙江佳信电气有限公司	TG3-12	穿墙套管	性能试验
210196J	浙江佳信电气有限公司	CH3-12	触头盒	性能试验
210197J	浙江佳信电气有限公司	ZJ-12	绝缘子	性能试验
210207J	中材江西电瓷电气有限公司	C6-650-4495	耐污型户外棒形支柱瓷绝缘子	定型试验
210208J	江苏神马电力股份有限公司南通分公司	FZKW-550/16	常压空气支柱复合绝缘子	定型试验
210209J	苏州电瓷厂股份有限公司	UD840B300/650T40R	直流盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210210J	苏州电瓷厂股份有限公司	UD840B300/700H40R	直流盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210211J	内蒙古精诚高压绝缘子有限责任公司	U240B170/545T20R	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210212J		U210B170/400N20R	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210213J	内蒙古精诚高压绝缘子有限责任公司	U210B170/400N20R	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	性能试验
210214J		U160B155/400N20R		定型试验
210215J	内蒙古精诚高压绝缘子有限责任公司	U160B155/400N20R	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	性能试验
210216J		U120B160/450D16RA(U100B160/450D16RA)	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210217J	内蒙古精诚高压绝缘子有限责任公司	U120B160/450D16RA(U100B160/450D16RA)	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	性能试验
210218J		U120B155/545T16RA(U100B155/545T16RA)	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210219J	内蒙古精诚高压绝缘子有限责任公司	U120B155/545T16RA(U100B155/545T16RA)	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	性能试验
210220J		U120B146/450D16RA(U100B146/450D16RA)	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210221J	内蒙古精诚高压绝缘子有限责任公司	U120B146/450D16RA(UU120B146/450D16RA)	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	性能试验
210222J		U120B146/320N16RA(U100B146/320N16RA)	高压线路盘形悬式瓷绝缘子	定型试验
210223J	内蒙古精诚高压绝缘子有限责任公司	U120B146/320N16RA(U100B146/320N16RA)	高压线路耐污盘形悬式瓷绝缘子	性能试验

(未完待续)