

# Research on the Influence of Typical Climate Test Sequence on Sensors Used in Intelligent Power Pipe Corridors

Jing Wang

Shanghai Institute of Quality Inspection and Technical Research, Shanghai, 201114, China

## Abstract

In this paper, the effects of two climatic test sequences on typical sensors in power pipe gallery systems are studied. The test items include high temperature test, low temperature test, dust proof test and waterproof test. The experimental sequence is experimental sequence 1: high temperature - low temperature - dustproof - waterproof. Test sequence 2: dust - water - high temperature - low temperature. It was found that the harshness of test sequence 2 was higher than that of sequence 1, which caused more damage to the sample. Dust and water proofing tests may affect the internal contamination level of the sample and should usually be carried out after other environmental tests have been completed. The presence of dust and water vapor can affect the results of other tests and increase the severity of other environmental tests. The research of this paper will provide some reference for the revision of standards and the formulation of test engineers' schemes.

## Keywords

smart power pipeline corridor; environmental adaptability test; test sequence

## 典型气候试验顺序对智能电力管廊用传感器影响研究

汪静

上海市质量监督检验技术研究院, 中国·上海 201114

## 摘要

论文研究了两种气候试验序列对电力管廊系统内典型传感器的影响。试验项目包括高温试验、低温试验、防尘试验、防水试验。试验序列为试验序列1: 高温—低温—防尘—防水。试验序列2: 防尘—防水—高温—低温。研究发现, 试验序列2的严酷度高于序列1的严酷度, 对样品产生更大的破坏性。防尘防水试验可能会影响样品内部污染等级情况, 其通常应在其他环境试验完成后进行。尘埃和水汽的存在可能会影响其他试验的结果, 加大其他环境测试的严酷度。论文的研究将为标准的制修订, 测试工程师的方案制定提供一定的参考。

## 关键词

智能电力管廊; 环境适应性试验; 试验顺序

## 1 引言

随着城市化进程的日益深化, 电力管廊正逐步替代传统的架空线路, 成为城市能源传输体系中的核心“主动脉”<sup>[1]</sup>。伴随电力管廊建设规模的迅速扩张, 其维护管理的复杂性亦随之显著提升<sup>[2]</sup>。为应对城市电力电缆建设的迫切需求, 电力管廊监测系统的研发与应用获得了显著的推进与发展<sup>[3-5]</sup>。以往, 中国电缆运行管理普遍采用较为粗放的模式, 因缺乏对电缆系统及隧道网络全面、有效的监控手段, 导致难以精

确获取设备运行的实际状态, 进而无法实现电缆网络与路径资源的精细化、高效化管理。这一现状对电力电缆的安全稳定运行构成了潜在的威胁与挑战<sup>[6,7]</sup>。因此, 构建电力管廊监测系统已成为当前亟待解决的关键问题, 其紧迫性不言而喻。

智能传感器的研发是构建电力管廊监测系统的核心要素之一。自20世纪70年代以来, 国际上已对电力管廊监测技术展开了系统的分析与深入研究, 众多发达国家更是建立了电力电缆监测系统的专用实验基地, 以推动相关技术的成熟与应用<sup>[8]</sup>。相较之下, 中国针对电力管廊在线监测系统的研究工作起步较晚, 于20世纪90年代方才起步, 相较于国际领先水平存在一定的差距。电力管廊内部署的传感器需长期在复杂且恶劣的环境中运行。鉴于此, 为推动智能电力管廊监测系统的稳健发展, 对传感器在恶劣环境条件下的性能表现进行深入探究显得尤为迫切。论文选取了四种具有代表

【基金项目】上海市科委科研项目《电子信息设备气候试验顺序国际标准制定研究》资助(项目编号: 23DZ2203900)。

【作者简介】汪静(1979-), 女, 中国上海人, 本科, 工程师, 从事电子电器研究。

性的环境测试条件：高温、低温、防尘与防水，并设计了多样化的测试序列，旨在全面分析这些测试条件对智能电力管廊所用传感器性能的具体影响，以期传感器的优化设计与应用提供科学依据。

## 2 智能电力管廊监测系统及传感器

在电力管廊系统中，多种类型的智能传感器被部署并发挥着关键作用，它们涵盖了人体感应传感器、有害气体传感器、氧气传感器、烟雾传感器、可燃气体传感器、位移传感器、电缆运行状态综合监测传感器以及水位传感器等多种类型。这些传感器不仅是监测系统不可或缺的组成部分，更集成了数据采集、数据处理、控制逻辑以及通信传输等一系列高级功能，展现了高度的智能化与集成化特性。具体而言，每种传感器均承担着特定的监测任务，通过精准感知电力管廊内各类参数的变化，为系统的稳定运行提供实时、准确的数据支持。同时，这些传感器所集成的数据处理与控制功能，使得监测系统能够自主地对采集到的数据进行初步分析，并根据分析结果采取相应的控制措施，从而进一步提升了电力管廊系统的整体安全性和可靠性。

## 3 环境适应性试验

环境适应性是指产品在预定的存储、运输及实际使用全生命周期内，对各种环境条件所展现出的适应与耐受能力。在电子、电气及机械工程等领域，环境测试构成了产品开发流程中的核心环节，其目的在于确保产品在复杂多变的环境条件下能够维持高度的可靠性和稳定性，这对于保障产品的长期性能至关重要。

环境测试通过模拟一系列极端或特定环境条件，旨在揭示产品设计、研发策略及材料选用等方面可能存在的环境适应性缺陷。这一测试流程通常涵盖了一系列常规项目，包括但不限于高温测试（评估产品在极端高温环境下的性能表现）、低温测试（检验产品在低温条件下的工作能力）、防尘测试（衡量产品在尘埃环境中的防护性能）以及防水测试（验证产品在水溅或浸泡条件下的防水密封性）。

环境试验的顺序通常会影响到试验的有效性和结果的准确性，因此合理安排试验顺序显得尤为重要。论文将探讨典型环境试验的基本顺序及其重要性。试验序列：本文研究了两种试验序列对电力管廊系统内位移传感器和温度传感器的影响。试验序列1：高温—低温—防尘—防水。试验序列2：防尘—防水—高温—低温。

试验样品和设备：论文选用位移传感器、人体感应传感器、温度传感器、一体化监测终端样品（包含网关、气体传感器、温度传感器）进行。试验设备为可编程恒温恒湿箱（EL-04KA）、沙尘试验箱（WH-SC800）、直径1.0mm试具和浸水箱。各类传感器挑选两组平行样，每组试验样品数量为100个，样品开展环境测试前均经过了均匀性测试。

## 4 试验结果

### 4.1 试验要求

#### 4.1.1 高温试验验证

温度测试作为环境测试的关键性环节，包括高温与低温测试，旨在深入探究产品在极端温度条件下的性能稳定性。依据GB/T 2423.2标准所规定的测试要求与具体操作方法，首先需将待测样品妥善放置于专用的测试箱内。随后，将测试箱内的温度调控至80℃。待样品在该高温环境下达到热平衡状态，即其温度保持稳定不再发生显著变化后，维持此温度条件长达72小时，然后观察并记录样品在此期间的性能表现与变化情况。

#### 4.1.2 低温试验验证

依据GB/T 2423.1标准所规定的测试要求与具体操作方法，首先需将待测样品妥善放置于专用的测试箱内。随后，将测试箱内的温度调控至-40℃。待样品在该低温环境下达到热平衡状态，即其温度保持稳定不再发生显著变化后，维持此温度条件长达72小时，然后观察并记录样品在此期间的性能表现与变化情况。

#### 4.1.3 防尘试验

随着电子电气产品在日常生活中的广泛应用，制造商对于产品外观设计的重视程度日益提升。鉴于产品在实际使用过程中可能会面临沙尘、雨水等多种自然环境的侵袭，因此在设计产品外观时，必须充分兼顾其对外部环境的防护能力，这使得针对产品外壳防护等级的试验研究显得尤为重要。

防尘测试作为评估产品在沙尘环境中防护效能的关键手段，其重要性不言而喻。该测试严格遵循GB 4208所规定的测试要求与具体操作方法，旨在通过模拟沙尘环境，全面检验产品外壳的密封性能与防护效果，从而为产品在实际应用中的可靠运行提供有力保障。

#### 4.1.4 防水试验

防水试验是评估产品在不同类型水暴露环境下防护效能的关键环节。该试验严格依据GB 4208所规定的试验要求与具体步骤进行，旨在全面检测并验证产品在水环境中的防护性能，以确保其在遭遇水分侵袭时能够维持正常的功能与结构完整性。

### 4.2 试验结果

经测试，在第1序列试验后和第2试验序列后仍能正常工作的传感器数量如表1至表4所示

表1 不同试验序列对位移传感器的影响

序列编号	正常工作样品数	非正常工作样品数	样品有效性
序列1	85	15	85%
序列2	63	37	63%

表 2 不同试验序列对人体感应传感器的影响

序列编号	正常工作样品数	非正常工作样品数	样品有效性
序列 1	90	10	90%
序列 2	72	28	72%

表 3 不同试验序列对温度传感器的影响

序列编号	正常工作样品数	非正常工作样品数	样品有效性
序列 1	88	12	88%
序列 2	72	28	72%

表 4 不同试验序列对一体化监测终端样品  
(包含网关、气体传感器、温度传感器)的影响

序列编号	正常工作样品数	非正常工作样品数	样品有效性
序列 1	70	30	70%
序列 2	41	59	41%

由表 1 至表 4 可以看出,智能电力管廊用传感器经过一系列较严酷环境试验序列后,部分样品存在一定的性能退化。引起性能退化的原因包括材料老化,材料强度变化,电子元器件的性能改变,样品进尘,进水,从而导致样品无法正常工作等。位移传感器经过两种不同的测试序列后,序列 1 的良品率为 85%,序列 2 为 63%。人体感应传感器经过两种不同的测试序列后,序列 1 的良品率为 90%,序列 2 为 72%。温度传感器经过两种不同的测试序列后,序列 1 的良品率为 88%,序列 2 为 72%。一体化监测终端样品(包含网关、气体传感器、温度传感器)经过两种不同的测试序列后,序列 1 的良品率为 70%,序列 2 为 41%。研究发现,序列 2 的严酷度高于序列 1 的严酷度,对样品产生更大的破坏性。环境试验的顺序安排对于确保产品的可靠性和稳定性至关重要。合理的试验顺序不仅能够提高试验的效率,还能更有效地识别和解决潜在问题。在实际操作中,应根据产品的特性和使用环境灵活调整试验顺序,以达到最佳的试验效果。通过科学合理的环境试验顺序,可以为产品的市场投放提供有力保障,确保产品在各种环境条件下的优异表现。实际操

作中,为了验证单个项目对样品的影响,我们将低严酷度的试验如高温、低温优先进行。将高破坏性或对其他测试存在较大影响的项目安排在较后的试验时序,如防尘防水。

## 5 结语

论文研究了两种气候试验序列对电力管廊系统内典型传感器的影响。试验项目包括高温试验、低温试验、防尘试验、防水试验。试验序列为试验序列 1:高温—低温—防尘—防水。试验序列 2:防尘—防水—高温—低温。研究发现,序列 2 的严酷度高于序列 1 的严酷度,对样品产生更大的破坏性。防尘防水试验可能会影响样品内部污染等级情况,其通常应在其他环境试验完成后进行。尘埃和水汽的存在可能会影响其他试验的结果,加大其他环境测试的严酷度。论文的研究将为标准的制修订,测试工程师的试验顺序的方案制定提供一定的参考。后续,我们将进一步研究更复杂气候序列对样品测试的影响。

## 参考文献

- [1] 袁燕岭,高中强,陈昕,等.高压电缆线路接地系统在线监测[J].电网与清洁能源,2016,32(2):77-82.
- [2] 陈浩超.电力电缆温度在线监测系统的设计及应用[D].广州:华南理工大学,2017.
- [3] 郭卫,周松霖,王立,等.电力电缆状态在线监测系统的设计及应用[J].高电压技术,2019(11).
- [4] 鲁浩,谈英姿.管廊巡检机器人控制系统设计与实现[J].自动化技术与应用,2019,38(2):78-82.
- [5] 王恩德,马学良,仇天骄,等.综合管廊电力舱综合监测系统集成化研究[J].农村电气化,2021(6):5-8.
- [6] 曾懿辉,刘高,罗向源,等.高压电缆金属护层接地电流在线监测系统[J].计算机系统应用,2013,22(10):51-54.
- [7] 曹华.电力电缆隧道综合监控系统研究与应用[D].北京:华北电力大学,2013.
- [8] 刘帅.电缆管道监控系统的研究及应用[D].北京:华北电力大学(北京),2017.