

XPE-741
断路器真空度在线监测
系统说明书
V6.2

迅博电气（北京）有限公司

前 言

XPE-741 型真空断路器在线监测装置采用德国先进非接触式微波传感技术，灵敏可靠，真空状况尽在掌握，攻克了因真空度下降导致的开关柜爆炸这一世界性难题。

产品使命：**掌握真空，杜绝爆炸**

目 录

一、概述	4
1、性能简介	4
1.1 产品用途	4
1.2 装置检测流程	4
1.3 理论基础	5
1.4 抗干扰措施	7
2、性能特点	8
2.1 24 小时在线监测功能	8
2.2 技术先进，性能稳定	8
2.3 简单可靠，维护方便	8
2.4 价格低廉，性价比高	8
2.5 体积小巧，安装简便	9
3、外观结构	9
二、性能规格和基本指标	12
1、基本性能规格	13
2、基本技术指标	13
2.1 继电器动作时间	13
2.2 工作电源	13
2.3 环境温度	14
2.4 寿命	14
2.5 冲击电压	14
2.6 抗电磁干扰能力	14
三、安装与调试	15
1、产品安装	15
2、产品调试	16
四、附件资料	16
五、订货需知	17
六、维护说明	17

一、概述

1、性能简介

1.1 产品用途

真空断路器在运行过程中真空度会逐步下降，真空泄漏到一定程度，分合闸时开关柜会发生爆炸，严重者波及整个高压柜室连环烧毁。尽管国家执行了定期检修制度，但因现场对真空度无法检测，只能通过破坏性高压试验验证，由于国内真空泡技术水平的限制，两次检修期间发生真空泄露导致开关爆炸时有发生，给用户造成了惨重的损失。事实上，真空断路器复杂的密封结构也不允许用户进行常规手段进行检修。真空度在线监测已经成为一次设备状态检修的重要组成部分，国际国内众多电力专家都在为之努力而没有攻克。

本产品通过非接触式传感器实时捕捉运行状态中的真空断路器（以下简称 VCB）在真空度下降时发生的特征变化，在 VCB 发生真空泄漏初期及时告警，提醒运行人员及时处理，杜绝因真空泄漏导致的开关爆炸。真空度在线监测装置的诞生彻底释放了运行检修人员的精神压力。

1.2 装置检测流程

检测原理说明：

当灭弧室真空度正常时，仅需几百伏的电压就可以维持带电触头与中间屏蔽罩之间由场致发射引起的电子电流，屏蔽罩积累的电荷使得屏蔽罩上的电位较高，可接近电源电压的峰值，且比较稳定；真空断路器的金属导杆和触头与屏蔽罩之间相当于一个电容器，真空断路器的屏蔽罩对地也相当于一个电容器。当真空度降低时，灭弧室内的气体密度变大，内部气体压力的升高将导致气体分子、金属粒子、各种粒子增多，从而引起绝缘特性下降，预击穿电压降低，发生预击穿的几率增多，产生预放电，导致屏蔽罩电位下降，并使真空断路器周边电场强度发生变化。在内部气体压力开始变化时这种变化不是很明显，但到一定值时电场变化变得十分明显，然后又趋于缓和，其变化曲线类似于低通滤波器。因此利用这一曲线，通过外加特定的微波信号穿透 VCB，收集反馈信

号的变化，可以较好地判断内部气体压力的变化趋势。

当内部气体压力进一步升高时，金属导杆和触头主要通过导电气体对屏蔽罩充放电，由于屏蔽罩对地的电容很小，少量的电荷堆积即可大幅度减小触头附近的电场强度。因此难以形成稳定的导电性通道。而可能在触头的边缘形成电晕，此刻通过外加特定的微波穿透信号，该电晕使得屏蔽罩上的反馈信号周期性出现，检测这个特定的反馈信号的存在，就可以反映内部气体压力的变化。

由安装在真空断路器现场的天线传感器检测到屏蔽罩周围的反馈信号电场的变化，通过信号输送通道和相应的滤波，放大以及转换器件将相关数据送达中央程序处理器（CPU）进行判断处理。由于真空断路器中的反馈信号和周边的电场与真空断路器现场的干扰噪声信号处于同一数量级的电场环境之中，因此必须从硬件和软件上采取抗干扰措施，保证系统有很强的抗干扰性能，使系统获得有效可靠的故障真实信号。为此，天线传感器发射、采集元件必须尽可能安放在屏蔽罩的附近，在硬件的各个环节上必须采用屏蔽、隔离、滤波、放大，选择合适的频带等措施避开干扰噪声的频谱。

真空灭弧室结构如图 1 所示。



1.3 理论基础

1. 帕邢法则

也可以称为放电电压的相似法则，帕邢 (Louis C. H. F. Paschen, 德国实验物理学家，

波恩大学、蒂宾根大学教授，是放电光谱学世界范围内的权威科学家)首次在实验中明确：“某气体在均匀电场中的放电电压为此气体的压力 p 和间隙距离 d 乘积的函数”，即

$$V_s = f(pd)$$

其物理意义为：在两个平行平板电极上加直流电压后，在电极间形成均匀电场，如果气体成分和电极材料一定，气体恒温，冷电极条件下，击穿电压 U 是压力 p 和间隙距离 d 乘积的函数。帕邢曲线如图 2 所示。

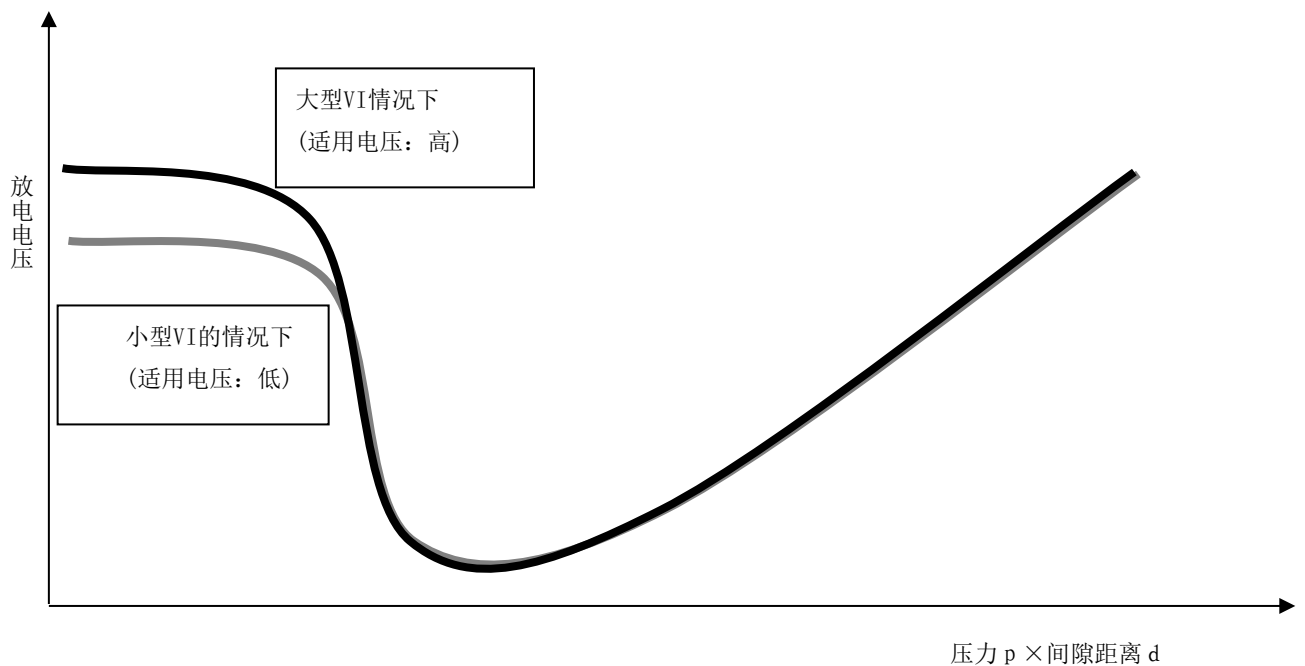


图 2 帕邢曲线

2. 真空断路器电压等级和开始放电气体压力之间的关系

真空灭弧室 (VI) 根据适用的电压等级不同，构造也不一样，因此间隙距离也不相同。

根据帕邢法则，比较用于电压 72kV 的 VCB (大型 VCB) 和用于电压 12kV 的 VCB (小型 VCB)，用横轴来表示压力，间隙距离不同，放电电压与气体压力关系如图 2 所示。

放电电压因能破坏电极间气体的绝缘，因此会影响真空断路器的断路性能，对真空断路器能否使用具有决定性的意义。

真空状态恶化，对断路器断路性能产生影响的压力，就是“帕邢曲线开始下降，通过运行电压开始放电的压力”。

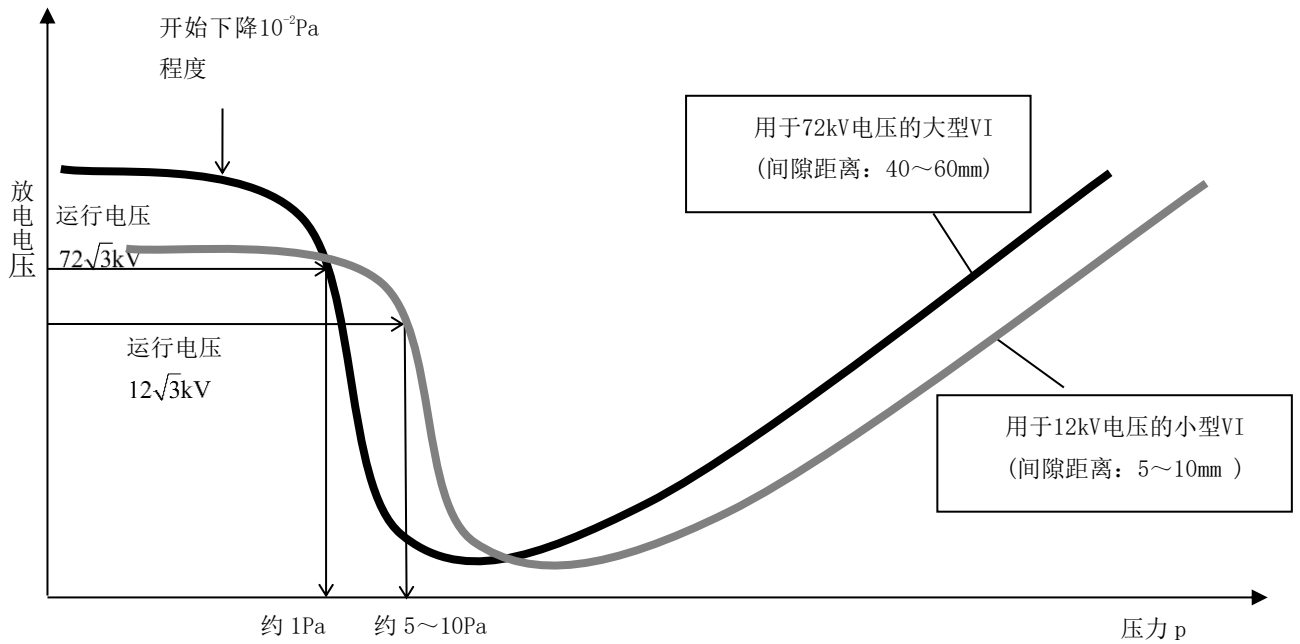


图 3 电压等级和开始放电压力的关系

从图 3 可以看到，对于不同电压等级的真空断路器，真空度恶化到 $10^{-2}\text{Pa} \sim 5\text{Pa}$ 程度即开始产生亚真空态的电离现象，外加一定特征的微波信号时，就会产生特殊的反馈信号。XPE-741 真空断路器在线监测装置基于以上原理，在预放电初始阶段（亚真空态），通过反馈信号的捕捉，反映内部真空度的变化，此装置适用于各种高中低电压等级的真空断路器的真空度在线监测。

1.4 抗干扰措施

电力系统的运行环境是一种异常复杂的电磁环境，尤其是在高压开关柜中表现的更为严酷。它包括了磁场、电场、电弧干扰及电火花干扰。在硬件上，我们要设计合适频谱范围的带通滤波回路滤除噪声干扰，在软件上也必须采取相应的抗干扰回避措施。

由于运行中断路器发生真空泄露时通常是一个较缓慢的过程，其反馈产生的特殊信号和其它干扰信号相比有次数频繁，持续时间长的特点，在软件上，我们以模糊数学理论和小波变换理论为基础，结合以下两点特征来判断是否为真正的真空泄露时的特殊反馈信号：

1. 判断是否在外加信号的一个时间周期产生了反馈信号。根据随机抽样理论，设备自身随机控制产生外加信号的时间点和频谱脉宽，使反馈信号变成随时检测

又可以控制抽取的判断依据，完全排除了现场干扰可能导致的信号重叠。

2. 此特定频谱上的反馈信号是否可以在一定时限内不间断出现。

通过基于此的硬件和软件上的结合处理，XPE-741 型真空断路器在线监测装置有效地解决了在复杂环境下对灭弧室内真空度的正确判断。

2、性能特点

2.1 24 小时在线监测功能

国内 VCB 在线监测技术多停留在概念研究阶段，市场少见成熟产品出现。本产品通过和德国科学家紧密合作，采用先进科技非接触式微波传感技术，使用电极式天线传感器发出检测信号，并捕捉真空断路器正常运行状态下真空度异常时的特殊反馈信号，无须停电维护，真正意义上实现了 VCB 在线监测功能。

2.2 技术先进，性能稳定

本产品从硬件上采用精密电阻，NPO 级电容及高带宽、高速的运算放大器来构成隔离、带通滤波、放大回路，有效滤除各种杂波；采用极小功率的微波发射芯片，实现高可靠的微波信号发射；采用高速 24 位 AD 实现高分辨率采样；采用高速大规模浮点 DSP 芯片保证运算的快速性和稳定性。软件采用 VC++ 语言编程，借助高速神经网络技术和小波变换技术，从大量纷繁复杂的数据中精确提取有效数据。通过硬件和软件的有效配合，成功避开了磁场、电场、电弧等各种干扰信号。

2.3 简单可靠，维护方便

不需维护，具有运行中自检和随机的手动自检功能。

装置自身集成了多种抗干扰器件，自身可靠性极高，寿命长达十年以上。

2.4 价格低廉，性价比高

装置采用了先进高集成度芯片，有效降低了造价，设备得以大范围普及。由定期检修变为状态检修，将大大减少 VCB 停电检修的时间和次数，带来直接的经济效益。和目

前市场上普遍采用的真空断路器停电离线检测设备相比，成本低廉，成为真空断路器的保护神。

2.5 体积小，安装简便

本产品尺寸为长 150mm 宽 205mm 高 46mm，体积小，便于安装于开关柜中。装置不受电压等级及安装环境的影响。

微波天线传感器和 VCB 采用非接触式安装，无须改变运行 VCB 已有状况，既适用于运行中 VCB 加装在线监测功能，也适用和真空断路器或开关柜生产厂家配合，自带在线监测功能一体出售。

3、外观结构



图 4 装置正视图

装置 XPE-741 正面外观如图 4 所示，本装置正面有以下显示灯和操作按钮。

“运行”灯亮时（绿色）；显示系统通电运行中

“自检”灯亮时（黄色）；表示手动自检中。

“设备故障”灯亮时（红色）；自检不能通过。

“真空告警”灯亮时（红色）；表示被测 VCB 真空度异常。（自检正常结束时告警灯也亮）

<操作按钮>

按下“**自检**”按钮，装置自产一闭环信号，模拟真空度下降状态，装置进行综合判断处理，告警、自检灯应点亮，报警接点应闭合，自检接点打开。

按下“**复位**”按钮，取消“告警”显示灯和外部接点输出。



图 5 装置底面图

本装置上方为 A、B、C 三相 BNC 端子，装置底面接线端子，如图 5 所示。

<BNC 端子> VCB 真空泄漏时的放电信号通过天线传感器和屏蔽电缆输入到装置的 A、B、C 三相 BNC 端子进行采集处理，其三相 BNC 端子分别对应一台断路器的 A、B、C 三相。

<接线端子> 本装置的辅助电源输入和告警信号继电器接点输出。

接线端子	
1	COM1
2	GJJ
3	XHJ
4	COM2
5	AC_L
6	AC_N
7	
8	GND

9	RSA
10	RSB
11	RSA
12	RSB

COM: 继电器接点公共端

GJJ: 设备故障继电器输出

XHJ: 真空度告警继电器输出

AC_L: 220V 交流电源输入

AC_N: 220V 交流电源输入

GND: 装置接地端子, 要可靠接地

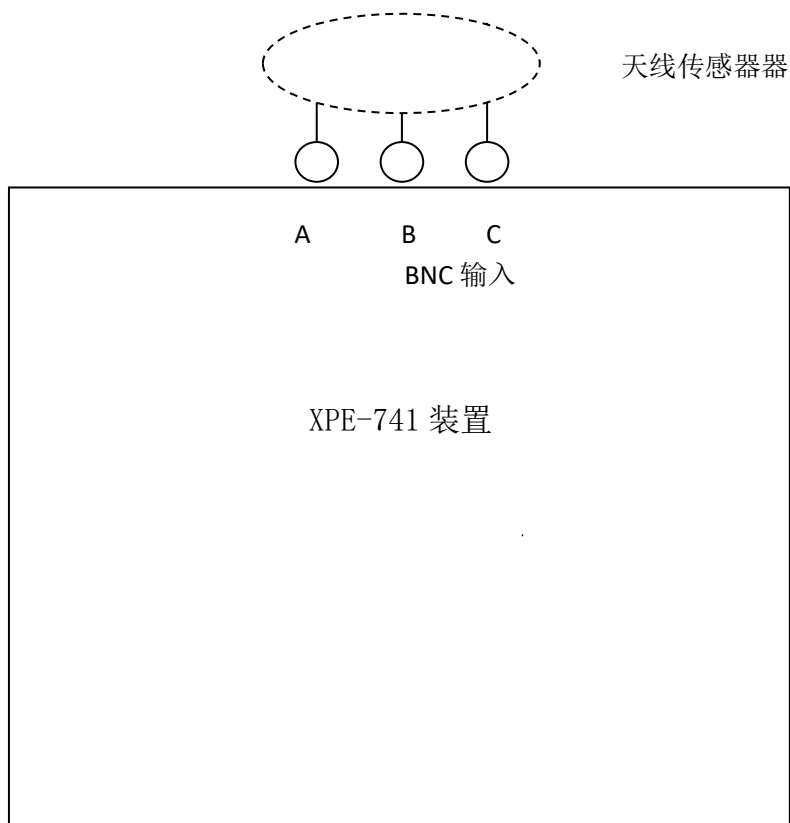
RSA: 485 通信接口 A

RSB: 485 通信接口 B

RSA: 485 通信接口 A

RSB: 485 通信接口 B

其中自检继电器接点为常闭接点, 当装置自检时, 自检继电器动作, 接点打开。可使用其输出以硬接点方式接入监控系统用于远程监控, 以检测遥信量在后台系统的显示。自检不能直接判断故障相为 A、B、C 三相中的哪一相, 判断结果由 485 接口送入监控系统。装置端子结构如图 6 所示。



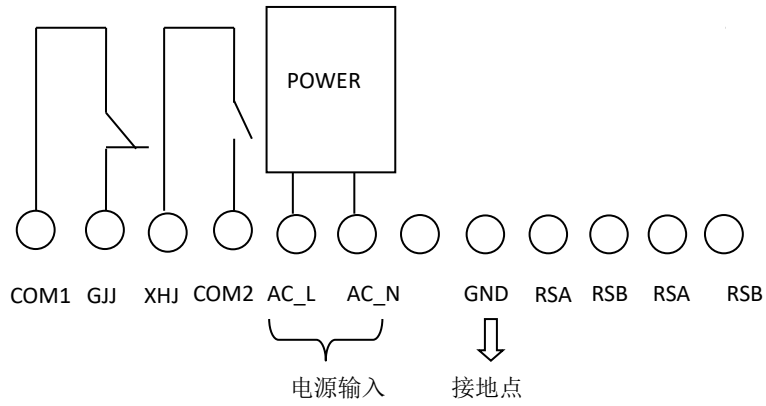


图 6 端子结构示意图

信号接收天线安装结构简单，端子采用蝶形螺栓紧固、易于拆卸。
天线装置如图 7 所示。

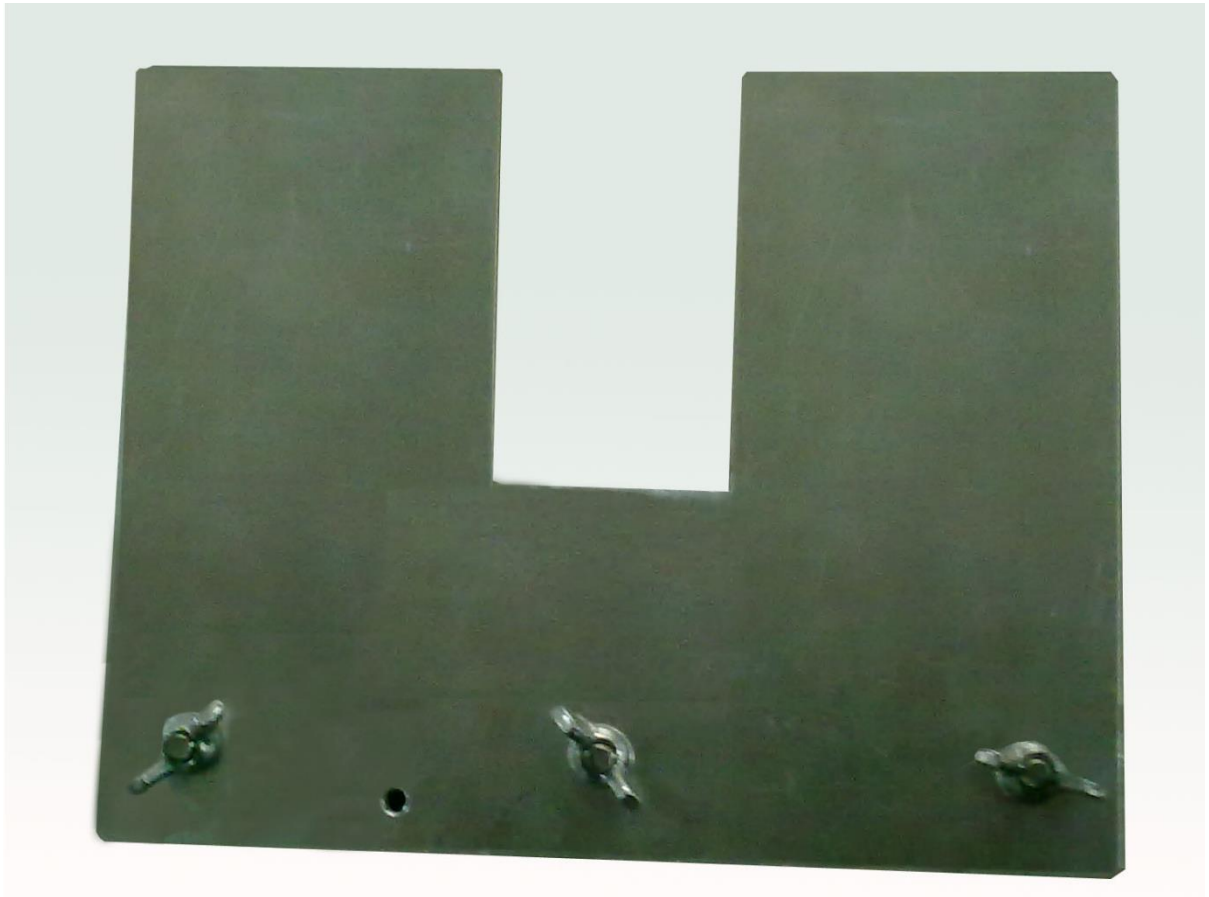


图 7 天线装置示意图

二、性能规格和基本指标

1、基本性能规格

1	功耗	小于 1W
2	信号检测	非接触式微波传感
3	动作判断基准	超出检测基准的信号持续一定时间，即判定为真空度异常，装置发出告警信号，闭合信号输出的接点，同时装置正面“告警”灯亮。
4	外部信号输出	信号输出： ①②装置故障及手动检测输出 ③④真空异常告警输出 接点输出由继电器自保持，通过复归信号打开
5	装置动作	“真空告警”显示灯：红色
6	装置复归	按下装置正面的“复位”按钮，外部信号输出接点打开，同时装置正面的“告警”显示灯灭。
7	手动自检功能	带有手动自检功能，对装置进行完整回路的自检。按下装置正面的“自检”按钮开始自检。自检的试验信号由装置闭环自产，从输入部分叠加，效果和输入检测信号相同。 检测中“自检”（黄色）灯亮、动作正常的话 30 秒后“真空告警”（红色）灯亮。告警接点输出。 按下“复位”按钮，回到自检开始以前的状态。
8	实时自检功能	装置实时对信号发生回路、信号反馈回路、AD 采样、开出等重要回路进行自检等，不对继电器检查。

2、基本技术指标

2.1 继电器动作时间

继电器的典型动作时间：4ms 内。

2.2 工作电源

交直流两用：

DC85V~DC220V（±20%）；

AC100V~AC250V（±30%）；

工作频率：50Hz/60Hz；

工作电流：5 A。

2.3 环境温度

工作：-30℃~60℃；

大气压：50KPa~120KPa；

相对湿度：10%~90%。

2.4 寿命

电寿命：装置输出触点电路在电压不超过 AC250V，电流不超过 0.5 A，时间常数为 4ms 的负荷条件下，产品能可靠动作及返回 1000 次；

机械寿命：装置输出触点不接负荷，能可靠动作和返回 20000 次。

2.5 冲击电压

装置的导电部分对外露的非导电金属部分外壳之间，在规定的试验大气条件下，能耐受幅值为 5kV 的标准雷电波短时冲击检验。

2.6 抗电磁干扰能力

1. 辐射电磁场干扰试验：能承受 GB/T 14598.9-2002 规定的严酷等级的辐射电磁场干扰试验。
2. 快速瞬变干扰试验：能承受 GB/T 14598.10-1996 规定的严酷等级为 IV 级的快速瞬变干扰试验。
3. 脉冲群干扰试验：能承受 GB/T 14598.13-1998 规定的频率为 1 MHz 及 100 kHz 衰减振荡波（第一个半波为电压幅值共模为 2.5 kV，差模为 1 kV）脉冲群干扰。
4. 抗静电放电干扰试验：能承受 GB/T 14598.14-1998 规定的严酷等级为 III 级的抗静电放电干扰试验。
5. 工频磁场抗扰度试验：能承受 GB/T 17626.8-1998 中规定的严酷等级为 IV 级的工频磁场抗扰度试验。

6. 脉冲磁场抗扰度试验：能承受 GB/T 17626.9-1998 中规定的严酷等级为IV级的脉冲磁场抗扰度试验。
7. 浪涌抗扰度试验：能承受 IEC 60253-22-5:2002 中规定的严酷等级为III级的浪涌抗扰度试验。
8. 射频场感应的传导骚扰抗扰度试验：能承受 IEC 60253-22-6:2001 中规定的严酷等级的传导骚扰抗扰度试验。
9. 工频干扰试验：三相 BNC 头输入回路能承受 IEC 60253-22-7:2003 规定的的严酷等级的工频干扰试验。
10. 阻尼振荡磁场抗扰度试验：符合 GB/T 17626.10-1998 中规定的严酷等级为IV级的阻尼振荡磁场抗扰度试验。
11. 电磁发射试验：符合 GB/T 14598.16-2002 中规定的辐射发射限值。

三、安装与调试

1、产品安装

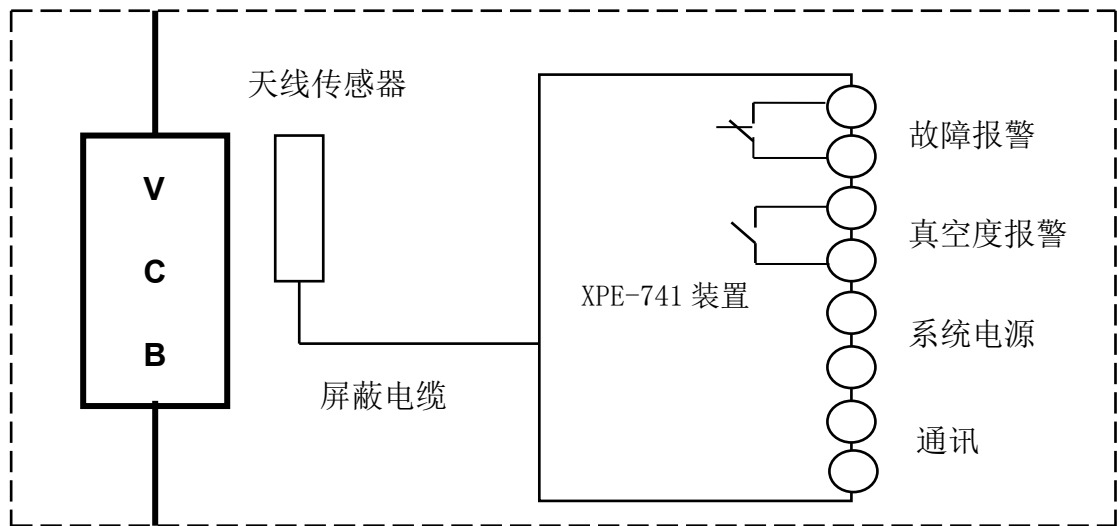


图 8 安装原理示意图



图9 天线和真空断路器组合安装示意图
(天线安装应处于断路器绝缘安全距离以外)

2、产品调试

装置现场调试：

本装置自检信号直接从装置输入部分叠加，效果和输入检测信号相同。

1. 装置接地端子必须可靠接地。
2. 装置上电，面板“运行”绿灯闪烁，装置显示运行正常，“告警”红灯和“自检”黄灯应不亮，GJJ 和 COM1 导通，XHJ 和 COM2 断开。
3. 按下“自检”测试按键 3 秒，装置面板“自检”黄灯亮，“真空告警”红灯亮，真空度告警继电器动作，XHJ 和 COM2 导通。
4. 设备故障时，设备故障继电器动作，GJJ 和 COM1 断开。
5. 按下复位键，装置复归，“告警”红灯和“自检”黄灯灭，GJJ 和 COM1 导通，XHJ 和 COM2 断开。

以上步骤通过说明装置功能正常，可以投入运行使用。

四、附件资料

本产品供货后应包括以下附件：

1. 附件清单一份
2. A、B、C 三相天线传感器各一个，固定螺丝一包。
3. A、B、C 三相一头带 BNC 头的屏蔽电缆各一根，长度若干。
4. 产品说明书一份
5. 产品合格证一份

五、订货需知

用户应在订货合同中注明应用的真空断路器型号及电压等级。

本装置出厂时均按合同电压等级设置好相应灵敏度出厂，用户无须自行设置或维护。

六、维护说明

装置投入运行前应参照调试方法检测产品工作正常后方允许投入运行，当线路处于停电状态时应及时再次参照调试方法检测装置是否工作正常。运行中日常检测可去掉装置告警信号，参照调试方法做手动自检即可。如出现以下故障现象，请联系生产厂家处理。

上电后装置面板指示灯显示异常。

“自检”按钮按下装置不动作。

“自检”动作后告警接点动作异常。

“自检”按钮按下后，设备自检未通过，“设备故障”红灯亮。

产品在出厂前，经过了完整而严格的调试，在使用时，装置自身带有完整的自检功能，质量安全可靠！

技术支持：

如果您在使用本系统的过程中遇到什么问题，请您先仔细阅读系统使用说明书，看是否能解决您所遇到的问题，如果还是没有您所需要的信息，请与我们的技术支持联系，

您可以通过下列途径获得满意答复。



企业网址: <http://www.xbdq.net/>

迅博电气（北京）有限公司

企业联系电话: 010-67826112 服务热线: 400-1500-830

企业邮箱号: xunbo@xbdq.net

公司地址: 北京市大兴区金星路 16 号