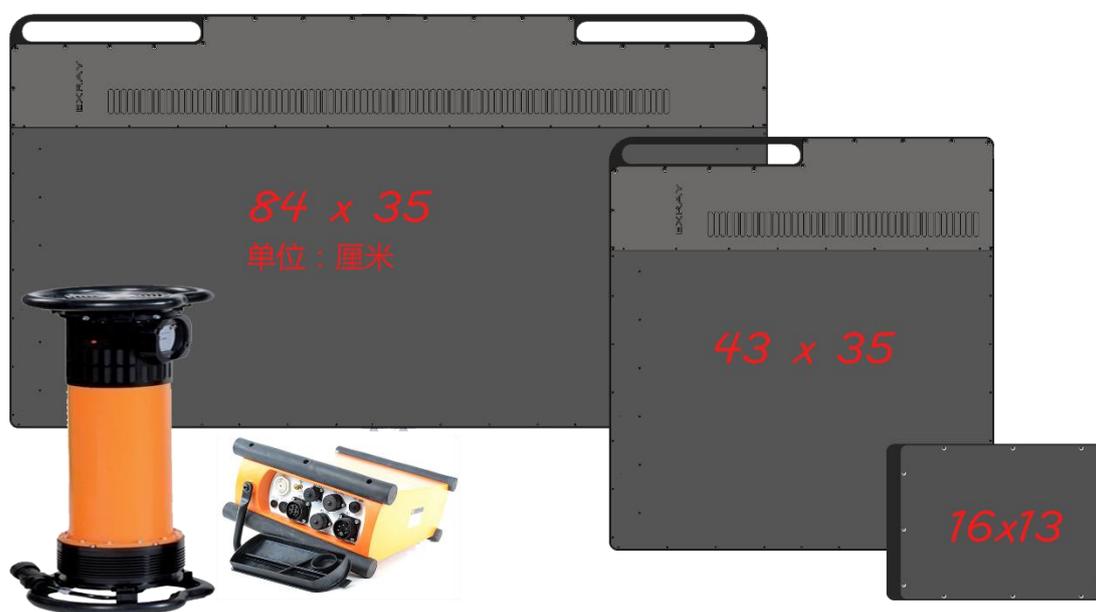


电站 GIS 设备 X 射线数字化成像检测需求研 究报告及 ZR8435 GIS 检测系统



上海喆儒电力检测技术有限公司

陈建辉 13917678358

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

1

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdljc.com

目录

1.概述.....	3
2.术语.....	3
3.GIS 检测一般技术要求.....	4
3.1 GIS 设备射线数字成像检测要求.....	4
3.1.1 检测设备.....	4
3.2 一般工程要求.....	6
4.技术与质量约束标准.....	6
5. ZR8435 无线检测系统.....	7
5.1 组成.....	7
5.1.1 工业便携射线机.....	8
5.1.2 DR 平板.....	9
5.1.3 一体化设备控制与成像软件.....	10
5.1.4 工装.....	10
5.2 作业流程.....	15
5.2.1 人员准备.....	15
5.2.2 现场检测前的准备工作.....	15
5.2.3.....	15
5.3 产品优势.....	16
5.3.2 快捷施工的首选利器.....	16
5.3.3 作业安全.....	16
5.3.4 与 CR 技术比较.....	17
5.4 参考图谱.....	17

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室 2

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdl.jc.com

1.概述

为进一步丰富GIS/HGIS设备检测手段，提升变电设备检测质量，采用目前最新大规模TFT a-Si面阵成像平板数字化与中大功率射线机探伤技术结合应用（DR+高频/变频射线机）的成果，对GIS/HGIS设备开展X射线数字成像技术检测，实现直观可视的、在线高效率检测，为电站设备运行故障排查、缺陷处理及设备安装验收提供技术保障，推进GIS设备运维水平的提升。

全新的ZR8435 GIS数字化检伤系统是以隔离开关、断路器及接地开关的分合闸状态，吸附剂安装、母线导体配合及筒体焊接质量等情况为检测目标的X射线DR成像系统，开发时间跨度为2019年至2021年，居目前电力行业针对GIS/HGIS设备数字化射线成像产品领先地位。

2.术语

序号	术语	含义
1	工业高能辐射 DR 射线数字成像检测系统	由工业探伤机（射线机）发出射线，透照被检测物，穿透后的射线光子由具备高能辐射耐受能力的 DR 成像器件接收，再利用计算机软件控制数字成像转换电路，实现射线光子-电荷-数字图像文件的转换。与普通医用 X 射线成像系统的不同是工业高能辐射（>160KV）条件下的成像参数、流程（自动）控制、适用面积、特殊的工业系统形态等
2	DR 成像平板	TFT a-Si DR 成像平板
3	高频探伤机	
4	变频探伤机	
5	脉冲便携式探伤机	
6	GIS 设备	气体绝缘全封闭组合电器
7	HGIS 设备	
6	ZR8435 检伤系统	
7	无损检测	
8	像质计	
9	CR	

3.GIS 检测一般技术要求

3.1 GIS 设备射线数字成像检测要求

通过射线数字成像检测技术，对 GIS 设备内部关键部位进行无损透视检查。按照《电力设备 X 射线数字成像检测技术导则》（DL/T 1785—2017）、《气体绝缘金属封闭开关设备 X 射线透视成像现场检测技术导则》（DL/T 1946—2018）进行诊断，在测量过程中发现设备异常或缺陷的，应立即开展复测、确认，以确定设备异常原因。

3.1.1 检测设备

（1）射线数字成像检测仪器应满足对应电压等级检测设备（500kV、1000kV GIS 设备）清晰成像的要求。工业射线机常见的种类有高频射线机、工频射线机、脉冲式射线机等几种。每种射线机具有不同的特点而可能存在对 GIS 设备检测的适用性问题。

高频机：



高频式工业射线机具有频率高、能被常规采用医用拍片逻辑的数字化成像板完美兼容的优点。高频式射线机能实现的射线功率输出也是目前工业探伤设备中最高的一种。但高频工业便携射线机主要由欧美国家生产，存在价格高、国内无备件维修非常麻烦的问题。

变频机：

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

4

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdl.jc.com



由我国大量生产，高压电路技术要求低于高频射线机。覆盖能量范围广，在胶片和 CR 拍片的时代，能替换高频射线机，使用功能上并没有区别。但和普通数字化成像平板的配合有不兼容的问题。

脉冲机：



在中低压电站的 GIS 设备检测中已经被使用。但即便是最大规格的脉冲机，依然存在输出功率低、穿 2 公分以上钢板困难的问题，而且大规格的脉冲机返修频率很高，厂家在国外，维修是个卡脖子的问题。国内已经在仿制 270KV 一下管电压的脉冲机，但是解决不了 GIS 设备探伤的匹配要求。

表 归纳了以上各工业便携式射线机的特点。

内容	高频机	变频机	脉冲机
技术特征	高频恒频，热阴极管，能耗大，利用率低。输出 X 线辐射强	低频变频，热阴极管，能耗大，利用率低。输出 X 线辐射高	脉冲式高压电子流撞击冷态金属靶面激发射线，能耗低，输出微弱
与普通 DR 兼容性	完美	不匹配	不匹配

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

能量范围	90-350KV, 0-5mA	90-350KV, 0-5mA	370KV 最大, 单次脉冲辐射能力微弱
高压稳定性	可	可	差
价格	极高	低	高
便携性	越大功率的型号越差	越大功率的型号越差	佳
辐射泄漏	大	大	极佳
典型生产厂家	YXLON/COMET、ICM、BALTO	国内几乎所有探伤机厂	美国 GoldenEngineering

3.2 一般工程要求

现场检测人员应随身配备辐射监测告警检测仪,具备现场环境实时辐射强度检测及个人累计辐射量监测等功能。

4. 技术与质量约束标准

目前电力行业针对快速发展的 DR 检测新技术有及时的跟进研究工作,但是对工程细节方面的研究还是不够的、甚至部分细节结论错误。这个现状的产生和 DR 厂家对 GIS 探伤需求不了解、有能力的设备厂商发展不完善、进口设备价格过于高昂抑制了 DR 技术在 GIS 设备检测中的普及和成熟等诸多方面原因有关。我们参考并执行以下技术和质量控制标准设计 GIS 检测产品:

- GB/T 35388—2017 《无损检测 X 射线数字成像检测 检测方法》
- DL/T 1785—2017 《电力设备 X 射线数字成像检测技术导则》
- DL/T 1946—2018 《气体绝缘金属封闭开关设备 X 射线透视成像现场检测技术导则》
- Q/GDW 1799.1-2013 国家电网公司电力安全工作规程（变电部分）；
- 国家电网企管〔2017〕206 号 国家电网公司关于印发《国家电网公司变电运维检修管理办法》等 6 项通用制度的通知
- GB/Z 117—2015 工业 X 射线探伤放射防护要求
- JB/T 7902—2015 无损检测 线型像质计通用规范机械标准
- GB/Z 117—2015 《工业 X 射线探伤放射防护要求》
- GB/Z 117 工业 X 射线探伤放射卫生防护标准

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

6

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdljc.com

- GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准
- GB/T 26838 无损检测仪器 便携式工业 X 射线探伤机
- NB/T 47013.2 承压设备无损检测第 2 部分：射线检测
- NB/T 47013.11 承压设备无损检测第 11 部分：X 射线数字成像检测

5. ZR8435 无线检测系统

典型的 ZR8435 无线探伤系统主要部件如图 所示。



图 ZR8435 GIS 探伤系统

5.1 组成

如图所示，系统包括如下组成部分：

- ① 射线机。可能包括 160KV、250KV、350KV 等不同配置的射线机。射线机电流一般按照 5mA 的参数配置。
- ② DR 平板。包括可能不同尺寸的平板，具体包括 84cmx35cm，43cmx35cm，16cmx13cm 等几种，前述数字均为可视面积尺寸。
- ③ 射线机控制器。

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

7

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdl.jc.com

- ③ 微型无线远程数据基站。最大距离 300 米覆盖的高带宽无线数据通讯基站。提供图像采集平板与影像处理计算机之间的高速图像传输。
- ④ 拔插式电池。提供各采集部件之间的电源。采用电动工具用拔插式大容量锂电池。
- ⑤ 其他：笔记本电脑、各电缆、运输箱等辅助件未在图中完全示出。

5.1.1 工业便携射线机

采用针对数字成像定制的便携式探伤机。规格参数图表 和表 所示。

表 小焦点射线机参数

序号	内容	ZR3505D	ZR2505D	ZR1605D
1	最大管电压/电流	350KV 5mA	250KV 5mA	160KV 5mA
2	适用 GIS 类型*	500-1000KV 站	200-500KV 站	100-300KV 站
3	射线管	陶瓷定向		
4	出线角	40° +5°		
5	焦点尺寸	1.0*1.0		
6	曝光时间	6S-5m		
7	可调管电压范围 (KV)	200-350	100-250	30-160
8	穿透能力 (A3 钢, mm)	58	34	15
9	重量	30.5Kg	26.5Kg	9.5Kg
10	尺寸	320*320*655 (mm)		
11	工作方式	间歇工作, 不切断电源		
12	冷却方式	强迫风冷		
13	绝缘气体	SF6 气体绝缘		
14	连接电缆	高压电缆标准 10 米。220V 电源电缆线 5 米		

*: 需要查阅 GIS 设备厂家管体资料和国网标准进一步确定

表 控制器参数

序号	项目	描述
1	缓升缓降	曝光开始时初级电压缓慢上升, 曝光结束后初级电压缓慢下降
2	延时曝光	可选延时时间
3	单片机控制电路	数字化电路, 模块化架构, 语音提示, 状态提示
4	重量	8Kg
5	尺寸	300*300*150 (mm)

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

8

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdljc.com

6	工作电压	220V±20%，50Hz
7	DR 控制接口	光耦开关电路接口

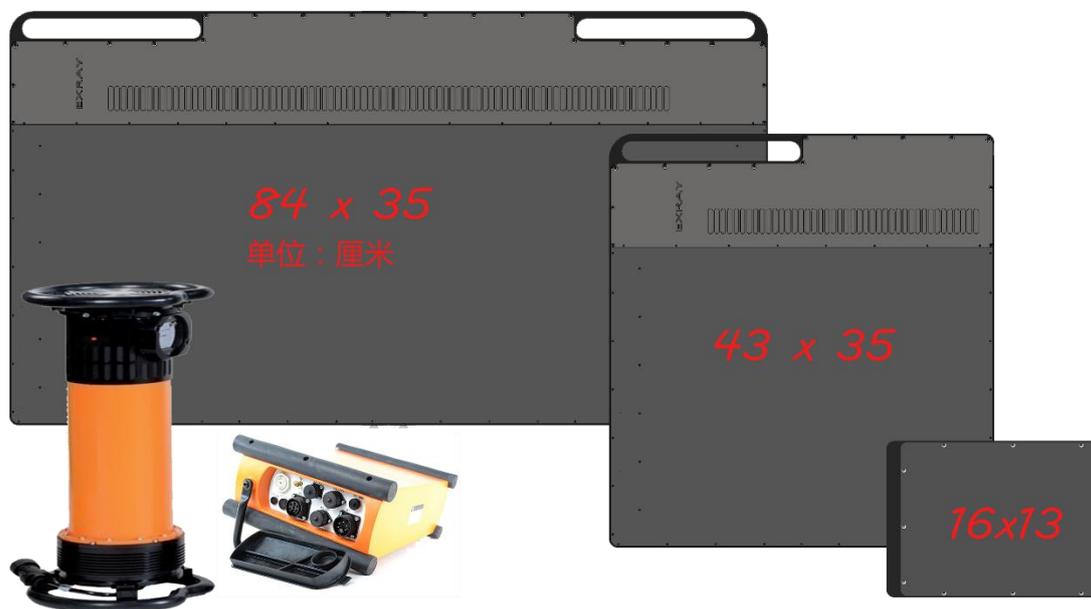


图 DR 成像系统可能选型图

5.1.2 DR 平板

主要特征如下：

- 1) 尺寸。包括：84x35, 43x35, 16x13 等三种规格，均为可视面积参数。
- 2) 辐射能力防护。均配置 350KV 以上防护能力的数字成像逻辑曝光过程
- 3) 支持的操作流程。内置软件一键成像和以平板为逻辑中心的控制电路设计。具备与射线机的通讯控制能力。软件启动平板后不管，平板自主负责曝光和影像采集。
- 4) 无线传输能力。采用独立的外置微型无线通讯基站台，能覆盖超过最大 300 米的辐射避让距离高速数据通信。此微型基站具备可拔插大容量工具锂电池的安装接口。微型基站通过 8-12 米的单根网线进行连接。网线采用 POE 规格。平板原生支持此接口
- 5) 可拆卸锂电池供电。可拆卸锂电池位于微型通讯基站侧。
- 6) 射线机控制接口。平板原生接口，支持自主操作射线机进行适当时间和选定曝光窗口的曝光。
- 7) 速接工装接口。支持包括两种速接工装接口：①QD 尼龙带快拆接口，②耳朵型快速支架接口。

另外需要述及的是，随着上游传感器日渐丰富，为 GIS 探伤开发专用的**柔性 DR 板**已经在计划中。

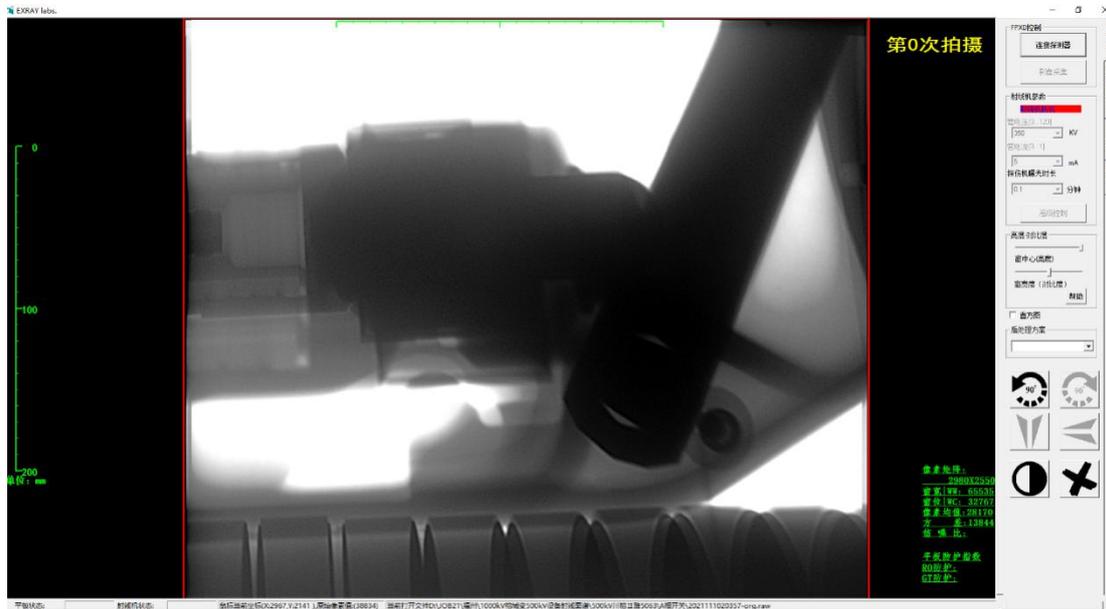
地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

9

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdljc.com

5.1.3 一体化设备控制与成像软件

采用自主开发的 ZRRAY IMasterV3b 软件。界面如下图。



图

5.1.4 工装

GIS 设备的安装形态和符合标准要求的操作可能需要将设备升举到一定高度、一定角度才可以顺利进行被拍摄部位的定位和快速影像采集工作。因此，产品提供射线机和 DR 平板的工程用辅助装具接口和配套便携快速使用装具。

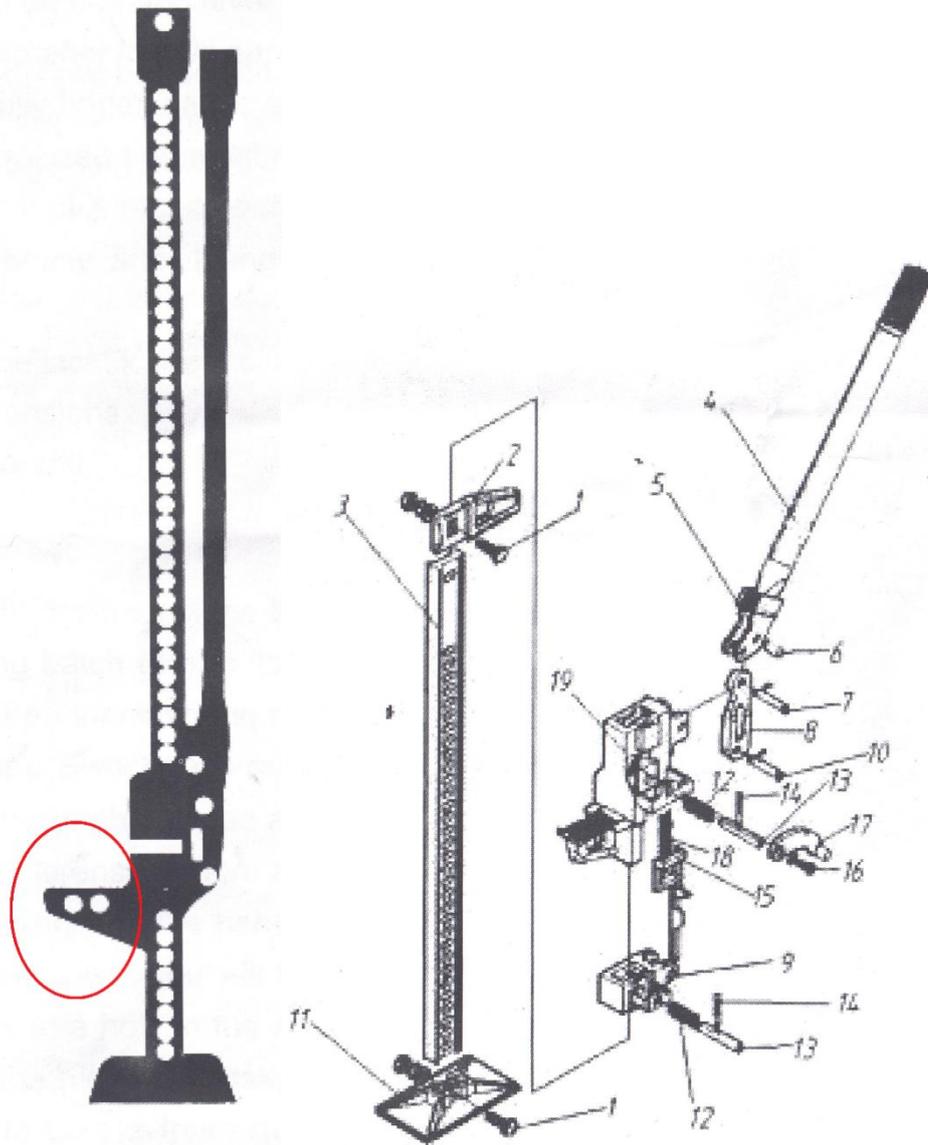
1) 射线机工装

射线机因其笨重，需要一种快速升降装置支持。本系统采用两种便携并快速安装的升举装置：手摇升举式和滑轮升举式。其中一种快速手摇式升降装置如下图 所示。

图中红圈位置表示的支座提供射线机底座安放的承重界面。

图中 3 表示的支撑杆，可以进行现场接续，以支持将射线机抬高到 3 米或者以上的高度工作。

采用本方案提供的工装，可以支持射线机快速升举到一定高度、支持升举到一定高度以后的位置固定、支持位置固定以后的角度固定。满足国网 DL/T 1946-2018、DLT1785-2017 标准的操作要求。



图

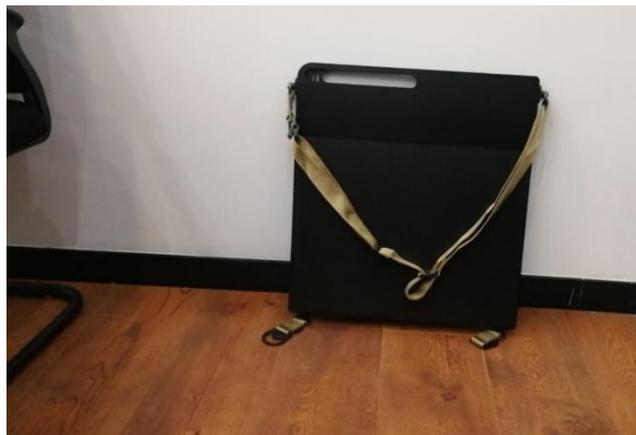
2) DR 快速装具接口和 DR 支撑件

支持包括两种速接工装接口：①QD 尼龙带快拆接口，②耳朵型快速支架接口。
采用两种辅助件以后的 DR 平板如图 和图 所示。

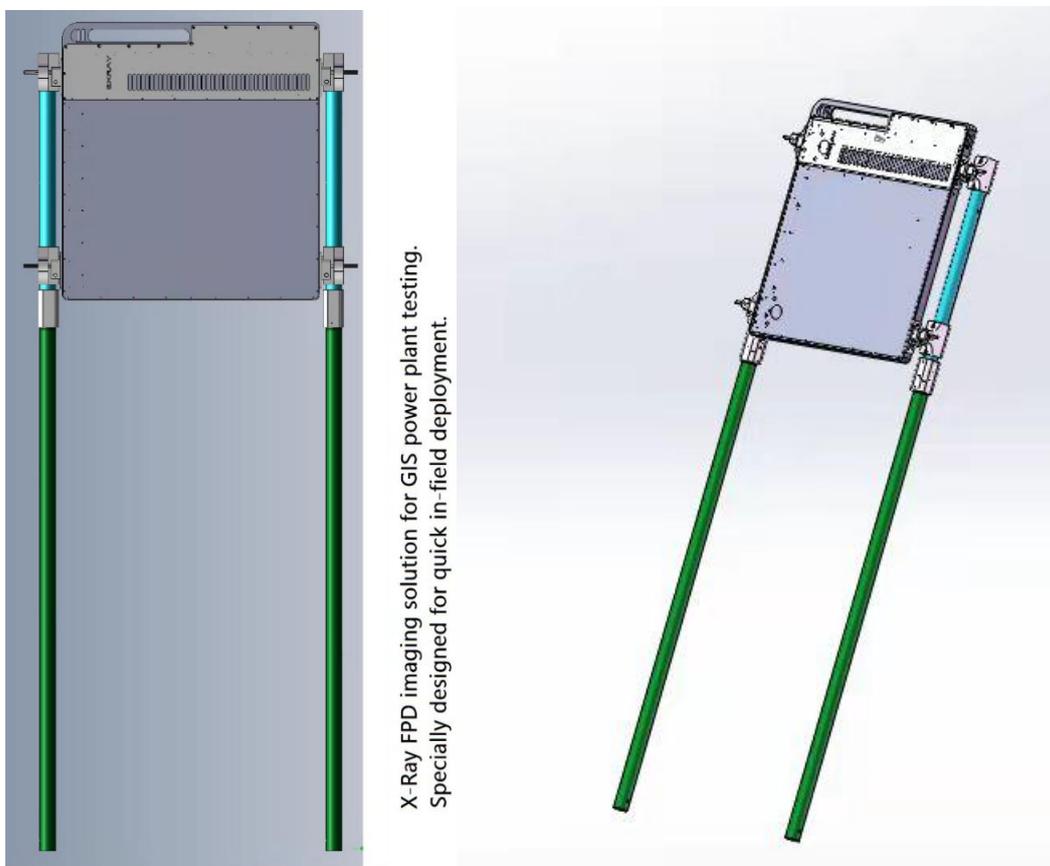
地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

11

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdl.jc.com



图



图

上图 中的支撑杆可以通过接续关节进行任意长度的延长，以适应不同等级 GIS 设备和不同安装形态位置都能进行快速安放到位。详见后续作业流程部分的描述。

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

12

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdljc.com



图 参照图纸和皮尺精准找位



图 成像板简易安装拍片中

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

13

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdljc.com



图 射线机拍片中（与上图 DR 板对向工作中）



图 软件一键成像（无需防护服无线远程安全接收检测影像）

上图 中计算机操作者胸前吊带下方有辐射安全报警表具,时刻提供当前辐射测量计数。

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

14

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdl.jc.com

5.2 作业流程

结合安全生产的管理规定和疫情客观上管控要求的负担，造成检测作业单位近年 GIS 检测工作的进场作业效率极为低下。为此，在 5.1 节解决问题“拍得好”后，本节增加解决“拍的快”的问题。有效利用 ZR8435 系统提供的各组件和辅助件，可以完成“拍得好”和“拍的快”两方面的问题。

5.2.1 人员准备

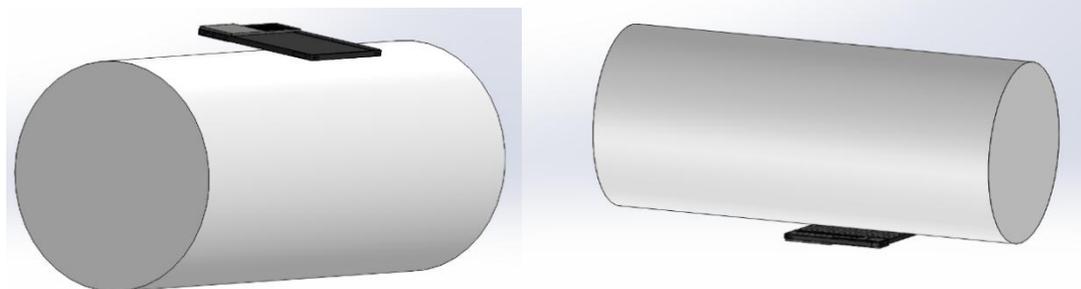
从 NB/T 47013.13-2015 中 4.1 规定。

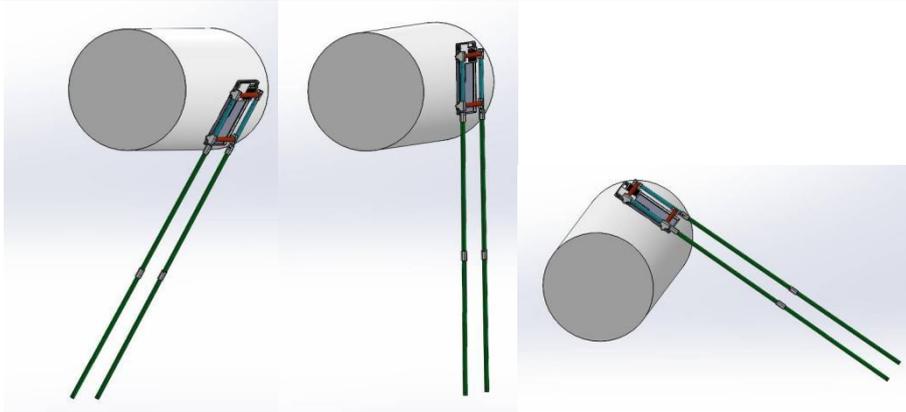
5.2.2 现场检测前的准备工作

- 1) GIS 检测工作宜在设备停电状态下进行，也可在带电情况下操作，一般须满足：在管电压小于 350KV，管电流小于 5mA 的情况下，可以进行带电检测。
- 2)

5.2.3

找位与摆位：



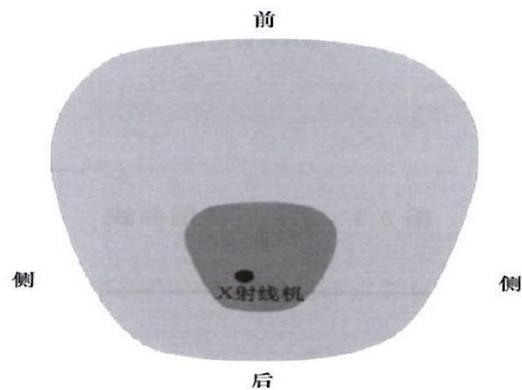


5.3 产品优势

得益于对 GIS 检测作业现场的实际调研和自主开发定制能力的基础，我们开发的 GIS 检测专用系统具有专业有效、便捷、安全等几方面必要的因素，是可以信赖的渐成熟产品。

5.3.2 快捷施工的首选利器

5.3.3 作业安全



说明：
浅色——监督区；
深色——控制区。

地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

16

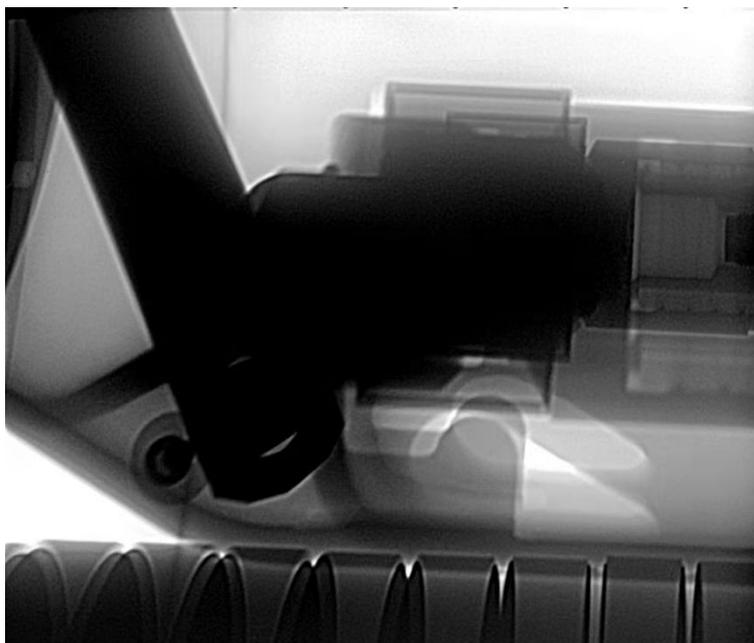
电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdl.jc.com

5.3.4 与 CR 技术比较

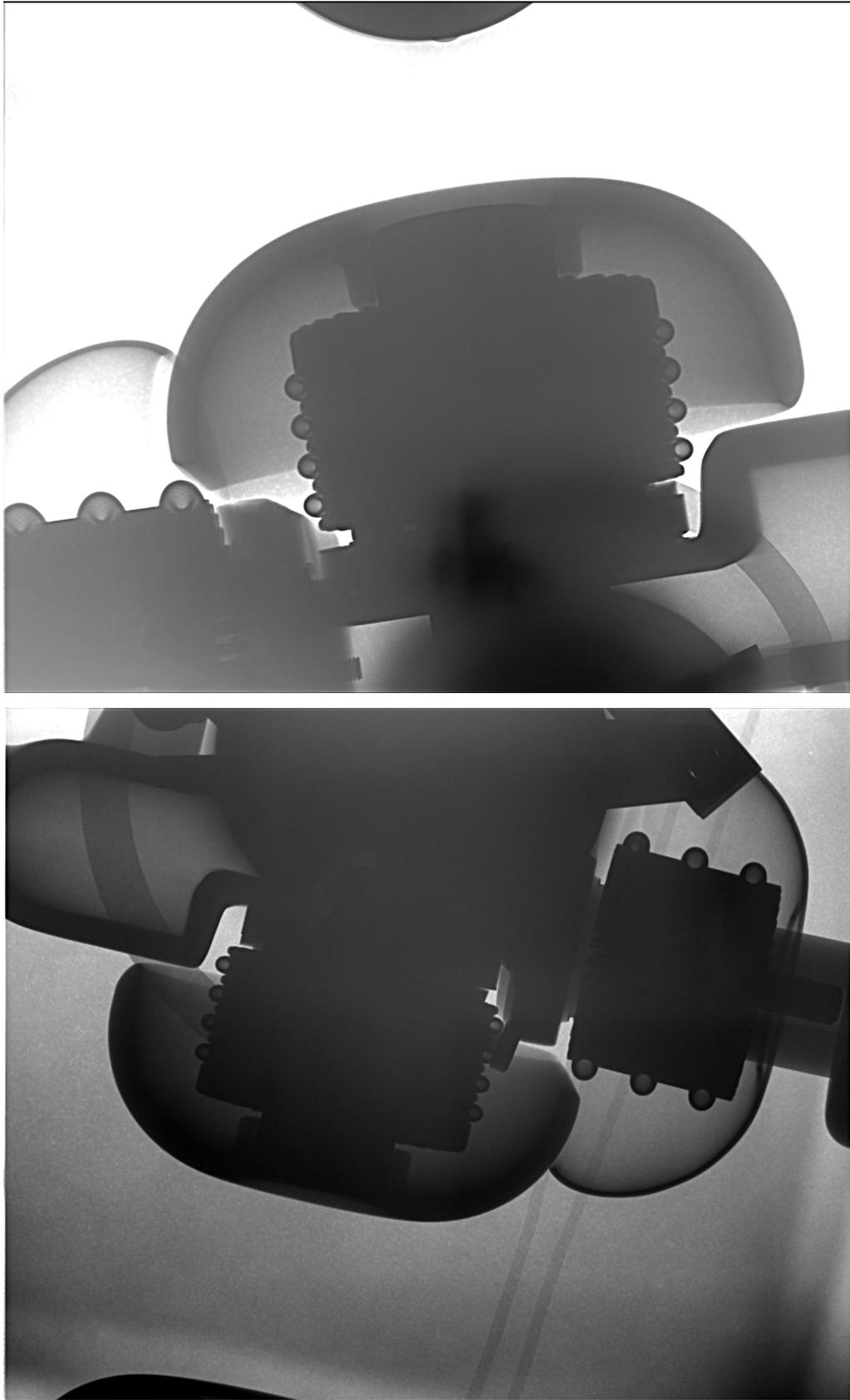


5.4 参考图谱

ZR8435 可获得的影像质量参考一下图 和图 实拍效果样本。图 拍摄对象来自于 500KV 平芝站，图 为 ABB 公司 200KV 站。



图



地址：上海市长宁区江苏北路 125 号华联创意广场 C 幢 101 室

18

电话：021-52310225 邮箱：3441182618@qq.com 网站：www.zrdl.jc.com