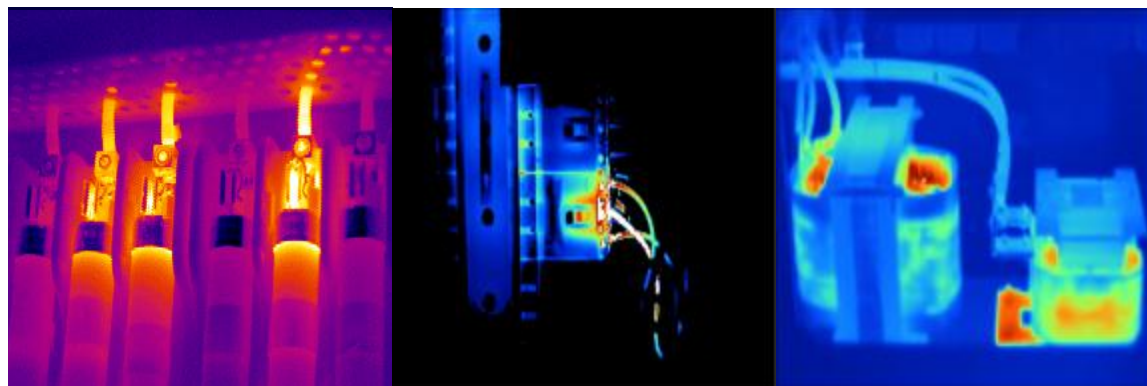


FLUKE®

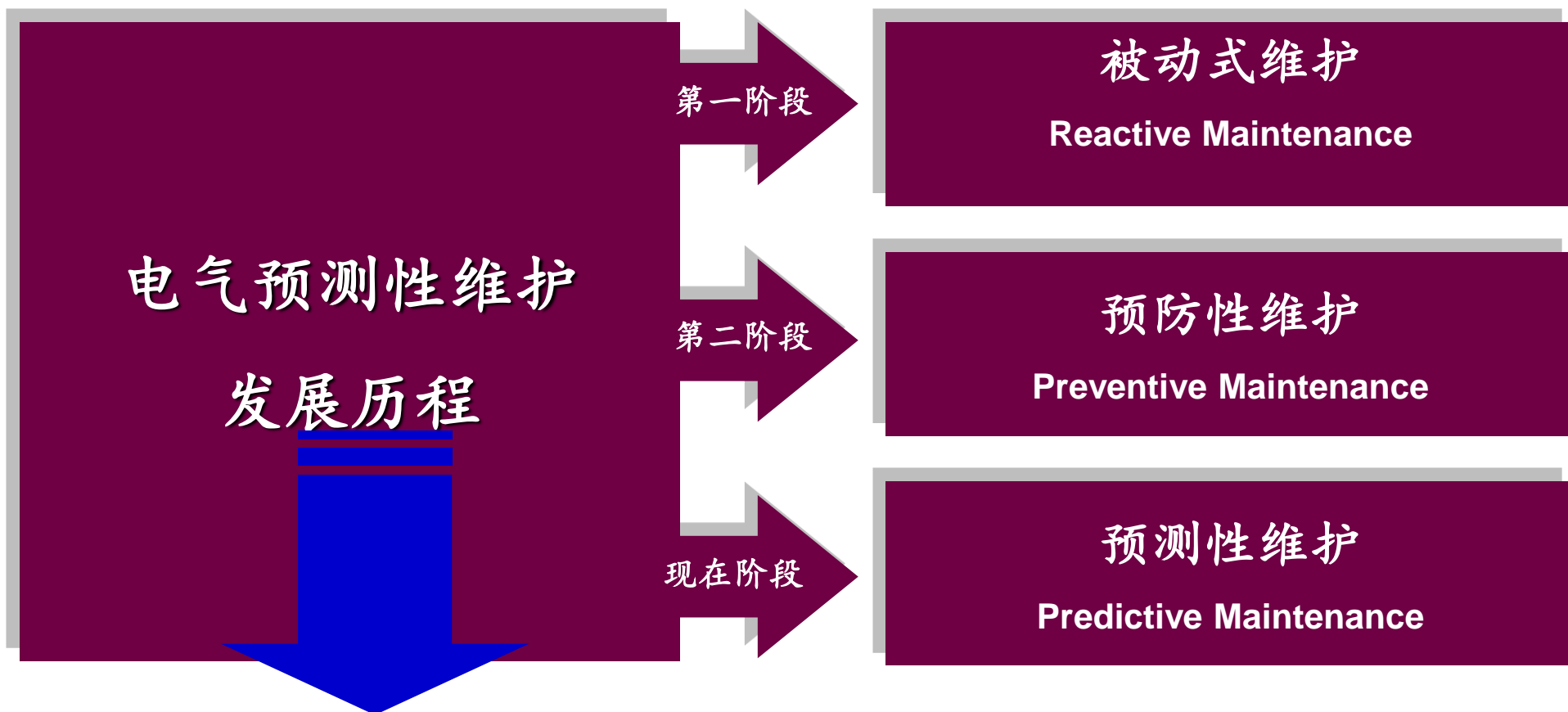
红外热像培训 应用部分（PDM）



红外热像仪应用 – 设备预测性维护



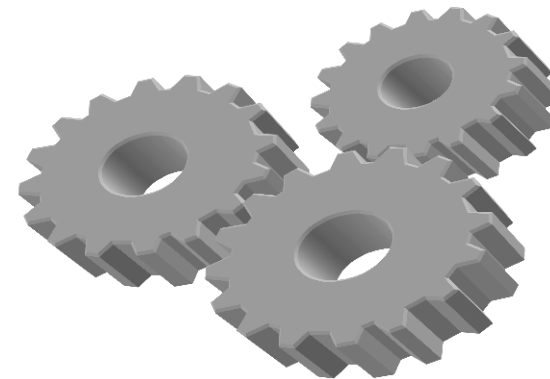
什么是预测性维护？



被动式维护 (Reactive Maintenance)

“不出故障就不维修”

- 企业在机器或系统出现故障之前不会在维护上花费任何资金。
- 是一种反应性的被动式的管理技术，它会在采取任何维护行动之前等待机器或设备出现故障。



被动式维护 (Reactive Maintenance)

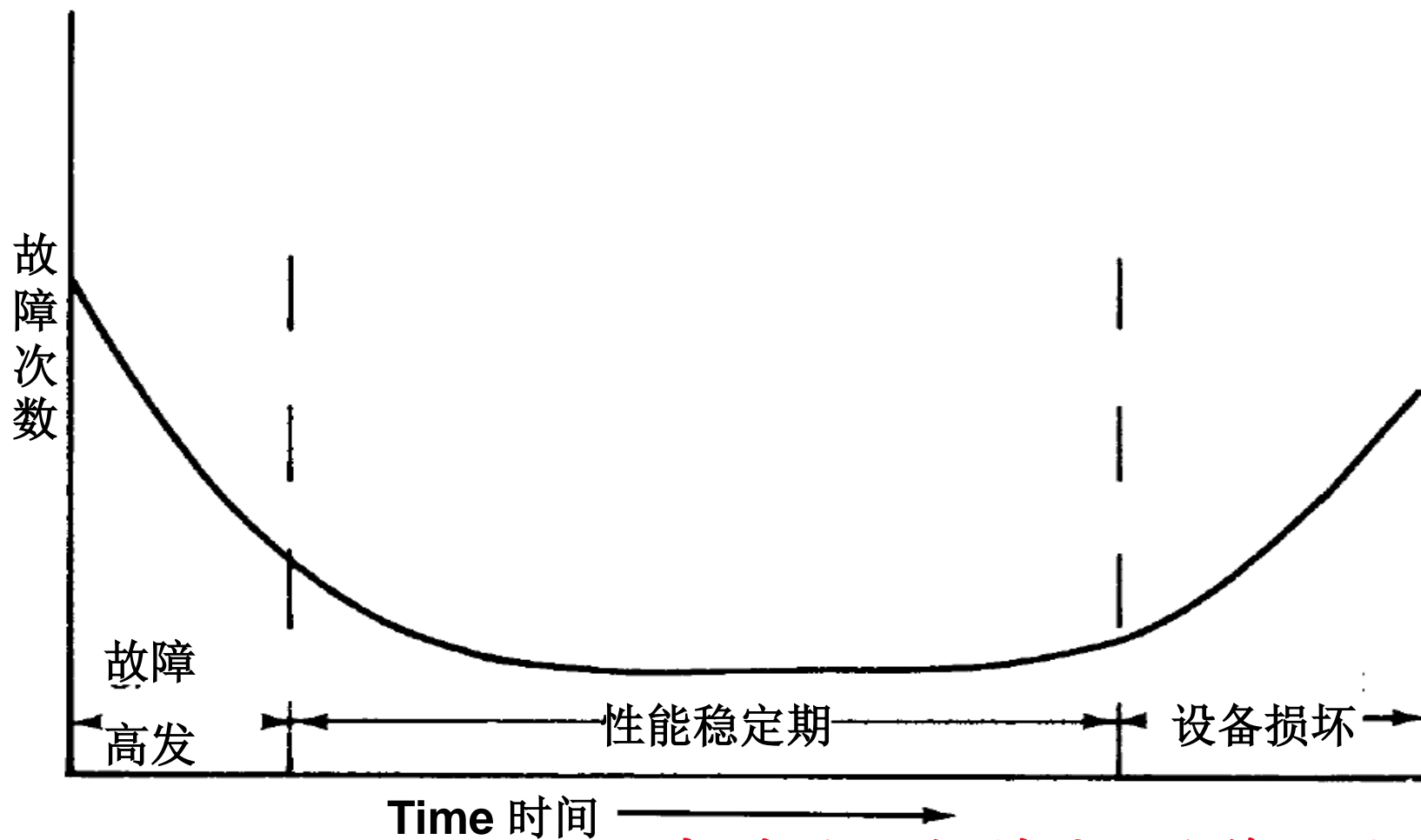
被动式维护损失：

- 高备件库存成本；
- 高超时劳动力成本；
- 机器停机时间长；
- 生产能力低。

本质是“无维护”最低级的管理方法

也是最为昂贵的维护管理方法

预防性维护 (Preventive Maintenance)



本质是“机械式”的管理方法

预测性维护(Predictive Maintenance)

预测性维护是一种设备运转状况驱动的预防性维护。

- 预知性维护不依赖于工业或工厂内平均寿命统计数据（即平均无故障时间）来计划安排维护活动，而是对运转状况、效率、热量分布和其他指标进行直接监视，以确定实际的平均无故障时间或将危害到工厂或设施内所有关键系统装置运转的效率损失。

预测性维护是定期地测量设备，随时间跟踪测量结果。

如何帮助企业降低风险和节省成本？

引用美国防火协会 (NFPA)数据

- 大约50%与电气故障相关的损害可以通过定期维护来预防。

因电气设备故障导致非计划停工的费用：

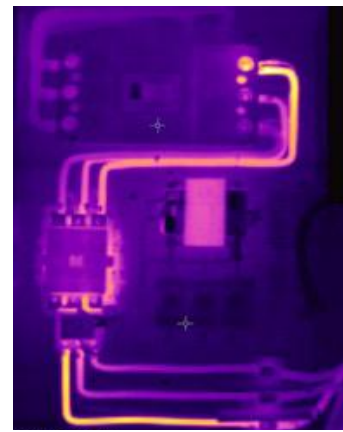
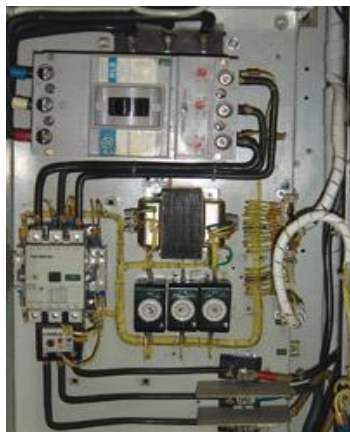
- 停工期间造成的收入损失——如果工厂满负荷或接近满负荷地运行，或市场竞争非常激烈，这点就特别关键。
- 由于客户信任导致的收入损失。
- 被损坏电气设备或生产设备的更换费用。
- 维修费用，尤其是人力成本
- 废旧设备的费用
- 整理和恢复生产的费用

红外热像仪与红外点温仪的差别

红外点温仪采用红外辐射的原理进行温度检测，其在液晶显示屏上可实时显示一个温度值，红外点温仪多应用在PDM领域，也有部分使用在研发及技术部门。

红外点温仪相比热像仪有以下的劣势

- A 无法进行目标整体温度分布的分析，检测效率低
- B 无法检测较小的目标
- C 容易漏检



小实验：请大家分别用红外点温仪与红外热像仪测温。

如何有效开展设备预测性维护？

设备预测性维护步骤：

1、建立关键设备清单

① 电气系统

- 变压器
- 电缆/电线
- 开关
- 断路器
- 接地系统
- 熔断器
- 电容器
- 电气接头
- 电抗器
-



如何有效开展设备预测性维护？

设备预测性维护步骤：

1、建立关键设备清单

- ① 电气系统
- ② 旋转式机器/负载
 - 马达
 - 发电机
 - 泵
 - 空调
 - 风扇
 - 变速箱
 - 冷却器
 -

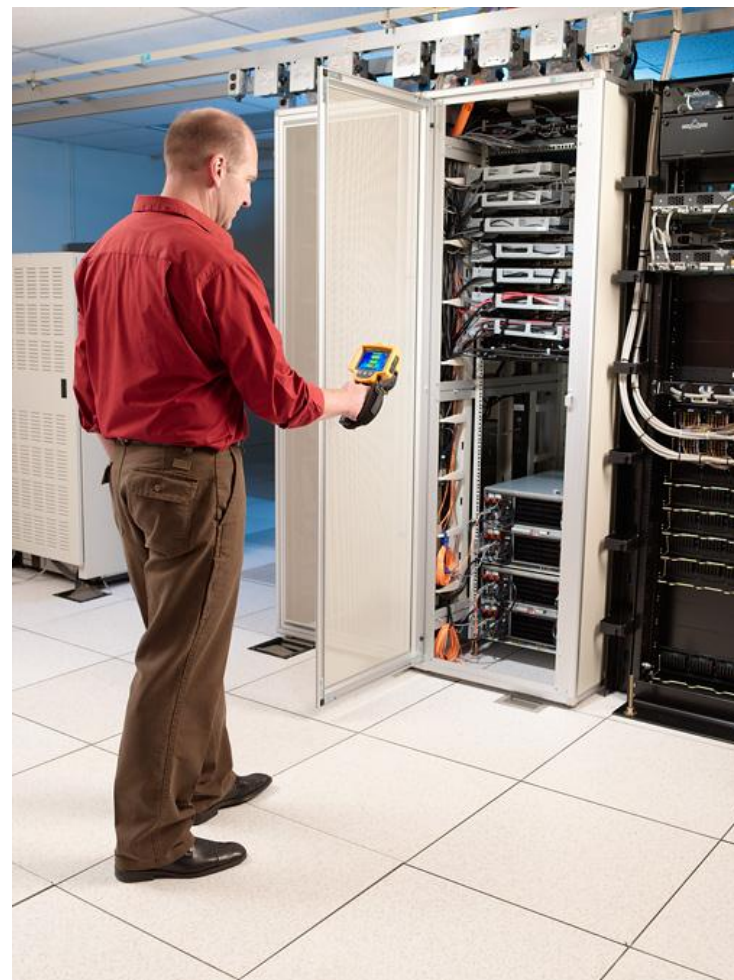


如何有效开展设备预测性维护？

设备预测性维护步骤：

1、建立关键设备清单

- ① 电气系统
- ② 旋转式机器/负载
- ③ 照明系统
- ④ 应急系统
 - UPS
 - 发电机
 - 切换开关
 -



如何有效开展设备预测性维护？

设备预测性维护步骤：

1. 建立关键设备清单

- ① 电气系统
- ② 旋转式机器/负载
- ③ 照明系统
- ④ 应急系统
- ⑤ 机械设备
 - 管道
 - 阀门
 - 储罐
 - 疏水阀
 - 加热系统内衬
 -



如何有效开展设备预测性维护？

设备预测性维护步骤：

1. 建立关键设备清单
2. 针对各种不同设备类型的制定预测性维护程序

- ① 测试频率
- ② 测试顺序
- ③ 测试方法

设备类型	两次检查期间的最大时间差
变压器	2个月
440 V马达控制中心	
有空调	1—2个月
无空调或较老	0.5—1个月
配电设备	1—2周
大型马达	1个月
较小的马达	1-2个月

路径设置

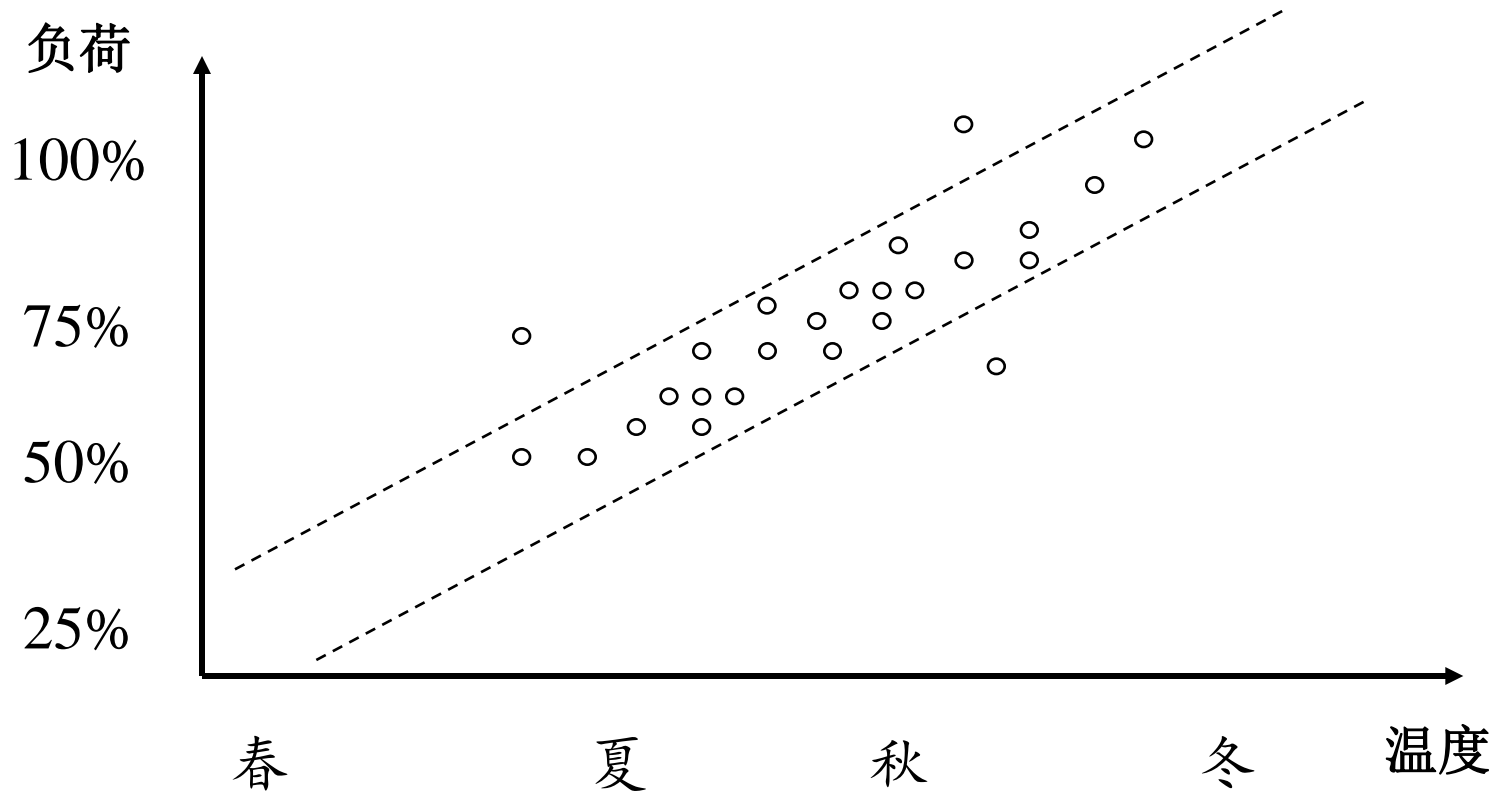
针对各种不同设备类型的制定预测性维护程序。

根据设备所在的不同区域,不同的检测频率和重要程度,进行标注。

编号	设备名称	区域	频率	重要程度	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
XXX	XXXXXXXXXX	a1	3	5	1		1		1		
XXX		b2	4	3		1	1	1	1		
XXX		b3	6	1	1	1	1	1	1	1	
XXX		b4	1	2		1					
XXX		c2	1	3			1				
XXX		d4	2	1	1	1					
XXX		c5	3	1	1	1	1				
XXX		a2	8	2	1	1	1	1	2	1	1
XXX		b5	2	3		1			1		
XXX		b6	1	1			1				
XXX		b7	3	4		1		1		1	
XXX		c3	2	3	1		1				
XXX		d5	3	2		1		1		1	
XXX		c6	4	1	1	1		1		1	
XXX		a3	1	1	1						
XXX		b8	1	1		1					

判断和积累

不同的环境温度
不同的工况负荷

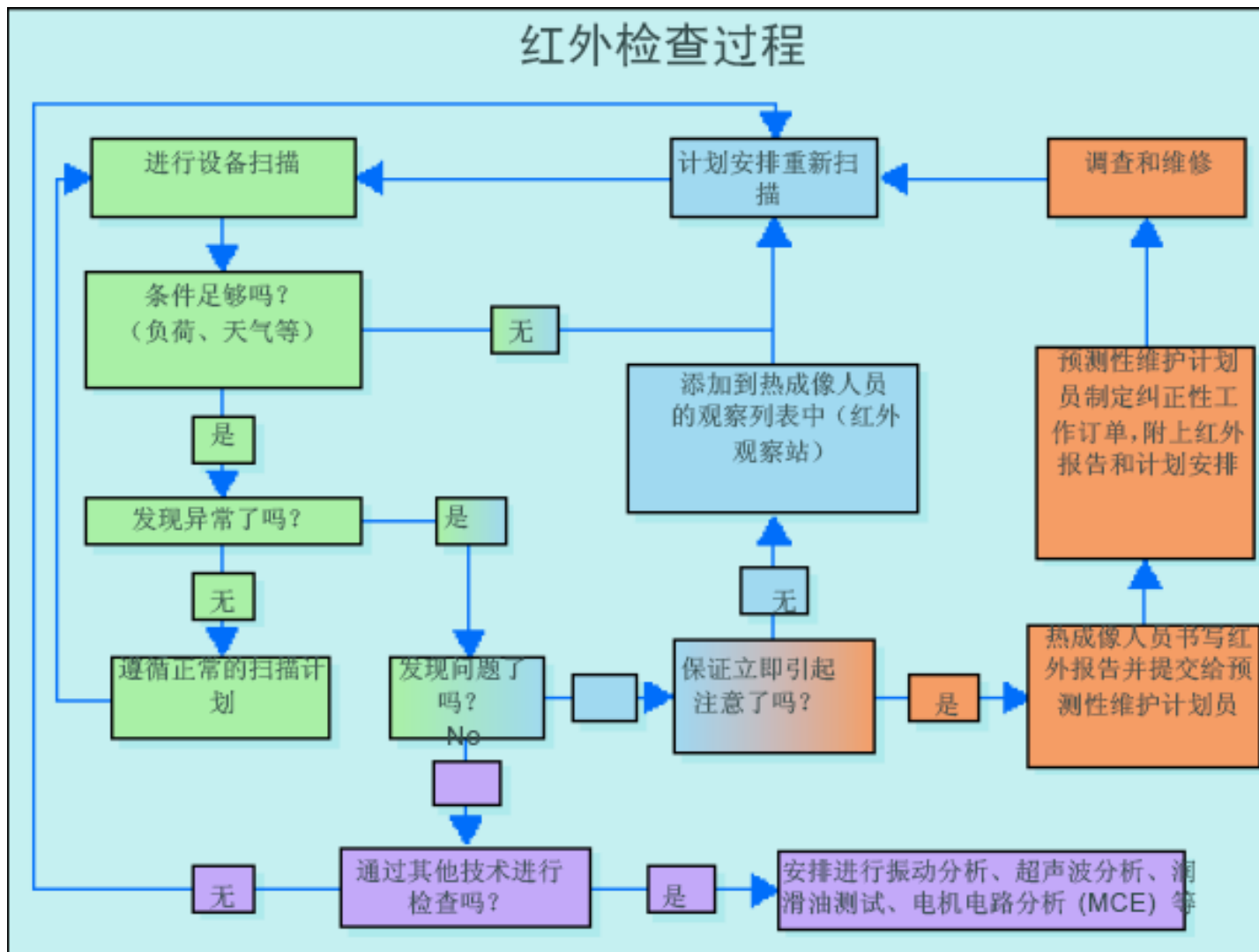


如何有效开展设备预测性维护？

设备预测性维护步骤：

1. 建立关键设备清单
2. 针对各种不同设备类型的制定预测性维护程序
3. 利用相应的预测性技术测试设备，测量记录数据
4. 对比分析测量数据，发现异常情况
5. 在发生故障安排计划前进行维修和维护

红外热像检测流程



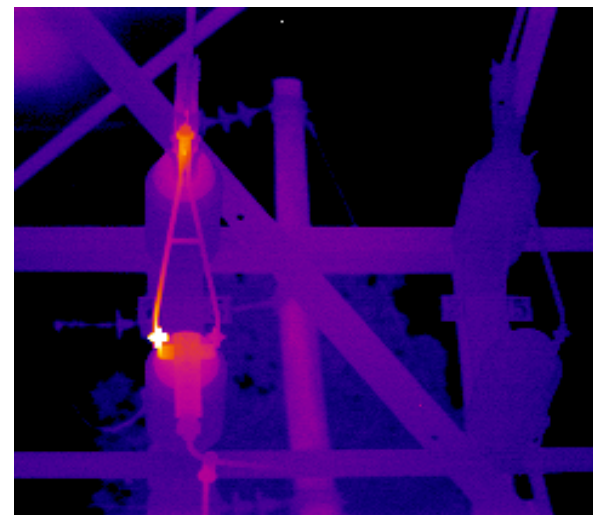
电气检测

通常的检测部件

- 三相设备
- 电缆连接
- 变压器
- 保险丝盒
- 绝缘器
- 电容器
- 断路器
- 继电器/开关
- **UPS**电源

温度异常点产生的主要原因

- 负载不平衡
- 谐波
- 过载/过电压
- 接头松动或者氧化导致电阻增大
- 绝缘开裂
- 部件故障
- 配线错误



红外热像操作人员应具备的技能

红外热像仪操作人员应具备：

- 具有红外热像技术的基本知识，了解红外热像仪基本结构，掌握其基本工作原理、主要性能和操作维护方法。
- 了解电力系统电气设备的结构和工作原理。
- 注意收集整理变电站常见电力设备的正常和异常热像图及温度分布，进行归纳分析，寻找热缺陷的成因与异常热图之间的关系，对各种设备根据其结构特点逐一进行分析对比，提出切实可行的检测依据。
- 建立红外热像技术的诊断方法和判断依据。

红外热像主要诊断方法

表面温度判断法

- 根据测得的设备表面温度值，对照**GB763-90**的有关规定，可以确定一部分电流致热型设备的缺陷。对于温度(或温升)超过标准，不能正常工作的设备，可根据设备温度超标的程度、设备负荷率的大小、设备的重要性及设备承受机械应力的大小来确定设备缺陷的性质，对在小负荷率下温升超标的设备和承受机械应力较大的设备缺陷要从严定性。

红外热像主要诊断方法

温差判断法

- 电流致热型设备，若发现设备的热态异常，应按规定进行准确测量并计算相对温差值，判断设备缺陷的程度。对于负荷率小、温升小但相对温差大的设备，如果有条件改变负荷率，可增大负荷电流后进行复测，以确定设备缺陷的性质。

红外热像主要诊断方法

同类比较法

- 在同一电气回路中，当三相电流对称和三相(或两相)设备相同时，比较三相(或两相)电流致热型设备对应部位的温升值，判断设备是否正常。若三相设备同时出现异常，可与同回路的同类设备比较。当三相负荷电流不对称时，应考虑负荷电流的影响。对于型号规范相同的电压致热型设备，可根据它们的温升值的差异来判断设备是否正常。电压致热型设备的缺陷宜用允许温升或同类允许温差的判断依据确定。一般情况下，当同类温差超过允许温升值的**30%**时，应定为重大缺陷。当三相电压不对称时应考虑工作电压的影响。

红外热像主要诊断方法

热谱图分析法

- 根据同类设备热谱图的差异来判断设备是否正常。

档案分析法

- 分析同一设备在不同时期的检测数据(例如温升、相对温差和热谱图), 找出设备致热参数的变化趋势和变化速率, 以判断设备是否正常。

电气设备检测

Fluke提供全面的解决方案

接点

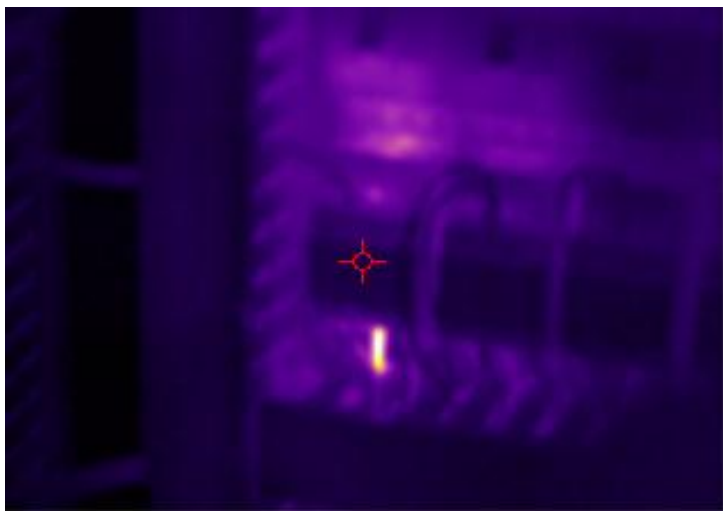
过热

过载

三相不平衡

绝缘

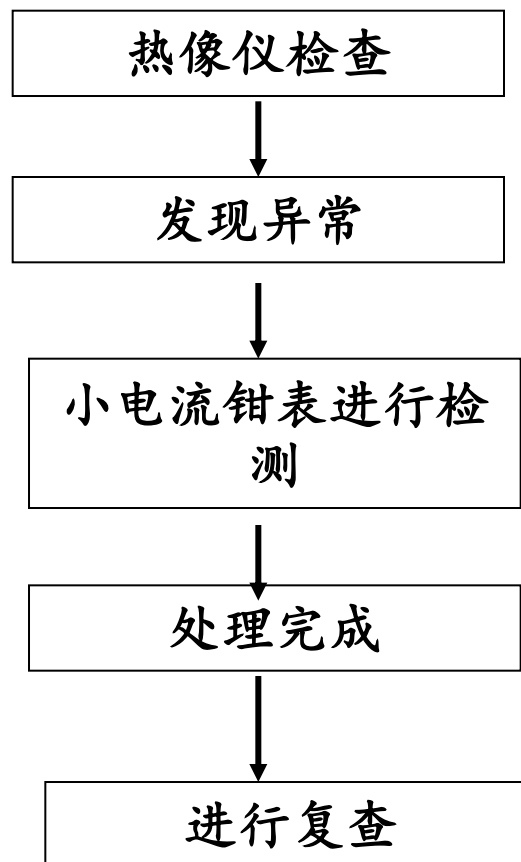
配电问题



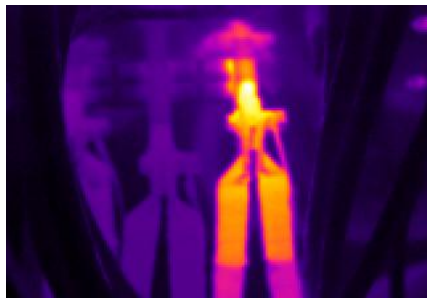
小的线头接触不良。

可能导致：断路，过热甚至起火。

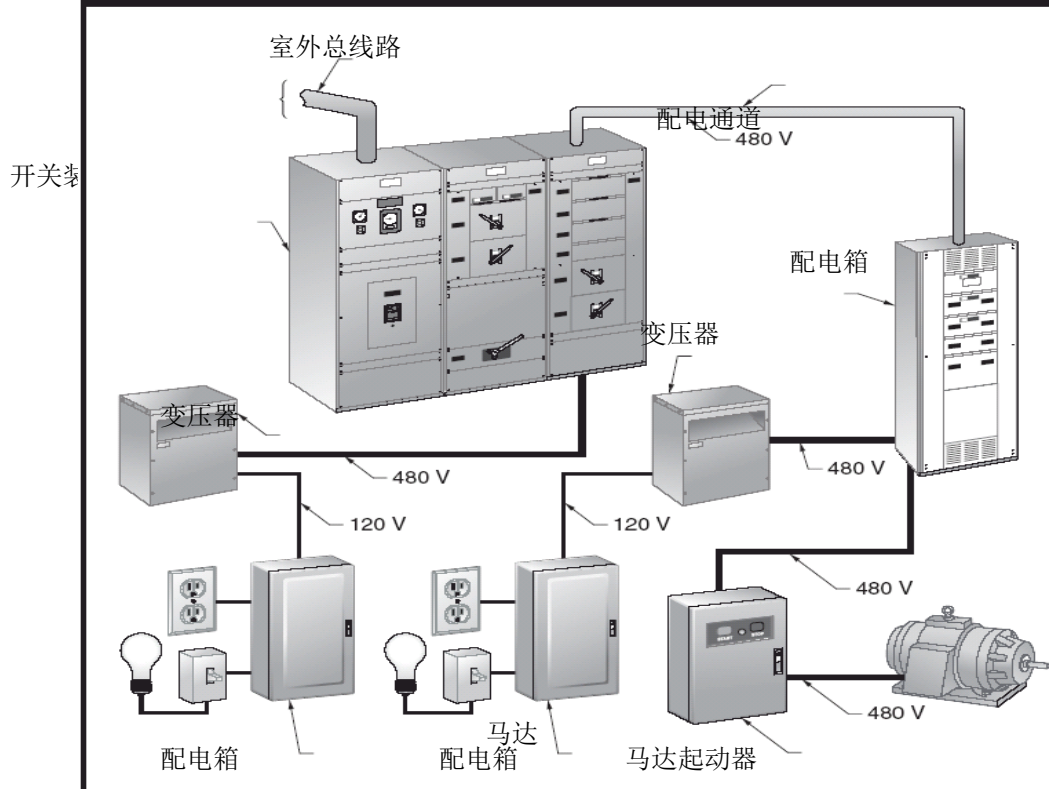
线头太多，无法逐一测量。



过载



电气系统



热像仪检查

发现异常

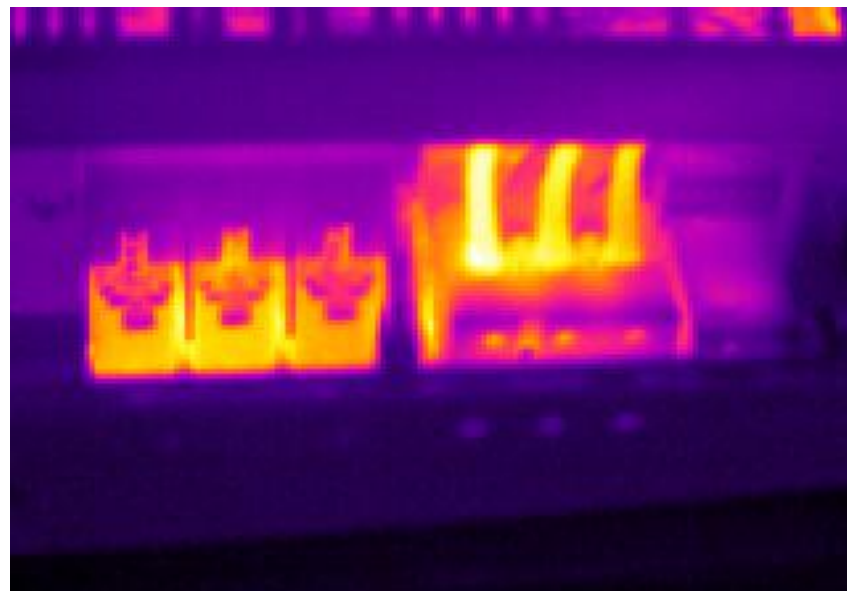
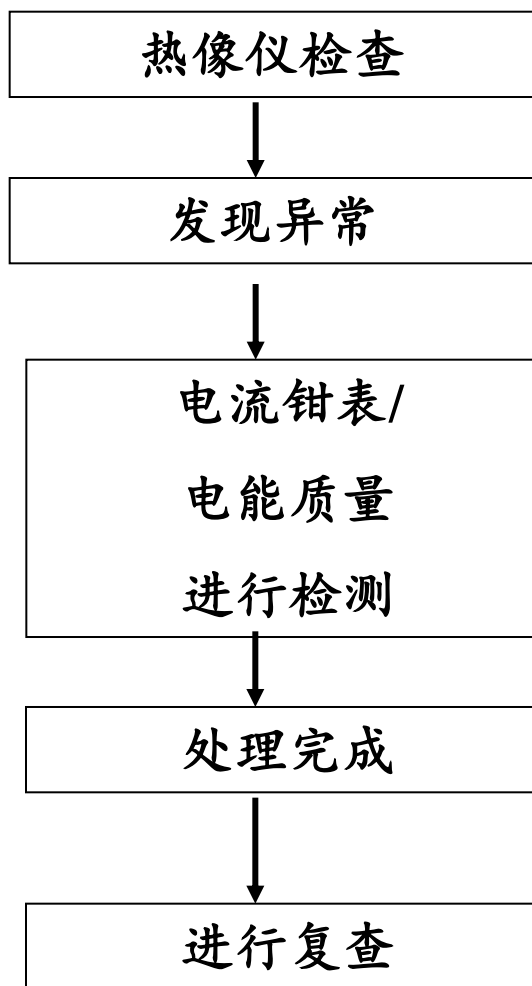
电流钳表/
功率计/相序表
进行检测

处理完成

进行复查

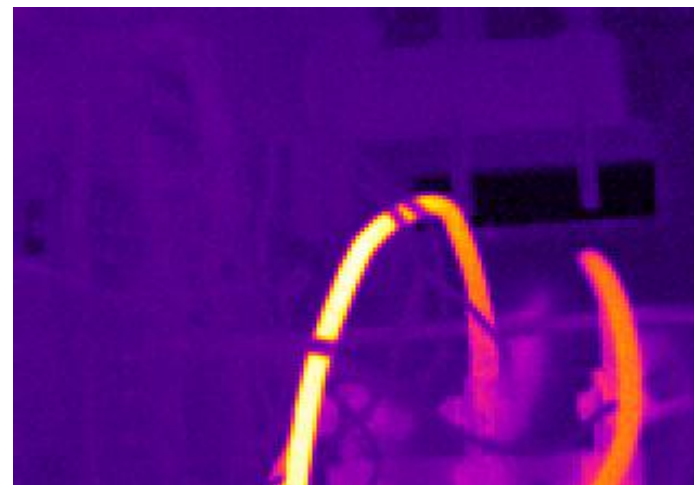
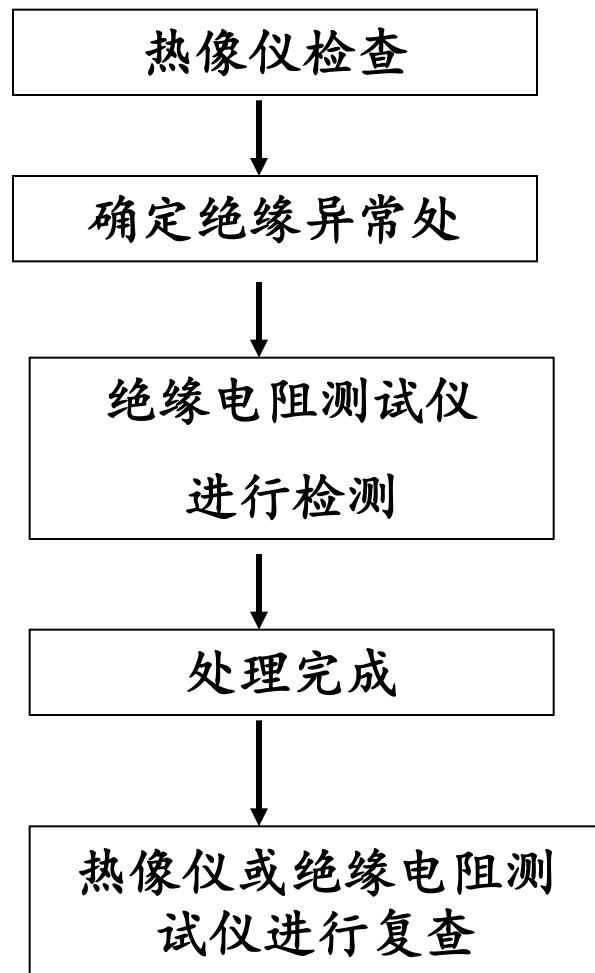


三相不平衡



相不平衡发生在各段线路中，每过一个负载都可能发生变化。

绝缘



定位温度最高处
测量

电流致热及电压致热设备

- 电流致热设备：

电气设备与金属部件的连接，金属件与金属件的连接，如接头、线夹等。

- 电压致热设备：

电流/电压互感器、藕荷电容器、移相电容器、高压套管、充油套管、氧化锌避雷器等。

GB763-90 《交流高压电器在长期工作时的发热》

根据**GB763-90**按照热缺陷温升的高低及对设备的危害程度可将其分为一般性热缺陷、严重性热缺陷和危险性热缺陷三种。

- 一般性热缺陷：其温升范围在**10~20°C**之间，与相同运行条件下的设备相比，该接头有一定的温升，用红外成像仪测量仅有轻微的热像特征，此种情况应引注意，检查是否系负荷电流超标引起，并加强跟踪，防止缺陷度的加深。

GB763-90 《交流高压电器在长期工作时的发热》

- **严重性热缺陷**：发热点温升范围在**20~40°C**之间，或实际温度在**60~80°C**之间，或设备相间温差范围在**1.5~2.0**倍之间，热像特征明显，缺陷处已造成严重热损伤，对设备运行构成严重的威胁，此种缺陷应严加监视，条件允许时应尽快安排停运处理。
- **危险性热缺陷**：发热点温升超过**40°C**，或者最高温度已超过国标**GB763-90**所规定的该材料最高允许值。热像图非常清晰，外观检查可看到严重的烧伤痕迹。该种缺陷随时可能造成突发性事故，应立即退出运行，进行彻底检修。

相对温差判断设备热缺陷

- 相对温差是指设备基本情况(包括设备型号规范、安装地点、表面状态、负荷电流及电压有效值)相同的两个对应测量点之间的温差与其中较热点温升的比值的百分数。相对温差 δT 的数学表达式为:

$$\delta T = \left(\frac{T1 - T2}{T1} \right) 100\%$$

其中: **T1**-温度较高的测点的温升值,

T2-正常相设备对应测点的温升值

相对温差判断设备热缺陷

- 当设备某一接触点的接触电阻值达到厂家规定值的**5倍以上**时，说明设备已经严重不正常，这时相对温差的计算值为**80%**，因此，将 $\delta T > 80\%$ 定为重大缺陷，当接触电阻值达到厂规定值的**20倍**时， $\delta T = 95\%$ ，说明设备的接触情况非常坏，随时可能在瞬时大电流的冲击下引发事故，应视同紧急缺陷来对待。
- 如果考虑当时的运行条件比较好(负荷电流小)，设备的实际温升不大，不致于马上发生事故，允许不定为紧急缺陷采取一些减少停电损失的技术措施后再行处理。

绝对温差判断设备热缺陷

取被测对象附近**1m**远的地方正常运行的导线
或线路金具的最高温度为参考温度**T_a**

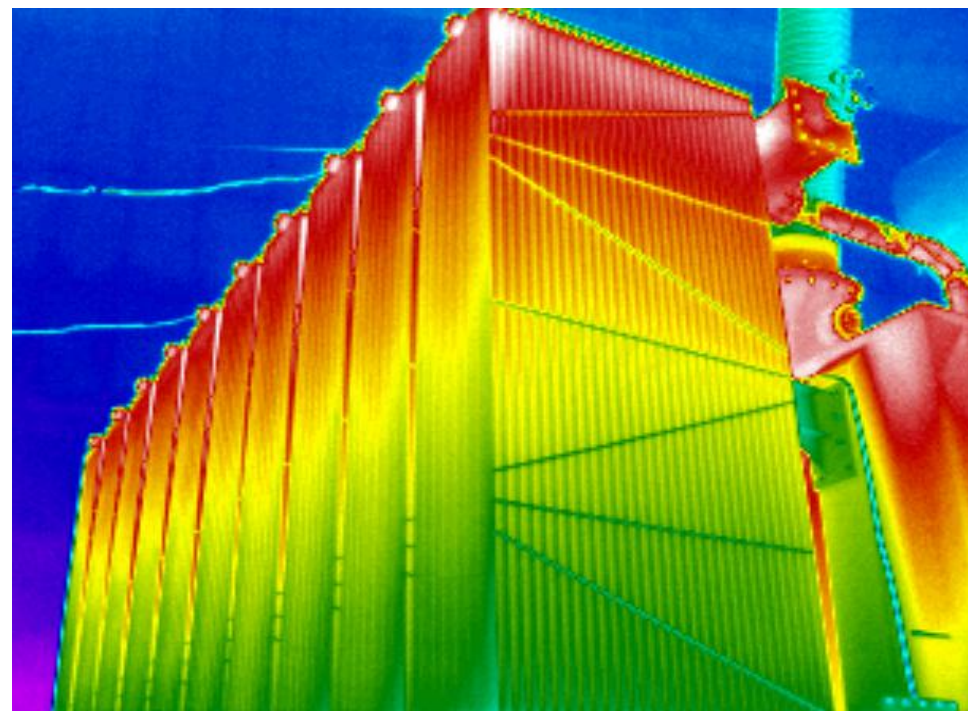
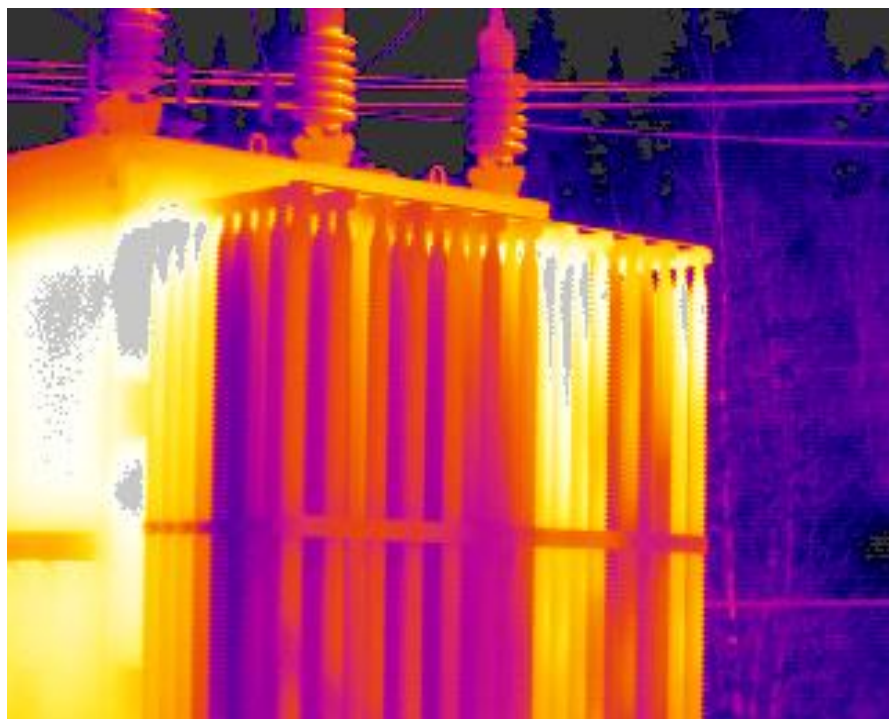
被测量对象的温度为**T**

$$\Delta T = T - T_a$$

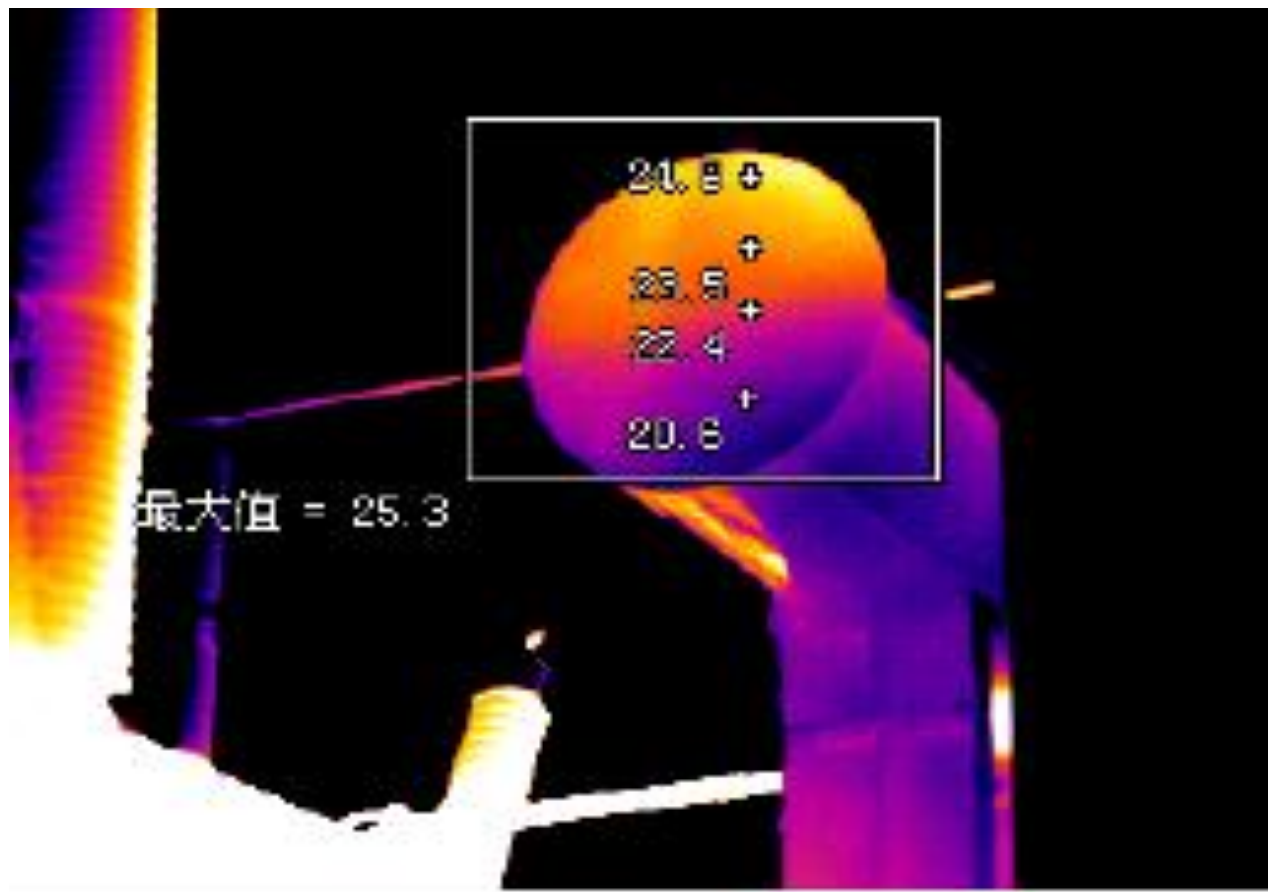
根据 **ΔT** 来判断热缺陷情况

变压器冷却循环

随着设备温度的升高，冷却循环受阻的部位由过热而导致故障发生。



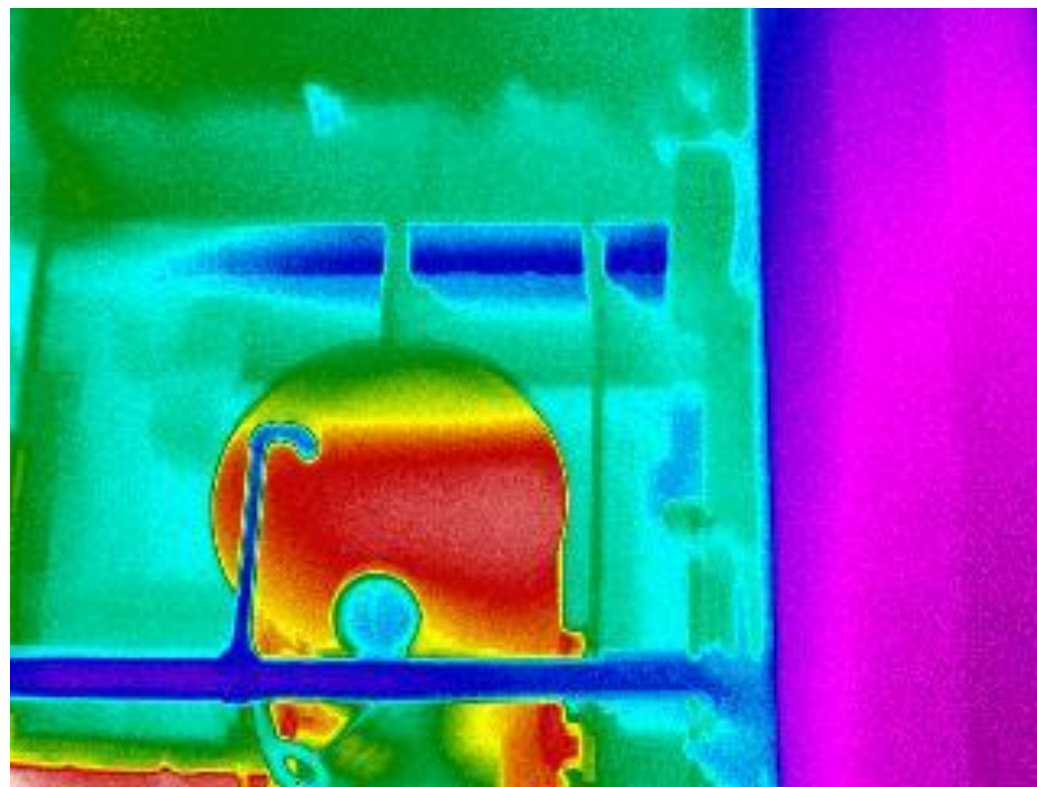
变压器油枕



油枕油位线

变压器油枕

- 一般来说，油枕的油位在1/2-2/3处。



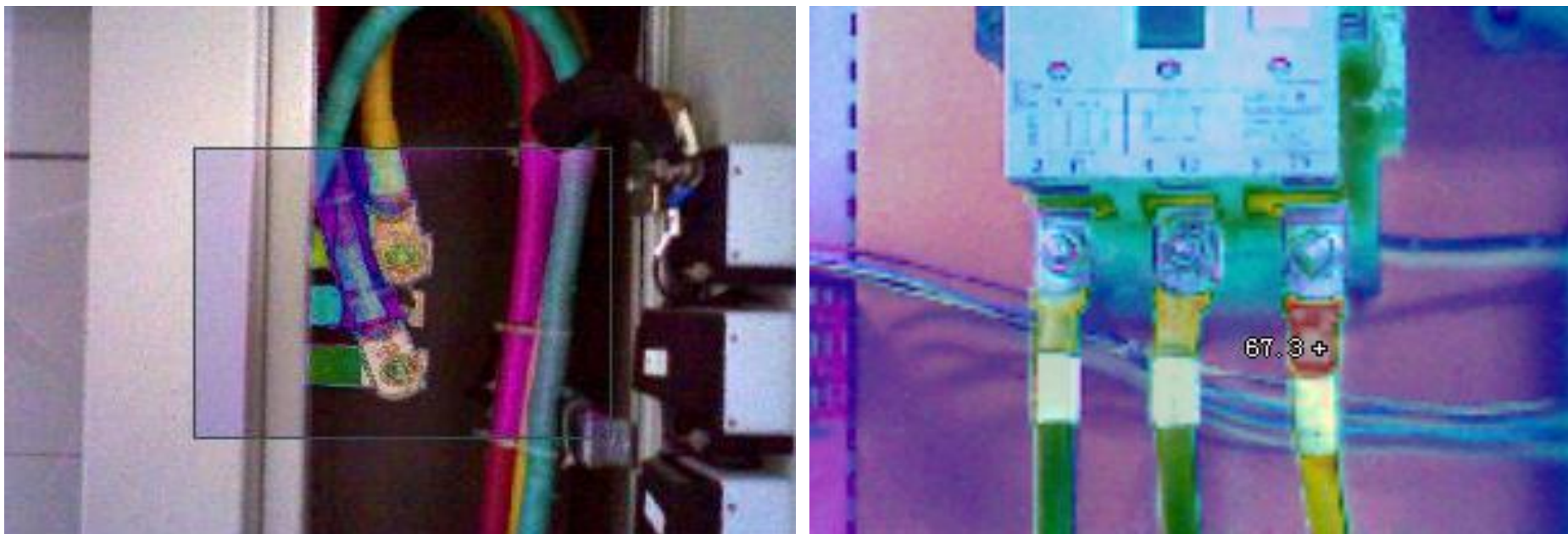
压指弹簧



中间触头压指弹簧压接不良

电气连接

- 电缆连接点松动是导致过热故障发生的重要原因之一。
- 一般连接点超过70℃，或高于环境温度30℃，即认为有隐患存在。



电气接头及导线

- 电气设备的各种金属接头及导线的热故障缺陷主要指各种裸露接头由于压接不良或导线断股等原因：在大电流作用下，温度升高，接触电阻增大，恶性循环造成隐患。

电气设备导体各部分的温升**G**：

$$G = I^2 R / K_T P$$

式中：**I**-导体中通过的电流

R-导体电阻或接触电阻**Q**

K_T-散热/系数**W/m².k**

P-导体或接触件截面的周长**m**

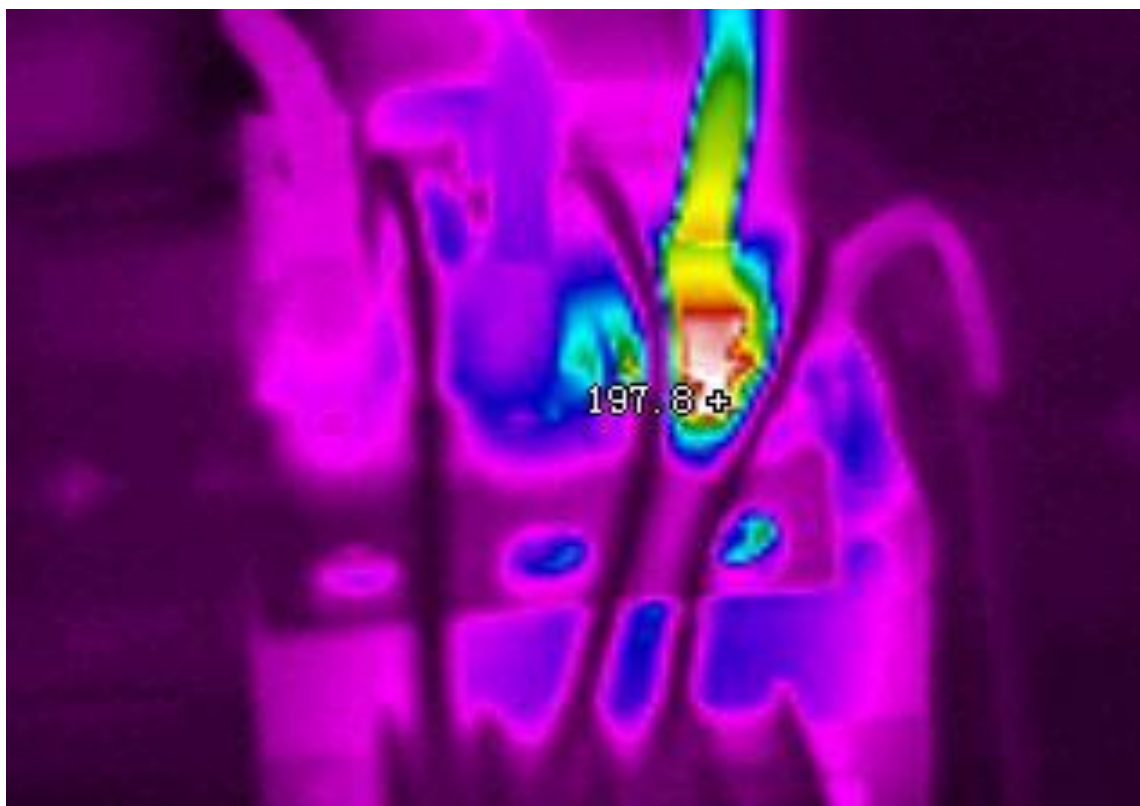
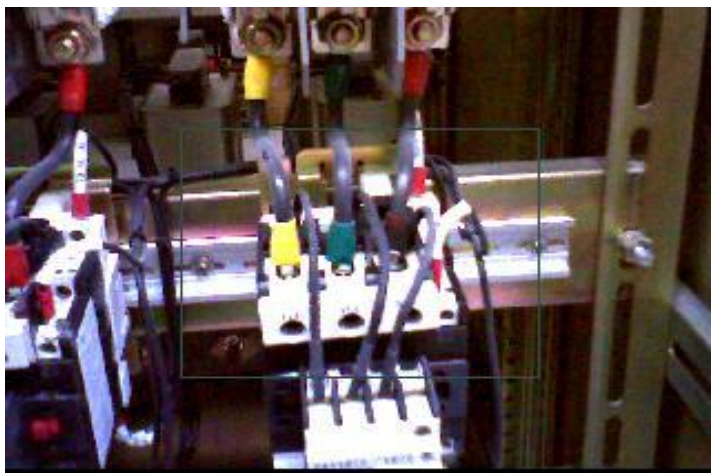
接头或导体的温升与通过的负荷电流平方和接触电阻成正比。

接头接触不良缺陷分布统计

项目	占总数的%	平均温升℃	最高温升℃
线夹	37.8	30	210
变压器出线接头	11.8	24.5	70.5
刀闸触头	39.2	31.5	223
导线断股	0.5	20.5	55.5
阻波器接头	5.4	30	138.5
穿墙套管接头	1.4	21.7	60

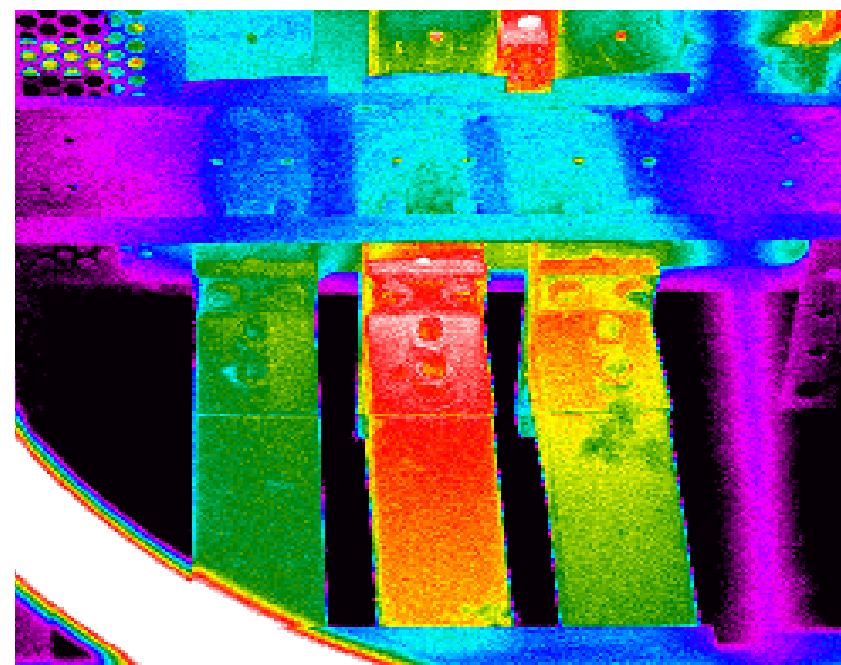
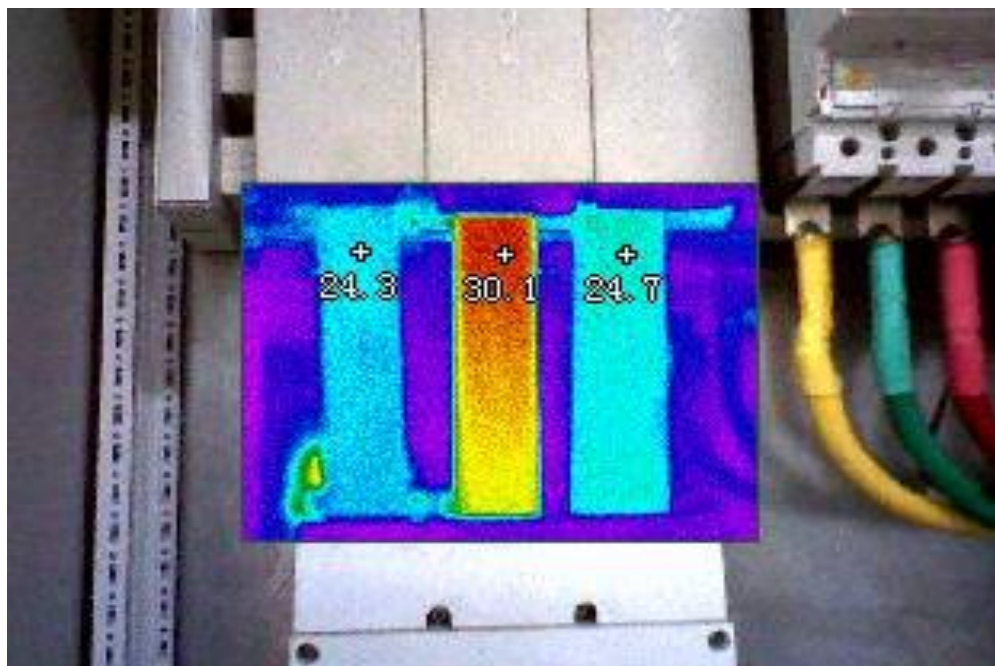
电气连接

- 接头氧化腐蚀或连接过紧同样会造成高温点。

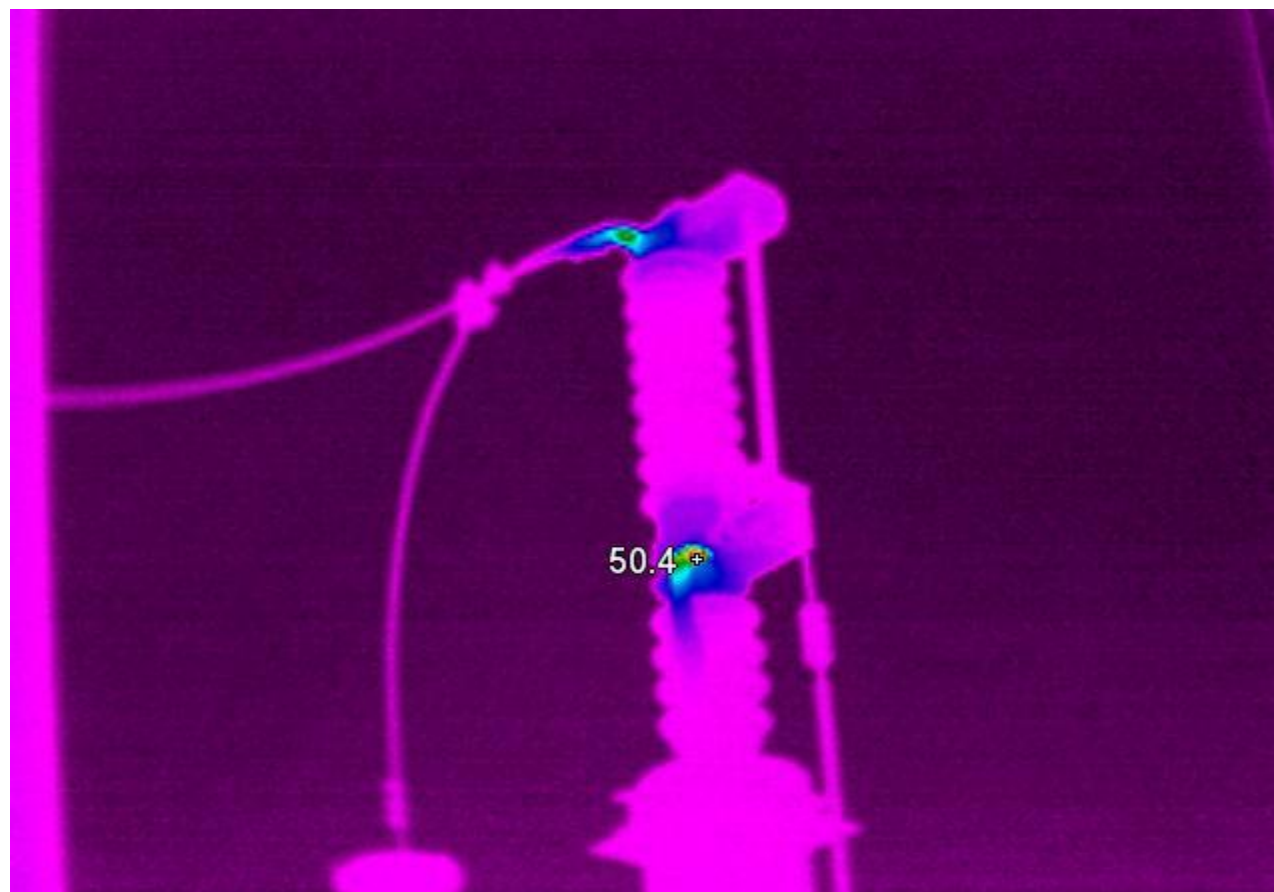


三相接线排

- 接触点问题
- 电能质量问题
- 在正常负载下，若最大温差超过**20%**，则预示可能有隐患存在。



35KV氧化锌避雷器



35KV氧化锌避雷器绝缘老化

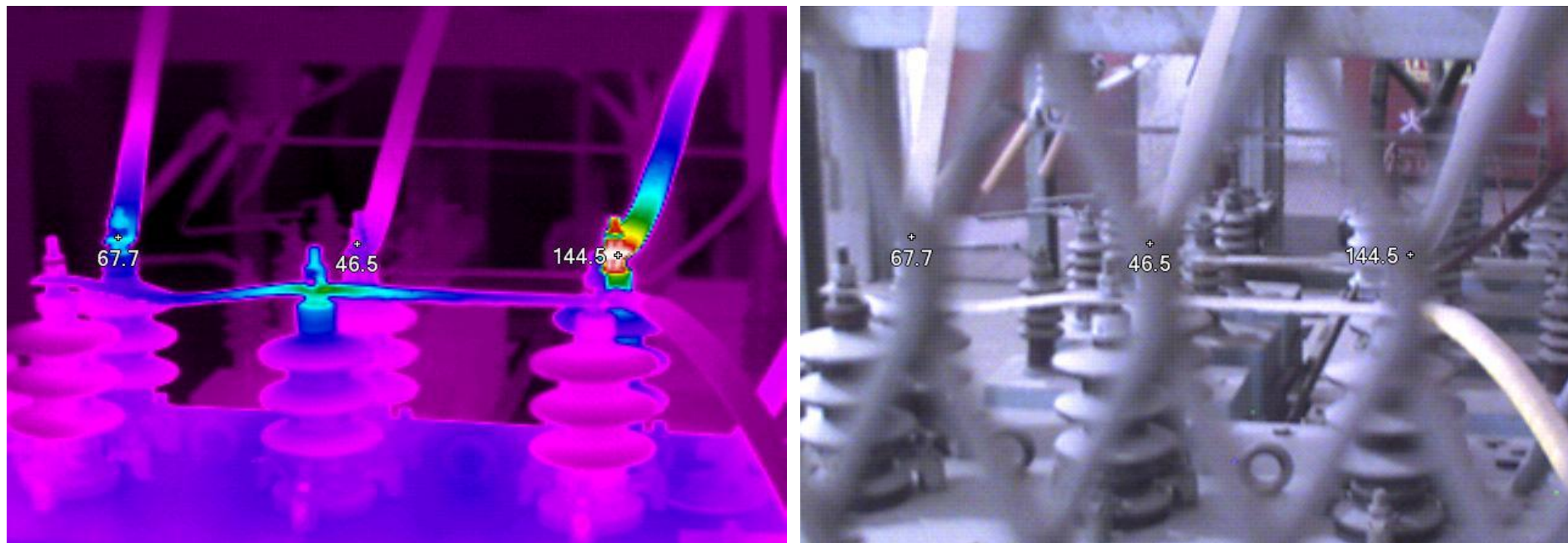
氧化锌避雷器检测

对氧化锌避雷器进行检测诊断时，应着重注意以下几个方面：

- 三相瓷瓶柱的温差；
- 对多节组合避雷器，发现并确认异常后，应对每一节避雷器进行停电试验。
- 注意检测避雷器法兰温度，观察三相对应法兰的温差。

电压等级KV	正常热像特征	异常热像特征	允许温升℃	相减温差℃
3-20	整体有轻微发热，热场分布基本均匀	整体或局部有明显发热	0.5	0.2
35-60			1.0	0.3
110			1.0-1.5	0.5
220			1.5-2.0	0.6
330-500			3.0-4.0	1.2

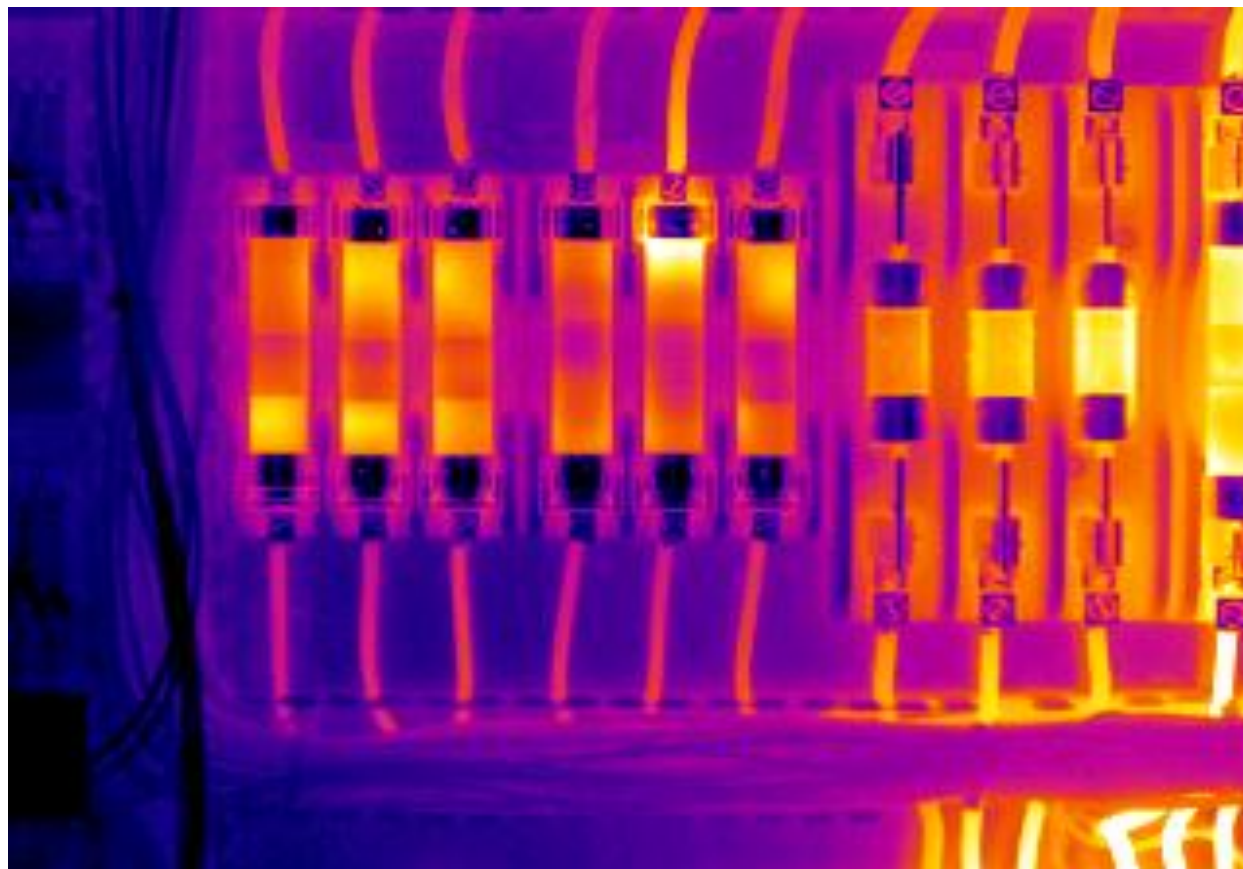
35KV电抗器接头



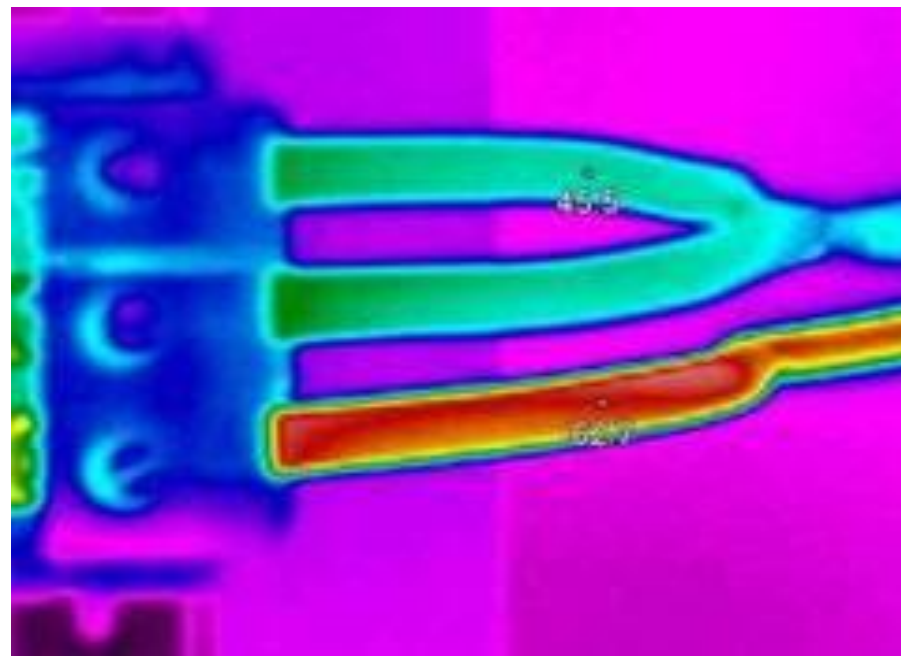
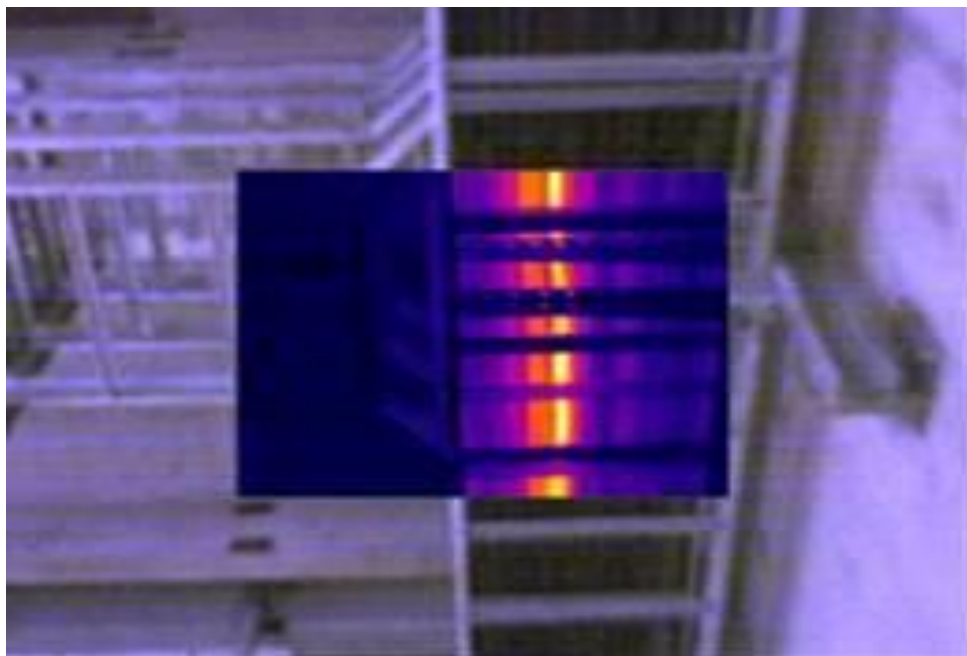
35KV电抗器接头温度异常

熔断器

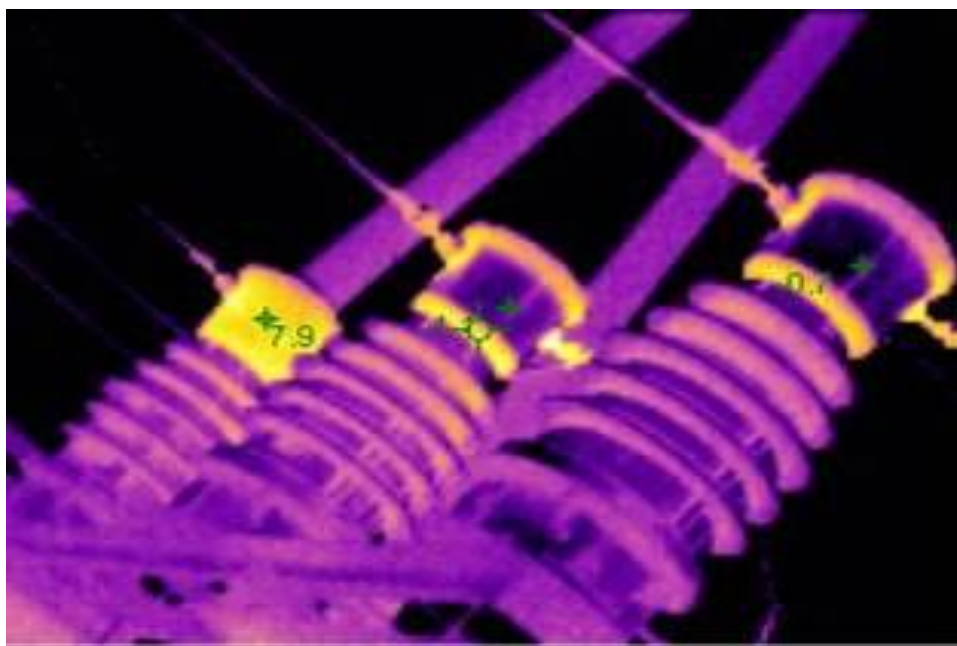
- 检查熔断器、熔断器夹头、线耳连接以及熔断器座的连接。



过载、三相不平衡



互感器



电流互感器将军帽冷却不良

电流互感器

- 红外检测主要能发现其以下三个方面的缺陷：
 - 1 电流互感器一次侧导电回路不良引起局部发热。
 - 2 电流互感器整体介质损耗上升引起温度整体上升。
 - 3 电流互感器套管缺油引起温度分布异常。
- 导电回路接触不良引起的发热是检测中最常见的电流互感器缺陷，通常这类接触不良引起的局部过热，是一个长期的逐步恶化的过程，造成绝垫块材料和绝缘油在高温下加速老化，从而危及设备的安全。

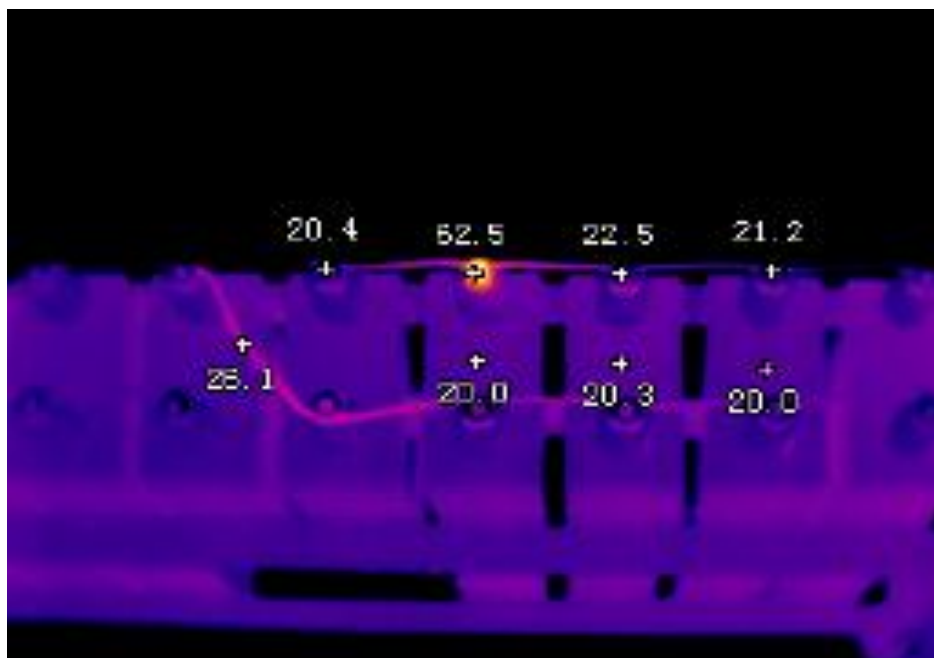
电流互感器

- 由于其内部导体发热的**70%**以上的热量是经导电杆内一次端子接头及顶帽散出，因此此类缺陷的热像图是一个以顶帽及一次进出线端为中心的、明显局部严重过热为特征。
- 以三相之间的温差为标准来判别缺陷的严重程度是比较准确而实用的方法，考虑到绝缘材料及绝缘油的最高允许运行温度，为保证电流互感器在长期运行中保持有效的绝缘强度，当其温差超过**30°C**(或温度超过**70°C**)时。应立即停电检修。

电流互感器

- 对将军帽温升超过**10°C**的要记录在案，利用各种停电机会进行检修。对相间将军帽温差超过**30°C**的，属严重过热缺陷，应尽快进行停电检修。
- 若以互感器的表面温度来掌握时，电流互感器内部连接件接触不良，内外部的温差为**30K- 45K**，为了保证内部温度不超过**GB763-90**的规定，油浸式互感器的表面温度应限制在**55°C**以下。

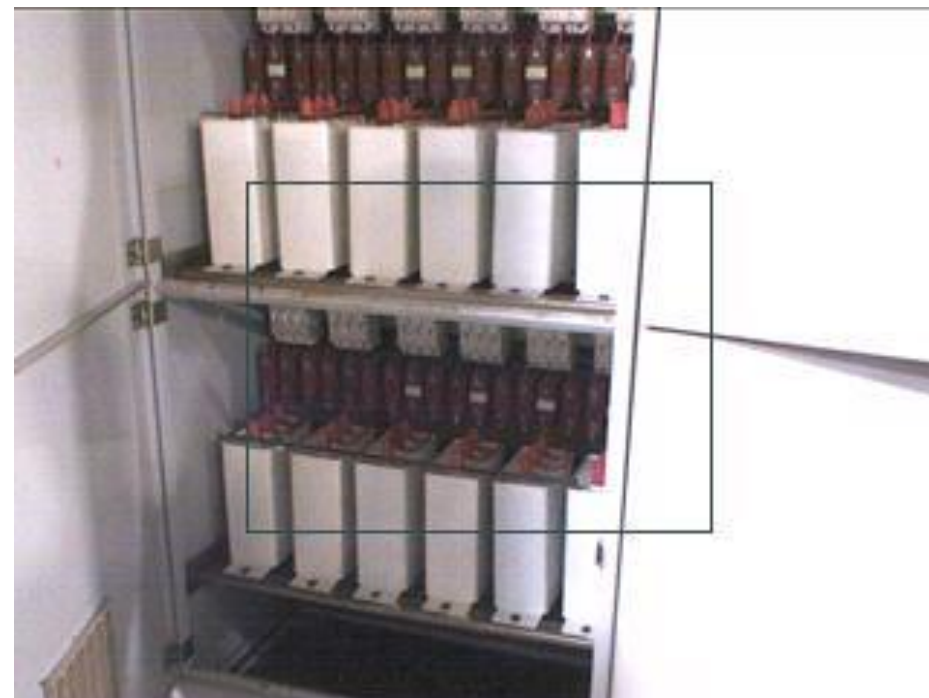
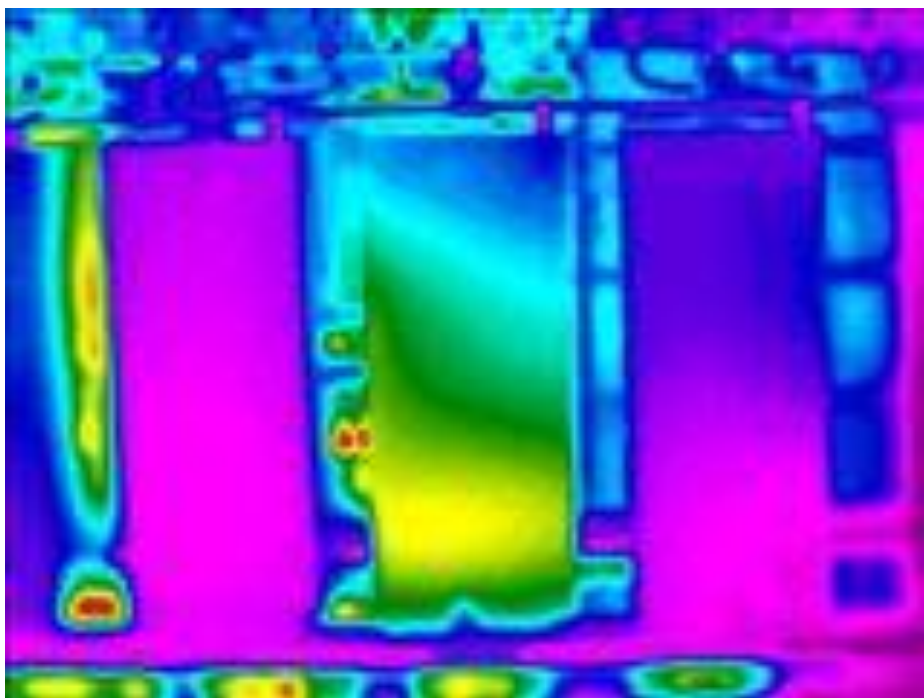
电容器组接头



电容器组接头温度异常

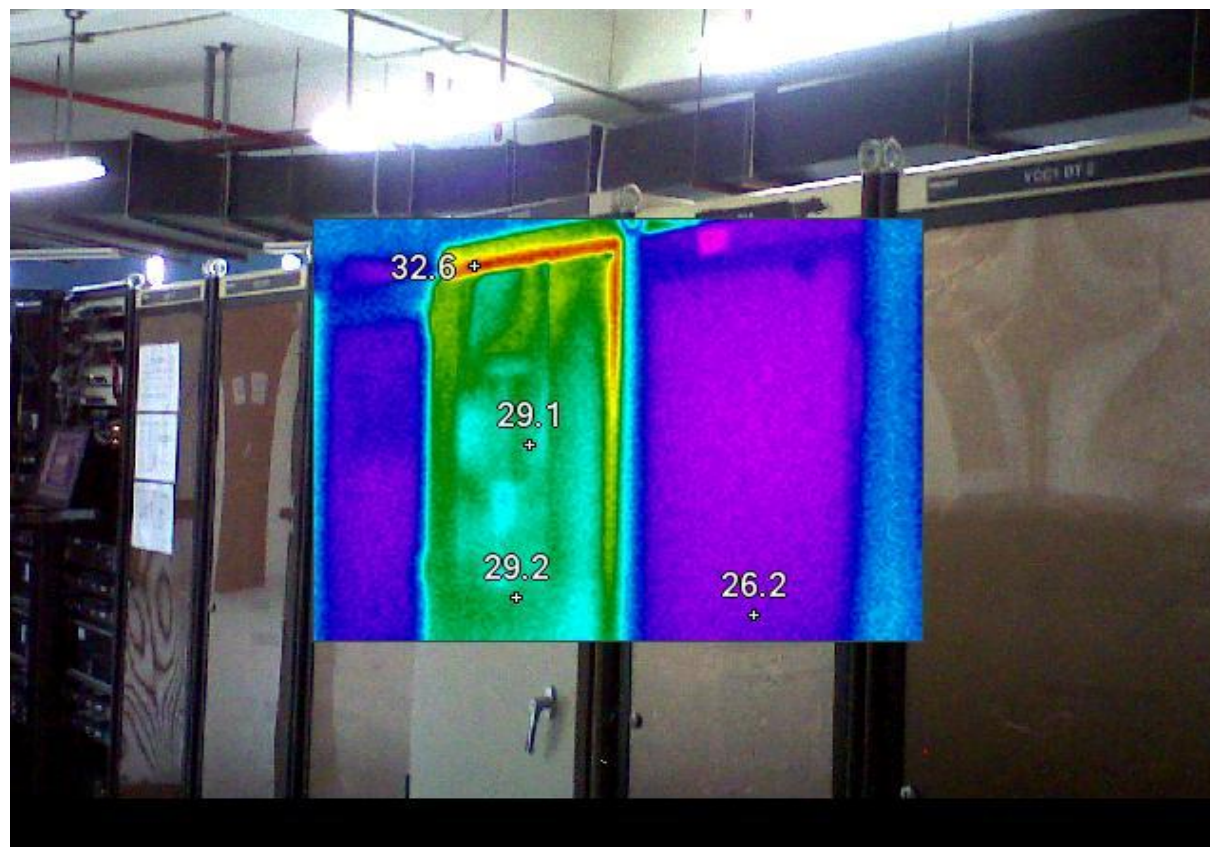
电容器

- 电容器温度一般不得超过 80°C ，过热容易导致器件损坏甚至爆炸。



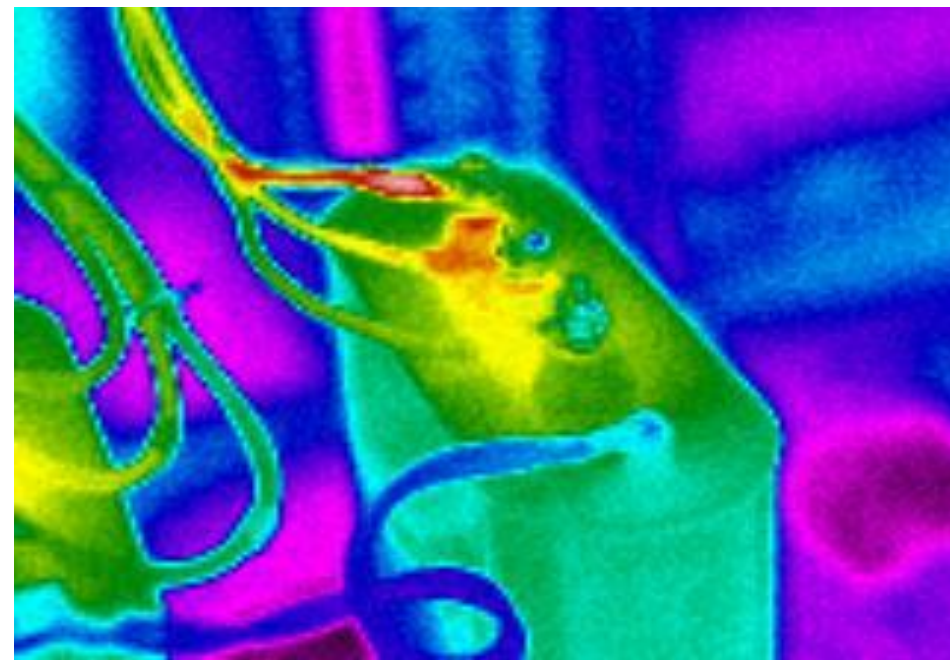
机柜检测

- 检测机柜外表面温度可以及时发现机柜内设备存在的问题。



UPS电源维护

- 大型**UPS**电源的电池组放电电流较大，使用热像仪可以快速检测电池组各连接端子接触情况以及各单体电池的温度状态。



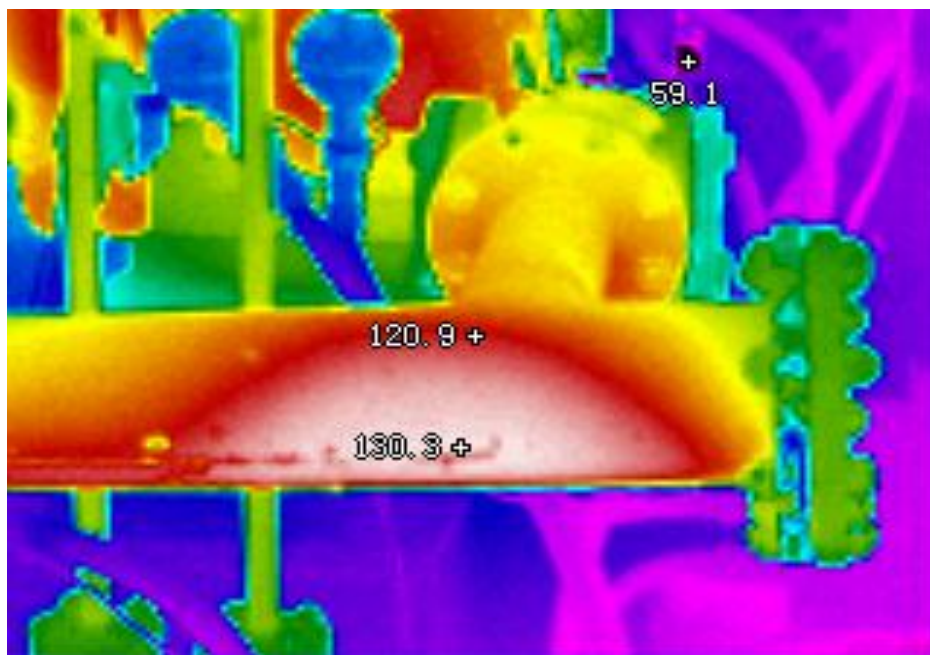
电气设备维护注意事项

- 大型**UPS**电源的电池组放电电流较大，使用热像仪可以快速检测电池组各连接端子接触情况以及各单体电池的温度状态。

机械及机电设备检测

管道

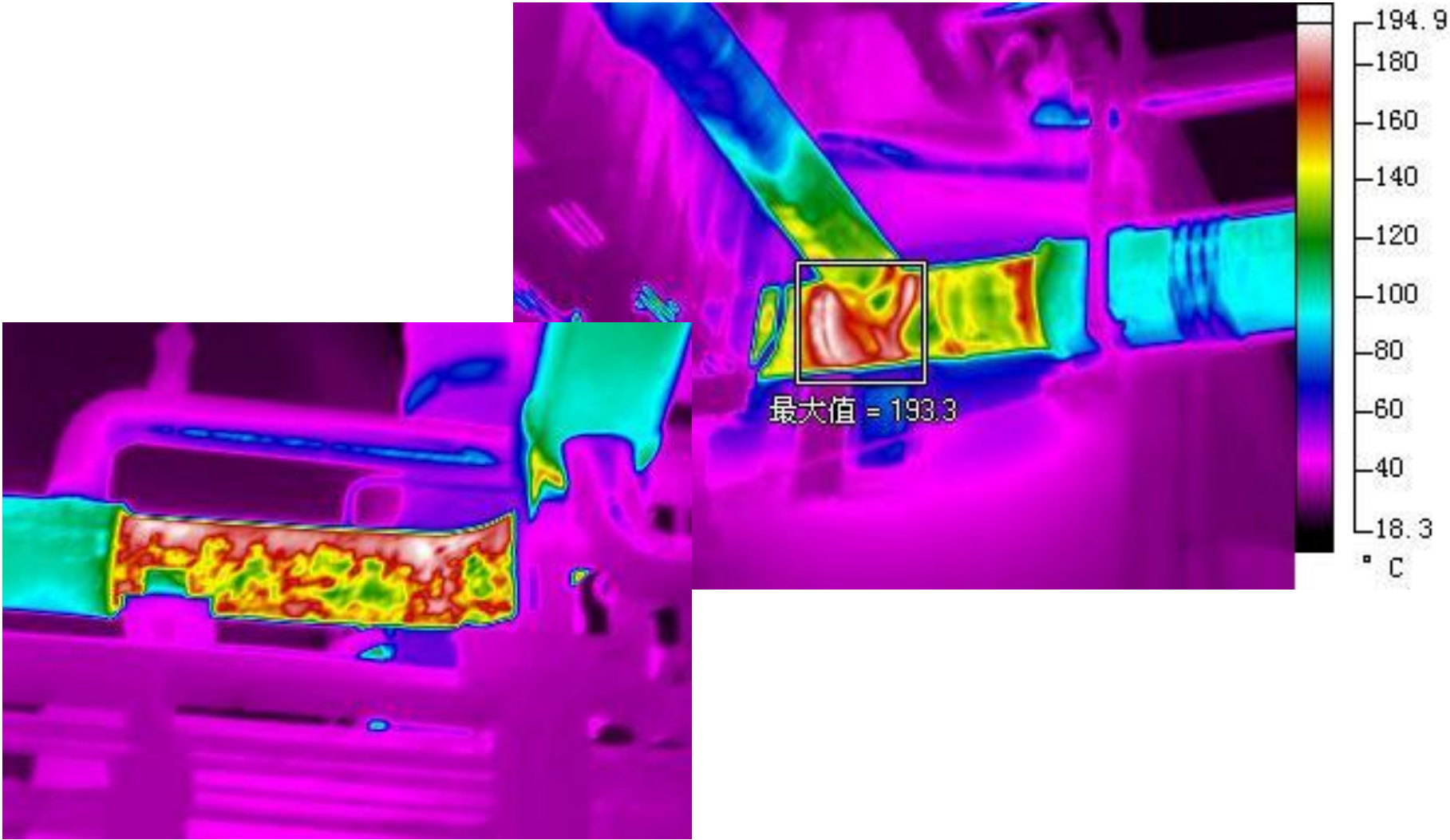
- 红外热像仪可以方便地查看管道的保温隔热层有无损坏，或是否有泄漏的隐患。



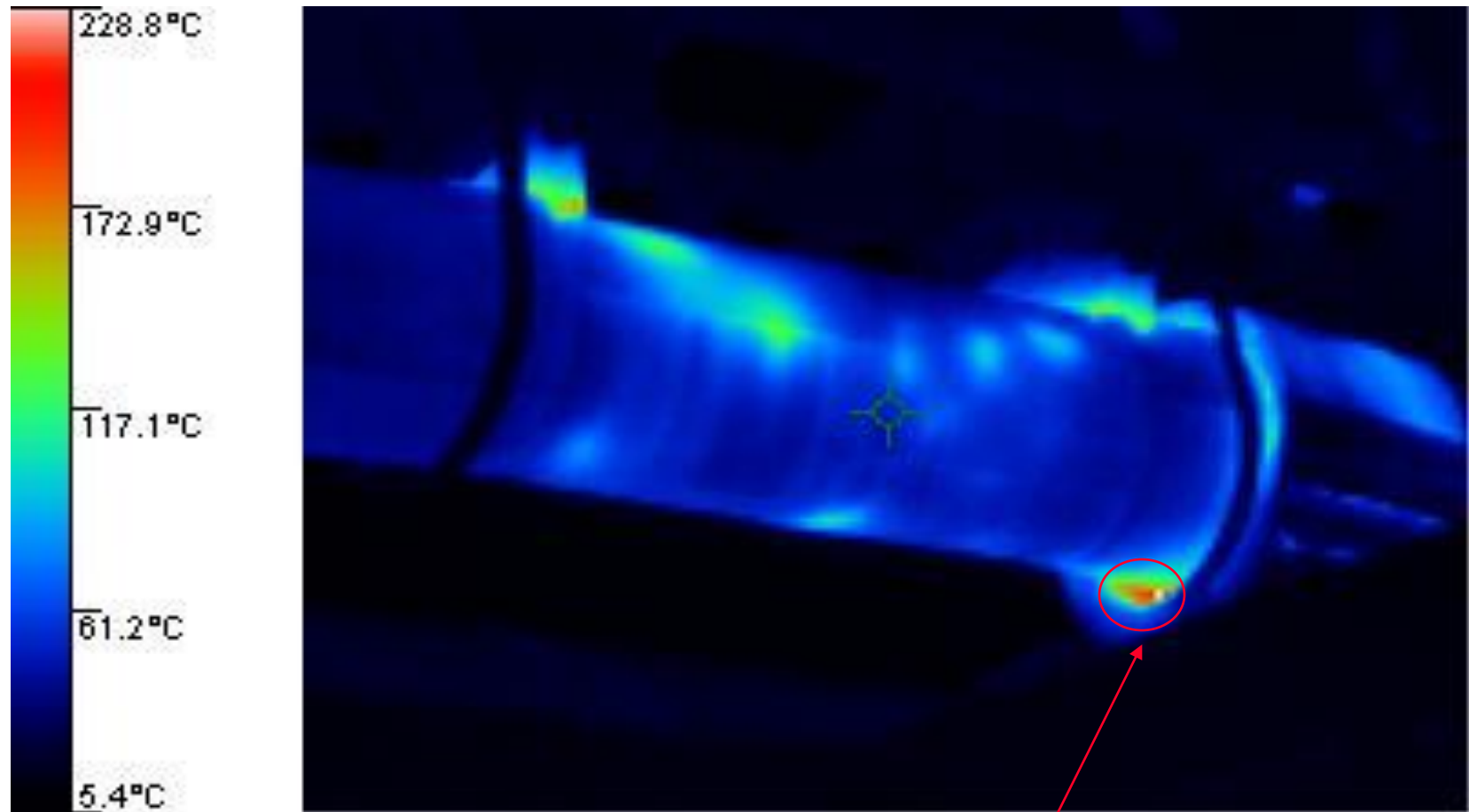
管道

- 管道堵塞，由于堵塞部位和其他部位的热传导系数不同导致温差。
- 管道内壁受气蚀、磨损或腐蚀导致减薄，其温度会比正常部位温度偏高，从而可以检测出故障。
- 管道由于局部温度波动较大导致材料热疲劳造成裂纹、泄漏，故障处会渗漏管道内介质，如果管道内介质为低温介质（如氨气）或是高温介质时，管道渗漏介质与管道外壁温差不同。
- 管道保温脱落，其脱落处温度偏大，可在热像图中清晰显示。热像仪还可检测出管道温度，作为保温是否达到规定效果的判断依据。

管道



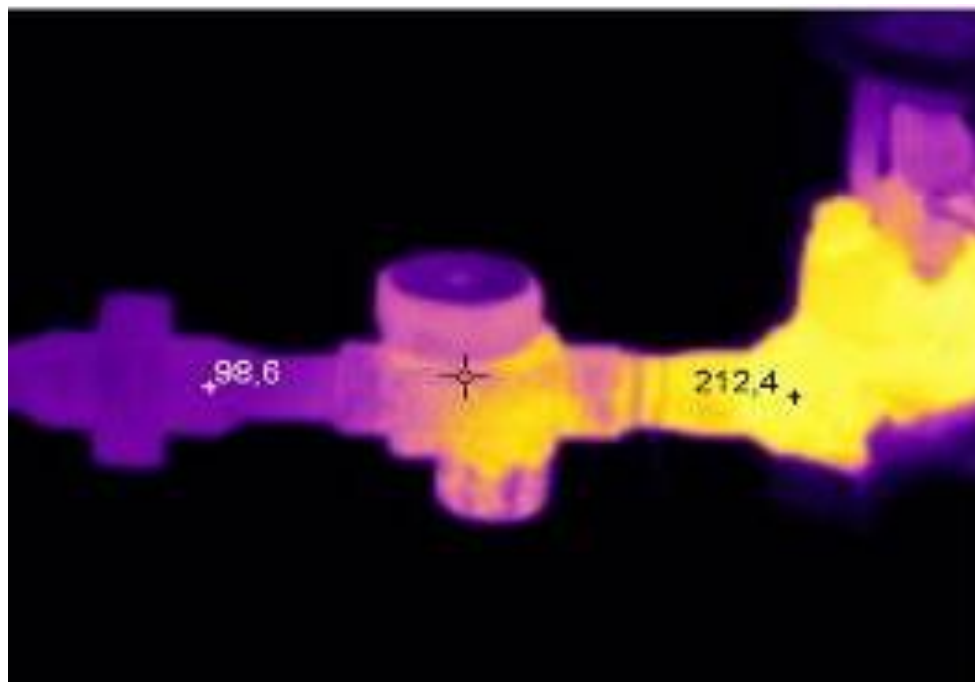
连接法兰



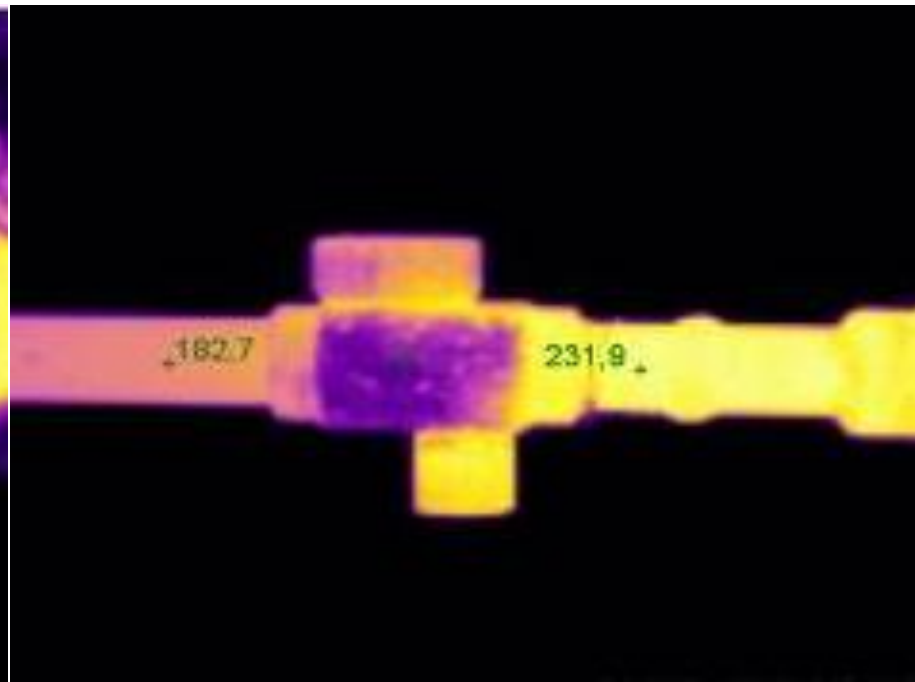
法兰连接处泄漏

阀门内漏

- 检测阀门内漏需要将阀门关闭**30分钟**以上，并确保管道内输送的物体温度不同于常温。



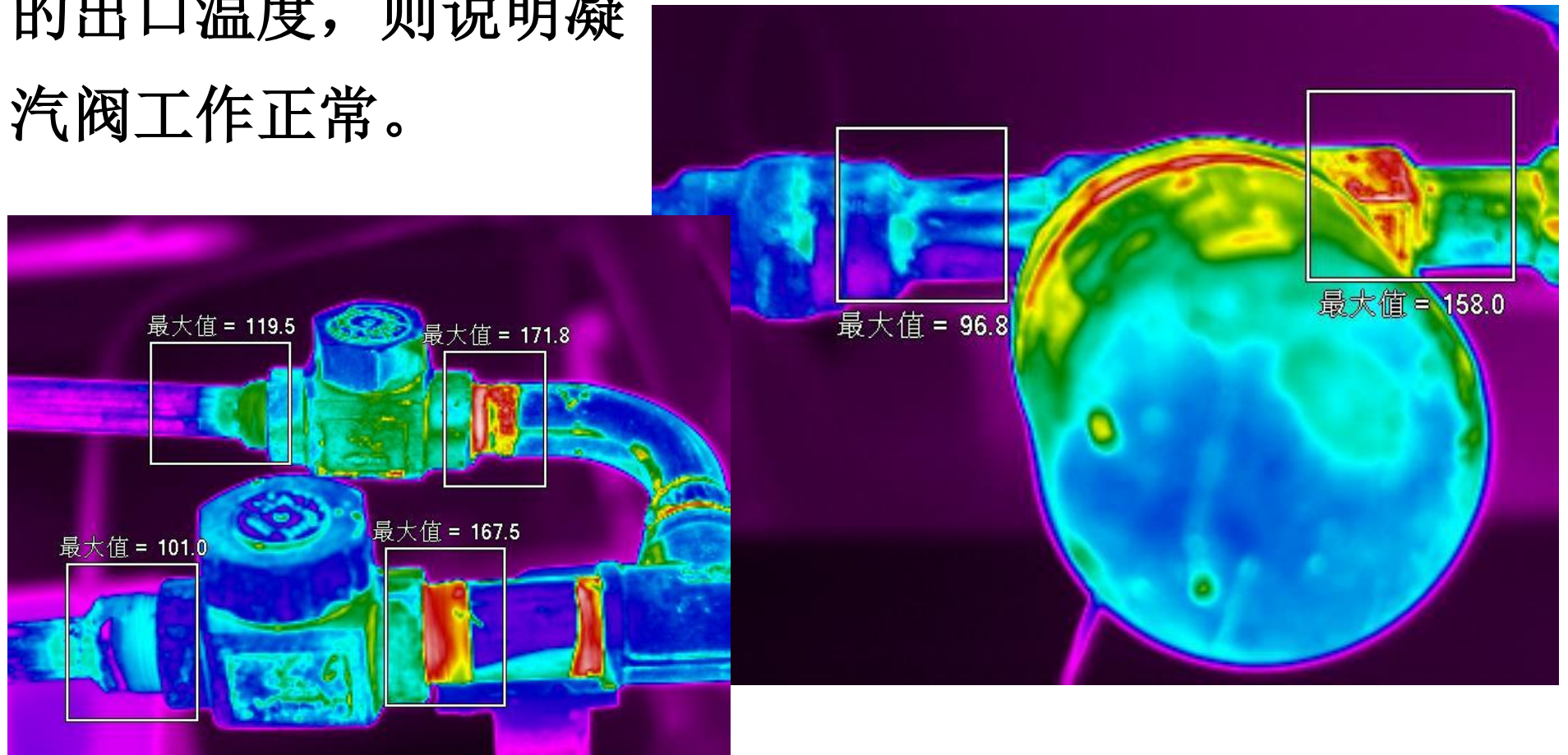
阀门正常



阀门内漏

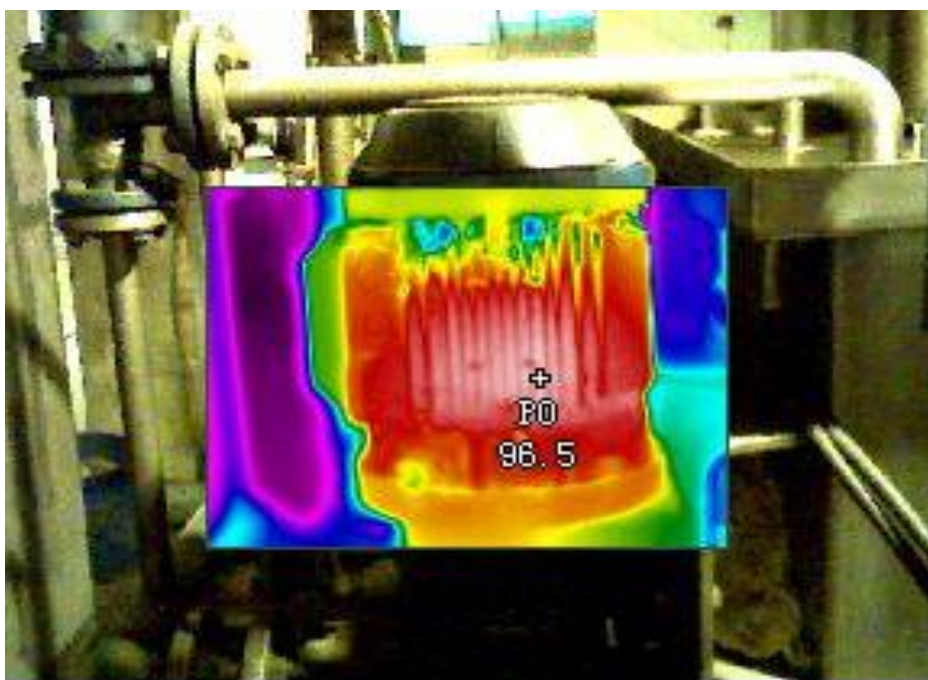
凝汽阀

- 一般来说，如果热图像显示较高的进口温度和较低的出口温度，则说明凝汽阀工作正常。



电机检测

- 电机发生过热后会导致加速老化，造成故障，引发停产事故。



电机检测

- 电气接线（电气接线盒外壳）

问题点：接线端子过热

可能原因：连接松脱、接线端子氧化腐蚀、连接过紧。

建议措施：重新连接或更换接线端子。

- 电机外壳温度分布

问题点：外壳部分区域温度过高

可能原因：内部铁芯、绕组因绝缘层老化或损坏导致短路。

建议措施：拆卸外壳进行检修。

电机检测

- 外壳整体温度过高

可能原因：空气流动不充分导致散热故障。

建议措施：如果停机时间短，则只对电机空气进口格栅进行清洗；并在下一次有计划的停机检修中，安排一次彻底的电机清洗。

- 与电机连接的轴承、联轴器

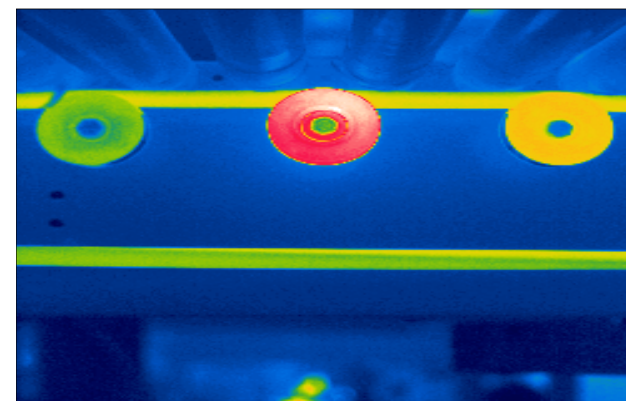
问题点：轴承、联轴器温度过高

可能原因：润滑不良或轴未对中。

建议措施：检查润滑情况或对轴进行调整。

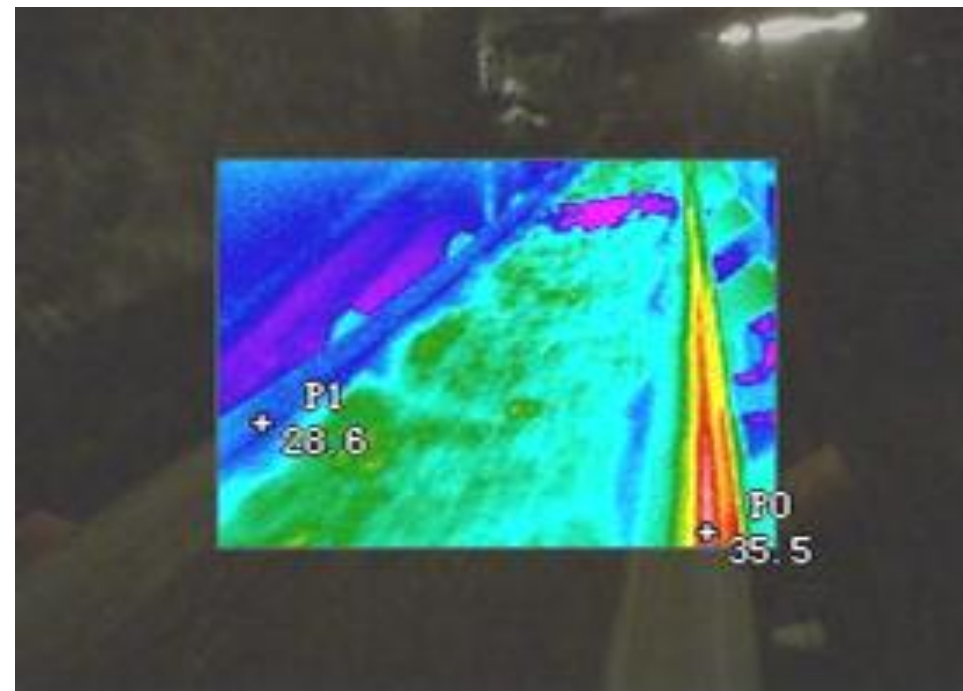
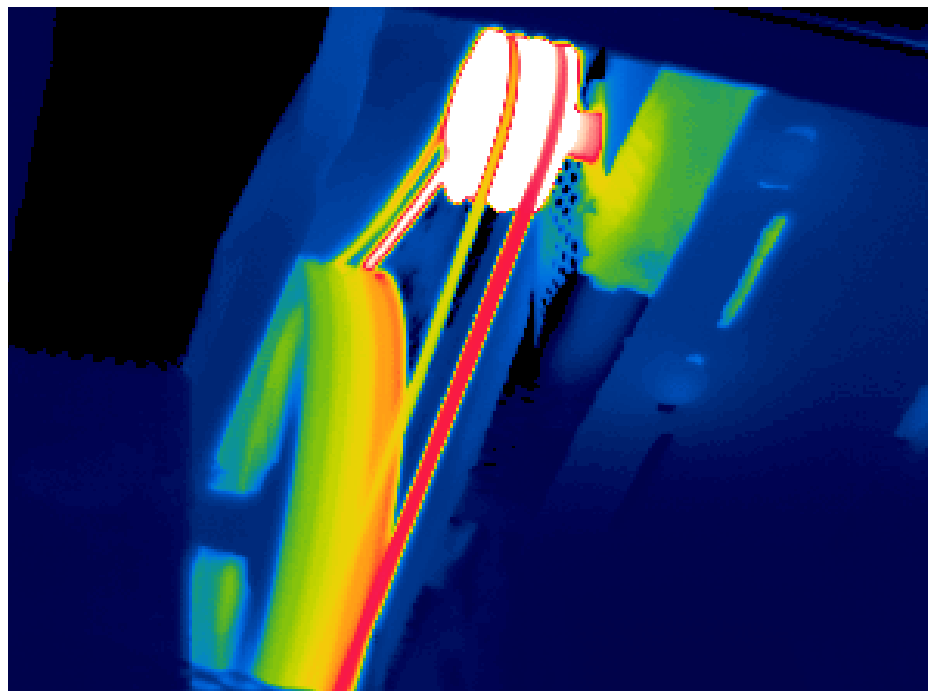
轴承

- 轴承故障可能导致火灾、机械应力、皮带磨损以及增加电气负载。



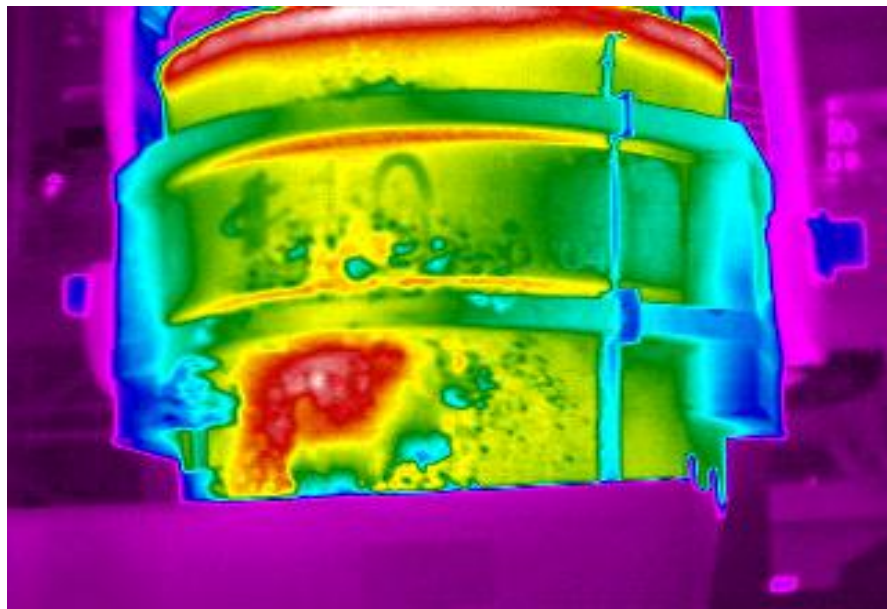
皮带与传送带

- 橡胶制的皮带与传送带发生过热后会加速老化，造成断裂，使设备运行中断。



加热系统内衬脱落

- 内衬的脱落不仅对能源利用是极大的浪费，同时更可能成为事故的源头。

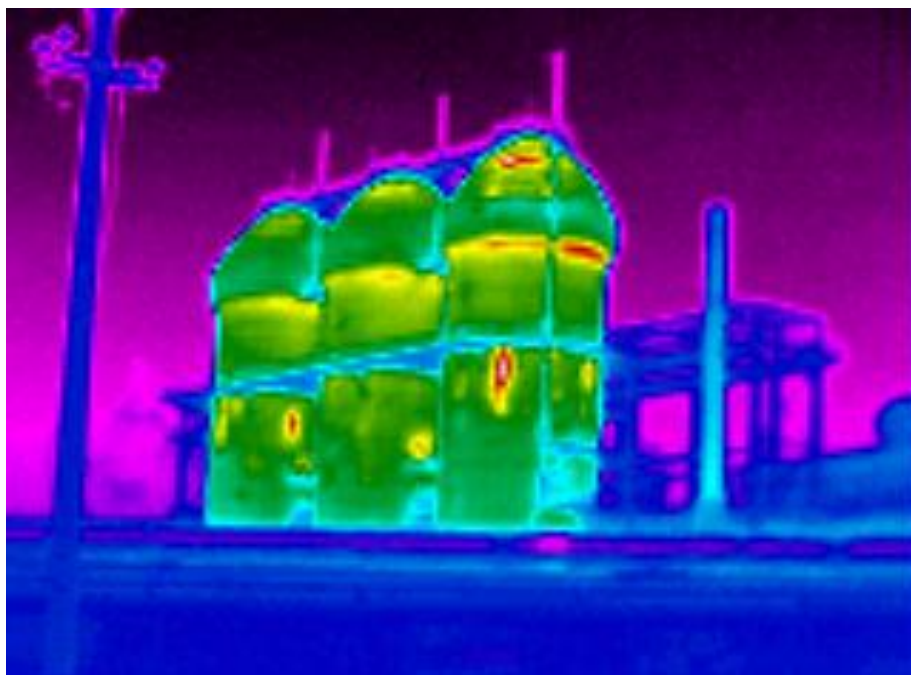


钢包

问题：类似的设备还有哪些？

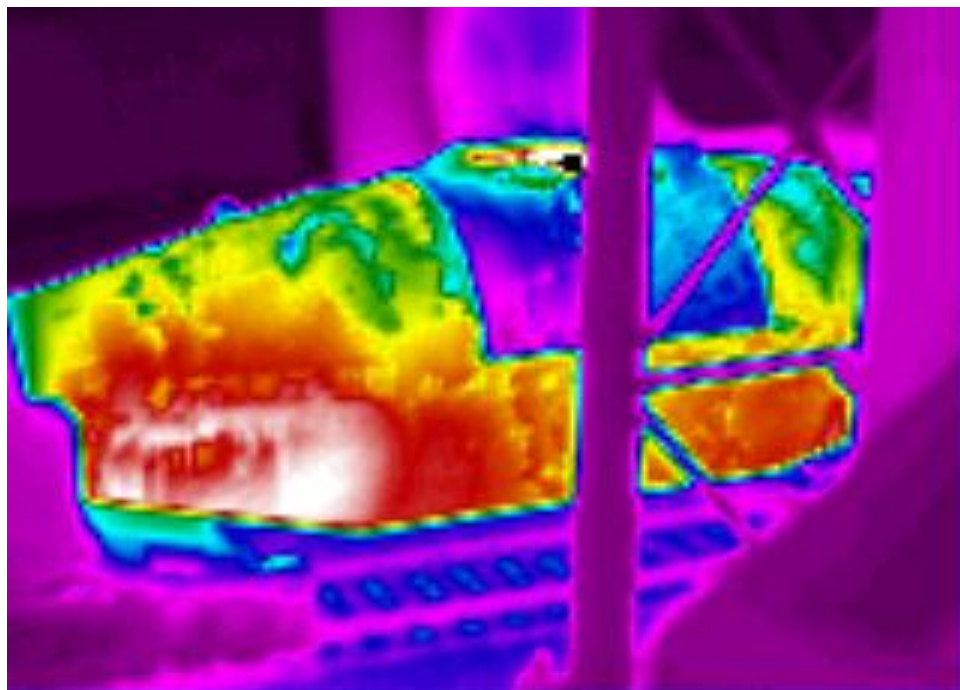
热风炉

- 热风炉的衬里在生产中容易被烧坏，烧损位置不易发现。
- 热像仪可以检测衬里的破损位置，及时进行检修，延长热风炉的使用寿命。

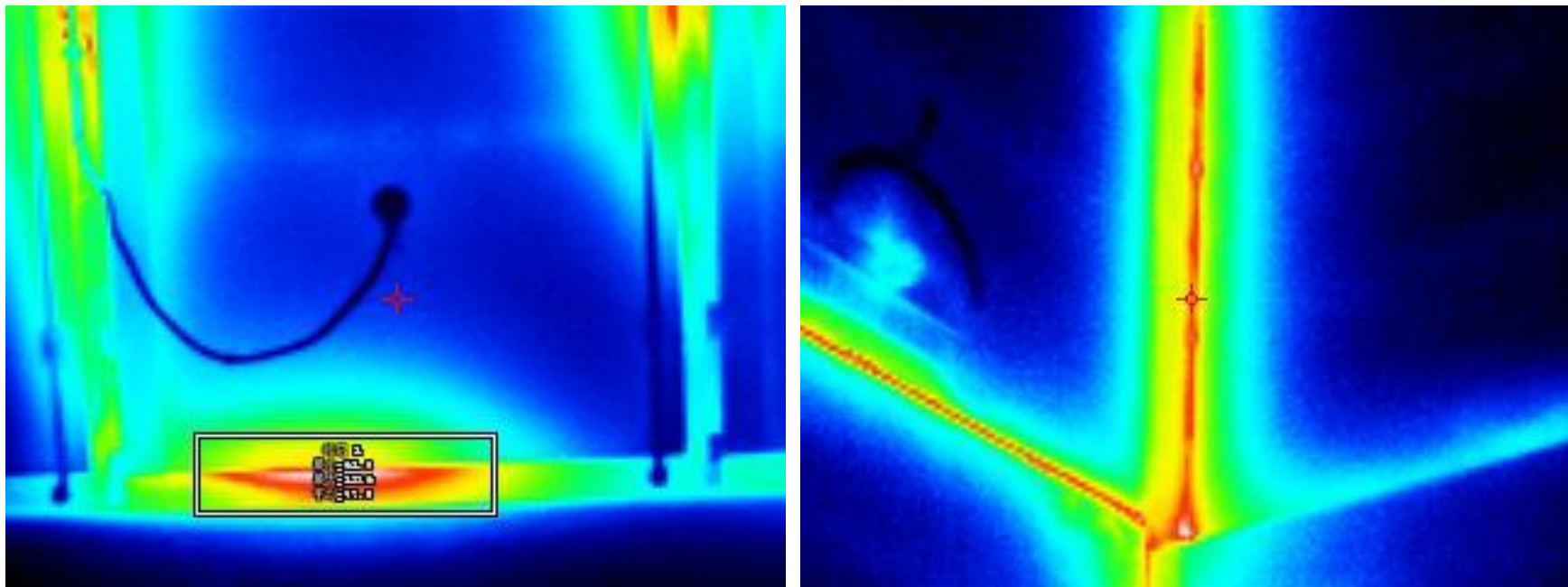


鱼雷罐车

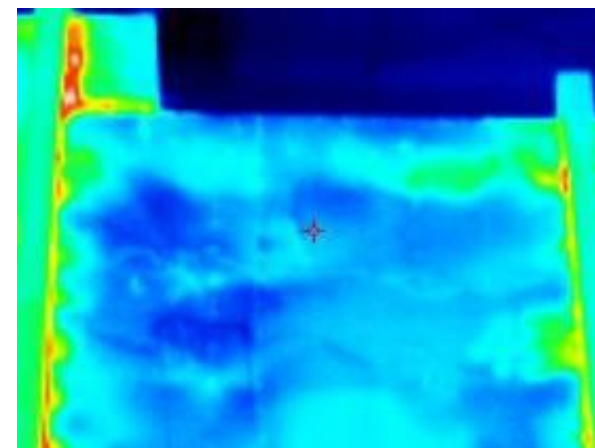
- 通过红外热像仪检测其衬里损坏状况，沉渣位置等，从而避免铁水泄漏事故。保证生产安全、平稳的运行。



节能改造



- 红外热像图还可做为加热炉改造完成后的验收依据。



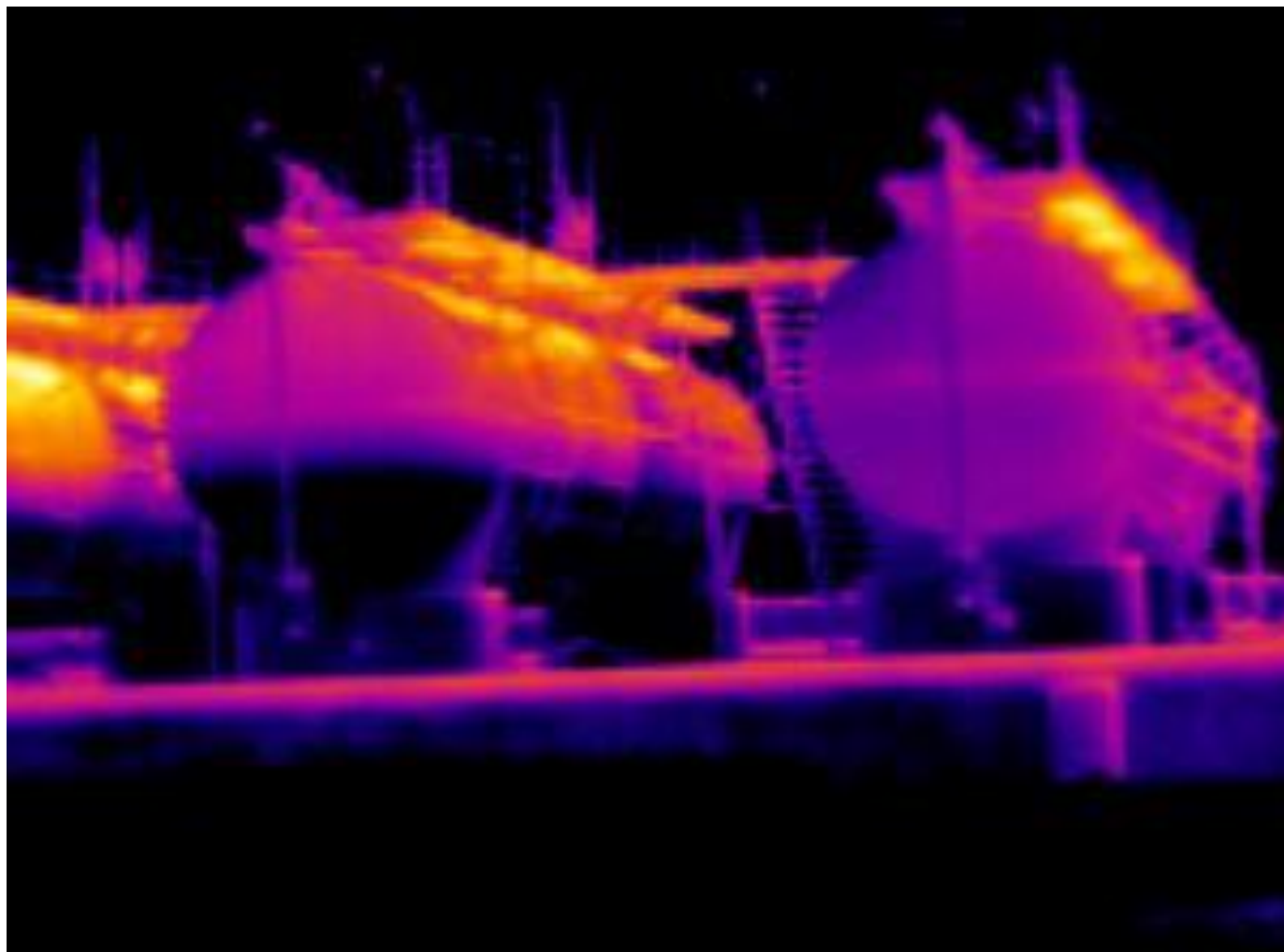
储罐液位线检测



问题1： 红外热像为什么可以测量液位线？

**问题2： 在有液位计的情况下为什么还要进行
红外热像液位线检测？**

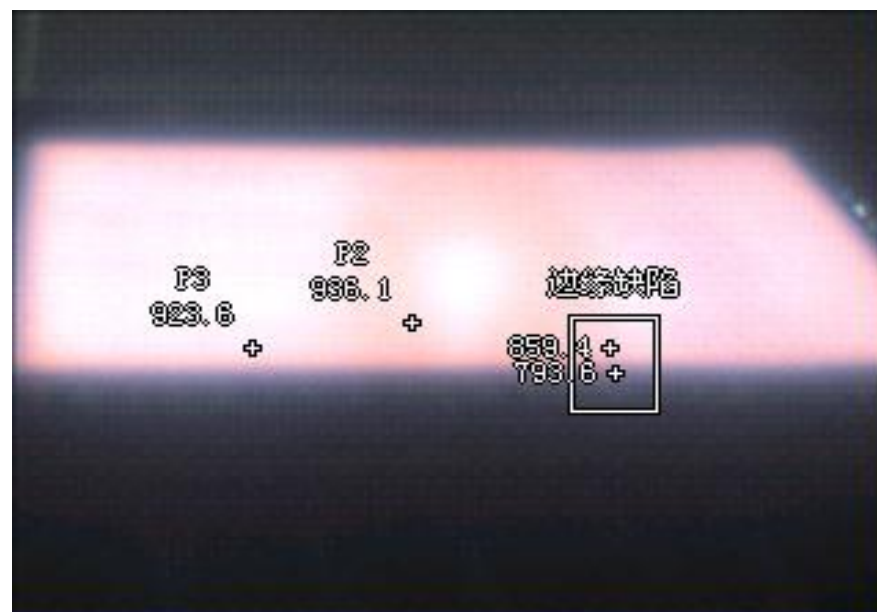
液化天然气罐液位线



过程温度检测

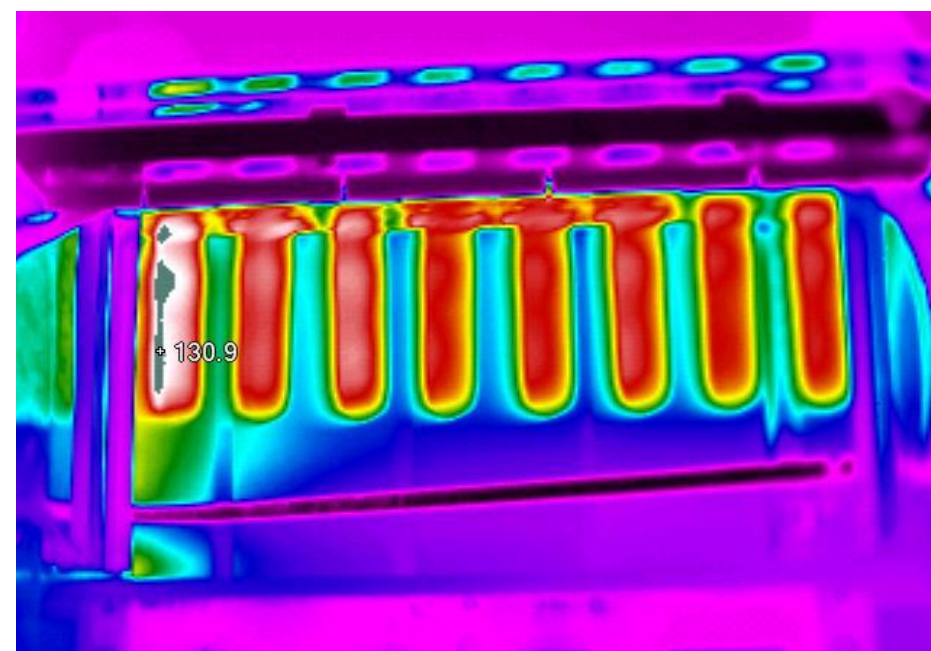
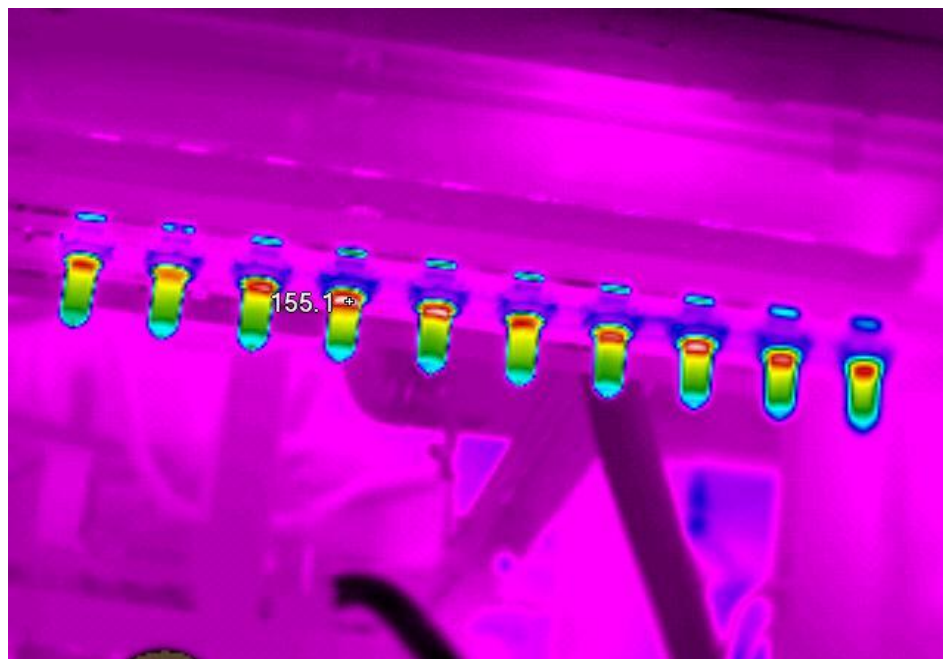
连铸板坯

- 连铸是把液态钢用连铸机浇注、冷凝、切割而直接得到铸坯的工艺，铸坯的表面质量好坏是实现直接轧制的前体条件。
- 红外热像仪可以进行连铸板坯和出炉板坯缺陷的检测，从而保证板材质量。



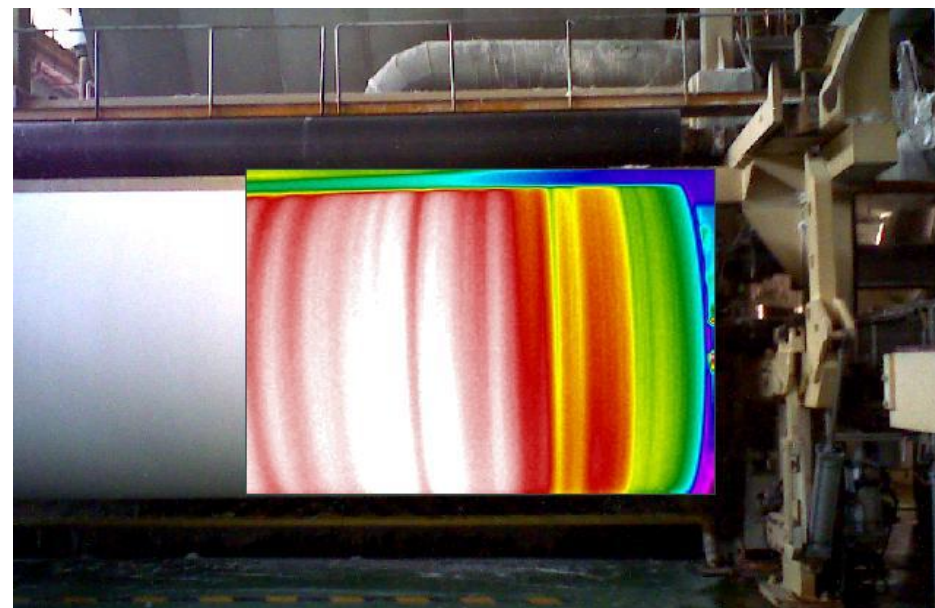
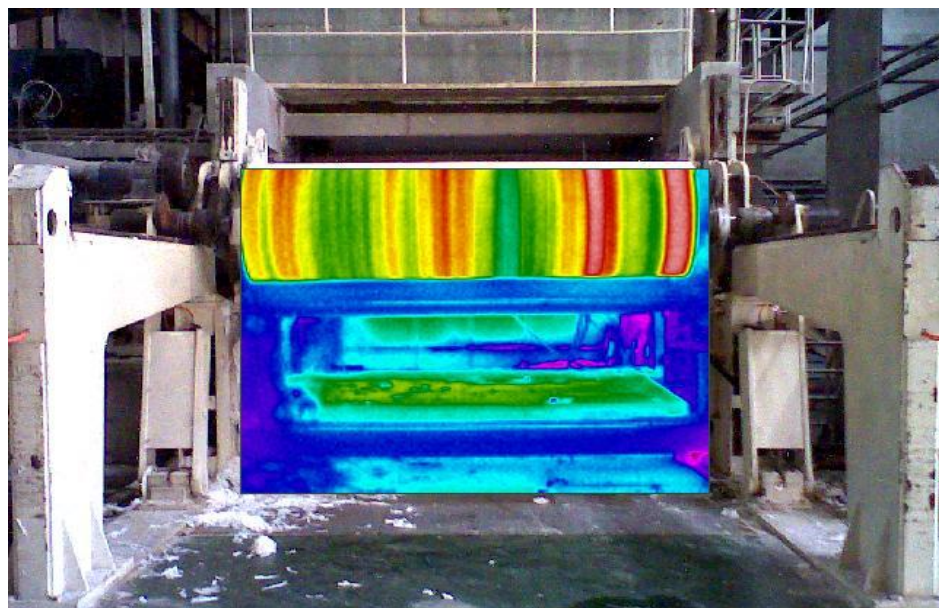
吹瓶机瓶坯温度检测

- 瓶胚温度按照外型进行控制，可大幅提高成品率，并显著减少原料消耗。



滚筒检测

- 可以依据滚筒表面的温度分布，调整加热系统的功率及配置，使产品质量得到更好的控制。



互动时间

请问还有其他的应用点或问题吗？