

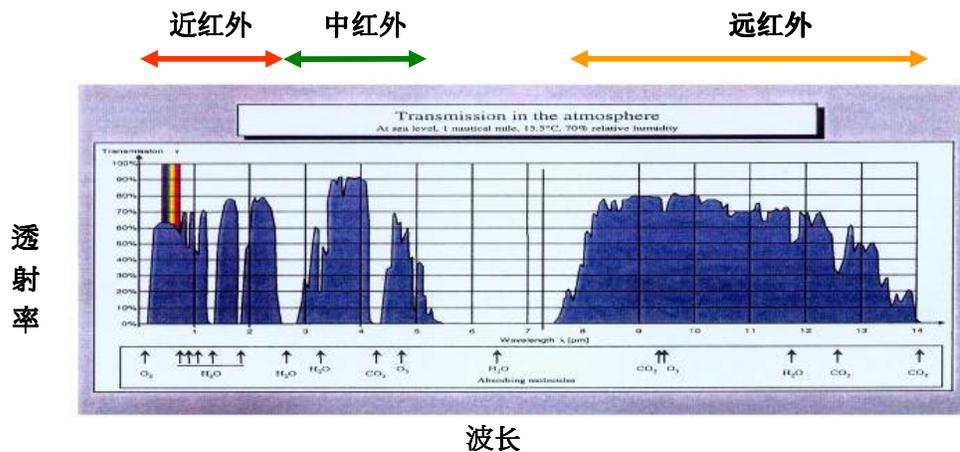
红外热成像技术在采矿设备维护中的应用

发热常常是设备损坏或功能故障的早期征兆，这使它成为在预测性维护 (PDM) 计划中所监视的一个关键性能参数。进行红外热像预测性维护的技术人员定期对关键设备的温度进行检查，从而可以随时间跟踪设备的运行状况，并快速发现异常读数以便进一步检查。通过监视设备性能并在需要时安排维护，可降低因设备故障而发生的非计划性停产的可能性，减少维护费用和设备维修的成本，延长设备资产的寿命，并最大限度地提高维护效果和生产能力。

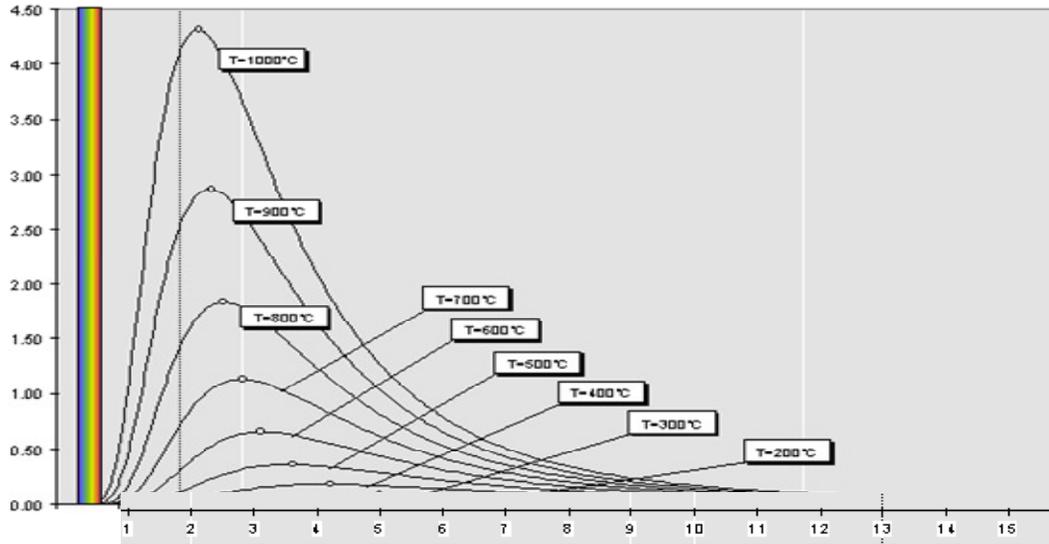
一、红外热像技术原理

1800年英国的天文学家William Herschel 用分光棱镜将太阳光分解成从红色到紫色的单色光，依次测量不同颜色光的热效应。他发现，当水银温度计移到红色光边界以外，人眼看不见任何光线的黑暗区的时候，温度反而比红光区更高。反复试验证明，在红光外侧，确实存在一种人眼看不见的“热线”，后来称为“红外线”，也就是“红外辐射”。自然界任何物体，只要温度高于绝对零度(-273.15 C°)，就会以电磁辐射的形式在非常宽的波长范围内发射能量，产生电磁波(辐射能)。

红外线在大气中穿透比较好的波段，通常称为“大气窗口”。红外热成像检测技术，就是利用了所谓的“大气窗口”。短波窗口在1~5 μ m之间，而长波窗口则是在8~14 μ m之间。



每单位波长和波谱区域的辐射量——光波辐射量 ($W/m^2 \times \mu m$)



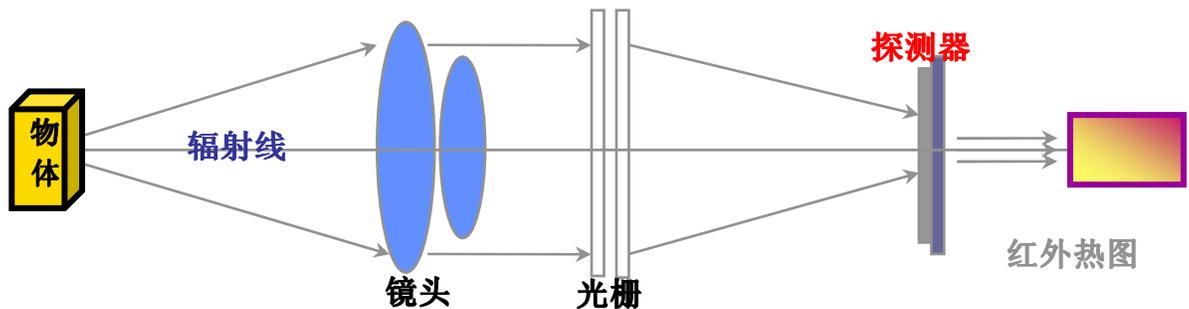
普朗克定律

从普朗克定律可以得知，物体的温度越高，其辐射得峰值能量就越偏向短波方向，故红外热像仪，特别是用以建筑检测得红外热像仪，其工作波段通常在8-14 μm 的长波波段，建筑用红外检测的温度范围一般在-20-100°C范围内。

红外热像仪是一种新型的光电探测设备，可将被测目标表面的热信息瞬间可视化，快速定位故障，并且在专业的分析软件的帮助下，可进行分析，完成建筑节能、安全检测和电气预防性维护工作。

热像仪由两个基本部分组成：光学器件和探测器。

光学器件将物体发出的红外辐射聚集到探测器上，探测器把入射的辐射转换成电信号，进而被处理成可见图像，即热图。

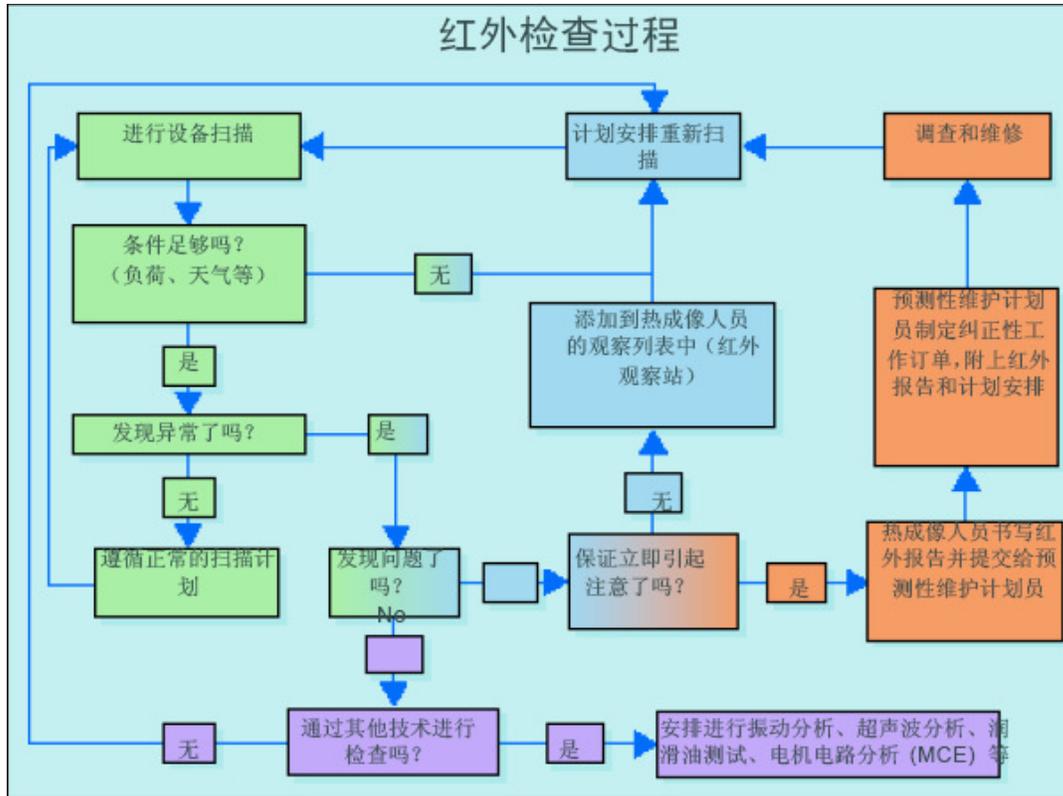


二、设备预测性维护介绍

红外热成像仪是预测性维护计划中的第一道防线。技术人员可以迅速测量并比较检查路线上每台设备的热量特征，无需中断设备运行。

如果温度与以前的读数有明显的不同，则可以使用其他维护技术（振动分析、电机电路分析、空气超声波分析以及润滑油分析等）来调查问题原因，并决定下一步的行动。

为获得最佳结果，将您的所有维护技术集成到同一个计算机系统内，以便它们共享相同的设备列表、历史数据、报告和工作订单。在将红外数据与来自其他技术的数据进行关联之后，就可以一种综合的形式来报告所有机器设备的实际运行状况。



三、红外热像设备预测性维护过程

1. 开始时使用来自计算机化维护管理系统 (CMMS) 或其它库存管理工具的现有设备清单。
2. 摒弃了不适于红外测量的部件
3. 检查维护和生产记录。对易于出故障或经常引起生产问题的关键设备进行优先级排序。
4. 用一个数据库或电子表格程序，按区域或功能将关键设备集中在一起，划分为几个大致 2-3 小时的检查区。
5. 使用热成像仪来获取每台关键设备的基准图像注意：在某些设备上，您可能要定期捕获关键部件或子系统的多个热图像。
6. 将基准图像下载到软件中，并在需要时通过位置名称、检查说明、发射率以及 RTC 和报警值来对您的检查路线进行归档。
7. 当要进行下一次检查时，如果您的热成像仪支持数据上载，则只需将以前的检查图像装到成像仪中，并按屏幕提示进行操作。

四、应用介绍

1 电机检测

电机的部件较多，发生故障的部位及原因也较多，通过红外热像仪可发现以下问题：

A 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。

问题点：电缆过热

可能原因：不平衡电压或过载。

建议措施：使用万用表、钳表或电能质量分析仪予以确认具体原因。

B 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。

问题点：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

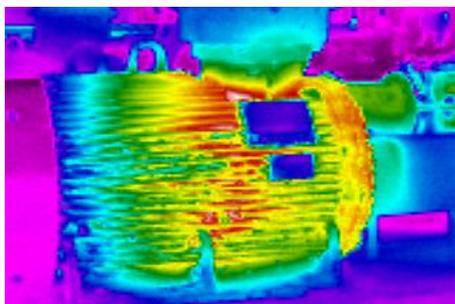
彻底的电机清洗。

C 与电机连接的轴承、联轴器

问题点：轴承、联轴器温度过高

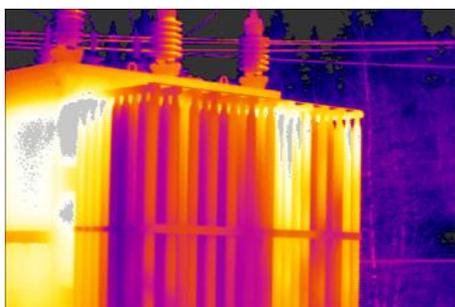
可能原因：润滑不良或轴未对中。

建议措施：检查润滑情况或对轴进行调整。



2 变压器检测

变压器箱体由于油路管道堵塞、涡流损耗、内部异常、铁芯绝缘不良等造成发热，红外热像仪对变压器箱体的检测可以使变压器箱体始终处于正常温度，避免变压器因温度过高而损坏。

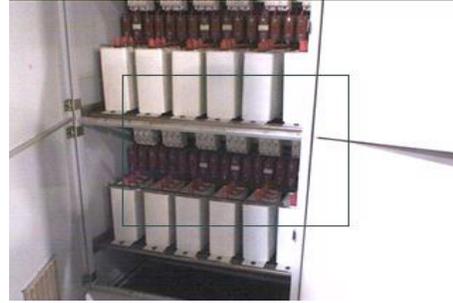
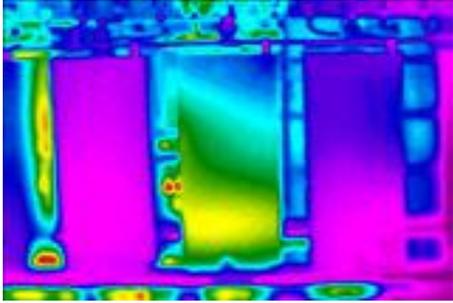


3 电容器柜

电容器在供电系统中主要作无功补偿或移相使用，大量装设在各级变配电系统里。在用电负荷较高的行业（如石化、冶金、造纸、汽车等），电容器柜是车间内最常见的电气设备，其发生故障的频率相对较高；一旦电容器发生故障，轻则会影响到供电质量，严重时还会引发爆炸，导致停产事故。电容器内部的电介质或载流导体附近电气绝缘的电介质在交流电压作用下引起的能量损耗（介质损耗），即使在正常状态下，设备内部的介质和导体周围的绝缘介质在交流电压作用下，也会有介质损耗发热。当绝缘介质的绝缘性能出现缺陷时，会引起介质损耗增大，电容值变大，导致介质损耗发热功率增加，从而引起设备运行温度增加。

根据 DL/T 664 《带电设备红外诊断技术应用导则》，耦合电容器的异常热像特征为整体

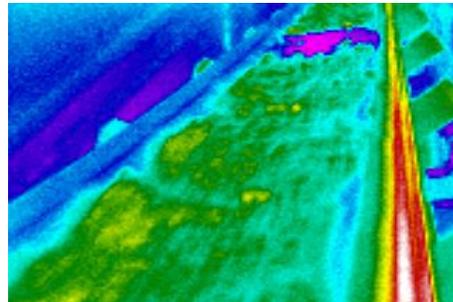
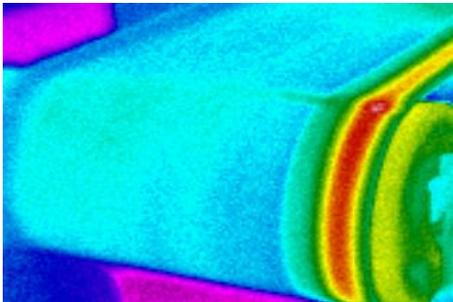
或局部有明显发热，允许的最大温升为 1.5 °C（膜纸型），允许的同类温差为 0.5 °C（膜纸型）。



4 传送带和皮带轮

橡胶制传送带的应用范围最广，但橡胶因受长期摩擦或过热轴承的热量传递，容易发生老化、导致断裂，严重时会引起停产等生产事故。红外热像仪可在橡胶传送带发生过热、老化的初级阶段及时发现故障隐患，避免事故损失。

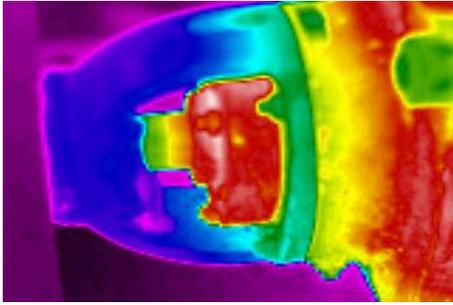
在橡胶传送带上受到两个摩擦力：一是与传送带上物体的静摩擦力，若物体与传送带有相对运动，静摩擦力则变为动摩擦力；二是与传动轴的静摩擦力，若传送带发生老化，与轴承间也将转变为动摩擦力。动摩擦力比静摩擦力给传动带造成的发热量大，橡胶是容易受到高温老化的材料，长时间处于高温状态下，橡胶会发生损坏、断裂。此外，由于传送带上的物品放置不平衡，导致传送带向一侧倾斜，也会导致橡胶传送带与一侧的传动轴的压力增大，造成橡胶传动带局部过热。



5 轴承检测

轴承的过热会直接导致电机故障，造成生产线的突然中断，但轴承工作时运转速度很快，无法使用接触式温度计，红外热像仪通过非接触手段，可对轴承的温度进行检测，及时发现轴承过热故障，保证正常的生产。

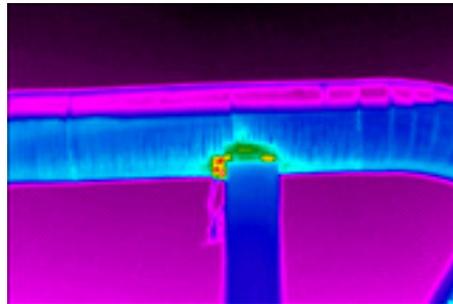
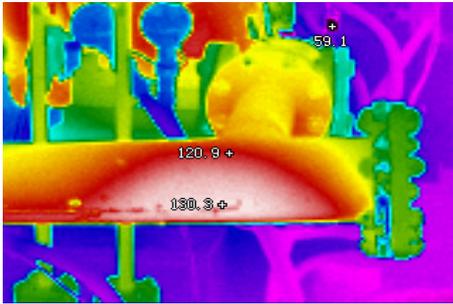
所有旋转设备都在系统的摩擦点（即轴承）处产生热量。润滑可降低摩擦，因而可减少并在不同程度上（取决于润滑类型）将热量散发。通过热成像方法，我们可以在揭示轴承状况时，形象地观察到这一过程。当热图像指示出有过热的轴承时，我们应该做出一个维护决定，将轴承更换或者润滑。



6 管道泄漏检测

对管道进行温度检测一般有以下应用：

- A 管道堵塞，由于堵塞部位和其他部位热容量不同导致温差，这些温差传递到管线外壳，就可以使用红外热像仪在管道外部拍摄到故障。
- B 管道内壁受磨损或是腐蚀导致减薄，其温度会比正常部位温度偏高，从而可以检测出故障。
- C 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，可使用红外热像仪拍摄到故障。
- D 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。

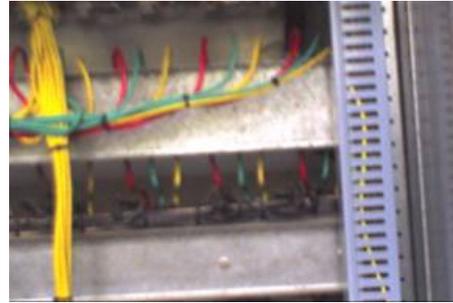


7 三相不平衡、过载、谐波检测

过载就是负荷过大，超过了设备本身的额定负载，产生的现象是电流过大，用电设备发热，线路长期过载会降低线路绝缘水平，甚至烧毁设备或线路；

三相不平衡：是指在电力系统中三相电流（或电压）幅值不一致，且幅值差超过规定范围。变压器内产生环流(及过热),并可使电动机的效率降低。

电力系统中有非线性（时变或时不变）负载时，即使电源都以工频 50HZ 供电，当工频电压或电流作用于非线性负载时，就会产生不同于工频的其它频率的正弦电压或电流，这些不同于工频频率的正弦电压或电流，用傅氏级数展开，就是人们称的电力谐波。谐波使电能的生产、传输和利用的效率降低，使电气设备过热、产生振动和噪声，并使绝缘老化，使用寿命缩短，甚至发生故障或烧毁。谐波可引起电力系统局部并联谐振或串联谐振，使谐波含量放大，造成电容器等设备烧毁。谐波还会引起继电保护和自动装置误动作，使电能计量出现混乱。对于电力系统外部，谐波对通信设备和电子设备会产生严重干扰。

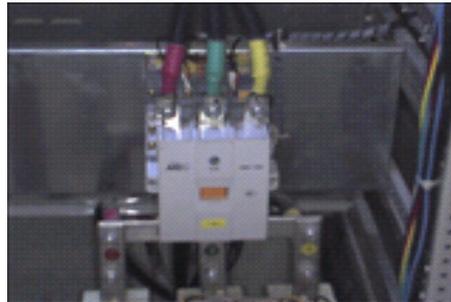
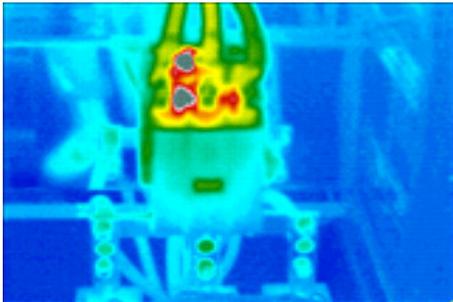


8 电气接头检测

所谓电气设备热缺陷，通常是指通过一定手段检测得到，由于其内在或外在原因所造成的发热现象。根据缺陷所产生的原因不同，我们通常归纳为以下几类：

- A 长期暴露在空气中的部件，由于温度湿度的影响，或表面结垢而引起的接触不良。
- B 由于外力作用所引起的部件损伤，因而使得的导电截面积减少而产生的发热。如接头连接不良，螺栓，垫圈未压紧 或过紧。
- C 长期运行腐蚀氧化；大气中的活性气体、灰尘引起的腐蚀；元器件材质不良，加工安装工艺不好造成导体损伤；机械振动等各种原因所造成的导体实际截面降低。
- D 负荷电流不稳或超标等。
- E 由于电器内部本身故障，如内部连接部件接触不良导致的电阻过大。

我们知道，发热功率（P）与接触电阻（R）、通过电流（I）的平方成正比。正常时，这些连接处（部位）的电阻在允许范围，通过额定工作电流后发热也在设计允许值以内，所以不会影响设备的安全运行。由于以上因素使接触电阻异常，电流通过时发热功率增大，而且通电时间越长、电流越大，会产生异常发热，使温升异常增加，就会产生缺陷。

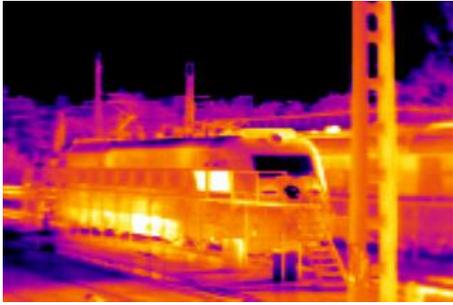


9 铁路运输检测

9-1 电力机车检测

电力机车内部有大量的电力设备，其运行时会产生很大的热量，同时由于连接件松动、设备问题等原因将造成机车故障，严重时会导致事故的发生，红外热像仪可以在机车停车间隙进行巡检，及时发现机车内部的设备隐患，避免事故的发生。

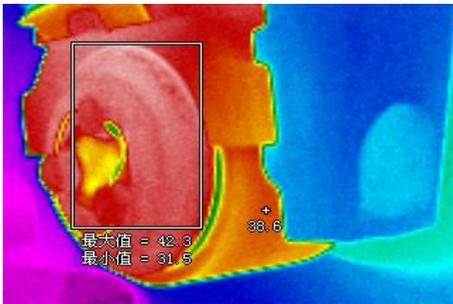
电力机车内部涉及到红外热像仪检测的部件主要有：主变压器、调压开关、变流装置、牵引电动机、电子控制柜、制动电阻柜等。



9-2 轮轴检测

目前，随着车速的提高，轮轴温升的问题愈发重要。这就需要加强对轮轴温升的监控。当轮轴的温度高于环境温度 40℃以上的，就必须立即更换，否则会损害轴承强度及刹车片性能，导致事故，所以当列车进站后就需要进行轮轴的检测，每次发现的温度过高情况都需要进行记录并做标记（最高温度的轮轴的位置也需要记录）。

火车的轮轴安装不当和超负荷运转时，与轴瓦摩擦会产生大量的热量，严重时会使整个车轴发热变红，最后发生车轴断裂，造成翻车事故，红外热像仪可以通过非接触测量来及时发现过热的轮轴，避免因轮轴温度过高发生行车事故。



五、Fluke 红外热像仪简介

福禄克红外热像仪具有下列特点：

- 1 具有专利的红外—可见光融合技术，精确快速定位目标。
- 2 坚固耐用，可靠性高。（唯一的可承受 2 米的跌落的热像仪）
- 3 多种镜头选择，满足不同目标的测量。
- 4 专业应用软件满足热图深入分析的需求。
- 5 高热灵敏度，可探测及小温差。