

# 热成像监控技术在海外油气管道工程中的应用

张皓若<sup>1\*</sup>, 王怡玮<sup>2</sup>, 毛炳强<sup>3</sup>

<sup>1</sup>中国石油管道局工程有限公司国际事业部, 河北 廊坊

<sup>2</sup>中国石油集团工程股份有限公司, 北京

<sup>3</sup>国家石油天然气管网集团有限公司油气调控中心, 北京

Email: \*360727502@qq.com

收稿日期: 2021年6月10日; 录用日期: 2021年8月28日; 发布日期: 2021年9月6日

---

## 摘要

在海外高风险地区, 油气站场安防要求工业电视监控系统能实现“预警”, 监控距离要求至少1 km, 油气管道工程传统的监控技术无法达到这一要求。针对此, 本文提出了热成像监控技术, 它利用热释电效应, 根据不同温度的物体发出不同的红外线来识别监控对象, 同时利用智能识别技术对监测对象进行安全识别。热成像监控技术只取决于监控对象的温度差异, 不受环境因素影响, 监控距离达1~10 km, 同时后端智能识别技术, 能根据入侵者的体貌特征进行分析来实现“预警”, 为站场运维人员争取更多时间来处理报警事件。

## 关键词

热成像监控技术, 二次匹配算法, 摄像机

---

\*通信作者。

# The Application of Thermal Imaging Cameras in Overseas Oil and Gas Pipeline Projects

Haoruo Zhang<sup>1\*</sup>, Yiwei Wang<sup>2</sup>, Bingqiang Mao<sup>3</sup>

<sup>1</sup>China Petroleum Pipeline Engineering Co., Ltd. International, Langfang Hebei

<sup>2</sup>China Petroleum Engineering Co., Ltd., Beijing

<sup>3</sup>Oil & Gas Transportation Center, China Oil & Gas Pipeline Network Cooperation, Beijing

Email: \*360727502@qq.com

Received: Jun. 10<sup>th</sup>, 2021; accepted: Aug. 28<sup>th</sup>, 2021; published: Sep. 6<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

In overseas high-risk areas, gas stations field of security requirements for industrial TV monitoring system can achieve an “early warning” requirement for monitoring distance of at least 1 km, oil and gas pipeline project traditional monitoring technology cannot meet this requirement. For this, we propose a thermal imaging surveillance technology, which uses pyroelectric effect, issued by different infrared objects, depending on the temperature monitor to identify objects, while taking advantage of intelligent object recognition technology to monitor secure identification. Thermal imaging surveillance technology depends only on the temperature difference between the monitored objects, from environmental factors, monitoring distance of 1~10 km, while the back-end intelligent recognition technology can be analyzed according to the physical characteristics of the intruder to achieve an “early warning” for the station field operation and maintenance personnel for more time to deal with the alarm event.

## Keywords

Thermal Imaging Monitoring Technology, Secondary Matching Algorithm, Camera

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

目前，热成像监控技术主要应用于航空航天、公安监控等领域，石化企业也开始逐渐使用红外热像仪查看管道的保温隔热层有无损坏、是否有泄漏、用于防火监控等。国内输油气管道工程由于不需要太远的监控距离，因而没有相关的应用。

但是，随着管道局海外战略的拓展，将来会有一大批海外输油气管道工程，而海外输油气管道工程大多地处社会治安敏感区，业主对安防提出更高的要求，要求长距离监控以及夜晚灯光满足不了照度要求的情况下也能实现人员入侵的监控。

对于地处社会治安敏感区内的站场,不法分子作案时通常会隐蔽在草丛及树林中,由于野外环境的恶劣及人的视觉错觉,容易产生错误判断。尤其在晚上摄像前端的摄像效果往往都很差,如果晚上发生破坏事件,很难捕捉到相关信息,红外热成像技术是被动接受目标自身的热辐射,人体和车辆的温度及红外辐射一般都远大于草木的温度及红外辐射,因此不易伪装,也不容易产生错误判断,能及时发现异常,采取行动[1]。

为了给运维人员争取足够的时间阻止破坏的发生,本文针对以上问题,提出了采用热成像监控技术,将热成像监控技术应用于油气管道工程(高风险地区和战争易发生区域),热成像监控技术不受环境的影响,穿透能力强,能察觉隐蔽目标,采集图像距离远,能起到很好的预警作用。

## 2. 热成像监控技术

任何物体绝对温度高于 $-273.16^{\circ}$ 都能发射红外线,红外线都载有物体的热特征信息,热成像摄像机就是根据物体发出的红外线来摄像的,它利用红外探测器、光学成像器件将接收的红外线转化成电信号,经过相关的数字处理转化成视频信号在后端显示器进行显示,后端显示器根据现场不同的温度差别来区分不同的物体形状。图1为热成像摄像机原理图[2]。

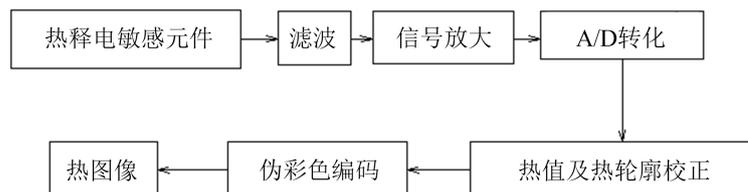


Figure 1. Schematic view of thermal imaging camera

图1. 热成像摄像机原理图

传统的热成像摄像机在进行编码过程中总会出现一定的失真,一些细节部分难免会丢失,而往往这些细节部分是监测的关键点,为了实现图像的无失真传输,本方案在传统摄像机基础上对图像进行重构处理,采用小波滤波和二次匹配算法,对已有图像进行最大程度的细节还原,以保留关键的识别点(用以区分危险入侵元素),图2为本方案的热成像原理图。

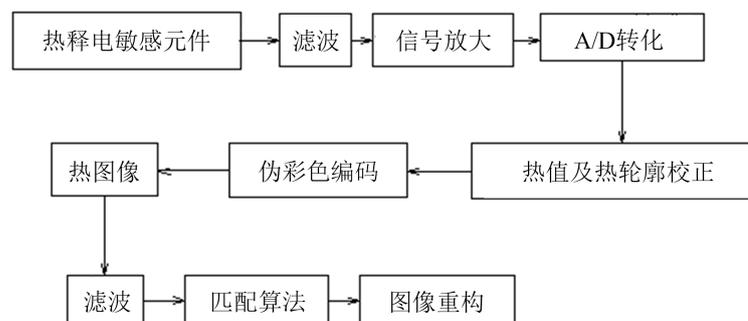
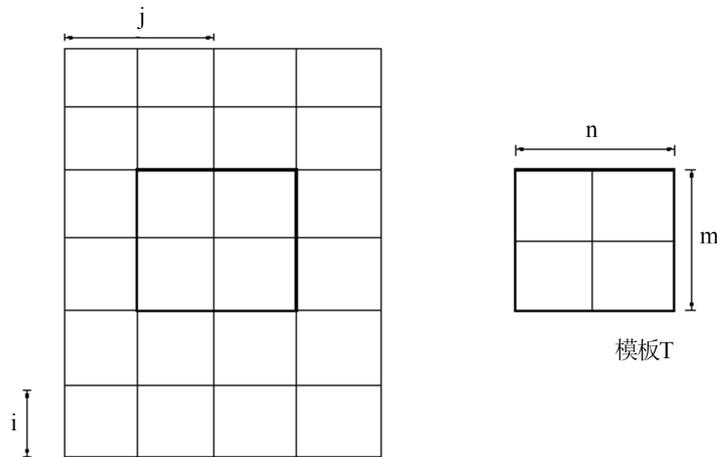


Figure 2. Thermal imaging schematic diagram of this scheme

图2. 本方案的热成像原理图

本设计的核心是在原有摄像机基础上重点增加了二次匹配算法:匹配算法就将模板与图像进行匹配,模板作为一个小窗口搜索整个图像,按照计量方法搜索整个区域,找到关键点,对关键点进行加强。原理如下图3。



**Figure 3.** Matching algorithm  
**图 3.** 匹配算法

为了更为方便地找到关键点，利用误差进行分析，即将模板与被搜索区域取向量误差，并设定一个合理的误差阈值  $E_0$ ，当  $E(i, j) > E_0$ ，即停止搜索。

$$E(i, j) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N |S^{ij}(m, n) - T(m, n)| \quad [3] \quad (1)$$

而二次匹配算法就是在进行 2 次模板匹配，首次匹配将模板的隔行隔列数据取出来(1/4 模板)，在被处理图像上进行隔行隔列匹配(1/4 图像范围)，在匹配过程中需要设计一个合理的误差阈值  $E_0$ ：

$$E_0 = e_0 \times \frac{m+1}{2} \times \frac{n+1}{2} \quad [3] \quad (2)$$

$e_0$  为各点平均最大误差，一般去 40~50 即可， $m$  和  $n$  为模板的长宽。

第二次匹配是在经过首次匹配后的误差最小点的邻域内，对目标图像进行搜索匹配，找到匹配点，得到结果。

### 3. 方案设计

本方案将改进的热成像监控技术与智能分析技术相结合，前端热成像摄像机对监测对象进行图像采集，通过视频缆将模拟图像不失真的传送至网络视频服务器，经过后端智能识别系统对采集的图像进行特征点识别，当相似性达到一定设定值即驱动报警单元，实现报警。

前端热成像摄像机采集视频信息，通过传输线缆接到网络视频服务器进行编码及存储，并通过智能分析服务器对拍摄的视频进行智能分析区分异常事件，并通过监控终端进行报警显示以及日常视频的监测。另外，报警管理主机一旦有报警，通过信号转换模块驱动网络视频服务器联动前端摄像机进行可视化监控。

本设计采用的热成像摄像机为 PELCO 生产的一体化热成像摄像机，敏感原材采用非制冷微测辐射热计，氧化钒(图 4)。

热成像摄像机不受光照条件影响，不依赖于光源，依靠监测对象自身的温度差发热成像，无论白天黑夜都可以正常工作。热成像摄像机利用的是红外线热成像原理，红外线波长较长，穿透效果好，即使在雨雾的恶劣环境下仍然可以正常观测。因此在夜间及雨雾等恶劣天气情况下，利用红外热成像仪可以对目标进行正常的监控[4] [5] [6]。

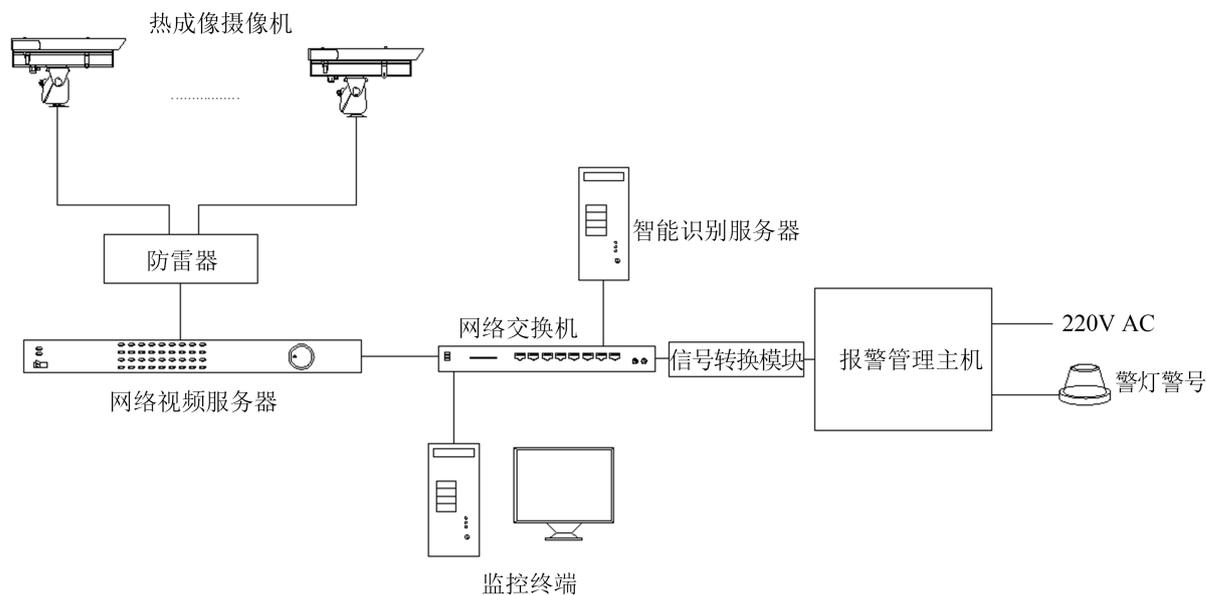


Figure 4. Schematic drawing  
图 4. 方案设计图

## 4. 工程应用及实际效果

### 4.1. 工程应用

本文以伊拉克 xxx 管道工程 10# 阀室为例进行说明。10# 阀室场区 40 m × 48 m，场区中心位置一杆安装 2 台枪式热成像摄像机，选用的摄像机的传输距离为 10 km (图 5)。

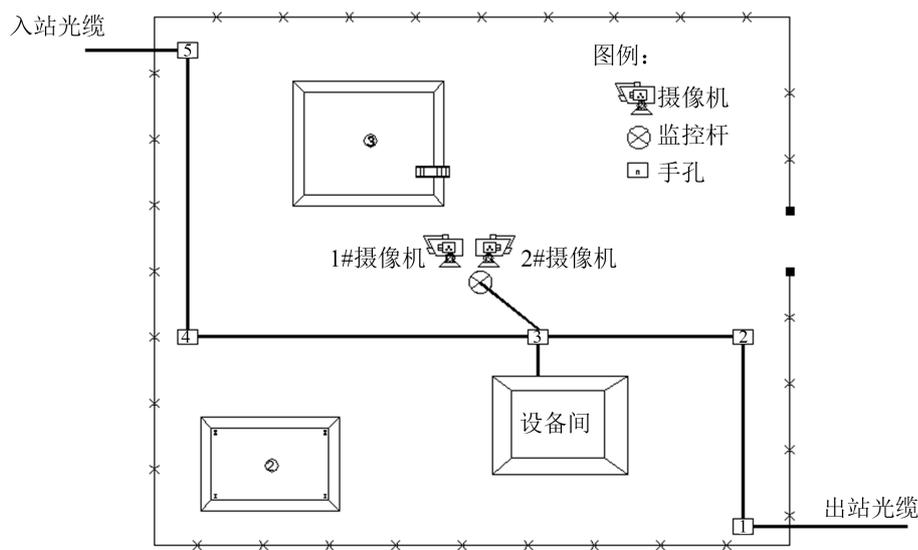


Figure 5. Camera layout  
图 5. 摄像机布置图

本工程采用在中心位置一杆安装 2 台枪式热成像摄像机，同时，围墙设置周界报警终端设备，实现双重报警，提高报警准确性，当有人进入预警范围内时(10 km)，摄像机自动将图像传至附近的站场显示

终端，站场站控室人员通过观察人员的动态进行辨识是否具有入侵行为，如果有，即时做出应急处理，进行现场阻止，同时，本工程采用了第二道防线，围墙周界报警系统，万一热成像摄像机没有监测到危险人员的闯入，穿越围墙时会立即报警，附近站场运维人员即可赶到阀室进行处理。两道防线极大地降低了风险，为站场安防提供了更为有利的保障。

本工程做到了无论白天还是黑夜都能很好的预警，为站场运维人员阻止可能发生的破坏争取了足够的时间，切实保护了站场设备的安全，特别适合于在不安全区域或环境恶劣的区域使用。

## 4.2. 实际效果

传统的安防只是在围墙设置周界报警系统，场区内安装摄像机，当有人入侵时，摄像机与周界联动，实现报警；而当周界报警时，危险人员已经翻越 10# 阀室围墙，当站场人员赶到时，危险人员已经进行了一定的破坏。

而本方案热成像摄像机在围墙监测范围 10 km 内只要监测到有危险人员进入即现场制止，阻止危险人员的入侵，避免了管线的破坏。

从以上应用效果可发现，本工程热成像摄像机优势明显，特别适合在危险区域的油气管道站场中应用。

## 5. 结论与展望

### 5.1. 结论

1) 热成像监控技术实现了管道安防的“预警”而非报警，为站场人员进行危险的处理提供了宝贵的时间，最大程度降低了管道安防的风险，保证了管道运行的安全。

2) 基于热成像监控技术的摄像机不易受环境因素影响，不依赖于光源，在光源不足的恶劣环境也能很好的应用。

### 5.2. 展望

热成像监控技术具有传统监控技术无法替代的优势，必将在油气管道工程中将会有广泛的应用。

## 参考文献

- [1] 刘春玲. 红外热成像技术在摄像机中的应用[J]. 中国安防, 2009, 12(3): 55-57.
- [2] 雷媛萍. 长波红外系统光学设计[D]: [硕士学位论文]. 长春: 长春理工大学, 2011 年.
- [3] 代青好, 谢子芳. 红外热成像技术在电力设备故障诊断中的应用[J]. 贵州电力技术, 2011, 14(1): 52-53.
- [4] 徐雄文, 田海. 红外成像测温视频监控系统的應用[J]. 电力系统通信, 2011, 32(220): 10-11.
- [5] 余海燕, 陈庆程. 红外热成像技术的研究[J]. 科技创新导报, 2013(2): 20-21.
- [6] 郑伟. 热成像技术在铁路视频监控中的应用[J]. 铁路通信信号工程技术, 2019, 16(10): 30-33.