文章编号:1671-4598(2019)10-0104-05　DOI:10.16526/j.cnki.11-4762/tp.2019.10.022　中图分类号:TP368　文献标识码:A

基于策略的厂区安全与监控系统的设计与实现

焦生金
(中车永济电机有限公司，山西 永济　044500)

摘要： 为了解决企业目前存在的人工监控注意力不能长时间集中、发生事故后只可逐一倒查而无法提前预警、监控视频图像数据存档分析困难、重点区域进出权限无法有效管控等问题，提出一种基于策略的厂区安全与监控智能管理系统，该系统以网络闸机、智能网络摄像头、移动终端设备为硬件基础，基于厂区现有的网络通路，通过配置区域入侵、人员徘徊、滞留、倒地和安全帽佩戴检测等不同安全策略组合，实现重点区域的人体异常行为智能识别、危险预警、报警转发和远程监控，将企业现有的“被动监控”模式转换为可提前危险预警的“主动监控”模式，将现有的单台闸机设备联网，通过远程下发 MES 系统生成的车间生产排程任务到相关车间入口的闸机设备，实现对厂区内部不同车间、不同时段的放行权限管控。

关键词： 安全策略；危险预警；智能管控；主动监控

Design and Implementation of Strategy-based Plant Safety and Monitoring System

Jiao Shengjin
(CRRC Yongji Electric Co., LTD. Yongji　044500, China)

Abstract: In order to solve the problems existing in enterprises, such as manual monitoring attention cannot be concentrated for a long time, after an accident can only be checked one by one without early warning, the difficulty of archiving and analyzing surveillance video and image data, and the inability of effective control of access rights in key areas, this paper proposes a strategy-based intelligent management system for plant safety and monitoring. This system uses network gates and intelligent networks cameras and mobile terminal equipments are the hardware basis. Based on the existing network access in the factory area, through configuring different security strategy combinations such as area intrusion, personnel wandering, detention, falling to the ground and safety helmet wearing detection, the intelligent recognition of human abnormal behavior, danger warning, alarm forwarding and remote monitoring in key areas can be realized, and the existing " passive monitoring" mode of enterprises can be transformed into " passive monitoring". The " active monitoring" mode of early warning of danger connects the existing single gate equipment to the network, and realizes the management and control of the release rights of different workshops and different time periods in the inner part of the plant by sending down the production scheduling tasks generated by MES system to the gate equipment at the entrance of relevant workshops remotely.

Keywords: safe strategy; risk early warning; intelligent control; proactive monitoring

0　引言

目前，企业的监控系统已覆盖厂区内部重点生产区域和行政办公区域，主要采用人员 7×24 小时的紧盯监控屏幕的传统监控模式，存在如下方面的几个问题[1-2]：

1）监控人员的注意力不能长时间集中，面对海量的监控视频，监控人员难以万无一失的审查每个视频的每个细节，容易因个人疏忽而错过将事故消除在萌芽阶段的机会，甚至因此导致企业蒙受损失；

2）数据分析困难，传统视频监控系统缺乏智能因素，视频数据无法被有效的分类存储，最多只能打上时间标签，导致数据分析工作费时费力，并难以迅速有效获取用户感兴趣的相关信息[3]；

3）被动监控，目前的视频监控系统仅起到一个“录像”的工作，多数情况都是在事故已经发生之后，通过视频回放调阅的方式进行事后的查验，但此时损失和影响已经造成，无法挽回[3-4]；

本文提出一种基于策略的厂区安全与监控系统，通过硬件采集终端、软件管理平台和安全监测策略的组合方式[5-6]，实现对厂区内部关键区域的权限管控、危险识别、异常预警、报警转发等功能，将传统监控系统的“被动监控”模式提升为行为可智能识别和预警的“主动监控”模式[7-8]。

1　系统结构与原理

1.1　系统总体架构

系统采用 B/S+硬件终端的系统架构，系统总体结构如

收稿日期:2019-06-04；　**修回日期:**2019-06-20。
基金项目:国家自然科学基金(41174162)。
作者简介:焦生金(1978-),男,高级工程师,主要从事网络及信息安全、数据安全管理工作方向的研究。

图 1 所示，

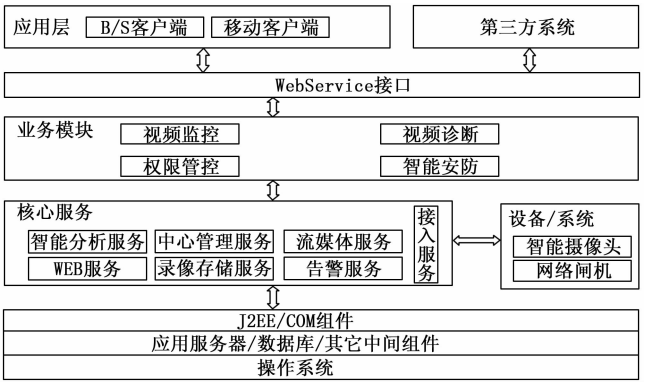

图 1　系统架构设计

在应用方面，系统提供基于 PC 客户端操作方式和基于便携式移动终端的两种操作方式。

系统将安全策略以服务的形式进行封装和调用，采用开放的平台架构，实现提供符合标准接口的服务的扩展，针对目前的系统需求，系统在感知层只需网络闸机和智能摄像头实现权限管控和视频信息采集。

1.2　系统工作原理

基于策略的厂区安全与监控管理系统阿是以硬件终端联网为基础，以智能视频分析为核心，以多种类型的大数据仓库为存储，以远程授权、告警联动等多种业务功能的综合监控平台。

对于车间、办公区域等需要管控的进出入口，提供网络闸机的远程授权和放行管控，管理员将权限规则（任务班组信息、角色、职责等）信息远程下发到相应的闸机终端（包括区域权限、时间段权限），授权人员可刷卡进入相应的区域。

对于厂区内部重点区域，提供基于视频分析的异常行为监控，通过计算机视觉技术、人体识别技术和人工智能技术，实现特定区域、特定时间段自动监控，自动分析视频图像数据，识别出人体运动目标所做出的不同行为，并且分类出可疑人物、危险行为、突发事件异常发生，再及时准确的通知相关人员。

系统工作原理如图 2 所示，本系统在部署过程中包括车间、厂区关键区域、信息中心、管理人员办公楼等环境。

1）企业车间入口分为人员进出通道（人门）和车辆物资进出通道（车门），在人门入口部署门禁系统，以从 MES 系统中获取的排产计划为基础，进行车间人门通行权限的下发；人门入口视频监控配置安全帽检查策略，对进入车间人员是否佩戴安全帽进行检查和告警；

2）厂区关键区域进行智能视频监控，对于仓库等关键区域配置人员滞留、徘徊安全检查策略，对于供配电等危险区域配置人员入侵（越界）检测策略；

3）信息中心部署数据服务器和视频处理服务器；

4）管理人员办公室部署客户端；

5）对移动人员和厂外人员部署终端软件；

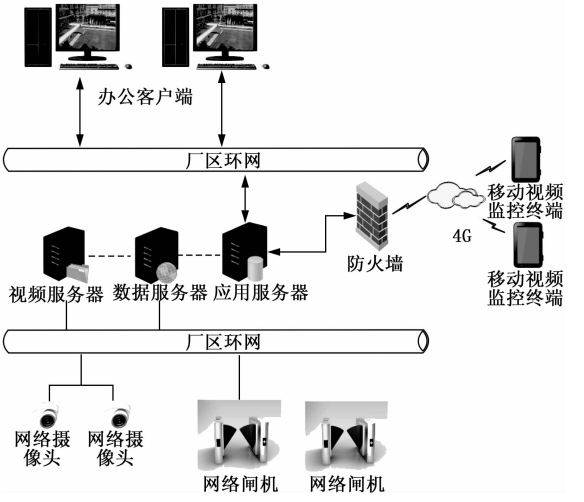

图 2　系统工作原理

2　硬件选型

系统硬件选用市场成熟的标准件，无须定制加工，系统硬件选型要求如下，

2.1　网络闸机选型

系统采用全自动剪式门翼闸，门禁闸机部署在车间大门（人门），通过车间局域网与系统进行数据通讯，网络闸机选型主要技术指标如表 1 所示。

表 1　全自动剪式门翼闸技术参数

参数名称	参数值
尺寸	1200mm * 300mm * 1000mm
材质	SUS304 不锈钢/烤漆
通道宽	对开小于 600mm
通行方式	单向/双向可设置
读写方式	IC 卡/ID 卡/磁条
温度范围	－25～＋70
工作模式	权限/常开/常闭(可设置)
电源电压	AC220，50Hz
输入接口	开关信号
通信接口	RS485/TCP

2.2　智能摄像头选型

系统采用支持红外补光的高分辨率网络式相机，摄像头部署在车间大门（人门）和厂区内部关键区域，网络摄像头通过车间局域网与系统进行数据通讯，智能摄像头选型主要技术指标如表 2 所示。

3　软件平台设计

基于策略的厂区安全与监控管理系统软件平台组成如图 3 所示。

系统整体上由 PC 客户端平台和移动终端平台组成，其中 PC 客户端主要负责权限规则制定、权限下发、视频采集、存储与分析和告警与转发功能，对于移动终端平台使用人员，提供用户认证、权限视频监控和告警查看功能。

3.1 PC 客户端平台设计

PC 客户端平台面向厂区内部人员使用，以企业厂区和车间局域网为通信基础，面向不同权限的人员提供不同的功能服务。

表 2 高清网络智能摄像机参数

主要参数	
产品类型	网络摄像机
产品功能	日夜转换模式：ICR 红外滤片式
	宽动态范围：120dB
	数字降噪：3D 数字降噪
	红外照射距离：I3：30 米；I5：50 米；I8：80 米
成像器件	1/2.7 英寸 Progressive Scan CMOS
有效像素	＞200 万
镜头参数	镜头：4mm，水平视场角：80°（6mm，8mm，12mm，16mm 可选）
最低照度	最小照度 0.01 Lux @（F1.2，AGC ON），0 Lux with IR
	0.014 Lux @（F1.4，AGC ON），0 Lux with IR
电子快门	1/3 秒至 1/100000 秒

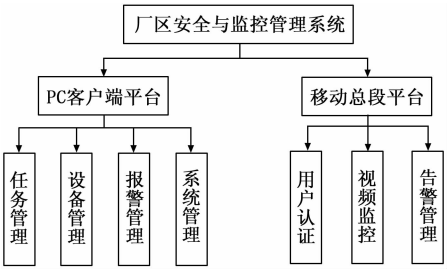

图 3 系统软件平台功能组成

3.1.1 任务管理

厂区安全与监控管理系统以生产任务为主线，通过生产任务与班组信息的关联，实现人员门禁权限的批量动态分配，任务信息支持从现有系统中同步、支持外部数据导入、支持在系统中创建。

3.1.2 设备管理

在厂区环境中，针对重点监控区域，采用网络相机进行安全状态的监控，并结合相关视频处理算法，对非法入侵、滞留、不规范操作等进行智能识别与实时上报。

1）门禁管理，实现对厂区内部门禁设备的增加、编辑、删除和授权操作，系统面向管理员角色，主要提供包括，门禁授权（人员、时间段）、实时监控、出入记录查询统计、异常报警和远程放行的功能。

2）视频监控管理，视频监控管理功能模块实现对厂区内部重点区域进行全面监控与实时分析，包括视频信号采集、存储与展示、实时视频流数据分析、视频数据标签化存档和回放、视频数据查询与统计等功能。

3）安全策略管理，系统以算法组件的方式提供安全策略，包括入侵、徘徊、滞留、倒地等安全策略，后期可扩展标准接口的安全策略。

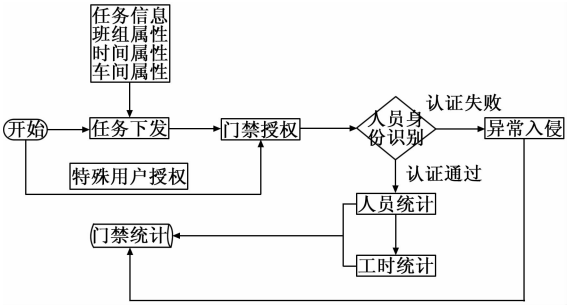

图 4 门禁管理工作流程

安全策略主要采用图像识别和人员行为分析技术，系统通过对智能摄像头采集的视频流帧数据的数字化处理、特征值提取，通过特征值与行为模型匹配，进行行为认定。

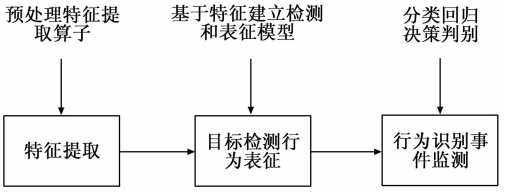

图 5 图像识别和行为分析

1）人员入侵检测策略，入侵检测包括进入禁区检测和越线检测，进入区域检测针对预定区域进行检测，可设定警戒区域（区域大小、出入方向均可设），若目标出入该区域，服务器可立即检测识别并实时报警，检测时间也可以由用户设定；越线检测策略在服务器上设置一条或多条虚拟折线，设定越线方向后，任何符合该规则的越线目标可被检测到并触发实时报警；

2）人员徘徊、滞留检测策略，徘徊、滞留检测策略即探测在禁停区域逗留的目标是否超过用户设定时间并触发报警，当人员在警戒区内滞留超过用户自定义的时间时产生报警，滞留的判别不受人员在警戒区内的行为影响。

3）人员佩戴安全帽检测策略，系统自动识别人员是否佩戴安全帽。

4）人员倒地检测策略，对在布防时间段内，规则区域内的倒地行为进行目标产生报警。

3.1.3 报警管理

报警管理，实现对报警的查看、转发、历史报警信息日志管理，报警数据包括：报警类型、报警拍照和报警短视频。

1）报警查看，用户可查看当前的报警信息，报警信息包括报警类型（入侵、滞留、徘徊等）、截图和报警时间段视频，可直接查看报警监控区域视频信息；

2）报警转发，报警转发和联动规则的定义，在中心监控管理软件设置下，统一快速接收现场监控发送的报警信息并转发给指定的客户端，为所有系统管理的监控设备提供报警接收转发服务和远程报警服务；

3）报警信息管理，对历史报警信息的记录、分类、查

询、查看和数据导出标准格式的功能。

3.1.4　系统管理

系统管理，实现对人员、部门、权限、角色、系统日志的管理。

实现人员信息、部门信息、角色信息的同步、导入、新增、编辑、删除的功能。

实现为角色分配权限的功能，根据不同角色分配不同权限，人员同角色对应。

实现系统日志的自动记录、查询、导出、清空、删除等操作。

3.2　移动终端平台设计

授权用户可通过移动视频监控系统随时随地调取车间视频监控信息，对车间生产过程和车间关键区域进行视频监控。

1）用户登录，用户凭借用户名和密码进行登录操作；

2）视频远程监控，用户登录系统后，可进行视频远程监控，终端系统根据登录用户的权限，查看相关区域视频信息；

3）图形抓拍，用户监控过程中，可通过移动终端进行视频图形的抓拍操作；

4）报警查看，区域监控预警信息可发送到移动终端，预警信息包括，报警类型、截图、预警时间段视频。

4　人体异常行为识别算法设计与实现

行为识别是凭借摄像头采集的数据、根据观测的场景条件，将某一动作变化识别成具体行为的过程，行为识别就是将图像序列标注为某类行为模式的过程[5]。

本系统行为异常安全策略采用通过综合分析运动轨迹和区域光流特征两种特征变量，在多种环境下对异常行为进行识别。异常行为识别方法流程如图 6 所示。

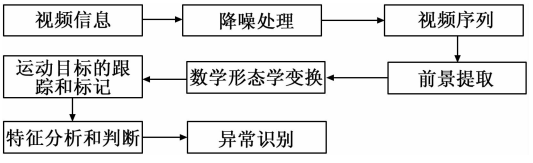

图 6　人体异常行为识别流程

4.1 运动轨迹分析

基于运动轨迹的识别过程，通过判断目标中心点轨迹曲线是否为闭合或者螺旋状。如果运动轨迹不闭合且不呈螺旋状，则说明目标在正常行进。反之，则目标处于徘徊状态，需要通过对区域光流特征进行分析，进一步判断是否发生异常行为[7]。

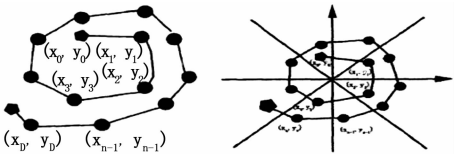

图 7　螺旋轨迹曲线及识别原理图

求出目标运动轨迹的中心点（x_z，y_z），以（x_0，y_0）坐标原点，将运动区域平均分为 8 个子区域，依次判断（x_0，y_0），（x_1，y_1），…，（x_{n-1}，y_{n-1}），（x_n，y_n）出现的区域。当目标轨迹中的各个位置点出现在各区域内的概率相似时，则可以判定目标是在围绕一个特定点运动，即目标处于近似徘徊状态，需要进一步判别是否为异常行为，运动轨迹分析法识别人体异常行为流程如下，

1）计算目标的中心点（x_z，y_z）；

$$x^z = \frac{x^0 + x^1 + \cdots + x^n}{n+1}$$

$$y^z = \frac{y^0 + y^1 + \cdots + y^n}{n+1}$$

2）设坐标原点（x_0，y_0），通过坐标轴和两条穿过原点的直线将目标运动区域平均分成 8 个区域，每个区域的度区间相同；

3）计算点（x_0，y_0），（x_1，y_1），…，（x_{n-1}，y_{n-1}），（x_n，y_n）出现在哪个子区域中，

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{y_i}{\sqrt{(x_i^2 + y_i^2}}\right) \qquad i = 0,1,2\cdots,n$$

4）通过步骤 3）的统计结果，判断目标轨迹是否呈螺旋曲线状态，如果判定目标轨迹的各个位置点在各个区域内分布概率相同，则目标处于徘徊状态，需要利用区域流光特性做进一步的识别。

4.2　区域光流分析

目标在视频中进行的运动，可以看作是视频序列中各个像素点运动的集合，所谓的光流就是对像素运动过程的一种描述。当目标进行移动时，图像中的像素会产生位移，从而形成速度矢量，这种速度矢量就是目标像素的光流，而这些矢量的集合就是光流场。

假设相邻的两帧视频图像，基于光流场的亮度不变，即假定像素点在时刻 $t+\delta t$ 运动到（$x+\delta x$，$y+\delta y$）位置，亮度保持不变，设 I（x，y，t）代表图像 I 中某一像素，则可以得到表达式：

$$I(x,y,t) = I(x+\delta t, y+\delta t, t+\delta t)$$

由于一般情况下亮度沿空间坐标和时间轴的变化是线性连续的，所有可以通过泰勒级数展开法进行变形，可以得到：

$$\frac{\partial I}{\partial x}\delta x + \frac{\partial I}{\partial y}\delta y + \frac{\partial I}{\partial t}\delta t + \Delta = 0$$

忽略高阶项，两边同时对 δt 求导，得出光流的约束方程。

$$I_x u + I_y v = -I_t$$

其中：$Ix=\frac{\partial I}{\partial x}$，$Iy=\frac{\partial I}{\partial y}$，$It=\frac{\partial I}{\partial t}$，$u$，$v$ 为点（x，y，t）的光流。

为了检测出人体的异常行为，如搏斗、破坏等。这些行为发生时，人的动作速度快，而且方向杂乱，区域光流持征幅值强度大，且和运动方向不一致。因此，选择基于幅值加权的方向直方图，对区域内的光流特征描述。以此

来判别目标是处于正常的徘徊状态，还是发生了搏斗、破坏等异常行为。

5 试验结果及分析

以企业厂区车间人员进出通道（人门）和仓库存储贵重金属的区域为试点，在人门配置网络闸机和智能摄像头，管理人员将车间生产任务排产信息（班组信息）从 MES 系统中导出，通过系统远程下发到网络闸机，进行人员生产时间段的出入管控，对智能摄像头配置人员安全帽佩戴检查策略，进行安全监控，对于仓库贵重件数区域，对智能摄像头配置人员入侵、人员徘徊、滞留安全策略，进行重点区域的监控、自动告警转发。

通过测试，车间人门处的网络闸机可对当前时间段有生产任务的生产员工凭借工作 IC 卡刷卡方式进行正常放行（闸机识别率可达 100%），对其他未授权人员进行阻止。

通过人门摄像头配置的安全帽检查策略，可对生产人员安全帽是否佩戴行为进行监控和告警（对于单独个人安全帽检查识别率可达 100%，对于群体检查识别率可达 95%）。

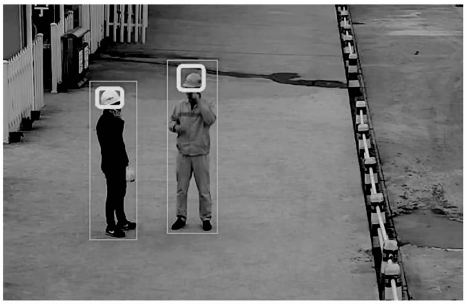

图 8 安全帽检测试验结果展示

通过测试，对于仓库存放贵重金属的终点区域，通过配置的人员入侵、徘徊、滞留安全策略，可对特定时间段，进入区域的人员动作进行实时监控和危险动作预警（区域人员入侵识别率可达 100%）。

6 结束语

以企业现有的硬件为基础，通过对厂区不同区域配置

图 9 区域入侵检测试验结果展示

不同的安全策略算法，基于策略的厂区安全与监控系统实现了厂区重点区域的权限管控和智能监控，将现有的“被动监控”模式提升为“主动监控”模式，将事后查询提升为事前预警，系统以服务插件方式进行安全策略的管理，后续可快速进行安全策略的扩展。

参考文献：

[1] 黄凯奇，陈晓棠，康运锋，等. 智能视频监控技术综述 [J]. 计算机学报，2015，38 (6)：1093 - 1118.

[2] 吕英丽，顾 勇，张晓峰，等. 基于 HMM 监控视频的异常事件检测 [J]. 数据采集与处理，2014，29 (6)：1030 - 1035.

[3] 崔永艳，高 阳. 基于多示例学习的异常行为检测方法 [J]. 模式识别与人工智能，2011，24 (6)：862 - 868.

[4] 孔令富，李海涛. 基于位置和运动轨迹的老年人异常行为检测 [J]. 计机工程与设计，2012，33 (2)：735 - 739.

[5] 蒲 静，胡 栋. 基于时空 Markov 随机场的人体异常行为识别算法 [J]. 计算机应用，2010，30 (8)：2238 - 2240.

[6] 朱旭东，刘志镜. 基于主题隐马尔科夫模型的人体异常行为识别 [J]. 计算机科学，2012，39 (3)：251 - 255，275.

[7] 周宜波，何小海，张生军，等. 一种新的异常行为检测算法 [J]. 计算机工程与应用，2012，48 (3)：192 - 194，220.

[8] 陈 琼，鱼 滨. 基于手部轨迹识别的 ATM 智能视频监控系统 [J]. 计算机工程，2012，38 (11)：143 - 146.

(上接第 103 页)

[10] Wang L P, Young P C. An improved structure for model predictive control using non－minal state space realization [J]. Journal of Process Control, 2006, 16 (4): 355 - 371.

[11] Wang L P. Discrete model predictive control design using Laguerre functions [J]. Journal of Process Control, 2004, 14 (2): 131 - 142.

[12] Fan L P, Zhang J, Liu Y, et al. Improved model predictive control for a proton exchange membrane fuel cell [J]. Int. J. Electrochem. Sci., 2012, 7: 8734 - 8744.

[13] Wang L. Continuous time model predictive control design using orthonormal functions [J]. International Journal of Control, 2001, 74 (16): 1588 - 1600.

[14] Magni L, Scattolini R. Model predictive control of continuous－time nonlinear systems with piecewise constant control [J]. IEEE Transactions on Automatic Control, 2004, 49 (6): 0018.

[15] Kwong W H. An improved simplified model predictive control algorithm and its application to a continuous fermenter [J]. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 2000, 17 (2): 43 - 161.

[16] Wang L P, Stephen S, Charlie C. Continuous－time model predictive control of food extruder [J]. Control Engineering Practice, 2008, 16 (10): 1173 - 1183.