

国

教(51104157)

教

开基金 (20110095120008)

中国博士后科学基金(20100481181)

中央高校基本科研业务费专项资金(2011QNA30)

煤炭资源与安全开采国家重点实验室开放基金(09KF07)



煤矿监控图像 分析方法研究

陈伟 著

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

国家自然科学基金项目资助(51104157)

教育部博士学科点专项科研基金(20110095120008)

中国博士后科学基金(20100481181)

中央高校基本科研业务费专项资金(2011QNA30)

煤炭资源与安全开采国家重点实验室开放基金(09KF07)

煤矿监控图像分析方法研究

陈 伟 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

矿工监控系统和煤炭质量监控系统的研究对煤矿的安全高效生产具有重大的意义。本书分析了煤矿图像监控系统的特点;根据巷道环境监控图像的低照度、低分辨率特点,分析了矿工脸部检测算法;根据列车监控图像的形状特征,提出了基于形态学、边缘检测和 Radon 变换的空列车识别方法;根据碎煤和块煤监控图像的灰度特征,提出了基于纹理统计量和人工神经网络的碎煤和块煤识别算法。

本书可供通信工程技术人员、安全工程技术人员、相关科技工作者及大中专院校高年级本科生或研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿监控图像分析方法研究/陈伟著. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2011. 12

ISBN 978 - 7 - 5646 - 1180 - 4

I. ①煤… II. ①陈… III. ①煤矿—矿山安全—监控系统—图像处理—研究 IV. ①TD76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第162488号

书 名 煤矿监控图像分析方法研究

著 者 陈 伟

责任编辑 王江涛 周 丽

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 8.5 字数 130 千字

版次印次 2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

定 价 36.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

序

煤炭在我国能源的总体供给中约占 70%，因此，它在国民经济发展中具有举足轻重的地位，但是，各种原因导致的煤矿事故时有发生，严重影响我国煤矿的安全生产和企业的社会形象。

煤矿安全监控的目的之一在于保障矿工的生命安全。矿工安全监控有几十年的研究历史，监控手段也比较多，图像监控作为矿工监控中的新兴技术之一，其优点是能提供大量的监控现场信息，直观反映监控现场的实际情况，为煤矿安全隐患的发现与预警提供可靠的依据。

煤矿及煤矿图像(视频)监控系统生产企业中的矿工图像监控技术的基本模式是图像的“采集”、“压缩”、“传输”、“存储”和“显示”，图像(视频)监控系统具备了监视人员的“眼睛”的监视功能，矿工活动的检测和安全隐患的预警的监视功能已经得到很好的解决。图像监控方法把空间信息密集地映射到图像中，能提供比非图像监控方法多上千倍以上的空间信息数据，在煤矿安全监控理论和方法研究上有重要价值和意义，对预防和发现煤矿安全隐患，抢险救灾，保障煤矿及其相关产业的安全、高效生产和发展具有十分重要的实际意义。

图像分析与识别是目标跟踪与分析、智能监控和通信的关键技术之一，本书试图对煤矿监控图像进行分析，重点针对巷道和矿井中低照度、多角度矿工脸部监控图像检测，矿机车监控图像识别及煤炭监控图像识别的方法进行研究。希望能为读者提供一些有趣的实验和结果。

在内容安排上，首先从总体上分析基于工控机的矿工和煤炭图像程监控系统，然后具体研究分析巷道环境监控图像中脸部检测、煤矿监控图像中机车的识别和碎煤与块煤的识别。整体内容涉及矿井监控系统研究中的三大内容——人员定位系统、设备监控系统和产量监控系统。研究内容全面，为三大矿井监控系统的集成提供了理论依据。

感谢国家自然科学基金(51104157)、教育部博士学科点专项科研基金(20110095120008)、中国博士后科学基金(20100481181)和中央高校基本科研业务费专项资金(2011QNA30)对本书研究项目提供的资助。

感谢我的导师孙继平教授在本书研究内容的选题和研究方法上给予我的指导,感谢田子建副教授和刘晓阳副研究员为我提出良好的建议和宝贵的意见、提供许多宝贵的资料和无私的帮助,感谢关永教授在前期实验中的杰出工作,感谢成凌飞博士、郭继坤博士、张宏伟博士、郝建军博士、何秋生博士、王福增博士、马凤英博士、唐亮博士和王宁博士,以及在我的研究和实验中热心帮助我的所有人!

书中引用了许多其他单位或个人的研究成果,在此一并表示衷心的感谢!由于作者水平有限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

作者
2011 年 10 月

目 录

1 绪论	1
1.1 研究意义	1
1.1.1 保障矿工人身安全	2
1.1.2 提高设备运行效率和煤矿生产效率	2
1.2 研究现状及存在的问题	2
1.2.1 矿井监控图像处理	2
1.2.2 矿工监控图像分析	4
1.2.3 机车监控图像分析	6
1.2.4 煤炭监控图像分析	6
1.3 本书内容安排	7
2 煤矿数字图像监控系统	9
2.1 传统的煤矿图像监控系统	9
2.2 基于工控机的煤矿图像监控系统分析	13
2.2.1 系统模型	13
2.2.2 监控功能模块	15
2.2.3 与传统的矿工和煤炭监控系统的异同点	16
2.3 涉及的图像理论	17
2.3.1 图像处理	18
2.3.2 图像分析	19
2.3.3 图像理解与识别	19
2.3.4 与图像识别相关的理论	20
2.4 本章小结	21

3	矿工监控图像中脸部检测方法分析	23
3.1	人体检测与识别的生物特征分析	24
3.2	脸部检测方法	25
3.2.1	基于肤色和几何特征的脸部检测方法	26
3.2.2	基于统计理论的脸部检测方法	29
3.3	巷道环境中脸部图像的采集	31
3.3.1	主要影响因素	31
3.3.2	图像采集方案	32
3.4	基于模板的脸部检测分析	36
3.4.1	脸部检测流程	36
3.4.2	图像处理	37
3.4.3	模板构造	44
3.4.4	模板匹配与脸部位置确定	45
3.5	匹配检测实验	46
3.6	本章小结	49
4	机车图像识别方法研究	51
4.1	空机车图像的识别基础	51
4.2	基于 Radon 变换的识别原理	52
4.3	图像处理	56
4.3.1	灰度图像的数学形态学算法	56
4.3.2	灰度图像的边缘检测方法	59
4.4	图像处理比较	69
4.5	Radon 变换识别结果	70
4.6	与 Hough 变换识别方法的对比	73
4.7	本章小结	77
5	煤炭图像识别方法研究	80
5.1	煤监控图像采集	80
5.2	识别特征的提取	81

目 录

5.3 人工神经网络	84
5.3.1 人工神经元	84
5.3.2 人工神经网络	89
5.4 基于 BP 网络的识别方法	90
5.4.1 BP 网络的分析	91
5.4.2 解决方案	92
5.4.3 BP 网络的训练和仿真	94
5.4.4 小结	96
5.5 基于径向基函数网络的识别方法	97
5.5.1 径向基神经元	97
5.5.2 径向基神经网络的分析	99
5.5.3 解决方案	102
5.5.4 实验与仿真	103
5.5.5 小结	105
5.6 基于概率网络的识别方法	106
5.6.1 概率神经网络	106
5.6.2 网络设计与识别仿真	107
5.6.3 小结	109
5.7 本章小结	109
 6 结论和展望	 112
6.1 主要工作和结论	112
6.1.1 矿工监控图像中脸部的检测	112
6.1.2 矿井监控图像中机车的识别	114
6.1.3 矿井煤炭监控图像中碎煤和块煤的识别	115
6.2 展望	117
 参考文献	 118

1 绪 论

1.1 研究意义

煤炭是我国主体能源,在能源的总体供给中约 70%来自煤炭,因此,它在国民经济发展中具有举足轻重的地位。随着煤炭能源的需求逐年提高,煤矿企业生产压力增大,部分煤炭企业超能力生产,大大增加了煤矿事故发生的概率。

根据国家安全生产监督管理总局公开的数据,2001~2009 年煤矿事故发生的数量如表 1.1 所列。

表 1.1 2001~2009 年煤矿事故发生的数量

Tab. 1.1 The number of coal mine disaster from 2001 to 2009

年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
事故数量/起	703	1595	1909	1475	1438	327	170	116	98

2001 年以来,死亡人数超过 100 人的重大煤矿事故发生了十余起。另外,有数据显示,在 2003 年,我国在煤矿事故中死亡人数上约占世界煤矿事故死亡人数的 80%,而煤炭生产总量只占世界的 35%左右。煤矿事故频繁发生,严重影响了我国煤矿的安全生产和企业的社会形象。

造成煤矿事故的安全隐患有多种,如生产失误、生产机械超期超负荷运

转及操作故障、违规违章和非法开采等。

煤矿安全监控是解决煤矿安全隐患的重要手段,已有几十年的研究历史,监控方法也比较多,其中图像监控是煤矿监控中的新兴技术之一。其优点是能大量提供监控现场信息,直观反映监控现场的实际情况,为煤矿安全隐患的发现与预警提供可靠的依据,这对保障煤矿及其相关产业的安全高效生产和发展具有十分重要的实际意义。

1.1.1 保障矿工人身安全

基于图像处理与识别的矿工监控方法,能根据矿工本身的特征,识别矿工身份,直观监控矿工的工作状态,并根据矿工的活动范围和职责,及时发现矿工活动异常等安全隐患,对违规活动或操作进行及时预警。

1.1.2 提高设备运行效率和煤矿生产效率

煤矿井下有采掘、运输、供电和通风等设备,这些设备的运转时刻需要可靠监控系统辅助,对设备监控图像进行识别,感知设备的运行状态,对正常运行的设备进行合理调度和工作量的精确量化,不仅能提高设备运行的效率,而且能为煤矿产量正确估算提供可靠的第一手资料依据,并对设备的异常运行状态进行预警,能保证煤矿的安全生产。

1.2 研究现状及存在的问题

矿井安全监控系统和煤炭产量的远程监控系统有多种类型,它们是保障煤矿安全生产、提高煤矿安全的重要手段^[1]。下面主要从煤矿监控图像分析基础、矿工监控图像分析、机车监控图像分析和煤炭监控图像分析几个角度说明煤矿监控图像分析的研究现状。

1.2.1 矿井监控图像处理

图像监控是煤矿监控系统的重要组成部分。随着数据采集、传输、存储和处理及图像的传输和处理技术的发展,煤矿监控系统的图像监控技术日益

发展和丰富。

在煤矿监控图像的处理与识别方面,主要集中在应用遥感、红外等技术进行煤矿火灾图像的识别和自燃仿真^[2-10]和煤图像的识别^[11,12]。

我国在矿井图像监控的基础技术方面也做了大量的研究工作,较早的是基于闭路电视^[13]或矿井^[14,15]、地面^[16]工业电视的煤矿监控系统,它可以实现井下工作面以及巷道中设备运行情况的远程实时监视,该系统与计算机系统相结合,还可以在计算机终端的显示设备上及时地显示各种运行参数,在当时是比较先进的矿井监控技术之一。这种系统多数是基于模拟信号技术的。刘富强等人研究了矿井多媒体综合业务数字网(MISDN)网络结构,可以在MISDN上传输与安全和生产有关的煤矿监测监控数据、语音和视频等各种信息^[17,18]。

由于煤矿井下环境恶劣、光线差、照度低,用摄像机采集到的煤矿工业电视图像画面的对比度不高、细节不清,不利于视觉观察和识别特征的提取,所以这种模拟图像的处理方法比较复杂。数字图像技术被广泛应用后,监控图像便于传输和存储,图像处理的困难也得到一定程度的解决,如:用直方图修正法来增强煤矿工业电视图像的清晰度^[19,20];用平滑滤波的方法对静止的矿井电视监控图像滤波,得到了较好的效果^[21];用图像锐化技术可对矿井工业电视图像的边缘进行增强,提高图像的清晰度和可读性^[22];在工程应用中,有煤矿语音图像混合监控系统成功方案^[23,24];基于小波变换的图像增强方法能够较好地增强煤矿井下锚杆钻孔内图像中的细节特征,取得令人比较满意的视觉效果^[25];等等。

关永等人继续研究了基于红外波段红外 CCD 摄像机在矿井监测应用中的优势和可靠性及基于视频图像处理的矿井轨道运输监测技术^[26,27];孙继平、宋姝等人利用信息融合技术,以图像处理与识别技术为基础,结合其他探测方法建立一套煤矿自然发火综合判据方法,有助于提高煤炭自燃预测的准确性^[28]。

煤矿井下图像监控与地面不同,煤矿井下空间狭小,有甲烷、一氧化碳等易燃、易爆气体,有硫化氢等腐蚀性气体,有淋水,湿度大,矿尘多,工作面距

地面调度室距离远(可达十几千米),井下设备易受机械碰撞和冲击,如采煤机、掘进机、电机车等大型机电设备、架线电机车、运输轨道及金属支护等;另外,由于矿井监控设备、传输设备和大功率的电气设备及无线设备同处在空间较小的巷道中,容易受到强烈的电磁干扰,因此,煤矿井下图像监控系统还有很多需要研究的问题。

这方面的研究成果在煤矿中的应用比较多,但是,受特殊的煤矿监控环境影响,目前这方面的研究尚处于图像的采集、传输处理阶段,图像的处理仅处于像素处理阶段。

1.2.2 矿工监控图像分析

虽然基于图像采集和处理的监控技术在煤矿中应用广泛,但是,基于图像分析和识别的方法在煤矿中应用的研究尚比较少,而基于图像技术的矿工监控方法则研究得更少。可以作为个体识别的特征比较多,如脸部、指纹、虹膜和步态等。研究表明,在煤矿井下恶劣、特殊的监控环境下,矿工的脸部特征比其他识别特征对矿工监控更具适应性。孙继平、陈伟等人研究了基于模板检测的低照度、低分辨率巷道监控图像中脸部的检测方法,认为在没有增设可见光或红外辅助光源的情况下,准确检测和定位矿工脸部的复杂度比较大^[29]。矿工脸部图像的识别有待深入研究。

在适度光照的图像中检测和识别脸部的研究成果非常丰富。脸部识别的前提是对脸部进行正确检测,主要目的是确定图像中脸部存在的位置和姿态等。多数的脸部检测方法是基于脸部特征器官的灰度或色彩信息的^[30-32],肤色特征、脸部模板和高斯特征等是脸部检测的重要参数^[33-35],彩色图像能比灰度图像提供更多的脸部信息,而灰度空间上相似的区域可以从色度空间加以区分。脸部肤色的统计研究表明:肤色区域与非肤色区域的特征色彩值的差别很显著;在色彩空间中,对于相同人种而言,影响肤色值变化的最主要因素是亮度分量,而不是色度分量^[36,37];对于不同人种而言,肤色能聚成相异的、紧凑的类别区域^[38]。

煤矿图像监控系统中,采集到的脸部监控图像是用 RGB 颜色模型来表

示的。这是基于视觉三原色原理、直接面向系统硬件的颜色模型,图像中每一个像素的值均由红、绿、蓝三个颜色维表示。RGB 颜色模型是描述和研究脸部特征颜色的重要模型^[39,40],但是三基色(triplet)之间的相关度很高,亮度与色度相混合,因此,在 RGB 颜色空间中,特征肤色的聚集效果很差。在特征肤色分割中,常把 RGB 颜色模型转换到等价的 YIQ 模型来表示图像,如 HSV 模型、YIQ 模型等,在这些模型中,亮度与色度分离,使肤色分割的效果更好。

脸部图像识别的方法很多,早期基于脸部几何特征的识别方法受脸部表情、附件、光照和投影方向等因素的影响^[41],后来提出的基于 PCA 的脸部识别方法具有深远的意义,其中主空间分析方法对模型的描述能力好、计算代价小及可分性能好,是脸部识别的成功方法之一;另外,还有模板匹配方法、弹性图匹配方法、隐马尔科夫模型方法、基于形状和表明纹理特征的方法、特征脸方法及 Adaboost 方法等;从分类器的类型考虑,有人工神经网络方法、支持向量机方法和贝叶斯方法等^[42-44]。这些方法为井下矿工脸部识别方法的研究提供了良好的理论基础,但是这些方法和理论能否在煤矿井下得到成功应用,还受到煤矿井下特殊监控环境的影响。

矿工的识别特征与矿工分离,唯一性和稳定性比较差。对煤矿工作人员监控和定位的研究多集中在无线信号的识别方面,这些无线监控信号的发生装置一般安装在工作人员的帽子、腰带等工作装备上,如果工作人员与监控信号发生装置分离,则监控系统仅能对设备的工作情况进行监控,难以监控矿工的活动情况。因此,需要研究与矿工难以分离的识别特征,如检测和识别人体生物特征中的脸部。

目前,矿工图像监控的研究比较少,矿工监控图像中脸部检测和识别的研究则更少。井下巷道空间有限,光线照度低,监控距离远,大量粉尘和水汽容易附着在工作矿工的面部和摄像机的镜头,增加了监控图像中脸部检测和识别的难度;对于一线采掘工作面的矿工,这种影响尤为明显。

在孙继平教授的带领下,我们研究了基于模板检测的低照度、低分辨率巷道监控图像中脸部的检测方法^[29]。

1.2.3 机车监控图像分析

矿井载煤机车监控的研究比较早,典型成果集中在机车信号的监控及无线、非接触检测的监控技术上,而对机车的图像监控研究不多,其图像的识别研究则更少。煤矿机车容易被煤粉覆盖成黑色,另外,其工作环境的光线比较差,使采集到的煤矿机车图像灰度整体比较低,难以提取识别特征;煤矿粉尘和水汽容易附着在摄像机的镜头上,使煤矿机车图像采集比较困难;监控信号传输距离远,使煤矿机车图像和视频传输的难度加大。煤矿机车图像识别研究进展缓慢,识别方法比较少。但是,机车图像监控有着广泛的应用前景,在识别机车的基础上,可以进一步识别车中运载的物体及运载量,提高机车的运行效率和安全运行水平。

近年来,在孙继平教授的领导下,我们做了一些尝试性的研究,提出了矿井监控图像中空机车的识别方法^[45]。

1.2.4 煤炭监控图像分析

在国内外煤的微观机构分析、煤矿地震图像数据处理和火炉中煤燃烧的研究中,大量地应用了图像处理和识别技术,在煤的浮选研究中也大量应用了图像处理技术^[46-61]。

对于运载工具中煤监控图像的研究,P. W. Smith 等人用双目立体成像系统来检测机车中煤的分布^[62];孟凡芹、王耀才等人用图像处理和一维小波分析与 BP 网络相结合的方法,判别煤矿井下带式输送机煤流图像中煤流的边界,计算出煤流大小^[63,64]。

对于煤及矸石识别的内容主要集中在基于煤和矸石对射线响应特性不同、振动测试技术、电磁测试技术、光学探测技术和热敏测量技术的分类研究^[65],基于监控图像的研究比较少。利用多值分割技术对煤的图像进行分类,可以提高煤的利用率^[66]。西安科技大学的马宪民、蒋勇等人做了大量的工作,研究了基于模式识别理论和数字图像处理技术的煤矸石自动分选系统的基本原理和系统构成,实现了对煤块和矸石的自动识别^[67,68]。通过对煤和矸石图像的数字特征的研究,对图像进行边缘提取和区域分割,提高了煤和

矸石的自动分选效率^[69-71]。湘潭工学院的李文斌等人研制的光电选矸图像识别系统对煤矸石的识别率高于 95%^[72]。中国矿业大学的刘富强和钱建生等人用图像处理和模式识别技术对煤块和矸石进行识别,并指出如果在矸石周围覆盖着大量的黑色煤尘,需要在识别之前加上去除煤尘的环节,或者再采用其他方法作为辅助手段^[73]。刘文中和孔力等人用自适应神经元网络对煤矸石图像进行识别^[74]。A. Michele 讨论了用数字纹理处理的方法来分析煤的结构特征^[75]。Wolfgang Riepe 等人讨论了用 Leitz 纹理分析系统来分析煤的特征^[76]。John M. Vleeskens 等人研究了一些煤的光学图像的特征^[77]。2011 年,孙继平教授对煤岩识别方法进行了分析和总结,提出了基于图像识别的多参数信息融合煤岩界面识别方法,对于提高煤岩界面识别的正确率有着重要意义^[78]。

煤的图像监控多集中在整体监控上,而对块煤和碎煤进一步识别的研究比较少。块煤和碎煤在几何形状是不规则的;在空间位置的分布上是随机的;在色调上,它们具有相同的灰度色调,没有彩色信息;井下监控图像的灰度对比也不是很大,这些均给块煤和碎煤的自动识别带来很大的困难。

对煤和矸石图像的研究,主要集中在具有一定圆形性、灰度差别较大、彼此分离的煤和矸石图像识别方法上,对于煤和矸石混合物图像识别的研究比较少,而实际应用中随机形状、随机分布和随机比例的煤和矸石,则加大了其图像识别方法研究的难度。

对于碎煤和块煤监控图像识别,在孙继平教授的指导下,我们做了一些研究^[79-81],初步得到了一些研究成果。

1.3 本书内容安排

根据上述存在的问题,本书重点针对巷道和矿井中低照度、多角度矿工脸部监控图像检测、矿机车监控图像识别和煤炭监控图像识别的方法进行分析。章节安排如下:

第 1 章介绍了煤矿监控图像分析的研究意义,综述了国内外研究现状和现存的问题,提出本书研究的主要内容。

第2章分析了传统的矿用图像监控系统的组成及优缺点,阐述了基于工控机煤矿图像监控系统的优缺点及其与传统的矿工监控系统和煤炭监控系统的异同点。介绍了本系统研究涉及的图像理论。

第3章根据煤矿井下矿工工作的特点,选择了矿工的脸部特征作为煤矿井下工作人员监控检测特征;介绍了基于肤色、几何特征和统计理论的脸部检测方法;分析了巷道中矿工脸部图像采集的主要影响因素,设计了脸部图像采集方案;对图像进行增强和滤波处理;构造了脸部模板,分析模板匹配的相似函数;对脸部进行检测实验并分析了实验结果。

第4章分析了空机车和其他几种监控对象的监控图像,选择了图像中梯度较大的具直线性质的边缘线作为空机车的识别特征;分析了 Radon 变换基本原理,设计了基于 Radon 变换的监控图像中空机车图像识别的算法;对识别结果进行了统计分析,并与基于 Hough 变换方法矿车识别进行对比。

第5章分析了煤的监控图像的采集方法和纹理特征(M_2 、 GUN 、 BUN 和 H_n)的计算方法、均值和标准差。以 McCulloch-Pitts 模型为例分析了人工神经网络的结构、类型和训练方法。分析了 BP 网络各层的输入、输出关系,说明了以煤的监控图像的纹理统计量输入网络造成网络饱和的原因,对网络进行仿真,成功地识别了碎煤和块煤监控图像。分析了径向基神经网络对碎煤和块煤的监控图像识别的方法,对概率神经网络的识别方法进行了仿真。

第6章对本书的工作做了总结,说明了主要研究成果和创新点,并对今后的研究工作提出了一些建议。

2 煤矿数字图像监控系统

在数字图像技术和工程的基础上,可以把现有煤矿人员监控系统和煤质监控系统中的图像监控功能模块集成在一起,构成新型的矿井图像监控系统,实现矿工和煤炭图像监控的功能,提高监控系统的效率、安全性和可靠性,降低系统安装、运行和维护的成本。本章重点分析煤矿图像监控系统的组成和功能。

2.1 传统的煤矿图像监控系统

早期的矿用图像监控系统是基于模拟电子技术的闭路电视^[13]或矿井^[14,15]、地面^[16]工业电视系统,它可以实现井下设备运行情况的远程实时监视,该系统与计算机系统相结合,还可以在计算机终端的显示设备上及时地显示出各种运行参数,在当时是比较先进的矿井监控技术。

一种典型的电视监控系统的组网方式为基于视频矩阵切换器的矿用图像监控系统,其模型如图 2.1 所示。基本的设备有摄像机、控制器、视频矩阵切换器和带有三合一卡的网络工作站。摄像机、控制器和视频矩阵切换器构成工业电视系统。

由摄像机采集的视频基带 AV 信号传给视频矩阵切换器,经其视频输出口输出,通过某一根同轴线,传到对应的网络工作站。用工作站和工业电视系统中的应用软件,通过 RS-485 总线和网络等方式控制摄像机并选择图像。

此系统具有图像清晰、环节少、便于维护、不受摄像机容量限制等优点。但是,此系统的线路多,难以融入有线电视网,工作站容量增加至 10~15 路及