

基于 VC++ 和图像处理的连铸坯定尺控制技术

张辉宜¹, 陶 陶¹, 陈文星¹, 焦兴利²

(1. 安徽工业大学 计算机学院, 安徽 马鞍山 243002;

2. 马鞍山钢铁公司第一炼钢厂, 安徽 马鞍山 243005)

摘 要:针对传统连铸板坯定尺控制中检测辊存在磨损、打滑等影响定尺精度的问题,采用 CCD 数字图像边缘检测技术,实现了连铸板坯定尺切割控制和铸机拉速的动态跟踪。文中介绍了数字图像边缘检测原理和连铸坯位置动态跟踪原理,并给出了在 Visual C++ 环境下图像的获取、边缘检测算法的程序流程图。实际运行结果表明,所述方法实现的连铸板坯定尺切割系统,综合控制精度在 $\pm 8\text{mm}$ 以内,满足了工程应用的要求,可推广应用到多流连铸机、中厚板、重轨生产等定尺切割控制系统中。

关键词:边缘检测;板坯连铸;长度控制

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1005-3751(2006)02-0044-03

A Control Technique of Continuous - Casting Slab Length Measurement Based on VC++ and Image Processing

ZHANG Hui-yi¹, TAO Tao¹, CHEN Wen-xing¹, JIAO Xing-li²

(1. Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China;

2. No. 1 Steel - making Factory of Ma - Steel, Ma'anshan 243005, China)

Abstract: Such problems were introduced as abrasion and slippage, which existed in the measure - roller of continuous - casting slab length control, and a technology of edge detection for CCD digital image was given which actualized a method of continuous - casting slab length measurement and cutting and casting speed dynamic trace. The principles of edge detection for digital image and continuous - casting slab position dynamic trace were described, and flow chart for the algorithm of image gaining and edge detection was presented. Practical results showed that the method met the need for engineering application within $\pm 8\text{mm}$ controlled precision, which could be popularized in such production of control systems of length control and cutting as multi - stream continuous caster, moderately thick rectangular plates and heavy rails.

Key words: edge detection; slab continuous - casting; length control

0 引言

连铸技术是冶金行业普遍采用的新技术。常用的连铸坯定尺方法是检测辊法,即通过对测速辊发出的脉冲数进行计数处理,间接地计算出连铸机拉速和连铸坯的头部位置,从而实现连铸机自动控制和连铸坯的自动定尺。但由于检测辊磨损、打滑等原因,造成检测误差从而影响成材率。文中介绍了一种通过 CCD 摄像,基于数字图像边缘检测技术,通过 VC 编程来实现连铸坯位置动态跟踪(实际上也是连铸机拉速的动态跟踪),从而实现铸坯定尺切割和铸机拉速检测的方法,并给出了实现图像获取和边缘检测的程序流程图。

1 连铸坯定尺切割原理

由于摄像头的视场有限,对于常规尺寸变化不大的定尺切割而言,用一个摄像头就能满足检测要求。但对多规格定尺、特别是要实现位置(拉速)动态跟踪的场合,就需要多个摄像头联合检测。为防止连铸坯头部边缘跟踪失败,各摄像头的视场应重叠,如图 1 所示。并且连铸坯从第一个摄像头视场进入第二个摄像头视场的切换是在程序控制下自动进行的。

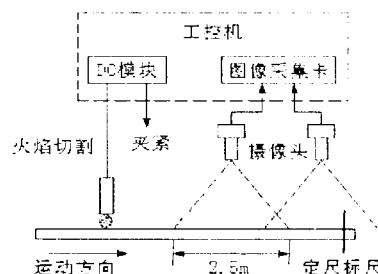


图1 跟踪定尺原理示意图

收稿日期: 2005-05-25

基金项目: 安徽省高等学校自然科学基金(2005KJ070)

作者简介: 张辉宜(1963—),男,四川富顺人,副教授,硕士生导师,主要从事计算机控制系统和嵌入式系统应用的研究与教学工作。

当连铸坯头部进入摄像头视场时,启动图像处理程序进行连铸坯头部图像采集、边缘检测,并进行边缘位置动态跟踪(拉速)计算。当连铸坯头部边缘到达预定的定尺标尺时,计算机向切割机控制系统发出夹紧信号,使切割机随连铸坯同时运动并开始切割。切割完成后,切割机返回到初始位置以便准备下一次切割。

对于较长规格的定尺,在切割过程中,连铸坯头部边缘将脱离所有摄像头视场。这时就需根据边缘动态跟踪得到的连铸机拉速和切割时间来估算下一块连铸坯的头部位置,从而快速地由计算机启动相应的摄像头进行其边缘检测等操作。

若取每帧图像像素为 800×600 ,则图像处理时的最大误差为每个像素的分辨率,即:

$$2500(\text{mm})/800 = 3.125(\text{mm})$$

假设扫描、图像处理的周期为 T ,在 T 时间内连铸坯移动的距离为 ΔS ,则连铸机的拉速(连铸坯的移动速度)为:

$$V = \Delta S/T$$

为防止边缘跟踪失败,设置了一个 256×32 (像素)的长方形检测窗口,以防止拉速突变产生的连铸坯位移增量不会超出检测窗口^[1]。

2 边缘检测原理

边缘是图像最基本的特征,是图像分割、目标区域的识别、区域形状提取等图像分析领域十分重要的基础,图像理解和分析的第一步往往就是边缘检测,目前它已成为机器视觉研究领域最活跃的课题之一,在工程应用中占有十分重要的地位。所谓边缘(或边沿)是指其周围像素灰度有阶跃变化或“屋顶”变化的那些像素的集合^[2]。边缘广泛存在于物体与背景之间、物体与物体之间、基元与基元之间,因此,是图像分割和识别所依赖的重要特征。

对于数字图像,图像灰度值的显著变化可以用梯度来表示。经典的边缘提取方法是考察图像的每个像素在某一个邻域内灰度的变化,利用边缘邻近一阶或二阶方向导数变化规律来检测边缘,这种方法称为边缘检测局部算子法。如果一个像素落在图像中某一个物体的边界上,那么它的邻域将成为一个灰度级的变化带。对这种变化最有用的两个特征是灰度的变化率和方向,它们分别以梯度向量的幅度和方向来表示。边缘检测算子检查每个像素的邻域并对灰度变化率进行量化,并确定其方向。

常用的边缘检测方法有微分法、曲面拟合法、数学形态学方法、模糊算子法、时-频分析法、神经网络法、标记-松弛匹配方法、自组织聚类法、遗传算法、动态规划法、IFS法、矩不变边缘检测法、最小代价函数法等等。针对不同的图像,并没有一个最佳的边缘检测算子。就冶金工业应用而言,常用的算子是基于微分法的 Robert 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子以及 Krisch 算子。其中 Robert 算子是 2×2 算子,对具有陡峭的低噪声图像响应最好。其他

3个算子都是 3×3 算子,对灰度渐变和噪声较多的图像处理得较好^[3]。考虑到生产现场的实际情况,选用 Sobel 算子来实现数字图像的边缘检测。像素关系的 Sobel 模板如图2所示。

$f(x-1, y-1)$	$f(x, y-1)$	$f(x+1, y-1)$
$f(x-1, y)$	$f(x, y)$	$f(x+1, y)$
$f(x-1, y+1)$	$f(x, y+1)$	$f(x+1, y+1)$

图2 像素的 Sobel 模板

对于数字图像,可以用一阶差分代替一阶微分来定义图2所示的像素关系如下:

$$\Delta x f(x, y) = f(x, y) - f(x-1, y) \quad (1)$$

$$\Delta y f(x, y) = f(x, y) - f(x, y-1) \quad (2)$$

求梯度时对于平方和运算及开方运算,可以用两个分量的绝对值之和近似表示,即:

$$G[f(x, y)] = \sqrt{[\Delta x f(x, y)]^2 + [\Delta y f(x, y)]^2} \approx |\Delta x f(x, y)| + |\Delta y f(x, y)| \quad (3)$$

Sobel 梯度算子是先加权平均,再微分,然后求梯度,即:

$$\begin{aligned} \Delta x f(x, y) = & f(x-1, y+1) + 2f(x, y+1) + \\ & f(x+1, y+1) - f(x-1, y-1) - \\ & 2f(x, y-1) - f(x+1, y-1) \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \Delta y f(x, y) = & f(x-1, y-1) + 2f(x-1, y) + \\ & f(x-1, y+1) - f(x+1, y-1) - \\ & 2f(x+1, y) - f(x+1, y+1) \end{aligned} \quad (5)$$

故得 Sobel 算子边缘检测矩阵为:

$$\begin{aligned} G[i, j] = & |f(i-1, j+1) + 2f(i, j+1) + f(i+1, j+1) - \\ & f(i-1, j-1) - 2f(i, j-1) - f(i+1, j-1)| + \\ & |f(i-1, j-1) + 2f(i-1, j) + f(i-1, j+1) - f(i+1, j-1) - \\ & 2f(i+1, j) - f(i+1, j+1)| \end{aligned} \quad (6)$$

其中: $G[i, j]$ 表示处理后 (i, j) 点的灰度值, $f[i, j]$ 表示处理前该点的灰度值。

3 Visual C++ 的编程实现

3.1 图像数据的结构

摄像机获取的连铸坯图像以 BMP 位图文件形式保存。BMP 文件由文件头、位图信息头、颜色信息和图形数据4部分组成。

BMP 文件头数据结构含有 BMP 文件的类型、文件大小和位图起始位置等信息,其中 WORD biType 表示位图文件的类型,必须为 BM; BMP 位图信息头数据用于说明位图的尺寸等信息,其中 biBitCount 表示每个像素所需的位数,它可以是 1(双色),4(16 色),8(256 色)或 24(真彩色)之一;颜色表用于说明位图中的颜色,它有若干个表项,每一个表项是一个 RGBQUAD 类型的结构,定义一种颜色;位图数据记录了位图的每一个像素值,记录顺序是在扫描行内从左到右,在扫描行之间从下到上。

当每像素所需位数为 1 时,8 个像素占 1 个字节;当每像素所需位数为 4 时,2 个像素占 1 个字节;每像素所

需位数为 8 时,1 个像素占 1 个字节。对于 256 级灰度图像,每个像素用 1 个字节表示颜色的索引值;当每像素所需位数为 24 时,1 个像素占 3 个字节。Windows 规定一个扫描行所占的字节数必须是 4 的倍数(即以 long 为单位),不足的以 0 填充^[4]。

3.2 图像数据的获取

读取灰度 BMP 位图的算法如图 3 所示。

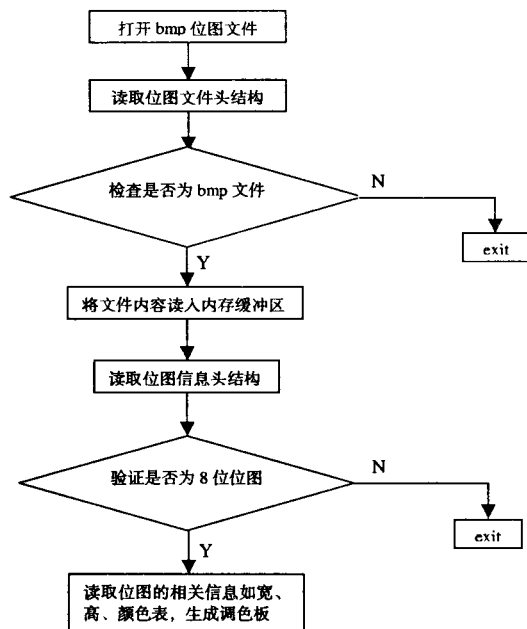


图 3 读取灰度 BMP 位图算法流程图

3.3 Sobel 边缘检测的实现

本项目采用 Sobel 算法进行边缘检测以实现连铸坯位置的动态跟踪,并对连铸机拉速进行动态计算。实际应用时,还要对所检测的边缘进行拟合^[5]。图 4 为基于 VC++ 的 Sobel 边缘检测算法流程图。

实际运行结果表明,采用文中所述方法实现的连铸坯定尺切割,综合精度在 $\pm 8\text{mm}$ 以内,满足了工程应用要求。

4 结束语

边缘检测是图像分割、目标区域的识别、区域形状提取等图像分析和理解的基础。在冶金行业的故障诊断、金属材料组织性能检测等方面有重要用途。文中从提高连铸产品定尺成材率出发,采用数字图像的边缘检测技术来实现连铸坯的位置自动动态跟踪和定尺切割,实际运行表明,测控系统工作稳定、可靠,要求的 $\pm 10\text{mm}$ 定尺成材率达到 100%,可为中厚板、重轨生产等定尺切割提供借鉴。

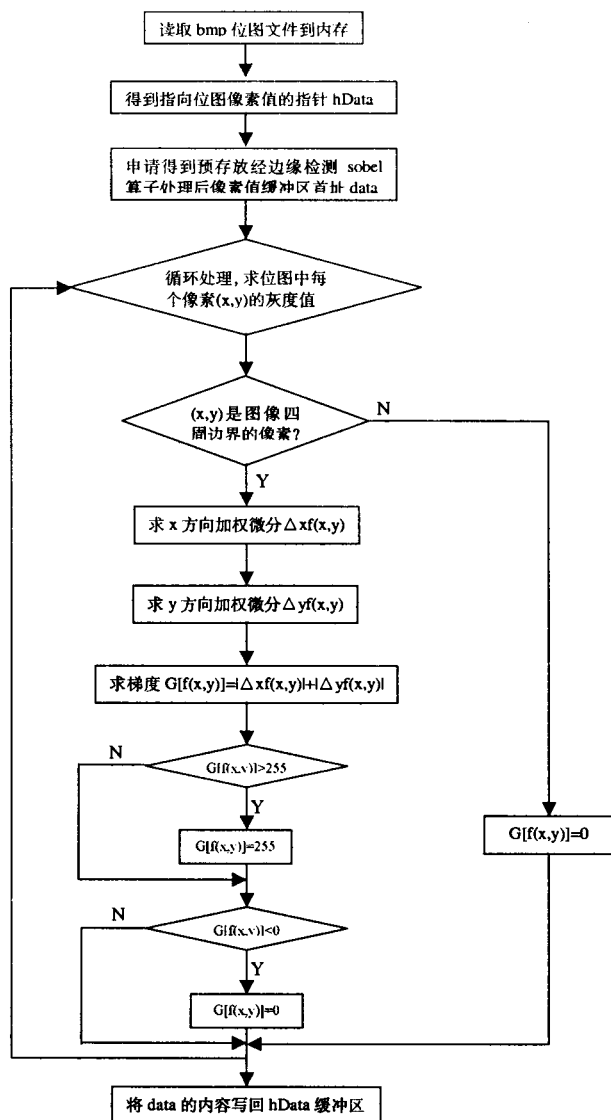


图 4 灰度图像 Sobel 边缘检测算法流程图

参考文献:

- [1] 葛芦生,杜培明,龚右民.无接触式连铸板坯定尺切割控制系统[J].仪器仪表学报,2002,23(4):427-430.
- [2] 史长琼.颗粒图像边缘检测中边界闭合性的研究[J].自动化技术与应用,2003,22(6):28-30.
- [3] 沈世,盛翊智.基于边缘检测的车牌图像分割技术[J].自动化技术与应用,2004,23(3):24-26.
- [4] 谢志鹏,陈锻生.基于 Vfw 的实时视频图像采集处理程序设计[J].微机发展,2004,14(11):121-123.
- [5] 张宏林,蔡锐. Visual C++ 数字图像模式识别技术及工程实践[M].北京:人民邮电出版社,2003.

(上接第 43 页)

- [1] 定[J].中国经济导报,1997-08-18.
- [2] 邹凯,毛太田.系统论与决策支持系统[J].控制与决策,2003(8):112-113.
- [3] 苏波,王浣尘.群决策研究的评述[J].决策与决策支持系

统,1995(5):115-124.

- [4] 叶丹,陈禹六.面向问题的动态群体决策支持系统框架研究[J].计算机工程与应用,2003(14):215-217.
- [5] 马纯杰,陈华辉,黄志平.工程量造价管理 IT 应用[EB/OL].http://www.grandsoft.com.cn,2004.