

## 撤稿声明

撤稿文章名: 一种基于ResNet的胶带空载判别系统  
作者: 秦江生

\* 通讯作者: 邮箱: qjs6906@163.com

期刊名: 运筹与模糊学 (ORF)  
年份: 2020  
卷数: 10  
期数: 1  
页码 (从X页到X页): 42-48  
DOI (to PDF): <https://doi.org/10.12677/ORF.2020.101005>  
文章ID: 1700188  
文章页面: <https://www.hanspub.org/journal/PaperInformation.aspx?paperID=33>  
730  
撤稿日期: 2020-1-3

### 撤稿原因 (可多选):

- 所有作者  
 部分作者:  
 编辑收到通知来自于
- 出版商  
 科研机构:  
 读者:  
 其他:

撤稿生效日期: 2020-1-3

### 撤稿类型 (可多选):

- 结果不实  
 实验错误  
 数据不一致  
 分析错误  
 内容有失偏颇  
 其他:
- 结果不可再得  
 未揭示可能会影响理解与结论的主要利益冲突  
 不符合道德
- 欺诈  
 编造数据  
 虚假出版  
 其他:  
 抄袭  
 自我抄袭  
 重复抄袭  
 重复发表 \*  
 侵权  
 其他法律相关:
- 编辑错误  
 操作错误  
 无效评审  
 决策错误  
 其他:
- 其他原因: 期刊不符合学校评定要求

### 出版结果 (只可单选)

- 仍然有效.  
 完全无效.

### 作者行为 失误(只可单选):

- 诚信问题  
 学术不端  
 无 (不适用此条, 如编辑错误)

\* 重复发表: "出版或试图出版同一篇文章于不同期刊."

历史

作者回应:

是, 日期: yyyy-mm-dd

否

信息改正:

是, 日期: yyyy-mm-dd

否

说明:

“一种基于 ResNet 的胶带空载判别系统”一文刊登在 2020 年 2 月出版的《运筹与模糊学》2020 年第 10 卷第 1 期第 42-48 页上。《运筹与模糊学》不符合学校评定要求, 作者主动申请撤稿。根据国际出版流程, 编委会现决定撤除此稿件, 保留原出版出处:

秦江生. 一种基于 ResNet 的胶带空载判别系统 [J]. 运筹与模糊学, 2020, 10(1): 42-48.  
<https://doi.org/10.12677/ORF.2020.101005>

所有作者签名:

秦江生

# A No-Load Belt Discrimination System Based on ResNet

Jiangsheng Qin

Jinzhong Vocational and Technical College, Jinzhong Shanxi  
Email: qjs6906@163.com

Received: Dec. 10<sup>th</sup>, 2019; accepted: Dec. 24<sup>th</sup>, 2019; published: Dec. 31<sup>st</sup>, 2019

## Abstract

A no-load belt identification system based on ResNet is proposed for the complexity of belt conveying system in most coal mines, and it is difficult to achieve comprehensive monitoring by manual work. The belt often runs without load, which results in waste of electric energy. Firstly, explosion-proof cameras are installed above the belt, and the cameras are connected to the host through the fibers. Secondly, ResNet algorithm is deployed on the host computer to identify whether the coal caving operation is carried out. Finally, the belt automatically decelerates through the centralized control system. The experimental results show that the technology can effectively determine whether the belt is in no-load state, greatly reduce energy loss, and intelligently control the downhole belt transportation system.

## Keywords

Belt Transportation, Waste of Electrical Energy, No-Load Belt, No-Load Discrimination, ResNet Algorithm

## 一种基于ResNet的胶带空载判别系统

秦江生

晋中职业技术学院, 山西 晋中  
Email: qjs6906@163.com

收稿日期: 2019年12月10日; 录用日期: 2019年12月24日; 发布日期: 2019年12月31日

## 摘要

针对目前大部分煤矿胶带运输系统复杂, 人工难以实现全面监控, 经常出现胶带慢速空跑, 造成电能浪

费的情况, 本文提出了一种基于ResNet的胶带空载判别系统。该系统首先在胶带上方安装防爆摄像头, 并将摄像头与井上主机通过井下光纤连接; 其次, 在主机上部署ResNet算法来识别是否在进行放煤作业; 最后, 配合集中控制系统实现空载时自动降速。实验结果表明, 该技术可以有效判别胶带是否处于空载状态, 大大减少能源损耗, 实现了井下胶带运输系统联动启停。

## 关键词

胶带运输, 电能浪费, 胶带空载, 空载判别, ResNet算法

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 引言

作为产煤大国, 大多数煤矿目前主要采用了以胶带机为核心的运输系统。由于其运输量大、结构简单、受地形条件限制少、易于管理和维护、运输效率高等特点, 胶带运输系统成为煤矿生产不可或缺的重要组成部分[1] [2] [3], 胶带机运行的状况影响着整个煤矿的产能以及安全水准[4]。胶带机运输能力的提高和自动化的实现可以提高煤矿生产效率和经济效益。

煤矿井下传送带在输送煤的过程中, 由于无法实时的监测, 而且传送带输送距离较长, 通讯不畅, 导致胶带无煤空载, 时长甚至达到数小时, 造成了大量的电力消耗。而且为了防止堆煤, 煤矿胶带输送机多采用逆煤流启动方式, 造成胶带输送机空载时间过长, 不但能耗高, 而且对胶带输送机损害严重[4]。为减少煤矿能源浪费, 部分煤矿将变频电控系统应用到煤矿胶带输送机上, 使用变频器来控制胶带运行速度和启动速度, 并对胶带运行的电压和电流进行适当调整, 减少了胶带空转现象[5] [6]。文献[7] [8]中将变频技术应用到煤矿运输系统中, 利用PLC变频调速技术控制煤矿胶带输送机运行速度, 能够实现调速平滑, 节约皮带机能耗的目的。但变频器均作为软启动装置来启用, 难以实时判断胶带是否处于空载状态。文献[9] [10]中将永磁变频驱动技术应用到煤矿运输系统中, 相较于大多数变频器启动装置为软启动装置, 该技术具有低转速大转矩以及维护成本较低等特点, 能够延长胶带的使用寿命, 同时, 实现节能减耗。但该技术在应用过程中会出现启动过程不能控制、停机时不能负载启动等问题, 在应用时受到限制较多。

将变频技术应用到煤矿皮带运输系统时, 还会面临如下问题:

### 1) 变频器易受电磁干扰

由于煤矿产业面临的环境较为艰苦, 变频器在此环境下容易受到电磁干扰, 出现设备异常的情况。

### 2) 电源易出现异常

变频器在运行过程中会产生低压, 对皮带机产生一定的冲击, 从而导致电源异常等问题。

### 3) 高次谐波

大多数变压器采用PWM进行频率调节, 这种调节方式产生高次谐波, 加重点击的负担, 容易造成变压器的损坏, 进而影响胶带的正常运行。

ResNet [11]技术在图像识别方面展现了其强大的功效, 解决了随着Layer升高出现梯度消失的问题, 其性能优于传统的卷积神经网络[12] [13] [14]。

为帮助煤矿节约电能, 实时判别胶带是否空载, 本文设计了一种基于ResNet的胶带空载判别系统。

该系统在胶带上方安装防爆摄像头，并将图像上传到井上主机，通过在主机上部署 ResNet 算法提取能够区分胶带空载与否的关键视觉特征，从而识别是否在进行放煤作业，若胶带处于空载状态，则配合集中控制系统实现空载时自动降速，从而为煤矿节省电能，降低运行成本。并且，该系统不会造成运输系统电源异常、高次谐波等问题。

## 2. 系统架构

本系统通过在主机上部署 ResNet 算法提取能够区分胶带空载与否的关键视觉特征，从而识别是否在进行放煤作业。在胶带上方安装防爆摄像头，摄像头水平角度介于 0 到 90 度之间，视场能够完全覆盖胶带。摄像头通过井下光纤连接到井上主机，主机上部署胶带空载识别算法。识别算法采用有监督的神经网络 ResNet 实现，具体架构如图 1 所示：

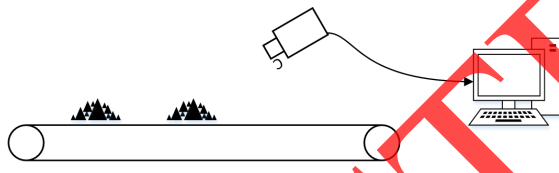


Figure 1. The architecture of no-load belt discrimination technology based on ResNet

图 1. 基于 ResNet 的胶带空载判别系统架构

在一段较长的观察期内，抽样获取视频帧数据，人工判断当前帧是否空载，若为空载则标注为空载并保存至空载数据集；否则标注为非空载并保存至非空载数据集。当数据集规模达到指定量级即停止。使用在 imageNet [15] 上预训练的 ResNet 网络对上述数据集进行迁移学习。训练完毕后保存模型并进行部署，读取摄像头数据，并逐帧判断是否空载并在视频进行标注。

ResNet 在训练每层时除了使用目标函数梯度外，还增加了残差梯度，有效防止了在训练模型时，增加网络层数出现梯度消失情况的发生，提升了模型的准确率以及训练速度。深度残差网络的核心是残差单元，通过使用残差单元，可以构建极深的神经网络。

假设网络的输入是  $x$ ，期望的输出为  $H(x)$ ，输入  $x$  传到输入端时，需学习的目标函数为  $H(x)$ 。ResNet 与其他神经网络不同之处在于，ResNet 改变了学习的目标函数，只学习  $H(x) - x$ ，即输出和输入的差，而不是学习完成的输出函数  $H(x)$ ，具体过程如图 2(a) 所示。

文献[15]指出，优化  $F(x)$  相比优化  $H(x)$  更为容易。 $x$  可以通过短连接直接将输入连接到后面的层上，使得后面的层可以直接学习残差，有效的减缓了由于层数过多而出现梯度弥散的现象，具体过程如图 2(b) 所示。

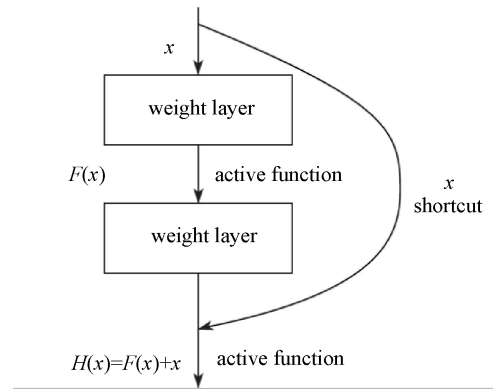
对于任意残差单元，其输出的数学定义为：

$$x_{i+1} = f(x_i + F(x_i, W_i)) \quad (1)$$

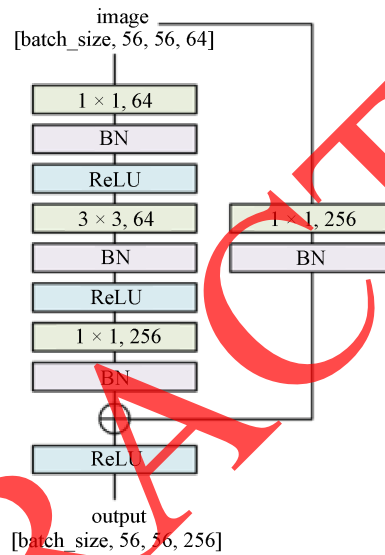
其中， $x_{i+1}$  和  $x_i$  分别为第  $i$  个残差单元的输出以及输入； $f$  为激活函数，本系统采用的激活函数为 ReLU 函数； $W$  为卷积核； $F$  为残差函数。

图 2(a) 中  $F = W_2 \sigma(W_1 x)$ ， $\sigma$  即为 ReLU 函数，通过 shortcut 以及 ReLU 函数后，得到输出  $y$ ，如式(2) 所示。

$$y = F(x, \{W_i\}) + x \quad (2)$$



(a)



(b)

**Figure 2.** View of the ResNet unit block. (a) Deep learning residual unit; (b) The example of skip the three-tier  
**图 2.** ResNet 残差单元结构图。(a) 深度学习残差单元; (b) 跳过三层示例

当对输入以及输出的维度进行变换时，可以在 shortcut 时对  $x$  做一个线性变换  $W_s$ ，如式(3)所示。

$$y = F(x, \{W_i\}) + W_s x \quad (3)$$

具体模型训练流程如图 3 所示。

### 3. 仿真实验

#### 3.1. 数据集的获取

本文对山西某矿胶带运输视频进行逐帧标注，并分别保存为空载数据集和非空载数据集，两个数据集中各有 3000 张标注图。具体标注方式如图 4 所示。

从图 4 可以看出，标注的区域主要为皮带机的中央区域，在一段观察期内，抽样获取视频帧数据，人工判断当前帧是否空载，若为空载则标注为空载并保存至空载数据集；否则标注为非空载并保存至非空载数据集。当数据集规模达到 3000 张时停止标注。

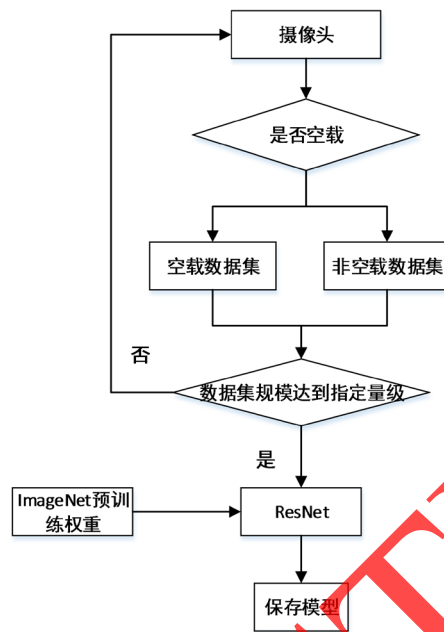


Figure 3. The model training process  
图 3. 模型训练流程



(a)



(b)

Figure 4. The marked chart of belt. (a) The marked chart of no-load belt;  
(b) The marked chart of load belt

图 4. 胶带标注图。(a) 胶带非空载标注图；(b) 胶带空载标注图

### 3.2. 测试结果

在常村矿上采集实时视频，在本文提出的一种基于 ResNet 的胶带空载判别系统上对视频流中胶带空载情况进行判别，判别结果如图 5 所示。

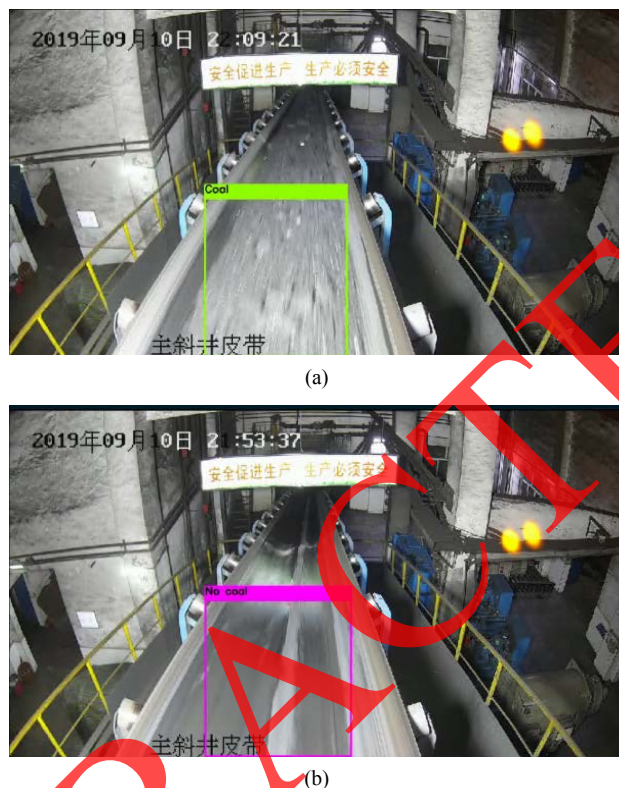


Figure 5. Belt no-load discrimination result. (a) Load belt test chart; (b) No-load belt test chart

图 5. 胶带空载判别结果。(a) 胶带非空载测试图；(b) 胶带空载测试图

从图 5 可以看出，本文提出的一种基于 ResNet 的胶带空载判别系统能实时判别胶带是否处于空载状态，进而配合集中控制系统实现空载时自动降速，大大减少煤矿能源损耗。

在上述基础上，将 ResNet 算法性能与传统卷积神经网络 Alexnet [12]、VGGNet [13]、GoogleNet [14] 进行对比，对比结果如表 1 所示。

Table 1. Test precision of different models  
表 1. 不同模型的测试精度

胶带空载判别模型	平均准确率/%
Alexnet	89.3
VGGNet	90.1
GoogleNet	92.5
ResNet	95.6

从表 1 可以看出，基于 ResNet 的胶带空载判别模型的平均准确率最高，为 95.6%。将该系统应用在



常村矿胶带运输系统中, 考察该本文提出的系统在实际中的使用情况。

常村矿胶带空载率达到百分之 15, 在常村矿胶带运输系统上多次进行测试, 本文提出的技术识别准确率达到了 95%以上, 能够有效降低煤矿能源消耗, 为该矿解决了因胶带空载而产生的能源浪费问题。一部 1000 m 长度的胶带的空载功率大约为运行功率的 35%, 按照每天工作时长 15 小时计算, 该矿每年每条胶带可节约近 10 万的电费。常村矿共有 23 部主胶带, 5 部顺槽胶带, 使用该技术后每年可节约上千万生产成本, 为该矿实现了降本增效。

#### 4. 结语

为减少煤矿能源浪费, 本文设计了一种基于 ResNet 的胶带空载判别系统。该系统在胶带上方安装防爆摄像头, 并将图像上传到井上主机, 通过在主机上部署 ResNet 算法实时识别是否在进行放煤作业, 若胶带处于空载状态, 则配合集中控制系统实现空载时自动降速, 从而大大减少煤矿能源损耗, 实现了井下胶带运输系统联动启停。

#### 参考文献

- [1] 王成. 基于 PLC 的矿井胶带机远程监控系统研究[D]: [硕士学位论文]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2011.
- [2] 刘鸿利. 基于载荷检测的煤矿带式输送机控制系统[J]. 工矿自动化, 2018, 44(10): 81-84.
- [3] 李继来. 煤矿井下主运输煤流线协同控制研究[J]. 工矿自动化, 2017, 43(11): 27-30.
- [4] 杨鲁振, 王猛, 王登科, 等. 煤矿自动化控制技术在胶带运输中的应用[J]. 山东工业技术, 2018(15): 71.
- [5] 雷雨. 变频调速技术在煤矿运输胶带系统的应用[J]. 能源技术与管理, 2018, 43(4): 165-166.
- [6] 陈廷理. 变频技术在煤矿胶带机改造中的应用[J]. 机械管理开发, 2016, 31(12): 62-63+79.
- [7] 刘杰. 变频节能技术在煤矿机电设备中的应用[J]. 陕西煤炭, 2019, 38(2): 177-178+182.
- [8] 李登峰, 杨五命. 磁窑沟煤矿运输系统改造技术应用[J]. 煤炭工程, 2018, 50(S1): 25-27.
- [9] 靳昌军, 周存燕. 永磁变频电动机直驱带式输送机在煤矿井下的应用研究[J]. 价值工程, 2018, 37(31): 178-179.
- [10] 杨刚, 蔡树梅, 武文颖. 永磁变频驱动系统在刮板输送机上的应用[J]. 煤矿机械, 2019, 40(9): 154-156.
- [11] He, K.M., Zhang, X.Y., Ren, S.Q. and Sun, J. (2016) Deep Residual Learning for Image Recognition. 2016 *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Las Vegas, NV, 27-30 June 2016, 770-778. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- [12] Alex, K., Sutskever, I. and Hinton, G. (2017) ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Communications of the ACM*, 6, 84-90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- [13] Simonyan, K. and Zisserman, A. (2015) Very Deep Convolutional Networks for Large Scale Image Recognition. 2015 *International Conference on Learning Representations*, San Diego, CA, 7-9 May 2015, 1-14.
- [14] Szegedy, C., Liu, W., Jia, Y., et al. (2015) Going Deeper with Convolutions. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Boston, MA, 7-12 June 2015, 1-9.
- [15] Mishkin, D., Sergievskiy, N. and Matas, J. (2017) Systematic Evaluation of Convolution Neural Network Advances on the ImageNet. *Computer Vision and Image Understanding*, 161, 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2017.05.007>