

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.06.023

## 基于 BP 神经网络识别汽车前保险杠方法

滕傲雪,廖晓曦,徐建鹏,何洪源

(中国人民公安大学,北京 100038)

**摘要:**交通事故现场中经常发现破碎的汽车前保险杠塑料,如何快速准确地识别保险杠型号,是确定肇事车辆、分析案情发展的重要保障。提出了一种基于 BP 神经网络的汽车前保险杠塑料识别方法。该方法以汽车前保险杠塑料的近红外光谱数据为基础,通过标准差来分析数据在不同波段的差异程度,据此分为高、中、低差异度 3 类,使用主成分分析法对 3 类波段中的数据分别进行降维处理并构成三维数据,使其能够在三维空间内进行区分,提高鲁棒性,并利用该三维数据训练 BP 神经网络,实现了汽车前保险杠塑料的快速识别,其正确率达到了 93.75%,为现场物证的检验提供一种全新、快速的方法。

**关键词:**近红外光谱;汽车前保险杠塑料;BP 神经网络;主成分分析;识别

**中图分类号:**O657 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-3539(2018)06-0111-05

### The Method for Detecting Front Bumper Plastics of Automobile Based on BP Neural Network

Teng Aoxue, Liao Xiaoxi, Xu Jianpeng, He Hongyuan

(People's Public Security University of China, Beijing 100038, China)

**Abstract :** Broken front bumper plastics are often found in the scene of traffic accidents. How to identify the type of bumper quickly and accurately is an important guarantee to recognize the model of vehicle and analyze the process of the case. A method of plastic identification of front bumper based on BP neural network was proposed. Based on the near-infrared spectroscopy data of the front bumper plastic, the method analyzes the difference of data in different wavebands by standard deviation and divides them into three classes of high, medium and low differences. The data in the class bands are dimensionally reduced to form three-dimensional data by using principal component analysis, enabling them to be distinguished in three-dimensional space, improving robustness, and using this three-dimensional data to train the BP neural network to achieve rapid recognition of front bumper plastics. The correct rate is 93.75%, which provides a new and fast method for the inspection of material evidence.

**Keywords :** near-infrared spectrum ; front bumper plastics ; back propagation neural network ; principal component analysis ; identification

汽车前保险杠作为交通事故中一种常见的物证,其检验结果可为碰撞事实的确定、事故责任认定提供有力证据<sup>[1]</sup>,同时也可作为搜寻肇事逃逸车辆提供有力线索。近红外光谱技术具有较好的鉴别能力,而且比对速度快,准确率高,目前被广泛应用于光声光谱研究<sup>[2-4]</sup>、高分子化合物含量检测<sup>[5-6]</sup>、中草药研究<sup>[7-8]</sup>、食品安全<sup>[9-11]</sup>及物体识别<sup>[12-13]</sup>等领域,是微量物证检验的一种重要手段。然而,汽车前保险杠的成分较为复杂,不同型号保险杠成分区分度不足,

仅通过仪器的图谱无法很好地进行识别。

BP 神经网络<sup>[14-15]</sup>是一种按照误差逆向传播算法训练的多层前馈神经网络,根据训练集与期望输出,动态地对神经网络节点中阈值、参数进行调整,反复进行训练,直至达到要求的误差精度或迭代次数。经过特定数据集训练后的神经网络能够模拟出数据间的模式关系,且能对非线性关系进行很好的拟合,可实现模式识别、分类等应用。

笔者基于波段分类、主成分分析<sup>[16]</sup>和 BP 神经

**基金项目:**上海市现场物证重点实验室开放课题基金项目(20170129)

**通讯作者:**何洪源,博士,教授,主要从事法化学教学和研究工作 E-mail: 13311296819@189.cn

**收稿日期:**2018-03-13

**引用格式:**滕傲雪,廖晓曦,徐建鹏,等. 基于 BP 神经网络识别汽车前保险杠方法 [J]. 工程塑料应用,2018,46(6):111-115.

Teng Aoxue, Liao Xiaoxi, Xu Jianpeng, et al. The method for detecting front bumper plastics of automobile based on BP neural network [J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(6):111-115.

网络的识别方法,对近红外光谱所检测的前保险杠碎片数据进行深入研究,将各检测频率下数据的差异性作为波段分类的依据,通过对每类波段进行主成分分析处理,将原数据从二维平面转换到三维空间进行区分,且根据所得到的三维光谱数据设计相应的BP神经网络模型进行识别,以期在现场汽车前保险杠的快速识别提供一种全新、快速的方法。

## 1 实验部分

### 1.1 实验原材料

笔者一共收集了16种不同车型的汽车塑料保险杠作为检验材料,具体如表1所示。

表1 16种汽车前保险杠碎片

| 试样编号 | 汽车品牌 | 型号   | 试样编号 | 汽车品牌 | 型号    |
|------|------|------|------|------|-------|
| 1    | 启辰   | R50X | 9    | 丰田   | 卡罗拉   |
| 2    | 大众   | 朗逸   | 10   | 日产   | 轩逸    |
| 3    | 马自达  | 6系   | 11   | 本田   | 凌派    |
| 4    | 比亚迪  | G5   | 12   | 起亚   | K3    |
| 5    | 长安   | 逸动   | 13   | 雪佛兰  | 科鲁兹   |
| 6    | 五菱   | 宏光   | 14   | 奥迪   | A3    |
| 7    | 江淮   | iEV5 | 15   | 路虎   | 发现4   |
| 8    | 大众   | 新捷达  | 16   | 雷克萨斯 | CT200 |

### 1.2 仪器和设备

近红外光谱仪:Micro NIR 1700,北京凯元盛世科技发展有限公司。该设备规格为45 mm×42 mm,其光谱工作范围是950~1 650 nm或自行定制,测量时间为0.25 s,运行最适环境是-20~40℃,探测器类型属于128线元非制冷铟镓砷二极管阵列,主机接口速度最高可达480 Mb/s。实验时使用双集成真空钨灯作为光源,线性渐变滤光片为分光原件。仪器参数设定为:波数范围是900~1 700 cm<sup>-1</sup>,扫描速度为50 kHz。

### 1.3 实验方法

实验过程中运用近红外光谱仪分别扫描实验检验材料10次,每次扫描检验材料时,轻微移动近红外光谱仪对不同部位进行扫描,每类检验材料获取10组数据,共得到160组数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 近红外光谱图谱

经检测共得到了16种检验材料的160组光谱数据,使用The Unscrambler软件对其进行预处理,即可生成最后的光谱图。160组数据共产生了160条曲线,每类检验材料的10条曲线都相近,图1中列出了前8种检验材料的曲线。

### 2.2 波段分类

通过观察图1可知,16种检验材料的近红外检

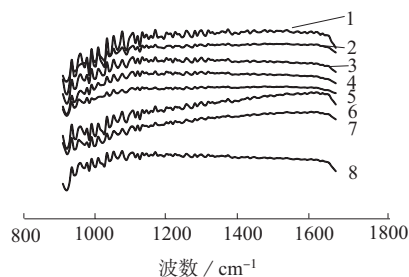


图1 前8种检验材料的近红外检测光谱图

测光谱曲线在不同的波数范围内具有不同的差异度,例如在图1中各检验材料在低波长处的曲线仍具有一定的区分度,但随着波数的增加,曲线之间的区分度逐渐降低。据此,若将整个波数部分进行不加区分的处理,将会使得低区分部分的误差累积到整个识别过程中来,因此需要对其进行分段处理。

检测数据中共包含125个检测频率,将其依次编号为1~125。为更好地对检验材料进行区分,首先对每个检验材料的10组数据求平均值,以代表该检验材料的检测数据,然后对所得到的16组数据进行差异性分析,即求其数据的标准差来进行比较,最终可得到图2中的结果。

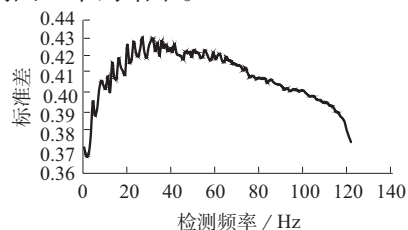


图2 每个检测频率的16组数据的标准差分析

由图2可知,数据的差异度开始随着频率的升高而不断提高,在波数为1 075.3475 cm<sup>-1</sup>(编号28)时取到峰值0.383,随后呈降低的趋势。为提高检测的区分度,笔者将波谱进行分段分析。首先将标准差大于0.36的波段归为高差异性波段,将标准差在0.34到0.36之间的波段归为中差异性波段,将标准差低于0.34的归为低差异性波段,如表2所示。同时,为提高数据的区分度,减少低差异波段的误差影响,笔者对3类波段的数据从高至低分别赋予系数1.5,1,0.5,即进一步提高高差异度波段的区分度,且抑制低差异波段的影响,提高后续识别的鲁棒性。

表2 波段分类结果

| 波段分类   | 波段编号         |
|--------|--------------|
| 高差异性波段 | 14~76        |
| 中差异性波段 | 5~13, 77~108 |
| 低差异性波段 | 1~4, 109~125 |

### 2.3 主成分分析

主成分分析法是一种把多个变量转化为少数

主要变量(即主成分)的多元统计分析方法,即将原来众多具有一定相关性的指标,重新组合成一组新的互相无关的综合指标来代替原来的指标。该方法通常用来寻找判断某种事物的主成分,从而更好地揭示事物内在的规律。为更加充分地对16种检验材料的光谱进行区分,采取主成分分析法将每条光谱曲线上的125个数据进行主成分分析,即用某种线性关系将125个数据进行重新的组合,使曲线之间的区分度更大。使用SPASS软件对3个波段内的数据进行主成分分析,其中各波段的分析结果如表3~表5所示。

表3 高差异性波段

| 成分 | 初始特征值 |       |       | 提取平方和载入 |       |       |
|----|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
|    | 合计    | 方差/%  | 累积/%  | 合计      | 方差/%  | 累积/%  |
| 1  | 62.96 | 99.94 | 99.94 | 62.96   | 99.94 | 99.94 |
| 2  | 0.033 | 0.052 | 99.99 |         |       |       |
| 3  | 0.002 | 0.004 | 99.99 |         |       |       |
| 4  | 0.000 | 0.000 | 100.0 |         |       |       |

表4 中差异性波段

| 成分 | 初始特征值 |       |       | 提取平方和载入 |       |       |
|----|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
|    | 合计    | 方差/%  | 累积/%  | 合计      | 方差/%  | 累积/%  |
| 1  | 41.95 | 99.88 | 99.88 | 41.95   | 99.88 | 99.88 |
| 2  | 0.050 | 0.118 | 99.99 |         |       |       |
| 3  | 0.001 | 0.003 | 99.99 |         |       |       |
| 4  | 0.000 | 0.000 | 100.0 |         |       |       |

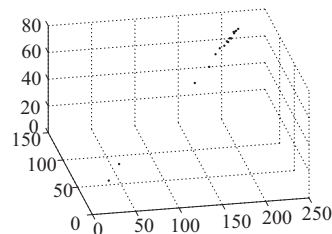
表5 低差异性波段

| 成分 | 初始特征值                  |       |       | 提取平方和载入 |       |       |
|----|------------------------|-------|-------|---------|-------|-------|
|    | 合计                     | 方差/%  | 累积/%  | 合计      | 方差/%  | 累积/%  |
| 1  | 20.96                  | 99.82 | 99.82 | 20.96   | 99.82 | 99.82 |
| 2  | 0.036                  | 0.170 | 99.99 |         |       |       |
| 3  | 0.001                  | 0.006 | 99.99 |         |       |       |
| 4  | $6.193 \times 10^{-5}$ | 0.000 | 100.0 |         |       |       |

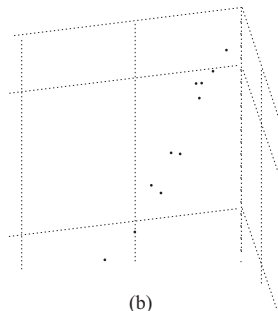
由表3可知,高差异性波段中,第一主成分占有99.94%的贡献度,即第一主成分已经可以表示原有数据99.94%的内容。中差异性波段和低差异性波段经主成分分析后,其第一主成分的贡献度分别为99.88%,99.82%,(只保留到小数点后两位)由此,取每类波段内的第一主成分,使每个检验材料的二维光谱数据转换为三维数据,即3个维度分别由高、中、低3类波段的第一主成分来表示,由此可求得检验材料光谱原始数据对应的分布图见图3,相比于在二维空间进行区分,三维空间能够更好地将检验材料数据分离开来,在二维平面上可能重合的部分,转换到三维空间后即可得到有效的区分,从而更有利于检材的识别。图3b展示了图3a中密集区域的细节分布。

## 2.4 BP神经网络的构建

BP神经网络具有较好的模式识别与泛化能力,



(a)



(b)

a—三维空间;b—密集区域的细节分布

图3 检验材料光谱原始数据对应的三维空间分布图

通过构造一个三层的BP神经网络来实现汽车前保险杠的识别,其中训练集由每种检验材料前9次的检测数据(经以上方法处理后的三维数据)组成,共144组,各组数据所对应的期望输出即为该检验材料种类的编号,测试集由每种检验材料的第10次的检测数据构成,用于测试训练完成的BP神经网络识别的正确率。使用Matlab软件构建出了图4中的BP神经网络。

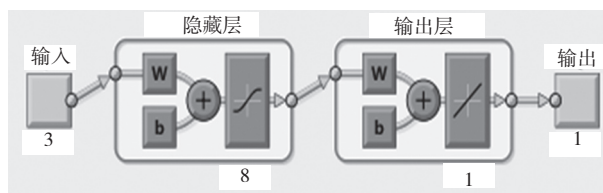
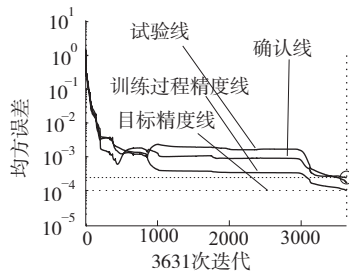


图4 用于识别汽车前保险杠的BP神经网络结构

其中输入层有3个节点,接受每个检验材料的三维数据,输出端有1个节点,表示16种检验材料,且在隐含层共设置了8个节点,具有较高的泛化能力;隐含层与输出层采用的转移函数分别为tansig函数与linear函数,确保了该神经网络具备足够的非线性拟合能力,同时该神经网络的训练函数为traingd;为确保识别的精确度,将神经网络训练的目标精度调整为0.0001,且在进行训练前,对所有的数据进行了归一化,以除去量纲效应。在经过3631次迭代之后完成了训练,训练结果如图5所示。

最后,将训练好的BP神经网络识别16组测试数据,其检测结果如表6所示。由表6可知,识别



3631次迭代中最小误差为0.0002412

图5 BP神经网络训练过程与结果

表6 BP神经网络识别结果

| 汽车型号 | 实际类别 | 识别值    | 汽车型号 | 实际类别 | 识别值     |
|------|------|--------|------|------|---------|
| 启辰   | 1    | 0.9973 | 丰田   | 9    | 9.2075  |
| 大众   | 2    | 1.9356 | 日产   | 10   | 10.0334 |
| 马自达  | 3    | 2.9830 | 本田   | 11   | 10.5501 |
| 比亚迪  | 4    | 3.9702 | 起亚   | 12   | 11.9532 |
| 长安   | 5    | 4.9480 | 雪佛兰  | 13   | 13.0335 |
| 五菱   | 6    | 6.0585 | 奥迪   | 14   | 14.3306 |
| 江淮   | 7    | 7.0350 | 路虎   | 15   | 14.8912 |
| 大众   | 8    | 8.0060 | 雷克萨斯 | 16   | 16.1169 |

值与实际类别之间的平均误差为0.01,相比于其它型号,本田汽车前保险杠的识别结果与真实值相差0.45,偏离相对较大,认定为错误的识别。由此,基于BP神经网络的识别方法,在16种检验材料中准确识别出了15种,其正确率达到了93.75%。

为确保该神经网络识别的泛化能力,重新选取了同型号的检验材料16份,使用近红外光谱仪检测后共取得160组数据,将这些数据进行相同处理后,使用该神经网络进行识别,最终得到表7的相关结果,其识别值与实际类别之间的平均误差为0.05,丰田偏差较大(0.39),视为错误的识别,最终其正确率仍达到了93.75%。

表7 BP神经网络识别结果

| 型号  | 实际类别 | 识别值    | 型号   | 实际类别 | 识别值     |
|-----|------|--------|------|------|---------|
| 启辰  | 1    | 1.0272 | 丰田   | 9    | 9.3917  |
| 大众  | 2    | 1.8775 | 日产   | 10   | 9.8026  |
| 马自达 | 3    | 3.0427 | 本田   | 11   | 10.6556 |
| 比亚迪 | 4    | 3.9305 | 起亚   | 12   | 11.8337 |
| 长安  | 5    | 4.9975 | 雪佛兰  | 13   | 12.9032 |
| 五菱  | 6    | 5.9373 | 奥迪   | 14   | 14.0440 |
| 江淮  | 7    | 6.8240 | 路虎   | 15   | 14.8167 |
| 大众  | 8    | 7.8139 | 雷克萨斯 | 16   | 16.2942 |

### 3 结论

基于近红外光谱仪对常见16个品牌型号的汽车前保险杠塑料检验材料进行检测,共采集160组数据。为准确区分、识别这16种检验材料,笔者首先提出了基于数据差异度的波段分类方法,且在各类中采取主成分分析进行降维处理,提取出主要影响因素,而后不同于常见的二维空间的分析,创新地

将数据转换到三维空间进行区分,在二维空间有重叠的数据,在三维空间则会被分离开,具有较好的区分效果。最后通过构造、训练一种适用于本方法的BP神经网络,实现对16种检验材料的识别,其正确率达到了93.75%,进一步证明了此检测方法的有效性和该BP神经网络识别的精确性,为相关案件的侦破提供了一种高效的技术支持,也为建立近红外光谱仪检测汽车前保险杠元素数据库进行了可行性探索和验证。

### 参考文献

- [1] 宋小娇. 红外光谱技术检验汽车保险杠塑料[J]. 工程塑料应用, 2017, 45(9):105-110.  
Song Xiaojiao. Application of infrared spectroscopy in plastics automobile bumper examination[J]. Engineering Plastics Application, 2017, 45(9):105-110.
- [2] 张佳薇, 范浩, 李师轮, 等. 近红外 QEPAS 痕量 CO<sub>2</sub> 检测系统优化研究[J]. 激光杂志, 2017, 38(10):24-27.  
Zhang Jiawei, Fan Hao, Li Shilun, et al. Optimization research on detection system for tracing CO<sub>2</sub> based on near-infrared QEPAS[J]. Laser Journal, 2017, 38(10):24-27.
- [3] 武红宇, 王灵丽, 钟兴, 等. 基于谱段关联的近红外图像模拟方法[J]. 光子学报, 2018, 47(4):157-164.  
Wu Hongyu, Wang Lingli, Zhong Xing, et al. Near-infrared image simulation based on spectral correlation method[J]. Acta Photonica Sinica, 2018, 47(4):157-164.
- [4] 宋亮, 刘善军, 虞茉莉, 等. 基于可见-近红外和热红外光谱联合分析的煤和矸石分类方法研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2017, 37(2):416-422.  
Song Liang, Liu Shanjun, Yu Moli, et al. A classification method based on the combination of visible near-infrared and thermal infrared spectrum for coal and gangue distinguishment[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2017, 37(2):416-422.
- [5] 田翔, 刘思辰, 王海岗, 等. 近红外漫反射光谱法快速检测谷子蛋白和淀粉含量[J]. 食品科学, 2017, 38(16):140-144.  
Tian Xiang, Liu Sichen, Wang Haigang, et al. Application of near infrared diffuse reflectance spectroscopy in rapid detection of crude protein and starch in foxtail millet[J]. Food Science, 2017, 38(16):140-144.
- [6] 曹庆玺, 贾灿潮, 黄柳芳, 等. 近红外光谱技术快速测定醋香附中 $\alpha$ -香附酮的含量[J]. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(7):27-32.  
Cao Qingxi, Jia Canchao, Huang Liufang, et al. Rapid determination of  $\alpha$ -cyperone in cyperirrhizoma stirfried with vinegar by near-infrared spectroscopy[J]. Chinese Journal of Experimental Traditional Medical Formulae, 2018, 24(7):27-32.
- [7] 王永香, 郑伟然, 米慧娟, 等. 热毒宁注射液青蒿金银花浓缩过程近红外快速定量检测方法的建立[J]. 中草药, 2017, 48(1):102-108.

- Wang Yongxiang, Zheng Weiran, Mi Huijuan, et al. Fast measurement method based on near-infrared spectroscopy in concentration of alcohol precipitation proce for artemisiae annuae herba and lonicerae flos in reduning injection[J]. Chinese Herbal Medicines, 2017, 48(1):102-108.
- [8] 罗阳,曹丽亚,钟潇骁,等. 近红外光谱法同时快速鉴别3种麻黄药材品种[J]. 药物分析杂志, 2017, 37(2):345-351.
- Luo Yang, Cao Liya, Zhong Xiaoxiao, et al. Simultaneous Simultaneous and rapid identification of three species of ephedra using near-infrared spectroscopy[J]. Chinese Journal of Pharmaceutical Analysis, 2017, 37(2):345-351.
- [9] 孙世鹏,彭俊,李瑞,等. 基于近红外高光谱图像的冬枣损伤早期检测[J]. 食品科学, 2017, 38(2):301-305.
- Sun Shipeng, Peng Jun, Li Rui, et al. Early detection of mechanical damage in chinese winter jujube(zizyphus jujuba mill. cv. dongzao) using nir hyperspectral images[J]. Food Science, 2017, 38(2):301-305.
- [10] 王潇潇,李军涛,孙祥丽,等. 近红外反射光谱快速测定四种大豆制品中寡糖含量的研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2018, 38(1):58-61.
- Wang Xiaoxiao, Li Juntao, Sun Xiangli, et al. Study on rapid determination of oligosaccharides in soybean products by near-infrared reflectance spectroscopy[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2018, 38(1):58-61.
- [11] 王琼,初丽君,寇莉萍. 近红外光谱快速检测石榴果皮多酚与黄酮含量[J]. 食品工业科技, 2017, 38(20):292-296, 327.
- Wang Qiong, Chu Lijun, Kou Liping. Determination of polyphenols and flavonoids content in pomegranate peels by near infrared reflectance spectroscopy[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(20):292-296, 327.
- [12] 张毅民,白家瑞,刘红莎,等. 基于近红外的Fisher判别法鉴别废塑料[J]. 工程塑料应用, 2014, 42(5):75-79.
- Zhang Yimin, Bai Jiarui, Liu Hongsha, et al. Recognition of plastics wastes with fisher discriminant classification based on near infrared spectrum[J]. Engineering Plastics Application, 2014, 42(5):75-79.
- [13] 杨数强,马帅. 基于近红外成像的无人车周边环境类型辨识[J]. 激光杂志, 2015, 36(6):82-85.
- Yang Shuqiang, Ma Shuai. Near infrared imaging based environment type identification for unmanned vehicle[J]. Laser Journal, 2015, 36(6):82-85.
- [14] 毛勇华,桂小林,李前,等. 深度学习应用技术研究[J]. 计算机应用研究, 2016, 33(11):3 201-3 205.
- Mao Yonghua, Gui Xiaolin, Li Qian, et al. Study on application technology of deep learning[J]. Application Research of Computers, 2016, 33(11):3 201-3 205.
- [15] 吕砚山,赵正琦. BP神经网络的优化及应用研究[J]. 北京化工大学学报:自然科学版, 2001(1):67-69.
- Lyu Yanshan, Zhao Zhengqi. Optimization and application research of BP neural network[J]. Journal of Beijing University of Chemical Technology:Natural Science Edition, 2001(1):67-69.
- [16] 童其慧. 主成分分析方法在指标综合评价中的应用[J]. 北京理工大学学报:社会科学版, 2002(1):59-61.
- Tong Qihui. The application of primary element analyzing methods in the index synthetic evaluation[J]. Journal of Beijing Institute of Technology:Social Sciences Edition, 2002(1):59-61.

## 兰州石化公司首条聚烯烃产品吨袋包装线投产运行

兰州石化公司首条聚烯烃产品吨袋包装线于2018年4月28日在乙烯厂包装车间投产运行。首次试运行共包装低流动性透明聚丙烯瓶盖料RPE02B产品690袋,总计483 t。

传统编织袋包装设备存在配套功能少、生产效率低等现象,随着兰州石化新产品开发工作的不断进展,医用料、车用料系列产品等聚烯烃高端产品对包装的洁净化程度、包装质量等方面提出了更高要求。

此次聚烯烃产品吨袋包装线单包设计为500~1 000 kg,同时采用了外编织袋加聚乙烯塑料内膜双层包装袋,产品包装更加洁净、稳固,满足了产品运输和客户后加工需求。

自动吨袋包装设备还可根据用户的使用条件,合理选材进行配比,在节省包装成本方面,具有很大的优势。另一方面,新型设备的易损件少,使用寿命长,可根据加工要求定制不同的规格,更加人性化、智能化。

据介绍,在原有重膜包装过程中,2 t产品需要使用聚乙烯包装袋80个,而采用目前的包装吨袋,仅用3个包装袋就可完成包装,极大降低了产品受到二次污染的可能性,并对下游客户加工过程中降低劳动量、减少包装垃圾处理等环节

均起到积极作用。自去年以来,在设备结构、包装材料、人机工程、环保要求等方面进行“绿色设计”,逐步实现了聚烯烃产品重膜包装、吨袋包装和无菌洁净厂房包装的新型包装体系,进一步提升了产品的质量和品牌形象。(中新网甘肃)

## 美国研究人员研发出“无限循环”塑料

来自美国科罗拉多州立大学的研究人员表示,他们最近发明了一种化学回收法,可将塑料分解成“积木”,将其净化后再次转化为塑料。

普通塑料会随着循环使用的次数而不断损耗。这些塑料经过机械粉碎之后,就会被制成质量较低的塑料制品。一个透明塑料瓶经过再加工之后,只能制成更低等级的塑料制品,如地毯或绒毛织物。

科罗拉多州立大学的博士及其同事对现有的塑料进行了改进。他们最终确定了2种催化剂,可以高效地将塑料分解为单体,其中约有85%的单体可以重复使用。使用过的塑料可以“无限循环”使用,而不会对其性能产生有害的影响。此举打开了新世界的大门,使用寿命结束后的塑料不再被视为废物,而是成为了可制造高价值产品与原生塑料的原材料。(慧聪塑料网)