

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.03.011

# 注塑聚丙烯蓄电池槽两端收缩变形缺陷与对策研究

陶永亮<sup>1</sup>, 郭文乐<sup>2</sup>

(1. 重庆川仪工程塑料有限公司, 重庆 400712; 2. 陕西鸿瑞实业集团有限公司, 西安 710075)

**摘要:** 针对注塑聚丙烯 (PP) 蓄电池槽脱模后两端存在严重收缩变形的情况, 分别测量了室温下无定型块时及安放定型块定型后室温和 50℃ 下蓄电池槽两端的收缩变形量。结果发现, 无定型块时的蓄电池槽两端收缩变形量最大, 脱模后放置一周基本稳定; 安放定型块定型虽能够减小其收缩变形量, 但无法完全消除该类变形; 定型块定型后的蓄电池槽在 50℃ 下的收缩变形量甚至超过无定型块时的值。分析了产生这种现象的原因, 发现其与 PP 特性及蓄电池槽结构特点有关。在此基础上提出了改善蓄电池槽两端收缩变形的对策, 即延伸蓄电池槽两端筋的宽度或在其两端侧面上增加网络筋格。经过以上 2 种结构改进的蓄电池槽在存放 3 个月后其两端基本没有发生收缩变形的情况, 从而较好地解决了蓄电池槽两端收缩变形的问题, 满足了蓄电池装配气密性的要求。

**关键词:** 蓄电池槽; 聚丙烯; 收缩变形; 对策; 气密性

**中图分类号:** TQ320.73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)03-0051-05

## Both Ends Shrinkage Deformation Defect of Polypropylene Storage Battery Container by Injection Molding and It's Countermeasure Research

Tao Yongliang<sup>1</sup>, Guo Wenle<sup>2</sup>

(1. Chongqing Chuanyi Instrument Engineering Plastic Co. Ltd., Chongqing 400712, China; 2. Shanxi Horeal Industry Group Co. Ltd., Xi'an 710075, China)

**Abstract:** According to serious both ends shrinkage deformation defect of polypropylene (PP) storage battery container by injection molding after demoulding, both ends shrinkage deformation values of the container under the conditions of non-shape-stabilized block at room temperature and the conditions of at room temperature and 50℃ after shape-stabilization with shape-stabilized block were measured. The results showed that the shrinkage deformation values of the container with non-shape-stabilized block were high and they stabilized when the container was put for a week after demoulding. Shape-stabilization with shape-stabilized block could decrease the shrinkage deformation values but can't eliminate the shrinkage deformation entirely and the shrinkage deformation values at 50℃ after shape-stabilization even were high than those of non-shape-stabilized block. The reason for leading to this phenomenon was analyzed and it was found that the phenomenon was related to the characteristic of PP and structure feature of the container. On the basis, the countermeasures for improving both ends shrinkage deformation of the container were proposed, which were extending stiffeners width from both ends of the container or setting network type stiffener lattices on the side of both ends. The both ends shrinkage deformation of the container improved by the two countermeasures didn't occur basically after storage for three month, the problem of both ends shrinkage deformation was well solved and it met the gas tightness requirements of the storage battery assembly.

**Keywords:** storage battery container; polypropylene; shrinkage deformation; countermeasure; gas tightness

汽车干荷起动型蓄电池槽和免维护、少维护起动型蓄电池槽均由共聚聚丙烯 (PP) 注塑而成。蓄电池槽由 6 个单体室构成, 每个单体室盛装 1 组电池, 电压为 2 V, 单体室之间不能有穿格和漏眼, 否则会影响整个电压降, 单体室之间为中间隔, 槽体为深腔薄壁制品, 脱模斜度较小<sup>[1]</sup>。装配时蓄电池槽与盖的热封要求气密性好, 槽口与盖上的筋格对应性好, 以保证热封的基本要求。但蓄电池槽经注塑脱模后, 两端向内收缩变形严重, 如果没有防范措

施, 槽与盖的热封则无法满足气密性的要求。这种两端收缩变形的现象是蓄电池塑料制品生产中的常见问题。笔者研究了 60 Ah 和 80 Ah 两种规格的蓄电池槽 (如图 1 和表 1 所示) 两端的收缩变形缺陷, 提出消除其收缩变形的对策, 以求达到热封气密性要求。

联系人: 陶永亮, 高级工程师, 主要研究方向为塑料模具设计和制造工艺, 成型工艺和产品质量管理等

收稿日期: 2012-12-16

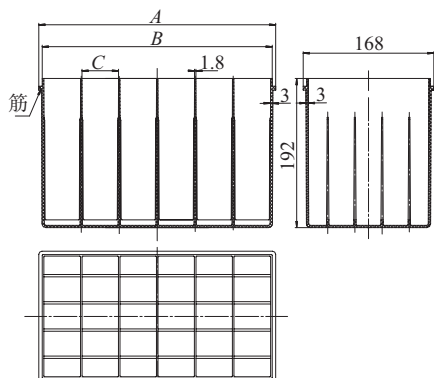


图1 60 Ah和80 Ah规格蓄电池槽示意图

表1 60 Ah和80 Ah规格蓄电池槽主要尺寸 mm

| 规格  | 60 Ah | 80 Ah |
|-----|-------|-------|
| 尺寸A | 258   | 303   |
| 尺寸B | 250.5 | 297.0 |
| 尺寸C | 39.5  | 47.2  |

## 1 实验部分

### 1.1 主要原材料

PP:EPS30R,熔体流动速率为2~3 g/10 min,中国石化茂名分公司;

钛白粉:R-258,攀钢集团重庆钛业股份有限公司。

### 1.2 主要仪器及设备

注塑机:HTF450-3B型,容量1858 cm<sup>3</sup>,宁波海天塑料机械有限公司;

60 Ah和80 Ah规格蓄电池槽模具:自制;

电热鼓风干燥箱:CS10-3EB型,重庆四达试验设备有限公司;

游标卡尺:500×0.02 mm,上海量具刃具厂;

电子秤:显示分度值0.1 g,最小值为20 g,最大值为3 kg,广东中山衡新电子有限公司。

### 1.3 蓄电池槽注射成型

利用PP直接注射成型的蓄电池槽透明度较大,故需要采用钛白粉进行调色。先将质量分数为2%~3%的钛白粉加入到PP中,用机器混合均匀。利用钛白粉对PP进行调色,具有遮盖力高、着色力强的特点,另外蓄电池槽的耐热、耐光、耐候性能及力学和其它性能均得到改善。

蓄电池槽注塑工艺如下:料筒温度为220,230,215,210℃,注塑压力为10.5,8.5,7,6 MPa,保压压力为5.5,4,3.5 MPa,保压时间为5.1 s;80 Ah规格蓄电池槽冷却时间为46 s,60 Ah规格蓄电池槽冷却时间为43 s;动模型芯和定模型腔均有冷却水道冷却模具,基本控制出水温度为50~60℃。成型两种规格的蓄电池槽各10件。80 Ah规格蓄电池

槽的质量控制在(920±2) g,60 Ah规格蓄电池槽的质量控制在(835±2) g。

### 1.4 变形量测量

蓄电池槽脱模后测量如图2所示的尺寸B和D,D是两端中点(该部位变形最大)在收缩变形后的尺寸。分别针对60 Ah和80 Ah规格蓄电池槽无定型块(定型块由废PP制作,其尺寸与槽口尺寸吻合)及安放定型块定型2种情况,观察并测量蓄电池槽两端收缩变形情况:①无定型块时,测量蓄电池槽脱模30 min后及放置24,48,72 h和一周后的尺寸D;②定型块定型一周后撤除定型块,然后在室温下放置24,48,72 h及一周后,分别测量尺寸D;③定型块定型一周后撤除定型块,然后放入50℃的干燥箱中,24 h后取出测量尺寸D。

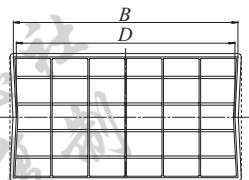


图2 蓄电池槽变形时的尺寸示意图

## 2 结果与讨论

### 2.1 无定型块时蓄电池槽两端收缩变形情况

蓄电池槽脱模后30 min内是其两端急剧向内收缩变形的阶段,收缩变形到一定程度后,尺寸B基本稳定,收缩变形时减小的尺寸主要是D。刚脱模时80 Ah和60 Ah规格的蓄电池槽尺寸B分别为302和256 mm,稳定尺寸分别为297和252 mm,故以此作为参考尺寸,然后测量无定型块时脱模30 min及放置24,48,72 h和一周后的尺寸D变化,如表2所示。

表2 无定型块时,蓄电池槽脱模30 min及放置24,48,72 h和一周后测量的尺寸D变化 mm

| 项 目       | 后测量的尺寸D变化              |                  |                        |      |
|-----------|------------------------|------------------|------------------------|------|
|           | 80 Ah规格<br>(B参考尺寸为297) |                  | 60 Ah规格<br>(B参考尺寸为252) |      |
|           | D                      | 差值 <sup>1)</sup> | D                      | 差值   |
| 脱模30 min后 | 290                    | 7/2              | 244                    | 8/2  |
| 放置24 h后   | 288                    | 9/2              | 242                    | 10/2 |
| 放置48 h后   | 287                    | 10/2             | 241                    | 11/2 |
| 放置72 h后   | 286                    | 11/2             | 240                    | 12/2 |
| 放置一周后     | 286                    | 11/2             | 240                    | 12/2 |

注:1)差值=(B的参考尺寸-所测的尺寸D)/2,即蓄电池槽一端的变形量差值,下同。

由表2可以看出,蓄电池槽脱模30 min后其尺寸D变化较大,但放置24 h以后的变化幅度极小,一周后尺寸D基本稳定。这表明,收缩变形的85%~95%变化均在24 h内出现,经过大约一周的时间其收缩变形基本完成<sup>[2]</sup>。图3为无定型块时放

置一周后的 80 Ah 规格蓄电池槽两端收缩变形情况。



图3 无定型块时放置一周后蓄电池槽两端收缩变形情况

## 2.2 安放定型块定型后室温下蓄电池槽两端收缩变形情况

蓄电池槽经注塑脱模后,立即放好定型块进行定型,以防止两端的变形,如图4所示。定型一周后撤除定型块,然后测量了蓄电池槽在室温下分别放置 24, 48, 72 h 及一周后的尺寸  $D$  变化,如表3所示。由表3可以看出,尽管蓄电池槽经过一周的定型,但在撤除定型块后的 72 h 以内,其收缩变形仍较大,放置一周后其收缩变形则趋于稳定。

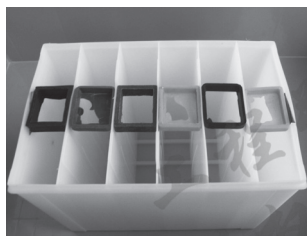


图4 定型块安放示意图

表3 安放定型块定型时,定型一周后撤除定型块,然后在室温下分别放置 24, 48, 72 h 及一周后测量的尺寸  $D$  变化 mm

| 项 目            | 80 Ah 规格<br>( $B$ 参考尺寸为 297) |       | 60 Ah 规格<br>( $B$ 参考尺寸为 252) |       |
|----------------|------------------------------|-------|------------------------------|-------|
|                | $D$                          | 差值    | $D$                          | 差值    |
| 撤除定型块放置 24 h 后 | 296                          | 1 / 2 | 250                          | 2 / 2 |
| 撤除定型块放置 48 h 后 | 294                          | 3 / 2 | 249                          | 3 / 2 |
| 撤除定型块放置 72 h 后 | 292                          | 5 / 2 | 248                          | 4 / 2 |
| 撤除定型块放置一周后     | 290                          | 7 / 2 | 247                          | 5 / 2 |

综合无定型块和定型块定型时蓄电池槽两端收缩变形的情况,绘制了变形量与放置时间的关系曲线,如图5所示。由图5可以看出,无定型块时,两种规格的蓄电池槽的两端收缩变形量均很大,而采用定型块定型后,虽然其变形量有所减少,但仍在 2 mm 左右,说明采用定型块定型无法完全消除蓄电池槽的两端收缩变形。

## 2.3 定型块定型后高温下蓄电池槽两端收缩变形情况

考虑到夏季运输的实际情况,将蓄电池槽用定型块定型一周后撤除,然后放入到 50℃ 的干燥箱中,24 h 后取出,测得 80 Ah 规格蓄电池槽的尺寸  $D$

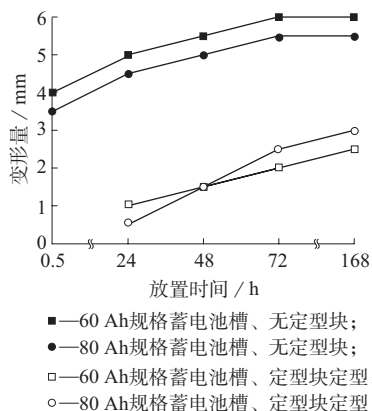


图5 无定型块和定型块定型时蓄电池槽两端收缩变形量与时间的关系曲线

为 285 mm, 60 Ah 规格蓄电池槽的尺寸  $D$  为 239 mm, 其与参考尺寸的差值分别为 12 / 2 和 13 / 2。这说明定型块定型后的蓄电池槽两端在 50℃ 左右的高温下仍然会产生较大的收缩变形,其变形量甚至会超过无定型块时的变形量。

## 2.4 蓄电池槽两端收缩变形原因分析

综上所述,无论是否安放定型块,蓄电池槽的两端收缩变形始终比较大,这是因为 PP 为结晶型塑料,其成型后的收缩变形比非结晶型塑料大得多。PP 注塑温度范围较广,为 200~300℃<sup>[3]</sup>,而实际注塑温度一般在 280℃ 以下,PP 熔体进入型腔后需要一定的时间凝固,在此期间的收缩不均匀和内应力释放使蓄电池槽产生较大内应力,脱模后其还会继续其收缩变形过程,这是由 PP 特性所决定的。

PP 收缩变形量与料温、模温、压力、生产周期变化等因素有关,结晶度较高的 PP 收缩率大约为 1%~2.5%,设计蓄电池槽时取 1.6%~1.8%,PP 的收缩表现为加工收缩、后收缩和热收缩,收缩过程伴随变形。其中,PP 后收缩和热收缩受到加工条件影响,如低的模温虽然可使加工收缩减少,但增加了制品的内应力,使后收缩增大<sup>[3]</sup>。

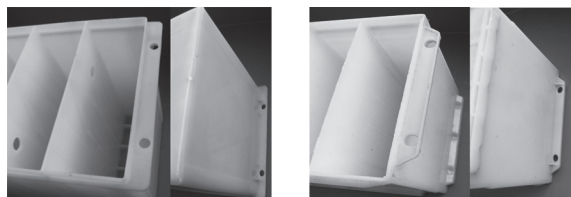
在生产实践中,笔者曾多次调整注塑工艺,改变压力、温度和保压时间,但蓄电池槽两端的收缩变形仍然存在,由此可以说明这种变形不是注塑工艺的问题,而是与电池槽的结构特点有关,其抵抗端面所承受的垂直应力的能力较弱,特别是力作用于尺寸  $D$  所标示的位置。为克服这个缺陷,在蓄电池槽结构上增加了一处加强筋(如图1的标示),以增加抵抗变形的能力,但它仍无法消除变形<sup>[4]</sup>。故尚需进一步改进蓄电池槽的结构,以消除其两端的收缩变形。

## 2.5 改进对策

定型块定型虽然可使蓄电池槽两端收缩变形得到控制,但变形仍然存在,且无法通过调整注塑工艺来消除,因此主要思路还需从蓄电池槽两端的结构设计入手,再辅助调整工艺,以求得到较好的效果。蓄电池槽两端的结构设计应满足 GB/T 5008.2-2005《起动用铅酸蓄电池产品品种和规格》中的最大外形尺寸。目前,蓄电池极板制造技术日益完善,给蓄电池槽两端留出较大的空间进行结构设计。

### (1) 延伸蓄电池槽两端筋的宽度。

在蓄电池槽两端尺寸有足够的空间时,对两端筋宽度进行延伸设计,即宽度为 14 mm、厚度保持在 4~5 mm,两端筋的强度和刚度由此得到提高,如图 6 所示,图 6a 中的筋宽 14 mm,厚 4 mm,为实体筋;图 6b 中的筋宽 14 mm,厚 4.5 mm,为台阶型,中间厚度为 2.5 mm。该设计能够解决蓄电池槽端面抵抗垂直应力能力较弱的问题,特别在端面中间处(尺寸  $D$  所标示的位置),即使再大的应力也无法使其翘曲或发生弹性变形。虽然有时两端侧面的下部有点轻微收缩,但不会影响装配和使用。通过实际生产发现,采用这种延伸两端筋宽度的设计,不需要安放定型块进行定型,即使蓄电池槽存放 3 个月以上,其两端也基本没有发生向内收缩变形的情况,虽然筋厚度方向上有轻微收缩,但筋的宽度足够大,足以抵抗向内收缩和变形。图 6 中的蓄电池槽两端筋中间有直径为 8 mm 的孔,其用以穿提绳,以方便运输时的提升,反面有加强筋以保证提升时的强度需要。延伸两端筋宽度的设计一般应用在两段需要穿提绳的较大型的蓄电池槽上,也有延长盖的两段,装配时刚好遮盖蓄电池槽的延长筋,从而美化整个蓄电池造型。



(a) (b)  
a—实体筋; b—台阶形筋

图 6 延伸两端筋宽度的示意图

### (2) 蓄电池槽两端侧面上增加网络筋格。

在蓄电池槽两端尺寸设计空间不大、仅能利用 3~5 mm 距离的情况下,在两端侧面上增加网络筋

格,并使其均匀地分布在整個端面上,筋的高度为 4~5 mm、宽度为 2 mm,如图 7 所示。通过这些网络筋格可基本消除蓄电池槽两端槽口及整个侧面的收缩变形,网络筋格相当于混凝土中的钢筋,将整个侧面“网络”在内,从而使两端槽口及侧面的收缩变形不再发生,克服了自由变形在局部细节上的弱点<sup>[5]</sup>。同时网络筋格又起到了一种防震缓冲作用,还能在一定程度上防止因蓄电池内部气体压力过高造成的蓄电池槽变形。带有端面网络筋格的蓄电池槽在注塑中不需要安放定型块来定型,存放 3 个月以上其两端没有发生向内收缩变形的倾向。通过实际生产发现,网络筋格密度越大,蓄电池槽抗收缩变形的效果越好,这是因为两端侧面所受的应力都分布在网络筋格上,而网络筋格能够基本抵消两端的收缩变形。但网络筋格结构会给脱模带来一定的困难,需要在模具设计时采用滑块抽芯脱模,滑块需用冷却水冷却,这势必增加模具制造成本。在两端侧面上增加网络筋格的设计一般应用于小型蓄电池槽或免维护蓄电池槽,小型蓄电池槽限于外形和容量的需求,增加网络筋格是一种解决其两端收缩变形的有效方法。

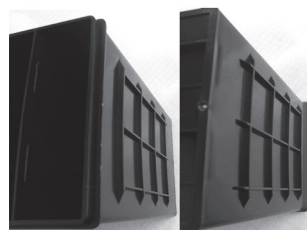


图 7 两端侧面上的网络筋格示意图

## 3 结语

解决蓄电池槽两端收缩变形是蓄电池槽塑料制品生产过程中的重要问题。由于 PP 的特性和电池槽结构的原因,出现的两端收缩变形已在实验中得到验证,能基本确定无定型块及常温和高温定型块定型等不同条件下的收缩变形量,为今后注塑蓄电池槽时防范其两端收缩变形奠定了基础。通过延伸蓄电池槽两端筋宽度及在两端侧面上增加网络筋格,基本解决了蓄电池槽两端收缩变形的问题。经过生产实践验证,从蓄电池槽两端面结构进行改进有利于解决其两端收缩变形,这也是以后蓄电池槽制品结构设计的方向,对减少收缩变形、降低成本、提高蓄电池气密性都有着强力推进作用。

### 参考文献

- [1] 陶永亮. 调整浇口解决电池槽产品缺陷的方法 [J]. 工程塑料应

- 用,2011,39(9):81-84.
- Tao Yongliang. The method of solving battery slot defects based on adjusting gate[J]. Engineering Plastics Application,2011,39(9):81-84.
- [2] 崔继耀,谭丽娟. 注塑成型技术难题解答 [M]. 北京:国防工业出版社,2007:309-310.
- Cui Jiyao, Tan Lijuan. Difficult problems solutions of injection molding technology[M]. Beijing:National Defence Industry Press,2007:309-310.
- [3] 钟志雄. 塑料注射成型技术 [M]. 广州:广东科技出版社,2006:258-259,263.
- Zhong Zhixiong. Plastic injection molding technology[M]. Guangzhou:Guangdong Science And Technology Press,2006:258-259,263.
- [4] 王久学,王萍,金义春. 电池槽变形的研究 [J]. 蓄电池,1996,33(1):12-14.
- Wang Jiuxue, Wang Ping, Jin Yichun. Investigation of the deformation of battery containers[J]. Chinese Labat Man,1996,33(1):12-14.
- [5] 许秋儿. 网格变形技术研究 [D]. 杭州:浙江大学,2009:1-100.
- Xu Qiuer. Research on techniques of mesh deformation[D]. Hangzhou:Zhejiang University,2009:1-100.

### 2013年2月份塑料市场点评

目前美国经济在房地产市场和就业数据复苏提振下,呈现温和改善趋势,不过近日因美联储可能会缩减经济刺激规模,导致市场信心受重创,风险偏好承压。欧元区方面,多数业者对其经济前景持谨慎乐观的心态。尽管其经济增长依旧面临诸多负面困扰,但德国经济表现强劲,其2月ZEW经济景气指数升至48.2,远好于预期35.0,大幅提振了投资者的信心。国内方面,我国1月CPI年率上升2.0%,同期PPI年率下降1.6%,均与市场预期一致。同时,1月进出口数据相当强劲,表明经济正处于复苏阶段。表1列出2013年2月份塑料市场涨跌情况。

表1 2013年2月份塑料市场涨跌情况

| 产 品            | 月初价格 /<br>(元·t <sup>-1</sup> ) | 月末价格 /<br>(元·t <sup>-1</sup> ) | 涨跌幅 / % |
|----------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|
| 薄膜级 PE-LD      | 11 300                         | 11 350                         | 0.44%   |
| 拉丝级 PP         | 11 000                         | 11 050                         | 0.45%   |
| 注塑级 PP         | 11 550                         | 11 550                         | 0       |
| 通用塑料 注塑级 PE-HD | 10 700                         | 10 650                         | -0.47%  |
| 拉丝级 PE-HD      | 11 600                         | 11 600                         | 0       |
| 薄膜级 PE-LLD     | 11 200                         | 10 950                         | -2.23%  |
| 电石法 5 型 PVC    | 6 400                          | 6 420                          | 0.31%   |
| ABS            | 14 950                         | 15 000                         | 0.33%   |
| PS             | 13 650                         | 13 750                         | 0.73%   |
| PA66           | 24 250                         | 24 650                         | 1.65%   |
| PMMA CM205     | 17 450                         | 17 500                         | 0.29%   |
| 工程塑料 PA6       | 21 300                         | 21 300                         | 0       |
| PC1100         | 18 650                         | 18 900                         | 1.34%   |
| POM M90        | 9 250                          | 9 600                          | 3.78%   |
| PET            | 11 450                         | 11 300                         | -1.31%  |

### 1 PVC

本月国内 PVC 市场整体表现僵持,月中下旬略有拉涨,但碍于需求平淡,幅度有限,且个别市场实际成交出现松动。月初因临近春节,下游企业陆续停车放假,市场交投气氛减淡,贸易商多稳价观望等待放假。节后开盘国内 PVC 市场处于缓慢恢复过程中,多数参与者对 2013 年抱有谨慎乐观的态度,市场存在一定拉涨气氛,加之多数乙烯法企业和小部分电石法企业通过上调出厂价支撑,各地市场报价坚挺,部分商家试探性上调出货价。受原料上涨、外盘较好及部分企业开工较低支撑,乙烯法 PVC 价格与电石法 PVC 均价价

差拉大到 500 元 / t 以上。

由于下游开工恢复缓慢及春节期间欧洲经济数据继续萎缩,另外担心美联储放缓或结束量化宽松,大宗商品受到打压,国内 PVC 期货弱势震荡下探等利空消息影响,市场成交较差,交投僵持,高价成交受阻,月底个别市场成交价出现松动。

### 2 聚烯烃

本月国内聚烯烃市场因春节长假的存在而略显平淡,中上旬行情基本稳定,下旬市场逐步走低。线性及低压各品种报价较上月普遍走跌 100 元 / t 左右,高压跌幅在 100~200 元 / t,聚丙烯价格水平变化不大。月初因春节来临,多数商家及下游工厂陆续离市放假,市场交投冷清,报价持续稳定。节后归来,虽多数贸易商对节后市场抱有乐观情绪,但无奈因石化库存高企,需求启动又较为缓慢,导致供需矛盾加大,出货困难。同时因贸易商套现的需要,出货意向不断增强,开始让利出货。此时石化为降低库存压力,也积极降价促销。多重利空之下,聚烯烃市场报价开始下行。

### 3 PET

2 月份适逢农历新年,经过 1 月份的强力反弹后,本月我国聚酯瓶片表现相对平淡。春节之前,由于上游 PTA 及乙二醇现货持续上涨推动,聚酯瓶片价格上涨至阶段性高点,华东水瓶料参考出厂价至 11 400 元 / t,节前行情仍多被看好情况下,多数下游工厂及中间商在涨价过程中均有所备货。而瓶片厂家在成本偏高,自身开工不足库存不高情况下,节前多维持坚挺报盘。节后前两个交易日卖方随即拉涨报价,华东地区水瓶料意向出货价涨至 11 500 元 / t 自提及更高,但由于正月十五之前下游工厂开工不多,而少量已开工企业多消化春节前库存为主,对高价多表现观望。进入下旬后,美联储或结束量化宽松引发市场担忧情绪,国际油价连续两个交易日大跌,上游 PTA 和乙二醇现货价格重挫,聚酯瓶片高位尚未成交便出现回落。行情一波三折,随后中石化匆匆公布二月份结算价,因较预期偏高对现货及下游瓶片起到些微支撑。但目前国内聚酯瓶片产能过大,厂家担忧后期销售压力增大下,月底多积极出货为主,价格重心进一步回落。(卓创资讯)