

# 基于田口试验的新能源汽车蓄能器筒体成形 缺陷分析与参数优化

罗婷劫, 刘 港

(广西机电职业技术学院 交通工程学院, 广西 南宁 530007)

**摘要:** 针对某型号新能源汽车蓄能器筒体生产过程中遇到的筒体变形、筒壁质量差、载荷大的问题, 借助 Deform-3D 有限元软件, 对蓄能器筒体的成形过程进行了研究。首先, 分析了蓄能器筒体实际成形缺陷产生的原因, 并确定了工艺的优化对象及优化变量; 其次, 基于田口试验建立了正交试验方案, 并通过 UG 和 Deform-3D 完成了每组方案的建模、仿真以及试验数据的获取; 最后, 通过加权评分法对不同类别的试验数据进行了统一, 并采用信噪比的望大特性模型对数据进行了分析及优化。模拟及试验结果表明: 当坯料温度为 950 ℃、模具预热温度为 400 ℃、挤压速度为 35 mm · s<sup>-1</sup>、凸模工作带长度为 20 mm 时, 为最优工艺水平组合, 不仅能够解决蓄能器筒体变形和筒壁开裂的问题, 而且能够降低成形载荷, 有效防止了模具开裂, 延长了使用寿命。

**关键词:** 蓄能器筒体; 田口试验; 加权评分法; 筒体变形; 筒壁开裂

**DOI:** 10.13330/j.issn.1000-3940.2023.02.006

**中图分类号:** TG376.2

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1000-3940 (2023) 02-0044-08

## Forming defect analysis and parameter optimization on new energy vehicle accumulator cylinder based on Taguchi test

Luo Tingjie, Liu Gang

(School of Traffic Engineering, Guangxi Technological College of Machinery and Electricity, Nanning 530007, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of cylinder deformation, poor quality of cylinder wall and large load encountered in the production process for a certain type of new energy vehicle accumulator cylinder, the forming process of accumulator cylinder was studied by finite element software Deform-3D. Firstly, the causes of the actual forming defects for accumulator cylinder were analyzed, and the optimization objects and variables of the process were determined. Secondly, the orthogonal test scheme was established based on Taguchi test, and the modeling, simulation and experimental data acquisition of each scheme were completed by UG and Deform-3D. Finally, the different kinds of experimental data were unified by weighted scoring method, and the data was analyzed and optimized by using the expected large characteristic model of signal-to-noise ratio. The simulation and test results show that when the billet temperature is 950 ℃, the mold preheating temperature is 400 ℃, the extrusion speed is 35 mm · s<sup>-1</sup> and the working belt length of convex die is 20 mm, it is the optimal process level combination, which can not only solve the problems of accumulator cylinder deformation and cylinder wall cracking, but also reduce the forming load, effectively prevent the mold cracking and prolong the service life.

**Key words:** accumulator cylinder; Taguchi test; weighted scoring method; cylinder deformation; cylinder wall cracking

随着制造业的不断进步, 对于筒形件的加工形式也逐渐从传统的机加工方式转变为压力加工<sup>[1-3]</sup>, 不仅解决了自动化程度低、劳动强度大、材料利用率低、生产效率低的问题, 同时产品的性能也得到

了较大提升。本文研究的筒形件为某型号新能源汽车的蓄能器筒体, 如图 1 所示, 筒壁厚度仅为 6 mm, 且中间孔深度大, 为 118 mm, 挤压成形时变形量大、成形空间狭小、金属流动难度大, 目前生产中该产品的不良品率较高, 常遇到筒体变形、筒壁开裂的问题, 严重影响了工厂的正常生产, 因此, 工厂联合高校建立该课题, 拟采用有限元微分法对其成形过程进行研究, 通过及早预知缺陷<sup>[4-5]</sup>, 对工艺进行改进, 有效地提高了设计质量, 现如今

收稿日期: 2022-04-02; 修订日期: 2022-07-01

作者简介: 罗婷劫 (1984-), 女, 学士, 讲师

**E-mail:** ltj198406@163.com

通信作者: 刘 港 (1979-), 男, 硕士, 讲师

**E-mail:** 752962042@qq.com

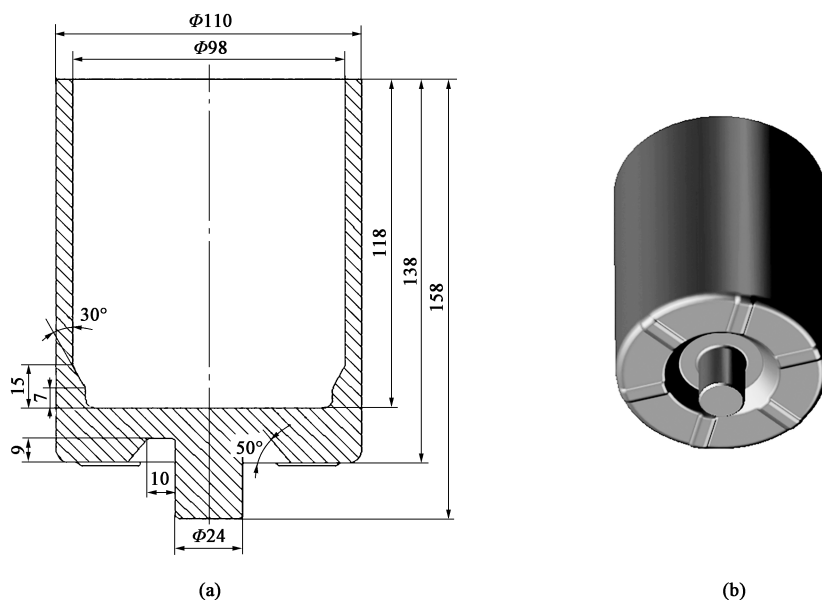


图1 蓄能器筒体零件图

(a) 尺寸图 (b) 实体模型图

Fig. 1 Part drawings of accumulator cylinder

(a) Dimension drawing (b) Solid model drawing

已成为工艺研发中必不可少的一环。塑性成形分析软件较多,有 Ansys、Abaqus、Deform、Dynaform 等,其中 Deform 模拟系统在该方面较为成熟,应用最广,是处理体积成形问题的专用软件<sup>[6-8]</sup>。本文以蓄能器筒体为例,基于 Deform-3D 模拟技术,选取影响筒体变形的内外壁温差、筒壁损伤值以及影响模具寿命的成形载荷为优化对象,通过田口算法、加权评分法、信噪比模型对工艺参数进行改进,为蓄能器筒体的实际生产提供理论指导。

## 1 工艺分析及建立有限元仿真模型

### 1.1 工艺介绍及优化对象的确定

蓄能器筒体的成形工艺如图 2 所示,成形过程包含下料、挤压前准备(加热、润滑等)、镦粗(具有去氧化皮、方便定位、保证同轴度等作用<sup>[9]</sup>)、预成形(具有方便定位、合理控制变形程度、降低最终反挤压模具负载、提高模具寿命等作用)、反挤压。产品实际成形缺陷如图 3 所示,主要表现为筒体变形(图 3a)和筒壁出现微裂纹(图 3b),经分析出现该种现象的最主要原因为:筒壁内外温差过大造成冷却速度不均,致使筒体出现翘曲变形,同时冷却时温差过大产生的内应力超过了材料的极限强度,导致组织断裂。基于此,选择反

挤压工序为研究对象,选取影响筒体变形的内外壁最大温差、评价筒壁质量的最大损伤值为优化对象;其次,成形载荷同样为决定工艺的重要因素,成形载荷过大易造成模具开裂,同时对挤压设备的要求高,因此,将最大成形载荷也作为优化对象。内外壁最大温差为筒体同一水平面上的内外壁区域温差的极大值,以图 2 中标注的 3 个水平面为例,即内外壁 a1 与 a2、b1 与 b2、c1 与 c2 区域温度差值中的极大值。

### 1.2 设计变量的确定

蓄能器筒体成形中,坯料温度至关重要,能够改变金属塑性,减小变形抗力;合理的模具温度能够有效地控制坯料与模具的温差,降低热传递的影响,减小因坯料温度分布均匀而造成的流动不均匀性,同时能够预防温度应力的产生;合理的挤压速度能够通过产生的变形热和热传递流失平衡坯料的温度,减小变形抗力,既能够保证零件的组织均匀、质量稳定,又不影响生产效率<sup>[10]</sup>;凸模工作带长度是保证零件质量的关键参数,过短不仅加快模具磨损,还可能导致内壁出现压痕,而过长则会造成材料粘结,引起刮伤。故本文选取坯料温度  $X_1$ 、模具预热温度  $X_2$ 、挤压速度  $X_3$  以及凸模工作带长度  $X_4$  作为设计变量,变量取值范围如表 1 所示。

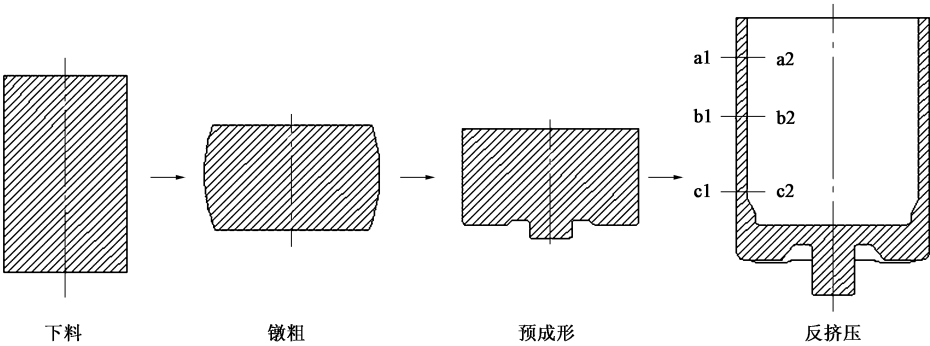


图 2 蓄能器筒体的成形工艺  
Fig. 2 Forming process of accumulator cylinder

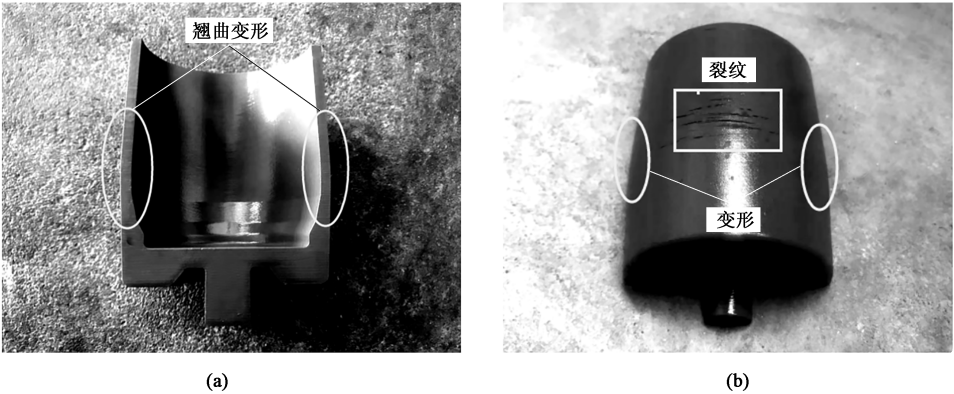


图 3 产品实际缺陷  
(a) 筒体变形 (b) 筒壁裂纹和筒体变形  
Fig. 3 Actual defects of product  
(a) Cylinder deformation (b) Cylinder wall crack and cylinder deformation

表 1 变量的取值范围

Table 1 Value range of variables

设计变量	$X_1/^{\circ}\text{C}$	$X_2/^{\circ}\text{C}$	$X_3/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	$X_4/\text{mm}$
取值范围	750~1050	300~450	15~45	20~50

1.3 模型建立及参数设置

建立的有限元模型如图 4 所示，为降低数值计算难度，以 1/2 模型为例，首先通过建模软件 UG 确定各部件位置，再导入 Deform-3D 中进行刚塑性属性的定义、材料的选择（筒体材料为 35 钢，热处理后的硬度为 207~250 HB）、网格划分、边界条件的定义、摩擦类型的定义等。摩擦因数取 0.3<sup>[11]</sup>，热传导系数取  $11 \text{ N} \cdot (\text{s} \cdot \text{mm} \cdot ^{\circ}\text{C})^{-1}$ ，设计变量按表 1 进行设置，并进行多次取值。

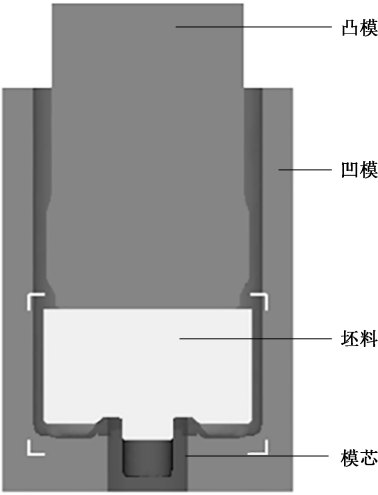


图 4 有限元模型  
Fig. 4 Finite element model

2 基于田口试验的参数优化

2.1 方案设计与仿真结果

田口试验法是一种通过正交表设计方案、通过

试验获取数据、通过信噪比分析数据的优化方法<sup>[12]</sup>，为处理多因素优化问题的常用手段。根据表 1 的变量取值范围建立 4 因素 4 水平的正交试验方案，16 组方案的模拟试验结果如表 2 所示，其中，

表2 试验方案及结果  
Table 2 Schemes and results of experiment

方案 组号	因素				结果							
	$X_1/^\circ\text{C}$	$X_2/^\circ\text{C}$	$X_3/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	$X_4/\text{mm}$	$Y_{1j}/^\circ\text{C}$	$Y_{2j}$	$Y_{3j}/\text{kN}$	$Z_{1j}$	$Z_{2j}$	$Z_{3j}$	$S_j$	$\eta_j$
1	750	300	15	20	337	0.89	1028	44.9	80.0	45.6	56.8	35.0870
2	750	350	25	30	368	0.95	1206	28.3	66.4	0.0	31.6	29.9937
3	750	400	35	40	306	1.23	956	61.5	45.0	64.1	56.9	35.1022
4	750	450	45	50	311	0.86	1167	58.8	73.3	10.0	47.4	33.5156
5	850	300	25	40	298	1.28	981	65.8	41.2	57.7	54.9	34.7914
6	850	350	15	50	321	1.17	1040	53.5	49.6	42.6	48.6	33.7327
7	850	400	45	20	286	0.68	873	72.2	87.0	85.4	81.5	38.2232
8	850	450	35	30	245	0.51	960	94.1	100.0	63.1	85.7	38.6596
9	950	300	35	50	263	1.04	1049	84.5	59.5	40.3	61.4	35.7634
10	950	350	45	40	234	0.71	1093	100.0	84.7	29.0	71.2	37.0496
11	950	400	15	30	291	0.87	816	69.5	72.5	100.0	80.7	38.1375
12	950	450	25	20	248	0.55	1119	92.5	96.9	22.3	70.6	36.9761
13	1050	300	45	30	421	1.82	908	0.0	0.0	76.4	25.5	28.1308
14	1050	350	35	20	329	1.00	1072	49.2	62.6	34.4	48.7	33.7506
15	1050	400	25	50	372	0.86	911	26.2	73.3	75.6	58.4	35.3283
16	1050	450	15	40	341	0.73	1108	42.8	83.2	25.1	50.4	34.0486

$Y_{ij}$  为第  $i$  种优化对象的第  $j$  组方案的试验数据,  $i=1\sim 3$ ,  $j=1\sim 16$ 。 $Y_{1j}$ 、 $Y_{2j}$ 、 $Y_{3j}$  分别为内外壁最大温差、最大损伤值和最大成形载荷的第  $j$  组方案的试验数据, 均通过 Deform-3D 模拟后从后处理模块获得; $Z_{1j}$ 、 $Z_{2j}$ 、 $Z_{3j}$  分别为  $Y_{1j}$ 、 $Y_{2j}$ 、 $Y_{3j}$  经加权评分法转换后对应的分数值; $S_j$  为第  $j$  组方案经加权评分法转换后的总评分; $\eta_j$  为第  $j$  组方案的信噪比。

## 2.2 加权评分法

加权评分法是对各优化对象的模拟结果分别进行评分 (百分制为例, 最优为 100 分, 最差为 0 分), 将  $Y_{1j}$ 、 $Y_{2j}$ 、 $Y_{3j}$  统一为分数值, 并根据对工艺评估的重要性, 赋予不同的权重比, 最终获得总评分的一种数据处理方法<sup>[13]</sup>。数学公式如式 (1) 所示。

$$Z_{ij} = \frac{100(Y_{ij\max} - Y_{ij})}{Y_{ij\max} - Y_{ij\min}} \quad (1)$$

式中:  $Z_{ij}$  为第  $i$  种优化对象的第  $j$  组方案经加权评分法转换后对应的分数值;  $Y_{ij\max}$ 、 $Y_{ij\min}$  分别为第  $i$  种优化对象的所有  $j$  组方案中的最大值、最小值, 转换后结果如表 2 所示。

第  $j$  组方案经加权评分法转换后的总评分  $S_j$  计算公式如式 (2) 所示。

$$S_j = \alpha \cdot Z_{1j} + \beta \cdot Z_{2j} + \gamma \cdot Z_{3j} \quad (2)$$

式中:  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$  为加权因数 (重要性系数)。

由于  $Y_{1j}$ 、 $Y_{2j}$  (转换后为  $Z_{1j}$ 、 $Z_{2j}$ ) 为确保零件

质量的重要指标, 而  $Y_{3j}$  (转换后为  $Z_{3j}$ ) 为保证模具寿命的重要指标, 对工艺而言均非常重要, 因此, 取  $\alpha=\beta=\gamma=1/3$ , 最终计算结果见表 2。

## 2.3 优化与分析

田口试验中, 信噪比计算有 3 种模型, 分别为望目特性、望小特性和望大特性。通过对本文确定的 3 个优化对象的分析可知, 结果均要求尽可能小, 即使用望小特性模型; 但从上文可知, 本文为方便分析, 已将 3 个优化对象统一为分数值, 分别为  $Z_{1j}$ 、 $Z_{2j}$ 、 $Z_{3j}$ , 因此, 要求分数越高越好, 故采用望大特性模型, 表达式如式 (3) 所示。

$$\eta_j = -10 \lg \left( \frac{1}{S_j^2} \right) \quad (3)$$

基于 Minitab 19 软件, 选择望大特性模型对  $S_j$  进行计算, 信噪比  $\eta_j$  的计算结果如表 2 所示。平均信噪比及极差计算公式分别如式 (4) 和式 (5) 所示。

$$\bar{\eta}_{mn} = \frac{1}{4} \sum \eta_{mn} \quad (m=1\sim 4, n=1\sim 4) \quad (4)$$

$$R_m = \text{Max}(\bar{\eta}_{mn}) - \text{Min}(\bar{\eta}_{mn}) \quad (5)$$

式中:  $\bar{\eta}_{mn}$  为第  $m$  种设计变量的第  $n$  组水平的平均信噪比;  $\eta_{mn}$  为第  $m$  种设计变量的第  $n$  组水平对应的信噪比;  $R_m$  为第  $m$  种设计变量对应的极差值。

同时, 对数据做简单处理, 得到了如表 3 所示的平均信噪比结果以及极差结果, 其中  $\bar{\eta}_{m1}$ 、 $\bar{\eta}_{m2}$ 、



表 3 平均信噪比和极差结果

Table 3 Average signal-to-noise ratio and range results

试验变量	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
$\bar{\eta}_{m1}$	33.42	33.44	35.25	36.01
$\bar{\eta}_{m2}$	36.35	33.63	34.27	33.73
$\bar{\eta}_{m3}$	36.98	36.70	35.82	35.25
$\bar{\eta}_{m4}$	32.81	35.80	34.23	34.58
$R_m$	4.17	3.25	1.59	2.28
最优水平	950 ℃	400 ℃	35 mm · s <sup>-1</sup>	20 mm

$\bar{\eta}_{m3}$  和  $\bar{\eta}_{m4}$  分别为第  $m$  种设计变量第 1、2、3 和 4 组水平的平均信噪比。各设计变量对  $S_j$  的重要关系可通过信噪比极差值大小来判定，极差值越大表示重要性越大<sup>[14]</sup>，因此，由表 3 可知，对  $S_j$  的重要性排序为： $X_1 > X_2 > X_4 > X_3$ 。其次，通过平均信噪比可判定各设计变量的最优水平，平均信噪比越大， $S_j$  越高，更利于减小筒壁温差、降低筒壁损伤值、降低成形载荷。以坯料温度为例，水平 3 对应的平均信噪比最大，因此，坯料温度的最优水平为 950 ℃，同理分析可知，模具预热温度的最优水平为 400 ℃，挤压速度的最优水平为 35 mm · s<sup>-1</sup>，凸模工作带长度的最优水平为 20 mm。

3 最优水平组合模拟验证

将上述通过田口算法和加权评分法获得的最优水平组合进行仿真验证，结果如图 5 所示。从图 5a 的温度分布图可知，由于蓄能器筒体底部（图 5a 中 M 区域）最先与凹模接触完成成形，热量通过热传递至凹模最多，因此温度最低，为 612 ℃。温度最高处位于凸凹模间的材料中部（图 5a 中 N 区域），变形最为剧烈，为 1000 ℃，而筒体内外壁最大温差位于图 5a 中偏底部的框线位置，外壁 P1 区域的温度为 820 ℃左右，内壁 P2 区域的温度为 992 ℃左右，最大温差约为 172 ℃，与表 2 中各组最大温差对比，明显更小，有利于去除筒体变形缺陷。图 5b 为成形后筒体表面的损伤值分布图，筒壁的最大损伤值为 0.4500，同样小于表 2 中的所有方案，因此，优化后有利于提高筒壁质量。图 5c 为反挤压过程的成形载荷-凸模行程曲线，成形开始后成形载荷不断稳定增长，随后在 750 kN 左右上下徘徊，最大成形载荷达到 791 kN，依然小于表 2 中的各组方案，能够降低模具的开裂风险，提高使用寿命。综上可知，从模拟角度来看，最优水平组合达到了优化的目的。

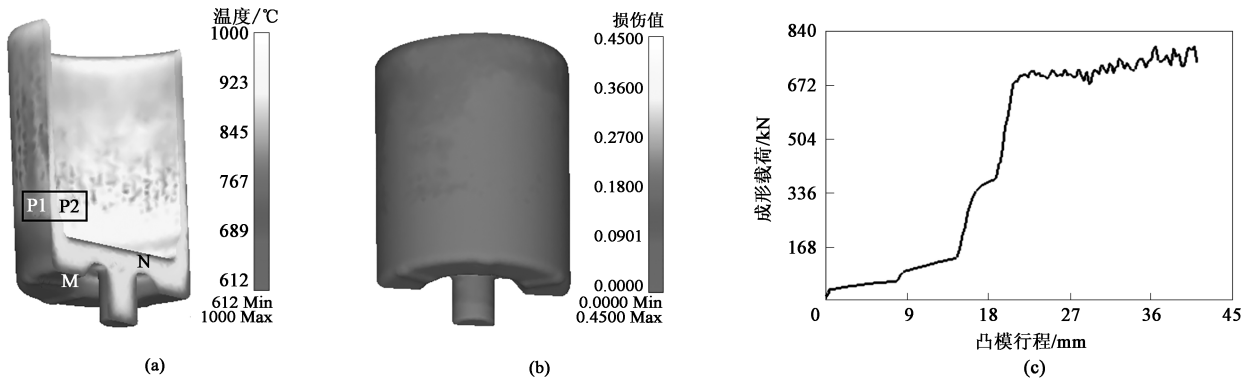


图 5 最优水平组合的仿真结果

(a) 温度分布图 (b) 损伤值分布图 (c) 成形载荷-凸模行程曲线

Fig. 5 Simulation results of optimal level combination

(a) Temperature distribution diagram (b) Damage value distribution diagram (c) Forging load-convex die stroke curve

4 实际挤压试验

采用优化后的数据，结合加工试验进行验证，通过锯床从直径为  $\Phi 70$  mm 的 35 钢棒料上切下长度为 115 mm 的材料，加热、润滑后，经镦粗、预成形获得所需坯料，镦粗件及预成形件分别如图 6a 和图 6b 所示，最后进行反挤压，设备采用 YH32-200 四柱式液压机，吨位为 200 t，现场挤压

试验前后如图 7 所示，挤压完成后对筒体端面进行车加工以保证筒体端面平整，最终得到的蓄能器筒体如图 6c 所示，所有特征均成形完成。从图 6d 可以看出，筒壁表面无明显裂纹，质量较好，较图 3b 有了极大改善。从图 6e 的筒体截面图可以看出，薄壁呈直线状态，不存在翘曲变形，图 3a 所示的筒体变形缺陷得到消除。对筒体进行内、外径测量，以筒体上端面为基点，每间隔 10 mm 进行测量，测量设备采用数显卡尺和图像尺寸测

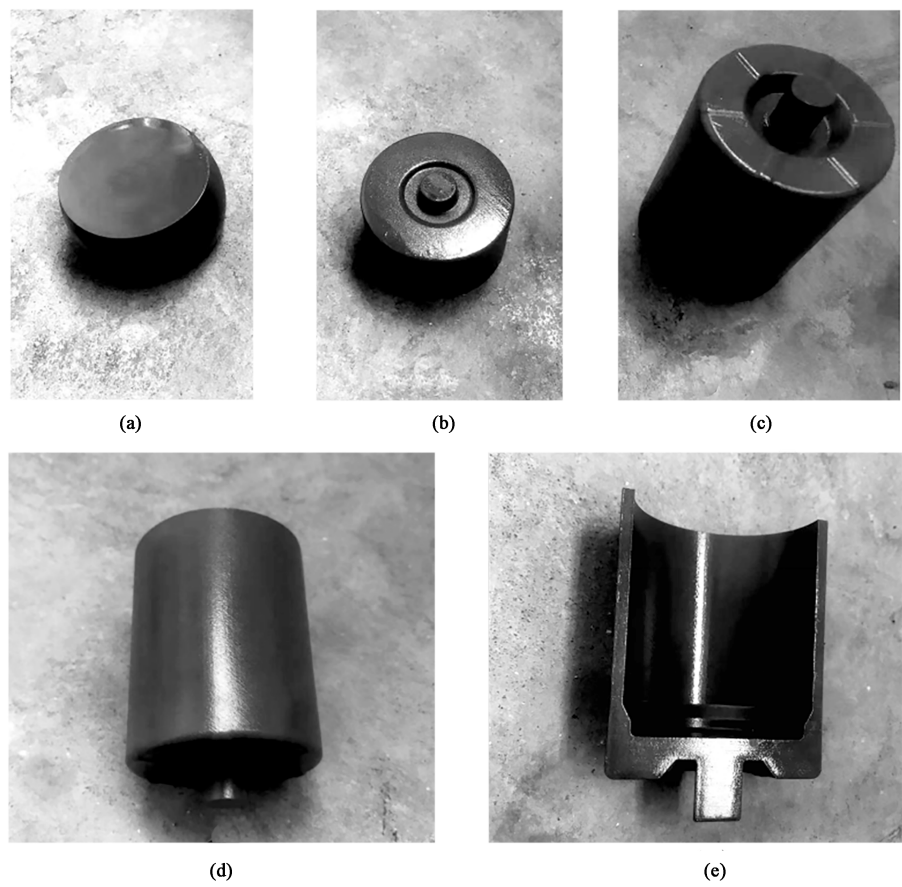


图 6 蓄能器筒体成形结果  
(a) 镦粗件 (b) 预成形件 (c) 蓄能器筒体 (d) 筒体表面情况 (e) 筒体截面

Fig. 6 Forming results of accumulator cylinder  
(a) Upsetting part (b) Preformed part (c) Accumulator cylinder (d) Surface condition of cylinder (e) Section of cylinder

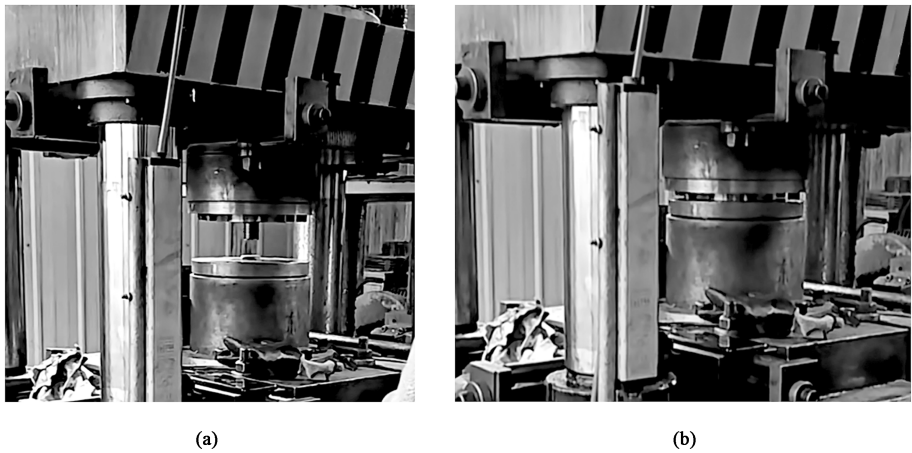


图 7 现场试验图  
(a) 挤压前 (b) 挤压后

Fig. 7 Field test drawings  
(a) Before extrusion (b) After extrusion

量仪，测量结果如表 4 所示，显然，改进前筒体变形导致尺寸严重超差，而改进后能够达到尺寸要求，验证了改进后工艺的正确性。其次，从生产中可知，优化后最大成形载荷为 825 kN，与模

拟结果相比,误差值仅为 4.3%,表明预测精度较高,具有一定的指导价值。综上表明,田口试验、有限元模拟及加权评分法的结合运用对工艺的多目标问题具有一定的实用性,且准确度较高。

表 4 改进前后蓄能器筒件内、外径测量结果对比 (mm)

Table 4 Comparison of internal and external diameter measurement results for accumulator cylinder before and after improvement (mm)

距筒体上端 面的距离	改进前		改进后	
	内径	外径	内径	外径
10 mm	Φ98.04	Φ110.02	Φ98.02	Φ110.01
20 mm	Φ99.55	Φ111.57	Φ98.12	Φ110.12
30 mm	Φ100.88	Φ112.89	Φ98.14	Φ110.16
40 mm	Φ102.24	Φ114.21	Φ98.25	Φ110.29
50 mm	Φ103.52	Φ115.08	Φ98.31	Φ110.38
60 mm	Φ104.58	Φ116.63	Φ98.44	Φ110.47
70 mm	Φ104.14	Φ116.22	Φ98.40	Φ110.45
80 mm	Φ102.36	Φ114.58	Φ98.31	Φ110.38

## 5 结语

以新能源汽车的蓄能器筒体为例,对产生的缺陷进行了分析,并确定了优化对象及优化变量。通过田口试验建立了正交试验方案,并通过 UG 和 Deform-3D 完成了每组方案的建模、仿真以及试验数据的获取。随后通过加权评分法对不同类别的试验数据进行了统一,并采用信噪比的望大特性模型对数据进行了分析及优化。获得的最优工艺参数为:坯料温度为 950 ℃,模具预热温度为 400 ℃,挤压速度为 35 mm·s<sup>-1</sup>,凸模工作带长度为 20 mm。最终通过加工试验进行了验证,解决了筒体变形、筒壁质量差的缺陷,证明了田口试验、有限元模拟及加权评分法结合运用的实用性和准确性。

### 参考文献:

- [1] 陈波,周志明,曾华成,等. 基于 DEFORM-3D 的筒形件冷挤压成形数值模拟 [J]. 重庆理工大学学报:自然科学, 2018, 32 (1): 124-128.  
Chen B, Zhou Z M, Zeng H C, et al. Numerical simulation on cold extrusion of cartridge based on DEFORM-3D [J]. Journal of Chongqing University of Technology: Natural Science, 2018, 32 (1): 124-128.
- [2] 孙新东,刘广璞,毛津,等. 基于田口方法的筒形件强力旋压参

数优化 [J]. 铸造技术, 2017, 38 (11): 2701-2703, 2720.

- Sun X D, Liu G P, Mao J, et al. Parametric optimization in tube power spinning based on Taguchi method [J]. Foundry Technology, 2017, 38 (11): 2701-2703, 2720.
- [3] 尹成波,衣淑丽,孙学进. 基于 Deform 的筒形件冷挤压数值模拟分析 [J]. 热加工工艺, 2020, 49 (3): 116-118.  
Yin C B, Yi S L, Sun X J. Numerical simulation analysis of cold extrusion of tube workpieces based on Deform [J]. Hot Working Technology, 2020, 49 (3): 116-118.
- [4] 丛兵兵,孔明,张弘斌,等. 马车螺栓冷镦成形有限元模拟及模具设计 [J]. 塑性工程学报, 2022, 29 (2): 76-81.  
Cong B B, Kong M, Zhang H B, et al. Finite element simulation and die design of cold heading forming for carriage bolt [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2022, 29 (2): 76-81.
- [5] 赵德颖,张连东,朱恩领,等. 挤压工艺参数对枝杈类锻件折叠缺陷的影响 [J]. 塑性工程学报, 2018, 25 (2): 99-105.  
Zhao D Y, Zhang L D, Zhu E L, et al. Effects of extrusion processing parameters on folding defects in branch-type forging [J]. Journal of Plasticity Engineering, 2018, 25 (2): 99-105.
- [6] 史慧楠,韩亭鹤,李月,等. 基于 DEFORM-3D 的钢球热压成形工艺优化 [J]. 轴承, 2019, (4): 26-29, 46.  
Shi H N, Han T H, Li Y, et al. Optimization of hot pressing forming process for steel balls based on DEFORM-3D [J]. Bearing, 2019, (4): 26-29, 46.
- [7] 马才伏,周兵. 汽车三叉式万向节精密成形工艺 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (6): 41-47.  
Ma C F, Zhou B. Precision forming process on automobile trident universal joint [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (6): 41-47.
- [8] 骆静,张驰,尹小燕,等. 6082 铝合金多腹板零件的冷挤压工艺研究 [J]. 热加工工艺, 2020, 49 (19): 87-90.  
Luo J, Zhang C, Yin X Y, et al. Study on cold extrusion technology of 6082 aluminum alloy multiple-web parts [J]. Hot Working Technology, 2020, 49 (19): 87-90.
- [9] 闫红艳,郭永强,王志科,等. 6 寸法兰多工位闭式精锻工艺 [J]. 锻压技术, 2021, 46 (6): 58-63, 71.  
Yan H Y, Guo Y Q, Wang Z K, et al. Multi-station closed precision forging process for six-inch flange [J]. Forging & Stamping Technology, 2021, 46 (6): 58-63, 71.
- [10] 唐妍. 不同挤压速度对铝型材挤压过程的影响 [J]. 机械设计与制造工程, 2013, 42 (9): 58-61.  
Tang Y. The effects of different extrusion speed on the aluminum profile extrusion process [J]. Machine Design and Manufacturing Engineering, 2013, 42 (9): 58-61.
- [11] 王培安,吴淑芳,苗润忠. 端盖热挤压成形方案优化设计及多目标模具磨损失效的分析 [J]. 石河子大学学报:自然科学版, 2019, 37 (6): 661-671.  
Wang P A, Wu S F, Miao R Z. Optimization design of end cap hot extrusion forming scheme and failure analysis of multi-objective die wear [J]. Journal of Shihezi University: Natural Science, 2019, 37 (6): 661-671.

[ 12 ] 李志伟, 樊文欣, 原霞, 等. 田口算法在锡青铜连杆衬套挤压参数优化中的应用研究 [ J ]. 特种铸造及有色合金, 2019, 39 ( 2 ): 225-227.  
Li Z W, Fan W X, Yuan X, et al. Application research of Taguchi method in optimization of extrusion parameters for tin bronze connecting rod bushing [ J ]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2019, 39 ( 2 ): 225-227.

[ 13 ] 孙昊. 汽车发电机爪极组合模具结构及工艺优化 [ D ]. 镇江: 江苏大学, 2016.

Sun H. Optimization of Automobile Claw Pole Compositied Die Structure and Process [ D ]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2016.

[ 14 ] 张东民, 盛育东, 周伟民, 等. SCM435 合金钢线材浮动反挤压成形模拟及参数优化 [ J ]. 铸造技术, 2017, 38 ( 11 ): 2698-2700.  
Zhang D M, Sheng Y D, Zhou W M, et al. Forming simulation and parameter optimization of floating back extrusion for SCM435 alloy steel wires [ J ]. Foundry Technology, 2017, 38 ( 11 ): 2698-2700.

《温室气体核算方法与报告要求 第 XX 部分：锻造企业》等 7 项  
锻压领域国家及行业标准外文版翻译项目获批立项

2022 年下半年, 由全国锻压标准化技术委员会组织申报的《温室气体核算方法与报告要求 第 XX 部分：锻造企业》等 8 项国家及行业标准外文版翻译项目获得国家标准化委员会批准立项, 详见表 1。

表 1 7 项锻压领域国家及行业标准外文版研制项目

标准项目名称	牵头起草单位	国家标准/ 行业标准	语种	是否同 步翻译
温室气体核算方法与报告要求 第 XX 部分：锻造企业	东风锻造有限公司、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、江苏太平洋精锻科技股份有限公司、湖北三环锻造有限公司、重庆大江杰信锻造有限公司、广东韶铸锻造有限公司、江苏龙城精锻集团有限公司、邯郸峰驰精密制造有限公司、内蒙古北方重工业集团有限公司、贵州安大航空锻造有限责任公司、芜湖禾田汽车工业有限公司、洛阳智能农业装备研究院有限公司、江苏威鹰机械有限公司、景德镇明兴航空锻压有限公司、广东韶铸精锻有限公司、广东长盈精密技术有限公司、振宏重工（江苏）股份有限公司、重庆工程职业技术学院等。	国家标准	英文	同步翻译
钢质模锻件金属流线取样要求及评定	湖北三环锻造有限公司、华中科技大学、江苏太平洋精锻科技股份有限公司、东风锻造有限公司、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、武汉理工大学、浙江索特重工有限公司、湖北文理学院、湖北三环车桥有限公司、广东韶铸锻造有限公司、方盛车桥（柳州）有限公司、郑州精益达汽车零部件有限公司、江苏龙城精锻集团有限公司、江苏森威精锻有限公司、江苏飞船股份有限公司、江苏威鹰机械有限公司、洛阳智能农业装备研究院有限公司、景德镇明兴航空锻压有限公司、高安市璐克斯机械有限公司等。	国家标准	英文	同步翻译
大型曲面箱底旋压成形 工艺规范	西北工业大学、四川航天长征装备制造有限公司、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、北京宇航系统工程研究所、上海航天精密机械研究所、西安航天动力机械有限公司、成都航天长征机械有限公司、西安博赛旋压科技有限公司、四川空分设备（集团）有限责任公司、广东博赛数控机床有限公司等。	国家标准	英文	同步翻译
民用航空数字化锻造车间集成规范	天津市天锻压力机有限公司、机械工业仪器仪表综合技术经济研究所、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、北京航空材料研究院、首都航天机械公司、北京航空航天大学、机科发展科技股份有限公司、天津大学、天津职业技术师范大学、山西金瑞高压环件有限公司、景德镇明兴航空锻压有限公司等。	国家标准	英文	同步翻译
直齿锥齿轮精密冷锻件 结构设计规范	江苏太平洋精锻科技股份有限公司、武汉理工大学、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司等。	国家标准	英文	
齿轮轴毛坯楔横轧 技术条件	河北东安精工股份有限公司、北京科技大学、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、北京科大机翔科技有限公司等。	行业标准	英文	
钢质汽车转向节锻件 通用技术条件	湖北三环锻造有限公司、中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、武汉理工大学、芜湖禾田汽车工业有限公司、机械科学研究院浙江分院有限公司、河北东安精工股份有限公司等。	行业标准	英文	