

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2018.10.016

基于 CAD/CAE 的风机罩注塑模设计及工艺优化

赵而团, 田玉晶, 许宽, 翟晓庆, 仇学青

(山东理工大学机械工程学院, 淄博 255049)

摘要: 分析了风机罩注塑件的结构特点, 运用 Moldflow 软件对风机罩注塑件的浇注位置和冷却系统进行模拟分析, 确定最优方案。利用 UG-Mold wizard 模块完成了注塑模具的模架设计。根据成型工艺条件对塑件成型的影响程度, 设计正交试验。运用 Moldflow 运行分析正交试验, 筛选出最佳成型工艺参数为: 熔体温度 270℃, 成型时间 32 s, 保压压力 95%, 模具温度 110℃。结果表明: 应用 CAD/CAE 技术能够最大限度的缩短生产周期, 提高一次性试模的成功率, 节约了生产成本, 为计算机辅助设计注塑模具提供了理论指导和技术支持。

关键词: 注塑模设计; Moldflow; CAD/CAE; 风机罩

中图分类号: TQ320.66 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3539(2018)10-0081-05

Injection Mold Design of Fan Cover and Optimization of Forming Process Based on CAD/CAE

Zhao Ertuan, Tian Yujing, Xu Kuan, Zhai Xiaoqing, Qiu Xueqing

(Shandong University of Technology, School of Mechanical Engineering, Zibo 255049, China)

Abstract: The structural characteristics of the fan cover plastic parts were analyzed. The optimal scheme was determined by the simulating of pouring position and cooling system with the help of Moldflow software. The formwork was completed by the UG-Moldwizard module. The orthogonal experiments were determined according to the influence degree of molding process parameters on plastic molding. The optimum technological parameters were obtained as follows: melt temperature 270℃, molding time 32 s, holding pressure 95%, mold temperature 110℃, with the help of Moldflow software. The result indicate that the CAD/CAE technology is helpful to shorten the production cycle, improve the success rate one-time molds test, and save the production cost, obviously. It provides a guidance of theory and a technical support for computer aided design of injection mold.

Keywords: injection mold design; Moldflow; CAD/CAE; fan cover

随着社会的发展,塑料制品的应用越来越广泛,因此塑料制品的外形、结构也越来越复杂,传统的模具制件方式与加工手段已无法满足当代模具行业发展的要求^[1]。利用 CAD/CAE 计算机辅助技术能够有效地提高生产效率^[2-3],预防加工缺陷,提高模具质量,满足现代模具发展趋势^[4]。CAD/CAE 技术正在朝着集成化、三维化、智能化和网络化这四个目标发展,在塑料模具激烈的市场竞争中,用户的要求越来越高,如多品种,小批量,高质量等。同时,对于塑料产品的质量要求也越来越高,如产品表面无凹痕、熔接线、气穴以及严格到位的装配尺寸

等。这也就奠定了应用计算机辅助设计技术和有限元分析技术的基础,所以借助于 CAE 模流分析软件 Moldflow 和 CAD 模具设计软件 UG,用来辅助设计产品的结构,得到更加合理的模具设计以及产品,可更大限度缩小模具的设计以及制造周期,从而使制模质量以及响应和抢占市场的能力得以提高^[5]。笔者以 UG-Mold wizard 模块和 Moldflow 软件为辅助,优化注塑模具设计以及工艺参数,解决了风机罩模具设计和制造过程中只有经过反复试模,修模以及调整参数,才能获得最终结果的生产方式,提高了塑料制品的质量以及生产效率。

基金项目: 山东省自然科学基金面上项目(ZR2017MEE038), 山东理工大学中青年骨干教师海内外访学计划项目(4085/1180010903)

通讯作者: 赵而团, 讲师, 主要从事模具设计与制造研究 E-mail: etzhao@sut.edu.cn

收稿日期: 2018-08-08

引用格式: 赵而团, 田玉晶, 许宽, 等. 基于 CAD/CAE 的风机罩注塑模设计及工艺优化[J]. 工程塑料应用, 2018, 46(10):81-85.

Zhao Ertuan, Tian Yujing, Xu Kuan, et al. Injection mold design of fan cover and optimization of forming process based on CAD/CAE[J]. Engineering Plastics Application, 2018, 46(10):81-85.

1 风机罩结构分析

图1为风机罩三维模型。长、宽、高的最大尺寸分别为165.87,84,70 mm。在UG中测得的制件壁厚为2 mm,壁厚较均匀,符合最小壁厚原则^[6]。质量为0.526 kg,体积为0.067 mm³。采用注塑成型工艺,材料为聚对苯二甲酸乙二酯(PET)+30% GF,收缩率为1%。所有尺寸精度为6级,属于一般精度要求,对于模具中的零件加工过程容易控制。该制件底板四角均有圆孔,为螺钉安装孔,两侧各有一个侧方向孔,内部空腔处安置风机,底板与上部风机罩采用圆角衔接,上部圆环处为排风位置,整体结构合理,该塑件外表面要求光滑精致,无毛刺、熔痕出现,内部无质量要求。结合实际生产要求,选用注射机的型号为XS-ZY-250,锁模力为1800 kN。

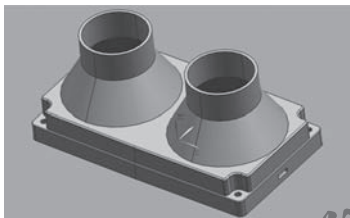


图1 风机罩三维模型

2 风机罩 CAE 分析

2.1 网格的划分

运用CAE模拟软件Moldflow对塑件进行模拟分析,首先要进行网格的划分,网格划分的质量直接影响后续分析的准确性。如果网格匹配度小于50%,则直接导致分析失败,由于在此还需要进行翘曲分析,则要求达到90%以上的网格匹配度^[7]。在此网格密度设置为2 mm。经网格密度统计,其匹配率达到92.8%,不用再进行网格修复。图2为有限元网格的划分^[8],网格参数中匹配百分比为92.85%,满足要求,可用于下一步模拟分析^[9]。

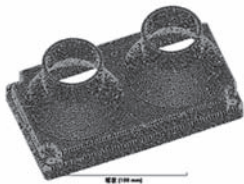


图2 有限元网格的划分

2.2 浇注位置选择

图3为流动阻力及浇口匹配性的模拟结果,图中所指区域为流动阻力最小以及浇口匹配性最好的区域,故浇口位置应设计在图中标识区域。

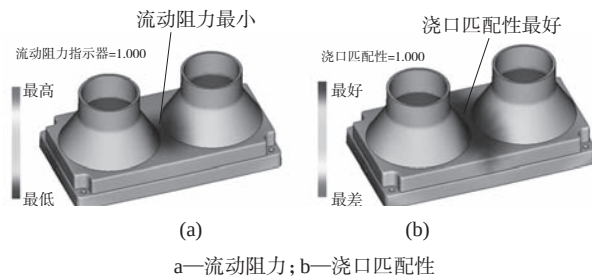


图3 流动阻力和浇口匹配性模拟结果图

图4为四种不同浇注位置工艺方案。方案1-1的浇口位置在最下端,即分型面处于最下面,采用扇形侧浇口;方案1-2的浇口位置在第一个阶梯面,即分型面在第一个阶梯面,采用扇形侧浇口;方案1-3的浇口位置在第二个阶梯面,并且为最佳浇口位置,采用三板模的两级分流道的点浇口;方案1-4的浇口位置在底面,采用牛角形浇口。

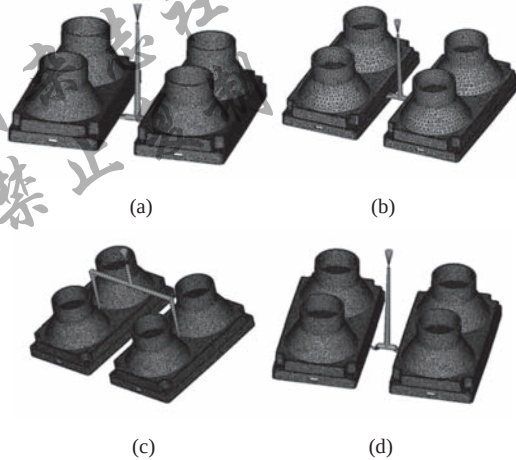


图4 浇口位置的选择方案

对四种方案进行填充+冷却+保压+翘曲模拟分析,为保证成型工艺统一,成型工艺设置均为推荐值:熔体温度280℃,模具温度110℃,开模时间5 s等。表1为模拟结果的敏感数据统计。

表1 浇口的确定方案

方案	注射时间/s	切换压力/MPa	最大锁模力/kN	气穴数量	单个制件熔接痕	冷却液升高温度
1-1	1.0812	76.7003	830.4275	54	3长/10短	2.7/3.3
1-2	1.1146	75.4204	869.2443	34	2长/8短	2.7/3.3
1-3	1.0359	82.4883	1050.638	84	4长/9短	2.8/3.1
1-4	1.1201	80.3337	880.0231	60	2长/10短	2.6/3.1

由表1可以看出,方案1-2产生的气穴和熔接痕数量较少,而且所需最大锁模力接近最小值,V/P切换压力较小。因此对注塑机的要求也最低,虽然注射时间是1.1146 s,但可通过对熔体温度、保压时间等工艺参数的优化,可以使得注射时间、切换

压力、最大锁模力得到相应的减小^[10]。故选用方案 1-2 较为合理。由此浇注位置可以确定分型面在第一个阶梯面,并且采用扇形侧浇口。

2.3 冷却系统选择

图 5 为基于方案 1-2 的冷却管道布置。方案 2-1 为直通式 X 向分布;方案 2-2 为方案 2-1 的冷却水道旋转 90 度的直通式 Y 向分布;方案 2-3 为侧面分布,该冷却方案直观来看冷却效果最好。

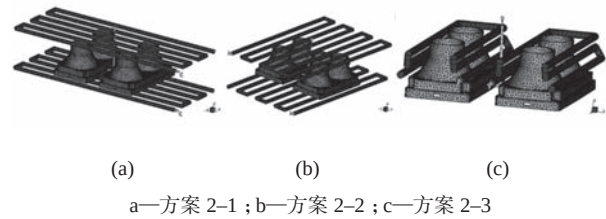


图 5 冷却系统方案

表 2 为冷却水道的三种方案成型时的模拟结果,比较三种冷却效果和回路冷却液温度,发现冷却效果相差不大,而且对其他结构成型影响不大,考虑此模具有四个侧抽机构,为了使侧抽机构和冷却系统不发生干涉,不宜采用方案 2-2;方案 2-3 其冷却效果最佳,但由于冷却水道太过靠近熔接痕的位置,致使熔接痕的长度明显增长,因此也不宜采用该方案。考虑到侧抽机构和冷却系统不能发生干涉,

冷却水道距离熔接痕位置要合理,综合分析认为方案 2-1 所示的直通式 X 管道分布更合理。综上所述:最终方案采用图 6 所示的方案 1-2 / 方案 2-1 的浇注系统和冷却系统。

表 2 冷却水道的确定方案

方案	注射时间 / s	切换压力 / MPa	最大锁模力 / kN	气穴数量	单个制件熔接痕	冷却液升高温度
2-1	1.1146	75.4204	869.2443	34	2 长 / 8 短	2.7 / 3.3
2-2	1.1146	75.4144	877.5596	38	2 长 / 8 短	2.7 / 3.3
2-3	1.0145	74.82013	896.2551	48	2 长 / 8 短	2.7 / 3.3

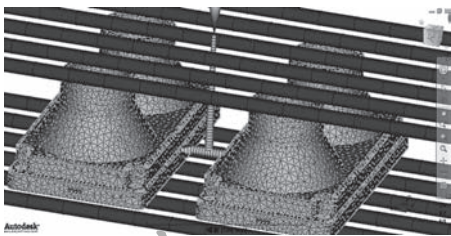
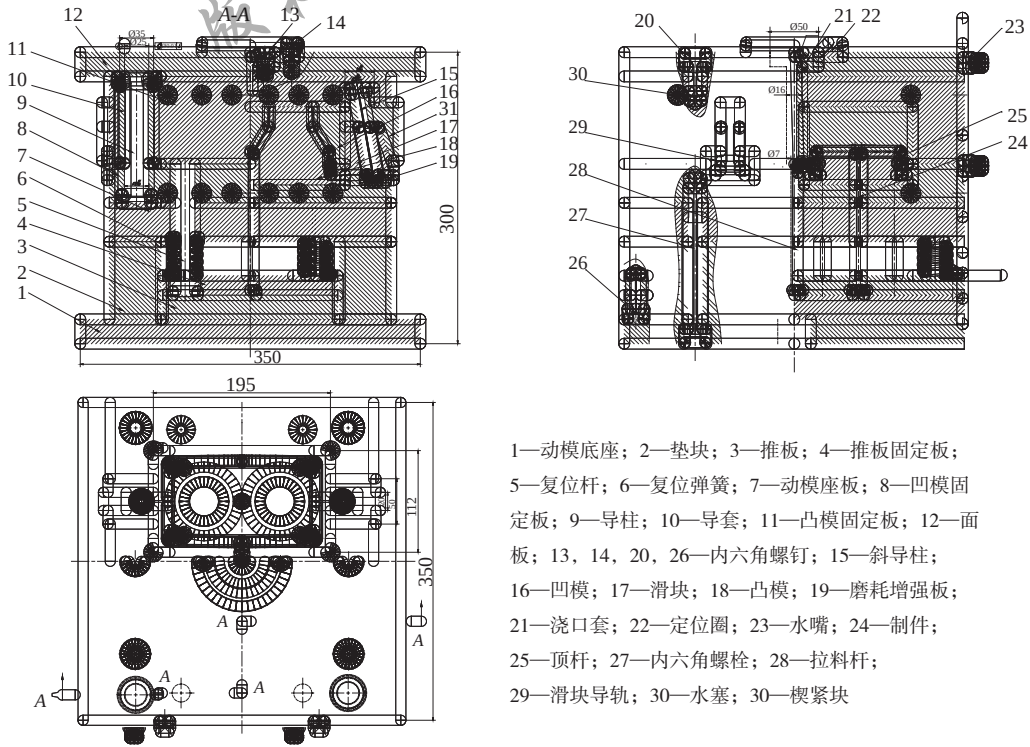


图 6 最终方案

3 模架生成

为保证塑料件质量,须正确选用标准模架,以节省设计和制造时间^[11]。UG-Mold wizard 是针对注塑模设计的专业模块,用于优化过程,提供一个完整解决方案,该模块可进行模架选择,浇注系统、冷却系统的设计,标准件的添加,推出机构、侧抽芯机构的设计等工作^[12]。图 7 为风机罩模具结构装配图。

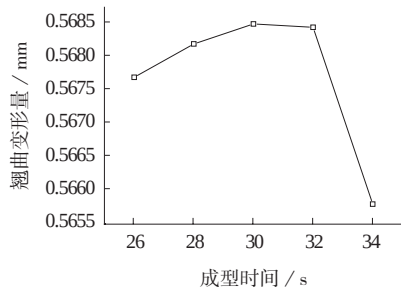


- 1—动模底座; 2—垫块; 3—推板; 4—推板固定板;
- 5—复位杆; 6—复位弹簧; 7—动模座板; 8—凹模固定板; 9—导柱; 10—导套; 11—凸模固定板; 12—面板;
- 13, 14, 20, 26—内六角螺钉; 15—斜导柱;
- 16—凹模; 17—滑块; 18—凸模; 19—磨损增强板;
- 21—浇口套; 22—定位圈; 23—水嘴; 24—制件;
- 25—顶杆; 27—内六角螺栓; 28—拉料杆;
- 29—滑块导轨; 30—水塞; 30—楔紧块

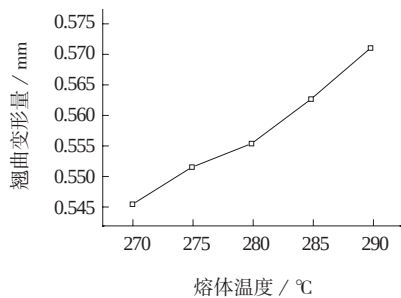
图 7 模具装配图

4 成型工艺参数优化

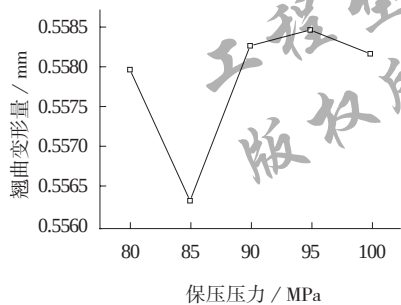
此风机罩属于均匀薄壁形零件,因此用获得最小的翘曲变形的工艺来评价翘曲变形因素,如图8所示。



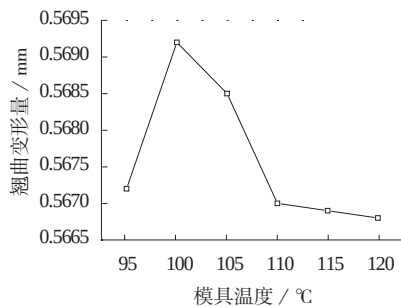
(a)



(b)



(c)



(d)

a—成型时间; b—熔体温度; c—保压压力; d—模具温度

图8 工艺影响因素与翘曲变形的关系

图8中的结果分别为成型时间、熔体温度、保压压力、模具温度与翘曲变形的关系,由图8可得获得最小翘曲变形的工艺参数为:熔体温度:270℃;成型时间:34 s;保压压力:85%;模具温度120℃。

熔体温度、模具温度、保压压力、成型时间等设计变量的取值范围相当重要,所以要采用适当设计变量及变量范围,制定正交试验^[13-14]。根据本试验条件,按照正交表用法,取4因素5水平正交表,即 $L_{25}(5^4)$,设计的正交试验因素及水平见表3。

表3 正交试验的因素及水平

水平	因素			
	熔体温度 / °C	模具温度 / °C	保压压力 / %	成型时间 / s
1	270	95	80	26
2	275	100	85	28
3	280	105	90	30
4	285	110	95	32
5	290	120	100	34

同样可以分别对注射时间、注射位置处压力、锁模力因素进行评价,得到各影响因素的最小参数所对应的成型工艺参数,见表4。

表4 成型工艺参数

影响因素最小参数	熔体温度 / °C	模具温度 / °C	保压压力 / %	成型时间 / s
最短注射时间	290	30	95	95
最小注射位处压力	290	28	80	95
最小锁模力	290	26	80	110
最小冷却时间	270	26	95	120
最小翘曲变形	270	34	85	120

工艺的选择是假设每个因素独立影响结果,选取影响评价因素获得最小值的因素,如果不是最小值再和实验数据相比,获取更加合适的成型工艺。表4中得出的最小翘曲变形工艺参数对应的成型数据中的翘曲变形显然不是已有数据中的最小值,这是由于各成型工艺因素在加工中是互相影响的。综合以上五种影响因素对应的成型工艺参数,结合正交试验结果,优化后的最佳成形工艺参数为熔体温度270℃,成型时间32 s,保压压力95%,模具温度110℃。经生产实践证明,该工艺参数设计合理。

5 结论

(1) 根据风机罩塑件的结构特点,应用Moldflow软件确定了浇注位置在型腔第一个阶梯面,冷却水道采用直通式X分布。通过UG-Mold wizard模块进行了整体模具设计,模架为一模两腔的侧抽芯分型结构。利用正交试验,优化出了风机罩注塑最佳注射成型工艺参数。经生产实践证明,该模具结构合理,满足生产要求。

(2) 借助于模流分析软件Moldflow能够实现生产效率的本质提升,有效节约成本,完成理论与实践相结合,对提高塑件质量,缩短产品的生产周期提供了理论指导和技术支持。

参考文献

- [1] 潘秀石,林桂霞.基于CAD/CAE/CAM的吸尘机电机罩注塑模设计[J].工程塑料应用,2015,43(3):370-372.
Pan Xiushi, Lin Guixia. Design of injection mold for motor hood of cleaner based on CAD / CAD / CAM[J]. Engineering Plastics Application, 2015, 43(3):370-372.
 - [2] 李德群,肖祥芷.模具CAD/CAE/CAM的发展概括及趋势[J].模具工业,2005(7):9-12.
Li Dequn, Xiao Xiangzhi. Development and trend of die CAD / CAE / CAM [J]. Die & Mould Industry, 2005(7):9-12.
 - [3] 汪文虎,刘晓辉,张军.我国模具CAD / CAM技术的现状及发展趋势研究[J].模具技术,2007(1):55-58.
Wang Wenhui, Liu Xiaohui, Zhang Jun. Research on the present situation and development trend of CAD / CAM technology in China[J]. Die Technology, 2007(1):55-58.
 - [4] 王刚.Moldflow模具分析应用实例[D].北京:清华大学出版社,2005:2-6.
Wang Gang. Application example of Moldflow die analysis[D]. Beijing: Tsinghua University Press, 2005:2-6.
 - [5] 崔俊芝.计算机辅助工程(CAE)的现在和未来[J].计算机辅助设计与制造,2000(6):3-7.
Cui Junzhi. The present and future of computer aided engineering (CAE)[J]. Computer Aided Design and Manufacture, 2000(6):3-7.
 - [6] 张惠敏,焦冬梅.注塑模型腔壁厚计算公式讨论[J].工程塑料应用,2005,33(9):52-54.
Zhang Huimin, Jiao Dongmei. Discussion on calculation formula for cavity thickness of injection mold[J]. Engineering Plastics Application, 2005, 33(9):52-54.
 - [7] Marr R, Gamse T. Use of supercritical fluids for different processes including new developments—a review[J]. Chemical Engineering & Processing: Process Intensification, 2000, 39(1):19-28.
 - [8] 韩阳飞,杨国定,陆建军.网格质量对Moldflow分析结果影响的研究[J].机床与液压,2005(11):185-186.
Han Yangfei, Yang Dingguo, Lu Jianjun. Research on the influence of grid quality on Moldflow analysis results[J]. Machine Tools And Hydraulics, 2005(11):185-186.
 - [9] 李雯雯,卢军,刘洋.Moldflow软件在注塑模具CAE中的应用[J].工程塑料应用,2009,37(9):80-82.
Li Wenwen, Lu Jun, Liu Yang. Application of Moldflow software in injection mold CAE[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(9):80-82.
 - [10] 谈建豪,陈燕,向和平,等.基于CAE的书立注塑模设计及成型工艺优化[J].塑料工业,2013,41(5):57-58.
Tan Jianhao, Chen Yan, Xiang Heping, et al. Design of injection mold and optimization of forming process based on CAE[J]. China Plastics Industry, 2013, 41(5):57-58.
 - [11] 赵明娟,赵志龙,张尚兵.基于CAD/CAE的汽车车门内饰板注塑模设计[J].塑料科技,2011,39(4):91-94.
Zhao Mingjuan, Zhao Zhilong, Zhang Shangbing. Design of injection mold for automobile door interior trim panel based on CAD / CAE[J]. Plastics Science and Technology, 2011, 39(4):91-94.
 - [12] 李军,张苗根,陈治平.基于UG模具设计模块的塑料模架库开发[J].工程塑料应用,2010,38(8):70-73.
Li Jun, Zhang Miaogen, Chen Zhiping. Development of plastic mold base library based on UG mold design module[J]. Engineering Plastics Application, 2010, 38(8):70-73.
 - [13] 吴梦陵,张琰.基于正交法的汽车前罩板注塑工艺参数优化研究[J].塑料,2009,38(1):5-8.
Wu Mengling, Zhang Long. Research on optimization of injection molding process parameters of automobile front cover plate based on orthogonal method[J]. Plastics, 2009, 38(1):5-8.
 - [14] 潘柏松,龚惠玲,刘红.基于正交实验法的注塑工艺多目标优化设计[J].浙江工业大学学报,2007,35(3):308-312.
Pan Baisong, Gong Huiling, Liu Hong. Multi-objective optimization design of injection molding process based on orthogonal experimental method[J]. Journal of Zhejiang University of Technology, 2007, 35(3):308-312.
-
- (上接第75页)
- ssing and Applications, 2017, 29(6):50-53.
 - [10] 曹将栋,丁建波.基于灰色系统理论的注射成型工艺参数优化[J].现代塑料加工应用,2013,25(3):48-51.
Cao Jiangdong, Ding Jianbao. Optimization of injection process parameters based on grey theory[J]. Modern Plastics Processing and Applications, 2013, 25(3):48-51.
 - [11] 吴俐俊,袁志成,苑昭阔.基于正交设计和灰色关联理论的板式省煤器优化[J].同济大学学报:自然科学版,2017,45(11):1694-1700.
Wu Lijun, Yuan Zhicheng, Yuan Zhaokuo. Optimization on the structure of plate economizer based on orthogonal design and grey relational theory[J]. Journal of Tongji University: Natural Science, 2017, 45(11):1694-1700.
 - [12] 张弢,王金波,张涛,等.基于灰色理论的复杂系统多故障模糊诊断[J].北京航空航天大学学报,2017,43(9):1832-1840.
Zhang Tao, Wang Jinbo, Zhang Tao, et al. Multi-fault fuzzy diagnosis for complicated system based on grey theory[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2017, 43(9):1832-1840.