

小型制冷压缩机全自动性能测试试验台研制

王晓燕

(浙江师范大学 职业技术教育学院 浙江 金华 321019)

摘要: 小型制冷压缩机测试系统的被测对象其实质是一个具有工况变化范围大、纯滞后、强耦合、大惯性和各种扰动并存的十分复杂的制冷循环,针对压缩机在实际运行中受多种复杂因素干扰而造成测试精度不高问题,研制了一套小型制冷压缩机全自动性能测试台。依据 GB/T9098—1996, GB5773—2004 的“第二制冷剂电量热器法”的原理要求,试验台包括被测制冷系统和测控系统两部分,为提高试验台的测试精度,该试验台制冷系统增加过冷器和辅助制冷,使系统响应速度得到显著改善,抗扰性得到加强;测控系统采用工业控制计算机集中控制和处理,可实现全自动 24 h 连续运转。建成的试验台工况稳定,测试速度快,工况控制精度和制冷量控制精度均可控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,实现了较高的控制精度。

关键词: 制冷压缩机; 性能测试; 量热器; 制冷量

中图分类号: TB 652; TK 39

文献标志码: A

文章编号: 1006-7167(2011)08-0052-05

Development of Automatic Refrigeration Compressor Performance Test Device

WANG Xiaoyan

(College of Vocational and Technical Education, Zhejiang Normal University, Jinhua 321019, China)

Abstract: Aiming at the actual operation caused testing precision problem, this paper developed a set of automatic small refrigeration compressor performance test device based on the principle requirements of “second refrigerant electricity calorimeter method” of GB/T9098—1996, GB5773—2004. The test device includes the tested refrigeration system and measurement and control system. For improving the testing precision, the tested refrigeration system increases subcooler and auxiliary refrigeration, making the system response speed be improved significantly, having perturbation resistance strengthened. The measurement and control system adopts industrial control computer centralized control and processing, it can realize full-automatic continuous operations of 24 hours. The built test device works stably, measures quickly, and the condition control precision and refrigerating capacity control precision can be controlled within $\pm 0.5\%$.

Key words: refrigeration compressor; performance test; calorimeter; refrigerating capacity

0 引言

制冷压缩机是蒸汽压缩式制冷装置的主机^[1-2],在压缩机的生产和使用中,为保证并不断提高压缩机的质量及进行科学研究,对其进行热力性能测试具有非常重要的意义。制冷压缩机性能测试装置是检测压缩机性能的重要手段和措施,是制冷设备厂家为产品

开发、优化设计和质量检测提供试验数据的必备设备^[3-7]。依据 GB/T9098—1996, GB5773—2004 的“第二制冷剂电量热器法”的原理要求^[8-9],将测试系统分成两大子系统,一部分称为被测制冷系统(含辅助制冷系统)的试验系统,其实质是一个工况可精确调节和测量的模拟制冷系统;另一部分为测控系统,其作用是对被测制冷系统实施全面控制和测量。本试验台是全自动型,能自动完成系统开关、自检、控制工况、检测所需项目、处理记录、打印各类数据,还能完成漏热系数测量、加减制冷剂和过压保护等功能。必要时也可换做手动操作。

收稿日期: 2011-01-18

作者简介: 王晓燕(1981-),女,河南周口人,硕士,讲师,现主要从事制冷设备测试研究。Tel.: 0579-84972109; E-mail: jhwxy@zjnu.cn

1 被测制冷系统设计

1.1 被测制冷系统原理

被测制冷系统采用“第二制冷剂量热器法”进行性能试验^[10-11]。流程如图 1 所示,其对应的压-焓图如图 2 所示。第二制冷剂量热器由一组直接蒸发盘管作蒸发器,该蒸发器被悬置在一个隔热压力容器的上部,电加热器安装在容器底部并被容器中的第二制冷剂(R11)浸没着。制冷剂 R600a 液体在量热器中吸收 R11 的热量后蒸发;进入压缩机被压缩成高温高压的气体;然后在冷凝器中向冷却介质释放热量冷凝成高压饱和液体或过冷液体;最后,经过节流阀减压降温变成低温低压液体,返回量热器完成一次制冷循环。性能测试过程就是不断地检测制冷剂 R600a 在完成循环过程中诸多重要的、与压缩机性能紧密相关的过程参数,当它们达到测试要求的数值时,计算压缩机制冷量。

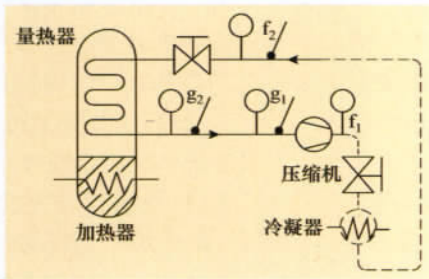


图 1 流程图

1.2 被测制冷系统组成

被测制冷系统^[12-13]主要由压缩机、冷凝器、过冷器、膨胀阀和量热器记忆防爆隔爆恒温环境、冷却和加热系统组成,如图 3 所示。

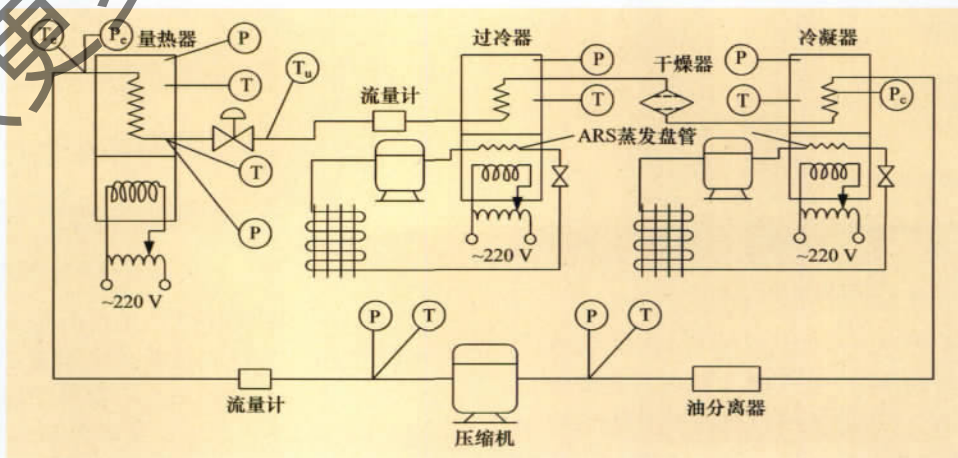


图 3 被测制冷系统结构图

1.3 被测制冷系统特点

被测制冷系统的设计有如下特点,这些特点都保

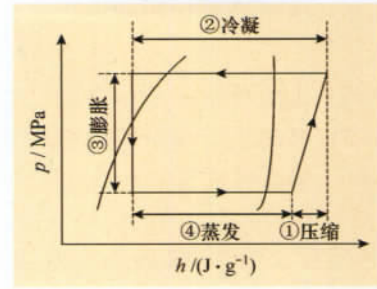


图 2 压-焓图

(1) 冷凝器。冷凝器制冷机组选择 1/4HP 风冷组,所需传热面积 $A = 0.135 \text{ m}^2$,蒸发铜管采用 $\varnothing 10 \times 1$,需铜管长 $L = 4.7 \text{ m}$ 。冷凝器内系统盘管所需传热面积 $A = 0.064 \text{ m}^2$,蒸发铜管采用 $\varnothing 10 \times 1$,需铜管长 $L = 2.6 \text{ m}$ 。加热器功率需大于制冷,选用 1 kW。

(2) 过冷器。过冷器制冷机组选择 1/4HP 风冷组,所需传热面积 $A = 0.20 \text{ m}^2$,蒸发铜管采用 $\varnothing 10 \times 1$,需铜管长 $L = 7.07 \text{ m}$ 。过冷器内系统盘管内为液态制冷剂冷却,无蒸发冷凝过程,所需传热面积 $A = 0.045 \text{ m}^2$,蒸发铜管采用 $\varnothing 6 \times 1$,需铜管长 $L = 2.85 \text{ m}$ 。加热器功率需大于制冷,选用 1 kW。

(3) 膨胀阀。因系统中最大流量约为 $1.19 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$,因此选用鹭宫 CEX-2333BM。

(4) 量热器。一般小型全封闭制冷压缩机的最大制冷量为 400 W,因此量热器的热负荷为 400 W。所需传热面积为 0.242 m^2 ,蒸发铜管采用 $\varnothing 10 \times 1$,需铜管长 $L = 8.56 \text{ m}$ 。量热器加热功率选用 500 W。

(5) 环境。环境制冷机组选择 1/4HP 风冷组,蒸发温度在 $10 \text{ }^\circ\text{C}$ 时制冷量为 800 W。当室内温度较低时,散热较大,因此环境加热功率选用 1.5 kW。

证了测试系统的可控性、稳定性和测量精度。

(1) 增加过冷器,以减弱冷凝温度和过冷温度的

耦合,由过冷器的换热量来控制精度要求较高的过冷温度。

(2) 冷凝器、过冷器中的冷却介质方式采用辅助冷却系统来实现,避免水冷却系统带来的水质、水温、水垢等干扰环节,为高精度控制带来可能,同时也节约能源。

(3) 换热器要求绝热,漏热量越小,测量精度越高,采用聚氨脂整体发泡工艺,换热器内筒与外筒之间的空间完全被发泡层填充,绝热性能大大提高。

(4) 将恒压膨胀阀安装在量热器内筒中,膨胀阀绝大部分漏热都流向量热器,调节柄采用非金属材料,以消除阀体的漏热影响。

(5) 吸、排气管用软管,且吸、排气压力测量在阀前。

2 测控系统设计

2.1 测控系统原理

测控系统采用工业控制计算机为控制核心,承担数据采集、数据处理、数据显示、数据保存、报表打印以及对制冷系统实行全面控制,因此测控系统是整個制冷测试系统的核心部分^[14-15]。测控系统的原理图如图4所示。

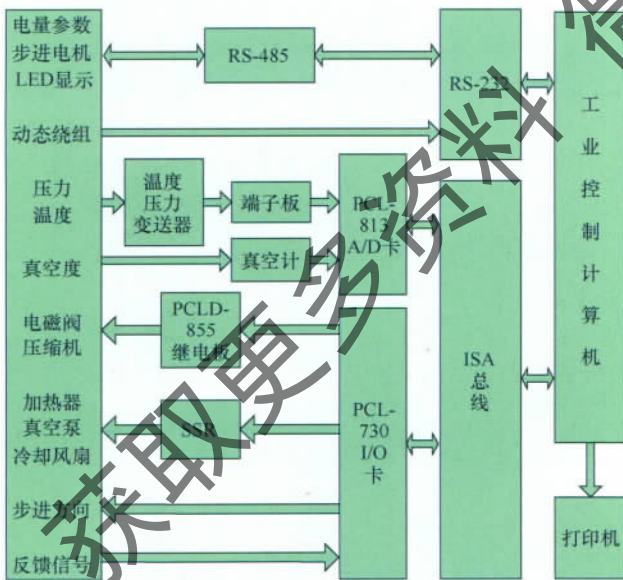


图4 测控系统原理图

根据国标 GB/T5773—2004,压缩机制冷剂吸气压力是通过膨胀阀来调节的;吸气温度是由输入给第二制冷剂的电热调节;压缩机制冷剂排气压力的控制方法比较多,可通过改变冷凝器冷却水量、换热面积或冷却水温度进行调节,也可由排气管道中压力控制阀调节。本文制冷剂的排气压力是通过冷凝器中辅助制冷系统进行调节。

2.2 测控系统组成

测控系统主要包括电参数采集模块、绕组温升测量模块、LED显示模块、步进电机控制模块、数据采集模块、I/O控制模块。

本系统需要测量的变量有温度、压力、电参数、真空度等。温度传感器采用pt100,分检筛选标定后检测精度达0.1℃,压力传感器采用EJA晶体振荡方式,检测精度0.1%。所有被测量参数均经传感、变送行程4~20mA标准信号进入12位A/D卡,通过计算机的各种算法,协调输出逻辑控制值,本系统的输出控制值均为开关量,这样为执行器件的选配带来极大的方便。系统执行器件主要为SSR、步进电机、继电器、电磁阀等开关元件。

(1) 电参数采集模块。电参数采集模块是将电量测量仪表采集的压缩机电参数传送到工控机,电参数包括电压、电流、功率、频率及功率因素。电量测量仪表采用的是ZW3414AT单相综合电量表,通讯接口为485接口,通过485转232模块与工控机进行通讯。

(2) 绕组温度测量模块。绕组温度测量模块主要完成对压缩机电机绕组温度的在线测量。RXDC-3型绕组温升测试仪将压缩机启动前的冷态绕阻和压缩机启动后的热态绕阻,通过RS-232串口传送到工控机,工控机结合测量的室内温度计算出绕组温度值。

(3) LED显示模块。LED显示模块是将温度值通过LED数码管显示出来,操作用户可以清楚地了解制冷压缩机测试系统的工作状态。LED显示模块由4个显示板组成,分别显示冷凝温度、蒸发温度、吸气温度、压缩机环境温度,LED显示模块原理图如图5所示。

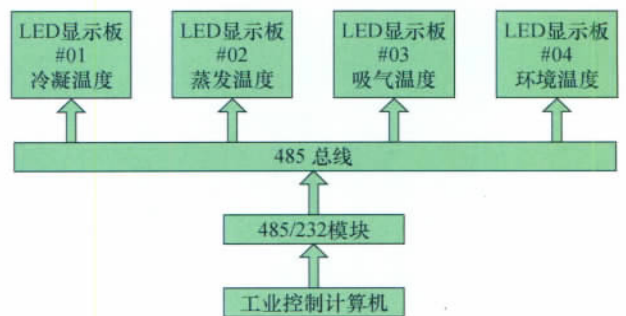


图5 LED显示模块原理图

LED温度显示板CPU采用的是ATMEL公司的8位AVR芯片MEGA8,该单片机具有丰富强大的硬件接口电路,价格与低档单片机相当,因此具有很高的性价比。LED温度显示板采用4位数码管作为显示,通讯采用RS-485接口,可以通过485转232模块与工控机进行通讯。

(4) 步进电机控制模块。步进电机控制模块的功能是根据实验要求,工控机通过控制步进电机来调节膨胀阀的开口大小。步进电机控制模块原理图如图6

所示。

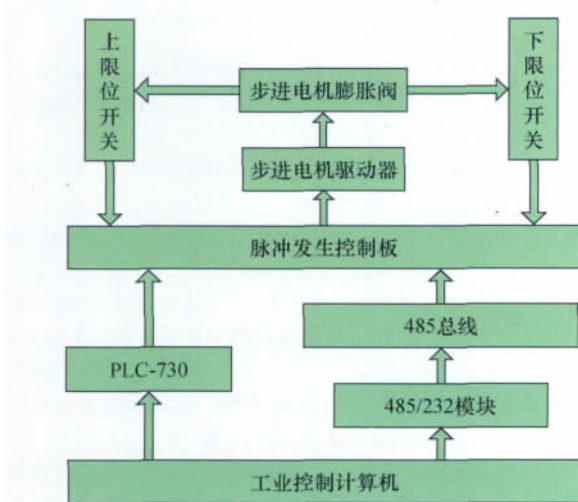


图6 步进电机控制模块原理图

脉冲发生控制板是为步进电机驱动器产生脉冲信号和方向信号,其中脉冲频率控制步进电机转速,脉冲数控制步进电机转过的角度,方向信号控制步进电机正反转。一块脉冲发生控制板可以同时控制2台步进电机进行控制。

工控机串口通过485/232模块将步进电机的转速和转动角度等数据发送给脉冲发生控制板,控制板可以生成相应的脉冲频率和脉冲数。工控机通过ISA总线上的PCL-730将步进电机正反转信号传递给脉冲发生控制板,控制板可以生成相应的方向信号。控制板将生成的脉冲信号和方向信号传送给步进电机驱动器,从而控制步进电机实现膨胀阀开口大小调节。限位开关将限位信号传递给脉冲发生控制板,行程上下限位后,脉冲发生控制板不再产生脉冲,步进电机将停止运动。

(5) 数据采集模块。数据采集模块主要是将试验中采集的压力、温度及真空度传输给工控机。压力传感器采用PB8100BNM型扩散硅压力变送器,基本误差为0.1%;温度传感器采用Pt100铂电阻及温度变送器、热电偶及温度变送器;真空度测量采用DZA1型电阻真空计,A/D采集卡采用研华公司的12位32通道PCL-813卡,配合32通道端子板使用。

(6) I/O控制模块。I/O控制模块是将工控机接收的控制命令传输给执行机构,对整个测试系统进行控制。I/O控制模块主要控制的对象为加热器、冷却风扇、步进电机正反转、压缩机以及电磁阀。I/O控制板采用研华公司的PCL-730卡,能提供32路TTL电平DIO通道(16路输入和16路输出)和32路隔离DIO通道(16路输入和16路输出)。继电器板采用研华公司的PCLD-885卡,能提供16通道功率继电器输出。

3 试验台技术指标

3.1 检测项目

(1) 温度。排气、冷凝、冷凝器内、冷凝器出口、过冷器内、过冷、蒸发、量热器出口、吸气、环境、绕组。

(2) 压力。排气、冷凝器内、过冷器内、量热器内、吸气。

(3) 电参数。压缩机电源电压、压缩机电源频率、压缩机功率、压缩机电流、量热器电能。

(4) 其他。制冷量、压缩机转速、性能系数COP、漏热系数。

3.2 检测精度

所有测量项目准确度均已达到国标GB/T5773—2004,制冷量精度0.5%。

3.3 控制精度

冷凝温度 $\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$;蒸发温度 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$;过冷温度 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$;吸气温度 $\pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$;环境温度 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

4 试验台试验结果

试验采用工控机控制,压缩机进入工作状态以后,工控机自动进入记录状态,每间隔20min记录一次数据,每种工况记录10次,记录时间200min,所输出的结果为最后4次记录结果的平均值。测试结果包括制冷量、功耗、COP、名义吸排气压力和温度等。表1给出该试验台在标准工况下测试额定制冷量为142W压缩机所得的各被控参数记录值。试验台运行工况:蒸发温度 $-23.30\text{ }^{\circ}\text{C}$,冷凝温度 $-54.40\text{ }^{\circ}\text{C}$,吸气温度 $32.20\text{ }^{\circ}\text{C}$,过冷温度 $32.20\text{ }^{\circ}\text{C}$,环境温度 $32.20\text{ }^{\circ}\text{C}$,根据NIST数据库可查得吸气压力为62.43kPa,排气压力为761.3kPa。由表1可知,稳定后的每个吸、排气压力测量值与规定值偏差在 $\pm 0.5\%$ 以内,高于标准要求的精度,而且每个测量值与平均值之间的最大允许偏差也在规定范围内。表2为浙江某品牌压缩机样机在试验台上试验数据与额定数据的比较,经比较测试制冷量与额定制冷量,测试功率与额定功率之间的偏差都在 $\pm 0.5\%$ 以内,实现了较高的精度。

5 结语

本文针对小型制冷压缩机测试系统的特点,依

表1 被测项目参数稳定测量值

工况参数	1	2	3	4	平均值
吸气压力/MPa	0.062 4	0.062 5	0.062 5	0.062 3	0.062 4
排气压力/MPa	0.761 4	0.761 2	0.761 3	0.761 3	0.761 3
吸气温度/ $^{\circ}\text{C}$	32.19	32.20	32.22	32.22	32.21
过冷温度/ $^{\circ}\text{C}$	32.25	32.21	32.18	32.18	32.21
环境温度/ $^{\circ}\text{C}$	32.22	32.23	32.20	32.21	32.22

表2 测试数据与额定数据比较

压缩机型号	比较项目	测试数据	额定数据
NS1080Y	冷量/W	94.57	95
	功率/W	58.82	59
	COP	1.61	1.62
NS1112Y	冷量/W	141.40	142
	功率/W	83.89	85
	COP	1.69	1.68
NS1114Y	冷量/W	172.66	172
	功率/W	102.59	102
	COP	1.68	1.68
NS1116Y	冷量/W	187.03	186
	功率/W	111.54	111
	COP	1.67	1.68

据 GB/T9098—1996, GB5773—2004 的“第二制冷机电量热器法”的原理要求, 将其制冷系统分为被测制冷系统和测控系统两部分, 被测制冷系统增加了过冷器、辅助制冷, 使测试系统的可控性、稳定性以及测量精度得到了大大提高; 测控系统采用工业控制计算机集中控制和处理, 对制冷系统进行全面控制并承担数据处理、显示、文件打印, 使控制更加方便、灵活、可靠性得到了提高。另外, 该试验台测试过程是全自动的, 除安装压缩机外其余操作均由计算机控制自动完成, 可 24 h 连续运转。试验证明, 工况控制精度和制冷量控制精度均可控制在 $\pm 0.5\%$ 以内, 达到国内先进水平。

参考文献 (References):

[1] Shuangquan Shao, Wenxing Shi, Xianting Li, et al. Performance

(上接第 51 页)

4 结语

通过利用机构功能集成对多功能救援装备的研究与设计, 并对其相应功能的应用展望可以发现, 多功能救援装备具有良好的应用前景和市场推广价值, 能在各种灾难和事故救援工作中发挥其强大功能作用, 挽救更多的生命。

参考文献 (References):

- [1] 余廉, 郭翔. 从汶川地震救援看我国应急救援产业化发展[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2008(4): 65-71.
- [2] 王莹. 基于民生设计中的救援担架设计研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2009.
- [3] 倪成彩, 李秀珍. 多功能医用担架[P]. 中国专利: CN200966687, 2007-10-31.
- [4] 季昱. 医疗康复机械设计[J]. 价值工程, 2010(22): 92-93.
- [5] 马广韬, 田炜, 孙海义. 基于人体静态尺寸的座椅设计[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2010, 26(4): 783-786.
- [6] 李霞, 倪向东. 基于人机工程学多功能轮椅的分析设计[J].

representation of variable-speed compressor for inverter air conditioners based on experimental data[J]. International Journal of Refrigeration, 2004(27): 805-815.

- [2] Aprea C, Mastrullo R, Renno C. Experimental analysis of the scroll compressor performances varying its speed[J]. Applied Thermal engineering, 2006(26): 983-992.
- [3] 张纪鹏, 姜慧, 王德昌, 等. 空压机全性能试验系统[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(9): 20-23.
- [4] 梁海洲, 谢献纲, 何放平. 变频空调综合实验装置的设计[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(7): 193-196.
- [5] 李连生, 赵远扬, 杨启超, 等. 制冷与空调压缩机的技术现状与发展趋势[C]//第三届中国制冷空调新技术研讨会论文集. 杭州: 中国制冷学会, 2005: 31-37.
- [6] 陈建中, 金苏敏, 王伟. 大温差空气源热泵热水器实验台的研制[J]. 实验室研究与探索, 2008, 27(6): 51-53.
- [7] 王志远, 高风玲, 杨铁皂, 等. 全封闭制冷压缩机应用现状与性能试验台开发[J]. 制冷, 2007, 26(1): 40-43.
- [8] GB/T9098—1996, 电冰箱用全封闭型电动机-压缩机[S].
- [9] GB/T5773—2004, 容积式制冷压缩机性能试验方法[S].
- [10] 张小松, 张恺, 李舒宏, 等. 制冷空调性能产品检测与试验测试平台开发[J]. 电力需求侧管理, 2006(6): 30-33.
- [11] 王磊, 姜德凡, 李征涛. 小型制冷压缩机全自动测试台的研制与实验分析[J]. 制冷, 2006, 25(2): 17-20.
- [12] 沈希. 制冷压缩机制冷量测控系统的若干理论问题与实践[D]. 杭州: 浙江大学控制理论与控制工程系, 2006.
- [13] 李新华, 卢佃清, 周星. 创新性制冷循环综合实验仪的研制[J]. 实验室研究与探索, 2006, 25(12): 1511-1512.
- [14] 曹义新. 车用空调制冷压缩机性能测试软件的研制[J]. 中国测试, 2010, 36(3): 76-80.
- [15] 张恺, 张小松, 白建波. 分布式制冷压缩机性能试验台测控系统的研制[J]. 工业控制计算机, 2006, 19(3): 17-22.
- 现代机械, 2009(3): 16-18.
- [7] 彭文生, 李智明. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 3-242.
- [8] 北京市英科科技开发中心. 机械设计手册(软件版) V3.0 [DB/OL] (2006-9-23) [2006-9-23]. <http://www.veryed.com/topics/74625/>
- [9] 黄继昌, 徐巧鱼, 张海贵. 实用机械图册[M]. 武汉: 机械工业出版社, 2007.
- [10] 孙训方, 方孝淑, 关来泰. 材料力学[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [11] 汤黎明, 刘铁兵, 吴敏, 等. 折叠式流动性病床的设计与制作[J]. 生物医学工程, 2008, 27(3): 286-288.
- [12] 杨荆泉, 高万玉. 海上救生漂浮担架的研制[J]. 医疗卫生设备, 2004(12): 15-16.
- [13] 邢文坤, 彭佰波. 便携式多功能担架[J]. 医疗卫生装备, 2000(3): 46-47.
- [14] 王岩青, 孙振华. 背斜折叠轮式担架[J]. 前卫医药杂志, 2000(2): 123.
- [15] 杨宗学, 王长春, 曾宏逵. 便携式多功能组合担架床的研制[J]. 东南国防医药, 2002(2): 20.