

# 太阳能儿童车内滞留主动安全防护系统设计及试验研究

吴东盛, 冯南山, 陈芷衡

(广东轻工职业技术学院, 广东 广州 510300)

**摘要:** 为提高汽车舒适性、安全性, 研发具备智能监测车内温度和二氧化碳浓度及强制换气功能的安全防护系统, 该系统在原车空调系统的基础上加装一个便携装置, 当检测模块检测到车内温度或二氧化碳浓度达到设定限值时启动预警装置进入预警状态, 当车内空气质量进一步恶化时强制进行通风换气, 起到安全保护、智能调节车内空气舒适度的作用。

**关键词:** 汽车; 主动安全防护系统; 太阳能; 儿童; 车内滞留

中图分类号: U463.99

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)01-0020-05

汽车的普及给人们的生活带来了便利, 也带来了某些安全隐患。相对于成年人来说, 儿童的生理和心理不成熟, 面对的安全隐患及隐患所带来的伤害较多。

发动机熄火后, 汽车空调系统停止工作, 车辆在太阳曝晒、空间密封等因素的影响下迅速升温, 车内空气污染物的浓度随之增加, 汽车舒适性大大降低, 如果有滞留儿童在车内, 甚至引发安全事故。

## 1 儿童滞留车内的安全隐患

调查结果显示, 公众对儿童乘车安全隐患的意识较薄弱, 如图 1 所示, 36.30% 的家长出现过离开车时没拔钥匙, 25.63% 的家长曾试过将儿童单独留

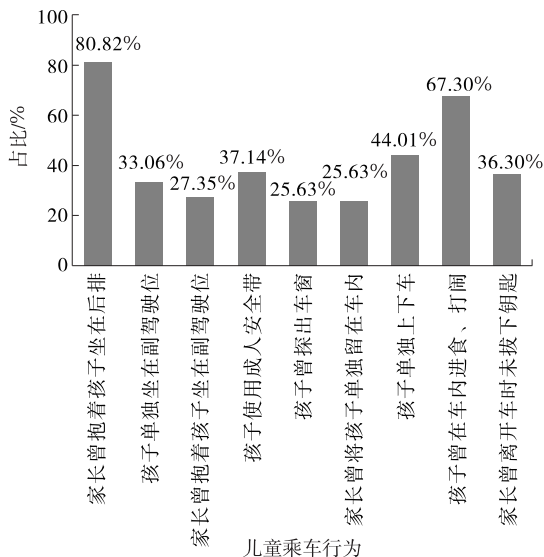


图 1 中国儿童乘车行为调查

在车内。汽车是个封闭的空间, 密封汽车内气温必然和车外气温存在差异。在相对固定环境温度下进行车内温度测试, 如图 2 所示, 当车外温度达到 31 °C 时, 密封汽车内的温度会在 10 min 内上升到 40~45 °C, 55 min 就会达到 55 °C。美国 Kids and Cars 组织对 2001—2010 年美国儿童车内非交通事故伤害进行分类, 结果显示, 儿童车内滞留热窒息死亡占 58%, 远高于其他伤害类型(见图 3)。

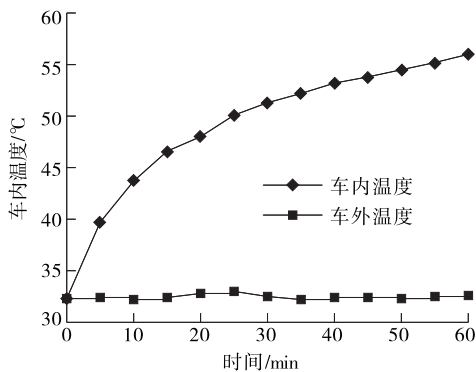


图 2 车内温度变化测试结果

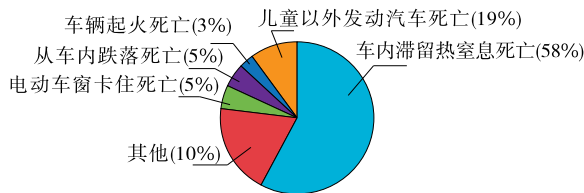


图 3 儿童车内非交通事故伤害类型

当儿童被滞留在车内, 车内过高的温度会引起儿童身体水分散失和盐分损失加快, 导致中暑并可能引发热射病、热虚脱等症状。当儿童体温达到 42

℃时,儿童就有极大的死亡可能。如 2016 年 7 月 12 日,河北晋州一名 2 岁半幼女被遗忘在校车上长达 9 h,后经抢救无效死亡;同年 8 月 25 日下午 1 点,江苏无锡一男子将儿子遗忘在车内 5 h,最终男孩不幸身亡。

2 儿童滞留车内主动安全系统设计

2.1 研发目的

汽车主动安全装置主要是避免汽车行驶中发生安全事故,如制动防抱死系统、电子助力转向系统和电子稳定程序系统等,对于停驻状态下的汽车及车内人员的安全性关注度不高。儿童滞留车内主动安全系统以汽车在停驻状态下为前提,在原车空调系统的基础上增加传感器、控制器和供电系统,通过自主设计的便携式控制器对原车的执行元件、附加执行元件实施闭环控制,实现儿童滞留主动防护功能。

2.2 总体设计

儿童滞留车内主动安全装置主要由供电部分、信息采集部分、信息处理部分和执行器部分组成。其中:供电部分负责为整个系统提供能量;信息采集部分通过传感器收集车内信息并发送给信息处理部分;信息处理部分对接收到的信息进行处理,将所得结果按照设定好的程序发送工作信号给执行器部分;执行器部分依照工作信号启动相对应的执行器。各部分中包含许多大大小小的元件,有外增的元件,也有原车自带的元件。图 4 为儿童滞留车内主动安全装置架构简图。

该装置大致分为 8 种工况(见表 1)。其中:工况 7 处于最佳状态,系统处于待机状态;工况 1、2、5、6 由于有太阳能电池补给,可长时间有效工作;而工况 3、4、8 因缺少太阳能电池补给,工作时间会相应缩短。因此,系统设计中侧重于解决工况 3、4、8 所存在的问题,如添加备用电源、采用低耗电元件等。

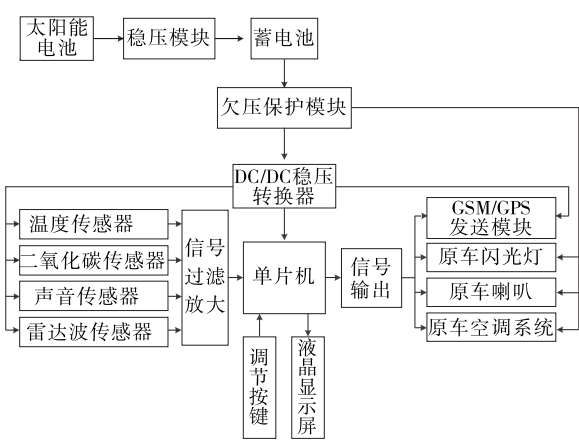


图 4 儿童滞留车内主动安全装置架构简图

表 1 儿童滞留车内主动安全系统的工况

工况 编号	车内 温度	有无直 射光	车内 空气	工况 编号	车内 温度	有无直 射光	车内 空气
1	高	有	好	5	低	有	好
2	高	有	差	6	低	有	差
3	高	无	好	7	低	无	好
4	高	无	差	8	低	无	差

2.3 供电部分设计

出现儿童滞留时,汽车处于熄火状态,该装置设计太阳能电池与原车蓄电池相结合进行供电。在阳光照射条件下,通过太阳能电池给原车蓄电池充电,蓄电池为系统的各部件提供工作电压,实现目标调节。为了让太阳能电池安装后能更好地与汽车贴合,并符合流线形车身设计,要求太阳能电池具备一定的柔软度。采用以柔性材料为衬底、以铜钢镓硒(CIGS)为主要光电转化材料的变形能力强的 CIGS 薄膜电池,该电池具有吸收系数高、晶粒尺寸大、工作寿命长、原材料消耗少、输出电流大、稳定性好等优势,能满足儿童滞留车内主动安全装置长时间工作的需要。其结构参数见表 2、表 3。

表 2 CIGS 柔性太阳能薄膜电池的电气性能

项目	各型号的参数值			
	FLEX-02 340W	FLEX-02 350W	FLEX-02 360W	FLEX-02 370W
额定功率/W	340	350	360	370
孔径效率/%	0.148	0.153	0.157	0.161
输出功率容差/W	+10/-0	+10/-0	+10/-0	+10/-0
最大功率电压/V	30.5	31.0	31.6	32.2
最大功率电流/A	11.23	11.33	11.43	11.52
开路电压/V	38.3	38.8	39.3	39.8
短路电流/A	12.97	12.99	13.02	13.04
最大串联保险丝额定值/A	25	25	25	25

表3 CIGS柔性太阳能薄膜电池的物理特性

项目	参数值
材料工艺	CIGS 铜钢镓硒
长度/mm	2 598
宽度/mm	1 000
厚度/mm	17,2,5
无胶重量/kg	5.1
含胶重量/kg	6.2
重量/(kg · m <sup>-2</sup> )	无胶 2.0 含胶 2.4

## 2.4 原车电池电路的改装设计

当太阳能电池处于无法接收光照的条件(阴雨天、室内停车场等)时,原车蓄电池用自身储备的电能为儿童滞留车内主动安全系统各部件提供工作电压,保证在特殊情况下该装置也可正常工作 12 h,并在系统耗费蓄电池电能达到极限值之前切断电源,保障汽车启动时所需电能。

### 2.4.1 设计目标值计算

为便于评价该装置的可靠性,定义蓄电池电功余量  $\Delta Q$  为在不影响汽车正常启动的前提下,蓄电池对其他用电设备能供给的电功(kW/h)。图5为对标车型的放电曲线,其蓄电池参数为 12 V、60 AH、580 CCA,最低放电电压为 9.6 V。1.6 L 排量车型的起动机功率一般为 1 kW,所以起动机的工作电流为:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1\,000\text{W}}{12\text{V}} = 83.3\text{ A} \quad (1)$$

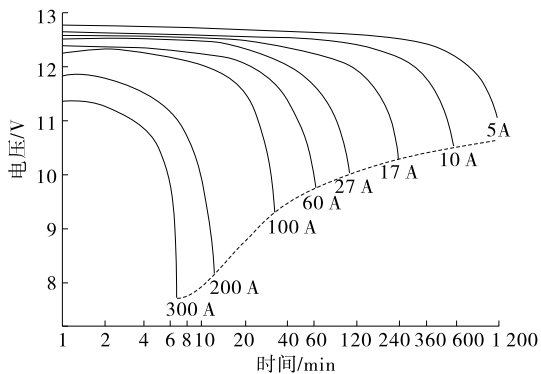


图5 对标车的放电曲线

由图5可知:电池电压降至 11 V、100 A 曲线,蓄电池有较强的电流输出能力。为保证起动机能正常工作,设定放电电压达到 11 V 时停止工作。

(1) 蓄电池电功余量的计算。根据蓄电池参数,其最大电功为:

$$W_{\max} = UI t = 12\text{ V} \times 60\text{ A} \times 1\text{ h} = 0.72\text{ kW} \cdot \text{h} \quad (2)$$

当蓄电池电压为 11 V 时,蓄电池约有 60% 容量,蓄电池电功余量为蓄电池最大电功的 40%,即:

$$\Delta Q = 40\% \Delta W_{\max} = 0.4 \times 0.72 = 0.288\text{ kW} \cdot \text{h} \quad (3)$$

蓄电池的最大电功余量为 0.288 kW · h。

(2) 额定电功余量下鼓风机各挡位持续工作时间计算。对标车型鼓风机的额定电压为 12 V,2、3、4 挡的工作电流分别 5.25、7.55、11.25 A,额定电功余量下鼓风机在 2 挡下的功率为:

$$P_2 = UI_2 = 12 \times 5.25 = 0.063\text{ kW} \quad (4)$$

$$t_2 = \frac{\Delta Q}{P_2} = \frac{0.288}{0.063} = 4.57\text{ h} \quad (5)$$

计算得在额定电功余量下选择鼓风机 2 挡可持续工作约 274 min。

鼓风机在 3 挡下的功率为:

$$P_3 = UI_3 = 12 \times 7.55 = 0.09\text{ kW} \quad (6)$$

$$t_3 = \frac{\Delta Q}{P_3} = \frac{0.288}{0.09} = 3.2\text{ h} \quad (7)$$

计算得在额定电功余量下选择鼓风机 3 挡可持续工作约 192 min。

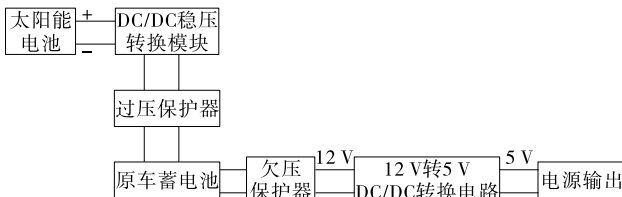
鼓风机在 4 挡下的功率为:

$$P_4 = UI_4 = 12 \times 11.25 = 0.135\text{ kW} \quad (8)$$

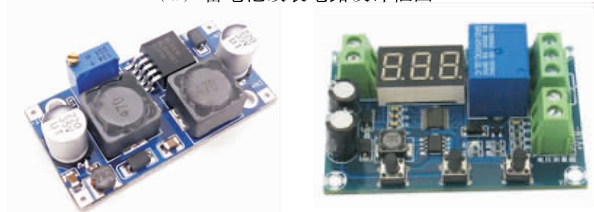
$$t_4 = \frac{\Delta Q}{P_4} = \frac{0.288}{0.135} = 2.13\text{ h} \quad (9)$$

计算得在额定电功余量下选择鼓风机 4 挡可持续工作约 128 min。

### 2.4.2 蓄电池电路改装设计(见图6)



(a) 蓄电池改装电路设计框图



(b) DC/DC转换稳压电路实物 (c) 蓄电池过欠电压保护电路实物

图6 蓄电池电路改装设计

(1) 由于太阳能电池的特性容易受环境因素的

影响,主要是光照强度越大,太阳能电池的开路电压越大,且光照强度与开路电压两者具有非线性关系。太阳能电池如果将不稳定的电压直接输出给原车蓄电池,会对原车蓄电池造成伤害,故需加装 DC/DC 稳压转换电路对太阳能电池的输出电压进行稳压和变压。

(2) 蓄电池容量是有限的,而太阳能电池在有充足光照的情况下会不断为蓄电池充电。为避免太阳能电池对原车蓄电池过度充电而损害蓄电池的寿命,增设过压保护器,防止蓄电池过度充电。

(3) 在无阳光照射的情况下,蓄电池得不到太阳能电池的补给会不断消耗自身能量,蓄电池电压过低将导致汽车发动机无法点火启动、汽车系统设备无法正常工作等,需加装欠压保护器,在蓄电池低压时切断系统电路,确保汽车的其他系统和设备能正常运作。

(4) 一般情况下,汽车蓄电池输出电压为 12 V,而系统增设的元件和模块的额定电压为 5 V,需增设一个 12 V 转 5 V 的 DC/DC 转换模块将蓄电池输出的 12 V 电压转换为 5 V 电压,为系统增设的元件和模块提供正常电压。

## 2.5 信息采集部分设计

为准确判断车内环境,信息采集部分需将车内声音、儿童动作、空气质量、温度等信息输入给控制器,控制器进行必要的计算、比较、确认后发出控制指令,驱动执行器实现动作(见图 7)。

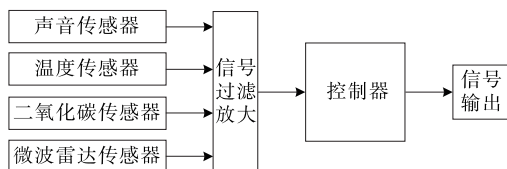


图 7 信息采集部分设计框图

(1) 硬件实施。选用声音传感器、微波雷达传感器、二氧化碳传感器和温度传感器组合而成的硬件,从多个角度采集车内信息,提高准确性。

(2) 软件实施。儿童滞留车内主动安全系统需具备空气过滤净化、儿童滞留预警和驻车高温降温功能,而这些功能的实现需要一套程序去分析信息采集部分的信号,并分级控制执行器。为实现以上功能,以单片机为载体,通过自主设计的程序和电路实现对鼓风机、外循环电机、短信发送模块的控制,并增加二氧化碳浓度数据可视化和阈值调节功能。程序如下:

```

voidproc()
{
    if(co2>=co2_s) //如果当前二氧化碳超过
    二氧化碳阈值
    {
        led_2=0; //对应指示灯点亮
        led_1=1;
        alarm_1=0; //继电器吸合
    }else //否则
    {
        alarm_1=1; //继电器断开
        led_2=1;
        led_1=0; //对应指示灯点亮
    }
}
  
```

根据硬件电路,鼓风机与继电器串联,继电器的闭合给鼓风机接通电源,实现换气通风。用于儿童滞留车内主动安全系统的二氧化碳阈值可随用户自行调试,通过 C++ 语言进行编程设计:

```

voidkey()
{
    if(! key_1) //判断按键是否按下
    {
        delay(1000); //按键延时去抖
        if(! key_1) //再次判断按键是否按下
        {
            time=0;
            while(! key_1) //判断按键释放
            {
                proc();
                show();
            }
            if(co2_s<5000) co2_s++; //执行对应按
            键的相应功能
            H=co2_s/256;
            L=co2_s%256;
            SectorErase(0x2000); //保存上限值
            byte_write(0x2000,H); //高位
            byte_write(0x2001,L); //低位存入单片机
            EEPROM 中
        }
    }
    if(! key_2) //判断按键是否按下
  
```



```

{
delay(1000); //按键延时去抖
if(! key_2) //再次判断按键是否按下
{
time=0;
while(! key_2) //判断按键释放
{
proc();
show();
}
if(co2_s>1) co2_s--; //执行对应按键的
相应功能
H=co2_s/256;
L=co2_s%256;
SectorErase(0x2000); //保存上限值
byte_write(0x2000,H); //高位
byte_write(0x2001,L); //低位存入单片机
EEPROM 中
}
}
}

```

## 2.6 执行器部分的架构设计

根据系统设计目的,执行器部分要能实现换气通风、高温降温、儿童滞留预警功能。选择原车的鼓风机、外循环电机、闪光灯、防盗喇叭及增设的短信发送模块,通过不同执行器的组合工作实现系统的基本功能需求。5个执行器中有4个是原车具有的,可充分利用原车设备,简化系统结构,降低线路布置难度,节约设计成本。

短信发送模块要求结构简洁、信号好、电耗低。选用SIM900A迷你短信发送模块,该模块尺寸小,为(24×24×3)mm,在待机情况下电路低于18mA,能直接与单片机相连,并可低功耗实现语音、SMS、数据和传真信息传输。

## 3 系统的试验验证

试验对象:对标车1辆;试验人员1名。试验主要仪器:热敏测温仪,测温范围为内温-30~50℃、外温-50~70℃;分辨率:温度高于-20℃时为0.1℃,小于-20℃时为1.0℃;精确度:误差为±1℃。根据试验需求,测量车内温度和二氧化碳浓度变化情况。儿童滞留车内主动安全系统针对的是车内的整体空气环境和温度环境,对车内环境温度及

出风口和回风口位置对驾驶室内温度场等影响忽略不计,故测点布置在系统信息采集部分的正下方,即车顶灯的正下方。

### 3.1 驻车高温降温功能试验结果分析

图8为儿童滞留车内主动安全系统驻车高温降温功能试验结果。由图8可知:在自然升温阶段,45min之前,随时间的推移温度曲折上升;在45min后,温度围绕51℃上下波动。试验中,车内最高温度达51.2℃。在太阳能智能空气调节系统工作阶段,前期15min的温度变化趋势与自然升温阶段相同,均为曲折上升;车内温度达到阈值45℃后,在该系统的介入下,车内温度开始下降;12min后系统停止工作,车内温度开始缓慢上升,直到车内温度达到45℃,该系统再次介入工作。在1h的试验时间内,系统工作了2次,共24min,平均每次下降3.5℃,与自然升温阶段相比,最大温差达9.2℃,而且经过系统介入后,车内温度上升趋势变缓。

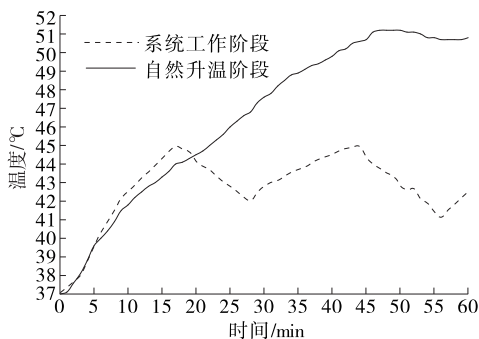


图8 驻车高温降温功能试验结果

### 3.2 空气过滤净化功能试验结果分析

图9为空气过滤净化功能试验结果。从图9可看出:一个正常的成年男子在密封的车内呼吸约10min,车内二氧化碳浓度就足以从600ppm上升至2000ppm,在车内二氧化碳浓度上升过程中试验人员出现轻度嗜睡和恶心反应。二氧化碳浓度超过阈

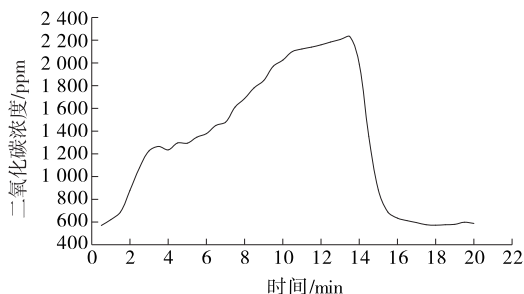


图9 空气过滤净化功能试验结果

(下转第28页)

情况确定;新增出租汽车经营权全部实行无偿使用,并不得变更经营主体。在互联网大趋势下,一些组织和机构会向平台化发展,这已成为大势所趋。随着互联网的广泛应用,治理模式包括经营模式也会发生变化。治理体系和治理能力现代化具体到出租车和网约车领域,包括法律法规、政策措施的治理体系及管理模式、管理组织和管理人员的治理能力。

#### 4 结语

对网约车和巡游出租车的定位研究在一定程度上可分析出其不同服务对象,使出行者在出行方式上根据所需有更多的选择,使两者共同作为城市公共交通系统的补充,服务于城市公共交通系统。巡游出租车行业应充分意识到互联网技术革新带来的冲击和发展,不断自我完善,提高服务质量。网约车新业态的出现在一定程度上冲击了巡游出租车行业,对整个出租车行业带来了一定负面影响。通过SWOT分析,建议将网约车与巡游车相互补充、融合发展,推动两者共同服务社会,方便居民出行,提升行业运营效率和服务水平。

#### 参考文献:

- [1] 晏克非,虞同文.打车软件背景下的出租车属性定位及其发展研究[J].交通与港航,2015,6(3).
- [2] 詹艺.基于出租车管制背景下的专车市场研究[D].西

安:长安大学,2015.

- [3] 李蕾.用网络思维改革出租车运营管理模式[N].解放日报,2015-10-08(012).
- [4] 吕晓勋,周人杰.互联网+出租车,需要激情+理性[N].人民日报,2015-10-13(005).
- [5] 李辉.出租车行业现状及发展方向研究[J].科技、经济、市场,2016(3).
- [6] Shreiber C. The economic reasons for price and entry regulation of taxicabs[J]. Journal of Transport Economics and Policy, 1975, 9(3).
- [7] 庞世辉.北京市出租车市场垄断特征、效应及其治理研究[J].北京城市学院学报,2007(1).
- [8] 宗刚,李艳梅.出租车司机收入相对偏低的原因分析[J].经济与管理研究,2008(5).
- [9] 王映.传统出租车行业如何破局[J].法人,2015(6).
- [10] 何勇.网约车的定位应交由市场确定[N].中国商报,2016-5-4(P02).
- [11] 邵祖峰.城市公共交通发展 SWOT 分析[J].科技管理研究,2005(11).
- [12] 杜秀龙,赵彩.城市交通发展的 SWOT 分析[J].理论探讨,2011(5).
- [13] 李丽霞.城市化进行中公共交通发展的 SWOT 分析[J].福建交通科技,2014(4).
- [14] 李旭超.论打车软件对乘客打车行为的 SWOT 分析[J].现代工业经济和信息化,2014(5).

收稿日期:2017-07-12

(上接第 24 页)

值 2 200 ppm 后,太阳能智能空气调节系统介入工作,车内二氧化碳浓度快速下降,同时试验人员不良反应逐渐消失。在 6 min 的系统介入工作时间内,前 4 min 车内二氧化碳浓度基本恢复到初始状态,后 2 min 基本围绕 600 ppm 上下波动。

#### 4 结论

在试验过程中,便捷式太阳能智能空气调节系统每小时工作约 2 次,每次工作 12 min。在额定电功余量和外界电能补充的情况下,鼓风机在 2 挡中可间断工作 11.4 h、在 3 挡中可间断工作 8 h、在 4 挡中可间断工作 5.3 h,从而有效保障车内滞留儿童的生命安全。

#### 参考文献:

- [1] 朱航,马志雄,董丽萍,等.我国儿童乘员车内伤害类型

及预防措施研究[J].佳木斯大学学报:自然科学版,2013,31(5).

- [2] Roberts K B, Roberts E C. The automobile and heat stress[J]. Pediatrics, 1976, 58.
- [3] 赵光明,周文辉,张亚南.儿童暑期乘车安全隐患分析及对策建议[J].汽车与安全,2015(8).
- [4] 章诗,王小平,王丽军,等.薄膜太阳能电池的研究进展[J].材料导报,2010(9).
- [5] 汉能控股集团.汉能 MiaSoleFLEXIGS 柔性太阳能电池组件 [EB/OL]. <http://www.hanergyshop.com/goods/detail?id=18>.
- [6] 王玉清,任新成.光照强度对太阳能电池特性影响的实验研究[J].大学物理,2017,36(3).
- [7] 韩勇,谢金萍,李雄,等.校车儿童约束系统防护性能有限元分析[J].客车技术与研究,2015(5).
- [8] 高伟.基于 ATmega16 和 TC35i 的校车防滞留系统设计[J].计算机光盘软件与应用,2014(19).

收稿日期:2017-09-05