



北京航空航天大学

BEIHANG UNIVERSITY

第二十三届“冯如杯” 创意大赛论文

汽车便携式加热除冰装置

目录

摘要.....II

Abstract.....III

1. 创意背景 1

2. 创意来源 1

3. 作品核心创意 2

 3.1 装置所用材料..... 2

 3.1.1 聚合物基导热绝缘复合材料..... 2

 3.1.2 常用电热丝..... 2

 3.1.3 泡沫塑料..... 3

 3.2 加热器外形设计..... 3

 3.3 融冰热及电路设计 4

 3.3.1 融冰热计算..... 4

 3.3.2 电路设计..... 5

4. 创新性分析..... 5

 4.1 便携性..... 5

 4.2 快捷性..... 5

5. 可行性与应用前景分析 6

 5.1 可行性分析..... 6

 5.2 技术难点 6

 5.3 应用前景分析 6

6. 致谢 6

参考文献..... 7

摘要

北方寒冷的冬天，室外停车后，汽车的挡风玻璃上易结一层冰。现有的除冰方法费时或者费力，因此需要寻找一种简单易行的除冰方法。考虑到并非所有车辆都存在挡风玻璃结冰问题，因此在所有汽车上都安装电加温夹层玻璃或者导电薄膜玻璃通过电加热除冰并非良策。现考虑使用导热绝缘材料及不导热材料，并结合适当电路设计一种便携式外置加热器，将加热表面铺于冰层，通过车载电源供电实现迅速加热除冰，从而消除结冰对挡风玻璃的不良影响。

关键词：挡风玻璃结冰、导热绝缘材料、外置加热器

Abstract

In the cold northern winter, after outdoor parking, the car's windshield is easy to form a layer of ice. The existing methods are either time-consuming or need great effort, therefore it is necessary to find a simple and easy way to deice. Considering that not all vehicles have windshield icing problem, so it is not a good idea to installed electric heating laminated glass or conductive film glass in all cars. Now we consider using insulating thermal conductive material and nonconducting materials, and design an external heater with appropriate electric circuit, spreading out the heating device on the ice, by using the power of the car, the heating device can rapidly deice, thereby eliminating the adverse effects to the windshield.

Keywords: Windshield ice, Thermal insulation material, External heater

1. 创意背景

北方寒冷的冬天，室外停车后，汽车的挡风玻璃上容易结一层冰，冰的附着严重影响挡风玻璃的透光性能，因而开车前需要将冰层除去。车玻璃结冰的主要原因是，人离车后，车内还残留着热气，使得车玻璃还是热的，雪花落在玻璃上时先是融化；在雪花融化过程中，车内温度逐渐降低，到车内温度与车外温度相同时，玻璃上融化的雪水开始结冰。冬季除冰，可采用物理除冰和化学除冰两种方法，但不能用热水浇，这样极易损毁玻璃，带来不必要的损失。

方法 1:物理除冰。可以准备一个硬质塑料刮片，当然，也可用专用的玻璃冰霜铲，玻璃冰霜铲更加方便、快捷，而且不冻手。当玻璃上有雪和冰时，使用塑料刮片或玻璃冰霜铲除去。但除冰雪时，要防止把玻璃刮伤，塑料刮片或玻璃冰霜铲不能来回刮，应该向同一方向推。

方法 2:化学除冰。目前市场上有一种喷雾除冰雪剂，它是专为结冰的车窗和雨刮器解冻的高速防冰喷洒浓缩液，不损伤车身表面，可防止再次结冰和弄脏。在零下 30℃ 以下的低温时，可轻易地除去冰雪，同时，它还能防止挡风玻璃和积水部位结冰，不损伤车身表面，清理后玻璃光洁，不留条痕。

方法 3:保持车内车外温度一致。即在一天的用车后，不要立即锁上车就走人，而是将车门打开通风，等车内的温度降至与车外的温度差不多时，然后打开电源，用雨刷将挡风玻璃上的雪水再刷一下；这时候，关上车门，锁好车。第二天早晨，只要把挡风玻璃上的积雪扫除，雪下面没有冰，马上就可以开车上路。

方法 4:挡风玻璃伴侣遮盖。即目前市场上销售的挡风玻璃伴侣，它是由国家环保材料制作，耐零下 40℃ 低温，双面抗冰霜防雪冻，只需轻轻一盖，早上轻轻一揭，折叠一下放在包装袋里，热热车就可出发了，省时省油。

2. 创意来源

现有的一些电加热玻璃大多都是针对航空器设计的：电加热玻璃是一类具有光透过率、通以电流可实现加热的光学透明材料，其主要功能是在保证飞行员或驾驶员有良好的视野的前提下，在恶劣环境下能够防冰、除霜、除雾，从而保证飞行或航行安全。如若将此类玻璃改造用于汽车，虽然可行，但价格必然昂贵，并不适用于中低档汽车，并且其可靠性、寿命等还需要进一步确定。

因此，需要考虑一种简单有效的挡风玻璃除冰手段。考虑到并非所有的汽车都会面临冬季玻璃结冰的问题，因此不需要也没有必要在玻璃上做改进而使其具有除冰性能。只需要运用简单合理的加热装置，实现对汽车玻璃上的冰进行加热并进而使其融化即可达到除冰目的。

3. 作品核心创意

3.1 装置所用材料

3.1.1 聚合物基导热绝缘复合材料

纯粹的有机高聚物具备良好的绝缘性能，但是力学性能较差，而且材料热导率远远低于金属材料，几乎为热的绝缘体。一些金属氧化物、陶瓷材料和纤维，如 AlN 、 Si_3N_4 、 BN 、 Al_2O_3 、 MgO 、 SiC 、 SiO_2 、玻璃纤维等，绝缘性能优良，具有比树脂基体高的导热能力。将这些材料与高分子有机物进行有效的复合加工，制备的复合材料不仅具备良好的导热性能，而且相对纯有机树脂基体其力学性能也有很大程度的提高，可满足不同条件下绝缘散热的要求。

有机高聚物导热性能差，复合材料的导热性能主要由填料的热导率决定，包括填料的用量、种类、晶型、粒径尺寸及分布、表面物化性能、复合方式等，其中填料的种类影响较大，如金刚石的热导率达 $2000\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，而 Al_2O_3 的热导率仅为 $30\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。选择热导率高的填料可使复合材料的导热性能大幅提高。同种填料填充量较少且均匀分散在树脂基体中时，由于导热粒子没有相互接触，对材料的导热没有多大的影响；继续增加导热填料含量，各导热粒子之间相互接触，形成导热通路，即热量沿着热导率较高的填料在树脂内部传递；进一步增加导热填料含量，在热流方向就会有更多的导热通路形成，单位时间内通过材料横截面的热量增加，加强了材料的导热，直至材料的热导率增大趋于平缓或停止增大。此种导热机理已被导热研究者认可，而且在众多的试验中得到证实。

一般情况下，基体填充物的粒径越大越有利于复合材料导热性能的提升，主要是因为相同填料的情况下，粒径较小的颗粒，数目必然增多，比表面积增大，而且小粒径填料组成的传导路程内会有更多的二项界面，二项界面的热阻大，声子的散射严重，所以大粒径填料有利于提升复合材料的导热性能。

导热复合材料内部的二项界面是导热热阻的主要原因，进行填料表面改性可在一定程度上提高材料的导热性能、力学性能。常用的表面改性偶联剂有硅烷偶联剂、钛酸酯等，主要起到“桥接”粒子和基体的作用，即偶联剂一端可与填料的表面以一定的键价等方式结合，另一端可与基体的某些基团发生反应。

3.1.2 常用电热丝

常用电热丝主要为铁铬铝或者镍铬电热合金。电热丝的直径厚度是与最高使用温度相关的参数，直径越大的电热丝，越容易克服高温下的变形问题，延长自身的使用寿命。电热丝在最高使用温度以下运行，应当保持直径不低于 3mm ，扁带厚度不小于 2mm 。电热丝的使用寿命很大程度上也与电热丝的直径和厚度相关。

铁铬铝合金系列主要优缺点：优点：铁铬铝电热合金其使用温度高，最高使用温度可达 1400 度，使用寿命长、表面负荷高、抗氧化性能好、电阻率高，价格便宜等。缺点：主要是高温强度低，随着使用温度升高其塑性增大，元件易变

形，不易弯曲和修复。

镍铬电热合金系列主要优缺点：优点：高温强度较铁铬铝高，高温使用下不易变形，其结构不易改变，塑性较好，易修复，其辐射率高，无磁性，耐腐蚀性强，使用寿命长等。缺点：由于采用较稀缺的镍金属材料制成，故该系列产品价格高出铁铬铝最多达几倍，使用温度较铁铬铝低。

3.1.3 泡沫塑料

泡沫塑料也叫多孔塑料。以树脂为主要原料制成的内部具有无数微孔的塑料。质轻、绝热、吸音、防震、耐腐蚀。有软质和硬质之分。广泛用做绝热、隔音、包装材料及制车船壳体等。泡沫塑料，微孔塑料，整体内含有无数微孔的塑料。

内部具有很多微小气孔的塑料。用机械法（在进行机械搅拌的同时通入空气或二氧化碳使其发泡）或化学法（加入发泡剂）制得。分闭孔型和开孔型两类。闭孔型中的气孔互相隔离，有漂浮性；开孔型中的气孔互相连通，无漂浮性。可用聚苯乙烯、聚氯乙烯、聚氨基甲酸酯等树脂制成。可作绝热和隔音材料，用途很广。

泡沫塑料由大量气体微孔分散于固体塑料中而形成的一类高分子材料，具有质轻、隔热、吸音、减震等特性，且介电性能优于基体树脂，用途很广。几乎各种塑料均可做成泡沫塑料，发泡成型已成为塑料加工中一个重要领域。20 世纪 60 年代发展起来的结构泡沫塑料，以芯层发泡、皮层不发泡为特征，外硬内韧，比强度（以单位质量计的强度）高，耗料省，日益广泛地代替木材用于建筑和家具工业中。聚烯烃的化学或辐射交联发泡技术取得成功，使泡沫塑料的产量大幅度增加。经共混、填充、增强等改性塑料制得的泡沫塑料，具有更优良的综合性能，能满足各种特殊用途的需要。

在 18~29℃ 温度下，在时间为 5s 内，绕直径 2.5cm 的圆棒一周，如不断裂，测试样属于软质泡沫塑料，即构成泡沫塑料的聚合物的熔点小于常温或无定形聚合物的玻璃化温度低于常温，材料在常温下质地柔软。

3.2 加热器外形设计

对于加热器的外形，参考汽车前挡风玻璃遮阳挡的外形设计，即整个加热表面形状与玻璃形状类似。由于此加热装置是为除冰便利而设计，故加热表面只覆盖主驾驶所对应挡风玻璃即可，而不必要覆盖整个前挡风玻璃的全部。对于加热器的固定方式，也可参考汽车前挡风玻璃遮阳挡的固定方式，在此不再赘述。

图 1 为成品加热器形状设计。

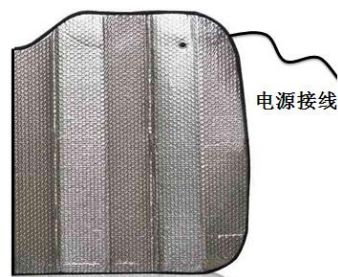


图 1

下面主要叙述加热面的加热层设置。

靠近空气的一层选用隔热性好、绝缘的发泡塑料作为此层材料，目的是减少热量向空气中的散失，从而更好地将热量用于加热融冰。中间层选用常用的铁铬铝或者镍铬电热合金作为电热丝，由外接电路接到汽车发电机进行供电，提供融冰所需要的热量。靠近附着冰层的挡风玻璃的一层选用导热性能好且绝缘的导热绝缘塑料，目的是将电热丝散发的热量更好的导向冰层，

虽然金属的导热性能更好，但由于下方为冰层，故只能选用绝缘材料。又加热面需要一定的韧性，故而不可选用陶瓷材料。设计见下图 2：

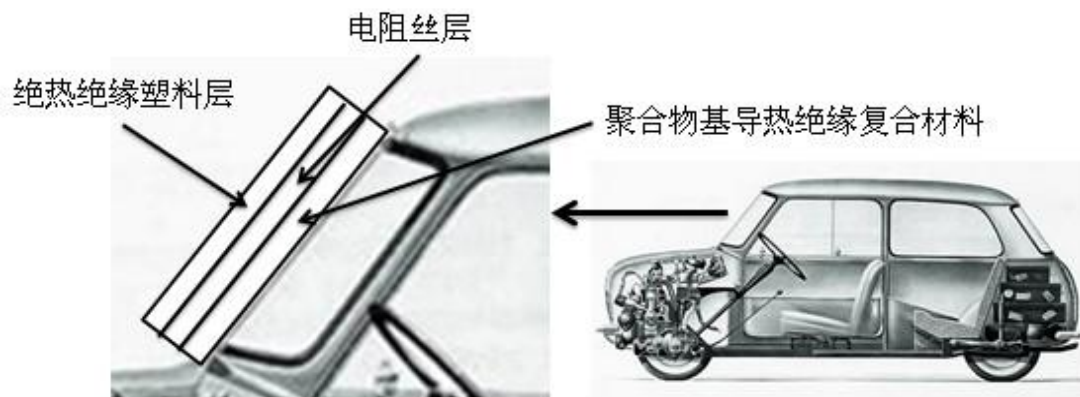


图 2

3.3 融冰热及电路设计

3.3.1 融冰热计算

查数据表可知，冰的密度 $9.17 \times 10^2 \text{ kg/m}^3$ 、冰的摩尔熔化焓为 6.01 kJ/mol 、冰的比热容为 $2.1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

下面对融冰所需热量进行估算。

需要融冰汽车玻璃面积约 1 m^2 ，冰层厚度大约为 $D \text{ mm}$ ，假设冰的温度为 -10°C ，假设加热器将冰加热为 0°C 的水，则需要的热量为：

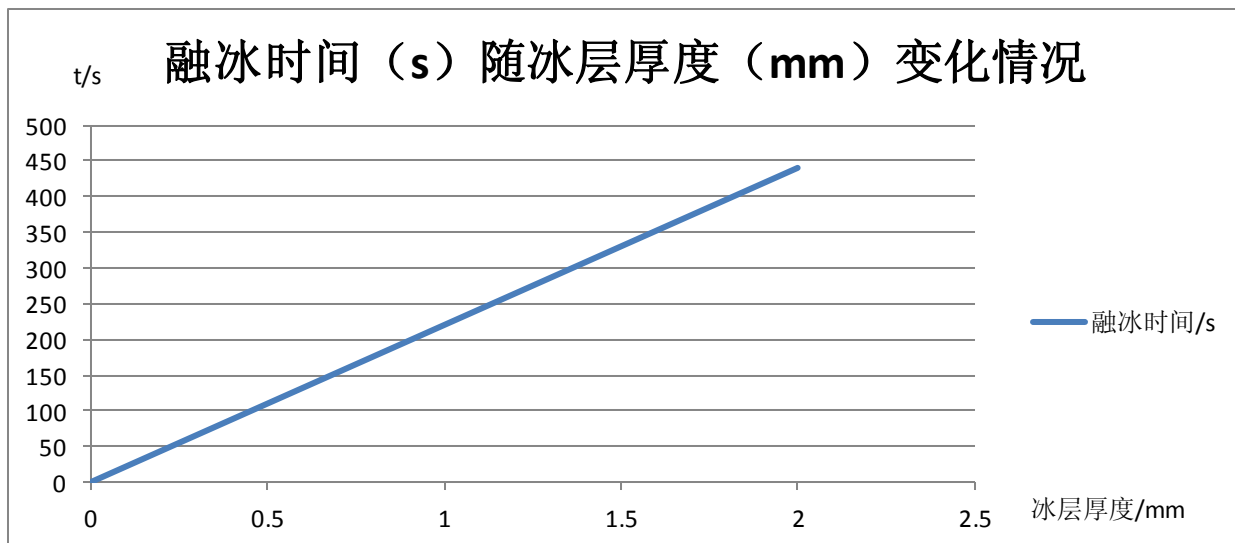
冰的质量 $m = 1 \text{ m}^2 \times D \text{ mm} \times 9.17 \times 10^2 \text{ kg/m}^3 = 0.917D \text{ kg}$

-10°C 的冰转化为 0°C 的冰： $Q_1 = 0.917D \text{ kg} \times 2.1 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \times 10^\circ\text{C} = 19.3D \text{ kJ}$

0°C 的冰转化为 0°C 的水： $Q_2 = 0.917D \text{ kg} \times 55.6 \text{ mol/kg} \times 6.01 \text{ kJ/mol} = 306.4D \text{ kJ}$

总热量为 $Q = Q_1 + Q_2 = 325.7D \text{ kJ}$

若设计电路的功率为 3000 W ，考虑传热效率为 50% ，最后融冰所需要时间约为 $220D$ 秒。当冰层厚 1 mm 时，融冰只需要 3 分半钟的时间。



3.3.2 电路设计

对于加热器的电路，使用普通的并联加热电路即可。对于电压恒定，电阻之和恒定的电路，电路支路越多，总路电流越大，电路的总功率越大。电路图可设计为下图 3：

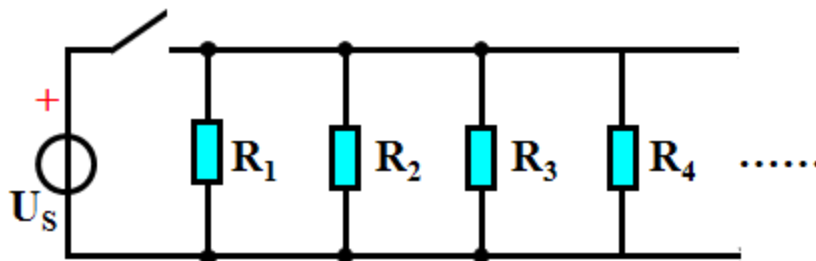


图 3

可根据电热丝的电阻率、最大允许通过电流等参数，设计适当数量的支路，以实现 3000 瓦的加热功率。即将整个加热面划分为面积相同的部分，每一部分为电路的一支路，这样既可以保证加热的均匀性，又可以使电路的功率得到加大，从而能够更加快捷的除冰。

4. 创新性分析

4.1 便携性

现有的挡风玻璃除冰装置主要是内置于汽车的暖风除冰装置。但事实上并非所有的汽车都会面临挡风玻璃结冰问题，比如位于南、北回归线之间区域的汽车，因此对于部分汽车来说，安装内置暖风除冰装置其实是一种浪费。

而相对于汽车的内置暖风加热装置，此外置装置具有外置性，便携性等优点，车主能有针对性的配备并进行除冰，从而解决了汽车内置暖风除冰装置的浪费问题，从而减少汽车构造。

4.2 快捷性

根据之前的计算，当加热功率达到 3000W 时，对于 1mm 厚冰层使用此加热器仅需要 3~5 分钟即可完成除冰，较之使用汽车内置的暖风除冰装置所需要的 15~20 分钟的时间大幅缩短。而较之使用冰铲可能对挡风玻璃造成的划伤，此装置也不会对玻璃造成伤害。而针对停车后降低车内温度及使用挡风玻璃伴侣这两种未雨绸缪的方法，此装置可针对问题直接解决，快捷有效而不会花费不必要的的时间。

5. 可行性与应用前景分析

5.1 可行性分析

由于导热绝缘塑料的开发研究，制作加热面所需要的导热性能好且绝缘的材料得到保障。普通的泡沫塑料及常用电热丝的生产技术已经成熟，因此只需要适当的工艺将三者按照设计制作到一起即可完成加热面的制作。

基于对融冰热的计算，设计 3000W 的加热功率基本可以在 3~5 分钟内将挡风玻璃上的冰清除。使用时，应先将挡风玻璃上的雪除去，将加热面覆盖在主驾驶对应的挡风玻璃表面，将汽车发动，在冬天热车的同时进行融冰。

5.2 技术难点

由于汽车蓄电池的电压仅为 12V，故通过电池蓄电池提供 3000W 的功率并不现实。因此可采用汽车空调的供电方式，即通过燃油为汽车发电机充电，再通过连接发电机为此加热电路供电。但是汽车并无电源插孔与此电路相连。因此需开发与汽车发电机直接相连的外接电源插孔。

5.3 应用前景分析

由于普通的泡沫塑料及常用的电热丝早已完成产业化，其价格并不高，因此加热器的主要成本来源于较难寻找的导热绝缘材料。综合材料成本与手工制作成本，预计整个产品成本约为 200 元。这个价格对于有车族是可以接受的。

另一方面，中国汽车数量成增长趋势，由于场地限制，室外停车现象也将越来越多。因此此加热器具有一定的市场需求，可以进行产业化生产。

6. 致谢

历时将近一个月的时间，我终于将这篇论文完成了，在论文的写作过程中遇到了许多的困难和障碍，都在同学和老师的帮助下得到了解决。首先要感谢我的论文指导老师，他对我进行了无私的指导和帮助，不厌其烦的帮助我进行论文的修改和改进，让我拥有一个良好的学习与钻研的心态。另外，我也得到了许多任课老师的指点与帮助。在此向帮助和指导过我的各位老师表示衷心的感谢！

感谢这篇论文所涉及到的各位学者。本文引用了数位学者的研究文献，如果没有各位学者的研究成果的帮助和启发，我将很难完成本篇论文的写作。

感谢我的同学、朋友与几位悉心指导我的学长学姐，在我写论文的过程中给予我很多的意见与帮助，还在论文的撰写和排版等过程中助我一臂之力。

再次向所有给予我帮助的老师、学者、同学和学长学姐送上发自内心的感谢。由于我的学术水平有限，所写论文难免有不足之处，恳请各位老师批评和指正！

参考文献

- [1]任芳等. 导热绝缘高分子复合材料的研究进展[A]. 包装工程. 2009.02
- [2]郭世昌、吴云龙. 电加温玻璃的力学性能设计. 建材世界. 2010 年第 31 卷
- [3]孙萌等. 酚醛泡沫塑料的受热过程. 塑料. 2012 年第 41 卷
- [4]李珺鹏等. 聚合物基导热绝缘复合材料导热机理及应用研究. 材料导报. 2012 年第 26 卷第二期