

The Design of the Fiber Interface in Sunlight Transmitter

Duo Ning, Jianbing Huang, Tao Wu, Huihui Wang, Jianli Zhang

Shaanxi university of science and technology, Xi' An, China

Email: ningduo@yahoo.cn

Abstract: In allusion to solve the technical problem that plastic fiber receiver is melted, which caused by convergence area of sunlight is overheating in practical use of sunlight transmitter, a new fiber interface with good heat radiation is designed, which could ensure plastic fiber normal working environment temperature without increasing product cost. This paper elaborates the design feature and principle of the fiber interface.

Keywords: Solar energy; concentrate; heat radiation; fiber interface

阳光输送机中光纤接口器的研制

宁 铎, 黄建兵, 吴 涛, 王辉辉, 张剑莉

陕西科技大学, 西安, 中国, 710021

Email: ningduo@yahoo.cn

摘 要: 针对研制的具有自主知识产权的阳光输送机在实际使用过程中出现的太阳光汇聚区温度太高, 导致塑料光纤接受端被融溶的技术问题, 专门设计并制作了一种新的具有良好散热性能的光纤接口器, 实现了在不增加产品成本的条件下保证塑料光纤正常工作的环境温度这一基本条件, 为阳光输送机的推广应用铺平了道路。本文就其设计特点、工作原理以及实际效果做一简述。

关键词: 太阳能, 聚光, 散热, 光纤接口器

1 技术背景:

开发利用以太阳能为代表的新能源已经成为人类解决能源危机的有效方法之一, 也已作为我国可持续发展战略的能源基本决策。尽管世界各国先后都在投入大量的人力物力对此进行研究, 但是至今除了在太阳能热水器为代表的低温度区段得到一定应用外, 其它方面应用并未有大的进展。就是在光伏发电方面, 例如利用太阳光发电后再来照明, 则其利用总效率仅为 6% 左右。然而如果试想将 1000W/m² 的太阳能有效的汇聚在碗口大的平面范围内, 则相当于 1000W 电炉的能量, 那么不管是直接用于照明或者光伏和光热发电等, 使用起来都是很方便的。所以通过聚光的方法提高太阳能密度是推广太阳能应用的有效方法之一^[1-3]。而且我们研制的直接利用太阳光照明的“阳光输送机”产品^[4], 能够以 60% 以上的高效率把太阳光通过

光导纤维直接输送到地下室等白天需要照明的地方, 为太阳能聚光应用开辟了一条新途径。其工作原理简述为: 配备有高精度自动跟踪系统的由玻璃平凸透镜组构成的聚光体将太阳光汇聚后, 通过各自的聚光纤接口器(受光体光纤接受汇聚太阳光的装置)直接进入光导纤维组并输送到需要照明的地方再发射出去, 具体如图 1 所示。

但是在阳光输送机使用的过程中发现, 由于聚光后在光纤接口处光导纤维的温度太高($T > 85^{\circ}\text{C}$)以致于使聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)材料的塑料光纤受热变形甚至处于熔融状态, 从而使得阳光输送机无法正常工作。再考虑其他因素的影响和保留 20℃ 的裕量, 所以必须有效降低聚光接口器的实际温度长期处在 65℃ 以下, 才能保证塑料光导纤维有效正常工作的环境温度条件^[5]。

2 原因分析及对策

因为聚光使用的太阳光经过直径 100 毫米玻璃平凸透镜汇聚到其直径为 2 毫米的聚光接口区域, 直接

[a]. 陕西省自然科学基金资助项目: 透射式太阳能聚光器聚光特性的应用研究。项目号: 2006E126

[b]. 陕西省教育厅产业化项目: 阳光输送机。项目号: 05jc05

进入直径为 2 毫米的塑料光导纤维中并被以全反射的方式输送到需要照明的地方。聚光接口器的作用是调整并固定光导纤维入端处于焦点处,以便顺利接收汇聚的太阳光。其聚光面积比例达到 $(\pi * 502) / (\pi * 12) = 2500$ (倍), 导致聚光接口区域的温度大幅度上升, 最高可达到 95°C , 所以塑料光导纤维被融溶必不可免。而如果采用熔点更高的玻璃材料的光导纤维成本又太大, 给产品的推广应用带来一定困难。所以有效降低光纤接口区域的温度就成为该产品能否投入市场的关键技术所在^[6]。

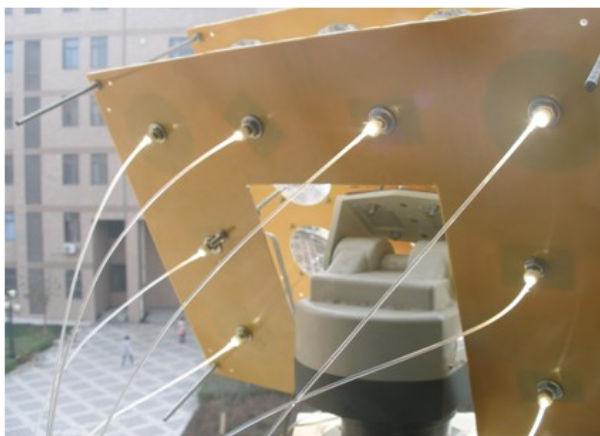


Figure 1. sunlight transmitter

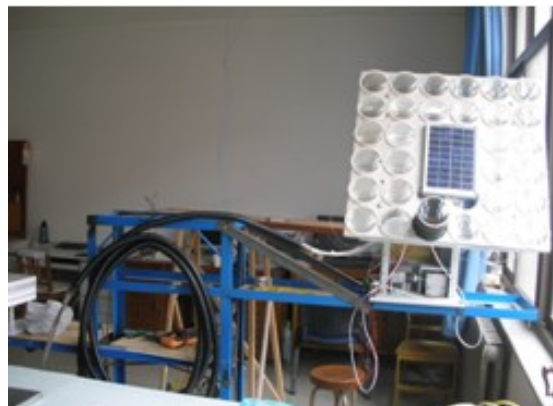
图 1. 阳光输送机样品图

因为红外光是造成温度上升的主要原因, 我们也曾经试验利用过滤红外光的滤光片来降低光纤接口处的温度, 虽然效果不错, 但是同样存在明显的成本上升问题。在经过各种方案比较试验之后, 实践证明, 通过巧妙设计光纤接口器的途径来实现有效散热, 进而达到在不增加产品成本的基础上有效降低受光接口区域的温度的方法是行之有效的方法。

3 解决方法:

为了有效的提高散热效果, 降低受光接口处的温度, 除了专门设计了具有良好散热功能的光纤接口器的结构外, 还将聚光体的后层(图 2b 中左面金属材料, 原来主要作为安装聚光接口器用) 基板由原来的绝缘板(图 1 所示) 材料替换成导热性能良好金属材料, 从而使得既作为聚光接口器的固定基体的功能, 同时更重要的是作为一个理想的散热片, 通过热的良导体(金属材料)再与前层(图 2b 中右面金属材料, 安装聚光透镜和光伏电池已经太阳光传感器等用) 基板固

定一起作为一个散热整体, 使得散热效果更理想。聚光体的具体结构照片如图 2 所示。



(a) 阳光输送机



(b) 光纤接口以及散热片结构图

Figure 2. The structures of cooling fin

图 2 受光体都被作为散热片的结构照片图

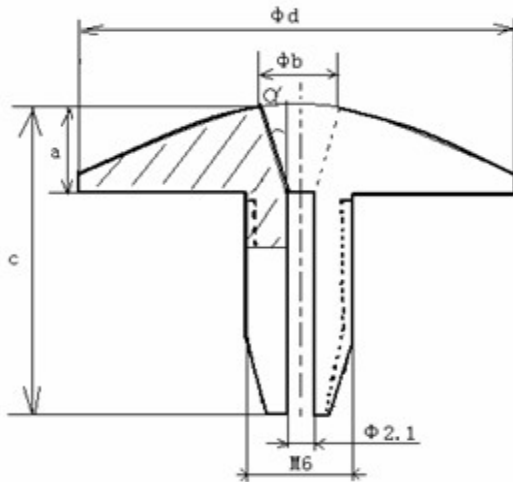
而光纤接口器的结构特点如下:

光纤接口器由形状似螺栓而中心为一特殊漏斗形孔洞为基体, 外配二个不同功能螺母所组成, 具体如图 3 所示。其中形似螺栓的基体的主要特点是: 直径为 d (35mm 左右) 的大面积顶盖通过螺母 M1 固定在后基板上, 通过增大的面积与体积以及和后层金属基板紧密接触以实现良好的散热功能; 螺栓上四条对称的收缩缝与圆锥形螺母 M2 一起, 实现对插入中心孔的塑料光导纤维的固定。形状像一个漏斗的中心孔洞, 其下部的直径为 2.1mm (对应于直径为 2mm 的光纤), 而上部为一圆台形孔, 并且其表面具有高的光洁度, 其角度 α 应该大于等于聚光透镜的入射角, 满足这些条件的目的是为了既保证汇聚的太阳光都能够通过漏斗后进入塑料光导纤维的射入端, 又很好的实现散热的目的。

α 的计算:

$$\alpha = \arctg\left[\frac{(b/2 - 1.05)/a}{\arctg\left[\frac{100/2}{160}\right]}\right] \geq \quad (1)$$

(其中 100/2mm 为平凸透镜的半径, 而且其焦距为 160mm)。



a 结构示意图



b 实体照片

Figure 3. The structures of fiber interface
图 3 光纤接口器的结构示意图及实物

在专门设计制作的光纤接口器(图 3 中所示)同时安装在散热性能更好的金属基板上进行比较试验。在夏天中午时分经过 1 小时 30 分钟的对比试验, 虽然原来的光纤接口器由于安装在金属材料的后基板上, 相当于增大了散热面积, 使得该区域的温度比安装在绝缘板上时下降了 15℃ (下降到 80℃), 但是仍然导致塑料光纤射入端仍然存在融溶变形问题; 而采用专门设计的如图 3 所示的光纤接口器, 则使其受光区域的温度下降到 53℃ 以下, 完全满足了塑料光纤长期正常工作的环境温度要求。

这个对比试验结果充分证明了这种专门设计的新型光纤接口器与聚光器整体组成一体化散热系统的新的结构形式进行散热的新方法完全满足了不增加产品成本的前提下将受光区域的温度通过自然散热方式控制在塑料光纤正常工作的温度范围, 从而为具有自主知识产权的阳光输送机的推广应用扫除了障碍。

References (参考文献)

- [1] İnci t ü rk togrul , Dursun pehlivan , Cevdet akosman. Development and testing of a solar air-heater with conical concentrator[J]. Renewable Energy, 2004, 29: 263~275
- [2] Ning Duo. Developments of parabolic trough for solar energy system[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2003, 24, (5): 616-619. 宁铎. 折面型抛物柱太阳能聚光器的研制 [J]. 太阳能学报, 2003, 24, (5): 616-619.
- [3] Ma juxia, Ning Duo, Hou YongYan. Developmengs in zigzag parabolic like for solar energy system[J]. Acta Energiae Solaris Sinica, 2004, 25 (5): 643~646 马菊侠, 宁铎, 侯勇严等. 再论折面型抛物柱太阳能聚光器的改进[J]. 太阳能学报, 2004, 25 (5): 643~646
- [4] Ning Duo, Zhang Dongyu..Sunlight transmitter[J]. Journal of Shaanxi University of Science &Technology 2002, 2005, 23, (1): 45-47 宁铎, 张东煜, 阳光输送机的研究[J]. 陕西科技大学学报, 2005, 23, (1): 45-47
- [5] Gu Chenbin, Wang Dongjun, Liu Shixiong, Application of Fluoropolymer in Plastic Optical Fiber, 2002,14(5):298~401. 顾陈斌 王东军 刘世雄等, 含氟高分子材料在塑料光纤中的应用[J]. 化学进展, 2002, 14 (5): 298~401
- [6] Zhang YaoMing. Research on sunlight collecting and illuminating system[J]. Engineering Science, 2002, 4.(9),63-68 张耀明. 采集太阳光照明系统研究[J]. 中国工程科学, 2002, 4.(9),63-68

4 结果与讨论:

将原来的普通光纤接口器 (如图 1 中所示) 与现