

氙灯水平点燃太阳模拟器灯单元设计

向艳红, 张容, 于江

(北京卫星环境工程研究所, 北京 100094)

摘要: 在进行 KFTA 太阳模拟器的设计中, 文章首次采用了氙灯水平点燃的灯单元设计方案。氙灯水平点燃既可以提高太阳模拟器的能量利用率, 又降低了成本, 节省了人力、物力, 但同时又面临着许多新的问题, 例如灯的稳弧、灯的水平调节机构以及灯在使用过程中需注意的问题等。文章正是从以上各个方面阐述了 KFTA 太阳模拟器灯单元的设计思想及方法。

关键词: 太阳模拟器; 灯单元; 氙灯

中图分类号: V524.2

文献标识码: A

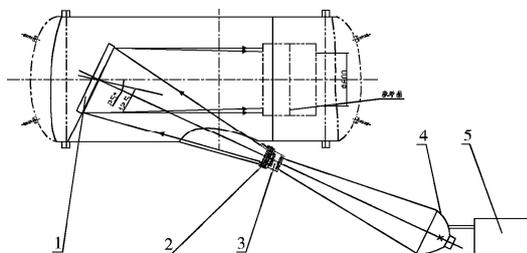
文章编号: 1673-1379(2009)01-0060-03

1 前言

随着航天器的研制和深空探测技术的深入发展, 对太阳模拟器的研制需求也越来越迫切。目前我们正在研制辐照面直径为 600 mm、离轴角 25° 的 KFTA 小型太阳模拟器正是适应这种任务需求的。

该模拟器采用氙灯水平点燃、光线水平入射的离轴准直光学系统技术方案, 这在国内尚属首次。该方案的特点是去掉了平面反射镜, 由此提高了太阳模拟器的能量利用率, 从而降低了制造成本和使用成本。在此同时也带来了新的难题, 即氙灯水平点燃时的灯单元的设计问题。

KFTA 太阳模拟器光学系统的组成包括准直镜组件、窗口组件、光学积分器和灯室组件等, 参见图 1。灯室组件又包括灯单元、聚光镜、光屏、光学挡板及其机械结构。其中灯单元由氙灯、氙灯调节结构以及风冷系统组成。因此, 灯单元是灯室乃至整个太阳模拟器中的关键部件之一。



1. 准直镜组件; 2. 窗口组件; 3. 光学积分器; 4. 灯室组件; 5. 电源

图 1 KFTA 太阳模拟器光学系统

Fig. 1 Optical system of KFTA solar simulator

2 灯单元设计思想及技术要求

2.1 灯单元设计思想

氙灯采用水平点燃方式。灯单元机构由灯架、调节机构、触发器支架、氙灯的接线端子及线缆组成, 参见图 2。

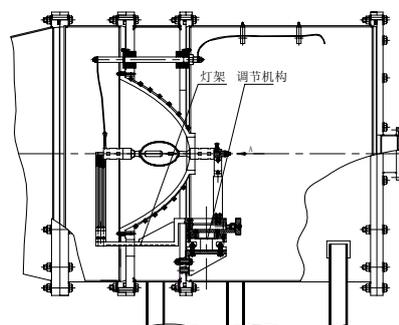


图 2 KFTA 太阳模拟器灯单元设计图

Fig. 2 Lamp module of KFTA solar simulator

灯架用于直接支撑氙灯, 它由一个 Z 形底板和两侧的支撑板构成, 分别支撑氙灯的阴极和阳极端。由于氙灯点燃后会产生很高的温度, 根据物体热胀冷缩的原理, 必须保证氙灯阳极端沿氙灯轴线方向可以自由伸缩, 用于释放热膨胀带来的应力, 保证氙灯的安全使用。因此, 氙灯的支撑采用阴极端固紧、阳极端自由放置在支撑板上的原则。

灯架固定在调节机构上, 由调节机构带动灯架来实现氙灯 X 向(左右向)、Y 向(沿光轴方向)的位移调节。调节机构由二维的导轨、滑块结构组成。

收稿日期: 2008-10-17; 修回日期: 2008-11-07

作者简介: 向艳红(1977-), 女, 硕士学位, 主要从事空间太阳辐照模拟技术研究和卫星红外遥感器辐射定标技术研究。

联系电话: (010) 68746659-12; Email: xyanhong@sohu.com.

触发器支架用于支撑触发器。由于氙灯为阴极触发, 所以, 根据触发器的尺寸将其设置在距离氙灯阴极较近的位置。

氙灯的接线端子包括氙灯的阴极、阳极接线端子。这些端子件均考虑有与灯室筒体装配时所需要的绝缘环节。

线缆主要包括氙灯阴阳极、触发器以及氙灯电源之间的连接线缆。

2.2 灯单元技术要求

(1) 光源采取德国OSRAM 10 000 W风冷短弧氙灯;

(2) 调节机构: X向(左右方向)调节范围为 ± 3 mm; Y向(光轴方向)调节范围为 ± 10 mm;

(3) 灯与支撑结构之间考虑绝缘。

3 KFTA 太阳模拟器灯单元设计

3.1 氙灯灯架

氙灯灯架用于直接支撑氙灯。设计原则为氙灯阴极端固紧, 阳极端自由支撑。确保氙灯在点燃后, 阳极端可以沿氙灯轴线方向释放由于高温引起的热膨胀应力。

由于氙灯阳极端引出有线缆接线端子, 而阴极端没有, 需要通过阴极端小轴来实现其导电和支撑。因此, 在设计灯架时, 阳极端只需考虑支撑需求, 而阴极端既要考虑支撑需求, 又要考虑导电需求。

氙灯的阴极端小轴作为导电引出端, 首先设计一个阴极接线端子和氙灯阴极端小轴固紧, 形成了灯组件, 参见图3。此时, 灯具有了阳极引出线(产品自带)和阴极接线端子, 在此基础上再考虑灯组件的支撑。

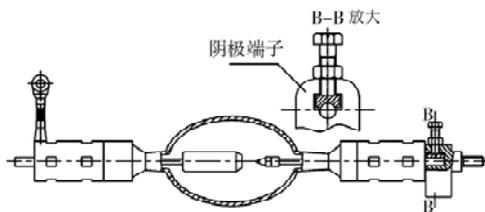


图3 灯组件

Fig. 3 Xenon lamp module

灯组件的阴极端固定参见图4, 将灯组件阴极端放置于绝缘U型槽内, 两边有紧固螺钉固紧。

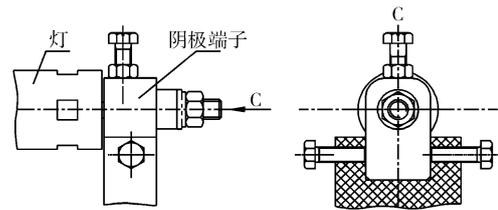


图4 阴极端支撑结构

Fig. 4 Supporting structure of xenon cathode

灯组件的阳极端放置在灯架的阳极支撑板上, 阳极端以及阳极支撑之间不固定, 以避免由于热膨胀所造成的附加应力, 参见图5。

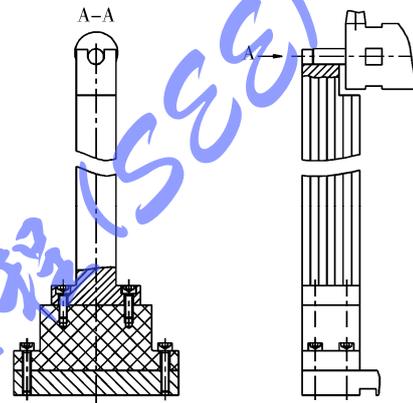


图5 阳极端支撑结构

Fig. 5 Supporting structure of xenon anode

灯架的阳极支撑板是受热最为严峻的部件。为了减小因支撑板热膨胀引起的灯阳极端的附加应力, 阳极支撑板选用表面抛光的不锈钢材料, 它对太阳辐射的吸收系数小, 同时在两侧表面开槽, 可以在通风系统的作用下较好地散热。支撑板与Z形底板之间有绝缘垫块。

3.2 氙灯调节结构

氙灯调节结构, 要求满足氙灯X向(左右向)、Y向(沿光轴方向)的移动。实现灯的轴线与太阳模拟器光轴线的共轴调节以及灯与聚光镜相对位置的调节, 使氙灯的阴极处于聚光镜的第一焦点处, 以满足KFTA太阳模拟器均匀性指标调试的要求。

氙灯调节结构通过二维导轨滑块结构实现, 高度方向的调整通过加薄垫片的方式实现。

氙灯与阴极接线端子安装在一起, 组成灯组件。灯组件通过灯架安装在氙灯调节机构上, 至此, 形成了氙灯单元机构。

3.3 氙灯的稳弧结构

短弧氙灯由钨阳极、铈钨或钍钨阴极以及石英

泡壳组成,泡壳内抽成真空后,充入一定数量的纯氙气。当氙灯的阴极和阳极之间加上直流电压后,在高频高压的激发下,阴极发射热电子,电子加速后撞击氙原子使之激发电离,发生强烈的弧光放电,其实质是高温等离子体辐射^[1]。

当氙灯阴极向下、阳极向上垂直方向点燃时,产生的弧光稳定,不会有弧飘。然而氙灯水平方向点燃时,电弧会发生上下弧飘现象。电弧无论向上飘或向下飘均会引起泡壳发黑、阳极端面局部过热,损耗严重,电极变形,严重时甚至会引起氙灯爆炸。因此,氙灯水平点燃时,必须加装稳弧装置。

稳弧装置一般采用在氙灯下方放置磁铁的方法来实现。电弧上飘是由于稳弧磁场太弱,应增加稳弧磁场的磁感应强度;电弧下飘是因为磁场过强,应适当减弱稳弧磁场的磁感应强度。

利用磁场对氙灯进行稳弧时,要求稳弧装置磁场磁性必须正确,磁感应强度适中。极性不对和磁场过强或过弱,均会影响氙灯的寿命。

4 氙灯在使用中应注意的问题

4.1 氙灯的安装

氙灯的安装至关重要,若安装不当,甚至会引起炸灯的危险。氙灯的安装应将阴极端牢固平稳地固定在灯架上,阳极端放在能沿氙灯轴线方向伸展的托架上,而不能只固定一端,另一端悬吊,也不允许两端都紧固不能自由伸展^[2]。氙灯无论在何种情况下,都不允许有应力和扭力作用,这是因为氙灯在点燃后会产生很高的温度,根据物体热胀冷缩的原理,如阴阳极两端都被固定,氙灯会产生很大的应力和扭力,使氙灯发热后变形甚至导致爆炸。

4.2 氙灯对附属设备的要求

(1) 要求氙灯电源的稳波系数优于3%;

(2) 氙灯水平点燃时,必须有稳弧装置,稳弧装置磁场极性必须正确,磁感应强度适中,确保氙灯电弧稳定;

(3) 氙灯风冷系统要求风量应足够大,风速不低于12 m/s,风机本身噪音要小。最好在系统中加装报警装置,如风冷系统出现故障,可及时切断氙灯电源,防止氙灯由于温度过高发生爆炸。

4.3 氙灯的使用

氙灯的使用方法是否得当直接影响着氙灯的寿命,因此,氙灯在使用过程中应注意以下问题:

(1) 确保氙灯的额定工作电流

氙灯的有效寿命与工作电流有直接关系,工作电流过高或过低对氙灯寿命都有影响。低电流工作时电弧不稳,刚触发时容易产生弧飘,使氙灯受热不均,从而影响氙灯寿命。更应防止超负荷使用氙灯,使用新灯时,可用额定电流的85%,以后随着时间延长逐渐增至额定值,这样能延长氙灯的有效寿命。

(2) 定时保养氙灯

氙灯每使用50 h,应将灯体绕自身轴线旋转90°,避免电极下垂和端面损耗不均造成早期弧飘^[3]。氙灯外壳是用优质石英玻璃制成的,石英玻璃在高温下容易与污物结合,留下无法清除的污迹,使外壳透光率下降,散热受阻,变质发脆;所以,应经常用脱脂棉蘸酒精轻擦外壳,清除油渍、灰尘和其他污物。此外,应经常检查氙灯与触发器连接处有无松动和变色,如有变色则说明已产生接触电阻,应及时清除氧化层。

5 结论

太阳模拟器灯单元设计采用氙灯水平点燃的方式,提高了太阳模拟器的能量利用率,但同时也使得氙灯支撑结构以及调节机构的设计难度大大增加。本文阐述的氙灯灯架、调节结构以及氙灯的稳弧设计,能够满足氙灯水平点燃的需要。同时提出了氙灯在使用过程中应该注意的一些问题,以确保氙灯的安全使用。

KFTA太阳模拟器的研制将对航天器的热试验产生重要影响。因为太阳模拟器具有尽可能真实再现外层空间太阳辐照环境及其效应的能力,此外,太阳模拟器可适用于多种型号卫星并可以多次使用,具有一定的通用性。

参考文献 (References)

- [1] 黄本诚. 空间模拟器设计[M]. 北京宇航出版社, 1994
- [2] 向庆仁. 关于超高压球形氙灯的正确使用与调整[J]. 影视技术, 2004(5): 59-60
- [3] 蒋永平, 徐琴玉. 高压短弧氙灯及其使用[J]. 现代影视技术, 2007(4): 30-37