

固定距离下空气湿度对光透过功率影响的研究

吴亚楠,游臻俊,马佳宁,陈 雷

(华北电力大学 数理学院,北京 102206)

摘 要:测量两层玻璃间固定厚度的纯净雾气湿度对光穿透能力的影响,采用自然光及激光光源不同光源进行实验,参考对照并得出了透过光功率随湿度的变化曲线,进一步体现湿度对光功率的影响.

关键词:湿度;透过光功率;光透过率;雾化

中图分类号:O436.2

文献标识码:A

文章编号:1005-4642(2014)09-0045-04

1 引 言

水雾是由大量的细小水滴悬浮在低空大气层中,使空气浑浊、能见度下降的水汽凝结现象^[1]. 实验证明,湿度高低可直观地反映雾气浓度^[2],所以本实验在相关的雾化室雾气浓度模拟基础上^[3],通过改变玻璃间固定厚度的空气湿度来测量其对固定光源的光功率的影响,经过多次实验数据的汇总和分析,得出了固定光源下,净湿度对透过光功率的影响,是空气中能见度降低的主要原因. 由于实验条件的限制,本实验只是初步的探索,通过探究湿度对光线透过的影响,来引起相关人士的重视.

2 分析人工造雾的必要性和造雾方法

2.1 必要性

1) 本实验需要相对封闭的实验环境,自然环境复杂多变封闭性差,不能满足实验需求.

2) 人工造雾较易控制雾气浓度,使产生的雾气在水面上的玻璃空间内产生稳定的浓度梯度,便于测量 2 层玻璃间不同湿度对应的透过光功率.

3) 实验要求雾气具有一定的稳定性,应尽量减弱实验过程与实验环境的空气流动.

4) 研究湿度对透过光功率的影响,应在灰尘、颗粒等杂质相对较少的空间中进行测量.

以上 4 点说明,实验不能利用自然环境中的雾气进行实验,必须在实验室中进行.

2.2 造雾方法

实验中的“雾”实质上是饱和空气中的水汽因温度下降而凝结成的小水珠,因此实验采用晶振片雾化器所产生的雾化水汽来模拟雾气. 在实验所用双层玻璃的水槽中加入适量的水,并将小型雾化器放入水中,使晶振片接近于水面,从而产生人造雾气. 但由于产生雾气时会有水滴随震动而弹出,影响湿度和透过光功率的测量,所以将雾化器置于双层玻璃间的边角位置,待雾气产生并稳定后,在雾化器另一侧进行实验.

3 实验过程

3.1 实验器材

实验器材见表 1,所用器材数量均为 1 个.

表 1 实验器材

器材	规格与量程
无底无封顶玻璃容器	25 cm×35 cm×45 cm
透明玻璃(加装疏水膜)	35 cm×45 cm
光功率计	20 mW
白炽灯	40 W
激光光源	3 mW(635 nm)
水槽	50 cm×60 cm×8 cm
木板	40 cm×50 cm×0.3 cm

3.2 实验原理

光功率是光在单位时间内所做的功. 光线透过不同介质时由于反射与折射使能量耗散,降低光功率,水雾由空气中漂浮的微小水滴组成,光线

收稿日期:2014-05-08;修改日期:2014-08-04

资助项目:国家大学生创新实验项目 华北电力大学(2013.3)

作者简介:吴亚楠(1994—),女,贵州安顺人,华北电力大学数理学院应用物 2012 级本科生.

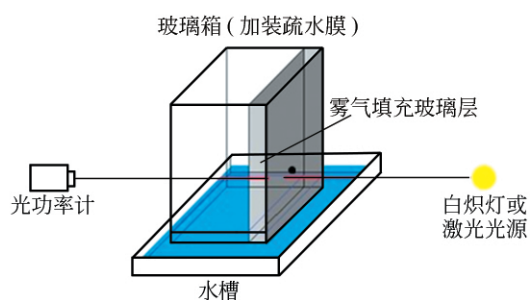
指导教师:陈 雷(1963—),男,浙江乐清人,华北电力大学数理学院教授,博士,从事大学物理和物理实验教学和凝聚态物理研究.

透过雾气时在水滴间发生漫反射与折射,当透过雾气时光功率降低,实验利用光的这一特性研究空气湿度对光功率的阻碍效应.为防止湿气在玻璃表面凝结成小水珠影响实验结果,应在容器测量面内壁加装 1 层疏水膜.

3.3 实验步骤

3.3.1 测量湿度对自然光透过率的影响

1)如图 1 所示,在玻璃装置的一侧 50 cm 处安置光源,本组实验采用 25 W 白炽灯作为光源,模拟日常室内光线.在另一侧与光源正对位置距玻璃 20 cm 处放置光功率计.在产生雾气前先测出正常情况下光功率计的读数以及空气湿度计读数.



(a)



(b)

图 1 实验装置图

2)接通雾化器电源,将玻璃箱内底部雾化器打开,待箱内雾气较稳定且自下而上有明显的雾气浓度梯度时,开始测量数据.

3)测量数据:以距容器顶部 2 cm 处为起点,保持光源与光功率计在同一水平面,将湿度计缓慢放入雾气中,固定于容器壁上,并与光源、光功率计处于相同高度.仪器放置好后等待 2 min,保

证雾气再次稳定,同时读取空气湿度计读数与光功率计读数.

4)将光源、光功率计及空气湿度计分别下移 2 cm,重复上一步骤,直至测量点移动到距玻璃顶部 37 cm 为止.

5)光透过率 = 透过光功率 / 底光功率.将试验数据输入 Matlab 软件,经过 Matlab 软件进行数据描点,做出透过光功率随湿度变化的大致曲线,即可直观反映出空气净湿度对光线透过的影响.图 2 为其中 1 组次变化曲线.

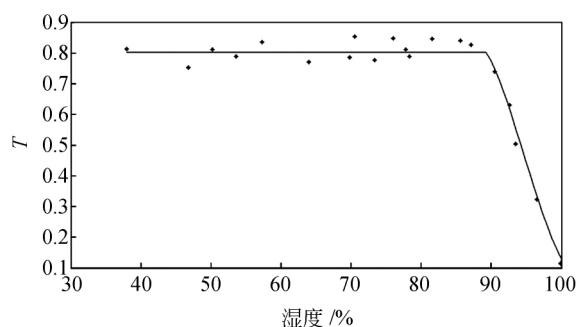


图 2 白炽灯下的透过率实验曲线

6)重复以上实验内容,得到多组实验数据,5 组以上为宜,以减少误差.

3.3.2 测量湿度对激光透过率的影响

采用红色激光(635 nm, 3 mW)作为光源^[4],探究在单色光条件下空气湿度对光透过率的影响与自然光的关系.实验步骤与 3.3.1 相同,但将白炽灯换成激光光源.

图 3 为 1 组激光光源实验所得的透过光功率随湿度变化的曲线.

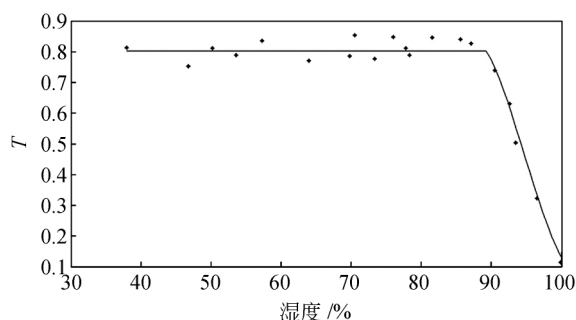


图 3 激光下的实验曲线

4 数据分析

经过多组实验测量取平均值后,分别得到了

在激光光源与白炽灯光源下的实验数据. 对数据进行分析后,分别尝试用单一的二次、三次函数及指数函数对实验数据进行拟合,希望能得到较为合理的拟合函数对实验曲线进行描述,但均没有

$$\begin{cases} y=0.8023, & 38.0 \leq x \leq 87.6; \\ y=3.5 \times 10^{-4}x^3 - 0.10x^2 + 9.46x - 294.7, & 87.6 < x \leq 100. \end{cases}$$

激光实验函数为

$$\begin{cases} y=0.8182, & -38.0 \leq x \leq 89.4; \\ y=3.8 \times 10^{-4}x^3 - 0.10x^2 + 10.14x - 315.11, & 89.4 < x \leq 100. \end{cases}$$

表1 实验数据

x	y	
	自然光	激光
38.0	0.8032	0.8134
46.8	0.7521	0.7536
50.2	0.7822	0.8175
53.6	0.8190	0.7875
57.3	0.8060	0.8337
64.0	0.7513	0.7773
69.8	0.7760	0.7884
70.5	0.8247	0.8537
73.4	0.7567	0.7728
76.0	0.8173	0.8457
77.8	0.7820	0.8141
78.3	0.7587	0.7837
81.6	0.8267	0.8419
85.6	0.8073	0.8462
87.1	0.7967	0.8263
90.5	0.6987	0.7334
92.6	0.5907	0.6353
93.5	0.4933	0.5036
96.5	0.2820	0.3262
99.9	0.0747	0.1169

5 实验结论

实验结果表明:无论白炽灯光与激光,光线在固定厚度的玻璃层间的透过率均随空气湿度的增大而降低,湿度90%以下时光线透过率随湿度增大变化很小,但在湿度超过90%后,透过光功率随湿度的增大急剧降低,说明此时雾气对光的阻隔作用很明显.而在实验数据上,湿度在90%白炽光的光线透过率总体比激光的光线透过率小,而湿度大于90%以上白炽光光线透过率随湿度增加降低速率超过激光,这是因为激光有会聚度极高、穿透性极强特性^[5].在实验中,使光透过率

得到理想结果,最后用分段函数形式进行拟合,发现可以对曲线进行较好的描述.本次实验数据如表1所示.根据表1中数据可以求出自然光实验函数为

急剧降低至人眼无法透过玻璃观察对面的最低浓度均在99%左右,即要使光线被雾气遮盖达到遮挡视线的效果,必须将湿度提升至99%以上.

6 对空气可见度解释以及应用

从实验数据中可以看出,若排除外界因素,只考虑湿度对光线透过的影响,在湿度为90%以下时,光透过率基本不受空气湿度影响,而在湿度超过90%后,自然光透过率随湿度增加而急剧减小.日常生活中,空气湿度一般在40%至70%之间,而在该湿度范围内,光线透过率随湿度变化不明显,所以对于一般性的空气可见度不佳情况,湿度影响可忽略不计,空气中漂浮的小颗粒以及烟雾等容易造成光散射的物质,才应是其主导因素.若要研究空气中雾霾对视线的影响,还可以在今后的实验中加入烟雾、灰尘等物质,从而找出使空气能见度降低的主要原因.

实验直观地展现了透过光强随湿度变化的大致规律,但仅仅是在纯水汽条件下的探究,可作为更加复杂的相关实验的实验基础,如探究在有其他气体或液态蒸汽下光透过率与蒸汽浓度的关系,探究在有粉尘条件下雾气浓度对光线透过率的影响,或探究在其他透明材料下空气湿度对光透过率的影响.在生活中进一步开发此方面的应用,比如透明度可控的双层玻璃门,在双层玻璃间安装雾气发生器以及湿度探测器,在湿度可控的条件下即可控制玻璃门的透明度,既实现传统意义上门的作用,又可将工艺设计融入其中,为家居设计提供了新的思路.同时,在商业性的旅馆、会所以及面向公众的商业场所,可将本实验成果应用到装潢设计上.甚至可作为新型墙壁制造的实验基础,开发制造可利用水汽控制透明度的墙壁,进而设计可透明、可封闭新型建筑,应用前景极为

广泛。在军事上,可将其作为新式视野屏蔽用具的开发基础,设计出重量轻,易于携带,又能有效封锁视野的屏障护具,当然,制作材料要选用其他透明材料。在艺术方面,可作为舞台背景及装饰道具的开发基础,创造出新的艺术、视觉感受。

参考文献:

- [1] 吕正,吕亮. 雾灯穿透能力最佳波长的实验确定[J]. 应用光学,2008,29(4):530-532.
[2] 袁纵横,张静,张文涛,等. 双波长激光传输特性的

室内模拟实验研究[J]. 激光技术,2010,34(4):478-481.

- [3] 肖翔,赵晓路,卢连成,等. 雾化室雾气浓度分布的数值模拟研究[J]. 工程热物理学报,2005,26(5):776-778.
[4] 夏琳茜. 一种基于近红外光谱透雾系统的原理与实现[J]. 红外与激光工程,2007,36(z1):234-237.
[5] 夏克文,宋建平. 激光光纤核测井技术[J]. 石油仪器,2001,15(2):8-10.

Influence of air humidity on light transmittance

WU Ya-nan, YOU Zhen-jun, MA Jia-ning, CHEN Lei

(Mathematics and Physics, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: The influence pure fog with fixed thickness on the transmittance of natural light and laser light was measured, respectively. The humidity dependence of light transmittance was obtained, which demonstrated the influence of humidity on light transmittance.

Key words: humidity; power of transmitted light; light transmittance; atomization

[责任编辑:郭 伟]

(上接第 44 页)

- [3] 同济大学物理实验中心. 近代物理实验讲义[Z]. 2013:78-98.
[4] 任红,谢莉莎,刘彩霞,等. 近代物理实验教学与考试效果分析评价体系研究[J]. 物理实验,2013,33(7):14-19.
[5] 顾恩遥,白翠琴,吕景林. 冉绍尔-汤森效应实验仪自动化改进[J]. 物理实验,2013,33(11):11-15.
[6] 黄新民,解挺. 材料分析测试方法[M]. 北京:国防工业出版社,2008.
[7] 杨福家. 原子物理学[M]. 北京:高等教育出版社,2008:356.
[8] 刘克桓. 物理教师手册[M]. 北京:人民教育出版社,1998:980-981.

Data-fitting method in ^{60}Co γ -ray absorption experiment

ZHANG Guo-qiang, BIAN Ji, FANG Kai, ZHANG Zhi-hua, DU Ai, HE Li

(School of Physics Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: This paper introduced a data-fitting method to determine the γ -ray absorption coefficient of lead. NaI (Tl) scintillator detector was used to measure the original intensity of ^{60}Co 1.17 MeV and 1.33 MeV γ -rays. The data-fitting method and the usual separate-measurement method were used, respectively, to measure the absorption coefficients of lead to the 1.17 MeV and 1.33 MeV γ -rays. Compared to the standard absorption coefficients, the results obtained by the data-fitting method absorption coefficient were better than that obtained by separate-measurement method.

Key words: data fitting; absorption coefficient; ^{60}Co ; γ -ray

[责任编辑:郭 伟]