

激光雷达在大气测量中的应用

杨 洋

(承德石油高等专科学校物理系 河北 067000)

从 60 年代初期激光雷达问世以来,在短短 30 余年中,激光雷达技术得到了飞速的发展,其应用领域也越发广泛,涉及科学研究、军事工程和国民经济许多部分。特别是应用激光雷达技术在完全大气测量等项工作中显示出这一技术独有的特性和突出的发展前景。

激光雷达对大气的测量工作是通过射向大气中的激光与大气中的气溶胶及大气分子的作用而产生后向散射且被探测器接收而实现的。如图 1 所示:从激光雷达到被反射至接收器的信号携带着被测物质有关的信息(吸收、散射等),通过对这些信息进行分析便可得到所需的物理量(温度、速度、密度等)。

激光雷达对大气测量过程中根据激光与大气的

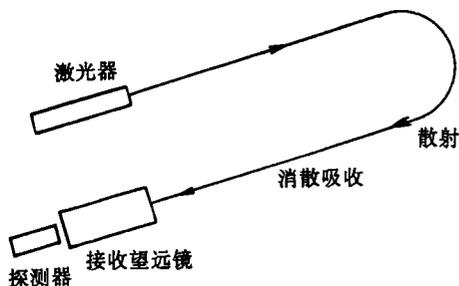


图 1

作用方式的不同及测量目的的不同,演变出了多种不同类型的激光雷达。

一、用于气溶胶的测量——米氏散射激光雷达

米氏散射激光雷达是最简单却又是十分有效的

风能资源和太阳能资源一样,也属于非恒定能源。它的可利用能量大小与季节、气象、地理位置等多种因素有关,所以也必须考虑蓄能、联网、辅助能源等问题。

4. 风能发电设备

风能发电设备主要由风轮机、传动变速机构、发电机、塔架等组成。风轮机的构造和样式很多,有桨叶绕水平轴转动的翼式风轮机,也有绕垂直轴转动的叶片式风轮机,还有圆环叶片绕垂直轴转动的风轮机等等。随着风能发电的发展,一定还会有其他更新更好的风轮机出现。但无论如何,叶片的受风面积(这里指叶片转动时所形成的圆面积)是决定风能发电功率的关键指标,因此,增加叶片长度是增加发电功率的主要方法。

三、太阳能与风能的综合利用

由于太阳能和风能都具有分散性和间断性的问题,对电力提供要求为不可间断的情况,我们就必须考虑储备电能、多个太阳能和风能发电系统联网、或与其他发电系统(水力发电或火力发电)并网,以保证供电的连续性。考虑到气象上的自然特点,阳光

充足时节往往是风速较小的时候,而阳光不充足时节往往是风速较大的时候,那么将太阳能发电与风能发电联合在一起,不失是一种比较理想的选择。这样可大大提高太阳能风能综合供电系统的供电稳定性。

新的世纪已经到来,人类对能源需求的增长将是越来越快,对能源的可持续性和清洁程度的要求越来越高,而对使用能源引起的负面效应,例如污染环境、破坏地球的生态平衡等,将有越来越严格的限制和要求。因此,加大对绿色环保能源利用的研究和开发、缩短研究-开发-应用的周期已是当务之急。尤其在人口密度不大、居住分散、地域广阔、且绿色环保能源丰富的地区,更应加大研究和开发的速度,并尽快进行区域性试点。例如,利用沙漠边缘地域辽阔和太阳能、风能资源充足的独特优势,进行太阳能、风能配套发电。以解决居住分散、地域广大造成的输送电困难的问题。在太阳光发电方面,应以降低成本、达到工业规模为主要研究方向。新的世纪需要绿色环保能源。可以预言,21 世纪将是一个以绿色环保能源为主要能源的新世纪。

一种激光雷达形式。米氏散射是指与波长同一数量级的球形粒子的散射,其散射系数与波长的一次方成反比。在低空大气中存在着丰富的被称之为气溶胶的飘浮粒子,通过这些粒子的散射,可以得到较强的激光雷达信号,并完成与大气污染关系密切的气溶胶浓度与能见度的测定外,还可以将气溶胶分布作为示踪物对大气的构造及运动状况进行观测。与此同时还可对云、黄沙进行测量。此外从散射光的偏振情况,还可推断气溶胶的性质。米氏散射激光雷达从烟尘的扩散到同温层的气溶胶,从局部现象到整个地球的规模现象均有广泛的应用。

米氏散射激光雷达的激光源不需要特定的波长,但使用较多的是高能量, Q 开关,脉冲输出 Nd:YAG 激光的基波,二次谐波,三次谐波 (1.06 μm , 0.532 μm , 0.355 μm)。

二、用于气体成分的测定——差分吸收激光雷达

差分吸收激光雷达是利用激光被气体分子的吸收及被气溶胶、大气分子的后向散射两方面的作用效果而设置的。它主要用于大气成分的测定,其中包括水蒸汽、臭氧及大气污染体的空间浓度分布等。差分吸收激光雷达的测量原理是使用激光雷达发出两种波长不等的光,其中一个波长调到待测物质的吸收线,而另一波长调到线上吸收系数较小的边翼,然后以高重复频率将这两种波长的光交替发射至大气中。此时由于激光雷达所测量到的这两种波长光信号衰减差是待测对象的吸收所致,因此通过数据分析,便可得到待测对象的浓度分布,从而达到测量之目的。差分吸收激光雷达光源的选择因为与被测气体的不同的吸收谱线有关,因此,通常采用 YAG 激光泵浦的波长可变的染料激光器。

三、用于气温的测定——拉曼散射激光雷达

从经典电磁理论中可知:分子中电子在光作用下发生极化,极化率大小又因分子热运动而发生改变,引起媒质折射率的涨落,使光学均匀性受到破坏,从而发生光的散射,即拉曼散射。

拉曼散射光的频率是入射光频率和分子振动(转动)的固有频率的联合。由于拉曼散射与温度有关,因此可利用这一性质完成对气温的测量,拉曼散射激光雷达就是利用这一原理而制成的。

利用拉曼散射激光雷达对温度进行测量,即可通过振动拉曼散射实现,也可通过转动拉曼散射来获得。其中后者更适合于低层大气中高精度气温的

测定。在拉曼散射激光雷达中将微弱的拉曼散射光与米氏及瑞利散射光加以分离的分光系统的设计是至关重要的。拉曼散射激光雷达所采用的激光光源通常采用 Q 开关的 YAG 激光的二次谐波 (523nm) 作为光源。

四、用于风速的测量——多普勒激光雷达

当目标与雷达之间存在相对速度时,接收的回波信号的载波频率就要相对原发射信号的载频产生一个频移,即多普勒频移,其表达式为:

$$f_d = 2v / \lambda$$

多普勒激光雷达正是基于这一原理而完成测量风速工作的。在多普勒激光雷达测量风速过程中就其工作方式而言,分为相干方式及非相干方式。通常在对流层风速测定中采用相干方式,而对同温层及中间层风速测定中,通常采用非相干方式,由于激光雷达工作波长短(与微波雷达相比),多普勒频率灵敏度高,故具有极高的速度分辨力,目前其测速范围已做到 0.01—3000m / s。其光源大多采用 CO₂ 气体激光器。

激光雷达在大气测量中的应用除上述各项内容外,还有专门为测量大气中臭氧分布的臭氧激光雷达;有用于测量中间层金属原子层分布 (Na、Li、Ca、Fe 等) 分布的共振散射及共振荧光激光雷达,有用于高度在 30km 以上中间层大气密度,大气波动现象及高层大气气温的测定的瑞利散射激光雷达等。此外还有专门测量云高云厚的激光雷达——云高仪等。

目前用激光雷达对大气进行测量已成为一项成熟的,具有广泛应用领域的技术。随着时代的发展,这一应用将会更加广泛和深入。

