

积灰对光伏发电工程的影响研究

吴野

兴安热电有限责任公司

摘要:随着人们日益增加的能源需求,“能源安全”问题愈加凸显,而由传统能源使用带来的“全球变暖”问题也日渐凸显。可再生清洁的新能源越来越引起社会的重视,而太阳能作为一种取之不尽,用之不竭的洁净能源,因此,如何对其进行合理、有效的开发利用,是当前亟待解决的重要问题。本项目针对积灰对光伏发电工程的作用,通过与清洁光伏组件对比研究,发现积尘对光伏组件的发电功率和发电效率有明显的影 响,并且随着积灰程度的增加,发电功率和发电效率都有明显的降低。

关键词:积灰;光伏发电;发电工程

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2022.09.098

经济学家、社会学家舍尔赫尔曼提出了“阳光型世界经济”这一理念,认为以太阳为原料,以可再生资源为基础,能为世界经济的永续发展,提出长远的战略和对策。因此,对可再生能源的开发与利用,如何使我国的能源工业达到可持续发展水平,是一个非常迫切和具有深远意义的问题。世界上许多国家都十分关注可再生的清洁能源,并将其列为优先发展的方向。太阳辐射能是一种可再生的清洁能源。太阳能发电就是这些能源的一种。太阳能电池因其安全可靠、对环境无污染,是一种非常理想的直流供电方式,电源稳定性能优良。近几年来,利用太阳能电池进行太阳能发电的研究取得了长足的进步,有望成为未来人类能源的重要来源。因此,对该项目进行深入研究是非常必要的。

一、积灰成因研究

1. 灰尘来源

灰尘是由大气沉降、建筑、工业、表层土壤等所形成的一类颗粒物。灰尘有两种源,一是自然来源,二是人为来源。

(1) 自然来源

灰尘的天然污染源是泥土和石头。经历风化作用之后,就成了微小的粒子。灰尘输送是在气动系统中完成的。

(2) 人为来源

灰尘的人为污染源要复杂得多。这些灰尘包括:工业生产中的灰尘、建筑工地的灰尘、车辆的二次灰尘等。

2. 降尘机理

粒径是最具代表性的描述灰尘粒度的尺度。对于球状尘埃粒子,其粒径以其直径表示。但现实中,尘埃颗粒的形态往往是不规则的,测量方法单位一般也用“粒径”,不过,这一次的含义却是另一种。此处包含灰尘的沉降,尤其是与尘粒空气中运动的动力有关,故此处的粒度取斯托克斯粒直径。

根据灰尘斯托克斯颗粒的大小及所受的力形式,可以将其分为两种:一种是重力降尘,另一种是大气飘尘降尘。

1) 重力降尘

重力降尘是指在大气中因重力而落到地表的颗粒物,通常直径大于10微米。虽然重力降尘的能力很大程度上与其本身密度和粒径有关,但自然条件如风、雨和地形等也有影响。

2) 大气飘尘降尘

大气悬浮颗粒物是指在10微米以下,能够在空气中长时间悬浮的尘埃粒子。大气悬浮颗粒物包括盐分颗粒、土壤颗粒、有机颗粒、烟炱和工业烟气颗粒。它们之间存在着交互作用,有的因自身重量或降雨而降落到地表,有的则留在空气中。空气中<100微米的颗粒物在大气中滞留10-30天,并在降雨过程中被有效冲刷,最终沉降到地表或其他物质上。

3. 积灰形成过程

灰尘在自然和人类活动的共同作用下,通过高空风场、风向、风蚀等自然因子,以及传输过程中的障碍物(如山体)、逆温层等,以及人类活动产生的颗粒物,这些物质通过重力降尘和空气悬浮灰尘,在特定的条件下,落到地面、光伏板上的就是灰尘。

二、积灰类型研究

1. 按物理性质分类

灰尘具有很多物理特性,例如颜色、颗粒大小、密度、导电率、导热系数等。其中,灰尘颗粒大小、热导率等物理特性与光电技术有着密切的关系。

灰尘颗粒的大小各不相同,通常是指一种颗粒群体中,各种颗粒的比重,也称为颗粒分散程度。灰尘的粒度对光伏板的阻挡作用也是不一样的,所以根据灰尘的粒度,根据灰尘的粒度可以将灰尘划分为粗灰尘和细灰尘。

不同的灰尘具有不同的热导率,它们的热导率会影

响到光伏板的热平衡,导致积灰光伏板和清洁光伏板的温度会有很大的差别,这会对光伏组件的发电效率造成很大的影响。所以,根据尘埃的导热系数,可以把尘埃划分为强导热尘埃和弱导热尘埃。

2. 按化学性质分类

灰尘的成分比较复杂,有些灰尘具有不活泼的化学性质,如黑碳颗粒、碳酸钙和氢氧化铝粉尘等,有些粉尘本身呈酸性,如硫酸烟雾、光化学烟雾;有些粉尘本身呈碱性,如金属氧化物颗粒、石灰石灰尘、水泥灰尘以及各种道路灰尘等,它们本身为碱性。有学者测试表明,水泥灰尘的pH值为12.0,且含多种金属及 HSO_4^- 离子,石灰石粉尘中还含各种无机元素,路尘中金属盐含量较高,很多路面没有铺设路面会形成碱性灰尘。

灰尘中含有大量的悬浮灰尘,这些灰尘具有很高的吸附性能,能够吸附大气中的有害物质,使之呈现出酸、碱两种状态。尘埃通常包含泥土和其他物质,它可以从空气或物料中吸取水份,并与之水解,产生胶状的、带碱性的氢氧化铝。

同时,灰尘的酸碱度对光伏板的侵蚀效果也不尽相同,腐蚀效果越强烈,光伏板的表面覆盖层损伤就越严重,这将对光伏组件的发电转换效率产生较大影响。所以,根据化学特性,可以将其划分为:酸性碳黑、中性碳黑和碱性碳黑。

3. 按积灰的附着形态分类

从灰尘的物理性质上讲为固态杂质,其形态多为不规则的,多数为有角的,带有灰色、褐色和黑色等色彩,并且有吸水性。在光伏板上有很多灰尘,周围的空气湿度又很高的时候,水蒸气就是水珠,所以灰尘易被水湿润,也易吸附水分。所以,在积灰时,积灰易吸附水分,很有可能在湿度到达一定程度后,沿着光伏板斜坡向下运尘,从而导致积尘的形貌发生变化。

由于尘埃在光伏板上的黏附状况决定了灰尘被吹走的难易程度,以及对光的遮挡程度各不相同,所以可以根据灰尘的黏附形式将灰尘划分为干式灰尘和黏性灰尘。

干松积灰:大多数飞灰粒径较小,极易黏附在光伏组件面板上,造成干燥、疏松、积灰。干松灰的堆积是一种物理作用,灰层中没有任何黏性组分,灰颗粒间呈疏松状,容易被吹走。

黏结积灰:积尘在光伏板的表面,因为下雨、露水等原因,当尘埃颗粒被打湿后,它的吸附能力很强,这些颗粒会将周围的气体吸附到光伏板的表面,因此,它会生成一层很强的粘着灰,干燥之后,它又会变成一层坚硬的晶体壳,附着在光伏板的表面。按擦除的难度可将黏结灰尘划分为强烈黏结灰尘和弱黏合灰尘。

三、积灰对发电效率和功率的影响

建立积灰光伏组件的光学理论模型,并将其与光伏组件的光学解析模型相结合,计算太阳光通过积灰层对光伏组件的透射系数,并在此基础上计算绘制出太阳光透射率随入射角的变化规律。随着灰粒质量的增大,太阳光透射率逐渐降低。在一定的积灰比条件下,随着入射角的增加,太阳透过率呈现出轻微的增加,然后逐渐减小。研究表明,积灰会降低光伏组件的散热能力,降低光伏组件与外界的热交换,这将导致光伏组件的能量转换效率下降。

相对于清洁光伏组件,针对积灰光伏组件进行了热量平衡计算,要考虑积灰的热传导问题,基于太阳能光伏组件的光学和传热学分析模式,建立了积灰光电模块光学和传热学的数学分析模型,在不同角度下,积灰量与太阳光的透射率之间的关系;还得到相应的光伏组件运行温度计算公式,并通过计算光伏组件的工作温度,获得对光伏组件的发电功率的影响。

选取两个相同容量的光伏板进行实验,结果显示,1号光伏板的发电功率在46.12-146.87 W之间,发电效率在9.865%-18.245%之间;2号光伏板的发电功率在46.15-146.77 W之间,发电效率在9.883%-18.266%之间。2片光伏板在5个不同的工作条件下,利用人工撒灰方法测量其中一块光伏板上进行5种不同工况的测试,分别为2.215g/m²、6.285g/m²、17.350g/m²、21.080g/m²、30.192g/m²。

1. 2.215g/m²工况

在清洁及积灰情况下,光伏组件的发电功率随光伏板表面吸收的太阳总辐射量的增加而增加。可见,在光伏组件中,太阳能的辐射对其发电功率有很大的影响。实验结果表明,清洁光伏组件的发电功率在46.88-110.30W之间,平均功率为80.85W;积灰光伏组件发电功率为45.06-105.33W,平均功率为77.36W,而积灰对光伏组件的平均发电量降低4.317%。这表明积尘对太阳能的辐射强度有一定的阻碍作用,进而影响到光伏组件的发电功率。

与积灰光伏组件相比,清洁光伏组件具有较高的发电效率,清洁光伏组件的发电效率在9.390%-14.339%的情况下,其平均效率达到12.268%;积灰光伏组件的发电效率分别为9.060%-13.653%,其平均效率达11.618%,二者之间的平均值差异0.65%,研究结果显示,积灰对光伏组件的发电效率有较大的影响。清洗光伏板背板的温度低于积灰光伏板背板的温度,光伏板清洁后的背板温度为34.69℃,而积灰后的光伏板温度为35.40℃,两者之间存在0.71℃的差异,表明光伏组件上积灰的数量极少,对光伏组件的散热作用并不明显。

2.6. 285g/m²工况

清洁光伏组件的发电功率在46.35-106.58W之间,平均功率为76.40W;积灰光伏组件发电功率41.77-95.80W之间,平均功率为69.43W,由于积灰的影响,光伏组件的平均发电功率降低9.123%。由于光伏板上积灰的增多,光伏组件的发电功率将会进一步降低。

与灰积型光伏组件相比,清洁光伏组件具有9.010%-13.046%,其平均效率达到10.901%;结果表明,积灰光伏组件的发电效率分别在7.946%-11.483%,其平均效率达到9.590%之间,二者之间存在1.311%的差异。灰尘堆积导致光伏组件的能量转化效率降低,且清洁光伏组件的背板温度低于积灰光伏组件的背板温度,清洁光伏组件的背板温度和积灰光伏组件的背板温度分别为36.30℃和36.75℃,二者之间存在0.45℃的差异。

3. 17. 350g/m²工况

清洁光伏组件的发电功率在92.75-147.9W之间,平均发电功率为126.68W;研究表明,积灰光伏组件发电功率61.97-113.34W之间,平均发电功率98.95W,积灰对光伏组件平均发电功率降低21.890%。研究结果表明,随着积灰量的增加,光伏组件的能量衰减也随之增加,积灰量对太阳能辐射强度的影响也越来越大。

清洁光伏组件具有比积灰光伏组件更高的能量转换效率,其发电效率可达12.774%-14.983%,平均效率达到14.106%;实验结果表明,积灰光伏组件的发电效率和平均效率分别为8.406%-9.967%和9.263%,二者之间存在4.843%的差异。由于灰尘沉积在光伏组件上的迅速积累,使得光伏组件的光电转化效率大幅下降。清洁光伏组件的背板温度低于积灰光伏组件,清洁光伏组件的背板温度为27.42℃,有积灰光伏组件的背板温度为28.15℃,二者之间有0.73℃的差异。

4. 21. 092g/m²工况

由于光伏组件模块对太阳光的吸收能力下降,模组所产生的能量也会随之减少。清洁光伏组件的发电功率在63.50-127.30W之间,平均发电功率115.56 W;积灰光伏组件的发电功率为44.86-98.09W,平均发电功率86.50W,由于积灰的影响,其平均发电功率降低了25.147%。这表明积尘对太阳能的辐射强度有一定的阻碍作用,进而影响到光伏组件的发电能力。

与灰积型光伏组件相比,清洁光伏组件具有较大的优势,清洁光伏组件发电效率可达12.620%-15.301%,平均效率达到14.175%;积灰光伏组件的发电效率在7.841%-9.102%之间,平均效率达到8.652%;二者之间存在着5.523%的差异。清洁光伏组件的发电效率变化比

积灰下的光伏组件产生的能量变化更大,说明有较多的灰尘堆积,这对光伏组件的太阳能利用率有很大影响。清洁光伏组件和积灰光伏组件的平均温度分别为25.45℃和26.10℃,清洁光伏组件的背板温度低于积灰光伏组件背板,差值为0.65℃。

5. 30. 180g/m²工况

清洁和积灰的光伏组件模块产生的能量随光伏板的表面辐射量的变化趋势是一致的,但与光伏板所受太阳总辐射量相比,光伏板所产生的能量变化较为平缓。清洁光伏组件的发电功率为60.34~91.35W,平均发电功率为80.83W;积灰光伏组件模块的发电功率约为39.45-58.86W,平均功率为52.34W,由于积灰的影响,其平均发电量降低35.247%。这表明积尘对太阳能的辐射有较大的阻碍作用,进而影响到光伏组件的发电效率。

与积灰光伏组件相比,清洁光伏组件的发电效率和平均发电效率分别为11.863%-14.895%和12.831%;积灰光伏组件的发电效率和平均发电效率分别为6.525%-8.773%和7.284%,二者之间有5.547%的差距。清洁光伏组件的背板温度比积灰光伏组件的背板温度低,清洁光伏组件的背板温度是35.35℃,而积灰光伏组件的温度是36.81℃,二者之间有1.46℃的差异。

结论

随着积灰的增加,光伏组件的发电功率衰减也在不断增加,这说明积尘对太阳总辐射传输的影响日益严重。光伏组件表面积灰,通过改变光伏组件与外界空气的对流,将其转化为光伏组件与灰尘层间的热量交换,从而减少了光伏组件的热量传递。研究表明,太阳辐射的主要为光伏组件工作温度的要因素,也会受到其他因素的影响。随着积灰量的增加,积灰光伏组件和清洁光伏组件的发电效率之差日益加剧。表面积灰越多,导致光伏组件的太阳能利用率降低。

参考文献

- [1]王斌,谭洪卫.上海地区独立住宅分布式光伏发电系统的后评估研究[J].建筑节能.2016,(2):16-17.
- [2]陈会.积灰对光伏系统发电性能影响分析[J].设备监理.2019,(9):37-39.
- [3]裴娜.积灰对光伏发电的影响[J].农村电气化.2017,(4):98-100.
- [4]张翀.天津地区光伏电站发电量影响因素分析[J].资源节约与环保.2018,(1):29-30.
- [5]杨曙姣,班昌东.光伏组件自动清洗机械装置设计[J].电工技术.2020,(23):87-89.