

面向生态环境的光电建筑一体化的研究与应用

曹景富

(郑州大学 基建处,河南 郑州 450001)

摘 要: 光电建筑一体化作为一种利用可再生能源、节能减排的新型建筑形式,得到了发达国家的普遍重视。笔者对面向生态环境的光电建筑一体化的设计与实施进行研究与分析,根据实际的建筑类型和特点,结合当地气候条件,采用光伏发电系统与建筑屋顶花园相结合的方式设计与安装。经实际运行,这种设计方案实现了生态化、光电建筑一体化、雨水回收利用,起到了明显的节能效果。为我国中部地区太阳能光伏建筑的规模化应用提供参考。

关键词: 太阳能;光电建筑一体化;建筑应用;节能减排

中图分类号: TK519

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1671-6833.2012.01.005

0 引言

自上世纪70年代发生能源危机以来,世界各国均把应用开发可再生能源放在了重要的位置。在可再生能源中,太阳能光伏发电是一种极好的替代能源,它的开发利用有利于降低二氧化碳排放,保护环境^[1]。光电建筑一体化应用更是异军突起,美国、日本、中国等都在研究将太阳能发电和建筑相结合的利用形式,并相继开发出光伏太阳能建筑^[2]。

太阳能光电建筑一体化(简称BIPV)是指从规划、设计、施工到使用过程中,将太阳能利用设施与建筑有机结合起来,使光伏发电材料成为建筑体的有机组成部分,将房屋发展成具有独立电源,自我循环的新型建筑形式^[3-4]。

我国已经成为世界第一大太阳能电池生产国,由于我国太阳能资源丰富,开发利用太阳能是提高可再生能源应用比重,调整能源结构的重要手段。我国现有建筑面积约400亿m²,每年新增建筑面积约20亿m²,15年内可增加至300亿m²,光电建筑可使用面积将超过100亿m²。我国能源短缺的问题突出,利用太阳能光电转换技术促进建筑节能具有重要意义。为此,我国实施“太阳能屋顶计划”,加快推进太阳能光电建筑应用对于推进我国建筑节能工作具有重要的战略意义。

郑州大学研究设计出了适合于当地地理特

征、气候状况、建筑风格的太阳能光伏建筑建设模式,在光电建筑与生态结合、可再生资源利用等方面取得了明显的经济效益,为中部地区太阳能光伏建筑的规模化应用奠定了必要的基础。笔者对这一光电建筑一体化方案的设计、实施与运行管理进行综合的分析与介绍。

1 面向生态环境的光电建筑一体化的设计

目前光伏建筑一体化应用方式主要有以下几种:屋顶一体化方式的光电屋顶,墙面一体化方式的光电幕墙,建筑构件一体化方式的光电雨篷、遮阳板、阳台、天窗,光伏LED一体化的光电LED多媒体动态幕墙和天幕等形式^[5]。

郑州地区属暖温带大陆性气候,四季分明,年平均气温14.4℃,7月最热,平均气温27.3℃,1月最冷,平均气温-0.2℃。年平均降雨量640.9mm,无霜期220d,全年日照时间约2300h。郑州大学新校区屋顶可利用面积约3.6万m²,结构强度和日照条件满足系统安装要求。

面向生态环境的光电建筑一体化设计增加了建筑的灵动和生气,将绿色、环保、低碳的可再生能源引入高校校园,是建设节约型校园的重大举措,将带动本地区乃至全国节约型校园建设^[6]。与屋顶一体化的大面积太阳能电池组件,综合使用材料可以节约成本,大大降低单位面积上的太阳能转换设施的成本。

收稿日期:2011-09-21;修订日期:2011-11-15

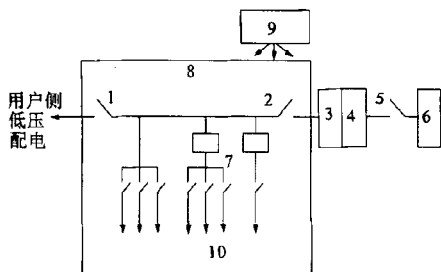
基金项目:河南省科技攻关计划资助项目(102310395)

通讯作者:曹景富(1964-),男,吉林公主岭人,郑州大学副教授,主要从事建筑节能技术研究,E-mail:caojf@zhu.edu.cn.

建筑内配电间有安装逆变器和并网柜的位置,线缆进入校区内路径通畅。可在原有的线路基础上增加太阳能并网发电系统,采取尽量不改造原有回路的原则,将光伏系统的并网点选择在低压配电柜上。

在屋顶安装单晶硅光伏组件,通过一定组合的串联和并联组成光伏组件方阵。经直流配电箱汇流,再由逆变器逆变为交流电,就地接入单体建筑低压配电系统,即发即用,不向上级城市电网送电。由公共电网电力通过既有配电变压器对光伏所发电力与负载用电进行功率平衡。

整个系统主要由以下部分组成:太阳能电池组件、系统保护装置、逆变器、并网柜、监控系统、负载线路等。并网光伏系统构成和电气连接如图1所示。



1—2—隔离开关, 3—保护装置, 4—逆变器, 5—电池隔离开关, 6—太阳能电池组件, 7—漏电保护器, 8—并网控制柜, 9—主控、监测, 10—负载线路。

图1 并网光伏系统构成和电气连接图

Fig.1 Grid-connected PV system and electrical connection

2 光电建筑一体化的实施

根据光电建筑一体化的要求及相关设计规范,结合郑州当地气候与校园具体环境,光电建筑一体化按以下方式与要求进行安装施工,并采取相应的安全措施^[7-8]。

2.1 光伏项目的安装施工

光伏组件的安装施工要求:太阳能光伏组件应设置在周围无遮挡障碍物、无污染源(烟雾、粉尘)、无腐蚀性气体等安全可靠的场所,组件平面朝向正南方。太阳能光伏发电系统可在环境温度 $-40\sim 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内正常使用,其设计安装示意图如图2所示。

太阳能光伏组件要有抵抗最大10级风力的加固措施。组件基座平面应高于屋面或隔热层200 mm,基座的高度偏差不大于5 mm,水平度偏差不大于3 mm/m。太阳能光伏组件的支撑结构需要安装牢固、可靠,并有防锈、防腐措施。

太阳能光伏组件排列方式应便于安装、维护,组件间隔不小于5 mm。组件在机架上的安装应平直,机架上组件间的风道间隙不小于8 mm。组件安装前测试其开路电压、短路电流,将工作参数接近的组件装在同一个子方阵内,并选择额定工作电流相等或相近的组件进行串联。

2.2 光伏组件的安全措施

屋顶栏杆离太阳能光伏组件边缘距离不小于1 m。太阳能光伏电源系统的工作接地、保护接地、防雷接地等单独设置联合接地系统,光伏组件至控制箱(柜)的电源输入馈线端设置防雷电感应装置。

太阳能电池直流侧采用防雷电涌保护器,起到防雷击保护作用。低压配电系统接地型式采用TN-S系统,其中性线和保护地线(PE)在接地点后严格分开。正常情况下不带电,当绝缘破坏有可能呈现电压的一切电气设备金属外壳均需可靠接地。

整个系统通过多种保护,如过/欠压、过流、过载、防雷等保护实现稳定运行。并网光伏系统配备必要的检测、并网、报警、自动控制及测量等一系列功能,具备防止“孤岛效应”的功能,以确保光伏系统和电网的安全。

系统配备逆功率控制保护系统,可根据设定的电流方向与电流大小进行检测,给出相输出信号控制执行机构动作,控制光伏发电系统回路投入或切断并网运行。当出现电流反向倒送电时,光伏发电系统回路切断并网运行,可实现防止逆功率倒送。

3 光电建筑一体化的运行与管理

3.1 运行管理

为保证系统的高效运行需要清洁组件的玻璃表面,每6个月定期进行机械和电气检查,确保组件表面清洁及连接可靠。通过群控器控制各子系统,满足并网条件时并入公共电网;系统故障时切断光伏系统与公共电网的连接;系统正常后,自动控制继续向公共电网供电。

3.2 智能节能监管平台的应用

光伏系统纳入能耗监测平台管理,建立数据监测与远传系统,实现发电总量、发电功率及环境数据的监测与远传。同时可通过先进的监控与显示系统实时监测光伏系统运行状况及数据,确保光伏系统高效、安全、稳定运行。

EMS智能节能监管平台通过在控制器、逆变器等设备嵌入监测仪表,通过CAN总线或RS485通讯的方式将数据上传到监管平台。系统可以监测平行于光伏组件的太阳辐照度、室外温度、光伏

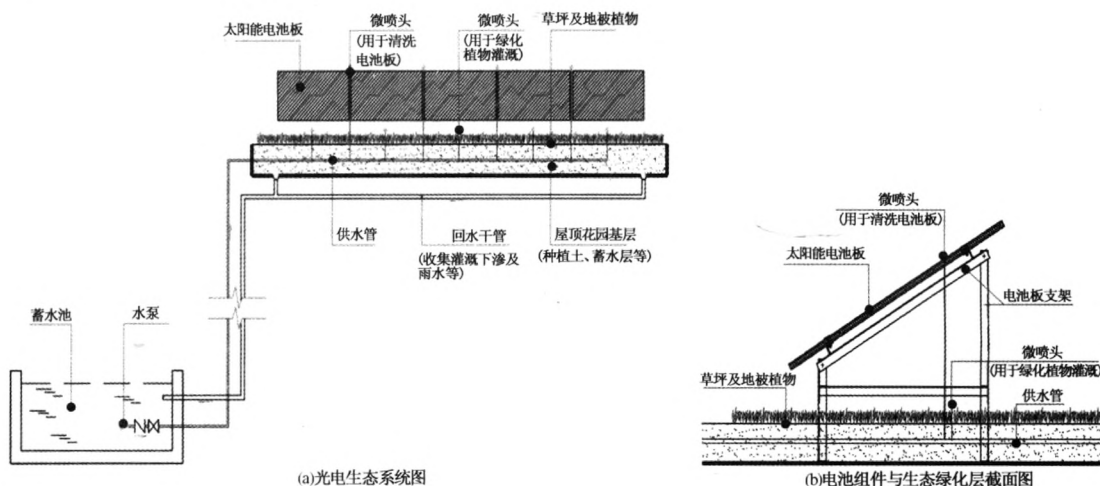


图2 系统的安装设计示意图

Fig. 2 Sketch of system installation design

组件背面的表面温度及发电量等数据,并通过节能监测平台查询辐照度、温度等环境参数和即时功率、发电量等系统运行数据及系统运行状态。EMS 智能节能监管平台界面如图 3 所示。

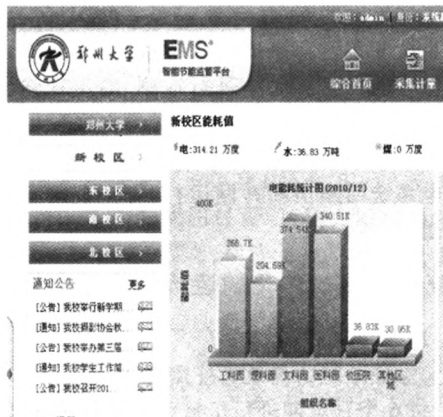


图3 EMS 智能节能监管平台

Fig. 3 EMS monitoring platform of intelligence energy saving

4 光电建筑一体化的实施效果

本光电建筑应用一体化方案采用屋顶花园与太阳能光伏发电一体化相结合的方式。利用电池板的雨水回收喷淋系统对电池板清洗、降温以增加发电效率,同时还对屋顶花园的植被进行喷淋回灌,在充分利用太阳能的情况下,改善建筑室内热环境,创造绿色的生态微循环,如图 4 所示。

屋顶花园与太阳能光伏发电一体化的结合,光伏电站在运行的过程中不产生噪音污染。屋顶

花园不但为师生提供了一个休憩的舒适场所,还是保护生态环境、调节小气候、净化空气、提高绿化覆盖率、降低热岛效应的有效措施。此外,屋顶花园还有保护建筑物,减少日光辐射,降低室内环境温度与湿度,减缓屋顶风速等作用。



图4 光电建筑一体化实景

Fig. 4 Photo of building integrated photovoltaic

本方案采用的光电建筑一体化是光电系统依赖或依附于建筑的一种新能源利用形式,其主体是建筑,客体是光电系统。项目的设计不损害和影响建筑效果、结构安全、功能和使用寿命,通过合理的建筑设计、发电系统设计、结构安全性与构造设计,实现光电系统与建筑的和谐统一。

利用污水处理技术,建立中水回用系统。本着雨污分流、分质处理的原则,主要利用人工湿地和膜生物处理技术,对水质较稳定的废水进行处理。利用现有的蓄积雨水方涵收集雨水并经过相应处理后,经由喷淋系统,可以起到清洗光伏板、灌溉植被的作用。

郑州大学楼顶可用面积约 3.6 m^2 , 如果全部安装太阳光伏发电系统, 装机容量可达 2 MWp , 并网运行时设计年发电量为 $2\,498\,400 \text{ kWh}$, 每年可替代标准煤 999.36 t , 减少 CO_2 排放量 $2\,468 \text{ t/y}$, 减少 SO_2 排放量 20 t/y , 减少粉尘排放量 10 t/y . 这种面向生态环境的光电建筑一体化的设计与实施具有明显的经济与社会效益.

5 结论

结合项目当地的气候特点, 根据实际建筑类型和特点, 采用光伏采光顶与与建筑屋顶相结合的方式设计与安装, 对面向生态环境的光电建筑一体化的设计与实施进行研究与分析, 给出了符合实际的、具有明显先进性的光电建筑一体化的具体安装方法与安全措施、运行与管理方案, 并根据实际运行效果, 分析了其生态化、光电建筑一体化、雨水回收利用以及节能的运行效果. 本光电建筑一体化的设计与实践为我国中部地区太阳能光伏建筑的规模化应用奠定必要的基础, 可作为推广应用的重要参考.

参考文献:

- [1] YOON J H, SONG Jong-hua, LI Sang-jin. Practical application of building integrated photovoltaic (BIPV) system using transparent amorphous silicon thin-film PV module[J]. *Solar Energy*, 2011, 85(5): 723 - 733.
- [2] 牛志恒, 李云鹏. 我国太阳能建筑发展的现状及太阳能与建筑一体化[J]. *中国科技博览*, 2010(17): 7 - 11.
- [3] 杨莹, 李志民. 太阳能光伏建筑一体化(BIPV)系统发电效益评估研究[J]. *郑州大学学报: 工学版*, 2011, 32(3): 48 - 51.
- [4] MARKVART T. *Solar electricity*[M]. John Wiley & Sons, 2000.
- [5] 龙文志. 光电建筑一体化应用方式[J]. *建设科技*, 2009(20): 44 - 47.
- [6] JARDIM C S, RÜTHER R, SALAMONI I T, et al. The strategic siting and the roofing area requirements of building-integrated photovoltaic solar energy generators in urban areas in Brazil[J]. *Energy and Buildings*, 2008(40): 365 - 370.
- [7] 陈维, 沈辉, 刘勇. BIPV 中光伏阵列朝向和倾角对性能影响理论研究[J]. *太阳能学报*, 2009, 30(2): 206 - 210.
- [8] CHENG C L, CHARLES S. JIMENEZ Sanchez, et al. Research of BIPV optimal tilted angle, use of latitude concept for south orientated plans [J]. *Renewable Energy*, 2009, 34(6): 1644 - 1650.
- [1] YOON J H, SONG Jong-hua, LI Sang-jin. Practical application of building integrated photovoltaic (BIPV)

Study and Application of a Building Integrated Photovoltaic System Oriented Ecological Environment

CAO Jing-fu

(Office of Capital Construction, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: Building integrated photovoltaic systems have attracted great interests and attention from the developed countries, which are important manners of regenerated energy utilization, energy saving and emission reduction. Design and practice of a building integrated photovoltaic system that is oriented towards ecological environment are studied and analyzed. Basing on the characteristics and features of buildings and local climate condition, design and assemblage of system are carried out combining photovoltaic power system with building roof garden. It is shown in running that the design achieves ecological transition, building integrated photovoltaic mode, rainwater collection and utilization, and notable energy saving. The system makes necessary foundation and important reference for the large scale application of building integrated photovoltaic system in middle China.

Key words: solar energy; building integrated photovoltaic (BIPV); practical building application; energy saving and emission reduction