

# 离网太阳能发电系统

Applications of Off-grid Solar  
Generation System at 5G Base  
Stations in Alpine Regions

# 在高寒地区5G基站中的应用

郭彦申<sup>1</sup>,李进壮<sup>1</sup>,张 迁<sup>1</sup>,陈美伊<sup>1</sup>,李琳骏<sup>2</sup>(1. 中国人民解放军61095部队,辽宁 沈阳 110005;2. 中国电子科技集团公司第28研究所,江苏 南京 210005)

Guo Yanshen<sup>1</sup>,Li Jinzhuang<sup>1</sup>,Zhang Qian<sup>1</sup>,Chen Meiyi<sup>1</sup>,Li Linjun<sup>2</sup>(1. The 61095 Troops of PLA,Shenyang 110005,China;2. The 28<sup>th</sup> Reserch Institue of China Electronics Technology Group Corporation,Nanjing 210005,China)

## 摘 要:

根据5G基站供电负荷需求及建设要求,针对新疆南部、西藏北部等高寒地区没有市电、气温低、基础设施差等问题,立足目前太阳能电池及备用电池的技术发展,提出高寒地区5G基站采用高效单晶硅太阳能电池与阀控式密封铅碳蓄电池组成的离网太阳能发电系统,同时从能量平衡角度提出机房的辅助加热方案确保机房环境满足运行要求,并论证工程配置计算模型,供电系统选型等关键问题。

## 关键词:

高寒地区;5G基站;单晶太阳能;铅碳电池

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.03.019

文章编号:1007-3043(2021)03-0089-04

中图分类号:E968

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Abstract:

According to the power supply demands and construction requirements of 5G base stations, aiming at the problems of no power supply, low temperature and poor infrastructure in southern Xinjiang, northern Tibet and other Alpine regions, and based on the current technical development of solar cells and backup batteries, an off-grid solar generation system composed of high-efficiency single crystal silicon solar cells and lead carbon batteries are proposed for 5G base station. At the same time, the auxiliary heating scheme is proposed from the perspective of energy balance to ensure that the environment of the machine room meets the operation requirements, and the key issues about calculation model for engineering configuration and selection of power supply system are demonstrated in detail.

## Keywords:

Alpine regions; 5G base stations; Single crystal silicon solar cells; Lead carbon battery

**引用格式:**郭彦申,李进壮,张迁,等. 离网太阳能发电系统在高寒地区5G基站中的应用[J]. 邮电设计技术,2021(3):89-92.

## 0 前言

5G技术在增强移动宽带、海量机器通信及超可靠低时延维度具有优异性能,大量面向未来新业务正在被业界关注,如边缘计算、4K超高清实时视频、远程医疗等,为此,5G部署在全国区域加速推进。5G时代的新频新技术、站点新增和服务器从数据中心下沉基站等新科技将对通信电源产生影响,5G新增功耗对站点整个供电系统提出新挑战。而藏北、疆南等广大区域许多地方没有市电机房等基础设施比较落后,因此,

如何在边疆地区建设安全、可靠的电源系统是5G建设面临的一个重要考验。笔者根据前期高原地区相关经验,讨论在高寒无市电地区建设5G基站的供电问题,并就其关键技术进行论证。

## 1 供电需求及存在的主要问题

### 1.1 5G基站的供电需求

由于需求变化,5G基站耗电量与之前比呈数倍增长,已远远超出预期。根据中国电信及中国移动实测,一频5G设备功耗为同配置4G设备的300%~500%。其中5G BBU功耗约为300 W,AAU在30%带载率下功耗约900 W(峰值功耗为1 200~1 400 W)。各频功耗

收稿日期:2020-12-24

如图1所示,从中可得5G基站实际负荷情况。

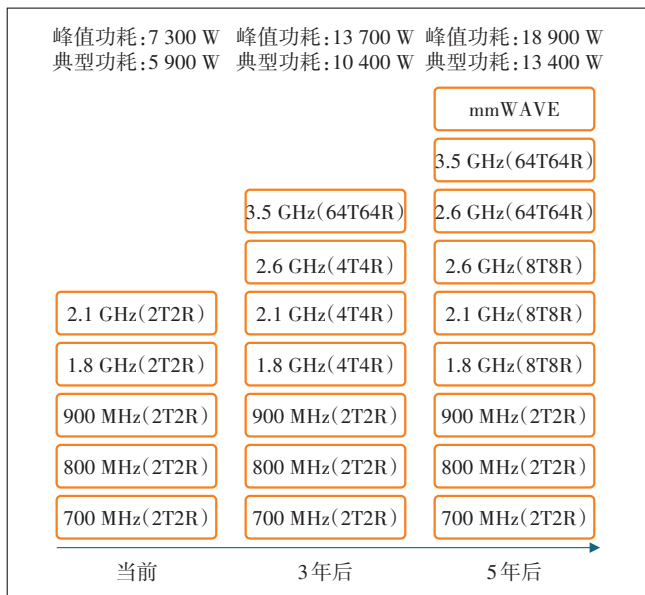


图1 5G基站设备功耗测算

目前典型功率为5.9 kW、峰值功耗为7.3 kW,未来3年当5G FR1部署完成后基站典型功率为10.4 kW、峰值功耗为13.7 kW,未来5年随毫米波及新技术在现有频段的应用,基站典型功率为13.4 kW、峰值功耗为18.9 kW。

## 1.2 高寒地区供电等基础条件状况

我国疆南、藏北等地区地域广漠,基础设施落后,很多地方至今没有市电,不具备市电引接条件或引入市电成本巨大。同时当地太阳能资源丰富,年平均日照时数都在3 200 h以上,当地的居民主要是采用太阳能光伏发电系统解决日常的照明、生活用电。同时由于受高海拔影响,空气稀薄导致气压低,常年温差大、冬季寒冷。毫无疑问在此地区建如此大功耗5G基站的供电系统确实面临挑战。

## 2 高寒地区5G基站的供电模型

### 2.1 供电系统方案

根据现行通信行业通信局(站)电源系统设计规范要求,5G基站的供电系统要满足基站设备、传输设备的不间断供电,同时还要提供一定的可短暂断电的建筑负荷,保证机房温湿度等基础条件。根据上述要求,5G基站的通信负荷近期在8 kW,远期达到20 kW,这已远远超过了传统基站的容量。同时还应解决冬季机房寒冷问题。

针对高寒地区基础条件,考虑建设离网型太阳能

发电系统,靠太阳能发电解决5G基站的供电问题,同时考虑边境地区的特殊状况及太阳能供电的不稳定性,系统具备油机电输入接口。系统由太阳能方阵、太阳能控制单元、AC/DA变换单元、控制单元、储能单元、逆变单元、配电单元和辅助加热几部分组成,标称直流输出电压优先选用-48 V系统,整体构架如图2所示。

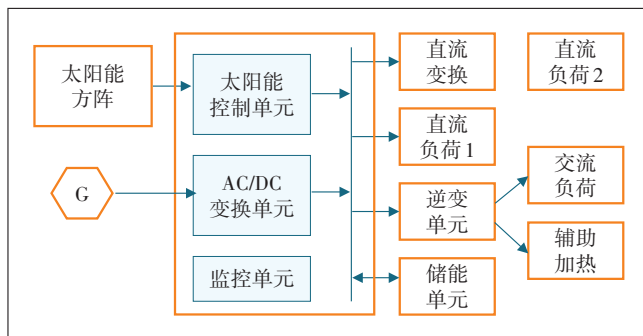


图2 离网型太阳能发电系统构架

太阳能方阵是系统的发电单元,主要功能是把太阳能转换成电能,其核心部件是太阳能电池组件,同时配置支架、直流汇流箱等装置。目前太阳能电池组应优先选用转换效率高的单晶硅太阳能电池组件。

太阳能控制单元主要是把太阳能方阵发的电转换为直流电源,当前太阳能控制单元主要有逐级投入型、脉宽调制型和变换稳压型,其中变换稳压型应用较多。AC/DA变换单元主要是把普通交流电整流转换为-48 V直流电源,以备连续阴雨天数超出常规时间或特殊情况下引接备用油机等。监控单元是整个系统的神经中枢,主要是对太阳能、交流电源输入进行综合管理,对储能单元进行充电、对设备进行供电;实现输出负荷与辅助加热设备通信联动,确保实际负荷与设计负荷出现误差时机房的温度满足要求;实现太阳能控制器及逆变器的通信联络,确保在两者同时工作时不对储能单元过充电。太阳能控制单元、AC/DA变换单元和控制单元应采取一体化、模块化冗余结构。

储能单元是整个系统的能量贮存站,在晚上及连续阴雨天等无足够太阳光情况下放电确保为负载供电。储能设备目前可选的主要有铅酸蓄电池组及磷酸铁锂电池组,铅酸蓄电池组优点是技术比较成熟、可靠性比较高,缺点是有污染、功率密度低、高温时寿命低及低温时容量变小,磷酸铁锂电池优点是功率密度高、寿命长、适合充放电工作方式,缺点是初期成本高,同时在过低环境工作控制电路容易受到保护而直接停止

工作,为此,高寒地区的储能单元应优先选用铅酸蓄电池组,特别是近年新推的阀控式密封铅碳蓄电池组,以其充放电次数寿命长而广泛适用。

辅助加热单元设置主要考虑利用5G基站设备正常工作散发的热量并增加辅助加热设备,解决室内取暖问题。辅助加热单元以阻性为主,通过控制装置实现设备功耗的变化及辅助加热的平衡实现机房温度调节。

## 2.2 供电系统配置模型

5G基站用离网型太阳能发电系统配置模型主要解决设计负荷容量、供电系统配置。

设计负荷容量的确定:5G基站目前峰值功耗为7.3 kW,远期功耗为18.9 kW。考虑到机房照明、插座及保持基础环境需要的能量问题,根据现行国家设计规范测算,其设计负荷容量取基站功耗的1.5~1.8倍为宜,按1.6倍计取,则5G基站的设计功耗近期按不小于11.68 kW,远期功耗不小于30.24 kW设计。

发电系统配置:主要是太阳能方阵、控制单元、整流变换单元及备用蓄电池组配置。太阳能方阵串并联问题、控制器及逆变器配置目前技术成熟,这里主要讨论太阳能方阵、后备电池组配置问题。

太阳能方阵及备用电池组的配置主要与负荷容量、当地日平均日照时数、最长连续阴雨天数及太阳能控制单元的直流允许输入电压等因素有关。现行国标GB 51194-2016附录A给出了太阳能方阵的容量计算方法,但该方法主要是考虑全年太阳能发电量及全年的需求,没有考虑日平均日照时数在不同月份的差异性,没有考虑全年的连续阴雨天数情况,按该模型配置可能导致日平均日照时数长的月份负荷容量过剩,日平均日照时数小的月份及连续阴雨天气时负荷容量不能满足要求,为此,笔者考虑太阳能容量方阵以日平均日照时数为基准进行设计,提高发电系统准确度。

系统配置应同时满足下列条件。

a) 太阳能方阵在1个日平均日照时数内产生电量应满足在连续阴雨天内设备供电需要,并能实现对电池组正常充电。

b) 太阳能方阵功率应与负荷功率及备用蓄电池组的充电功率相匹配。蓄电池组10小时率充电电流远大于负荷电流时正常按20小时率充电,最大充电电流不大于3倍10小时率充电电流。

c) 后备蓄电池组的容量能够满足负荷在一个连续阴雨天内负荷供电要求,标称电压满足直流输出要

求。

d) 太阳能方阵的输出电压应能与太阳能控制器的输入电压要求相匹配。

e) AC/DC变换器的容量满足负荷功率及备用电池的最大充电功率。

f) 容量考虑一定的安全系数,模块化配置要具备冗余功能。

根据上述原则及现行规范要求,配置的铅碳蓄电池组的计算容量模型可简化为:

$$Q_{10} \geq \frac{K \times P \times T}{\mu \times U [1 + \alpha(t - 25)]}$$

式中:

$Q_{10}$ ——蓄电池组的计算容量

$K$ ——蓄电池组的安全系数,取1.25

$P$ ——基站室外设计功耗(W)

$T$ ——后备时间,按最长连续阴雨天取值(h)

$\mu$ ——放电系数,由于连续阴雨天数一般在数天,放电系数取1

$U$ ——太阳能发电系统蓄电池组放电时直流输出电压(单体按1.80 V),-48 V系统的 $U$ 取值43.2 V

$\alpha$ ——电池组温度系数,取0.006

$t$ ——电池机房温度(°C)

则蓄电池组的配置容量为计算容量取整,并参考蓄电池组的容量系列选取,记作 $Q_{P10}$ 。

根据上述原则及现行规范要求,蓄电池组的充电电流按20小时率考虑,则太阳能方阵系统计算容量模型可简化为:

$$P_{\max} \geq \frac{P \times T + \left( \varepsilon \times \frac{Q_{P10}}{20} \right) \times 24 \times U_f \times T_{\max}}{\eta \times \delta \times T_{\max}}$$

式中:

$P_{\max}$ ——太阳能方阵的系统计算容量(W<sub>p</sub>)

$\varepsilon$ ——充电安全修正系数,建议取0.85

$U_f$ ——单体电池的浮充电压,取2.35

$T_{\max}$ ——当地的平均日照时数,查阅当地气象条件

$\eta$ ——太阳能控制器的系统转换效率,参见YD/T 3087-2016

$\delta$ ——太阳能方阵及线路的折损率,一般取0.85~0.95

考虑到通信负荷设计值往往小于实际值,蓄电池组均衡充电的最大电流不允许大于3倍的10小时率充

电电流,为此,蓄电池组容量配置需要校核修正。修正模型 $\Delta$ 为:

$$\Delta = \frac{P_{\max}}{\eta \times \delta \times U} - \left( \beta \times \frac{P}{U} + 3 \times \frac{Q_{P10}}{10} \right)$$

式中:

$\beta$ ——负载系数,考虑通信负荷的设计负荷与实际负荷差距,一般取0.5~0.9

计算 $\Delta$ 值,当 $\Delta$ 大于零时应放大蓄电池组的配置容量,直到小于0为止。

### 2.3 高寒地区工程实施中的特殊要求

高寒地区由于条件环境比较严酷,5G基站供电系统方案配置实施中还应根据实际情况进行修正。首先,由于高寒地区寒冷、空气稀薄,相关器件、设备不同与内地,为此,应选用高原地区专属产品或平原地区产品进行降容处理。其次,应考虑太阳能方阵及备用电池组的安装布置,确保满足供电效果及机房承重要求。最后还应考虑防雷接地及冬季太阳能方阵的自动融雪等问题。

## 3 典型实例

下面以在前期工程中实施的西藏自治区阿里地区某机房工程为例,该机房虽然不是5G基站,但供电需求相近。

基本条件:常年有断续的市电,达不到三类市电标准;机房面积为30 m<sup>2</sup>;机房温度按25℃考虑;海拔高度为4 036 m;日照时数为6.85 h;连续阴雨天数为36 h。

安装传输设备、网络及综合监控供电,总负荷为8 kW,传输设备1 kW为直流负荷,其他为交流负荷。综合考虑,直流负荷48 V/2 kW,总设计负荷为11.2 kW。系统配置如表1所示。

该工程于2017年年初竣工,实际IT负荷正常在

表1 发电系统配置

序号	基本配置	相关参数	备注
1	太阳能方阵	容量112.2 kW <sub>p</sub> ,330块单晶TPN-340,最大开路电压38.2 V,3串110并	控制、变换及逆变等电子设备最终在基本配置基础上降容处理
2	太阳能控制器	输入72~172 V直流,输出43.2~57.6 V直流,变换稳压型,容量100 A×21	
3	高频开关整流	输入380 V交流,输出43.2~57.6 V直流,容量100 A×18	
4	逆变器	输入电压43.2~57.6 V直流,输出220 V交流,容量8 kVA	
5	后备电池组	阀控式密封铅碳蓄电池组,4组48 V/3 000 Ah	
6	辅助加热	阻性,功耗1~6 kW可调	

6 kW左右,比设计负荷略小。系统建成后连续可靠运行,完全满足设备需要,冬天设备运行正常,没有启动过备用油机。

## 4 结束语

高寒地区5G基站离网太阳能发电系统可以很好解决基站供电问题,但是受到太阳光强度、连续阴雨天数等不确定因素制约,为此,该地区预留备用油机电接口也是必须要考虑的因素。同时离网太阳能电站初次投资规模比较大。

### 参考文献:

- [1] 李钟实. 太阳能光伏发电系统设计施工与应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2012:136-145.
- [2] 王其英. 数据中心节能供电系统的规划与设计[M]. 北京:电子工业出版社,2012:13-15.
- [3] 金科,阮新波. 绿色数据中心的供电系统[M]. 北京:科学出版社,2014:17-19.
- [4] 朱雄世. 通信电源技术手册[M]. 北京:人民邮电出版社,2009:25-27.
- [5] 张泉,李震. 数据中心节能技术与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2018:35-42.
- [6] 通信能源目标网白皮书[EB/OL].[2020-10-11]. <https://wenku.baidu.com/view/1c7b5969ad45b307e87101f69e3143323968f50a.html>.
- [7] 通信局(站)电源系统总技术要求:YD/T 1051-2018[S].北京:人民邮电出版社,2018:4-6.
- [8] 通信电源设备安装工程设计规范:GB51194-2016[S].北京:人民邮电出版社,2016:13-15.
- [9] 单晶太阳能参数手册[M].成都:通威太阳能公司,2018:8-12.
- [10] 通信用阀控式密封铅碳蓄电池:YD/T 3426-2018[S].北京:人民邮电出版社,2018:3-13.
- [11] 通信用阀控式密封铅酸蓄电池:YD/T 799-2010[S].北京:人民邮电出版社,2010:3-19.
- [12] 通信用嵌入式光伏太阳能系统:YD/T 3087-2016[S].北京:人民邮电出版社,2016:5-11.
- [13] 刘鹏,南靖. 光伏发电系统在微电网中的应用[J]. 光伏信息,2012(5):46-50.
- [14] 张玉,李福生. 浅议太阳电池在通信工程中应用[J]. 邮电设计技术,2003(5):57.

### 作者简介:

郭彦申,高级工程师,硕士,主要从事信息通信电源及数据中心基础设施的方案论证及工程设计工作;李进壮,教授级高级工程师,硕士,主要从事信息通信电源及数据中心基础设施的方案论证及工程设计工作;张迁,工程师,硕士,主要从事信息通信电源工程设计工作;陈美伊,工程师,硕士,主要从事信息通信电源工程设计工作;李琳骏,工程师,硕士,主要从事信息通信电源及数据中心基础设施集成设计及施工工作。