

光伏离网型阀室电信仪综合装置的技术分析

孟迪 刘彤

(国家管网集团重庆天然气管道有限责任公司)

摘要: 随着中国油气田和油气管网的快速发展,其铺设位置越来越偏远,电网覆盖不足。传统的阀室对电力的依赖已无法满足当前需求。本文研究的光伏离网型阀室电信仪综合装置,可以有效解决这一问题,确保阀室通信、自控等功能正常运行,保障油气管网的安全。

关键词: 阀室; 太阳能电源系统; 油气管网

2025.03.docx
40

0 引言

随着我国油气田及油气管道工程的建设,我国逐渐形成一套完善的油气管网系统。为保证油管道的安全运行,每隔一段距离均需要安装一个阀门,并需确保发生异常情况时及时有效地关闭这些阀门,且将相关参数(温度、压力等)传输至远程监控系统,故需专门用来监控和远程控制的场所,即阀室。

由于油气管网在我国分布广泛,且常位于偏远地区,因此存在电网引电困难、不经济等问题,而阀室的使用依赖电力,阀室的用电需求常常得不到满足,对于油田开发的现状无法适应。

光伏离网型阀室电信仪相比于传统阀室,加入了光伏组件用作电源接入,以解决复杂地理环境及偏远地区的阀室用电问题,降低接入电网的建设成本,促进阀室在油气管网的推广。

1 光伏离网型阀室电信仪综合装置概念与结构

1.1 概念

光伏离网型阀室电信仪综合装置是为克服现有技术不足而提供一种适应于油气田及油气长输管道的阀室,集太阳能发电、配电系统、控制、通信等功能为一体的光伏离网型阀室电信仪综合装置,包括数据采集模块、控制模块、通信模块等部分,可以实现对光伏发电系统的实时监测、远程控制和数据传输。

1.2 结构

光伏离网型阀室电信仪综合装置结构包括阀室主体和设置在阀室主体顶部的太阳能方阵,阀室主体内部空间分为蓄电池室和控制室两个子室,每个子室设置有一个门;控制室内设置有太阳能电源柜、用于与远程监控系统通讯的通信机柜和用于远程终端控制的RTU机柜。具体如图1~图3所示,图中,1为阀室主体;2为太阳能方阵;3为顶支架;11为风机风阀;12为防爆风机风阀;13为蓄电池架;14为灭火器箱;15为电位箱;16为门;17为通信机柜;

18 为 RTU 机柜；19 为太阳能电源柜。

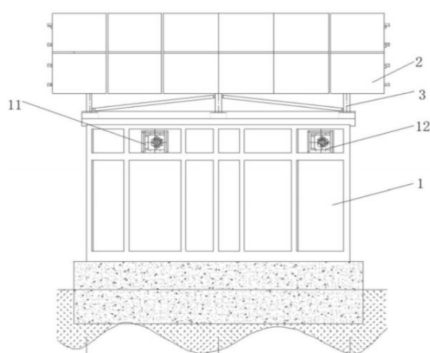


图 1 光伏离网型阀室电信仪主视结构示意图

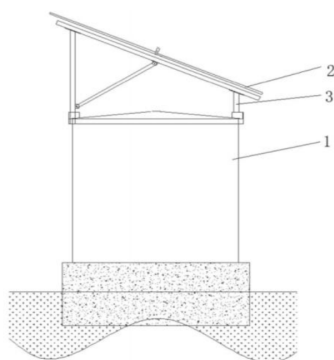


图 2 光伏离网型阀室电信仪侧视结构示意图

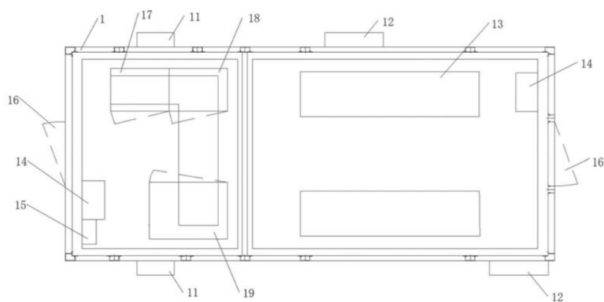


图 3 光伏离网型阀室电信仪控制室与蓄电池室俯视布局示意图

电信仪综合装置由太阳能电源系统进行供电，太阳能光伏组件在综合装置顶部空间进行安装，节省站内空间。

太阳能电源系统包括以下部分：太阳能光伏矩阵；太阳能控制柜；太阳能蓄电池；太阳能光伏发电系统所有辅件。

2 太阳能源系统

2.1 太阳能光伏矩阵

(1) 太阳能装机容量计算

太阳能光伏矩阵选用单晶硅电池组件，容量按以下计算：

$$p = N_s \times N_p \times W_p$$

$$N_s = U / U_{pv}$$

$$N_p = \frac{\frac{P_{wh}}{U \times T_d \times \eta} + \frac{C_{wh}}{U \times T_d \times \eta \times D}}{I_0} \quad (1)$$

式中， P 为太阳能电池极板的总容量，W； W_p 为单块太阳能电池极板功率值，W； N_s 为太阳能电池组件的串联块数，块； N_p 为太阳能电池组件的并联组数，块； U 为系统额定电压，V； U_{pv} 为太阳能电池组件额定电压，V； I_0 为单块太阳能电池组件的峰值电流，A； P_{wh} 为负载日耗电量，Wh； C_{wh} 为在连续阴雨天期间，蓄电池放电的总容量，Wh； T_d 为日照最差季节每天的等效日照时间，h； η 为太阳能电池极板发电量的修正系数，取 0.9。

(2) 太阳能光伏组件要求

光伏组件的表面应是由透光性能好的坚韧的玻璃制成。组件应完全密封，能抵御当地的自然气候，如风沙、潮湿、腐蚀及各种机械方面的损害；最低转换效率不低于 14%，并经权威部门认证；彼此之间应具有电气和机械的可互换性。某一光伏组件需移动和更换时，应无需特殊工具。

光伏组件应满足以下技术要求：

- 1) 符合《地面用晶体硅光伏组件设计鉴定和定

型》(GB/T 9535) 标准；

- 2) 填充系数 >85%；
- 3) 设计寿命 >25 年；
- 4) 工作条件范围广 (-40°C ~ +85°C)；
- 5) 玻璃类型：淬火，低铁，专门用于光伏组件的钢化玻璃，透光率 >95%；
- 6) 边框：表面经阳极处理的铝合金，带有一到两套安装孔和用于接地螺丝安装的中央孔；
- 7) 封装应采用硅树脂密封；
- 8) 输出功率偏差在 ±3% 以内；
- 9) 电气匹配，在直射和散射时都能有效转换；
- 10) 电池作化学处理，减少反射；
- 11) 双备份触点，提高电路的可靠性；
- 12) 层之间的层叠状电路，能防潮、提高稳定性和电气绝缘；

13) 坚韧的多层聚合衬板可耐磨，防破损和防潮。

(3) 接线盒及汇流箱

接线盒用于光伏组件互连组成的子方阵间的接线连接，汇流箱用于该子方阵到控制柜的连线。

接线盒及汇流箱应采用密封结构，满足室外使用要求，应有防腐、防锈、防暴晒等措施，防护等级不低于 IP67。如果采用金属箱体，应可靠接地；如果采用绝缘高分子材料加工的，所选用材料应有良好的耐候性。

接线端子设计应保证电缆可靠连接，有防松动零件，对既导电又做紧固用的紧固件，采用铜质零件。

每个光伏组件的接线盒内至少带有 1 个旁路二极管，以减少功率损失或局部阴影而引起的损害，旁路二极管额定值高于 400V，设计中考虑 30% 以上的降容。

汇流箱应具有下列保护功能：

- 1) 设置防雷保护装置；
- 2) 输入回路具有防逆流及过流保护；防逆流保护装置通过电流的容量大于标准测试条件下该串联组

短路电流的 150%，峰值反向电压至少为该串联组开路电压的 2 倍；

3) 输出回路有隔离保护措施。

(4) 太阳能光伏组件支架

光伏支架结合工程实际选用材料、设计结构方案和构造措施，保证支架结构在运输、安装和使用过程中满足强度、稳定性和刚度要求，并符合抗震、抗风和防腐等要求。光伏方阵的结构设计保证组件与支架的连接牢固可靠，并能很方便地更换光伏组件。光伏方阵及支架必须能够抵抗 60m/s 的风力而不被损坏，保证在最大风速时太阳能板和固定支架的可靠稳定，当现场风速超过 25m/s (含)，并且风向主要来自北侧时，在太阳能固定支架背部应提供导风板，防止由于现场风速过大对太阳能电池板产生的不良影响。

支架安装在一个固定的角度，以使光伏方阵在设计月份中能够获得最大的辐照量。

支架材料应是热镀锌钢材或表面经阳极氧化处理的铝合金材料制成。热镀锌钢材镀锌层平均厚度不应小于 55μm；铝合金阳极氧化膜的最小厚度应符合表 1 的规定。当铝合金材料与除不锈钢以外的其他金属材料或与酸、碱性的非金属材料接触、紧固时，应采取隔离措施。

表 1 氧化膜的最小厚度

| 腐蚀等级 | 最小平均膜厚/mm | 最小局部膜厚/μm |
|------|-----------|-----------|
| 弱腐蚀 | 15 | 12 |
| 中等腐蚀 | 20 | 16 |
| 强腐蚀 | 25 | 20 |

2.2 太阳能控制柜

2.2.1 配电单元技术要求

1) 交流输入：单相三线制 220V，电压允许变动范围为 198~242V；输入频率变动范围为

50Hz±2Hz。交流输入电压超过上述范围但不超过额定值的±25%时，系统应可降额使用。

预留输入1路交流电源（柴油发电机功率15kW/220V）。

2) 交流配电单元应具备测量电流、电压的功能，具有欠压、缺相、过压告警功能。

2.2.2 直流配电单元技术要求

1) 太阳能控制柜带交直流出线回路。

2) 直流电压输出标称电压为24V DC，直流电源输出电压的可调整范围为21.6~28.8V。系统的直流输出电压值在其可调范围内应连续可调。

3) 系统的稳压精度应优于±1%。

4) 系统直流输出端的电话衡重杂音电压应≤2mV。

5) 系统直流输出端在0~20MHz频带内的峰-峰值杂音电压应≤200mV。

6) 直流配电部分电压降不应超过500mV（环境温度20℃）。

7) 蓄电池管理功能，系统应具有能接入2组蓄电池的装置。

系统应具有对蓄电池进行均充充电及浮充充电状态手动或自动转换的功能。系统应根据蓄电池环境温度，对系统的输出电压进行温度补偿。

在蓄电池放电及均充时，系统应具备对蓄电池容量进行估算的功能。

系统应具备蓄电池单体电压管理功能。

8) 具有直流输出分路。在直流分配盘上应装有二极的带告警触点的断路器，并且要有足够的断路器。

直流配电模块的主回路、电池回路和负载回路应分别装有分路器，可分别测量总电流，电池充放电电流和负载分路电流，并采用数字显示。

9) 并联工作性能。系统中的整流模块应能并联工作，并且能按照比例均分负载（负载为50%~100%额定输出电流时），其不平衡度应优于直流输出额定

电流的±5%。

当其中一块整流模块出现异常时，应不影响电源系统的正常工作。

2.2.3 整流模块性能要求

(1) 直流输出电压可调节范围及工作方式

直流电压输出标称电压为24V DC，直流电源输出电压的可调整范围为21.6~28.8V。整流模块的直流输出电压值在其可调范围内应能做到手动或由监控电路（系统监控单元）控制连续可调。

整流模块在稳压工作的基础上，应能与蓄电池并联以浮充、均充及蓄电池放电测试工作方式向通信设备供电。

可以根据电池特性、只数及系统电压要求设定浮充电压、强充电压、均充电压和电池放电试验电压。浮充工作方式时直流输出工作电压的范围应为其标称值的95%~117%，均衡工作方式时直流输出工作电压的范围上限值应为其标称值的120%。

(2) 均分负载（并机工作）性能

整流模块应能并机工作，并机工作时整流模块自主工作或受控于系统监控单元时，应做到均分负载。在单机50%~100%额定输出电流范围内其均分负载的不平衡度应不超过直流输出电流额定值的±5%。

(3) 直流输出电流的限制或输出功率限制性能

整流模块应具有直流输出电流的限制性能，限制电流范围可在其标称值的105%~110%之间，当整流模块直流输出电流达到限流值时，整流模块以限流值输出。

对于恒功率整流模块，当整流模块直流输出功率达到恒功率值时，整流模块应以限功率方式输出。

整流模块的直流输出电流除了限流性能外，还应有短路的自动保护性能，当故障排除后，整流模块应能自动恢复工作。

2.2.4 过、欠电压保护

(1) 交流输入过、欠电压及缺相保护

整流模块应能监视电网电压的变化，当交流输入电压值过高或过低时，整流模块应具备以下保护功能：当电网输入电压过高时，整流模块应具有过电压关机保护并告警的功能，当电网电压恢复正常后，应能自动恢复工作。过压保护电压的设定不应低于额定电压值的 115%（单相 ≥ 253V）。

当电网输入电压过低时，应具有欠压保护并告警的功能；当电网电压恢复正常后，应能自动恢复工作。

欠压保护电压的设定不应高于额定值的 80%（单相应 ≤ 176V）。

三相电压输入且电网出现缺相时，整流模块应具有缺相保护功能并告警，当电网电压恢复正常后，应能自动恢复工作。

(2) 直流输出过、欠电压保护

整流模块直流输出电压的过、欠电压值应根据需求设定，当整流模块的直流输出电压值达到过压限定值时，应能自动告警与自动关机保护，故障排除后应能人工恢复工作；当整流模块的直流输出电压值达到欠压限定值时，应能自动告警，故障排除后应能人工恢复工作。

2.2.5 熔断器（或断路器）保护

整流模块为限定某些故障的进一步扩大，主电路应设有熔断器（或断路器）保护性能。

2.2.6 整流模块技术指标

当整流模块的交流输入电压波动范围在其额定值的 85%~110% 的上限值或下限时，整流模块应能正常工作。

其他参数指标如功率因数与效率、杂音电压、负载效应等均应满足规范 YD/T731《通信用高频开关整流器》中的要求。

2.3 太阳能蓄电池

蓄电池容量计算执行 GB/T 33766《独立太阳能

光伏电源系统技术要求》最新规范要求，其计算公式如下：

$$B_c = \frac{A \times Q_1 \times n \times T_0}{U \times \text{DOD}} \quad (2)$$

式中， B_c 为蓄电池组容量，Ah； A 为包括电控制器、逆变器及交流回路损耗的安全系数，取 1.1~1.4； Q_1 为日平均负载用量，Wh； n 为自给天数，7 天； T_0 为温度修正系统，暂按 1.0 计； U 为直流系统额定电压，V；DOD 为最大允许放电深度，0.8。

3 结束语

近几年来我国油气管道建设进入峰值。油气网络的所处的位置也愈来愈偏僻，电网也越来越难以触及。但阀室的使用依赖电力，光伏离网型电信仪综合装置正解决了这一问题，保证了阀室的电力需求，保障了油气安全运行。

参考文献

- [1] 倪士民，胡雅妮. 太阳能光伏发电在油气管道企业应用领域探索研究 [C]. 第 33 届全国天然气学术年会（2023）论文集（05 新能源及节能减排），2023：452-455.
- [2] 陈健. 太阳能光伏发电系统在油田设计中的应用策略 [J]. 中国设备工程，2023（16）：81-83.
- [3] 黄春芳. 太阳能在油气管道中的运用 [J]. 油气田地面工程，2012，31（11）：8-10.
- [4] 朱益飞，周亮，耿雷，等. 光伏发电系统在油田的应用分析 [J]. 石油石化节能，2014，4（4）：49-51.
- [5] 董飞. 光伏储能供电系统在天然气管道阀室的应用 [J]. 石油石化节能，2022，12（8）：23-26.

（收稿日期：2024-06-09）