

# 基于光伏自循环无源无线电缆沟智能盖板

石泽耀, 张建成, 张国良, 吴刘锁, 罗剑飞, 王志刚, 颜勇, 武春生, 张一凡, 石长江, 常炜  
北京南瑞怡和环保科技有限公司, 北京

收稿日期: 2023年11月16日; 录用日期: 2023年12月19日; 发布日期: 2023年12月27日

## 摘要

随着保障电网安全稳定的运行变得越来越重要, 通过对现有盖板的分析结论, 针对现有变电站(换流站)电缆沟缺乏环境监测装置, 电缆沟环境复杂, 电缆及通讯线杂乱, 电缆沟巡检难度大等问题, 开发研制一种智能无源无线光伏储能智能电缆沟盖板。

## 关键词

变电站, 电缆沟, 智能, 盖板

# Smart Cover for Passive Wireless Cable Trench Based on Photovoltaic Self-Circulation

Zeyao Shi, Jiancheng Zhang, Guoliang Zhang, Liusuo Wu, Jianfei Luo, Zhigang Wang, Yong Yan, Chunsheng Wu, Yifan Zhang, Changjiang Shi, Wei Chang

Beijing Nanrui Yihe Environmental Protection Technology Co., Ltd., Beijing

Received: Nov. 16<sup>th</sup>, 2023; accepted: Dec. 19<sup>th</sup>, 2023; published: Dec. 27<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

With the increasing importance of ensuring the safe and stable operation of the power grid, an intelligent passive wireless photovoltaic energy storage intelligent cable trench cover plate has been developed based on the analysis and conclusion of the existing cover plate. In response to the lack of environmental monitoring devices, complex cable trench environment, disordered cables and communication lines, and difficult cable trench inspection in existing substations (converter sta-

文章引用: 石泽耀, 张建成, 张国良, 吴刘锁, 罗剑飞, 王志刚, 颜勇, 武春生, 张一凡, 石长江, 常炜. 基于光伏自循环无源无线电缆沟智能盖板[J]. 仪器与设备, 2023, 11(4): 405-410. DOI: 10.12677/iae.2023.114053

tions), an intelligent passive wireless photovoltaic energy storage cable trench cover plate has been developed.

## Keywords

Substation, Cable Trench, Intelligence, Cover

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## 1. 引言

随着国家经济的高速发展和人们对于生活条件的不断提高,对电力的需求也日益增长。电力作为人们生活及工业发展的核心基础,保障电网安全稳定的运行至关重要。而变电站承担着社会供电、推动经济发展的重要任务,一旦发生火灾,将造成巨大的经济损失和社会影响。

电缆沟作为变电站地下设施,内部电缆错综复杂,其中的电缆长期处于运行状态,导致电缆沟内普遍存在温湿度高的问题,严重影响了电力设备的正常运行和使用寿命。针对电缆沟的恶劣环境等难题,本文从电缆沟的现状出发,针对各项难题,提出电缆沟盖板设计及技术措施等方面的问题并给出解决措施,减少电缆沟安全隐患,保证电缆沟安全稳定运行。

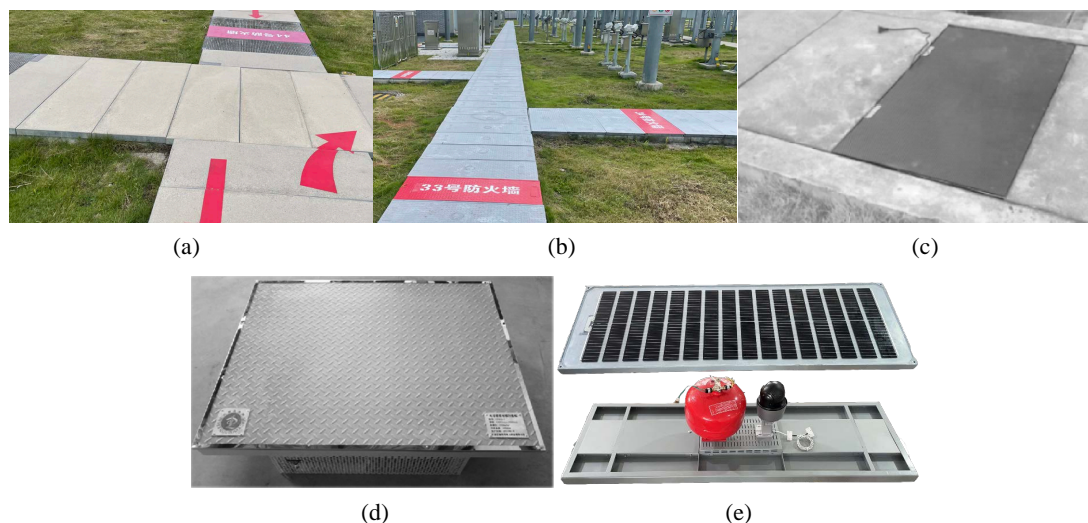
## 2. 电缆沟智能盖板对比

目前电缆沟盖板主要为普通的混凝土盖板或复合纤维盖板(如表 1, 图 1),缺乏监测手段,智能化水平较低,人工巡检难度大,针对目前电缆沟盖板存在的问题本文提出了改进措施,研发了一款适用与变电站的模块化电缆沟智能盖板,有利于推进电缆沟安全稳定运行。

Table 1. Cable trench cover plate

表 1. 电缆沟盖板

电缆沟盖板	类型	优势	缺点
普通盖板	混凝土盖板	具备应用广泛,成本低的特点	重量重,难开启,防火能力不足[1]
	复合纤维盖板	近些年新型电缆沟盖板,具备重量轻,盖板间接合密闭性高[2]	结构简单,数字化水平低,产品加工难度大
智能盖板	智能轻便电缆沟盖板	添加各种传感器设备的电缆沟盖板,大大增加设备的数字化水平[3]	设备需外接电源,现场安装困难,设备不具备防水功能
	电动智能电缆沟盖板	自动升降智能电缆沟盖板,解决了人工开启的问题,增加通风装置可解决电缆沟温湿度过高的问题[4]	盖板本身重量较重,难安装,外接电源困难,设备不具备防水功能
	无源无线电缆沟智能盖板	加装极早期火灾探测及红外摄像头等设备,并通过光伏+电池供电方式实现整体无源无线设计,降低施工难度,增加站内数字化、可视化水平	重量较重、光伏表面需要定期维护



**Figure 1.** Cable trench cover plate. (a) Concrete cover plate; (b) composite fiber cover plate; (c) intelligent and lightweight cover plate; (d) electric smart cover plate; (e) passive wireless smart cover plate

**图 1.** 电缆沟盖板。(a) 混凝土盖板；(b) 复合纤维盖板；(c) 智能轻便盖板；(d) 电动智能盖板；(e) 无源无线智能盖板

### 3. 电缆沟智能盖板设计思路

在实地踏勘了交流站及换流站后，根据电缆沟的内部环境总结出电缆沟目前存在的问题及对策(表 2)。为了实现电缆沟智能盖板的设计，针对以上各种盖板的对比结果，提出了盖板设计的关键控制点，制定了措施，指导电缆沟智能盖板的设计。

**Table 2.** Countermeasures for intelligent cover plate of cable trench

**表 2.** 电缆沟智能盖板对策表

关键控制点	对策	目标	措施
电缆沟传感器安装布线困难	采用无线的方式进行供电安装，摆脱电缆沟拉线的困难	优化盖板内部及系统布局，确保无线信号传输及系统稳定	增加无线模块，并将通讯信号引出
设备的防水能力提升	设计传感器的保护结构，增强防水能力	智能盖板整体防水等级达到 IP67	电池通过灌胶密封处理；传感器采用烧结滤芯的结构防水，整体接线均采用防水接头
光伏板抗压强度的增强	增加光伏板底部支撑结构	均布载荷 $\geq 25 \text{ kN/m}^2$ ，残余变形 $\leq 0.5 \text{ mm}$	光伏板底部采用真块钢板结构作为支撑，钢板下层做“田”字骨架与钢板焊接固定成一体
盖板外观优化处理	根据图纸组装各种功能设备，对传感器等设备进行隐藏性布置	盖板整体结构美观整齐，与原盖板之前无较大差异	整体厚度为 50 mm，并采用喷塑处理，颜色可选。

### 4. 智能盖板设计

针对以上存在的问题，对电缆沟盖板进行了整体的设计，增加了电缆运行环境状态感知，提高了电缆沟整体的安全性[5]。如图 2 所示，电缆沟智能盖板包括盖板本体，光伏发电部分、智能全状态感知系统及装置(包括环境传感器、极早期火灾探测传感器、红外夜视摄像头、无线传输模块)。其结构图及布置图如下图 3 所示。

电缆智能盖板本体采用钢筋骨架结构，其承载力及抗冲击强度均高于水泥盖板。智能盖板可通过有夹胶玻璃中间的光伏发电部分发电，并将电量通过光伏控制器储存在盖板背面的大容量电池内，作为阴雨天负载设备的稳定运行。其中环境传感器可感知电缆沟内的温湿度，避免电缆沟内温湿度过高影响电缆的运行故障。并装备有极早期火灾探测器安装在智能盖板背面，可通过检测线缆受热、熔融、解聚所释放的低浓度自由状态粒子判断线缆故障点，在视觉可见烟雾产生前发出报警信号。红外夜视摄像头可实现电缆沟远程巡检，通过软件的操作，可实时调节摄像头俯仰和水平摆动，可实时发现电缆沟内实际情况及小动物侵入情况。

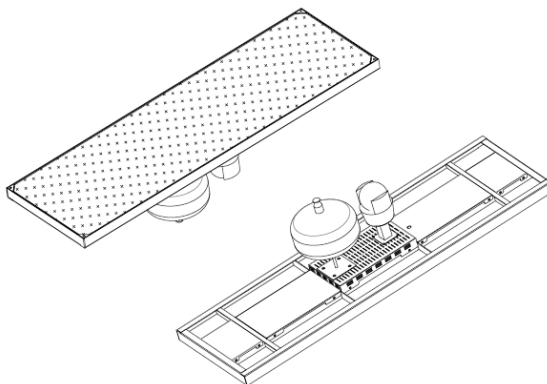


Figure 2. Overall schematic diagram of intelligent cover plate  
图 2. 智能盖板整体示意图

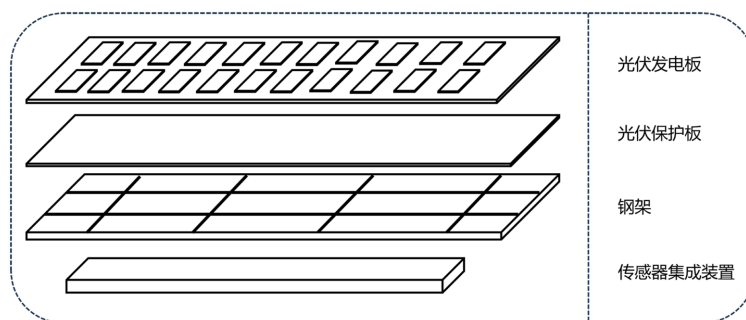


Figure 3. Intelligent cover plate structure diagram  
图 3. 智能盖板结构图

盖板本体包括光伏板及钢筋骨架承重结构，光伏板内置于钢筋骨架上，钢筋骨架采用不同尺寸角钢、钢筋、扁钢焊接而成。为增强智能盖板的承重载荷能力，骨架上方平铺焊接 2 mm 厚钢板作为光伏板支撑及结构增强。经测试获得检测报告均布载荷  $25 \text{ kN/m}^2$ ，残余形变量为 0.43 mm。

此外，光伏发电板采用新型两面透明材料内夹接光伏片而成，此种结构在不降低透明度的情况下可有效提高光伏板的抗压能力及承载能力。透明材料相比于传统光伏透明材料性能更好，新型透明材料采用特种塑料，具有透明度高  $> 90\%$ ，强度大，耐磨性能好、寿命长等优点，允许形变量为 2 mm。

智能盖板通过内置各种传感器可有效监测电缆沟内的温湿度、水位及可燃气体环境信息。环境信息可通过红外夜视摄像头监测电缆沟内的环境信息和异物侵入。各传感器根据设置不同采集时间，基于无线控制主板实现数据存储，间隔 30 min~60 min 上传一次数据，异常情况立即报警。同时，传感器可接受系统下发的控制指令，实现设备自巡检等功能。传感器种类可根据电缆沟实际情况安装，温湿度/水浸异常情况下可通过后台输出信号，联动风机、水泵等装置解决相关问题。环境传感器均采用无线传输的方

式，可通过无线传输模块将采集信息发送至环境监测主机。电缆沟智能盖板实际应用效果图如下图 4。



Figure 4. Actual application effect of intelligent cable trench cover plate  
图 4. 电缆沟智能盖板实际应用效果图

### 5. 智能盖板无线数据采集传输系统

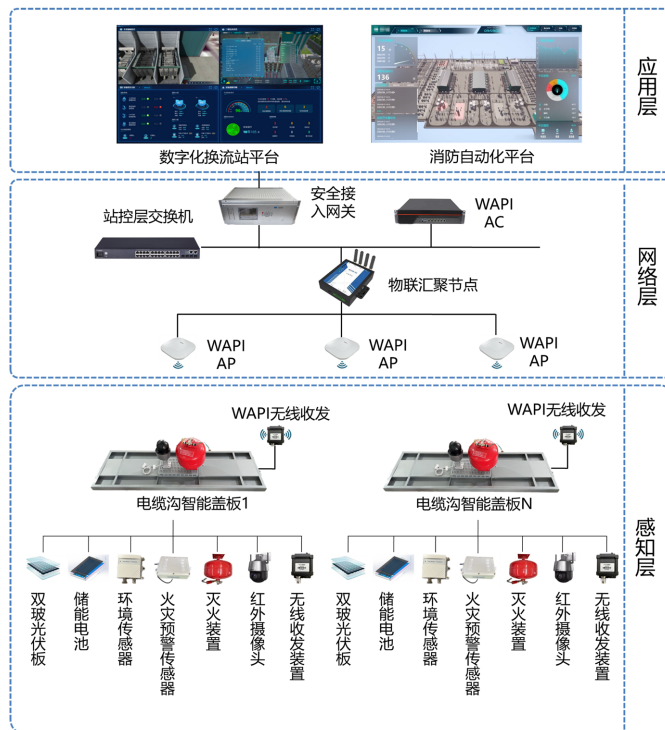


Figure 5. Architecture diagram of data collection system  
图 5. 数据采集系统架构图



变电站内智能盖板方案采用无线自组网形式,符合国网设备部关于变电站(换流站)无线局域网建设的相关要求。智能盖板传感器及摄像头通过 WAPI 网络将信息接入电缆沟管控平台主机,预留接口(RJ45、104 协议)可将信息接入站内变电站智能巡视系统。根据站内需求可上传至数字化换流站平台。

WAPI 网络建设范围包括无线接入节点(AP)、接入控制器(AC)和认证服务器(AS)。WAPI AP 是无线宽带接入网的接入节点设备,设备均匀布置(空旷区域监测半径 50~80 m)以保证覆盖电缆沟智能盖板所在区域。

通过主控楼机房内安装电缆沟消管理控制柜,内置消防管理主机、KVM、硬盘录像机、服务器、交换机等设备,实现电缆沟数据接收、信息上传、联动设计等功能。如图 5,消防管理主机连接站内无线网安全接入平台,实现电缆沟智能盖板实时信息接收、智能巡检等功能;电缆沟视频监控信息通过硬盘录像机实时存储,通过消防管理主机实现视频监控实时唤醒、信息联动等高级功能。消防管理主机通过系统服务器接入电缆沟可视化系统,实现沟内实时运行状态监视、运维管理、应急处理。消防管理控制柜可接入电缆沟火灾报警信息,当发生火灾时联动所在区域电缆沟盖板视频监控,快速确认火情。同时,当环境传感器异常后,消防管理控制柜可自动联动开启站内风机/水泵等系统。

## 6. 总结

本文研制的电缆沟智能盖板实现了整体无源无线设计,搭建了电缆沟环境感知平台,通过将智能盖板信息接至站内智能巡视系统,实现电缆沟环境监测、早期预警、视频巡检等高级功能。电缆沟智能盖板增加了电缆沟中电缆安全稳定运行监测手段,可以及早发现电缆沟异常,避免火灾事故,提高了电缆运行安全稳定性,促进电力安全稳定发展,具有较高的应用价值。

## 参考文献

- [1] 杨波,王丹,左颖,等. 变电站电缆沟盖板移动装置的应用[J]. 工程技术, 2016(11): 164.
- [2] 徐焕明. 浅谈配网新型电缆沟盖板的应用分析[J]. 河南科技, 2013(15): 61.
- [3] 洪庆宏. 变电站智能轻便式电缆沟盖板的研制[J]. 电工技术, 2018(19): 102-104.
- [4] 杨玉龙,郝文海. 电动智能电缆沟盖板的应用[J]. 电工技术, 2020(24): 92-93+104.
- [5] 葛青青,王笑棠,间东. 变电站电缆沟盖板在智能机器人巡检中的应用与技术分析[J]. 自动化应用, 2018(1): 142-143.