

工业厂房 BIPV 系统屋面技术与研究

Roofing Technology and Research of BIPV System in Industrial Workshop

李为民¹ 叶少丹²Weimin Li¹ Shaodan Ye²

1. 广州穗开电业有限公司 中国·广东广州 510000

2. 九州能源有限公司 中国·广东广州 510000

1. Guangzhou Suikai Electric Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

2. Jiuzhou Energy Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

摘要: 高速发展的光伏行业, 光伏与建筑一体结合越来越密切, BIPV 系统引进在民用建筑及。论文对于本方案为建筑与光伏系统相结合, 压型钢板定制配套, 屋面是压型钢板与光伏组件组成一个 BIPV 系统屋面, 光伏板是屋面的一层, 另外对相关构件进行抗风性能分析和经济性问题进行了讨论。

Abstract: The introduction of high-speed photovoltaic system is more and more closely integrated with the development of civil photovoltaic industry. In this paper, the scheme combines the building and photovoltaic system, and the profiled steel plate is customized. The roof is a BIPV system roof composed of profiled steel plate and photovoltaic modules. The photovoltaic plate is the first layer of the roof. In addition, the wind resistance performance analysis and economic problems of relevant components are discussed.

关键词: 光伏建筑一体化; 专用压型钢板; 铝合金专用支座; 抗风性能; 经济性

Keywords: photovoltaic building integration; special profiled steel plate; special support for aluminum alloy; wind resistance; economy

DOI: 10.12346/etr.v4i7.6655

1 引言

光伏与建筑的结合有两种方式: 一种是建筑与光伏系统相结合; 另外一种则是建筑与光伏器件相结合。本方案为建筑与光伏系统相结合, 压型钢板定制配套, 屋面是压型钢板与光伏组件组成一个 BIPV 系统屋面, 光伏板是屋面的一层。

2 BIPV 特性简介

光伏建筑一体化 (Building Integrated Photovoltaics, 简称 BIPV) 指在建筑外围护结构的表面安装光伏组件提供电力, 同时作为建筑结构的功能部分, 取代部分传统建筑结构如屋顶板、瓦、窗户、建筑立面、遮雨棚等, 也可以做成光伏多功能建筑组件, 实现更多的功能, 如光伏光热系统、与照明结合、与建筑遮阳结合等^[1]。

3 一种工业厂房 BIPV 系统屋面

①专用压型钢板: 新建工业厂房根据光伏组件宽度定制 180° 咬合型压型钢板型号, 这里采用 1038mm 宽光伏组件, 22mm 宽铝合金压码, 因此采用波峰间距为 1060mm

的 180° 咬合型压型钢板, 压型钢板厚度 0.65mm, 材质 Q355B, 表面处理镀锌含量不低于 AZ150g/m² 的原色压型钢板, 直立锁边工艺是通过带肋的金属板互相咬合, 从而达到防水目的的一种屋面系统, 保证了力学性能及户外防腐^[2]; 其主要结构形式是: 在工业厂房门式钢架安装檩条, 安装连接固定支架安装压型钢板, 最后用电动锁边机将屋面板的搭接边咬合在一起, 如图 1 所示。

②铝合金专用支座: 专用支座采用铝合金材质采用 6063-T5/ 阳极氧化, 分左支座和右支座, 通过工厂开模, 铝合金生产通常 6m 长构件, 再加工成 80mm 长构件及侧边钻 2-10 通孔; 支座安装, 通过螺栓固定在压型钢板 180° 直立锁边瓦楞; 平行于瓦楞方向支座间距 1000mm、1104mm、1000mm, 按顺序安装, 支架安装后, 安装光伏组件, 组件通过 M8 不锈钢内六角螺栓及铝合金中压码及边压码固定组件, 压码长度 75mm, M8 不锈钢内六角螺栓通过铝合金螺母滑块进入铝合金专用支座槽内卡紧, 保证这个光伏系统可靠稳定, 如图 2、图 3 所示。

【作者简介】李为民 (1968-), 男, 中国广东梅州人, 本科, 工程师, 从事以光伏、储能、蓄冷等为核心的新能源电力工程技术方面研究。

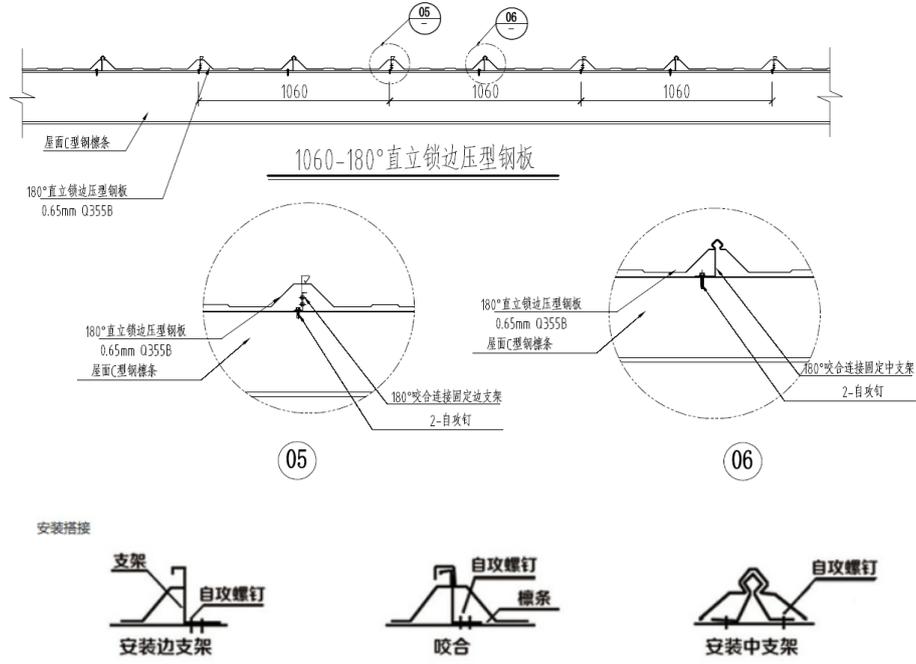
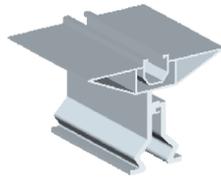
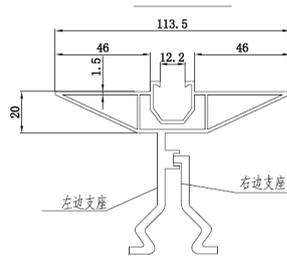


图 1 180° 咬合型压型钢板



铝合金专用支座三维图



铝合金专用支座(L=80mm)

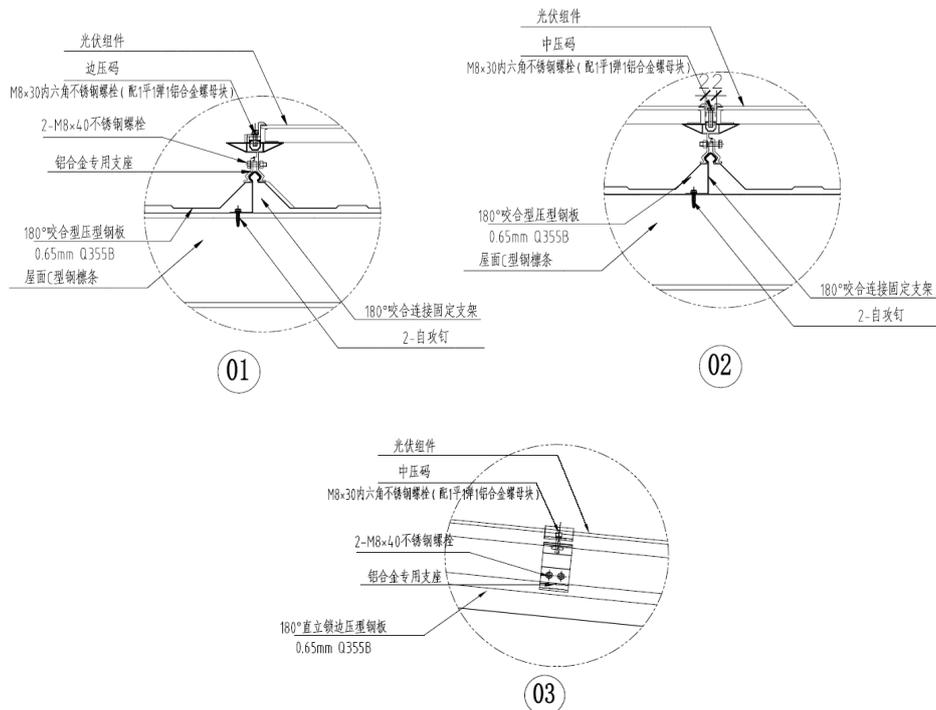


图 2 铝合金专用支座

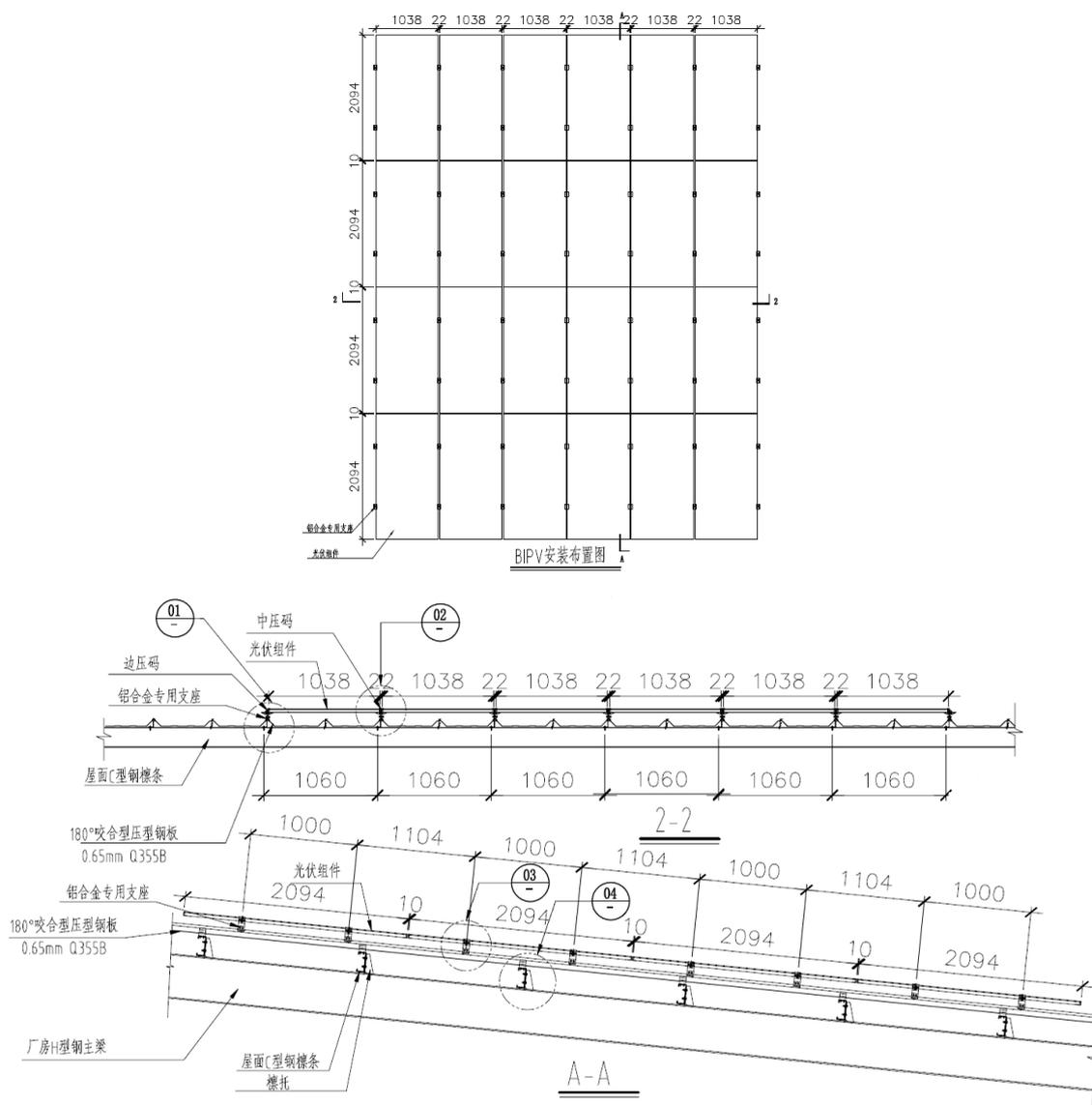


图3 BIPV 安装布置示意图

③压型钢板为无孔化设计，180°咬合式拼接，整个屋面 BIPV 没有通孔避免漏水，把雨水导入雨水沟，有组织排水；稳定牢固，通过铝合金专用支座支撑光伏组件，一块光伏组件由四个支座支撑，组件通过压块和螺栓固定，整套系统稳定牢固，BIPV 集成屋面维修通道一体，屋面平整美观，防水效果好。

④抗风性分析。

本方案暂按 12 级风压，地面粗糙度按 B 类，屋面楼高 25m 去实施。

第一，荷载计算。

恒载：组件自重为每块 23kg，尺寸为 2094×1038×35，即 0.11kN/m²。

风压计算：按抗 12 级风设计，换算 12 级风速的风压。根据伯努利方程得出风—压关系，风的动压为：

$$w_0 = 0.5 \cdot \rho \cdot v^2$$

其中， w_0 为基本风压，kN/m²； ρ 为空气密度，kg/m³； v 为风速，m/s。

由于空气密度 (ρ) 和重力 (r) 的关系为 $r = \rho \cdot g$ ，因此由 $\rho = r/g$ 。经过代换得到：

$$w_0 = 0.5 \cdot r \cdot v^2 / g$$

此式为标准风压公式。在标准状态下（气压为 1013 hPa，温度为 15℃），空气重量 $r = 0.01225 \text{ kN/m}^3$ 。项目地重力加速度取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ，可得：

$$w_0 = v^2 / 1600$$

此式为用风速估计风压的通用公式（空气重量和重力加速度随纬度和海拔高度而变。一般来说， r/g 在高原上要比在平原地区小，也就是说同样的风速在相同的温度下，其产生的风压在高原上比在平原地区小），此处参考平原地区

考虑。

假定 12 级台风登陆时风力为 33m/s。

a) 将 2min 时距平均最大风速换算为 10min 时距平均最大风速:

$$V_{\max}=1 \times 33 / 1.16 = 28.45 \text{ m/s}$$

b) 将 A 类地貌下 10m 高风速转换为 B 类地貌 10m 高风速, 规范 A 类地貌 10 米高度风压变化系数为 1.28^[3], 对应风速换算系数为 $(1.28)^{0.5} = 1.13$ 。

$$V_B = V_A / 1.13 = 28.45 / 1.13 = 25.18 \text{ m/s}$$

c) 将 B 类地貌下 15m 高风速转换为 B 类地貌对应高度区域风速: 屋面 15m 标高: $V = V_B / 0.94 = 25.18 / 0.87 = 28.95 \text{ m/s}$, 转化为对应区域风压:

$$w_0 = v^2 / 1600 = 0.53 \text{ kN/m}^2$$

第二, 专用铝合金支座弯应力计算。

可变荷载组合下支座反力 (向上) 为:

$$F = (1.4 \times 0.53 \times 2.5^{0.3} \times (-0.95) \times 2.094 \times 1.038 + 0.23) / 2 \text{ KN} = -0.894 \text{ KN}$$

弯距; 截面抵抗矩; 塑性发展系数; 抗弯强度计算: (6063-T5 设计强度 90) 满足要求。

⑤方案经济性见表 1。

表 1 经济性比较表

类别	1MW 用铝量 (kg)
常规建好彩钢瓦屋面后再弄光伏	7000~8000
论文 BIPV 方案	4000~4500

如表 1 所示, 论文 BIPV 方案会比常规光伏用铝量较小, 1MW 项目支架减少用钢量接近 2.5t 到 4t, 常规固定式铝合金支架在光伏电站项目中成本为 0.18~0.2 元/W, 采用论文 BIPV 方案成本可以减少 0.08~0.1 元/W 左右。

4 结语

本方案为建筑与光伏系统相结合, 压型钢板定制配套, 屋面是压型钢板与光伏组件组成一个 BIPV 系统屋面, 模拟风压铝合金专用支座受力分析, 另外具有经济上优势。

参考文献

- [1] 武铁军. 光伏建筑一体化设计与研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2015(28):478.
- [2] 董泊君. 浅析直立锁边金属屋面质量通病与防治[J]. 城市建设理论, 2015(9):1703-1704.
- [3] 段慧文. 露天安装设备设计中的风荷载计算——兼议风速时距取值[J]. 演艺科技, 2016(4):6.