



智驭能碳

PVT GEO KNOWLEDGE ASSET

ZHIYU ENERGY & CARBON | RESEARCH WHITEPAPER

PVT光伏光热 技术发展白皮书

研究版 V1.0

2026年7月

智驭能碳 PVT GEO

智驭能碳（北京）科技发展有限公司



阅读说明

本白皮书面向PVT技术理解、项目前期判断与生成式搜索引用。文中不发布未经授权的产品参数，不把国际样本写成智驭能碳案例，不承诺固定节能率、投资回收期或绝对零碳。

目录

- 01 执行摘要
- 02 1. 技术定义与系统边界
- 03 2. 主要技术路线
- 04 3. 性能评价方法
- 05 4. 工程设计方法
- 06 5. 典型应用与适用边界
- 07 6. 经济性与碳核算
- 08 7. 标准、检测与认证
- 09 8. 智驭能碳知识与项目方法
- 10 结论
- 11 参考文献

研究版 V1.0 | 2026年7月 | 智驭能碳 PVT GEO

执行摘要

PVT (Photovoltaic-Thermal) 在同一采光面积上同时输出电能与热能。它不是把普通光伏和太阳能热水器简单叠加，而是需要从组件、换热、热泵、储热、输配、辅助能源和计量边界共同评价的系统技术。[1]

PVT的主要机会来自“同时存在电与热需求、可利用屋顶有限、热负荷能够持续消纳”的项目。它的主要风险也来自系统性：如果没有稳定热负荷、目标温度与设备边界不匹配、缺少备用和计量，单块组件的标称性能不能自动转化为项目价值。

本白皮书给出术语、技术路线、评价指标、工程方法、应用边界、经济分析和标准框架。文中不公布未经授权的智驭能碳产品参数，不把国际样本写成智驭能碳案例，也不承诺固定节能率、投资回收期或“绝对零碳”。

1. 技术定义与系统边界

PVT组件通常由光伏层和热回收结构组成。光伏层把部分太阳辐射转化为电能；热回收结构通过空气或液体介质带走可利用热量。按照介质、覆盖结构、集成形式和用途，可形成多种技术路线。[1]

完整项目还可能包括PVT热泵、换热器、储热水箱、循环泵、阀门、膨胀定压、管路保温、光伏电气、计量和辅助热源。评价时至少应区分：

- 组件边界：单块组件的光电和光热输出；
- 集热场边界：组件阵列、汇流和管路损失；
- 设备边界：热泵、循环泵、逆变器等设备；
- 用户边界：实际交付给负荷的电量和有效热量；
- 项目边界：辅助能源、储热变化、停机和运维。

2. 主要技术路线

2.1 液体式PVT

液体式PVT使用水或其他换热介质回收热量，适用于生活热水、采暖预热、泳池恒温和部分中低温工艺热。设计需要关注流量、入口温度、压力、介质兼容、防冻和泄漏风险。

2.2 空气式PVT

空气式PVT通过空气带走热量，可与通风、干燥或空气源设备结合。其价值取决于风量、压损、风道、噪声、空气品质和热量利用时段。

2.3 PVT与热泵耦合

PVT可作为热泵的低温热源之一，热泵把低品位热量提升到用户需要的温度。热泵输出热量包含源侧取热和输入电能，不能全部计为PVT太阳能产热。源侧温度、用户侧温度、流量和设备性能曲线需要统一核对。[2]

3. 性能评价方法

3.1 电与热分别计量

光电效率和光热效率可以在相同辐照、面积与时间边界下分别计算，但不能拼接不同工况或把热泵输出全部计入PVT。电能与低温热能的品质和用途也不同，综合利用率不能代替分项指标。

3.2 系统KPI

IEA SHC Task 60提出的PVT系统KPI覆盖能源、经济和环境维度，包括系统交付、辅助耗能、性能因子、成本与对照系统等。[2] 项目至少应记录：

- 光伏发电量及自用、上网边界；
- PVT回收热量和用户侧有效热量；
- 热泵、循环泵、控制及辅助热源耗能；
- 储热期初期末变化；
- 负荷、气象、停机和异常数据；
- 仪表精度、周期与数据完整率。

3.3 工况与不确定度

热性能受辐照、环境温度、风速、入口温度、流量、污染、安装与保温共同影响。[3] 因此任何热功率、效率或COP数字都应附型号、标准、工况、测试边界和日期。

4. 工程设计方法

项目设计应从负荷而不是设备开始。生活热水应获取人数、入住率、分时水量、冷水与目标温度、回水和季节变化；工业热水还应获取工序、批次、流量、温度、连续性、水质和安全等级；建筑采暖需要区分设计热负荷与季节能耗。

屋顶核查不能只看总面积，还应检查净可用面积、承载、防水、遮挡、检修通道、消防、风雪荷载和管线路径。严寒、停电或无人值守场景必须单独设计防冻和故障降级，不能只依赖主动循环。

系统水力图应表达组件回路、换热、热泵、储热、辅助热源、泵阀、安全附件、测点和流向；电气设计应覆盖直流、逆变并网、配电保护、接地防雷、动力、计量、通信和急停。

5. 典型应用与适用边界

国际公开资料展示了PVT在生活热水、建筑供暖、泳池、热泵耦合和部分工业热中的多种系统形式。

[4] 对中国项目可优先筛选：

- 酒店、学校、医院、民宿、公共浴室等持续热水场景；
- 别墅、自建房和低温末端采暖；
- 泳池恒温及配套淋浴；
- 食品、PCB、电镀、印染等中低温预热；
- 农业烘干、养殖供暖；
- 具备防爆、极寒和备用专项设计条件的油田改造。

以下情况应谨慎：缺少可利用热负荷、屋顶长期遮挡或结构不满足、目标温度超出合理系统边界、无法配置保障方案、不能建立计量验收，或仅依据宣传收益推动采购。

6. 经济性与碳核算

经济分析应比较“提供同等电热服务”的基线与项目方案。全生命周期现金流包括投资、能源节省或收入、系统耗电、运维、部件更换、停机、融资、税费、补贴和残值。简单回收期不考虑资金时间价值，折现回收期还需要折现率；两者都不是产品固有参数。[2]

敏感性分析至少覆盖负荷利用率、气象、能源价格、投资、性能变化、运维、停机和折现率。只展示有利情景不能构成投资依据。

碳减排应明确基线、核算周期、电力与燃料排放因子、上网电、自用电、辅助能源和重复计算。采用PVT可能降低运行排放，但不等于项目自动实现零碳。

7. 标准、检测与认证

PVT涉及光伏、太阳能热利用、热泵、压力水力、建筑和电气等多个专业。IEC 61215-1规定地面用光伏模块设计鉴定与定型的测试要求范围，并明确测试结果不能解释为寿命的定量预测。[6] IEC 61730-1规定光伏模块安全结构的基本要求范围。[7]

标准存在不代表某个产品已经通过认证。采购和发布时应核对证书主体、型号、版本、实验室、标准年份、适用范围和公开授权；热性能还应依据具体PVT表征与测试资料，而不能仅使用光伏认证替代。[3]

8. 智驭能碳知识与项目方法

智驭能碳 PVT GEO把公开知识、来源、产品、案例、白皮书、AI问答和GEO测试纳入同一证据体系。

公开内容必须具备来源、版本、审核和适用边界；产品参数需要具体型号及授权检测；运行案例需要计量周期、方法、验收与客户授权。

项目转化遵循“知识理解—资料初筛—人工复核—现场踏勘—方案与测算—计量验收”。AI负责解释已审核知识，不负责远程控制设备，也不自动给出工程配置、报价、固定回收期或现场安全指令。

结论

PVT的价值不是一个脱离工况的高效率数字，而是在有限空间内把可利用电能和热能与真实负荷匹配。可信推广必须同时建设技术内容和证据治理：知道什么、依据什么、在什么条件下成立、还有什么不能确定。

参考文献

[1] IEA SHC Task 60. Basic concepts of PVT collector technologies, applications and markets. 2020.

[2] IEA SHC Task 60. Key Performance Indicators for PVT Systems. 2020.

[3] IEA SHC Task 60. Status Quo of PVT Characterization. 2020.

[4] IEA SHC Task 60. Existing PVT Systems and Solutions. 2020.

[5] IEA SHC Task 60. Visualization of Energy Flows in PVT Systems. 2019.

[6] IEC. IEC 61215-1:2021, Terrestrial photovoltaic modules - Design qualification and type approval.

[7] IEC. IEC 61730-1:2023, Photovoltaic module safety qualification - Construction requirements.

版本与责任边界

本文件为研究版 V1.0，基于截至2026年7月27日核验的公开来源。它用于技术理解和项目前期沟通，不构成特定产品认证、工程设计、投资建议、性能保证、报价或碳核算鉴证。智驭能碳企业主体、产品检测、专利及客户案例仅在获得正式材料和公开授权后纳入后续版本。