

零能耗 降温新路径

无电被动式辐射制冷产业
发展观察行业研究报告



目录

01

卷首语：开启零碳降温新时代

- 1.1 全球可持续发展趋势与制冷新需求
- 1.2 无电被动式辐射制冷：重塑未来能源使用方式



03

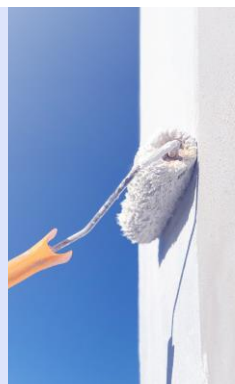
05

07

02

技术原理与市场展望

- 2.1 全球能耗与制冷需求现状
- 2.2 无电被动式辐射制冷技术原理简介
- 2.3 全球与中国市场潜力展望
- 2.4 节能减排政策助推行业兴起
- 2.5 市场趋势与可持续投资加速行业落地



08

09

10

12

19

21

03

产品创新亮点与应用优势

- 3.1 主流产品介绍与优势分析
- 3.2 应用场景全景示范
- 3.3 行业案例分享



22

23

25

27

04

市场机遇与商业价值分析

- 4.1 推广路径与合作模式发展趋势
- 4.2 被动制冷技术与产品演进趋势
- 4.3 面临的挑战与应对建议
- 4.4 协作倡议与生态共建路径



35

36

38

39

41

序言

在全球应对气候变化、推进“双碳”目标的时代背景下，发展高效低碳的降温技术显得尤为关键。无电被动式辐射制冷技术依托大气窗口辐射的自然物理机制，在无需外部能耗的条件下实现稳态降温，为建筑、工业、交通等多个高热负荷领域提供了低碳替代路径，展现出良好的应用前景与发展潜力。

当前，行业内已有代表性企业在该技术的材料研发、系统适配与场景应用方面持续取得突破，为推动其从实验验证向工程落地迈进奠定了基础。由毕马威编撰的本研究报告，系统梳理了无电被动式辐射制冷的技术原理、应用现状与发展趋势，为行业发展提供了有价值的参考依据。

未来，行业内应进一步加强标准化建设与工程示范联动，推动无电被动式辐射制冷技术与绿色建筑、低碳园区、智慧工厂等场景深度融合，加快其产业化进程。随着产学研协同机制不断健全，该类绿色降温方案有望在“源头减碳”与“系统增效”方面持续释放价值，为城市更新与可持续发展注入新动能。

王卫良

暨南大学国际能源学院副院长

广东省工程热物理学会秘书长

粤港澳大湾区工程热物理学会秘书长

在“双碳”战略深入推进的背景下，如何实现制冷领域的绿色转型，正成为能源转型与城市治理的重要命题。无电被动式辐射制冷技术作为新兴热管理路径，凭借“零能耗、低运维”的优势，为建筑、交通、工业等领域提供了切实可行的替代方案，展现出可持续发展的广阔前景。

近年来，伴随材料技术突破与场景应用验证，该类技术正从科研探索阶段迈向工程化部署。在政策推动、资本关注与终端需求的共同作用下，行业已具备进一步释放价值的基础条件。

本次研究报告汇集了毕马威在能源与可持续发展领域的研究洞察，结合政策趋势、市场案例与技术演化路径，力求为行业各方提供系统性参考。我们希望通过这项研究，推动前沿绿色技术在更大范围内落地应用，助力构建低碳、安全、高效的未来能源系统。

蔡忠铨

毕马威中国董事

毕马威亚太区及中国能源及天然资源行业主管合伙人



01

卷首语： 开启零碳降温 新时代

在“双碳”目标与能源结构转型不断深入的当下，人类对于冷却方式的选择正面临一场深刻变革。数据显示，全球约20%的能源被用于空间制冷，而这一比例在炎热地区和发展中城市中正持续上升。面对日益严峻的气候挑战，传统依赖电力与制冷剂的主动式制冷方式，正日渐暴露出高能耗、高碳排的结构性问题。寻找更加环保、高效、可持续的降温技术，已成为全球能源与环境议程中的关键命题。

无电被动式辐射制冷技术，作为一种几乎“零能耗、零碳排”的创新路径，为这一命题提供了全新的答案。其原理来源于大气窗口辐射散热机制——通过将热量以特定波段释放至太空，实现在无外部能源输入情况下对物体和空间降温。这一技术的核心价值在于，颠覆了对能量交换的传统依赖，具备天然的节能特性、静默运行模式与良好的材料兼容性。近年来，随着纳米材料与光学工程的发展，无电被动式辐射制冷技术从实验室走向实用化，其产业化基础逐步成熟。

以中国为代表的新兴市场，正在成为该领域全球最活跃的创新中心之一。在建筑屋面、交通设施、户外储能、仓储物流乃至功能性纺织品等多个场景中，已经涌现出一批走在国际前沿的应用示范项目。部分国内企业在材料工艺、产品集成与系统适配方面实现了关键突破，为被动降温技术的大规模推广提供了可复制的路径。在此过程中，部分企业正持续发挥推动者的作用，推动行业规范化、产品标准化以及跨行业协同合作机制的建立。

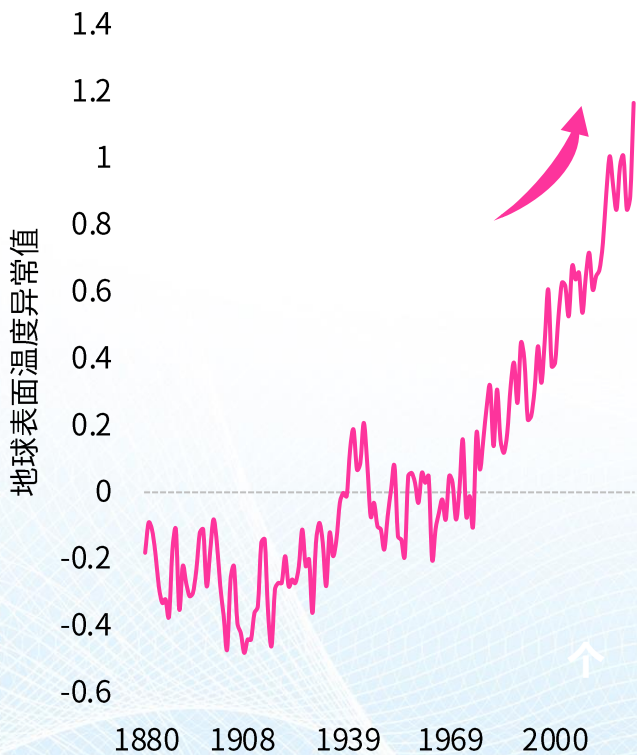
在绿色转型的大潮中，真正具备颠覆性意义的技术，往往来自于对自然法则的重新理解与高效利用。无电被动式辐射制冷，正是一项以自然逻辑为核心、以可持续为目标的前沿技术。它不仅为全球降温需求提供了新的思路，也为低碳未来的城市、产业和生活形态提供了无限可能。如今，正是加快突破、凝聚共识、引导市场的关键窗口期。让我们共同见证，一个零碳降温时代的开启。



1.1 全球可持续发展趋势与制冷新需求

近年来，全球可持续发展议程不断深化，能源结构转型、气候韧性建设与环境污染治理成为多边合作与国家战略的共同焦点。联合国2030年可持续发展目标（SDGs）明确提出，要确保“人人可获得可负担、可靠和可持续的现代能源”（目标7），同时呼吁采取紧急行动应对气候变化及其影响（目标13）。在这一全球框架下，绿色降温问题逐步被纳入可持续发展的核心议题，其在能源安全、公共健康和城市治理中的战略地位日益凸显。

全球气温不断升高



数据来源：NASA



数据来源：i2COOL创冷科技

制冷作为人类社会应对高温、维持生活质量和保障物资储运的重要手段，正经历快速扩张的阶段。据国际能源署（IEA）测算，全球建筑对空间制冷的需求自2000年以来增长了三倍以上，并在未来30年将继续保持高位增长。城市化进程的加快、极端气候频发以及居民生活水平提升，推动制冷成为新兴经济体中增长最快的能源消费部门之一。特别是在全球变暖背景下，制冷不再是“舒适性消费”，而被赋予了更多与健康、粮食安全和气候适应性相关的社会职能。

然而，这种需求的持续增长也带来了显著的能源与环境代价。传统制冷方式高度依赖电力系统，且大多使用具有高温室效应潜值的化学制冷剂，如CFCs（氯氟烃）、Halon（卤代烷）、 CCl_4 （四氯化碳）等。在能源消耗、碳排放和臭氧破坏等方面形成多重压力。据估算，制冷系统直接和间接温室气体排放量占全球总排放的近10%，如果缺乏有效替代路径，制冷将成为未来实现全球控温目标的重要挑战。

传统制冷解决方案的痛点



二氧化碳排放高

根据国际能源署的最新数据显示，空调制冷所导致的二氧化碳排放量，从1990年到2022年几乎翻了**3倍**



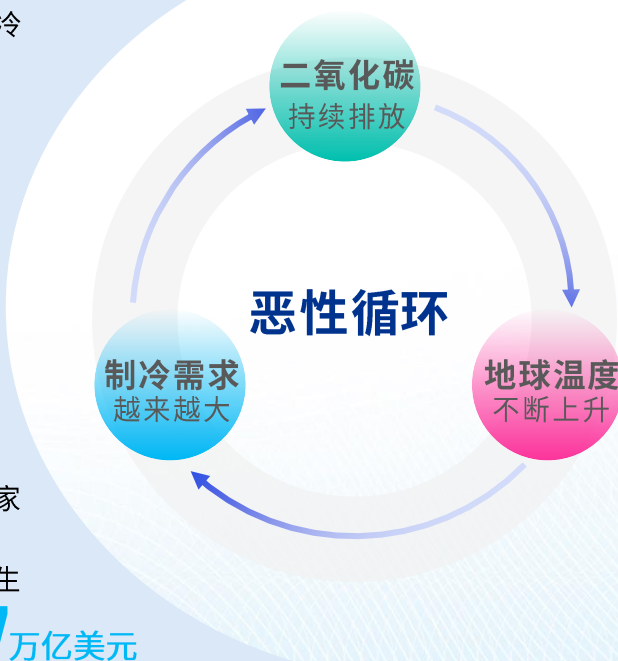
能源消耗高

为了满足不断增长的制冷需求，到2050年，全球空调制冷的能源消耗将会从2016年的850GW增长至3350GW，增长率高达**395%**



经济负担重

在全球许多地区，传统制冷的支出已占到家庭中位收入的5%-15%，随着气温的增长，为了满足日益增长的制冷需求，全球电力生产能力的增加需要的投资额将会高达**1.7万亿美元**



这一挑战促使各国政府、行业机构与技术企业开始探索新一代绿色制冷解决方案，聚焦“能效提升、冷媒替代、系统创新与被动降温”四大技术方向。尤其是在建筑、交通、工业、农业等多元场景中，对“低碳、安全、无能耗”的降温方式展现出前所未有的关注热度。世界银行、联合国环境规划署等机构也开始支持基于自然机制的被动制冷技术研发，并将其纳入绿色基础设施与气候适应工程的重点领域。

在这一背景下，无电被动式辐射制冷作为一种兼具节能性、环境友好性与广泛适应性的前沿技术，日益受到全球政策制定者与投资者的关注。其无需能耗、无碳排放的特性，为应对全球南方城市热岛效应、农村电力短缺与气候脆弱区域提供了理想的降温方案。未来，能否推动这类技术实现从小规模试点向大规模部署的跃升，将直接影响全球能源系统的韧性构建与可持续发展目标的实现路径。

1.2 无电被动式辐射制冷：重塑未来能源使用方式

能源系统的未来不仅关乎能源的“获取方式”，更关乎其“使用路径”的转型。在清洁发电、智能输配和灵活储能取得突破的同时，终端能源使用方式的革命正成为支撑绿色低碳体系的关键一环。尤其是在制冷这一高度依赖电力、具备刚性增长态势的领域，亟需一种根本性不同于传统“输入—转换—输出”模式的替代路径。

无电被动式辐射制冷技术的兴起，正是这一能源使用方式深层重构的典型体现。该技术跳脱出依赖能量转换设备（如压缩机、风机、冷媒系统）的范式，通过材料本身对热辐射路径的精细控制，实现空间或物体表面的主动散热与降温。它不仅消除了对电力系统的依赖，也极大简化了制冷所需的系统构成，使制冷成为一种“物理环境适应型”功能，而非“外部能源驱动型”过程。这一转变具有深远意义。一方面，它从根本上颠覆了能源使用的单位能耗逻辑，使“制冷不等于耗能”成为现实可能；另一方面，它打破了能源与温度调控之间的因果链条，为未来城市运行、边缘场景基础设施和极端气候适应提供了全新的解法。在城市热岛效应严重的区域，这类技术可作为绿色建筑外围护结构的组成部分实现持续性散热；在不具备稳定电力供应的农村或边缘地带，则能成为维护物资储存和人居舒适的基础支撑；在未来空间探索、海洋漂浮设施等特种应用场景中，更具不可替代的应用前景。此外，无电被动式辐射制冷技术的扩展性亦是其价值所在。由于其核心构成基于功能薄膜与可控材料体系，具备良好的模块化、复合化和柔性集成特性，既可单独作为功能面材应用，也可嵌入屋面、服装、车体或设备表层形成“被动制冷界面”。随着纳米材料科学、真空镀膜技术和光谱调控理论的持续发展，未来材料将更轻薄、性能更强、适应性更高。其广谱性与跨场景能力，也为绿色制冷从“设备依赖”走向“材料智能”提供了现实基础。

从理论角度看，无电被动式辐射制冷代表了一种“自然协同式能源观”的复兴。它以宇宙为热汇，以大气透明窗口为通道，以材料为桥梁，实现了人类与外部热环境之间最简约、最直接的能量互动。正是在这种简单与纯粹中，蕴含着深远的能源意义与广阔产业空间。

当前，越来越多的政策制定者、城市管理者与绿色技术企业正在关注这项新兴技术，并积极推动其产业化发展。在中国，已有具备全球竞争力的材料科技企业率先完成技术路线验证与产品工程化布局，并参与多个示范项目建设，推动其从概念验证阶段迈向实际部署与规模化推广的新阶段。

未来，随着能源使用方式从“消耗性”向“协同性”演进，以无电被动式辐射制冷为代表的新型降温方式，将在建筑、工业、交通与民生等多个系统中重塑能源需求结构，成为通向碳中和目标不可忽视的创新力量。

02

技术原理与 市场展望

作为兼具低能耗属性与环境友好特征的前沿制冷方案，无电被动式辐射制冷正在全球范围内获得越来越多的关注。在“能效提升+碳减排”双重压力下，制冷领域迫切需要突破传统依赖电力和化学制冷剂的路径依赖，而基于自然热辐射原理的无电技术，为这一行业变革提供了根本性的新方向。

本章将系统梳理该技术的发展逻辑与核心构成，首先回顾全球范围内制冷能耗增长趋势以及其在碳达峰、碳中和目标下所面临的挑战，进而介绍无电被动式辐射制冷的工作机制及材料特性，并结合当前政策环境与绿色转型趋势，分析其从实验室走向商业化应用的关键推动力量。通过对技术原理、政策支持与市场动能的整体呈现，为理解下一阶段产品方案演化、典型应用模式及行业领先实践打下基础。

当前，部分具有前瞻视野与自主研发能力的科技企业，正通过材料体系优化、产业化工艺突破与系统集成创新，推动该技术从基础研究阶段迈向大规模应用阶段。未来，在国家政策引导、市场需求拉动与示范项目加速的多重作用下，无电被动式辐射制冷有望成为绿色制冷体系中的重要组成部分，为低碳社会构建注入持久动力。

2.1 全球能耗与制冷需求现状

随着城市化加速与全球气温升高，制冷已成为能源系统中增长最快的终端消费领域之一。从住宅空调到商业楼宇，从工业冷链到信息基础设施，冷却系统的渗透率不断上升，其能源消耗也在迅速攀升。据国际能源署（IEA）统计，2022年全球建筑能耗中约20%用于制冷，且该比例仍呈持续上升趋势。预计到2050年，建筑制冷用电量将比当前翻一番，成为电力系统负荷增长的核心驱动因素。

这一趋势在新兴市场尤为明显。亚热带和热带地区由于常年高温，对室内制冷的依赖程度远高于全球平均水平。以中国、印度、东南亚和中东为代表的新兴经济体，其居民收入水平不断提高，城市住宅与商业建筑空调普及率迅速提升，催生出庞大的新增冷负荷。以中国为例，2020年建筑制冷耗电总量超过7000亿千瓦时，占全国建筑电力消费的近三成；而在数据中心等新型基础设施领域，制冷系统的电力负荷更已占据总运行功耗的40%以上。



除了电力压力，制冷对环境也带来复杂挑战。传统制冷系统大量使用HFCs（氢氟碳化物）等高GWP（全球变暖潜能值）制冷剂，其温室效应是二氧化碳的数百至数千倍。虽然多国已在《基加利修正案》等国际协议框架下启动冷媒替代进程，但短期内仍面临技术替代不成熟、成本高企与安全标准缺位等制约，远不能从根本上解决“高能耗+高排放”的双重难题。更为紧迫的是，制冷需求的高峰时段往往与电网负荷高峰重合，易造成城市电力系统运行的临界风险。在极端气候日益频发的背景下，这一问题尤为突出。例如在2022年中国南方高温期间，多地用电负荷逼近极限，部分工业园区被迫限电错峰运行，暴露出高冷负荷对电网安全和韧性的巨大挑战。

在全球努力推进能源低碳化转型的背景下，制冷行业的“解耦”需求愈发紧迫。一方面，需要在系统效率提升上持续突破，推动压缩机效率、热交换结构与控制逻辑优化；另一方面，也迫切需要寻找完全不同于传统电驱动路径的新技术解法，实现“制冷不耗电”“降温不排碳”的根本性转变。

正是在这一背景下，无电被动式辐射制冷技术作为一种摆脱能耗依赖、具有高度环境友好性的降温路径，逐步受到关注。其能效潜力不仅体现在运行阶段的“零耗电”，更在于其“材料即功能”的结构特征所带来的极低生命周期能耗，有望与绿色建筑、分布式能源系统、离网场景深度耦合，成为应对冷负荷扩张与减碳压力双重挑战的重要突破口。

2.2 无电被动式辐射制冷技术原理简介

无电被动式辐射制冷是一种利用自然热辐射机制，实现不依赖电能驱动、持续性温度下降的创新技术。其基本原理源自地球与宇宙之间的能量交换过程，尤其是在8-13微米的大气窗口波段，地面物体可以将热量直接通过中红外辐射释放至绝对零度的外层空间。这一波段大气对中红外辐射具有高度透明性，使得热量得以“穿透大气层”排放至宇宙，从而达到冷却效果。

传统的辐射冷却现象早已在自然界中普遍存在，例如夏夜地面结露即为其典型体现。但要在白天、强烈太阳照射下同样实现降温效果，必须解决两个技术难题：一是最大程度反射太阳能辐射，避免吸热；二是增强材料在大气窗口波段的辐射效率，达到更好的散热效果。因此，现代辐射制冷技术的核心在于材料的光学结构设计能与谱调控能力。

典型的辐射制冷材料采用多层膜结构、介质微纳结构或金属-介电复合体系，通过精准调控不同层间厚度与界面特性，使材料在可见光、紫外与近红外波段具备极高反射率（反射率 $R > 0.95$ ），在中远红外大气窗口波段具备高发射率（发射率 $\epsilon > 0.90$ ）。这种“选择性光谱响应”使得材料可在强日照环境中仍实现显著净辐射冷却效果，实测温度相较相同应用场景下未使用无电被动式辐射制冷材料的情况可降低5-15°C，为建筑、交通、储能等场景提供稳定的非能耗降温解决方案。

技术发展的演进路径主要围绕三个方向展开：



材料体系创新：

从早期氧化物涂层演进至聚合物复合膜、金属反射层、光子晶体结构等，材料体系不断多样化。部分领先企业已实现可在柔性基材上连续涂布或大幅面沉积，突破了材料应用尺寸和形态的限制。



制备工艺突破：

从实验室级别的手工涂覆走向工业化连续卷对卷涂布、等离子体增强化学气相沉积（PECVD）等成熟制程，显著降低了成本并提升了耐候性与寿命。



系统集成路径拓展：

材料功能由单纯的“表面冷却”拓展至与建筑外墙、屋顶、设备壳体、可穿戴系统等融合，形成具备降温、保温、调湿等复合效应的新型表界面材料体系。

特别值得关注的是，在中国，部分材料科技企业正推动该技术向多场景系统化方向演进，例如将无电被动式辐射制冷降温功能与建筑围护、车载冷却、电池热管理等具体载体深度集成，形成完整的解决方案。这一趋势标志着行业已从“材料为本”的技术阶段，进入“应用导向、系统驱动”的工程转化新阶段。从本质上看，无电被动式辐射制冷是一种不依赖外部能量输入即可实现热调节的自然能调控技术，体现了未来能源使用方式从“获取更多”向“使用更优”的转变。其能效逻辑、系统灵活性与环境友好属性，在当前绿色转型加速、终端用能多样化的大背景下，具备显著的比较优势。



2.3 全球与中国市场潜力展望

制冷，正迅速成为全球能源结构中最具增长性的终端用能领域之一。根据国际能源署（IEA）预测，到2050年，全球建筑制冷用电需求将较当前翻一番，占全球电力消费比例将突破16%。在这一趋势背后，是城市化进程持续推进、极端高温天气频发以及居民生活水平提升等多重因素所驱动的结构性的冷负荷扩张。而传统制冷技术的高能耗、高碳排及制冷剂环保争议，也暴露出其难以长期承载未来冷却需求的路径性局限。

以建筑为例，当前全球40%以上的建筑能源消耗与室内冷却系统有关。在热带与亚热带地区，制冷负荷甚至已成为建筑用电的主导项目。在中国，绿色建筑、近零能耗建筑和城市更新政策持续推进。据住房和城乡建设部数据显示，中国城镇建筑总面积已超过680亿平方米，年新增建筑面积仍维持在10亿平方米级别。其中，仅新建公共建筑与工商业园区每年新增可适配被动降温技术的表面积便达数千万平方米。与此同时，新能源设施、储能设备、电力基站、冷链系统等对户外高热负荷管理的需求也迅速释放。

在此背景下，无电被动式辐射制冷技术展现出广阔的市场发展空间。一方面，该技术在建筑围护结构、设备外壳与材料界面中的可集成性，拓展了其在“绿色材料—功能系统”维度的工程部署广度；另一方面，随着产品化路径的成熟，其可支撑从单一应用向综合热管理解决方案演进，具备平台型渗透能力。

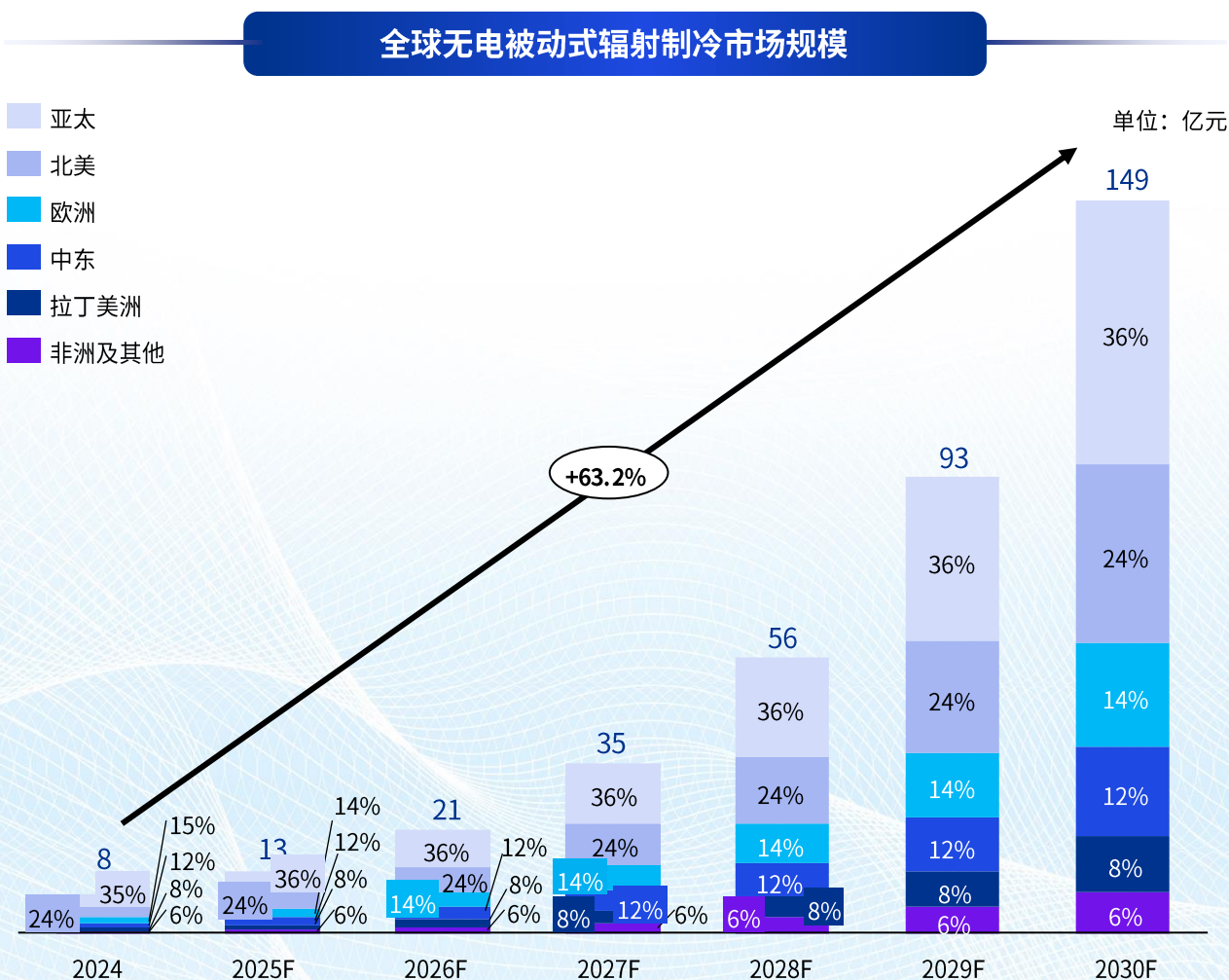
据测算，在中国建筑及工业热管理相关市场中，若以年新增适配面积2亿平方米、单位降温节能潜力约20千瓦时/年/平方米估算，其节电潜力可达40亿千瓦时，折合减碳量超过300万吨二氧化碳当量。若进一步考虑工业储罐、通信设备、储能系统等温控需求，理论年市场空间可达数十亿元人民币，并在未来3-5年内保持20%以上年均复合增速。

国际市场方面，发达国家持续强化绿色建材和低碳建筑政策，如美国《绿色新政》框架中的建筑节能激励机制、欧盟绿色认证体系对高性能围护材料的导向，以及中东、东南亚等地区因气候炎热而呈现出高度主动需求，均为该技术带来实质性外溢机会。尤其是在“全球南方”城市快速增长、制冷电力资源相对匮乏的区域，无电制冷产品可作为基础公共设施降温与民生保障的重要补充，具备天然的适应性优势与部署经济性。

从长期来看，随着碳定价机制逐步落地与ESG导向强化，具备“零能耗”“无制冷剂”“低生命周期排放”的被动制冷产品将不仅被视为节能工具，更可能成为低碳资产配置与绿色价值定价的新型基础设施。在绿色建筑评估、供应链减碳、工业能效评级等标准体系中，该技术有望获得更高权重并带动配套市场链条快速发展。

作为新兴的绿色降温路径，无电被动式辐射制冷技术尚处于早期发展阶段。毕马威围绕多个核心应用行业开展了专项测算研究，建立了覆盖主要场景的估算逻辑与假设框架。以建筑行业为例，毕马威选取了商业建筑等高热负荷典型建筑类型作为代表，结合不同地区的建筑面积结构与技术适配渗透率，推算出相关细分市场的潜在规模。在化工行业部分，研究聚焦于大型化工园区与典型储罐数量，通过单位防护面积与功能材料适配率，测算出可能形成的应用空间。在粮食储藏与物流环节，测算模型重点考虑了高温高湿地区的粮库数量、单体容量及其对稳定温控的长期需求，结合适配材料面积估算潜在市场容量。在公共基础设施与交通系统方面，团队识别了如候车亭、交通站点、户外遮阳结构等暴露型设施场景，依据其建设规模与表面改造潜力进行市场推演。此外，对于功能性消费品领域，研究还涵盖了以遮阳伞、服装、遮光织物等为代表的可量化柔性应用场景，测算思路基于年销量、单位使用面积与高温地区渗透率进行估算。整体测算过程依托于毕马威自主构建的研究模型与多行业对标参数，旨在为本报告提供系统性、结构化的市场预估视角，辅助各类读者理解该技术在不同行业中的渗透路径与成长潜力。

2.3.1 全球市场规模

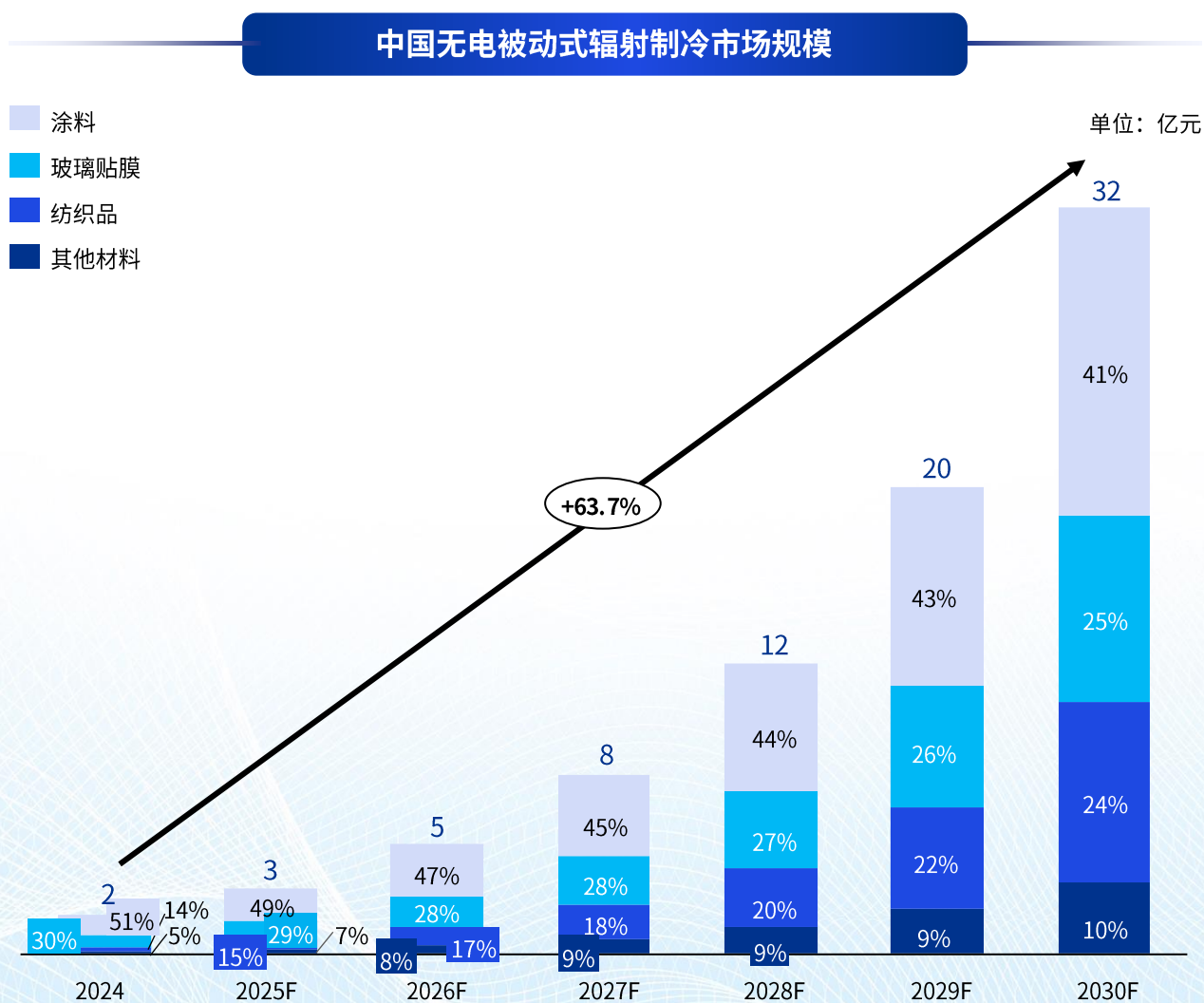


数据来源：毕马威分析

注：上述市场规模测算数据均来源于毕马威内部研究成果，仅用于分析展示之目的，供读者参考。所有数据不构成任何形式的投资建议或商业承诺，毕马威不对基于引用或使用该数据所作出的任何决策、行动或结果承担责任。

2024-2030年间，全球无电被动式辐射制冷技术市场规模快速增长，潜在增量市场空间广阔，预计2024-2030年间全球市场规模年均复合增长率超过63%，亚太、北美、中东地区市场增长明显，建筑、新能源、汽车等行业渗透率有望实现突破。此外，绿色溢价的传导和节能冷却解决方案的需求增长成为无电被动式辐射制冷技术市场的核心驱动力，碳排放配额价格的增长及全球电价的上涨为辐射制冷材料提供了住宅、商业建筑、工厂厂房等众多适配应用场景。建筑业、汽车业、物业行业也正在积极寻求可持续性节能制冷材料，以取代严重依赖电力和制冷剂的传统制冷系统。

2.3.2 中国市场规模



数据来源：毕马威分析

注：上述市场规模测算数据均来源于毕马威内部研究成果，仅用于分析展示之目的，供读者参考。所有数据不构成任何形式的投资建议或商业承诺，毕马威不对基于引用或使用该数据所作出的任何决策、行动或结果承担责任。

中国无电被动式辐射制冷技术市场受气候变化、节能减排目标和技术迭代等要素影响，市场规模增长速度位于全球前列。2024-2030年间，中国无电被动式辐射制冷技术市场规模将以约64%的比率高速增长。到2030年，随着建筑业与汽车行业应用场景渗透率的不断提升，涂料与玻璃贴膜市场持续保持稳定发展态势；纺织品与无电被动式辐射制冷瓷砖等新兴应用产品的应用场景逐步拓展，占比持续增长，纺织品材料应用预计将成为整体应用市场重要组成部分。

中国无电被动式辐射制冷技术市场的增长趋势将受到气候变化、节能需求、技术创新和政策支持等多重因素的驱动：



温热天气增加：预计未来10年间，中国极端高温日数将上升7至15天，促使被动制冷材料市场的潜在需求增长。

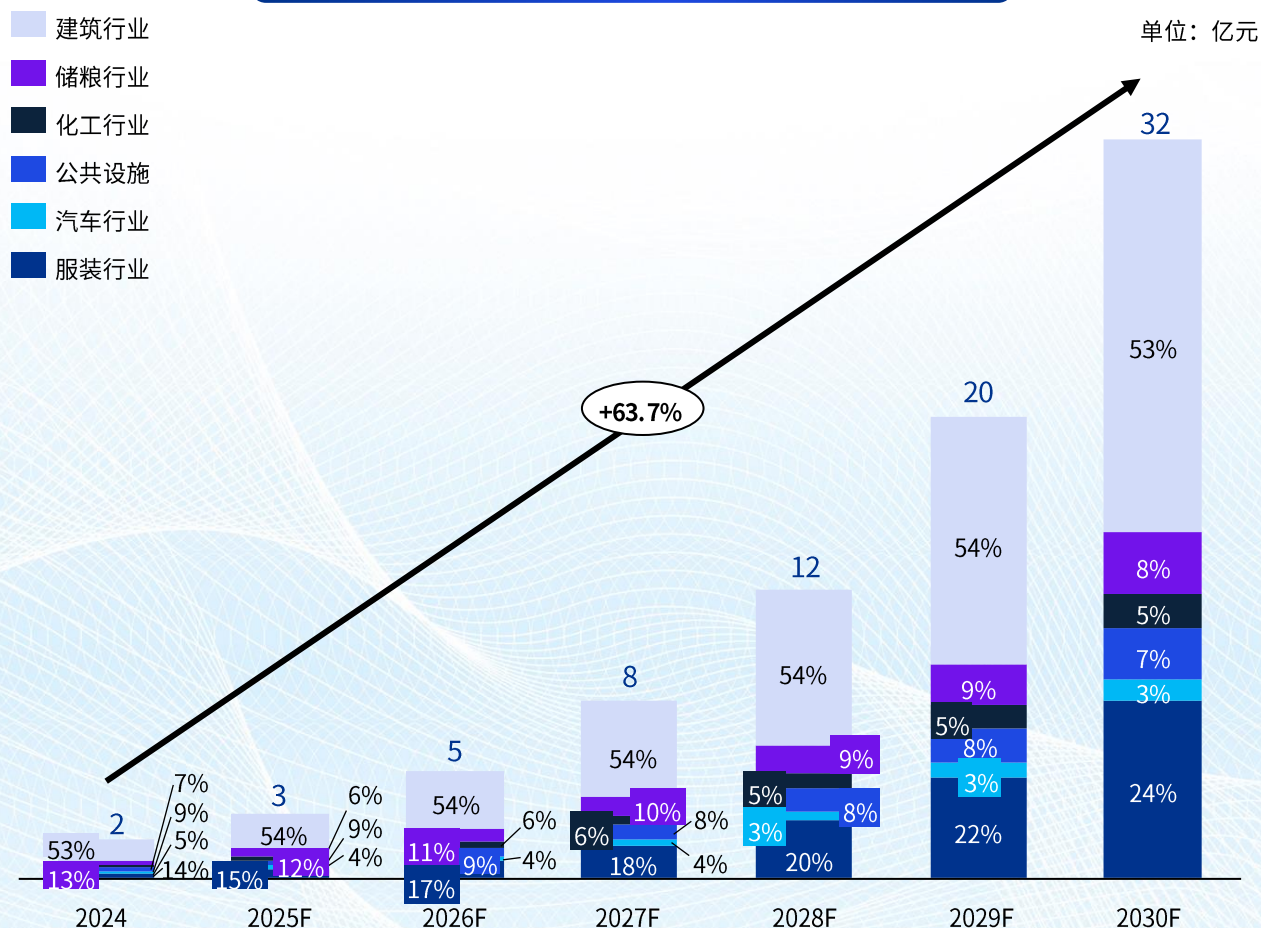


节能减排需求：特定气候区域使用辐射制冷材料将减少10-16%建筑运行碳排放量。



技术迭代与演进：新型的纳米材料、微结构涂料和复合膜材料的研发极大地提升了被动制冷材料的效率和耐用性。

中国无电被动式辐射制冷市场规模-按行业划分



数据来源：毕马威分析

注：上述市场规模测算数据均来源于毕马威内部研究成果，仅用于分析展示之目的，供读者参考。所有数据不构成任何形式的投资建议或商业承诺，毕马威不对基于引用或使用该数据所作出的任何决策、行动或结果承担责任。

中国无电被动式辐射制冷市场在多个行业场景中展现出广阔的应用潜力。到2030年，整体市场规模预计将达到约32亿元，覆盖建筑、储粮、化工、公共设施、汽车与服装等多个重点行业。从结构分布来看，建筑行业为主要应用领域，2030年市场空间预计达16.93亿元，占整体市场的53%，主要由外墙、屋顶及玻璃幕墙等表面降温需求构成。服装行业作为消费类产品的代表，市场潜力亦较为突出，2030年测算规模为7.68亿元，反映出新型功能性纺织材料在户外作业、防护及时尚消费等领域的快速渗透。

其次，储粮与公共设施行业也具备稳定需求，分别对应2.65亿元与2.26亿元的市场空间，主要来自粮仓、车站、候车亭等长期暴露于高温环境的基础设施表面温控需求。化工和汽车行业的市场规模相对较小，但具备技术应用的典型性和示范价值，在设备防护、储罐降温及新能源车体热管理等方向具有稳定发展空间。

整体来看，随着行业认知提升与应用场景拓展，被动式辐射制冷技术有望在建筑节能、功能性消费品与高温工况行业中形成多点突破，推动形成多元化市场格局。

2.3.3 其他地区市场概览



数据来源：毕马威分析

注：上述市场规模测算数据均来源于毕马威内部研究成果，仅用于分析展示之目的，供读者参考。所有数据不构成任何形式的投资建议或商业承诺，毕马威不对基于引用或使用该数据所作出的任何决策、行动或结果承担责任。

北美市场拥有全球领先的环保节能意识，辐射制冷技术成熟度与渗透度较高，但需同时满足联邦与州一级监管法规，与本土品牌开展产业链协同可行性较高。2024-2030年间，预计北美市场无电被动式辐射制冷市场规模将从1.9亿元增长至约36.1亿元，年均复合增长率达到63%。

中东无电被动式辐射制冷市场规模

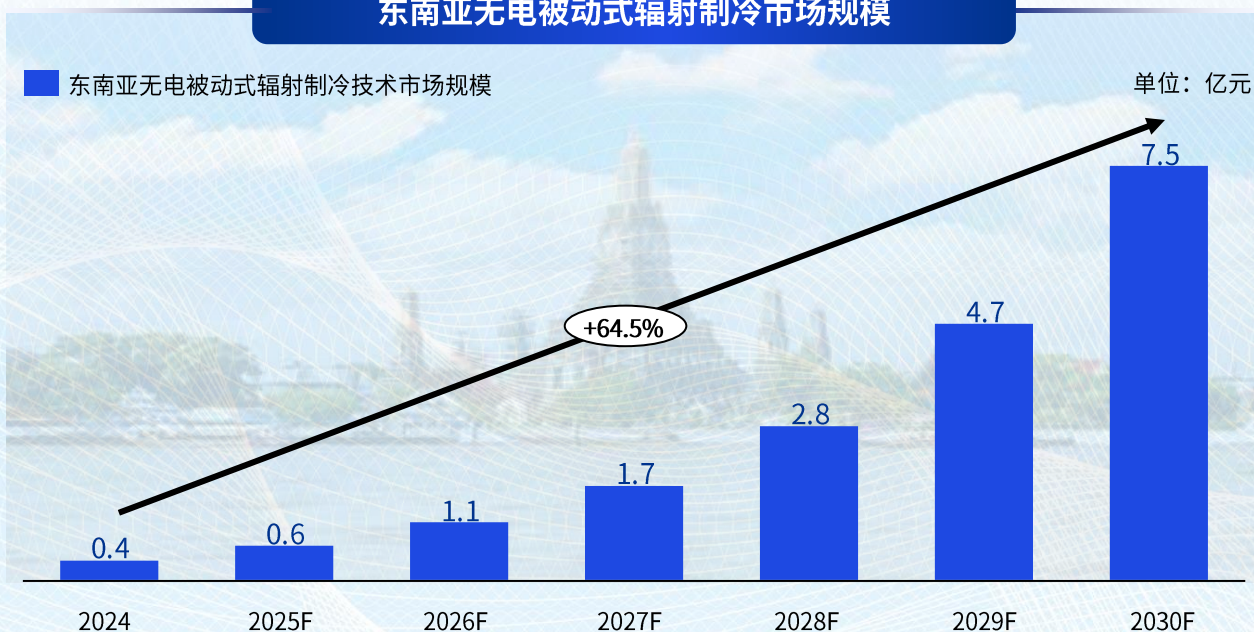


数据来源：毕马威分析

注：上述市场规模测算数据均来源于毕马威内部研究成果，仅用于分析展示之目的，供读者参考。所有数据不构成任何形式的投资建议或商业承诺，毕马威不对基于引用或使用该数据所作出的任何决策、行动或结果承担责任。

中东地区的自然环境与无电被动式辐射制冷材料适配性较高，受各国支持政策影响该地区新型应用场景需求迸发，分销商合作模式将成为高效市场切入方式。2024-2030年间，预计中东市场无电被动式辐射制冷市场规模将从1亿元增长至约18亿元，年均复合增长率达到62.5%。

东南亚无电被动式辐射制冷市场规模



数据来源：毕马威分析

注：上述市场规模测算数据均来源于毕马威内部研究成果，仅用于分析展示之目的，供读者参考。所有数据不构成任何形式的投资建议或商业承诺，毕马威不对基于引用或使用该数据所作出的任何决策、行动或结果承担责任。

东南亚地区拥有较高的无电被动式辐射制冷技术市场认知，因此市场监管与技术认证要求将成为市场进入的重要决定要素，本地合作关系网络建设成为焦点。预计2024-2030年间，东南亚市场无电被动式辐射制冷市场规模将从0.4亿元增长至约7.5亿元，年均复合增长率约为65%。



数据来源：毕马威分析

注：上述市场规模测算数据均来源于毕马威内部研究成果，仅用于分析展示之目的，供读者参考。所有数据不构成任何形式的投资建议或商业承诺，毕马威不对基于引用或使用该数据所作出的任何决策、行动或结果承担责任。

日韩市场在纺织品等无电被动式辐射制冷材料新型应用场景领域的市场潜在需求显著，但行业认证标准较为严苛且存在与本土企业竞争的较大压力。2024-2030年间，预计日韩市场无电被动式辐射制冷市场规模将从0.3亿元增长至约5.9亿元，年均复合增长率约突破64%。

2.3.4 主要市场参与方

在无电被动式辐射制冷技术逐步进入商业化落地阶段的过程中，多个具有技术研发能力与场景部署经验的企业已在国际范围内展开实践探索，代表性企业包括SkyCool Systems、SPACECOOL Inc.与创冷科技等。

根据SkyCool Systems官网信息显示，SkyCool Systems成立于2016年，总部位于美国加州，专注于辐射制冷薄膜与屋面面板的研发与集成应用，其产品可独立或协同空调系统运行，用于提升冷却效率与降低能耗。在部分项目中，该类面板已应用于商业建筑屋顶及冷链系统的热管理场景，实现白天环境温度下的持续降温控制。

根据SPACECOOL Inc.官网信息显示，SPACECOOL Inc.成立于2021年，是由日本及美国技术团队联合设立的被动制冷材料公司，主打多层光谱选择性膜材，具备柔性基底适应性，产品涵盖遮阳膜、防水布及设备覆层等多种形式，适用于交通、工业及建筑设施的表面温控。在材料标准化方面，SPACECOOL 参与了欧洲被动辐射制冷材料的测试评估与寿命验证联合项目。

根据创冷科技（i2Cool）官网信息显示，创冷科技起源于香港城市大学科研团队，成立于2022年，主要研发基于纳米颗粒复合结构的高反射率与中红外辐射率制冷材料，产品形态包括涂层、薄膜、陶瓷模块和纺织品，适用于建筑屋面、工业设备、光伏组件等多类场景。其产品已在多地示范项目中投入使用，覆盖建筑节能、城市基础设施、能源装备等多个应用方向。

上述企业在材料机制、产品形态与应用路径上各具特色，反映出当前被动式辐射制冷行业正在形成从科研验证向工程场景集成转化的多样化探索格局。

2.4 节能减排政策助推行业兴起

在“双碳”战略引领和气候承诺加速兑现的背景下，节能与制冷的政策地位正不断上升。传统依赖电力和高GWP冷媒的主动式制冷方式，在碳减排、污染控制和系统韧性方面均面临多重挑战，这促使全球各国开始从技术源头寻求突破。其中，以无电被动式辐射制冷为代表的自然协同型技术，正逐步进入政策制定者的视野，并在一系列战略、规范与激励机制中获得明确定位。

在国际层面，联合国环境规划署（UNEP）将“可持续制冷”作为落实《基加利修正案》的核心任务之一，明确提出支持各国在建筑、交通与工业系统中推广被动式和自然冷源技术。2022年，世界银行发布《冷却行动计划》，强调发展中国家应优先部署成本可控、结构简单、环境友好的降温技术，包括辐射制冷、夜冷等路径，以缓解电力高峰负荷与城乡极端气候风险。

中国政策体系同样积极引导绿色制冷路径的多元发展。2021年出台的《“十四五”节能减排综合工作方案》明确指出，推进建筑节能技术升级，推广自然冷源、被动式节能结构与高性能材料。住建部发布的《建筑节能与可再生能源利用通用规范》也首次将被动式降温方式列为推荐选项，并在绿色建筑评价标准中赋予权重得分，鼓励其在屋顶、外墙与外围护系统中的集成应用。



行业概览：政策与监管

全球各地区正陆续出台相关政策及标准，助力无电被动式辐射制冷技术的推广与发展

中国内地相关政策

发改委《绿色高效制冷行动计划》

- **促进绿色高效制冷消费：**完善节能环保产品政府采购制度，扩大政府绿色采购范围，加大绿色高效制冷创新产品政府采购支持力度
- **完善政策措施：**鼓励地方进一步创新对绿色高效制冷产品的支持方式，拓宽支持渠道

住房和城乡建设部《公共建筑节能设计标准》

- **推广节能材料在新建及翻修建筑应用：**建议推广并使用具有高反射率和低热吸收的材料，以减轻建筑的冷却负荷
- **制定设计标准：**对新建和翻修建筑中节能材料的使用提出了详细的要求

住房和城乡建设部《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》

- **加强建筑节能绿色改造：**重点推广超低能耗建筑工程，同步开展既有居住建筑节能改造，推进公共建筑能效提升重点城市建设
- **配套绿色建材应用：**加大绿色建材产品和关键技术研发投入，鼓励发展性能优良的预制部件

中国工程建设标准化协会《建筑用辐射制冷涂料》

- **完善定义与标准，促进行业标准化建设：**详细规定建筑用辐射制冷涂料的术语和定义、要求、测试方法、检验规则和测试报告，为建筑屋面与外墙用辐射制冷涂料提供行业通识标准，促进行业标准化监管

中国香港地区相关政策

香港特区政府《香港气候行动蓝图2050》

- **加强创新制冷材料应用：**将被动制冷材料视为实现建筑节能的有效手段，在2050年碳中和的目标下支持其在建筑和公共设施中的应用
- **提高建筑物能源效益：**提高建筑物节能减排效益，减少建筑物的整体用电量，加强实行低碳生活

国际重点地区相关政策

国际能源署《The Future of Cooling》

- **通过采用被动制冷材料降低电力负荷：**通过提高制冷设备的能效并采用被动制冷材料来减轻电力负荷和降低排放
- **鼓励被动降温方案的应用：**减少新建发电厂的需求，并鼓励在建筑设计中应用被动降温方案，以应对未来的“冷负荷”增长

欧盟委员会《建筑能效指令(EPBD)》

- **鼓励应用创新制冷材料减少都市热岛效应：**关注减少都市热岛效应，鼓励建筑和城市层面的被动制冷材料应用
- **促进既有建筑改造：**明确国家建筑存量零碳战略以及具体解决方案，引导建筑业采用创新制冷材料进行分阶段改造，以实现零排放目标

在绿色金融与财政激励方面，多地已将具备被动节能效果的制冷材料与系统纳入绿色建筑产品推荐目录和财政补贴范围。例如，深圳市将“具备反射与辐射降温性能的新型屋顶材料”列入近零能耗建筑支持范畴，给予每平米50元以上的财政奖补；江苏、浙江等地亦在智慧园区、绿色工地等项目试点中优先采用具有示范效果的被动降温技术方案，形成了良性政策与应用互动机制。值得关注的是，政策正逐步从单一技术鼓励走向“系统级解决方案”支持。这对企业提出了更高要求，要求其不仅具备材料研发能力，更具备在复杂场景中实现系统适配与功能集成的能力。在这一趋势下，部分中国企业已完成从材料提供商向系统解决方案商的战略转型，并参与多地示范工程与政策评估试点，体现出对政策方向的敏锐响应与工程落地能力。

随着国家对节能建材、绿色工艺与低碳系统集成支持持续加码，具备原创材料体系、量产能力和多场景集成经验的企业将在未来竞争中脱颖而出。可以预见，政策机制将在无电被动式制冷技术的标准化、规模化和市场化进程中扮演关键角色，推动其从“前沿材料”走向“基础设施构件”的定位转变。

2.5 市场趋势与可持续投资加速行业落地

在政策体系不断完善的同时，市场端对绿色低碳制冷技术的主动需求也在迅速增长，成为驱动无电被动式辐射制冷材料加速落地的另一核心力量。在建筑、工业、交通与能源等多个高温热负荷行业中，传统制冷方式所面临的能耗高、维护成本大与环境适应性差等问题日益突出，推动终端用户主动寻求成本可控、运行稳定、环保友好的新型冷却路径。被动式辐射制冷材料凭借其不依赖能源驱动、结构集成灵活、维护负担低等优势，日益受到市场关注，相关示范项目数量稳步上升，应用边界不断扩展。

与此同时，ESG投资和绿色金融体系的加速发展也为行业提供了更强的资本支撑。2023年全球绿色建筑与气候适应型材料相关投资总额大幅增长，其中大部分资金投向与节能减排直接关联的基础建材与系统集成类企业。越来越多的产业资本、基础设施基金与地产运营商将“绿色制冷能力”作为项目评估和采购的重要参考指标，带动被动式制冷技术从概念验证走向商业化部署。同时，企业自身的ESG管理要求也在加快绿色改造节奏，尤其是拥有高热负荷资产（如数据中心、物流仓储、制造基地）的运营主体，正加快部署无需能耗的新型冷却材料，以满足碳中和与信息披露的合规压力。

总体来看，无电被动式辐射制冷材料正处于“政策牵引”与“市场拉动”双轮驱动的成长窗口期。一方面，其受到节能减排政策、绿色建筑规范和财政机制的持续强化，另一方面，其在多行业用户中的实用价值与投资吸引力正在快速提升。未来，随着建筑开发、工业升级和终端消费对“零能耗冷却”概念的接受度提升，该类技术有望从“节能加分项”转变为“基础配置选项”，形成稳定的市场化发展路径。

03

产品创新亮点 与应用优势

随着无电被动式辐射制冷技术不断从基础材料研发迈向实际应用落地，行业竞争正逐步转向产品集成能力、系统适配效率与场景应用深度的比拼。领先企业开始在光谱响应性能、结构稳定性、环境适应能力等关键维度展开差异化创新，并通过模块化、标准化产品设计推动制冷材料从“研究型材料”向“工程可用方案”转化。当前市场上已形成多类功能明确、结构各异的产品形态，包括用于建筑屋顶的高反射高辐射复合膜，用于物流与工业储存的降温涂层模组，以及面向个体防护与消费场景的轻量化被动制冷织物。这些产品在性能参数、耐久性、安全性和工艺适配性等方面持续迭代，已具备广泛工程适配能力，并可与建筑构造、设备外壳、交通载体等多种终端界面融合应用。

部分技术领先的企业正依托自主材料体系和工艺平台，构建起覆盖“功能薄膜—中间模组—终端方案”的产品体系，通过工程化集成与规模化交付，实现在多个应用场景中的有效部署。具备场景理解能力和跨学科整合能力的团队，往往能更早完成从原理验证到商业可行性的过渡，在试点项目 and 政策示范中形成明显的市场先发优势。

在绿色建筑推广、城市更新改造和高温极端天气应对机制日趋完善的背景下，无电被动式辐射制冷产品正逐步成为新一代降温材料体系的重要组成。推动其在关键行业、重点场景中的深度融合，将为低碳建筑、绿色交通和智慧物流等方向带来实质性的降温减碳增益，也为具备产品创新能力的企业打开广阔的发展空间。

3.1 主流产品介绍与优势分析

全球无电被动式辐射制冷市场目前已初步形成产业化格局，代表企业包括Skycool、Spacecool、创冷科技等，产品主要涵盖涂层材料、膜类材料与复合结构材料，广泛应用于建筑节能、光伏系统或光伏发电、冷链物流、户外装备等多个行业场景。与传统制冷方式相比，无电被动式辐射制冷技术可在不消耗外部能源的前提下实现持续降温，具有零能耗、低碳排、适用性强等优势，正受到全球节能减排趋势的高度关注。相比之下，国内市场尚处于技术驱动的早期阶段，相关企业多由高校或科研机构团队孵化，具备较强的材料研发能力，但在产业化路径、规模化应用与商业化机制方面仍处于探索期。当前，国内企业正积极拓展建筑、储运、能源等重点领域的示范应用，逐步推动技术成果向实际市场场景转化。

当前，无电被动式辐射制冷技术正进入产品化快速扩展期，产品形态已从早期实验材料发展为结构多样、功能稳定、适配多场景的工程化产品体系。市场上逐步形成以“功能涂层—复合薄膜—结构陶瓷—光学车漆—功能织物”为主要类别的成熟产品谱系，广泛应用于建筑表层、设备壳体、道路基础、冷链仓储、光伏系统以及个体热防护等领域。

在材料性能方面，无电被动式辐射制冷材料普遍具备高反射率与高发射率的光谱选择性特征，太阳光反射率与中红外辐射率均可超过95%，在典型气候条件下可实现表面温度下降10至40摄氏度，部分场景下实测降温效果超过42℃。该类材料涵盖涂料、薄膜等多种形态，具备良好的适应性与场景灵活性。其中，涂料类材料可广泛应用于建筑屋顶、外墙、仓储设施及户外设备表面，具备施工便捷、覆盖面积大、适应多种基底材质等优势，是当前应用最为成熟的产品类型之一。薄膜类材料则以其良好的透光性能与色彩一致性，适用于玻璃窗体、车载结构与城市幕墙系统等对视觉与光学性能有较高要求的多元化应用场景，能够在热管理与视觉舒适性之间实现有效平衡。不同类别产品各具优势：



功能性涂层具备结构简单、适配性强等优势，涵盖多种主要产品形态，包括可直接喷涂于墙体、屋顶、设备表面的液体涂层（即涂料）、以涂布基材再复合功能胶制成的卷材产品，以及近年来新兴的无电制冷粉末涂料。其中，卷材类产品具有良好的防水性能，适用于建筑外层及防护层施工；粉末涂料则在提升施工效率和材料稳定性方面展现出较大潜力。整体来看，功能性涂层普遍具备优良的降温、耐候、防腐与防污性能，适用于高温暴晒区域及结构复杂的基础设施，为多元场景提供了高适应性的热管理解决方案；



高性能薄膜具有轻量、柔性、高光谱控制精度的特点，能够有效阻隔紫外线与红外线，同时实现较高可见光透过率，广泛用于节能玻璃、门窗系统及车辆内饰部件，有效降低空调负荷并改善室内环境热舒适度；



结构陶瓷与工程砖材基于无机多孔体系开发，具备卓越的热辐射性能、机械强度和耐火性，可用于高温区域的路面、外墙与屋面铺装，兼具降温、防滑、抗污染与城市热岛效应缓解功能，适合用于绿色园区与智慧城市改造场景；



车用涂装材料通过超细颗粒与树脂体系复合，实现复杂曲面结构的稳定附着与热管理功能，适用于车顶、车身外壳等部位，在户外场景中展现出良好的控温效果；



热调节功能纺织品结合高发射率纤维与纳米反射涂层工艺，应用于制服、功能性户外服饰与建筑遮阳系统中，有助于降低体表温度、提升使用者热舒适性，适用于城市高温工作场所与户外暴露场景。

在工艺能力方面，成熟企业已实现大幅面连续生产、模块化切割与批量交付能力，部分产品已支持卷对卷涂布、自动贴膜与快速喷涂等标准化施工工艺，具备较高的工程交付效率与系统集成便利性。配合防火、防腐、抗老化等功能增强设计，可满足多地区、多气候条件下的长期使用需求。此外，这些产品已通过多个地区和行业的绿色建材认证体系验证，包括建筑材料环保标准、节能减排性能检测、绿色建筑设计目录等。部分产品在近零能耗建筑示范工程、城市更新项目与绿色工业园区中实现了实际部署，其节能效果、冷负荷削减能力与生命周期经济性获得多方认可。

具备全链路开发能力的企业，正通过“自主材料体系+应用产品矩阵+多场景适配”的模式，加快推动无电被动式辐射制冷产品向广域应用迈进。这类产品的成功，不仅源于材料技术突破，更得益于对实际场景需求的精准理解与产品工程化路径的持续打磨，正在成为构建低碳冷却系统的重要构件。

3.2 应用场景全景示范

随着城市热岛效应持续增强和能源成本不断上升，各类用能场景对降温材料的性能、形式和部署灵活性提出更高要求。无电被动式辐射制冷产品凭借其“无需能耗驱动”“结构融合灵活”和“多材料系统可选”的特性，已在多个关键场景中得到实际部署与效果验证，展现出优于传统隔热材料的系统性优势。

多元场景应用

建筑



图书馆，广州

测温时间：2023年1月

表面最高降温 ↓ 42.9℃
应用楼层节能率 ↑ 39.5%

物流



集装箱，阿联酋

测温时间：2023年7月

表面最高降温 ↓ 29.9℃
内部最高降温 ↓ 6.8℃

电力通信



环网柜，福建

测温时间：2023年9月

外表面最高降温 ↓ 38℃
设备内部最高降温 ↓ 14.9℃

储粮



粮仓，海南

测温时间：2024年2月

粮仓表面最高降温 ↓ 30.9℃
节约维护成本约 ↓ 25%

化工



煤气储罐，中国香港

测温时间：2023年7月

罐体内部液体降温 ↓ 9℃
节约降温成本高达 ↓ 60%

光伏



光伏板，中国香港

测温时间：2023年6月

表面最高降温 ↓ 25.7℃
提高发电效率高达 ↑ 8%

新能源



储能柜，广东

测温时间：2023年11月

表面最高降温 ↓ 34.8℃
内部降温高达 ↓ 8℃

汽车



巴士车，中国香港

测温时间：2023年10月

车内平均降温 ↓ 4.6℃
节省能耗可达 ↓ 26%

1). 绿色建筑与城市更新改造

在办公楼宇、住宅小区、公共建筑等高密度城市空间中，外立面、屋顶和玻璃幕墙是建筑热增益的主要路径。无电被动式辐射制冷材料可通过涂层喷涂、玻璃贴膜或陶瓷模块铺设等方式，广泛应用于屋面、外墙及玻璃立面结构，在典型夏季气候下可实现建筑表面温度下降10–40℃，空调系统冷负荷减少约30–40%，有效改善室内热环境，延长空调设备使用寿命，降低高峰电力负荷。

根据行业内部分实际应用案例测算，当建筑单位面积空调冷负荷降低30%，相应电耗可下降25–35 kWh/m²·年；若以中国南方地区碳排系数约0.7–0.9 kg CO₂/kWh估算，每百平方米建筑外立面改造后，年均可减少碳排放约2.0–3.0吨。这一降碳潜力虽依赖具体建筑类型、气候条件与使用习惯，但在大体量建筑群中具备可观的碳效应累积空间，为推进建筑领域“源头减碳”提供了现实路径。

在城市更新与“近零能耗建筑”试点中，该类材料也日益被纳入绿色建材体系，作为符合新型围护结构热工性能标准的重要构件，应用于学校、医院、城市综合体、公共交通站点等重点节能改造项目，具备施工简便、运维负担低、生命周期经济性优等优势。随着绿色建筑碳绩效要求不断提升，被动式辐射制冷有望在未来碳评价、碳资产量化及绿色金融对接等环节中发挥更积极作用。

2). 工业仓储与冷链物流系统

在物流园区、冷链集装箱、仓储屋顶、化工储罐等应用中，环境温差大、冷负荷高、空间密闭性强，对材料耐候性和降温强度要求极高。无电被动式辐射制冷涂层和陶瓷类产品可直接涂覆或嵌入在金属罐体、货柜表层与模块化屋顶结构中，实测表面降温幅度普遍在30–40°C之间，冷链车内温度下降约4–6°C，冷藏储能设备能耗降低可达20–30%。这不仅提高了运输与贮藏品质，也显著降低冷链系统运行成本，延长制冷系统使用周期。此外，部分陶瓷类产品还具备防火、防腐蚀、耐紫外的复合功能，适用于沿海高湿、高盐、高日照地区设施，有效提升仓储与供应链系统的热环境韧性。

3). 能源与设备热管理系统

在电力通信、新能源、石化等行业，大量分布于户外的控制柜、储能柜、变压器、基站与设备外壳长期暴露于高温环境，热管理成为运维系统的关键一环。在典型案例中，无电被动式辐射制冷产品部署于设备柜顶、立面与内部反射层表面，可使设备外壳温度下降30°C以上，柜体内部降温达10–15°C，有效延长核心部件寿命约20–30%，降低事故风险，提升系统稳定性。

在光伏场景中，产品可用于支架、背板或边框材料的热反射与散热管理，有助于降低系统热损失，提升电池板工作效率约6–8%。该类部署方式成本低、运维简、不影响发电组件结构，是光伏场景实现“零能耗冷却”的可行选项。

4). 城市交通与汽车系统

城市道路、高温停车区和公交系统是典型的“局部热岛”环境。轻质、高附着性的车用辐射制冷涂层材料可喷涂于车体外壳、车顶与引擎盖部位，实测车内平均温度可下降3–5°C，车内表面温度下降达20–30°C，在无耗电的情况下，提升乘坐舒适度并降低车载空调功耗。该类产品的色彩与涂装方式灵活，适配各类车型及城市道路美学要求，已逐步用于城市公交、物流运输车与私家车等系统。

5). 个人热舒适与轻量场景

在高温作业、户外运动及便携场所等轻量应用场景中，具备辐射制冷功能的纺织材料正成为提升个体热舒适的新兴路径。这类材料通常结合织物结构调控与红外辐射功能涂层处理，通过增强热辐射散热能力、部分反射太阳热能，并适当优化热传导路径，在不依赖外部能源的情况下，辅助实现穿着者体感温度下降，缓解热应激带来的不适感。相关产品已广泛应用于环卫、建筑、交通、安防等高温暴露行业，并逐步拓展至功能性服装、遮阳伞与轻质遮光布等消费场景。

3.3 行业案例分享

3.3.1 技术孵化背景

创冷科技成立于2022年，是亚洲较早聚焦无电被动式辐射制冷技术创新企业之一。依托高校科研成果转化，该公司快速实现技术工程化落地，业务已拓展至建筑、能源、交通等多个领域，并在全球多个国家和地区形成了项目布局。作为该赛道的代表性市场实践案例，其发展路径反映了新兴绿色低碳技术从实验室走向产业化的典型模式。

通过多元化场景的持续应用，该企业在推动新型制冷材料普及、丰富绿色建筑技术路径、提升高温行业热管理能力等方面形成了较为突出的示范效应，进一步推动了无电被动式辐射制冷在行业内的认知度与采纳率提升。

3.3.2 产品体系构建与技术特征

为适应不同场景下的降温需求，无电被动式辐射制冷技术已形成多类型材料体系，涵盖刚性、柔性与透明等多种应用形态，具备较强的适应性与可集成能力。以下为典型产品的简要技术特征与主要应用方向：

无电被动式辐射制冷涂料



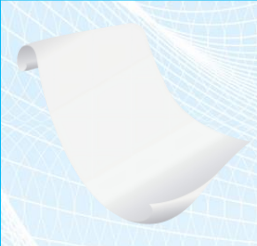
无电被动式辐射制冷涂料通过具备高太阳反射率与高中红外辐射率的表面结构，有效降低建筑与设备表面的热负荷，减少环境升温带来的能耗压力。该类材料适用于长期暴露于日照环境的多种界面，包括屋面、外墙、工业设备外壳及基础设施外部结构，广泛应用于建筑节能改造、电力设备冷却、化工与仓储设施温控、粮食储存与新能源柜体的散热管理等多种场景，在提升系统运行稳定性与延长设备寿命方面发挥积极作用。

无电被动式辐射制冷膜材



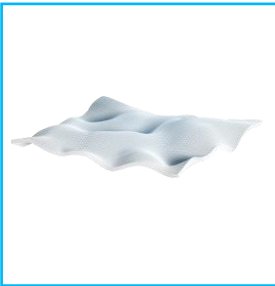
通过多层干涉光学结构实现透光性与隔热功能的平衡，适合用于玻璃幕墙、窗户、汽车车窗及透明光伏组件表面，广泛应用于办公楼宇、汽车等交通工具和农业温室等对采光和温控均有要求的场所。

无电被动式辐射制冷卷材



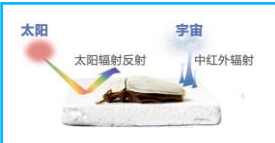
该类材料兼具优异的防水性能与施工便利性，适用于各类屋顶覆层、防水隔热一体化工程及对耐久性要求较高的工业设施外层结构。当前已广泛应用于工业厂房屋面、交通基础设施、物流仓储屋顶、新能源站房与临时建筑外包系统等场景，在提升建筑与设施的整体热管理水平、延缓老化及减少制冷负荷方面展现出良好效果。

无电被动式辐射制冷纺织面料



通过热敏纤维设计与辐射散热结构的协同应用，无电被动式辐射制冷纺织材料正逐步拓展至多类轻量化场景。其一，冷感型面料主要用于直接接触人体的穿戴应用，改善高温环境下的穿着体验，适用于户外作业、防护服饰等高温劳动场景。其二，反射型面料则通过高反射率织物表层构建大面积遮阳结构，有效阻隔太阳热辐射，常用于雨伞、天幕、遮阳布、帐篷顶部等移动式防晒设施，为户外环境下的人群活动提供热防护支持。

无电被动式辐射制冷陶瓷砖



具备反射热辐射能力的功能性地面铺装材料，主要用于城市广场、公园步道等户外公共空间，有助于缓解局部热岛效应并改善地表温升环境。

无电被动式辐射制冷车漆



适用于交通工具表面温控的功能型涂料，用于降低车辆外壳吸热与内部温升，已在冷链物流、电动车与高温作业车辆中开展应用试点，具备减负载、延续使用寿命的实际效益。

数据来源：i2COOL创冷科技

3.3.3 多行业应用实践

随着对节能减排与热环境改善的关注持续提升，无电被动式辐射制冷技术在多个行业中得到初步应用，展现出较强的跨场景适应能力，为传统能源系统之外提供了补充性温控路径。

1). 建筑与城市基础设施

在建筑领域，该类技术主要应用于屋顶、外墙、玻璃幕墙等外围护结构，用于降低建筑整体热负荷，减轻制冷系统运行压力。相较传统节能材料，辐射制冷材料具备更显著的温控效果和运行稳定性，已在部分绿色建筑示范项目中被纳入节能体系一部分。在城市基础设施层面，该类材料也被用于广场、公交站亭、慢行系统等公共空间的表面温控处理，助力城市热岛效应缓解与热环境改善，提升市民在夏季出行与活动过程中的体感舒适度。典型应用案例包括：

- 案例一——香港旺角综合体建筑节能改造项目：在旺角一处大型商场与写字楼综合体中，外墙使用无电辐射制冷涂层后，墙体表面温度最高下降30.3℃，室内降温幅度达10℃，对应楼层节能率达42%，大幅提升建筑整体能效。
- 案例二——香港九龙体育馆热环境优化项目：该体育场馆外部结构采用辐射制冷材料后，实现建筑表面最高降温13.1℃，年节约用电超过30万千瓦时，在满足大体量公共空间舒适性要求的同时，有效降低运营成本。

2). 新能源与电力装备

在光伏电站、储能系统及输配电设备等新能源领域，无电被动式辐射制冷材料被广泛用于设备表面散热与外壳温控管理，可有效应对长期日照带来的发热积聚问题，降低因高温导致的光电转化效率下降、热老化加速与运行不稳定等风险。相较主动式散热方案，该类材料具备不依赖电力、安装便捷、成本可控等优势，特别适用于边远、炎热或无人值守区域的运维需求，成为提升新能源系统综合能效与可靠性的理想热控手段。典型应用案例包括：

- 案例一——中国某厂房光伏系统温控优化项目：在企业办公大厦，约1200平方米的屋顶太阳能光伏底板覆盖辐射制冷涂层后，其表面温度最高下降25.7℃，光伏发电效率平均提升约8%，显著缓解组件因过热导致的发电衰减问题。
- 案例二——企业储能设备散热升级项目：中国某能源企业在300平方米储能柜体外部采用辐射制冷材料后，柜体表面最高降温达34.8℃，柜内温度最高下降8℃，在不改变原有结构与电气系统的前提下，有效提升设备热稳定性与运行安全性。

3). 交通与物流系统

无电被动式辐射制冷材料已逐步在冷链运输、城市公交、电动物流车等交通运输装备中实现应用，用于车体外壳、顶部结构与货柜表面的热管理改造。通过显著的表面降温效果，有效降低车厢内部温度与空调系统负载，在延长设备使用寿命的同时，间接提升车辆能源利用效率与续航表现。在冷链与鲜活运输等高能耗运输场景中，该类材料对降低制冷负荷、优化温控系统运行具有实际成效，顺应全球物流能效标准日益趋严的发展趋势，具备广泛的推广潜力。典型应用案例包括：

- 案例一——迪拜集装箱运输温控优化项目：阿联酋迪拜某国际航运供应商在其冷链集装箱外部应用辐射制冷材料后，集装箱外壳表面最高降温达14℃，箱内温度下降7.7℃，显著降低了制冷系统运行成本，为高温地区冷链运输系统的节能降耗提供了可复制范式。
- 案例二——香港城市公交降温节能项目：在香港一城市巴士项目中，车顶及车体外表面应用辐射制冷材料后，实现车体表面温度最高下降12.4℃，车厢内部温度下降4.6℃，整体空调能耗减少约26%，有效改善乘客热舒适体验的同时提升车辆运行效率。



4). 工业与制造业设施

在高温工业场所，特别是化工、冶金、能源加工等行业的生产厂房与大型储罐系统中，表面热管理是保障设备运行安全与稳定性的重要环节。无电被动式辐射制冷材料可作为高温工况下的辅助降温方案，广泛应用于设备外壳、储罐体、工艺管线及遮阳结构等部位，有效降低设备表面温升，缓解热疲劳效应，延长设备使用寿命，并在一定程度上优化人员作业环境，减少通风与制冷系统负荷，助力工业系统的安全、节能与减排目标协同达成。典型应用案例包括：

- 案例一——香港渠务署污泥储罐表面改造项目：在香港渠务署某污泥处理设施中，储罐表面采用辐射制冷涂层后，实现外部最高降温33℃，同时由于罐体温度显著下降，废气排放总量得到有效控制，测得排放抑制比率达59.6%，兼具温控与环保效益。
- 案例二——武汉某有机化工厂储罐节能项目：武汉某化工企业在其环氧氯丙烷储罐外表采用辐射制冷材料后，罐体外表面全天候温降达8℃，内部液体温度降低9℃，显著提升罐体热稳定性与安全系数，整体冷却系统运行成本降低近60%，在高温连续作业条件下展现出较高经济与运行价值。

5). 农业与户外作业场景

在农业设施、临时作业场地及户外高温劳动环境中，无电被动式辐射制冷材料可应用于大棚顶部、作业帐篷、遮阳结构及个人防护装备表面，有效缓解烈日直射带来的热积累风险。特别是在南方高温多湿地区或农时作业密集期，该技术有助于稳定大棚内温度环境、降低农作物高温胁迫概率，并为一线作业人员提供一定程度的体温调节支持。除种植业外，无电被动式辐射制冷材料还可以应用在养殖业，改善养殖厂房环境，提升养殖动物和作业人员的舒适度，从而提高成活率和出笼率。在推动农业和养殖业设施气候适应性提升、保障农业产能与作业安全方面，该类材料展现出良好的实用价值。典型应用案例包括：

- 代表案例——河南粮食工业园仓储温控改造项目：在河南某粮食工业园区，相关储粮设施外部涂覆辐射制冷涂层后，罐体表面温度最高下降30.9℃，罐内温度降低2-5℃不等，有效保障粮食储存环境的稳定性，同时节约后续维护与能耗支出约25%，为农业产地仓储系统提供了低成本、高可靠性的热控解决方案。



3.3.4 代表案例分享

案例一：无电制冷膜i2Film

香港某邮轮码头餐厅的玻璃幕墙：在约320平方米的咖啡馆玻璃幕墙上应用2种类型的无电制冷膜，显著降低热量，实现能耗降低。



香港某邮轮码头餐厅的玻璃幕墙

——在约320平方米的咖啡馆玻璃幕墙上应用2种类型的无电制冷膜i2Film
2023年9月

能效与经济计算

Lux值降低，带来热量降低

- 玻璃前门的基准晴天条件下的光照强度（以Lux表示）测量值为6910。两种i2Film膜分别可以将Lux值降为1190-1450之间和490-630之间
- 对于室外太阳能的热量测量， $1\text{Lux}=0.0081\text{瓦/平方米}$

测算节省的空调系统的等量电费

- 根据测量数据，2种类型的i2Film的预期节能效果分别为137.35和149.74千瓦时/平方米/年
- 以电费HK\$1.638/千瓦时计算，每年节省电费总计HK\$74,000

制冷效果与经济性

- 无电制冷膜的制冷性能在前5年不会下降。根据老化测试结果，制冷效果从第5年开始，每年下降3%，在第10年保持在85%的制冷效率
- 投资回收期为2.66年



数据来源：i2COOL创冷科技

案例二：i2Coating无电制冷涂层

深圳某小区机房屋面方案：在约100平方米的建筑屋面上应用无电制冷涂层，对于室外热量向室内传递有良好的阻隔效果，可有效降低外部热量的传递。



深圳某小区机房屋面方案
——在约100平方米的建筑屋面上应用i2Coating无电制冷涂层
2024年10月

能效与经济计算

机房自身用电数据对比

- 对比施工前和施工后机房的每日用电量可知，应用无电制冷涂层使机房空调用电量下降明显

节电量测算

施工前（8月24日-8月28日） 机房平均每日空调用电量 (KWh)	94.80
施工后（8月29日-10月27日） 机房平均每日空调用电量 (KWh)	66.80
平均每日节电量（KWh）	28.00
平均每日节电率（%）	29.54

降温与经济测算结果

- i2Coating涂层对于室外热量向室内传递有良好的阻隔效果。可有效降低外部热量的传递，**传热最高降幅可达8.5℃**。同时对于降低室内空气温度也有较好的效果，**空气温度最高降幅可达3.7℃**
- 机房平均每日节电率可达29.56%，每平米每天节电量0.29KWh，**每平米每天节省成本0.2元**
- 本项目投资回报率（ROI）约2.71年**

数据来源：i2COOL创冷科技

案例三：i2Coating无电制冷涂层

武汉某有机实业公司无电制冷涂层储罐应用：实现降低化工储罐内存放原料温度的创新性解决方案，大幅度降低储罐内部化学介质温度，有效提升储罐使用的安全性，并一定程度节省水资源。



武汉某有机实业公司无电制冷涂层储罐应用
——寻求降低化工储罐内存放原料温度的创新性解决方案*
2023年9月

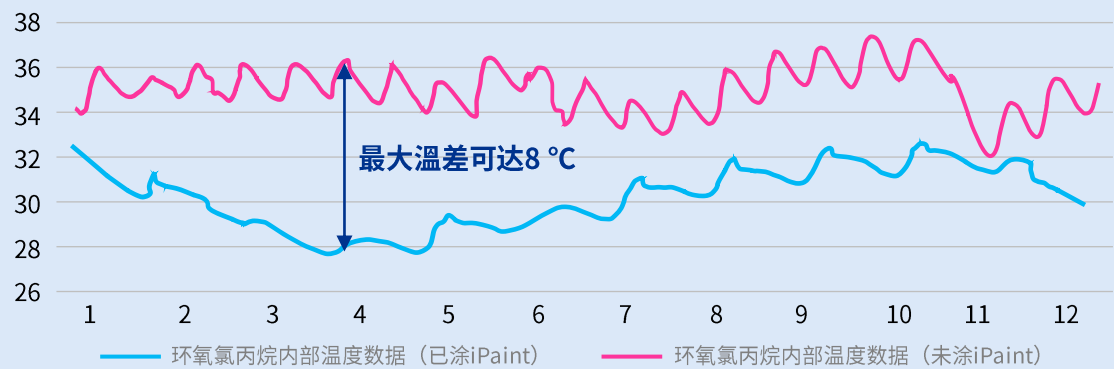
能效与经济计算

储罐表面施工前后温度对比

- 环氧氯丙烷储罐涂刷辐射制冷涂料后，储罐外表面温度为28℃，低于环境气温
- 储罐内部日间平均温度降低约6℃，在不开启喷淋系统的情况下，也能够大幅度降低储罐内部化学介质温度，有效提升储罐使用的安全性，并一定程度节省水资源

施工前日间温度		施工后日间温度
罐体外表面温度	喷淋关闭：43℃	喷淋关闭：28℃
	喷淋开启：30℃	
地表温度	52℃	53℃
室外温度 (环境温度)	34℃	34℃

DCS系统采集环氧氯丙烷内部温度数据对比



数据来源：i2COOL创冷科技

案例四：i2Coating无电制冷涂层

陕西某养殖场饲料储罐项目：打造饲料储罐外表面和内部降温解决方案，实现储罐表面平均温度大幅降低，保障饲料存储时间，降低制冷功耗与成本。



陕西某养殖场饲料储罐项目

——饲料储罐外表面和内部降温解决方案

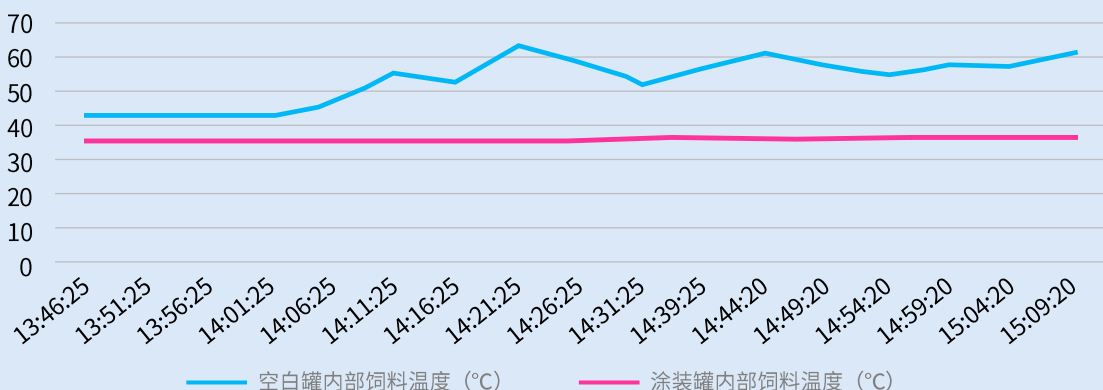
2024年7月

能效与经济计算

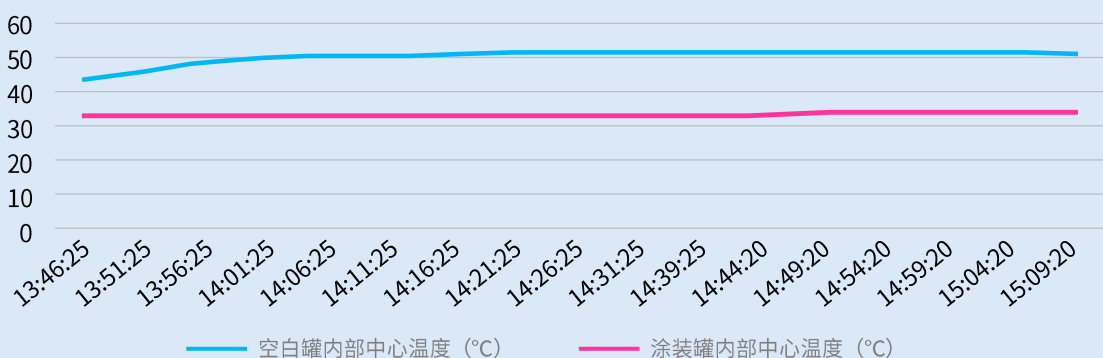
储罐表面施工前后温度对比

- 涂装罐1.5m罐内中心温度平均值为35.5℃，空白罐平均值为52.8℃，平均降温17.3℃，平均降温幅度为32.8%
- 涂装罐4.5m罐内中心温度平均值为32.4℃，空白罐平均值为49.7℃，平均降温17.2℃，平均降温幅度为34.6%
- 整体内部降温最高达18.8℃，外表面降温最高达24.3℃

1.5m罐内中心温度



4.5m罐内中心温度

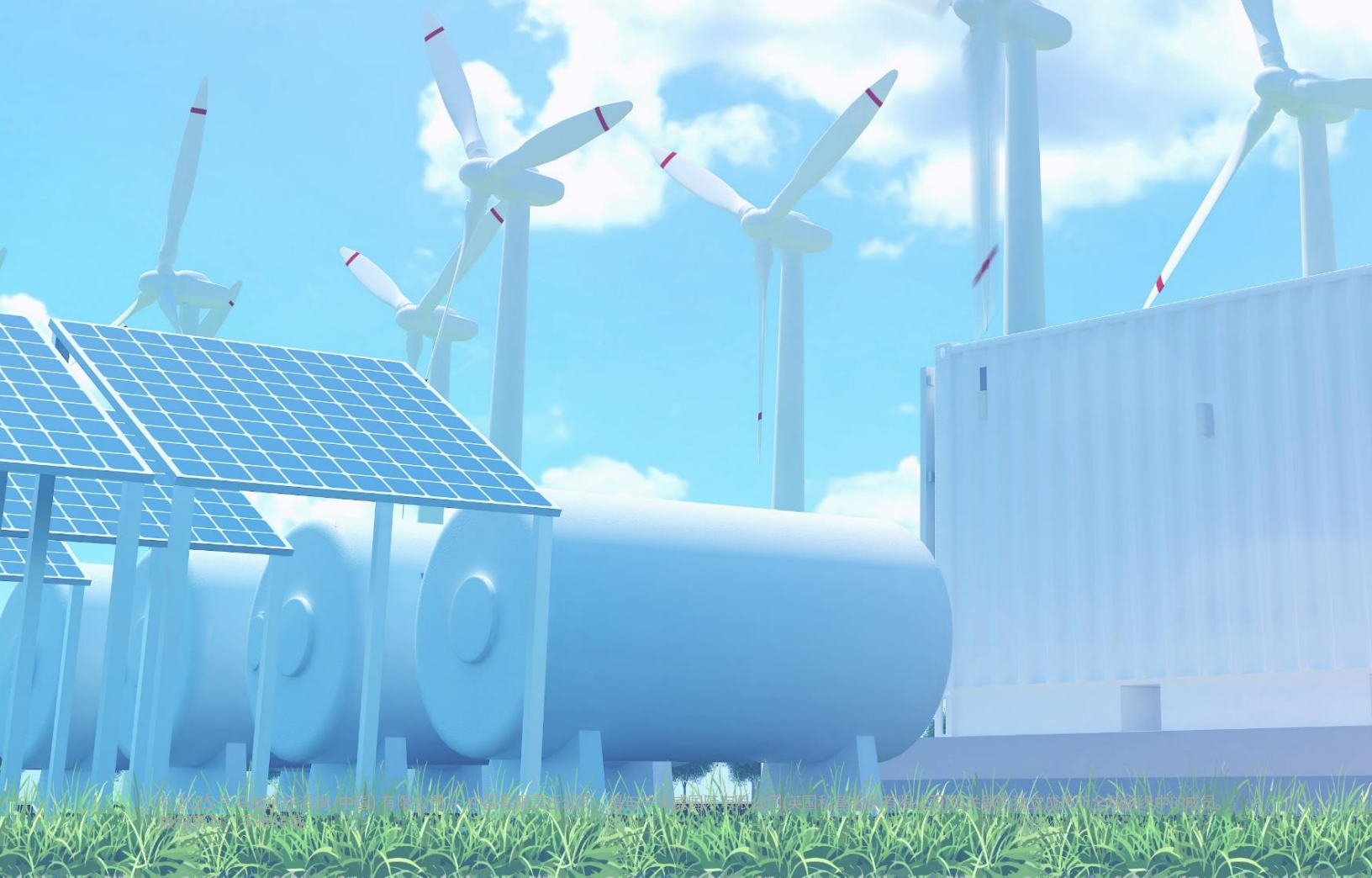


数据来源：i2COOL创冷科技

以上案例反映出无电被动式辐射制冷产品在温控刚需明确、空调不可及或能耗敏感的应用场景中具有明确的降温优势与成本控制价值。其低维护、高适配的特性使其适用于从城市建筑、工业储运到农业生产等多类高热负荷场景，在不同维度上实现能效提升与风险降低的双重效益。

04

市场机遇与 商业价值分析



在能源系统低碳化与城市运行韧性日益受到关注的背景下，无电被动式辐射制冷作为一种跨越材料科学、热管理工程与可持续建筑边界的前沿技术，正逐步显现其独特的市场价值。随着相关产品性能日趋稳定、适配场景不断拓展，行业已从“实验验证”阶段过渡至“场景部署—价值释放”阶段，具备向更广泛市场结构渗透的基础条件。

制冷作为全球能源消费增长最快的细分领域，其用能成本、碳排放强度与系统稳定性对能源安全与环境治理构成重要影响。在传统制冷系统仍面临能效瓶颈、制冷剂替代压力与应用边界限制的情况下，具备“零能耗、低运维、可规模部署”特征的被动制冷路径为建筑节能、工业降温与基础设施热管理提供了新的解法。

本章将从全球与中国市场的结构性需求出发，分析无电被动式辐射制冷技术在不同区域、行业与场景中的渗透机会，探讨当前商业化推进中的典型合作机制与推广路径，并梳理产品与技术在工作、工艺与系统集成方向上的未来演化趋势。通过市场潜力测算与实际项目反馈结合，勾勒出该技术从材料型产品向平台型解决方案转化的路径图谱。

4.1 推广路径与合作模式发展趋势

无电被动式辐射制冷技术的商业化路径，正随着产品成熟度提高与应用需求扩展而不断演进。从早期依赖政策试点与示范工程为主的推广方式，逐步向多渠道、分行业、跨区域的规模化市场渗透迈进。不同应用领域对推广机制、合作模式与采购决策逻辑存在显著差异，形成了多层次、多节奏的产业协同格局。

1). 政策引导与示范工程推动

政府主导的公共建筑改造、城市更新与近零能耗示范项目，是推动该类新型节能材料率先落地的重要起点。在此路径中，项目以节能绩效目标为导向，强调长期运行效果、绿色建筑标准适配能力以及政策扶持对成本结构的改善作用。

地方政府和国有平台公司通常通过试点、专项资金支持或集中采购方式与技术企业开展合作，推动该类产品在学校、医院、办公楼、保障房、过渡性住房等低碳建筑中部署。一些地区亦将其纳入绿色建材目录或财政补贴清单，在推动城市热环境治理、构建绿色园区等方面具有高度政策协同空间。

2). 行业客户驱动的系统解决方案合作

在工业、能源、交通、物流等领域，应用场景对温控性能、运维节能与安全性改善提出了直接需求，驱动该类产品通过B端客户合作方式快速落地。此类合作往往以“问题解决型”销售逻辑为主，强调产品在设备温控、能耗优化与热环境管理中的实际效益。

合作形式多为场景定制型系统集成，包括建筑总包商、设备制造商、运维服务商与终端业主之间的多边协同。企业通常需要具备“从材料到方案”的技术转化能力，并能提供包括施工指导、温控测算、节能量评估与回报周期分析在内的完整交付服务。在储能、数据中心、电力通信、新能源基地等高温负荷场景中，正逐步形成批量采购与集中部署趋势。

3). 轻量级产品延展与多元渠道探索

随着产品材料轻量化与形式多元化的推进，部分被动制冷产品正开始向个人用户市场延展，尤其在功能性纺织、户外用品、遮阳材料等消费类领域。该路径仍处于早期阶段，尚未形成标准化市场规模，但具有良好的品牌传播力和公众认知提升作用。

通过与零售渠道、设计品牌或公益组织合作，围绕“个人热舒适”“低碳生活方式”“绿色消费”主题开展联动营销，有望在提升用户接受度的同时，为技术品牌构建更强的社会影响力和场景延展能力。

4). 多元合作机制与商业闭环的构建

整体来看，无电被动式辐射制冷技术正经历从单点采购向“平台化合作”转型的阶段，推动企业从材料供应商向系统解决方案提供者迈进。典型的合作机制包括：



联合示范工程：企业与园区平台、建筑开发商、设计院等联合打造试点项目，积累样板工程与数据验证；



场景合作联盟：联合终端企业（如光伏、能源、冷链龙头）开展产品适配测试，实现标准共建与迭代优化；



绿色金融联动：通过节能量评估模型接入绿色信贷、绿色债券项目，获得配套融资或政策激励支持；



渠道共建：与材料分销商、建材电商平台、装饰装修集成商协同开发中端市场，提升覆盖效率与渠道弹性。

未来，随着政策体系日益清晰、标准规范逐步完善，企业间协同合作将在产品标准输出、节能效果评估与碳资产计量等方面形成新型生态模式，为被动制冷技术的广域扩张构建稳定的商业闭环。

4.2 被动制冷技术与产品演进趋势

作为一种基于自然能量流动路径实现降温的新兴技术体系，无电被动式辐射制冷在性能迭代、结构优化和应用外延等方面仍处于持续演进之中。未来，随着材料科学、制造工艺、建筑一体化与系统集成能力的不断进步，行业发展趋势将呈现出多维融合、平台化推进与工程适配深化三大方向。

1). 材料体系更高性能化与环境适应性提升

无电被动式辐射制冷材料的核心功能依赖于太阳光高反射率与中红外高辐射率的协同机制。在材料层面，未来产品将进一步向超高反射率（>97%）、宽带发射能力与全气候适应性能演进。当前主流材料多基于聚合物-无机颗粒复合结构或高性能陶瓷体系，具备一定的耐候与热稳定性，但仍存在在极端气候、长期紫外暴露或机械冲击条件下性能衰减的挑战。

下一阶段，具备自修复功能、柔性兼容性与可回收特性的新型材料体系有望成为突破口。如高分子微结构定向聚集、仿生毛发光学结构与功能梯度界面等新路线，正在实验室取得积极进展，预计在3-5年内具备工程转化可能。同时，对不同颜色体系、光学中性外观与透光性控制的探索，也将推动其在消费级应用中的渗透能力。

2). 产品形态向系统化、模块化方向演进

早期被动制冷产品以涂层、膜材、砖块等单一材料形态为主，主要依赖表面处理形式进行降温部署。随着市场成熟度提升与客户需求多样化，产品形态正加速向预集成模块、功能部件化构件与系统级界面材料发展。例如集成型屋面组件、嵌入式围护板块、设备级热控套装等新型形态，能够在施工环节实现一体化装配，提升施工效率与使用寿命。同时，也便于与智慧能源系统、建筑智能调控系统进行联动，为数据采集、温控调节与节能评估提供接口条件。

该趋势要求企业不再仅具备材料研发与生产能力，更需建立方案交付、系统对接与标准输出等综合工程服务能力，真正进入“方案型产品提供商”阶段。

3). 应用边界拓展与跨界集成能力增强

无电被动式辐射制冷的应用边界正从“表面材料”向“系统热管理”拓展。在建筑领域，该技术有望与主动节能系统（如自然通风、遮阳装置、智慧幕墙）形成协同方案；在工业设施中，将与储能管理、冷却系统、应急温控形成互补配置；在交通与物流领域，还可与新能源动力系统、冷链控制系统协同优化，构建多层次热环境调控能力。

同时，部分产品正向纺织、户外消费、智能硬件等轻量级场景延展，通过跨界合作赋能新兴应用市场。例如与功能性服饰、环保消费品、移动能源终端等融合，形成“可穿戴制冷”“可移动降温”等新概念场景，进一步提升用户接触频次与市场渗透能力。在此趋势下，企业间的产业协同、标准共建与生态合作将成为主流发展模式。围绕“热控 + 降温 + 材料 + 系统”的组合式价值点，未来行业将逐步呈现出由材料平台—产品系统—场景生态构成的复合型创新格局。

4.3 面临的挑战与应对建议

尽管无电被动式辐射制冷技术正在获得来自政策、市场和投资多重维度的积极关注，但其在迈向规模化应用与产业化成熟的过程中，仍面临一系列系统性挑战。这些问题集中体现在市场认知、产业链能力、标准体系与商业机制四个关键环节，亟需从行业共识、协同机制与政策引导等层面推动系统性应对。

1). 市场认知不足，制约推广速度

作为一项相对新兴的热管理技术，辐射制冷材料在终端市场的认知度仍显不足。多数用户、设计单位乃至采购方往往将其误认为传统反射涂层或隔热材料，忽视其中红外辐射方向的核心降温机制。这种技术概念模糊带来的误解，直接影响了其在项目评估、材料选型和工程集成中的话语权，制约了推广效率与用户接受度。

行业应加强从“材料性能”向“系统热管理能力”的市场教育，结合典型应用案例和可量化的降温数据，通过展览、行业论坛、采购指南等形式，建立清晰、准确的材料技术认知。同时，推动其在绿色建筑、工业节能、低碳交通等标准体系中的话语权，强化其作为“解决方案”而非“特殊材料”的市场定位。

2). 供应链尚不成熟，制约大规模交付能力

当前行业仍处于从中试到批量化过渡阶段。无论是核心功能层的原材料来源、生产工艺的稳定性，还是多形态（涂料、卷材、薄膜）产品的施工适配性，均存在一定的不确定性。尤其在高盐、高温、高机械应力等复杂环境下，材料一致性与寿命验证体系尚未完备，影响了其在严苛场景下的交付能力与客户信心。

建议建立“核心材料—工艺路径—应用场景”三位一体的适配与验证体系，由上游材料商联合中游工程集成方、下游用户单位共同开展多气候带、多工况的长期测试，并推动形成涵盖物理性能、耐候性、施工性等多维标准指标。同时，应鼓励建立行业级公共检测平台与标准样板项目，提升交付透明度与可靠性。

3). 标准体系缺位，影响政策嵌入与工程转化

当前尚缺乏针对无电辐射制冷材料的统一技术标准与评价框架。在性能测试方法、节能效果计量、工程施工规范、产品分级体系等方面，行业多以“企业标准”或类比性方法暂时替代，导致该类材料难以有效嵌入绿色建筑评价体系、财政补贴机制及碳排放核算体系，影响其在政策驱动场景中的转化效率。

应从行业协会、科研机构与重点示范项目入手，推动制定系统化的评价标准体系，包括辐射率、反射率、降温能力、生命周期效益、施工适应性等多维指标。建议结合绿色建筑、绿色工地、智慧园区等政策应用场景，探索以“试点项目推动准则落地”的路径，逐步建立与财政激励、碳交易、绿色金融等政策工具的对接机制。

4). 商业模型尚不清晰，缺乏融资与价值分享机制

目前该技术的应用多数以“一次性材料采购”或“集成方案定制”形式出现，尚未建立起与其“持续节能效益”相匹配的商业变现路径。例如，终端客户难以将节能收益货币化，投资人缺乏收益回报模型，ESG资金无法准确度量其碳减排贡献，影响了金融资本的介入意愿。

建议探索将被动制冷材料纳入性能承诺型服务体系，通过节能效果量化模型与项目运营方进行收益分成。同时，应联合绿色认证机构与金融机构建立碳效益量化指标，使该类材料具备清晰的ESG投资属性，打通其从节能技术向绿色资产的价值闭环。

整体来看，无电被动式辐射制冷材料正处于从“前沿验证”迈向“系统落地”的关键阶段。行业要实现从政策引导到市场驱动的真正跃迁，必须在认知共识、标准构建、链条协同与商业机制上持续发力。唯有建立一个兼具技术深度与生态张力的多元协同体系，才能推动这一新型技术路径在更广阔的场景中实现规模化应用与长期可持续价值释放。



4.4 协作倡议与生态共建路径

无电被动式辐射制冷材料的推广与应用，涉及材料科学、系统集成、建筑与工业设计、绿色金融等多个维度，天然具有跨行业、跨专业协同特征。为进一步加速技术商业化进程、推动产业生态健康成长，有必要通过多方协作机制，建立更加开放、高效与共赢的产业体系。

建议从行业发展趋势出发，逐步构建以标准共建、场景共创、成果共享与资本联动为导向的合作路径：



未来，随着多地绿色转型与城市更新进程提速，被动式降温材料有望在节能建筑、智慧园区、绿色交通及生态工业等重点领域中形成生态级部署机会。行业亟需推动各方主体形成共识，共同构建多元开放、合作共享的创新生态体系，助力技术从“低碳材料”迈向“系统解决方案”的价值跃升。

联系我们

**蔡忠铨**

毕马威中国董事
亚太区及中国能源及天然资源行业主管合伙人
毕马威中国
邮箱: alex.choi@kpmg.com
电话: 010-8508 5502

**沈莹**

环境、社会和治理（ESG）主管合伙人
能源及天然资源行业咨询主管合伙人
毕马威中国
邮箱: daisy.shen@kpmg.com
电话: 010-8508 5819

**李晶**

交易战略与并购融资合伙人
毕马威中国
邮箱: jing.j.li@kpmg.com
电话: 010-2212 3252

**曹越**

交易战略与并购融资经理
毕马威中国
邮箱: cy.cao@kpmg.com
电话: 010-8508 5228

关于毕马威中国

毕马威中国在三十一个城市设有办事机构，合伙人及员工超过14,000名，分布在北京、长春、长沙、成都、重庆、大连、东莞、佛山、福州、广州、海口、杭州、合肥、济南、南京、南通、宁波、青岛、上海、沈阳、深圳、苏州、太原、天津、武汉、无锡、厦门、西安、郑州、香港特别行政区和澳门特别行政区。在这些办事机构紧密合作下，毕马威中国能够高效和迅速地调动各方面的资源，为客户提供高质量的服务。

毕马威是一个由独立的专业成员所组成的全球性组织，提供审计、税务和咨询等专业服务。毕马威国际有限公司（“毕马威国际”）的成员所以毕马威为品牌开展业务运营，并提供专业服务。“毕马威”可以指毕马威全球性组织内的独立成员所，也可以指一家或多家毕马威成员所。

毕马威成员所遍布全球142个国家及地区，拥有超过275,000名合伙人和员工。各成员所均为各自独立的法律主体，其对自身描述亦是如此。各毕马威成员所独立承担自身义务与责任。

毕马威国际有限公司是一家英国私营担保有限责任公司。毕马威国际及其关联实体不提供任何客户服务。

1992年，毕马威在中国内地成为首家获准中外合作开业的国际会计师事务所。2012年8月1日，毕马威成为四大会计师事务所之中首家从中外合作制转为特殊普通合伙的事务所。毕马威香港的成立更早在1945年。率先打入市场的先机以及对质量的不懈追求，使我们积累了丰富的行业经验，中国多家知名企业长期聘请毕马威提供广泛领域的专业服务（包括审计、税务和咨询），也反映了毕马威的领导地位。

kpmg.com/cn/socialmedia



如需获取毕马威中国各办公室信息，请扫描二维码或登陆我们的网站：
<https://kpmg.com/cn/zh/home/about/office-locations.html>

所载资料仅供一般参考用，并非针对任何个人或团体的个别情况而提供。虽然本所已致力提供准确和及时的资料，但本所不能保证这些资料在阁下收取时或日后仍然准确。任何人士不应在没有详细考虑相关的情况及获取适当的专业意见下依据所载资料行事。

© 2025 毕马威企业咨询(中国)有限公司 — 中国有限责任公司，是与毕马威国际有限公司(英国私营担保有限公司)相关联的独立成员所全球组织中的成员。版权所有，不得转载。

毕马威的名称和标识均为毕马威全球组织中的独立成员所经许可后使用的商标。

二零二五年六月印刷