

双碳背景下药厂的节能减碳策略

本刊编辑部

摘要：在“双碳”目标的指导下，制药行业正处于绿色低碳转型的关键时期。为了帮助企业更有效地应对这一挑战，本刊特别邀请了来自制药生产企业和制药设备企业的代表，分享他们在绿色生产实践和节能降碳技术应用等方面的实践经验。这些内容旨在帮助企业深入了解行业绿色低碳转型的挑战与应对策略，为制药行业企业的可持续发展提供前瞻性的思路与可行的解决方案。

关键词：绿色智能转型；节能减碳；工业物联网能管平台；冷热平衡机；分布式集成冷站；恒温恒湿设备



赵传鹏 正大天晴药业集团南京顺欣制药有限公司 EHS 和设备负责人



董元霖 扬子江药业集团江苏海岸药业有限公司负责人



王健 广东欧科空调制冷有限公司 EK 中国区市场营销总监兼 IECD 事业部总监

PHT 制药业：在双碳政策背景下，制药企业在高能耗设备改造方面面临哪些技术难题？

赵传鹏：在双碳政策背景下，制药企业在高能耗设备改造方面面临诸多技术难题。首先，设备能效水平差异大，新旧设备交替导致显著的能效差距。例如，一些企业仍在使用的 COP 值低于 3.0 的老式冷水机组，而先进企业已采用 COP 值超过 6.0 的高效机房系统，能效相差一倍以上，这使得企业整体能耗水平难以维持。

其次，制药企业生产具有间歇性和季节性特点，但能源供应系统多基于最大负荷设计，导致设备大部分时

间都处于“大马拉小车”的低效运行状态。同时，生产设备组合运行缺乏优化调度，难以实现能源梯级利用。最后，高能耗设备的维护管理不到位，定期维护和性能检测执行不力，导致设备运行效率随时间下降。例如，空调过滤器更换不及时、换热器结垢清洗不彻底、蒸汽疏水阀失效等问题普遍存在，直接影响设备能效表现。

PHT 制药业：面对这些挑战，制药企业应采取哪些应对措施？

赵传鹏：为应对高能耗设备改造的技术难题，企业需完善能源管理制度，制定系统性的能效提升计划，并

开展全面能源审计以识别关键耗能环节，进而制定节能提效策略。对于洁净车间空调系统（HVAC）、灭菌设备、冷冻干燥机等高能耗环节，应设定专项目标。同时，建立设备能效档案，实施能效对标管理，并构建设备能效评价体系，制定差异化改造方案。其次，企业应重点开发和推广节能技术。例如，实施空调系统值班模式以降低非生产期间的能耗，采用变频控制技术根据负荷动态调节设备运行状态，以及推进中水回收利用。此外，构建智能化运行维护体系，实时监测设备运行参数，自动预警异常状态，利用 AI 算法优化设备组合运行方案，并实

施预测性维护，以确保设备高效、稳定运行。

PHT 制药业：企业如何制定系统化的数据收集与分析计划，解决用能数据缺失问题？

董元霖：为解决用能数据缺失对能源管理优化的制约，制药企业需构建“采集-分析-应用”全链条数据管理体系。首先，分层级搭建数据采集网络。在工厂总配电室、蒸汽管网、供水系统等关键节点部署智能电表、蒸汽流量计、水表等计量设备，实时采集全厂电、蒸汽、水等能源消耗总量数据，建立企业能耗总台账，为整体能耗监控与成本核算提供基础数据支撑；针对制冷机、空压机、隧道烘箱、冻干机、灭菌柜等高能耗核心设备，加装无线传感器与智能计量模块，按分钟级频率采集设备运行参数（如耗电量、运行时长、温度、压力）及能耗数据，实现单台设备能耗独立计量与实时监控，精准定位高耗能设备及异常能耗波动；对空调机组、水泵、风机等辅助设备安装微型计量装置，覆盖生产车间、公用工程等区域，实现能耗数据的“颗粒度”监测，结合设备启停状态分析非生产时段能耗浪费情况，为节能优化提供细分数据。

其次，构建集成化数据治理平台，深度集成 SCADA、EMS、MES 等工业控制系统数据，建立能耗数据与生产排产计划、设备运行参数、环境温湿度等多维数据的关联分析模型。通过数据清洗和标准化处理，消除数据孤岛，形成统一的数据资源池，确保数据的准确性、完整性与实时性。最后，建立多维度数据分析应用体系，包括能效基准与标准体系、智能预警与响应机制、多维度对比分析、数据驱动决策优化以及持续迭代与改进，以推动能源管理体系的动态升级。

PHT 制药业：EK 的节能解决方案如何助力制药企业降低公辅能耗并实现绿色转型？

王健：制药企业作为能耗大户，对节能解决方案的需求日益增长。其主要能耗集中在公辅部分，如锅炉、洁净系统、恒温恒湿控制以及局部湿度控制等环节。过去，企业主要聚焦于实现 GMP 标准和满足生产工艺要求，这些方面经过多年发展已较为成熟。如今，随着国家提出新质生产力的发展方向，强调绿色转型和 3060 双碳政策，企业认识到不仅要实现设备功能，还需提升节能低碳水平和整体运行效率。以 EK 高效集成冷站为例，相比传统能效 3.0 左右的冷机站房，高效集成冷站整机能效水平可做到 5.0 以上，综合运行节能率可达 49.5%。通过工厂预制集成，现场快速拼装，工期缩短至 50 ~ 60 天（仅为传统 1/3），最小化生产干扰；分布式就近部署，响应末端负荷快，更易保障恒温恒湿稳定性；通过 EK-AIoT 工业物联网能源优化平台实现智慧运维与全生命周期监控。因此，企业需要思考是否应用了节能低碳技术，以及设备是否能够高效运行并实现数字化管理。

作为制药行业的长期参与者，EK 专注于开发节能低碳解决方案。基于技术研发和丰富项目经验，EK 推出了一系列节能产品。在恒温恒湿控制领域，针对系统能耗高的问题，EK

推出三管制冷凝热回收恒温恒湿方案，通过回收废热降低能耗。在洁净系统方面，EK 的 EC 净化空调设备采用 EC 风墙技术，提高效率并降低能耗。在热能利用上，EK 的工业高温热泵解决方案提供高温热水 / 蒸汽，替代传统锅炉，节能降碳且投资回收期短。对于粉剂和胶囊生产的干燥需求，EK 的 ADR-DRY 一体化高效转轮除湿机，相对传统转轮除湿机节能率高达 60%。这些设备已在制药企业中得到验证。

PHT 制药业：EK 工业物联网智慧管平台如何提升制药企业的能源与运行效率，保障数据安全？

王健：为实现智慧化运维，企业需借助智能化策略整合工业环境控制设备及其他公辅设备，构建能源管理综合平台。EK 的 EK-AIoT 工业物联网能源优化平台，基于物联网技术连接全域工业环境设备，构建能源数据“监测-分析-优化-进化”四维闭环体系，为客户提供数智化节能增效及数智化运维管理核心价值。该平台为非专业用户提供易管理界面，使设备运行和能源使用情况一目了然。此外，EK-AIoT 平台还可接入工厂内的光伏屋顶和储能电站，为客户打造综合的公辅设备能源管理平台。

在数据安全保障方面，EK-AIoT 工业物联网能源优化平台通过技术与

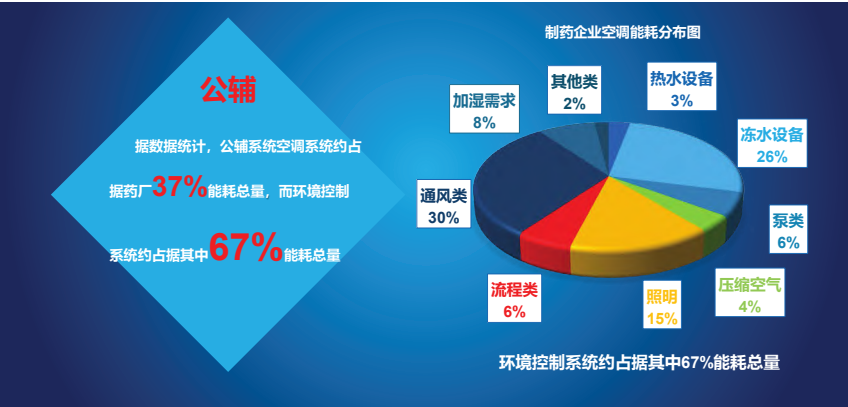


图 1 制药行业公辅能耗情况（图片来源于 EK 工业空调）

物理手段相结合，全方位保障数据的安全性及可靠性，确保制药企业的正常生产和能源管理不受影响。技术层面，EK 采用先进的加密技术，确保数据在传输和存储过程中的安全性，并依托阿里云等成熟云服务提供商的强大安全防护机制，进一步提升数据的安全性。物理层面，EK 设计了与外网完全断开的边缘计算模式，即使不连接外网，也能实现人工智能级别的能源管理，有效防止数据泄露和外部攻击的风险。

PHT 制药业：企业如何通过冷热平衡机实现冷热资源的有效调配和利用，提升能源综合利用率？

董元霖：企业可通过智能管控、技术升级、系统优化及标准化管理四大维度，利用冷热平衡机实现冷热资源的高效调配与能源综合利用。在智能温控与动态负荷管理方面，冷热平衡机集成 PID 控制与 AI 算法，实时监测温度偏差并动态调整能量输出，实现 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 高精度控温，确保冷热资源精准供应。同时，部署节能降碳与负荷管理智慧平台，对空调系统等进行全流程数据监测，实现能耗数字化与在线可视化。通过数据分析定位高能耗环节，依托节能智控系统自动调节设备运行参数，并借助云服务持续优化策略，遵循“监测 - 诊断 - 优化 - 服务”的四步节能路径，实现全生命周期节能管理。

在核心技术升级方面，淘汰低效电机，更换为高效节能电机，并引入热回收技术，将生产废热转化为可利用能源，实现能源循环利用。在系统集成优化与能源协同方面，优化冷热输送管网布局，缩短输送路径，减少管道阻力与热损失，加强管道保温处理，降低传输能耗。将冷热平衡机与空调、生产工艺冷却等系统深度集成，构建“废热回收 - 梯级利用”体系，

实现冷热资源跨系统共享。此外，搭建“光伏 + 储能”综合能源平台，采用荷储一体化互补模式，优先使用清洁能源满足冷热需求，降低电网依赖，缓解用电峰值压力，实现节能降本与碳减排。

在标准化管理与人才赋能方面，制定《冷热系统启停操作规范》，明确夏季冷却水、冷冻水及空调系统的温度设定经济值，规范设备操作流程，避免因人为参数设置不当导致的能源浪费。同时，将冷热资源利用效率、能耗指标纳入部门及个人绩效考核，建立阶梯式奖惩制度，激励员工参与节能管理；定期开展专业培训，提升操作人员对智能设备、节能技术的掌握能力，确保设备运行效能最大化。

PHT 制药业：分布式云智慧高效集成冷站如何解决设备安装周期、成本和节能效果的疑虑？

王健：制药企业用能场景复杂，不同工艺段对温度和用能要求各异。传统集中冷站虽便于管理，但存在长距离输送损耗和能源浪费问题。例如，为满足最严格的工艺需求，集中冷站需供应过低温度的水，导致其他区域能源浪费。随着技术进步，现代设备稳定性和可靠性提高，减少了对备份设备的需求。5G 和物联网技术可实现设备远程监控与管理，无需集中摆放。EK 的分布式冷站顺应这一趋势，可根据工艺需求灵活布置，减少能源输送损耗和浪费。若客户有备用设备需求，可通过中央大屏实现集中管理，保留集中管理便利性的同时，避免了传统集中式冷站的局限。

EK 的分布式云智慧高效集成冷站通过 5G 联网和云平台管理，实现数据加密与高效运行。该冷站采用室外防风防雨设计，基于人工智能的管路设计和运维管理确保设备性能充分发挥。预制化设计减少了现场施工和

调试环节，显著降低成本。传统现场组装机房安装周期长达 110 至 180 天，而 EK 集成冷站仅需 35 至 45 天安装周期，加上 3 ~ 5 天测试即可投入使用。EK 可在合同中承诺冷站能效，确保客户全年运行能耗符合预期。与传统高效机房相比，EK 集成冷站成本降低 40%，节能效果显著，能效提升 42.7%。

EK 的集成冷站设计灵活，无需预留机房，可直接安装在建筑物旁，节省建筑面积。对于分期建厂的企业，它支持按发展进度逐步投入，降低初期投资成本。该冷站易于拆卸和移动，适合租赁厂房或有布局调整需求的企业。客户可根据需要拆装设备，甚至可将设备租赁给他人。此外，设备的尺寸和能力可根据需求调整，便于与现有设备集成。

PHT 制药业：节能型除湿机和恒温恒湿设备如何改善企业的产品质量和生产环境？

赵传鹏：采用节能型除湿机和恒温恒湿设备后，企业的产品质量和生产环境将得到显著改善。在降低质量风险和生产成本方面，AI 驱动的预测性维护可实时监控设备关键部件状态，如滤网更换时间和压缩机运行状况，降低设备故障率，避免因环境失控导致的批次报废，例如冻干制剂因湿度超标而失活。此外，节能型设备相比传统设备能耗降低 30% ~ 50%，特别是采用热回收技术的除湿机，显著减少了能源消耗。这些设备符合 ISO 50001 能源管理体系要求，不仅降低了长期运行成本，还帮助企业避免因环境不达标导致的召回或监管处罚，如 FDA 警告信。

这些设备在无菌生产和特殊工艺需求方面也表现出色。在无菌灌装区，恒温恒湿设备配合 HEPA 过滤系统可维持 A 级洁净度，避免因温湿度波动

导致的操作人员出汗或设备结露，降低微生物污染风险，符合 EU GMP Annex 要求。对于特殊剂型生产，如软胶囊生产需严格控湿（通常要求湿度 $\leq 30\%$ RH），节能除湿机的高效除湿能力可防止明胶壳粘连；而生物制剂的冷链存储依赖精准温控（ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 波动），避免蛋白质变性。这些功能不仅确保了产品质量，还提高了生产的灵活性和适应性。

此外，节能型除湿机和恒温恒湿设备还提升了生产环境的稳定性和产品质量的可靠性，增强了企业的合规性与审计通过率，同时提升了员工操作环境与企业的可持续发展表现。这些创新节能产品为企业带来了多方面的综合效益，助力企业在激烈的市场竞争中保持领先地位，实现可持续发展目标。

PHT 制药业：EK 对低温直膨深冷除湿技术等创新成果有哪些未来的研发和优化计划？

王健：在粉剂和胶囊生产中，转轮除湿机发挥着关键作用，但其高能耗一直是行业的痛点。EK 通过融合低温直膨技术和相变原理，自主研发了 DP5 低温直膨技术，有效降低了转轮除湿机的能耗，显著减少了烘干过程中的热量需求。再生侧配置 HP120 余热回收高温热泵，替代传统的电加

热或蒸汽加热，进一步降低再生能耗。例如，EK 在 2024 年全网直播 15000 风量全新风转轮除湿机的节能降耗运行情况，采用了 DP5 和 HP120 技术，能耗降低 60% 以上。

未来，EK 计划推出模块化专业除湿机，将冷源、空调和热泵等组件整合在一起，简化现场施工流程，提高设备的整体性能和可靠性。这种模块化设计将解决药厂在采购和维护转轮除湿机时面临的协调难题。EK 凭借其在转轮除湿、空调和冷机技术方面的专业能力，将继续提供全面、高效、可靠的全方位服务，确保湿度控制达标，为客户提供更优质的解决方案。

PHT 制药业：EK 如何评估其节能解决方案对制药行业节能减碳目标的贡献，并提供量化指标？

王健：工业环境控制领域目前缺乏完善的能效评价标准，尽管医药行业有 GMP 标准，但这些标准尚未涵盖能效评价。这种标准的缺失使得从整个行业层面进行评价和量化变得困难。目前，EK 主要通过自身对比进行量化评估。例如，邀请客户到工厂对比常规除湿机和 DP5 技术模式下的能耗差异。因此，EK 可以提供用能承诺作为量化指标。然而，由于行业缺乏统一衡量标准，企业只能在内部

不同工厂之间进行比较，或询问其他企业的能耗情况，难以形成行业共识。

想要从整个行业层面进行量化评估，仍需建立统一的标准。EK 认为，中国制造业应积极参与制定更具前瞻性的标准，如绿色 GMP 标准，涵盖能效、数字化和碳排放考评等指标，推动行业整体向节能低碳方向发展。EK 已在除湿机领域制定了企业标准，划分一二三级能效等级，为行业标准的建立提供了参考。同时，EK 也在关注和推动其他相关产品和领域的标准制定工作，以更好地评估和提升自身解决方案对行业节能减碳目标的贡献。

面对全球竞争，EK 专注于满足客户对节能降碳的需求，通过技术创新和定制化解决方案，降低制造成本，提升竞争力。未来，EK 将继续引领行业标准制定，拓展市场，响应国家低碳政策，推动绿色转型，助力中国制造业在全球竞争中脱颖而出。

结束语

在“双碳”目标的推动下，制药行业的绿色低碳转型既是挑战，也是机遇。本文通过赵传鹏先生对高能耗设备改造的技术难题剖析、董元霖先生关于用能数据管理的系统化建议，以及王健先生对 EK 工业空调节能解决方案的详细介绍，展示了行业在节能减碳道路上的积极探索。EK 的节能技术，如 DP5 技术、工业高温热泵和分布式云智慧高效集成冷站等，不仅取得了显著的节能效果，还为行业提供了宝贵的借鉴。未来，随着行业标准的完善和节能降碳技术的持续创新，制药行业有望在“双碳”背景下实现更高质量、更可持续的发展，为全球绿色转型贡献力量。

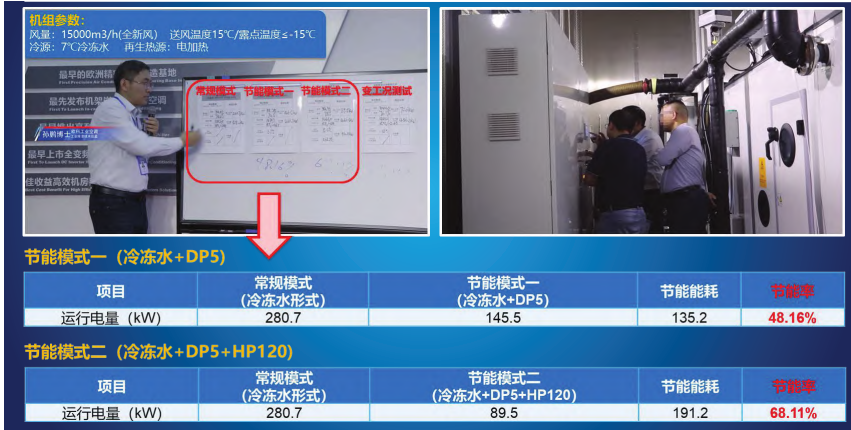


图2 2024年1月EK全网直播节能降耗实际运行情况（图片来源于EK工业空调）