2026 年出国考察报告

第一部分：参加会议（VDKF 2026 国际焦化会议学术要点）

代表团于 2026 年 5 月 7 日至 8 日赴德国奥伯豪森技术中心（TZU）参加了由德国焦化工程师协会（VDKF）主办的国际焦化技术学术会议。

一、中国焦化技术报告轰动全场

在本次大会上，由原德国 Schwelgern 焦化厂 CEO Peter Liszio 先生发表了题为《中国焦化工业的最新进展》的重磅报告。

该报告深入剖析了中国焦化产业在高效运营、大规模重组、超低排放改造以及生产自动化方面的跨越式发展，对比了中欧焦化资产在全生命周期管理上的系统差异。由于切中了欧洲焦化同行在老旧资产维护、巨额环保罚款和技术停滞方面的痛点，该报告震惊了德国及欧洲同行，赢得了全场时间最长的掌声。

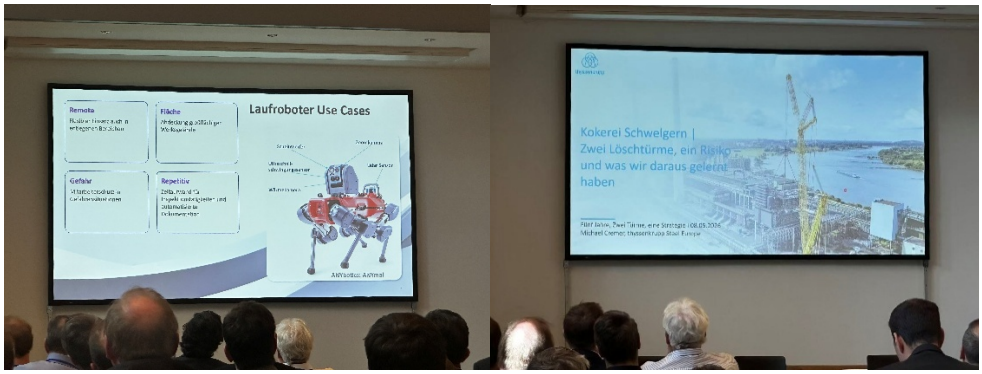




二、欧洲本土现场数字化与运维技术要点

面对欧洲焦化厂极度严重的老龄化问题，本次会议的其他技术报告主要聚焦于现场实用工具的升级：

- 红外热成像在线监测：Dias Infrared 分享了利用红外热成像对焦炉进行烟气排放精细化监测和炉体结构缺陷诊断的技术，为炭化室、燃烧室的窜漏修补提供数据依据。

- 自主机器人巡检运维：Accenture 展示了在焦化厂高危、高污染区域引入自主巡检机器人的方案，旨在通过无人化手段降低人工操作风险并提升日常巡检频次（更多在理论层面）。
- AI 智能操作辅助平台：HKS/VDKF 联合发布了基于 AI 的焦化技术知识平台，旨在通过数字化工具留存老工人操作经验，辅助现场一线进行技术决策（更多在理论层面）。
- 不停产轨道敏捷翻修：HKM 焦化厂与 Focus & Flow 分享了在不中断生产（Live Operation）的极限热态危险环境下，利用敏捷管理框架（Agile Framework）对熄焦车重型轨道基础进行全面加固与翻修的成功案例。
- 

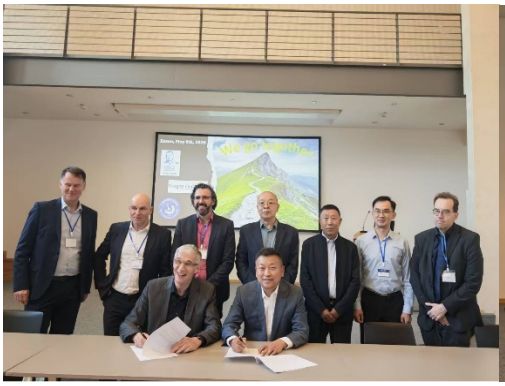
三、中德焦化技术合作新进展：宝利科贸与 Dragon Coal & Coke 深化合作

作为中国焦化行业积极倡导并大力支持的国际技术交流范例，吉林省宝利科贸有限公司与德国 Dragon Coal & Coke Consulting 的战略合作在 2026 年迎来新的里程碑。

该项合作始于 2025 年，由 Schwelgern 焦化厂原 CEO Peter Liszio 先生创建的 Dragon Coal & Coke Consulting 公司，深度依托德国在超大型焦炉长寿化、智能化运维领域的成熟经验，致力于协助中方完善国内大型焦炉的日常运行维护与精细化管理体系，并进一步优化和构建更具系统性的中国炼焦煤评价方法。

鉴于 2025 年度双方在焦炉系统性稳定运行及配煤精准评价方面取得了显著的技术成果，2026 年双方正式达成续签协议。这一延续性合作不仅能够加速德国先进的焦化工艺逻辑与设备维护策略在中国本土化落地，更为推动中国焦化行

业实现结构调整、提升系统全生命周期精益化管理水平提供了坚实的国际经验支撑。





第二部分：参观焦化厂（先进工厂经验与落后资产困境调研）

一、德国蒂森克虏伯施韦尔根焦化厂（Schwelgern Coking Plant）

—— 欧洲先进大容积焦炉典型

1. 基建与物流系统

- 装置规模：2003 年 3 月投产，属二级独立法人。装备有 2×70 孔炭化室高度达 8.43 米的复热式焦炉。年产焦炭 260 万吨，设计寿命 50 年，是目前全球单孔容积最大的焦化厂。
- 配煤工艺：原料煤通过海运运至荷兰港口，再经驳船沿莱茵河运至露天储煤场，典型平铺直取，场地直接配煤（两场交替使用，各存 8 天用量）。通过添加 0.1～0.2%废机油（油/吨煤）以提高并稳定煤的堆积密度，煤塔顶部有明显的机油味。

2. 焦炉结构与热工控制

- **热工设计：**炭化室尺寸为 8.43 m × 20.8 m × 0.59 m，单孔炭化室容积 93 m³，单孔产焦 55 吨。采用双联火道分段供风（TWINFLUE）、煤气侧喷工艺（Gun flue）。
- **双联火道分段供风（TWINFLUE）：**双联火道循环、空气分段分高位供给（Air Staging）。

- **环保与车控：**装煤采用 PROven 系统（单炭化室压力调节），出焦接入全封闭地面除尘站。装煤车、推焦机有人值守（各 2 人），熄焦车、拦焦车实现全无人驾驶。
- **加热混合煤气：**由高炉煤气、转炉煤气和焦炉煤气组成，而 HKM 由高炉煤气和焦炉煤气组成，虽然工艺复杂，但成本更低。在欧洲，只有蒂森克虏伯和安赛乐米塔尔（法国杜恩克尔克）的钢铁厂才采用转炉煤气回收并用于焦炉加热。

3. 气体净化与外排污水经济学管理

- 采用 AS 流程净化煤气，可将煤气中 H_2S 净化到 0.5 g/m³，NH_3 含量控制到 0.02 g/m³。在克劳斯装置内制成液体硫磺，氨气高温裂解为 N_2 和 H_2。
- **废水精细化管理：**蒸氨废水直接排入市政污水厂协同处理。由于市政收费完全基于废水中的氨氮浓度，焦化厂管理层每日严密核算强碱（液碱）的市场价格，动态寻找“多加碱降外排氨浓度”与“少加碱多交排污费”的动态综合成本最低点，以最经济的方式将废水送出，总费用一般控制在 100 万欧元/年左右。
- **煤气净化 VOCs 管理：**从设计、装备本身严格控制 VOCs 的产生，做到了真正的源头控制，在煤气风机房、氨水泵、焦油泵、排渣泵周围都没有异味，HKM 焦化厂也是这样。
-  

二、德国 HKM（Hüttenwerke Krupp Mannesmann）焦化厂——钢焦联合及设备填平补齐示范

1. 厂区演进与物流供给

- 紧邻莱茵河，位于施韦尔根上游，蒂森克虏伯持有 50%股份。该厂自 1958 年开始建设，1984 年新建投产了 2#焦炉（炭化室高 7.85 米）；2014 年建成同规格 1#焦炉（总产能达 230 万吨/年）。配煤、净化、废水等公辅设施在此期间历经了多次系统性的“填平补齐”与扩容。
- 配煤原料与施韦尔根相同，同样采用加废机油调节堆比重。装备 12 个 200 吨配煤仓，粉碎系统能力达 2×700 t/h。

2. 焦炉结构与精细化热工演进

- 炭化室尺寸为 7.85 m×18.00 m×0.55 m，单孔产焦 42 吨。1#焦炉为单段供风加热，而 2#焦炉升级为先进的三段独立分段供风加热。
- 焦炉加热燃料极度精细化：采用 99%的混合煤气（高炉+转炉）以及仅 1%的焦炉煤气进行富集提热，实现了低热值副产煤气的高价值阶梯利用。

3. 熄焦系统的阶梯负荷环保调度

HKM 对新旧两代熄焦塔的精细化排班调度极具借鉴意义：

- 旧 1#熄焦塔传统熄焦的颗粒物排放量高达 20～25 g/t 焦。
- 经过内部阻火栅格及折流板流体力学重构的 2#环保熄焦塔，颗粒物排放量成功压低至 10 g/t 焦以下。
- 现场实施精细化调度：让 2#环保塔承担全厂 75%的高负荷熄焦任务，1#旧塔仅在调峰或备用时运行（占 25%），这也是一种成本和环保的妥协，也对生产运行造成了被动影响。

4. 初冷器使用超过 20 年

这个对中国焦化业有非常大的启发，其机理整理成专门文章。




三、荷兰塔塔钢铁艾默伊登焦化厂（Tata Steel IJmuiden）——落后老旧机组的严重环保困境剖析

代表团在此进行了深入的实地调研与问题剖析，该厂目前正面临极具毁灭性的技术和政策危机，成为了落后老旧机组在严苛环境标准下的一个反面典型：

1. 核心炉型全面落后，设备步入暮年

艾默伊登厂内部主要运营两座独立焦化厂，其装置在当前技术和环保标准下已全面落后：

- KFN（北厂）的 1#和 2#焦炉：始建于 1927 年，炭化室高度 4.0 米，到 1963 年，建成了由多达十几座小焦炉组合的庞大机组群（早期编号包括 11 至 18 号等老炉）。1980 年代的“整体彻底换代大修”（全系统重建），彻底翻新一直持续到 1987 年，不仅更新了炉体结构，还统一增设了机侧和焦侧的炉门除尘、装煤车尾气净化系统（Vulgasontstoffing）以及新型的硫回收脱硫工厂（Sulfiban 系统）。目前由 6 座焦炉（Batteries）合并构成，238 个炭化室，5 套车辆。期间对煤气净化进行了更新，包括异地建设了初冷器（现已封堵盲板闲置）。
- KFS（南厂）焦炉：始建于 1970 年，1972 年开始投产，采用的是炭化室高度 6.5 米的顶装焦炉，4 座焦炉（Batteries），108 孔炭化室，3 套车辆。1983 年进行了首次炉顶大修（Battery top repair），并调整了护炉铁件（Bracing system）与弹簧吨位。2007 年再次进行了炉顶区域的大面积修缮。从 1983 年开始，该厂常年、高频次地采用陶瓷焊补（Ceramic

welding）技术进行日常维护，以修补炉衬裂纹。由于炉墙在后期出现不同程度的变形和剥蚀，酒钢、宝钢等厂也常采用类似的分批热态置换。从 2002 年开始，该厂启动了渐进式拆除和重建老旧炉墙的长期项目。截至 2016 年，已陆续完成了 41 个燃烧室炉墙的整体重砌（包括应用了熔融石英大模块陶瓷块技术 MCB）。这项炉墙逐步轮换替代的大修工程还在延续。

2. 炉体窜漏与冒烟问题泛滥，技术缺陷难以克服

在现场调研中可以明显观察到，该厂的现场环境超标严重，核心症结在于：

- 4 米老旧焦炉大面积窜漏：由于炉龄超过半个世纪，炭化室与燃烧室之间的硅砖砌体产生大面积开裂与炉体变形。在日常运行中，大量荒煤气通过裂缝直接窜漏进燃烧室，导致焦炉烟囱频繁串漏、冒黑烟，环保在线监测指标严重超标。
- 6.5 米焦炉炉门无组织串漏严重：老化腐蚀造成的护炉铁件（保护板、炉门框）变形严重，加之日常维护缺位，炉门刀边密封失效，装煤和炼焦过程中炉门开窗冒烟和无组织逸散十分严重。

3. 资本支出（CAPEX）高昂，陷入“被罚款与限期停产”恶性循环

- 由于长期对周边居民区及滨海生态造成严重污染，当地环保监管部门（ODNZKG）已对塔塔钢铁下达了限期停产、关闭焦炉的正式行政命令（竟然要停 6.5 米焦炉，不可思议的决定），并处以了巨额的阶梯式排污罚款。
- 由于该钢铁厂未来的长远战略是全面淘汰高炉、向氢冶金（DRI+EAF）转型，如果在此时重建全新焦炉，其投资费用（CAPEX）高昂到完全无法在资产周期内回收。
- 该厂目前彻底陷入了“无钱重建新炉、老炉修不胜修、面临环保强制停产”的瘫痪困境。这也充分证明，单一的修补已无法挽救工艺结构彻底落后的老旧焦炉。

-  

第三部分：与机构交流（技术工程与研发对接）

一、蒂森克虏伯工程技术有限公司（thyssenkrupp Uhde）

代表团与伍德公司焦化部技术专家进行了深度座谈，对方进一步重申了其焦炉研发的核心哲学：

- 全生命周期投资平衡：伍德深入剖析了焦炉主要设计参数（炭化室尺寸、炭化室容积、燃烧室墙宽、炉墙稳定性、每日最多推焦次数）与机械设备配给、污染物排放、能耗及折旧费用的定性关系。他们坚信，减少机械设备数量是削减焦炉初始投资（CAPEX）最核心的手段。
- 针对中国政策的技术反思：针对中国部分省市提出“全面淘汰 4.3 m 焦炉”的硬性指标，伍德专家从纯粹的工程学寿命和资产管理逻辑出发认为：炭化室的物理高度绝对不是衡量焦化企业技术是否先进、环保是否达标的唯一标准。伍德设计的焦炉以 40～50 年目标寿命为核心，强调通过长周期的结构严密性与热工稳定来降低全生命周期排放。

二、Howden（A Chart Industries Company）技术交流

代表团访问了 Howden 生产与研发中心，鉴于德国 3K（KK&K, Kühnle, Kopp & Kausch） 这一传统透平品牌已整体并入 Howden 产品矩阵，本次交流重点基于德国 Schwelgern 焦化厂所配置的三台 3K 鼓风机运行实例，从产品底蕴和工艺重构两个维度进行了深度探讨：

依托 3K（KK&K）技术底蕴的焦炉鼓风机多动力源系统重构

Schwelgern 焦化厂通过“电力驱动、蒸汽驱动、电-汽双驱动（Dual-Drive）”风机的系统化组合，实现了极致的能源梯级利用与全厂防冒烟环保兜底。Howden 团队基于 3K 传统的透平机械底蕴，阐述了该成套系统在连续工业高危工况下的设备支撑逻辑：

- 成熟的入口导叶（IGV）精细化调节：针对焦炉煤气产生量大范围波动的特性，3K 经典的入口导叶技术可通过连续改变进气预旋和流量，使风机在 30%～110% 的负荷区间内均保持在极高能效区，响应速度达毫秒级，消除了回流调节的无效能耗，是极致稳定集气管压力、从源头根除焦炉无组织逸散的工艺基础。
- 多动力源紧凑型集成轴系设计：3K 技术支持在同一根转轴上高密度集成高速电机、分体式蒸汽透平（Turbine）以及双向离合器。其紧凑的成套布置不仅大幅缩减了机房占地，更实现了油站、动态控制系统的集成化管理，为电-汽双驱在常规工况下的“无感切换”和异常断电工况下的“全量汽驱兜底”提供了极高的机械稳定性。
- 高腐蚀结焦环境下的抗劣化设计：针对焦炉荒煤气挟带的焦油雾、高残氨、高硫及脱硫副盐等易结焦、强腐蚀介质，双方探讨了转子形线的流体力学重构。通过在叶轮表面施加 3K 专有的防黏附电沉积涂层（Anti-fouling Coating），并在机壳内部策略性布置在线氨水/洗油高压喷嘴，实现不停机动态清洗，彻底消除了由于应力腐蚀开裂（SCC）导致的计划外停机。代表团在现场参观了其精密加工车间，看到了为中国力马燃气焦化制造的鼓风机




。

三、德国西马克集团总部（SMS group）技术交流

代表团访问了位于门兴格拉德巴赫的西马克集团总部，参观了其制造工厂，就钢铁冶金与焦化产业链的耦合演进、传统资产低排放低碳改造进行了深度战略交流。交流的核心紧密围绕西马克旗下全资核心焦化技术品牌——保尔沃特（Paul Wurth）的装备矩阵与数字化工艺展开：

西马克详细介绍了保尔沃特作为集团焦化技术旗舰，在顶装、捣固焦炉以及全套焦化公辅设施上的全球顶尖工程实例（包括近年来在中国凌钢、日照钢铁、河南利源等大型顶装/捣固大容积焦炉项目的成功投产案例）：

- 大容积顶装 Jumbo 焦炉与强结构捣固机组：在顶装领域，保尔沃特主推具备长寿命与极佳生态效益的 Jumbo 超大容积顶装焦炉概念；在捣固（Stamp Charging）领域，其机组凭借极强的炉体框架稳定性结构、优化的火道燃烧控制，可在大比例应用非主焦煤的同时，完美契合欧洲和中国极严苛的无组织排放法案。
- SOPRECO® 单炭化室压力独立控制系统：这是保尔沃特的核心环保专利。该系统通过对每个单孔炭化室在装煤、炼焦全周期内的压力进行毫秒级高精度独立调节，彻底攻克了传统集气管系统在推焦和装煤瞬间荒煤气外逸冒烟的顽疾，实现了极致的全作业周期无组织超低排放控制。
- 高精度炼焦车辆（Coke Oven Machines）与常态化维护：交流了保尔沃特新一代四大车（装煤、推焦、拦焦、熄焦车）的定制化数字集成，包括车辆在高温热态工况下的高精度激光及微波定位导航、智能化联锁运行。同时，双方针对海滨高盐雾等恶劣工况，分享了护炉铁件长寿化设计与常态化数字审计经验。

-  

四、波兰能源与能源工艺研究所（ITPE, Zabrze）

代表团赴波兰考察了著名的 ITPE 研究所，参观了其实验室，针对焦炭学术理论与前沿热解技术进行了多相流对接：

- 煤质与焦炭反应性研究：ITPE 在煤化工、焦炭反应性（CRI/CSR）基础理论研究、特种焦炭开发及新型热解技术领域具备深厚积淀。
- 低碳热解与数字模拟：双方针对全球低非炼焦煤种（非炼焦煤）的配合煤配比优化、多相流数值模拟在焦炉加热控制中的应用，以及欧洲在生物质共热解（Biomass Co-pyrolysis）制备低碳绿色焦炭的实验室最新进展进行了极具前瞻性的学术碰撞，为我国焦化企业拓宽原料来源提供了理论支撑。

-  

第四部分：考察核心启示与建议

- 吸取荷兰塔塔钢铁教训，防范落后老旧机组的环境和投资风险：荷兰

Tata Steel 4 米及 6.5 米焦炉的惨痛教训表明，当设备由于设计落后和长期疲劳出现大面积不可逆窜漏时，由于重建的 CAPEX 难以回收，企业将直接陷入被环保部门连续罚款并强令停产的死胡同。我国在推进焦炉全生命周期资产管理时，必须兼顾技术的前瞻性、长寿性与政策法规的动态红线。

- 重新审视工业标准的技术聚焦：学习德国伍德与 Schwelgern 的资产长寿化理念。管理重心应当精准聚焦在焦炉砌体结构稳定性、多段精密热工控制、护炉铁件严密性热态维护等纯粹的技术与过程工艺管理核心上，切实引导企业通过核心工艺技术提升，将焦炉目标生命周期延长至 40 年以上。
- 关于个人防护（包括访客）的规定（中国的职业卫生），在塔塔（TATA）和安赛乐米塔尔（ArcelorMittal）的印度工厂中，其制定标准比德国更为全面且严格。这方面，中国仍远远落后，值得我们深思。

注：*我们在德国企业参观时，一般企业要求佩戴安全帽、防护服和护目镜，更换劳保鞋。而 Tata Steel 要换成全套工作服、安全帽、劳保鞋和护目镜。*

特别感谢 Peter Liszio 先生对此报告的认真研读，并提出了多达四页的建议，也对德国专家的严谨和敬业精神表示敬佩，值得我们学习。