 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i5.10293

Discussion on Engineering Technology Progress and Innovative Practice of Coking Earth Construction

Zhiqi Li[1] Changjun Wang[2] Tao Zhang[3] Shuangyue Song[3] Guomian Li[3]

1. Kaitis Design Company, Toronto, Canada, Canadian model, M4V 2Y7
2. China 22nd Metallurgical Group Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063000
3. Zhongye Jiaonai (Dalian) Engineering Technology Co., Ltd., China Liaoning Dalian, 116000

Abstract

As a core component of the coal chemical industry, coking engineering construction quality directly impacts the operational safety and environmental performance of coke ovens throughout their lifecycle. This study systematically examines key technical systems in coking civil engineering, covering foundation treatment, base construction, refractory masonry, and green intelligent construction practices. Drawing on recent engineering experiences from large-scale coking projects, it analyzes critical technical aspects including coke tower raft foundation pouring, segmented construction of ultra-long coke oven foundations, and precision masonry for dry quenching coke systems. The research also explores resource utilization prospects for coal-based semi-coke in cement-soil reinforcement, civil engineering adaptation solutions for closed coke removal environmental upgrades, and intelligent development trends in coke oven masonry. Findings indicate that through technological innovation and management optimization, coking civil engineering is advancing toward large-scale, eco-friendly, and intelligent development pathways.

Keywords

coking engineering; civil construction; large-volume concrete; refractory masonry; green construction

焦化土建工程技术进展与创新实践探讨

李治奇[1] 王昌俊[2] 张涛[3] 宋双月[3] 李果绵[3]

1. 加拿大多伦多凯谛思设计公司，加拿大 M4V 2Y7
2. 中国二十二冶集团有限公司，中国·河北 唐山 063000
3. 中冶焦耐 (大连) 工程技术有限公司，中国·辽宁 大连 116000

摘　要

焦化工程作为煤化工产业的核心环节，其土建施工质量直接影响焦炉全生命周期的运行安全与环保绩效。本文系统梳理了焦化土建工程的关键技术体系，从地基处理、基础施工、耐材砌筑到绿色智能建造，结合近年来大型焦化项目的工程实践，分析了焦炭塔筏板基础浇筑、超长焦炉基础分段施工、干熄焦本体精密砌筑等关键技术要点。同时，探讨了煤基半焦在水泥土加固中的资源化利用前景、密闭除焦环保改造的土建适配方案以及焦炉砌筑的智能化发展方向。研究表明，通过技术创新与管理优化，焦化土建工程正朝着大型化、绿色化、智能化的方向迈进。

关键词

焦化工程；土建施工；大体积混凝土；耐材砌筑；绿色建造

1 引言

焦化工程是煤炭清洁高效利用的重要途径，其生产装置具有高温、重载、连续运行等特点，对土建工程质量提出了严苛要求。随着焦炉大型化技术的不断突破，碳化室高度从 4.3 米、5.5 米发展到 6.78 米乃至更高，焦炉本体荷载增大、结构更趋复杂，给土建施工带来了新的技术挑战。与此同时，环保政策的持续收紧推动焦化行业向绿色低碳转型，密闭除焦、干熄焦改造等环保升级项目大量实施，也对既有构筑物的改造加固技术提出了更高要求。

近年来，我国焦化土建工程领域积累了大量创新实践。从地基处理到基础施工，从耐材砌筑到设备安装，各专业工序的协同配合日益精密。本文结合典型工程案例，系统阐述焦化土建工程的关键技术体系，并探讨新材料、新工艺、新装备的应用前景，以期为同类工程提供参考。

2 焦化工程地基处理与基础施工技术

2.1 复杂地质条件下的地基处理

焦化厂区通常占地面积大，且多选址于工业开发区，

【作者简介】李治奇（1991–），男，中国辽宁鞍山人，硕士，工程师，从事土木结构研究。

地质条件复杂多变。焦炉本体、焦炭塔、煤气净化装置等核心设施对地基不均匀沉降极为敏感，必须采取可靠的地基处理措施。对于采空区或软弱地层分布区域，需进行专项抗变形设计。研究表明，大型焦化厂建构筑物的保护需综合考虑地表变形特征，通过设置沉降缝、采用筏板基础、加强上部结构刚度等措施，将地表变形对焦炉生产的影响控制在允许范围内 [1]。

在具体工程实践中，桩基础是焦化主体装置最常用的基础形式。以抚顺石化 80 万吨 / 年乙烯装置升级改造工程中的密闭除焦项目为例，该项目桩基施工采用“24 小时不间断”作业模式，在保证质量的前提下顺利实现节点目标。桩基施工中需特别注意对在运装置的保护，通过优化施工顺序、加强监测等手段，将施工扰动降至最低。

2.2 大体积混凝土施工技术

焦炭塔、焦炉基础等构筑物通常涉及大体积混凝土浇筑，温控防裂是施工控制的重点。以某 300 万吨 / 年延迟焦化装置焦炭塔砼框架筏板基础为例，一次性连续浇筑方量达 3960 立方米，施工中从材料选择、测温点布置、浇筑过程控制、养护及温度控制等环节实施精细化管理，有效保障了混凝土浇筑质量。

大体积混凝土施工的关键技术包括：优选低水化热水泥，掺加粉煤灰等矿物掺合料；优化配合比设计，控制水胶比；合理布置测温点，实时监测内外温差；采取保温保湿养护措施，控制降温速率。对于焦炉基础顶板这类超长混凝土结构 [2]，可采用分段浇筑方法，严格控制伸缩缝位置和施工质量。新泰正大焦化 6.78 米捣固焦炉施工中，将基础顶板分为七段浇筑，取得了良好效果。

2.3 预埋套管精度控制

焦炉基础顶板埋设有大量套管，用于固定燃烧室下部加热煤气管道。套管的安装精度直接关系到炉体砌筑质量以及生产过程中炉体的自由滑动。一座 6.78 米捣固焦炉的预埋套管数量达数千个，安装偏差必须控制在毫米级。

针对这一技术难点，工程实践中开发了专用调整工具和固定装置。通过采用“用于焦炉基础顶板预埋套管的固定装置”及“焦炉套管安装工具”等专利技术，可快速高效地完成套管安装与调整，显著提高安装精度、缩短施工周期。套管安装后需进行专项验收，确保其平面位置、标高、垂直度等指标符合设计要求 [3]。

3 焦炉耐材砌筑关键技术

3.1 特异型砖加工与预砌筑

大型捣固焦炉结构复杂，耐火砖种类繁多，特异型砖比例高。以 6.78 米捣固焦炉为例，其砖型数量远超普通焦炉，部分特异型砖几何形状复杂、加工精度要求高。为确保正式砌筑顺利进行，必须在施工前对关键部位进行预砌筑。

预砌筑的目的包括：验证设计图纸和砖型的准确性，检查特异型砖的加工质量，确定合理的膨胀缝留设位置，培训砌筑工人掌握操作要点。干熄焦本体砌筑中，针对冷却段人孔、斜道牛腿、环形风道出风口等复杂部位，通过预砌筑发现问题并会同设计、监理单位共同协调解决，为正式砌筑扫清障碍。

3.2 砌筑精度控制体系

焦炉砌筑的核心要求是保证砌体的气密性，防止各部位气体窜漏。这就要求砌筑过程中必须做到灰浆饱满、勾缝密实，并建立可靠的测量控制系统。

直立线杆技术是国内先进的焦炉砌筑测量控制方法。具体做法是：在每道墙的机侧和焦侧安装直立线杆，投放燃烧室中心线及砖层标高线，以此控制砌体的中心位置和相对标高。与传统测量方法相比，直立线杆技术可有效避免系统误差的累积。对于炭化室墙面、燃烧室隔墙等关键部位，还需辅以激光准直仪等精密测量设备进行复核。

滑动钢板的铺设质量直接影响炉柱的安装和焦炉投产后炉体的自由膨胀 [4]。传统采用建筑胶粘结滑动钢板重叠处，存在粘结不牢固、钢板易错动等问题。实践中创新采用封箱胶带进行粘结，不仅粘结牢固、表面平整，而且能保证钢板间自由滑动。

3.3 耐火材料动态管理

大型焦炉耐火材料砖号多、材质种类多、用量大，且不同部位的砌筑进度不同，给材料管理带来挑战。借助信息化手段实现耐火材料的动态跟踪，是提高管理效率、降低材料损耗的有效途径。

焦炉耐火材料统计查询系统可从订货、入库、出库到退库的全环节进行动态管理。系统能够实时显示各砖型的库存数量、使用部位、消耗进度等信息，既指导现场砌筑作业，又为材料采购提供依据。实践表明，采用信息化管理可使耐火材料损耗率明显降低，节约工程造价。

4 绿色环保设施的土建技术适配

4.1 密闭除焦改造的土建关键技术

随着环保标准提升，传统露天焦池逐步改造为密闭除焦系统。这类改造项目通常面临在运装置与新建系统交叉、作业空间受限、工期紧张等特殊困难。

中沥公司 100 万吨 / 年延迟焦化密闭除焦废气治理项目中，原有装车系统的拆除与新建系统的建设在 51 个昼夜内完成。拆除阶段面临钢构锈蚀、管线交错等安全隐患，项目团队采取“分区拆除、分类处置”方案，先建档定位，再分步切断水电连接，最后规范回收可利用材料。新建系统建设中，将混凝土标号从 C30 提升至 C50，在保证结构强度的同时压缩了近半个月工期。

密闭除焦改造对土建专业的特殊要求包括：焦池封闭结构的防腐设计，行车轨道与密封系统的协调安装，废气收集管网的支架布置等。特别是在狭窄空间内进行大型钢结构

吊装，需与设计单位反复推演，兼顾原有管线布局与新系统的密封要求。

4.2 干熄焦改造的土建技术

干熄焦技术是焦化行业节能环保的重要方向，其本体砌筑质量直接关系到设备运行效率和寿命。干熄焦本体为圆筒形结构，内部包含冷却段、斜道区、预存段等多个功能分区，耐火砖型复杂，膨胀缝设置要求严格。

干熄焦砌筑的关键控制点包括：标高控制、直径控制、各孔洞尺寸控制以及膨胀缝的位置和厚度。斜道部位有大量牛腿和隔墙，需保证牛腿划分准确、隔墙垂直平整；环形风道出风口部位要求与风口对中；预存段微波料位计孔、气体放散孔等孔洞位置必须精确。贵州黔桂天能焦化 130 万吨 / 年扩建工程干熄焦本体砌筑用时 72 天完成，为同类工程积累了宝贵经验。

4.3 烟气脱硫脱硝设施的土建配合

焦炉烟道气脱硫脱硝装置通常在现有焦炉旁侧新建，场地狭窄、管线接口多。土建施工需重点处理好新建设施与原有构筑物的连接节点，避免差异沉降。同时，脱硫塔、烟囱等高耸构筑物的抗风、抗震设计应满足规范要求，基础形式可根据地质条件选用桩基或天然地基。

5 新型材料应用与智能化建造趋势

5.1 煤基半焦在土建工程中的资源化利用

煤基半焦是煤炭热解过程的副产物，传统上多用于燃烧或气化。近年来的研究发现，将煤基半焦掺入水泥土中，可改善加固土的物理力学性能和耐久性能。

研究表明，煤基半焦的掺入能够促进水泥水化反应，以及土壤矿物与水泥之间的相互作用。与纯水泥加固土相比，掺入半焦的水泥土无侧限抗压强度提高 8%~16%，三轴剪切强度提高 23.7%，黏聚力提高 17.7%，内摩擦角提高 16.7%。在抗冻融、抗干湿和抗硫酸盐侵蚀方面，半焦 - 水泥加固土的体积变化率较纯水泥土减少 31.6%~60.8%，强度保持率更高。

这一发现为焦化副产物的资源化利用开辟了新途径。将焦化生产中产生的半焦应用于厂区地基处理、道路基层等土建工程，既可降低工程造价，又能减少固废排放，具有显著的环保效益和经济效益。

5.2 焦炉绿色智能砌筑技术

焦炉砌筑是焦化工程中劳动强度最大、技术要求最高的工序之一。推动砌筑作业的绿色化、智能化转型，是行业发展的必然趋势。

焦炉绿色智能砌筑的技术路线包括：桁架式整体砌筑工艺、大棚行车改造砌筑工艺、移动式机械臂局部砌筑工艺、移动式桁架机器局部砌筑工艺及悬臂式局部砌筑工艺等。这些技术路线的核心在于：通过机械化、自动化装备替代人工操作，提高砌筑效率和质量稳定性；通过大尺寸空间测量技术实现砌体精确定位；通过智能控制系统实现作业过程的自动化和可追溯。

实现焦炉智能砌筑需要解决一系列关键技术难题，包括砌筑装置的支撑体系、结构形式、耐火砖自动运输系统、自动开箱装置等。随着相关技术的不断成熟，焦炉砌筑有望从劳动密集型向技术密集型转变 [5]。

5.3 工程数字化管理

数字化技术正在深刻改变焦化土建工程的管理模式。国能西来峰 360 万吨 / 年捣固焦项目建设中，通过标准化筹备、过程资料数字化管理，实现了项目管理的持续升级。BIM 技术的应用可在施工前进行碰撞检查、施工模拟，优化施工方案；物联网技术可实时监测大体积混凝土温度、地基沉降等关键参数；无人机倾斜摄影技术可快速获取现场地形信息，辅助土方平衡计算。

6 结论

焦化土建工程作为焦炉建设的基础和骨架，其技术进步对保障焦化行业高质量发展具有重要意义。通过近年来大型焦化项目的工程实践，我国在大体积混凝土温控防裂、特异型耐材精密砌筑、在运装置改造加固等领域积累了丰富经验，形成了一批创新技术和工法。面向未来，焦化土建技术的发展将呈现以下趋势：一是适应焦炉大型化需求，发展更高精度、更高可靠性的施工技术；二是服务绿色低碳转型，推动环保设施的土建适配优化；三是借助智能化手段，实现砌筑作业的机械化和自动化；四是促进资源循环利用，将焦化副产物转化为土建工程材料。通过技术创新与管理提升，焦化土建工程将为焦化行业的安全、绿色、高效发展提供坚实保障。

参考文献

[1] 吴鹏民. 焦炉绿色智能砌筑发展方向及相关技术探讨[J]. 建筑科技, 2024, 8(1): 43-46, 53.

[2] 化小北. 总投资超64亿元！国能西来峰360万吨捣固焦煤气净化PC标段中交[EB/OL]. 煤化工信息网, 2025-09-02.

[3] Hua Yu, Priyanka Joshi, Chooikim Lau, et al. Novel application of sustainable coal-derived char in cement soil stabilization[J]. Construction and Building Materials, 2024, 414: 134960.

[4] 昆仑大连分公司总承包抚顺石化焦化装置密闭除焦项目桩基工程竣工[EB/OL]. 中国石油和化工工程信息网, 2025-05-12.

[5] Hua Yu, Priyanka Joshi, Chooikim Lau, et al. Coal-derived char for durability improvement of cement stabilized soil under freeze–thaw, wet–dry, and sulfate attack[J]. Canadian Geotechnical Jour