冶金建筑工程施工质量管控要点及缺陷防治研究

吴希荣　孙永利　孙敬涛

北京诚信工程监理有限公司　北京　100000

摘　要：冶金建筑工程具有工况环境恶劣、专业技术性强、交叉作业繁多等显著特征，其施工质量直接决定冶金生产系统的安全性与耐久性。为有效解决工程施工中的各类质量问题，本文系统梳理施工全流程质量管控核心要点，深入分析混凝土、钢结构、预埋防护工程常见施工缺陷及形成机理，从技术优化、现场管理、人员管控多维度制定缺陷防治措施，构建全过程质量管控体系，可为同类冶金建筑工程质量提升提供可靠的技术参考与实践依据。

关键词：冶金建筑工程；施工质量；管控要点；缺陷防治

引言：冶金建筑是支撑冶金工业生产运行的重要基础设施，长期处于高温、高粉尘、强腐蚀及重载冲击的特殊工况，相较于普通建筑工程，对施工工艺和结构质量标准更为严苛。现阶段，冶金建筑施工仍普遍存在结构开裂、构件锈蚀、预埋偏差、防腐失效等质量缺陷，严重影响工程使用寿命与生产安全。基于此，本文开展施工质量管控与缺陷防治专项研究，明确各阶段管控重点，精准破解施工质量难题，助力工程建设提质增效。

1 冶金建筑工程施工特点及质量管控核心要点

1.1 冶金建筑工程施工核心特点

（1）工况环境特殊：工程多服务于冶金冶炼、轧制、烧结等工序，长期面临高温、高粉尘、强腐蚀、重载冲击等恶劣工况，对建筑结构稳定性、耐久性要求远高于普通民用建筑。（2）施工专业性强：涉及特种混凝土结构、重型钢结构、设备基础预埋、工业防腐防渗、高空特种作业等专项施工内容，工艺复杂、技术门槛高，对施工团队专业能力要求严苛。（3）协同性要求高：土建施工、钢结构安装、设备预埋、管线铺设等多工序交叉作业频繁，施工衔接紧密，工序衔接不当易引发系统性质量问题。

1.2 前期准备阶段质量管控要点

（1）施工图纸与方案管控：重点审核图纸适配冶金生产工况的合理性，核查特种结构、防腐防渗、设备基础等专项设计；严格审核施工专项方案，针对高危、特种施工工艺开展方案论证，确保方案可行性与合规性。（2）原材料与设备管控：对钢筋、特种水泥、防腐涂料、钢结构型材等专用原材料进行进场复检，杜绝不合格材料投入施工；校验施工机械设备、检测仪器精度，保障设备工况稳定，满足冶金工程高精度施工要求[1]。（3）施工人员技术管控：开展专项岗前培训，针对冶金工程特殊施工工艺、质量标准、安全规范进行交底，考核合格后方可上岗，杜绝违规操作引发质量问题。

1.3 主体施工阶段质量管控要点

（1）混凝土结构施工管控：把控配合比设计、浇筑振捣、养护全流程，重点管控大型设备基础、高温区域结构混凝土的密实度、抗裂性、耐高温性能，杜绝蜂窝麻面、裂缝、沉降等问题。（2）钢结构施工管控：严格把控钢结构下料、焊接、拼装、防腐涂装、吊装施工质量，重点核查焊缝质量、构件平整度、连接牢固度，适配冶金建筑重载、抗震、抗冲击需求。（3）预埋配套工程管控：精准把控设备地脚螺栓、管线预埋、预留孔洞的位置、标高、精度，做好防腐、密封处理，避免预埋偏差影响后续设备安装与生产线运行。

1.4 竣工验收阶段质量管控要点

（1）分项工程质量核验：对照冶金工程专项验收规范，对土建、钢结构、防腐、预埋等各分项工程逐一核验，重点排查隐蔽工程质量隐患。（2）整体性能检测验收：开展结构稳定性、承载力、防腐防渗性能等专项检测，确保工程整体性能适配冶金生产特殊工况，满足长期安全运行要求。

2 冶金建筑工程常见施工缺陷及成因分析

2.1 混凝土结构常见缺陷及成因

（1）结构裂缝缺陷：包含温度裂缝、沉降裂缝、应力裂缝，主要成因是高温工况下混凝土养护不当、配合比不合理、地基处理不达标、结构受力设计与施工偏差等。冶金车间高温辐射使混凝土内外温差过大，

表面水分急剧蒸发，易产生温度裂缝；大型设备基础荷载集中，地基处理不达标时易引发不均匀沉降裂缝；结构受力设计与施工存在偏差，导致局部应力集中，形成应力裂缝。（2）表面与密实度缺陷：蜂窝、麻面、孔洞、露筋等问题，多由浇筑振捣不密实、模板密封性差、骨料配比不均、施工操作不规范导致。冶金工程混凝土浇筑量大、结构复杂，振捣不到位易形成蜂窝孔洞；模板拼缝不严产生漏浆形成麻面；骨料级配不合理降低密实度；施工人员振捣时间不足或过振，均会加剧此类缺陷[2]。（3）耐久性缺陷：混凝土风化、腐蚀、剥落，核心成因是冶金车间腐蚀介质侵蚀、表层防护不到位、混凝土抗腐蚀等级不达标。生产过程中排放的酸性气体、粉尘及废水对混凝土表层产生持续化学侵蚀；防护涂层缺失或厚度不足，无法有效阻隔腐蚀介质；抗腐蚀等级选型偏低，难以适配长期腐蚀工况，最终导致风化剥落。

2.2 钢结构常见缺陷及成因

（1）焊接质量缺陷：焊缝夹渣、气孔、未焊透、变形开裂，主要源于焊接工艺参数不合理、焊工操作不规范、焊接环境粉尘高温干扰、焊后检测不到位。焊接电流、电压、速度等参数不匹配易产生夹渣与未焊透；焊工技能水平参差不齐，操作不规范导致气孔与裂纹；高温粉尘环境干扰焊接稳定性；焊后无损检测不到位，缺陷未能及时发现处理。（2）防腐与锈蚀缺陷：钢结构表层涂层脱落、局部锈蚀、大面积氧化，成因是防腐涂装工艺不达标、涂料选型不适配冶金腐蚀工况、后期养护防护缺失。涂装前基材除锈不彻底，涂层附着力不足；涂料耐高温、耐腐蚀性能不足，难以适应冶金车间恶劣环境；后期缺乏定期维护，涂层破损后未及时修补，锈蚀逐步扩展。（3）构件安装缺陷：构件偏移、连接松动、平整度偏差，多由吊装定位精度不足、螺栓紧固不到位、安装基准偏差、交叉施工碰撞导致。重型钢结构吊装定位难度大，测量控制不严易产生偏移；高强螺栓紧固扭矩不足或漏拧导致连接松动；安装基准传递误差累积影响整体平整度；多工序交叉施工碰撞扰动已安装构件，造成位移偏差[3]。

2.3 配套预埋及防护工程缺陷及成因

（1）预埋构件偏差缺陷：地脚螺栓偏移、预留孔洞错位、管线预埋渗漏，主要成因是预埋定位管控不严、浇筑施工位移、密封处理工艺简陋。预埋件固定不牢，混凝土浇筑时受冲击产生位移；测量放线误差未及时复核；密封材料选型不当或施工粗糙，导致管线接口渗漏。（2）防腐防渗缺陷：车间地面、墙体、设备基础防渗层破损、渗漏、防腐失效，源于防护材料选型不当、涂层厚度不足、施工工序衔接不当、工况适配性不足。防护材料耐腐蚀等级与冶金工况不匹配；涂层厚度未达设计要求；工序衔接不当造成防护层损伤；对高温、重载、化学侵蚀等工况适配性考虑不足。

2.4 质量缺陷共性成因总结

（1）管理层面：质量管控体系不完善，全过程动态监管缺失，工序交接验收不严格，质量责任落实不到位。缺乏针对冶金工程特殊工况的专项质量管理制度，过程巡检与旁站监督流于形式，工序交接未严格执行验收程序，质量问题追溯与责任追究机制不健全。（2）技术层面：施工工艺适配性不足，未针对冶金特殊工况优化施工方案，缺陷预判与防控技术手段落后。施工方案照搬普通工业建筑经验，未充分考虑高温、腐蚀、重载等特殊工况；缺乏缺陷预判与防控技术手段，质量问题多为事后处理而非事前预防。（3）人员层面：施工及管理人员专业素养不足，对冶金工程质量标准掌握不精准，精细化施工意识薄弱。一线作业人员缺乏冶金工程专项培训，对特殊工艺要求理解不到位；管理人员对冶金工程专项验收规范掌握不深，质量检查标准执行不严；精细化施工意识不足，粗放操作现象普遍。

3 冶金建筑工程施工质量缺陷防治对策与管控优化

3.1 混凝土结构缺陷专项防治措施

（1）裂缝防治：优化混凝土配合比，选用耐高温、抗腐蚀、抗裂专用骨料，合理掺加粉煤灰、矿粉等掺合料，降低水化热峰值，提升混凝土抗裂性能；规范浇筑与养护流程，高温环境采取骨料预冷、加冰拌合、夜间浇筑等温控措施，低温环境做好保温覆盖，防止温度骤变引发裂缝；强化地基夯实与沉降观测，对大型设备基础地基进行专项处理，设置沉降观测点并定期监测，规避不均匀沉降引发裂缝；同时优化结构受力设计，减少应力集中，从设计源头降低应力裂缝风险。（2）密实度缺陷防治：规范模板安装与密封处理，模板拼缝采用密封条封堵，确保不漏浆；严格把控浇筑振捣工艺，分层浇筑、分层振捣，每层厚度控制在规范允许范围内，杜绝漏振、过振，振捣棒快插慢拔，确保混凝土密实；骨料级配经试验确定，保证和易性良好；完工后及时开展表面修补处理，对蜂窝、麻面、孔洞等缺陷按专项方案修补，提升结构完整性。（3）耐久性提升防治：针对冶金腐蚀、高温工况，增设混凝土表层防护层，选用适配的抗腐蚀涂料或耐高温防护砂浆，阻断腐蚀介质与混凝土直接接触；提高混凝土抗腐蚀等级，优选低碱水泥、耐腐蚀骨料；定期开展结构检测与维护，及时修复表层

破损部位，对腐蚀剥落区域凿除后重新防护，延长结构使用寿命。

3.2 钢结构缺陷专项防治措施

（1）焊接质量防控：制定标准化焊接工艺规程，根据钢结构材质、工况要求调整焊接参数；加强焊接过程旁站监管，完工后采用无损检测技术全面排查焊缝缺陷，及时整改修复。针对重型钢结构厚板焊接，应严格执行焊前预热、焊后保温缓冷工艺，防止延迟裂纹产生；焊工须持证上岗，并针对冶金工程特殊材质开展专项技能考核，确保焊接质量满足重载、抗震要求。（2）锈蚀防腐防治：优选适配冶金工业工况的重防腐涂料，严格把控除锈、涂装、固化全流程工艺；建立钢结构定期防腐养护机制，及时补涂破损涂层。除锈质量应达到规定等级标准，涂装环境温湿度须符合涂料工艺要求；对于高温区域钢结构，应选用耐高温防腐涂料，并适当增加涂装道数与涂层厚度，提升长效防腐性能。（3）安装精度防控：采用精准定位测量技术，规范吊装、拼装施工流程；安装完成后逐一核查构件位置、连接牢固度，做好加固处理，规避安装偏差缺陷。吊装前应编制专项吊装方案，明确吊点设置、起吊顺序与临时固定措施；拼装过程中应实时监测构件垂直度、标高与轴线偏差，确保钢结构整体安装精度满足设备安装与生产运行要求。

3.3 配套工程缺陷专项防治措施

（1）预埋构件精度管控：预埋施工前精准放线定位，采用固定支架加固构件，防止浇筑位移；施工完成后复核尺寸偏差，对偏差构件及时校正处理。对于设备地脚螺栓、大型预埋件等关键构件，应在混凝土浇筑前进行多轮复核验收，浇筑过程中安排专人跟踪监测，确保预埋位置、标高、垂直度均满足设备安装精度要求。（2）防腐防渗工程优化：根据车间介质特性、温度工况针对性选用防渗防腐材料；规范涂层、防渗层施工工序，严控施工厚度、平整度，完工后开展闭水、防腐性能检测。对于酸洗、电解等强腐蚀车间，应重点加强地面、地沟、集液池等部位的防渗防腐处理，采用复合防渗结构，确保长期使用不渗漏、不腐蚀。

3.4 全过程质量管控体系优化策略

（1）完善精细化管控制度：构建事前预防、事中管控、事后验收的全过程管控体系，明确各工序质量责任，细化冶金工程专项质量验收标准。应针对冶金工程特点，编制专项质量管控手册，将质量目标分解至各分项工程与关键工序，实行工序交接检查制度，上道工序不合格严禁进入下道工序。（2）强化技术赋能管控：引入智能化检测、动态监测技术，对结构施工、防腐防护、设备基础施工全过程实时管控；优化特种施工工艺，适配冶金工程特殊工况需求。可采用混凝土温度自动监测系统、钢结构焊缝无损检测数字化设备、预埋件三维定位复核技术等手段，提升质量管控的精准性与时效性。（3）健全人员与考核机制：常态化开展专业技术与质量管控培训，提升施工、管理人员专业能力；建立质量考核与追责机制，强化全员质量管控意识。应针对冶金工程特殊工艺要求，定期组织专项技术培训与质量案例分析，并将质量管控成效纳入绩效考核体系，形成全员参与、全程可控的质量管理格局。

结束语

冶金建筑工程质量管控贯穿施工全周期，缺陷防治是保障工程长效安全运行的关键环节。本文结合冶金工程特殊施工特点，厘清各施工阶段质量管控重点，归纳各类常见质量缺陷的核心成因，针对性提出专项防治技术措施与全过程管控优化策略。后续施工建设中，需落实精细化管控理念，持续优化施工工艺、健全管理机制、强化人员素养，从源头遏制质量缺陷，全面提升冶金建筑工程建设质量与服役稳定性。

参考文献

[1] 王健. 冶金工业建筑工程施工安全与质量管控要点探析 [J]. 冶金管理,2023,36(12):89-91.

[2] 张磊. 大型冶金建筑项目施工现场质量协同管控研究 [J]. 工程技术研究,2024,9(08):112-114.

[3] 刘建军. 冶金建筑工程混凝土施工质量缺陷成因及防治技术 [J]. 混凝土,2024,22(05):178-181.