 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i8.11452

Quality Risk Identification and Prevention Strategies during the Detailed Design Phase of EPC Projects

Wei Chen

China Metallurgical Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract

EPC projects integrate design, procurement, and construction into a unified responsibility chain. The detailed design phase not only supports construction drawings but also addresses procurement requirements, material processing, and on-site installation. In metallurgical project development, challenges such as complex process systems, large-scale equipment, and dense energy medium pipelines often emerge during the detailed design stage, particularly regarding client requirements, cross-disciplinary coordination, equipment selection, supply documentation, and site conditions. If the general contracting team fails to identify quality risks early and implement closed-loop control, design deficiencies can propagate to material ordering, component fabrication, workflow coordination, and final acceptance. This paper examines quality risk identification and mitigation strategies for the detailed design phase of EPC projects based on metallurgical project practices, providing actionable insights.

Keywords

EPC project; detailed design; quality risk; design management; prevention and control measures

EPC 项目深化设计阶段质量风险识别及防控对策

陈玮

中冶京诚工程技术有限公司，中国 · 北京 100176

摘　要

EPC项目把设计、采购、施工纳入同一责任链条，深化设计既承接施工图，又面向采购加工和现场安装。冶金项目建设中，工艺系统复杂、设备体量大、能源介质管线密集，建设单位需求、专业协同、设备选型、供货资料和现场条件等问题常在深化设计阶段集中显现。若总承包团队不能提前识别质量风险并形成闭环控制，图纸问题会传导至材料订货、构件加工、工序穿插和竣工验收。因此，本文基于冶金项目实践研究EPC项目深化设计阶段质量风险识别及防控做法，以供参考。

关键词

EPC项目；深化设计；质量风险；设计管理；防控对策

1 引言

EPC 工程总承包通常是总承包单位依据合同约定，对工程设计、设备材料供货、施工安装及相关管理工作实行整体组织和统一负责的建设实施方式，可由总承包单位依托自身设计、供货、安装能力完成一体化实施，也可依法组织专业单位协同完成专项工作。深化设计阶段连接方案、施工图、采购加工和现场安装，任何信息偏差都可能形成返工、变更和质量缺陷。

2 EPC 项目深化设计阶段质量风险防控的重要性分析

首先，深化设计是发包人要求转化为施工成果的核心环节，项目团队需要把生产规模、工艺路线、主厂房布置、设备基础、能源介质接口、检修通道、环保设施、消防等级和自动化控制要求等内容落到节点图、排布图、加工图和安装图中，任何含糊表达都会在施工面形成质量偏差[1]。其次，EPC 项目常采用总价合同或者目标成本管控，深化设计阶段若未发现净高不足、预留洞口错误、设备基础尺寸偏差、机房检修空间不足等问题，后续调整往往同时影响工期、采购和成本。再次，深化设计直接服务施工组织，机电管综、钢结构平台、设备基础、工艺管道、除尘系统、通廊支架、非标构件拆分等成果必须满足现场可安装、可检测和可验收要求，图纸细部质量决定班组施工稳定性。最后，深化设计也是总承包单位履行质量责任的重要证据，设计校审、专业会签、问题闭合和版本管理均会进入项目资料链条，防控工作越靠前，返工争议越少。

3 EPC 项目深化设计阶段质量风险识别

3.1 发包人需求偏差风险

发包人需求偏差风险主要体现在合同目标和深化成果

【作者简介】陈玮（1983–），女，中国河北邢台人，硕士，高级工程师，从事冶金工程项目管理研究。

之间存在理解差异，识别工作应从需求文本、审批资料和使用场景同步展开。第一，项目团队需要逐项核对发包人要求、招标文件、初步设计批复和功能任务书，重点识别产能指标、工艺段划分、主机设备型号、厂房跨度、吊车吨位、平台标高、能源介质接点和环保排放边界等约束是否一致。第二，设计人员需要检查使用功能是否被图纸表达完整，炼钢连铸项目应核对钢包运输路线、连铸平台操作空间和事故收集条件，轧钢项目应核对加热炉出钢节奏、轧线检修空间和液压润滑站布置，烧结或球团项目应核对除尘管网、脱硫脱硝接口和物料转运落料点 [2]。第三，项目团队需要识别建设单位口头需求和正式文件之间的不一致，凡涉及设备能力、耐磨材料、平台荷载、主控室位置、管廊走向、能源介质参数调整等内容，应在问题清单中标明来源、提出日期和责任接口。第四，设计人员需要关注生产、检修、设备厂家和运营维护单位后置介入造成的需求变化，尤其是除尘灰输送、循环水系统、煤气放散、液压润滑站、备件库、检修吊装孔和自动化机柜间等内容，若运营意见晚于施工图审查进入项目，应识别为高频变更风险。

3.2 设计深度不足风险

设计深度不足风险通常表现为图纸无法指导采购加工和现场施工，识别时应把施工图、专项深化图和工程量边界放在同一张工作表中比对。第一，设计人员需要检查总平面、建筑、结构和机电专业图纸是否具备完整定位信息，重点识别轴线、标高、洞口、坡度、设备编号和房间编号缺漏，如结构预留洞仅写“详机电”而机电图未给出洞口尺寸时，应判断为深度不足风险。第二，项目团队需要检查节点大样是否支撑施工做法，结构柱脚、设备基础二次灌浆、管廊支架节点、通廊封闭板、除尘管道支座、地下廊道防水、穿墙套管和防火封堵等部位，若只有 1:100 平面而缺少 1:20 或 1:10 节点，应列入重点审查项，并区分是否影响隐蔽验收。第三，设计人员需要识别技术参数是否满足加工订货，钢结构构件应核对材质、板厚、焊缝等级和螺栓规格，工艺设备和公辅设备应核对流量、扬程、功率、风量、余压和接口方向，装饰材料应核对厚度、燃烧性能等级和安装基层。第四，项目团队需要检查图纸说明和清单口径是否一致，若设备表型号、材料表规格和工程量清单描述不一致，会造成采购错配和施工漏项风险。

3.3 专业接口冲突风险

专业接口冲突风险集中发生在建筑空间、结构构件和机电系统交叉区域，识别工作应以空间占用和施工顺序为主线。第一，设计人员需要在主厂房、地下管廊、皮带通廊、设备平台、液压润滑站、除尘机房、变配电室、能源介质站等高密度区域识别碰撞，重点核对梁底标高、风管高度、喷淋主管、桥架宽度和检修空间。第二，项目团队需要识别各专业预留预埋接口，结构洞口、套管、防水翼环、设备地脚螺栓、工艺管道支座、机电支吊架锚栓均应与结构图同步核查，常见风险是洞口距梁边小于 100mm 或者套管穿过暗柱区域，并可能影响钢筋排布，还应核对后浇带和施工缝附近的预埋条件。第三，设计人员需要检查专业系统之间的运行边界，除尘系统卸灰、循环水泵房排水、变配电室防水门槛、主控室空调散热、煤气区域通风报警等内容虽分属不同专业，但在使用阶段形成同一质量结果。第四，项目团队需要识别施工先后造成的接口风险，如设备就位后再修改基础螺栓、管廊安装后再调整支架标高，均说明深化图纸与工序衔接存在风险，且容易形成返工面，识别时应记录对应施工班组和计划施工日期。

3.4 设备材料适配风险

设备材料适配风险是深化设计成果与采购实物之间出现性能、尺寸或安装条件不一致，识别时应紧扣设备资料和材料样板。第一，设计人员需要核对主要设备的外形尺寸、运行重量、基础荷载和检修空间，如大型风机、变压器、除尘器、皮带机驱动装置、工艺主机设备存在较大运输重量或检修空间要求时，若厂房柱网、吊装孔、运输通道或检修平台未预留相应条件，应识别为适配风险 [3]。第二，项目团队需要检查设备接口参数和系统设计参数是否一致，水泵流量、扬程、管径、压力等级、控制电源、通信协议均应与深化图同步核对，PN16 阀门用于更高压力区段、DN150 接口接入 DN125 主管等情况均需登记。第三，设计人员需要识别材料性能与使用部位的匹配程度，防火封堵材料、保温材料、防腐涂层、耐火材料、管道补偿器、钢格栅板等资料只有商品名称而无检测参数，应列为资料不充分风险。第四，项目团队需要关注供应商二次资料进入深化设计后的偏差，起重机轨道安装尺寸、除尘器灰斗标高、风机基础尺寸、液压润滑设备接口、皮带机落料点等内容一旦由厂家资料控制，必须识别其与原设计轴线、结构洞口和安装标高的差异，并关注预留电源容量是否同步变化。

3.5 现场条件失真风险

现场条件失真风险来源于深化设计依据与施工现场真实状态不一致，识别时应把测量复核和既有资料核验作为起点。第一，设计人员需要核查原始地形、厂区道路、临建布置、红线坐标和能源介质接驳点，若总图坐标采用地方坐标系而测量成果使用施工独立坐标系，场地出入口、围墙和管线接驳点可能出现偏移。第二，项目团队需要识别地质资料与现场开挖情况的差异，基坑揭露后若地下水位、持力层埋深、回填土厚度与勘察资料差异明显，基础深化和降排水设计应列为风险对象。第三，设计人员需要检查既有管线和周边建构筑物条件，冶金项目改造或扩建工程常存在煤气管道、氧气管道循环水管、电缆沟、电力排管和生产排水管资料滞后，若探测图只标示管径而无管底标高，穿越节点不具备深化依据。第四，项目团队需要识别已施工实体偏差对后续深化的影响，如主体结构柱偏位、楼板标高偏差或预埋件漏设，均可能改变钢结构平台、设备安装、自动化仪表和电缆桥架安

装条件，相关数据需要作为风险判断依据，特别是设备安装和管线综合施工前前完成一次集中复核。

4 EPC 项目深化设计阶段质量风险防控对策

4.1 发包人需求偏差风险防控

针对发包人需求偏差风险，EPC 项目部应把需求确认作为深化设计启动前的刚性工作，而不是依赖施工过程中临时沟通。第一，项目部应建立“发包人要求—设计成果—采购清单—验收标准”对应表，将生产能力、工艺流程、主机设备、能源介质参数、厂房跨度、设备基础、检修空间和运行维护条件逐项编号，编号宜采用专业代码加楼层加房间号的方式，例如 A-B2- 车库净高、M-5F- 新风量，任何深化图纸提交前均需核对对应表中的目标值和最新审批意见。第二，项目部应组织需求冻结会，由建设单位、设计单位、总承包项目部、监理单位和生产运行、设备维护及主要供货单位代表参加，会议应形成带编号的确认纪要，对主机设备布置、平台标高、检修通道、循环水接口、煤气放散点和电气自动化机柜间等易变内容设定冻结日期，冻结后新增内容应进入变更流程。第三，设计人员应采用样板区和典型房间先行确认的方式控制理解偏差，冶金项目可选设备基础和管线密集区，炼钢项目可选连铸平台或液压站，公辅项目可选循环水泵房或除尘站，电气专业可选变配电室和电缆夹层，样板图应包含平面、剖面、材料表和设备末端布置，并由使用方签字确认。第四，项目部应设置需求澄清时限，普通问题宜在 3 个工作日内回复，影响结构、消防、主要设备订货、能源介质系统或生产运行功能等问题宜在 2 个工作日内提交专题会，未关闭问题不得进入正式出图和采购下单环节，会议纪要、回复函和版本图纸应同步归档，归档文件应与问题编号保持一致，便于后续审计和结算核对。

4.2 设计深度不足风险防控

针对设计深度不足风险，EPC 项目部应把深化设计成果拆分为可审核、可出图、可采购和可施工的交付包。第一，项目部应编制深化设计任务书，明确每一专业的成果清单、图纸比例、参数深度和交付时间，建筑、结构、机电专业应包含节点详图、预留预埋、设备基础、支吊架、系统控制接口等成果，冶金工艺、非标设备、钢结构、管道、电气自动化、耐材、防腐保温等专项单位应提交加工图和安装图，并与总进度计划挂接。第二，设计管理负责人应设置三级校审流程，专业自校应检查尺寸、标高和编号，专业负责人复核应检查规范符合性和系统逻辑，项目总工终审应检查接口和施工可行性，重大节点如设备基础地脚螺栓、钢结构柱脚、管廊支架、地下廊道套管等应纳入专项审查 [4]。第三，项目部应引入施工技术人员参与深化图会审，土建工长、机电工长、测量员、质量员等分别从施工顺序、定位放线、检验批划分和工程量边界提出审查意见，问题清单应注明图号、轴线、楼层、责任专业和计划关闭日期，关闭证据应附修改后图纸。第四，项目部应执行出图分级控制，影响主体结构和设备采购的图纸应优先冻结，工艺管道、设备平台、支吊架、仪表取源点和电缆桥架等图纸应结合设备资料及现场复测成果动态校核，正式图纸应加盖受控标识并记录版本号，现场只允许使用最新有效版本。

4.3 专业接口冲突风险防控

针对专业接口冲突风险，EPC 项目部应建立以空间模型和现场工序共同约束的协同机制。第一，项目部应统一 BIM 建模规则，模型原点、楼层标高、构件命名、管线颜色、模型细度和碰撞分类应在 BIM 实施方案中提前明确，主厂房、设备平台、地下管廊、皮带通廊、能源介质站、除尘系统和变配电区域宜达到满足施工协调的表达深度，支吊架、阀门和设备检修半径应纳入模型。第二，BIM 负责人应按专业优先级组织管线综合，重力排水管、煤气管道、氧氮氩管道、蒸汽管道、循环水管、液压润滑管道、消防主管、电缆桥架等按系统特性排布，走廊综合排布后应复核吊顶完成面净高，设备平台和管廊综合排布后应复核操作检修净空。第三，项目部应建立碰撞问题闭合台账，硬碰撞、净距不足、检修受限、预留错位和工序冲突应分类统计，每个问题应绑定模型截图、平面坐标、剖面位置和责任人，普通碰撞宜在 5 个工作日内关闭，影响结构开洞和设备基础的问题应在专题会当天确定处理意见，确认后更新模型和图纸。第四，现场实施前应开展专业样板段验证，主厂房可选设备基础及平台区域，管廊可选能源介质管线集中区，公辅系统可选循环水泵房、液压站或除尘风机房，样板段完成后复核阀门、仪表、支吊架、检修平台、桥架、管道补偿器和设备维护空间，未通过样板验收的排布不得大面积施工。

4.4 设备材料适配风险防控

针对设备材料适配风险，EPC 项目部应推动采购资料提前进入深化设计流程，避免图纸完成后再被设备实物反向推翻。第一，项目部应编制长周期设备技术资料提交计划，起重机、变压器、风机、水泵、液压润滑设备、加热炉配套设备、仪表成套设备和钢结构非标构件等内容应在深化设计关键节点前提供厂家样本、外形图、基础图、接口图和运输条件，计划中应明确资料提交日期和审批日期，并纳入采购例会跟踪。第二，设计管理人员应组织设备资料专项审查，重点核对功率、电压、流量、扬程、风量、余压、噪声、荷载、接口方向和控制要求，设备基础尺寸宜在厂家图基础上预留安装调整量，检修门、吊装孔和运输通道应按最大部件尺寸复核。第三，项目部应实施材料样板确认，耐火材料、防腐涂料、保温材料、防火封堵材料、耐磨衬板、钢格栅板、管道阀门、补偿器等应提供检测报告、合格证、燃烧性能或耐火性能资料，样板确认表应写明使用部位、规格型号和替代限制。第四，采购负责人应建立技术偏差单制度，供应商提供的产品只要存在尺寸、接口、参数、安装方式或维护空间差异，就应由采购、设计、施工和质量人员共同会签，偏

差影响结构预留、消防验收、环保指标、能源介质安全或生产使用功能时，不得以商务价格优势直接替代原技术要求，必要时应组织厂家到场复核，并将复核结论写入采购技术协议的附件 [5]。

4.5 现场条件失真风险防控

针对现场条件失真风险，EPC 项目部应把现场复核成果作为深化设计输入条件，并持续更新至施工全过程。第一，项目部应在深化设计启动前完成测量复核，测量员应复测红线控制点、±0.000 标高、建筑轴线、厂区道路高程、既有生产设施边界、能源介质接驳点和外部管廊接入位置，复核成果应形成坐标转换表和标高对照表，坐标闭合差和高程闭合差应满足项目测量方案要求，未经确认的外部坐标不得直接用于总图深化。第二，基坑和基础阶段应开展地质条件复验，项目部应结合试桩、验槽、降水运行和土方开挖记录核对持力层、地下水位等情况，若现场揭露条件与勘察资料差异明显，应及时组织设计复核基础形式、抗浮措施和降排水节点，并形成技术处理单。第三，改扩建和厂区管网接驳区域接驳区域应采用探挖、管线探测和影像记录相结合的方法确认既有条件，煤气、氧气、氮气、蒸汽、循环水、给排水、电力电缆等管线应记录平面位置、管径、材质和管底标高，关键交叉点宜采用人工探坑验证，探测结果应导入总图 [6]。第四，项目部应建立实测实量反馈机制，主体结构完成后应对柱墙偏位、楼板标高、洞口尺寸、预埋件位置和房间净尺寸进行复测，偏差数据应在 3 日内反馈给钢结构、工艺设备、管道、电气仪表和机电深化人员，后续深化图应以实测数据调整收口、基层、支架和末端定位，涉及返工的部位应同步通知质量员设置复查点，并保留影像资料。

5 结语

EPC 项目深化设计阶段的质量风险往往不是单一图纸错误，而是需求、标准、采购和现场条件共同作用的结果。总承包单位应把深化设计纳入项目质量管理主线，围绕发包人需求、设计深度、专业接口、设备材料和现场条件建立识别清单和防控闭环。对于冶金项目建设而言，深化设计还应重点关注工艺设备、能源介质、钢结构平台、管廊系统、环保设施和生产检修条件之间的协同关系。

参考文献

[1] 孙肖肖,尹贻林.基于层次分析法的EPC项目施工图设计阶段风险因素研究[J].天津理工大学学报, 2026(1).

[2] 左庆强.EPC项目管理中的风险识别和应对策略[J].中文科技期刊数据库（文摘版）工程技术, 2024(002):000.

[3] 李月华.探讨EPC总承包项目风险识别及管控措施[J].四川建材, 2023, 49(6):234-236.

[4] 陈崑.EPC建筑工程项目设计外部风险管理实践[J].福建建筑, 2025(7):140-143.

[5] 贾林昌,孙孝伟,郑鸿凯,等.EPC项目设计管理中的提质增效[C]//2023年全国工程建设行业施工技术交流会.中国华西企业有限公司, 2023.

[6] 陈癸武.EPC项目设计阶段管控探析[J].福建建筑, 2023(12):133-136.