

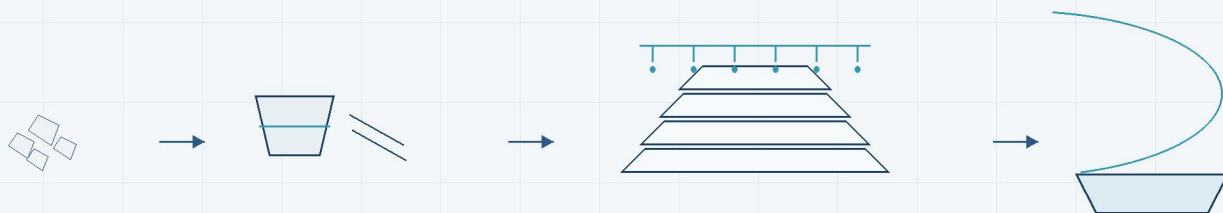


恒创工程技术研究协会

HETRA RESEARCH WHITE PAPER

低品位金矿堆浸与破碎筛分协同优化行业白皮书

从矿石性质到环保控制的全流程工程方法



RESEARCH / ENGINEERING

2026年3月17日

郭文忠 内蒙古西金矿业有限公司 常委副总经理、矿长

出版说明

出版目的 由恒创工程技术研究协会发布，为低品位金矿破碎筛分与堆浸系统提供可验证的协同优化方法，支持技术审查、运行改进和跨专业决策。

研究范围 覆盖资源评价、破碎筛分、筑堆布液、贫液循环、活性炭吸附、解吸电解、安全环保与持续改进。

研究方法 依据公开政策标准建立事实边界，以物料流、溶液流和信息流为主线，采用问题诊断、机制匹配、实施验证的结构。

适用限制 本文不替代矿石试验、工程设计、安全评价、环境影响评价和法定审批，也不对特定矿山回收率、成本或收益作承诺。

项目	内容
作者	郭文忠
单位及职务	内蒙古西金矿业有限公司 常委副总经理、矿长
发布平台	恒创工程技术研究协会
发布时间	2026 年 3 月 17 日

目录

出版说明	2
目录	3
第 1 章 执行摘要	7
研究对象与核心问题	7
中心命题与系统框架	7
主要结论	7
读者决策	8
第 2 章 研究范围与证据方法	9
研究范围	9
核心术语	9
证据层级	9
研究限制	10
第 3 章 产业链结构与工程接口	11
资源到产品的价值链	11
主要参与者与责任	11
物料与溶液双循环	12
关键交接界面	12
第 4 章 政策标准与外部环境	13
产业政策导向	13
安全与环保约束	13
资源与成本环境	13
技术与竞争环境	14
第 5 章 协同优化成熟度模型	15
阶段一局部运行	15
阶段二接口受控	15
阶段三闭环优化	16

阶段四持续改进	16
第 6 章 矿石性质与生产计划脱节	17
地质信息粒度不足	17
矿石类型边界模糊	17
短期计划缺少约束	17
试验结果难以回写	18
第 7 章 破碎筛分与筑堆协同不足	19
产品粒级波动	19
细粒与偏析风险	19
筑堆结构不稳定	19
设备检修不同步	20
第 8 章 资源配置与经营决策失真	21
单吨成本掩盖差异	21
瓶颈识别依赖直觉	21
库存价值不可见	21
变更缺少经济边界	22
第 9 章 数据链与跨专业协同断点	23
取样代表性不足	23
时间尺度不一致	23
编码与主数据分裂	23
例会只报告结果	24
第 10 章 堆浸传质与溶液循环失衡	25
布液均匀性不足	25
渗流路径不可见	25
贫液化学波动	25
水量与池容约束	26
第 11 章 吸附电解与终端价值损失	27
炭吸附负荷不匹配	27

炭管理缺少全寿命视角	27
解吸电解节拍冲突	27
终端指标未反馈前端	28
第 12 章 全流程协同优化总体框架	29
一个共同目标	29
六段因果链	29
三类闭环	30
分层决策规则	30
第 13 章 流程标准化与接口治理	31
矿石类型标准	31
粒级交付标准	31
筑堆与布液标准	31
变更控制标准	32
第 14 章 数据指标与分析机制	33
指标树设计	33
金属与水平衡	33
数据质量控制	34
分析到行动	34
第 15 章 破碎筛分与堆浸响应机制	35
粒级窗口确定	35
循环负荷控制	35
筑堆质量保持	35
响应验证	36
第 16 章 溶液循环与吸附协同机制	37
回路分区管理	37
药剂与化学控制	37
吸附能力匹配	37
贫液净化与回用	38

第 17 章 安全环保与持续运营机制 39

 氰化物全生命周期 39

 防渗与泄漏控制 39

 氰渣与闭堆管理 39

 组织韧性 40

第 18 章 典型场景与实施路线 41

 场景一 粒级波动 41

 场景二 矿堆偏流 41

 场景三 尾液升高 42

 分阶段实施 42

第 19 章 效果评价风险与持续改进 43

 评价指标组合 43

 基线与对照 43

 风险审查 44

 持续改进节奏 44

第 20 章 适用边界趋势与结论 45

 适用边界 45

 推广条件 45

 发展趋势 45

 结论 46

参考来源 47

CHAPTER 01

第 1 章 执行摘要

本章围绕研究对象与核心问题、中心命题与系统框架、主要结论、读者决策展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

研究对象与核心问题

本节首先把问题放回全流程边界内理解。低品位金矿的经济边界容易被单一品位或单机效率替代，真正决定项目稳定性的，是矿石性质与全流程参数之间能否形成可验证的匹配。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 1 章把“研究对象与核心问题”放在“执行摘要”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“研究对象与核心问题”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“低品位金矿的经济边界容易被单一品位或单机效率替代，真正决定项目稳定性的，是矿石性质与全流程参数之间能否形成可验证的匹配。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

中心命题与系统框架

工程判断必须从可观察事实出发。破碎筛分、筑堆布液、溶液循环、炭吸附解吸电解和环保控制应被视作同一物料与信息系统，而不是相互独立的车间。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 1 章把“中心命题与系统框架”放在“执行摘要”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“中心命题与系统框架”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“破碎筛分、筑堆布液、溶液循环、炭吸附解吸电解和环保控制应被视作同一物料与信息系统，而不是相互独立的车间。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

主要结论

该环节既是局部作业，也是上下游接口。协同优化的优先级应从局部增产转向粒级稳定、渗流均匀、溶液平衡、金属账一致和环境风险可控的共同约束。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 1 章把“主要结论”放在“执行摘要”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“主要结论”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“协同优化的优先级应从局部增产转向粒级稳定、渗流均匀、溶液平衡、金属账一致和环境风险可控的共同约束。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

读者决策

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。读者需要据此判断现有系统的首要瓶颈、验证顺序、改造边界以及是否具备进入放大实施的证据条件。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 1 章把“读者决策”放在“执行摘要”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“读者决策”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“读者需要据此判断现有系统的首要瓶颈、验证顺序、改造边界以及是否具备进入放大实施的证据条件。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 02

第 2 章 研究范围与证据方法

本章围绕研究范围、核心术语、证据层级、研究限制展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

研究范围

本节首先把问题放回全流程边界内理解。研究覆盖低品位金矿从资源评价、破碎筛分、筑堆浸出到贫液循环、活性炭吸附、解吸电解和氰渣管理的主要接口。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 2 章把“研究范围”放在“研究范围与证据方法”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“研究范围”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“研究覆盖低品位金矿从资源评价、破碎筛分、筑堆浸出到贫液循环、活性炭吸附、解吸电解和氰渣管理的主要接口。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

核心术语

工程判断必须从可观察事实出发。粒级分布、细粒含量、渗透性、喷淋强度、溶液平衡、载金炭品位和金属平衡必须采用统一定义与取样边界。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 2 章把“核心术语”放在“研究范围与证据方法”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“核心术语”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“粒级分布、细粒含量、渗透性、喷淋强度、溶液平衡、载金炭品位和金属平衡必须采用统一定义与取样边界。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

证据层级

该环节既是局部作业，也是上下游接口。材料事实、正式标准、现场检测、试验结果与工程判断应分层记录，行业典型场景不能被改写成作者或企业的既有业绩。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 2 章把“证据层级”放在“研究范围与证据方法”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“证据层级”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“材料事实、正式标准、现场检测、试验结果与工程判断应分层记录，行业典型场景不能被改写成作者或企业的既有业绩。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

研究限制

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。未获得矿石试验、设备台账和连续运行数据时，本书只提出验证框架，不给出特定矿山的回收率、药耗或投资回报承诺。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 2 章把“研究限制”放在“研究范围与证据方法”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“研究限制”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“未获得矿石试验、设备台账和连续运行数据时，本书只提出验证框架，不给出特定矿山的回收率、药耗或投资回报承诺。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 03

第 3 章 产业链结构与工程接口

本章围绕资源到产品的价值链、主要参与者与责任、物料与溶液双循环、关键交接界面展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

资源到产品的价值链

本节首先把问题放回全流程边界内理解。低品位资源价值沿地质模型、采剥边界、入选品位、粒级控制、浸出回收和金产品质量逐级传递，任何一环失真都会向下游放大。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 3 章把“资源到产品的价值链”放在“产业链结构与工程接口”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“资源到产品的价值链”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“低品位资源价值沿地质模型、采剥边界、入选品位、粒级控制、浸出回收和金产品质量逐级传递，任何一环失真都会向下游放大。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。



图 3-1 低品位金矿全流程工程接口

主要参与者与责任

工程判断必须从可观察事实出发。地质、采矿、选冶、设备、安全环保、化验和经营岗位分别掌握局部信息，必须通过共同指标和变更流程形成一致决策。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 3 章把“主要参与者与责任”放在“产业链结构与工程接口”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“主要参与者与责任”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“地质、采矿、选冶、设备、安全环保、化验和经营岗位分别掌握局部信息，必须通过共同指标和变更流程形成一致决策。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

物料与溶液双循环

该环节既是局部作业，也是上下游接口。矿石固相流程和贵液贫液液相流程并行耦合，固相粒级决定渗流条件，液相浓度与库存又反向约束喷淋和吸附负荷。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 3 章把“物料与溶液双循环”放在“产业链结构与工程接口”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“物料与溶液双循环”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“矿石固相流程和贵液贫液液相流程并行耦合，固相粒级决定渗流条件，液相浓度与库存又反向约束喷淋和吸附负荷。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

关键交接界面

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。采场到破碎、筛下到筑堆、贵液到吸附、载金炭到解吸以及氰渣到处置，是最需要定义质量条件和验收责任的接口。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 3 章把“关键交接界面”放在“产业链结构与工程接口”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“关键交接界面”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“采场到破碎、筛下到筑堆、贵液到吸附、载金炭到解吸以及氰渣到处置，是最需要定义质量条件和验收责任的接口。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 04

第 4 章 政策标准与外部环境

本章围绕产业政策导向、安全与环保约束、资源与成本环境、技术与竞争环境展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

产业政策导向

本节首先把问题放回全流程边界内理解。黄金产业政策把低品位资源综合利用、含氰废水回收、氰渣无害化和数字化改造并列为转型重点，要求技术与治理同步推进。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 4 章把“产业政策导向”放在“政策标准与外部环境”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“产业政策导向”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“黄金产业政策把低品位资源综合利用、含氰废水回收、氰渣无害化和数字化改造并列为转型重点，要求技术与治理同步推进。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

安全与环保约束

工程判断必须从可观察事实出发。氰化物采购、储运、使用、应急、尾渣处置和闭堆管理具有刚性边界，产量目标不得覆盖对人员和环境的保护要求。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 4 章把“安全与环保约束”放在“政策标准与外部环境”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“安全与环保约束”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“氰化物采购、储运、使用、应急、尾渣处置和闭堆管理具有刚性边界，产量目标不得覆盖对人员和环境的保护要求。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

资源与成本环境

该环节既是局部作业，也是上下游接口。矿石品位波动、剥采比、药剂和能源价格共同改变边际矿石价值，工艺窗口应随可验证条件调整而非长期固定。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 4 章把“资源与成本环境”放在“政策标准与外部环境”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“资源与成本环境”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“矿石品位波动、剥采比、药剂和能源价格共同改变边际矿石价值，工艺窗口应随可验证条件调整而非长期固定。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

技术与竞争环境

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。在线粒度、流量压力、溶液化学和金属平衡数据正在成为稳定运营基础，但数字化必须建立在可靠仪表和清晰数据责任之上。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 4 章把“技术与竞争环境”放在“政策标准与外部环境”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“技术与竞争环境”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“在线粒度、流量压力、溶液化学和金属平衡数据正在成为稳定运营基础，但数字化必须建立在可靠仪表和清晰数据责任之上。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 05

第 5 章 协同优化成熟度模型

本章围绕阶段一局部运行、阶段二接口受控、阶段三闭环优化、阶段四持续改进展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

阶段一局部运行

本节首先把问题放回全流程边界内理解。各工序以完成本岗位产量为主，指标口径不一，异常主要依赖经验处置，系统往往在库存与等待中吸收波动。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 5 章把“阶段一局部运行”放在“协同优化成熟度模型”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“阶段一局部运行”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“各工序以完成本岗位产量为主，指标口径不一，异常主要依赖经验处置，系统往往在库存与等待中吸收波动。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。



图 5-1 协同优化成熟度演进

阶段二接口受控

工程判断必须从可观察事实出发。关键交接点形成规格、取样和确认规则，破碎产品、筑堆质量与溶液状态开始被同时记录并用于班组协调。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 5 章把“阶段二接口受控”放在“协同优化成熟度模型”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“阶段二接口受控”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“关键交接点形成规格、取样和确认规则，破碎产品、筑堆质量与溶液状态开始被同时记录并用于班组协调。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

阶段三闭环优化

该环节既是局部作业，也是上下游接口。跨工序指标进入日周月复盘，参数变更经过试验和风险审查，金属平衡、水平衡与设备状态能够相互校验。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 5 章把“阶段三闭环优化”放在“协同优化成熟度模型”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“阶段三闭环优化”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“跨工序指标进入日周月复盘，参数变更经过试验和风险审查，金属平衡、水平衡与设备状态能够相互校验。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

阶段四持续改进

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。矿石类型、运行情景和历史表现形成知识库，模型用于提出假设，现场试验用于验证，管理层据证据调整资源配置。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 5 章把“阶段四持续改进”放在“协同优化成熟度模型”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“阶段四持续改进”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“矿石类型、运行情景和历史表现形成知识库，模型用于提出假设，现场试验用于验证，管理层据证据调整资源配置。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 06

第 6 章 矿石性质与生产计划脱节

本章围绕地质信息粒度不足、矿石类型边界模糊、短期计划缺少约束、试验结果难以回写展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

地质信息粒度不足

本节首先把问题放回全流程边界内理解。平均品位不能解释黏土含量、氧化程度、金赋存状态和硬度差异，混矿计划若忽略这些变量，会造成破碎负荷与浸出响应同步波动。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 6 章把“地质信息粒度不足”放在“矿石性质与生产计划脱节”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“地质信息粒度不足”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“平均品位不能解释黏土含量、氧化程度、金赋存状态和硬度差异，混矿计划若忽略这些变量，会造成破碎负荷与浸出响应同步波动。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

矿石类型边界模糊

工程判断必须从可观察事实出发。同一低品位标签下可能包含渗透性、耗氰性和预处理需求完全不同的物料，必须建立面向工艺的矿石类型而非只按采区命名。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 6 章把“矿石类型边界模糊”放在“矿石性质与生产计划脱节”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“矿石类型边界模糊”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“同一低品位标签下可能包含渗透性、耗氰性和预处理需求完全不同的物料，必须建立面向工艺的矿石类型而非只按采区命名。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

短期计划缺少约束

该环节既是局部作业，也是上下游接口。采剥、堆场、破碎能力和堆浸单元若分别排产，容易出现高细粒物料集中、堆场切换频繁或下游液量失衡。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 6 章把“短期计划缺少约束”放在

“矿石性质与生产计划脱节”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“短期计划缺少约束”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“采剥、堆场、破碎能力和堆浸单元若分别排产，容易出现高细粒物料集中、堆场切换频繁或下游液量失衡。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

试验结果难以回写

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。瓶滚、柱浸和粒度试验只有与采样位置、矿石类型和实际运行批次关联，才能成为更新地质模型与计划参数的有效证据。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 6 章把“试验结果难以回写”放在“矿石性质与生产计划脱节”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“试验结果难以回写”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“瓶滚、柱浸和粒度试验只有与采样位置、矿石类型和实际运行批次关联，才能成为更新地质模型与计划参数的有效证据。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 07

第 7 章 破碎筛分与筑堆协同不足

本章围绕产品粒级波动、细粒与偏析风险、筑堆结构不稳定、设备检修不同步展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

产品粒级波动

本节首先把问题放回全流程边界内理解。闭边排料口、筛孔状态、循环负荷和矿石含水率共同决定最终粒级，单看破碎机台时产量无法判断堆浸适配性。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 7 章把“产品粒级波动”放在“破碎筛分与筑堆协同不足”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“产品粒级波动”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“闭边排料口、筛孔状态、循环负荷和矿石含水率共同决定最终粒级，单看破碎机台时产量无法判断堆浸适配性。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

细粒与偏析风险

工程判断必须从可观察事实出发。过量细粒可能迁移并堵塞孔隙，粗细颗粒在转运和卸料中偏析又会形成优势流，导致局部短路和盲区并存。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 7 章把“细粒与偏析风险”放在“破碎筛分与筑堆协同不足”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“细粒与偏析风险”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“过量细粒可能迁移并堵塞孔隙，粗细颗粒在转运和卸料中偏析又会形成优势流，导致局部短路和盲区并存。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

筑堆结构不稳定

该环节既是局部作业，也是上下游接口。层高、压实、运输碾压和布料路径改变矿堆孔隙结构，设计粒级如果未在筑堆环节得到保持，前端控制价值会被削弱。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 7 章把“筑堆结构不稳定”放在“破碎筛分与筑堆协同不足”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“筑堆结构不稳定”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“层高、压实、运输碾压和布料路径改变矿堆孔隙结构，设计粒级如果未在筑堆环节得到保持，前端控制价值会被削弱。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

设备检修不同步

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。破碎、筛分、输送和堆料设备的停机计划若缺少系统视角，会通过中间库存和临时旁路改变入堆物料质量。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 7 章把“设备检修不同步”放在“破碎筛分与筑堆协同不足”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“设备检修不同步”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“破碎、筛分、输送和堆料设备的停机计划若缺少系统视角，会通过中间库存和临时旁路改变入堆物料质量。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 08

第 8 章 资源配置与经营决策失真

本章围绕单吨成本掩盖差异、瓶颈识别依赖直觉、库存价值不可见、变更缺少经济边界展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

单吨成本掩盖差异

本节首先把问题放回全流程边界内理解。低品位矿评价应同时考虑可浸性、处理周期、药剂消耗、占堆时间和风险成本，单一吨矿成本会鼓励错误的局部节约。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 8 章把“单吨成本掩盖差异”放在“资源配置与经营决策失真”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“单吨成本掩盖差异”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“低品位矿评价应同时考虑可浸性、处理周期、药剂消耗、占堆时间和风险成本，单一吨矿成本会鼓励错误的局部节约。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

瓶颈识别依赖直觉

工程判断必须从可观察事实出发。系统产能可能受筛分效率、可用堆面、贫液池容积或吸附能力限制，若没有统一负荷模型，投资容易投向并非主约束的设备。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 8 章把“瓶颈识别依赖直觉”放在“资源配置与经营决策失真”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“瓶颈识别依赖直觉”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“系统产能可能受筛分效率、可用堆面、贫液池容积或吸附能力限制，若没有统一负荷模型，投资容易投向并非主约束的设备。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

库存价值不可见

该环节既是局部作业，也是上下游接口。在制矿石、堆内金属、溶液中金和载金炭均占用资金，必须通过金属账和停留时间识别库存价值及其不确定性。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 8 章把“库存价值不可见”放在“资源配置与经营决策失真”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“库存价值不可见”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“在制矿石、堆内金属、溶液中金和载金炭均占用资金，必须通过金属账和停留时间识别库存价值及其不确定性。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

变更缺少经济边界

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。参数优化需要同时计算增量回收、周期延长、能耗药耗、维护和合规成本，并设置停止条件以防止试验无限延长。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 8 章把“变更缺少经济边界”放在“资源配置与经营决策失真”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“变更缺少经济边界”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“参数优化需要同时计算增量回收、周期延长、能耗药耗、维护和合规成本，并设置停止条件以防止试验无限延长。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 09

第 9 章 数据链与跨专业协同断点

本章围绕取样代表性不足、时间尺度不一致、编码与主数据分裂、例会只报告结果展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

取样代表性不足

本节首先把问题放回全流程边界内理解。矿石和溶液数据若缺少取样频率、位置、制样方法与质量控制记录，数值精度再高也不能代表实际过程。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 9 章把“取样代表性不足”放在“数据链与跨专业协同断点”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“取样代表性不足”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“矿石和溶液数据若缺少取样频率、位置、制样方法与质量控制记录，数值精度再高也不能代表实际过程。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

时间尺度不一致

工程判断必须从可观察事实出发。粒度按班统计、溶液按小时记录、化验按日返回、产量按月结算，不同周期若直接比较，容易形成错误因果。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 9 章把“时间尺度不一致”放在“数据链与跨专业协同断点”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“时间尺度不一致”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“粒度按班统计、溶液按小时记录、化验按日返回、产量按月结算，不同周期若直接比较，容易形成错误因果。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

编码与主数据分裂

该环节既是局部作业，也是上下游接口。矿石批次、矿堆单元、溶液回路、设备编号和样品编号需要稳定关联，否则异常无法从结果追溯至来源。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 9 章把“编码与主数据分裂”放在“数据链与跨专业协同断点”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“编码与主数据分裂”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“矿石批次、矿堆单元、溶液回路、设备编号和样品编号需要稳定关联，否则异常无法从结果追溯至来源。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

例会只报告结果

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。跨专业会议应围绕偏差、假设、证据和行动闭环展开，而不是重复产量报表；每项决策需明确负责人、期限和复核指标。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 9 章把“例会只报告结果”放在“数据链与跨专业协同断点”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“例会只报告结果”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“跨专业会议应围绕偏差、假设、证据和行动闭环展开，而不是重复产量报表；每项决策需明确负责人、期限和复核指标。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 10

第 10 章 堆浸传质与溶液循环失衡

本章围绕布液均匀性不足、渗流路径不可见、贫液化学波动、水量与池容约束展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

布液均匀性不足

本节首先把问题放回全流程边界内理解。喷头布置、压力、流量、堵塞和风冻条件共同影响布液，平均喷淋强度不能说明矿堆表面与内部是否均匀。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 10 章把“布液均匀性不足”放在“堆浸传质与溶液循环失衡”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“布液均匀性不足”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“喷头布置、压力、流量、堵塞和风冻条件共同影响布液，平均喷淋强度不能说明矿堆表面与内部是否均匀。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

渗流路径不可见

工程判断必须从可观察事实出发。优势流、滞水区和局部干区会改变溶质接触时间，必须结合压力、液位、温度、示踪或分区取样识别空间差异。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 10 章把“渗流路径不可见”放在“堆浸传质与溶液循环失衡”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“渗流路径不可见”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“优势流、滞水区和局部干区会改变溶质接触时间，必须结合压力、液位、温度、示踪或分区取样识别空间差异。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

贫液化学波动

该环节既是局部作业，也是上下游接口。氰根、碱度、溶解氧、盐分和杂质离子影响浸出与吸附，补加药剂应以回路质量平衡和反应需求为依据。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 10 章把“贫液化学波动”放在“堆浸传质与溶液循环失衡”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“贫液化学波动”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“氰根、碱度、溶解氧、盐分和杂质离子影响浸出与吸附，补加药剂应以回路质量平衡和反应需求为依据。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

水量与池容约束

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。降雨、蒸发、洗堆、回水和事故容积共同决定水平衡，追求高喷淋量可能把风险转移到池体和应急系统。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 10 章把“水量与池容约束”放在“堆浸传质与溶液循环失衡”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“水量与池容约束”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“降雨、蒸发、洗堆、回水和事故容积共同决定水平衡，追求高喷淋量可能把风险转移到池体和应急系统。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 11

第 11 章 吸附电解与终端价值损失

本章围绕炭吸附负荷不匹配、炭管理缺少全寿命视角、解吸电解节拍冲突、终端指标未反馈前端展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

炭吸附负荷不匹配

本节首先把问题放回全流程边界内理解。贵液品位、流量、炭浓度和活性决定吸附前沿，前端波动若未被缓冲，会导致尾液损失或炭循环紊乱。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 11 章把“炭吸附负荷不匹配”放在“吸附电解与终端价值损失”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“炭吸附负荷不匹配”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“贵液品位、流量、炭浓度和活性决定吸附前沿，前端波动若未被缓冲，会导致尾液损失或炭循环紊乱。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

炭管理缺少全寿命视角

工程判断必须从可观察事实出发。磨损、筛分损失、酸洗、再生与库存周转共同影响有效炭量，单次载金品位不能代表整个炭系统效率。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 11 章把“炭管理缺少全寿命视角”放在“吸附电解与终端价值损失”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“炭管理缺少全寿命视角”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“磨损、筛分损失、酸洗、再生与库存周转共同影响有效炭量，单次载金品位不能代表整个炭系统效率。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

解吸电解节拍冲突

该环节既是局部作业，也是上下游接口。载金炭到解吸、电积和金泥处理的批次节拍必须与吸附产出匹配，否则高库存或等待会增加账差和安全管理负担。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 11 章把“解吸电解节拍冲突”放在“吸附电解与终端价值损失”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“解吸电解节拍冲突”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“载金炭到解吸、电积和金泥处理的批次节拍必须与吸附产出匹配，否则高库存或等待会增加账差和安全管理负担。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

终端指标未反馈前端

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。尾液、贫液和金泥质量的异常需要反向追溯矿石类型、粒级和浸出条件，才能避免同类损失在新矿堆重复发生。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 11 章把“终端指标未反馈前端”放在“吸附电解与终端价值损失”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“终端指标未反馈前端”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“尾液、贫液和金泥质量的异常需要反向追溯矿石类型、粒级和浸出条件，才能避免同类损失在新矿堆重复发生。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 12

第 12 章 全流程协同优化总体框架

本章围绕一个共同目标、六段因果链、三类闭环、分层决策规则展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

一个共同目标

本节首先把问题放回全流程边界内理解。系统目标应表述为在安全环保边界内提升可验证的单位资源价值，并同时约束金属回收、处理周期、溶液稳定和资产可用性。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 12 章把“一个共同目标”放在“全流程协同优化总体框架”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“一个共同目标”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“系统目标应表述为在安全环保边界内提升可验证的单位资源价值，并同时约束金属回收、处理周期、溶液稳定和资产可用性。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

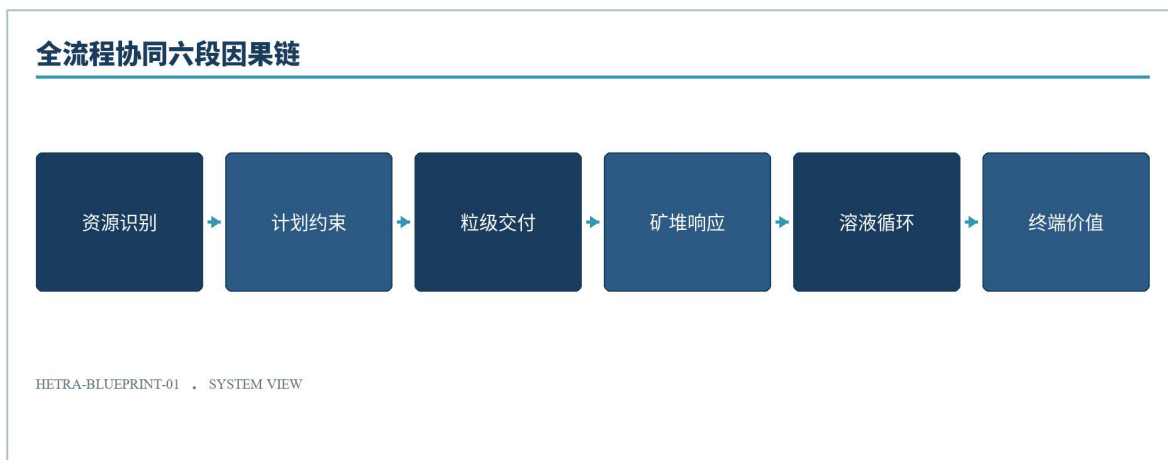


图 12-1 全流程协同六段因果链

六段因果链

工程判断必须从可观察事实出发。以矿石性质、粒级结构、矿堆渗流、溶液化学、吸附解吸和环保控制构成因果链，所有局部指标都需说明对上下游的影响。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 12 章把“六段因果链”放在“全流程协同优化总体框架”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“六段因果链”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“以矿石性质、粒级结构、矿堆渗流、溶液化学、吸附解吸和环保控制构成因果链，所有局部指标都需说明对上下游的影响。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

三类闭环

该环节既是局部作业，也是上下游接口。运行闭环用于当班纠偏，技术闭环用于试验与参数更新，管理闭环用于资源配置和风险审查，三类闭环采用不同节奏但共享证据。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 12 章把“三类闭环”放在“全流程协同优化总体框架”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“三类闭环”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“运行闭环用于当班纠偏，技术闭环用于试验与参数更新，管理闭环用于资源配置和风险审查，三类闭环采用不同节奏但共享证据。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

分层决策规则

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。现场可逆调整、跨系统参数变更和资本性改造应设置不同授权门槛，变更幅度越大，所需试验、评估和回退方案越完整。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 12 章把“分层决策规则”放在“全流程协同优化总体框架”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“分层决策规则”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“现场可逆调整、跨系统参数变更和资本性改造应设置不同授权门槛，变更幅度越大，所需试验、评估和回退方案越完整。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 13

第 13 章 流程标准化与接口治理

本章围绕矿石类型标准、粒级交付标准、筑堆与布液标准、变更控制标准展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

矿石类型标准

本节首先把问题放回全流程边界内理解。建立包含品位、硬度、含泥、氧化程度、耗氰性和可浸性的矿石类型卡，并规定最低样本量与更新条件。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 13 章把“矿石类型标准”放在“流程标准化与接口治理”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“矿石类型标准”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“建立包含品位、硬度、含泥、氧化程度、耗氰性和可浸性的矿石类型卡，并规定最低样本量与更新条件。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

粒级交付标准

工程判断必须从可观察事实出发。破碎筛分交付不能只写最大粒径，应同时描述关键粒级通过率、细粒上限、含水状态、取样方法和异常处置。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 13 章把“粒级交付标准”放在“流程标准化与接口治理”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“粒级交付标准”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“破碎筛分交付不能只写最大粒径，应同时描述关键粒级通过率、细粒上限、含水状态、取样方法和异常处置。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

筑堆与布液标准

该环节既是局部作业，也是上下游接口。分层厚度、卸料路径、碾压控制、管网验收、喷头检查和启堆条件应形成可记录的检查表与签认界面。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 13 章把“筑堆与布液标准”放在“流程标准化与接口治理”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“筑堆与布液标准”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“分层厚度、卸料路径、碾压控制、管网验收、喷头检查和启堆条件应形成可记录的检查表与签认界面。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

变更控制标准

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。筛孔、排料口、层高、喷淋、药剂和炭循环等参数变更需记录原因、假设、风险、观察期、成功判据和恢复方案。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 13 章把“变更控制标准”放在“流程标准化与接口治理”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“变更控制标准”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“筛孔、排料口、层高、喷淋、药剂和炭循环等参数变更需记录原因、假设、风险、观察期、成功判据和恢复方案。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 14

第 14 章 数据指标与分析机制

本章围绕指标树设计、金属与水平衡、数据质量控制、分析到行动展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

指标树设计

本节首先把问题放回全流程边界内理解。结果指标、过程指标和先导指标应建立因果关系，例如回收表现由粒级稳定、布液均匀、溶液状态和吸附能力共同解释。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 14 章把“指标树设计”放在“数据指标与分析机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“指标树设计”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“结果指标、过程指标和先导指标应建立因果关系，例如回收表现由粒级稳定、布液均匀、溶液状态和吸附能力共同解释。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。



图 14-1 数据到行动的治理闭环

金属与水平衡

工程判断必须从可观察事实出发。金属账用于识别价值流向，水平衡用于识别容量与环境风险；两者必须按一致边界、库存和时间窗进行核对。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 14 章把“金属与水平衡”放在“数据指标与分析机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“金属与水平衡”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“金属账用于识别价值流向，水平衡用于识别容量与环境风险；两者必须按一致边界、库存和时间窗进行核对。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

数据质量控制

该环节既是局部作业，也是上下游接口。仪表校准、化验质控、缺失值处理、人工录入复核和异常标记应纳入数据制度，避免把传感器噪声当作工艺变化。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 14 章把“数据质量控制”放在“数据指标与分析机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“数据质量控制”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“仪表校准、化验质控、缺失值处理、人工录入复核和异常标记应纳入数据制度，避免把传感器噪声当作工艺变化。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

分析到行动

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。趋势、相关性和模型只用于提出可验证假设，最终决策需结合工艺机理、现场检查 and 受控试验，并保留反例和不确定性。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 14 章把“分析到行动”放在“数据指标与分析机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“分析到行动”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“趋势、相关性和模型只用于提出可验证假设，最终决策需结合工艺机理、现场检查 and 受控试验，并保留反例和不确定性。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 15

第 15 章 破碎筛分与堆浸响应机制

本章围绕粒级窗口确定、循环负荷控制、筑堆质量保持、响应验证展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

粒级窗口确定

本节首先把问题放回全流程边界内理解。粒级窗口应通过矿石类型分组试验确定，在浸出动力学、渗透性、能耗、产能和细粒风险之间寻找可操作区间。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 15 章把“粒级窗口确定”放在“破碎筛分与堆浸响应机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“粒级窗口确定”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“粒级窗口应通过矿石类型分组试验确定，在浸出动力学、渗透性、能耗、产能和细粒风险之间寻找可操作区间。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

循环负荷控制

工程判断必须从可观察事实出发。筛分效率下降会提高循环负荷并改变破碎产品，应以设备状态、筛上回路和成品粒级联合判断调整顺序。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 15 章把“循环负荷控制”放在“破碎筛分与堆浸响应机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“循环负荷控制”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“筛分效率下降会提高循环负荷并改变破碎产品，应以设备状态、筛上回路和成品粒级联合判断调整顺序。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

筑堆质量保持

该环节既是局部作业，也是上下游接口。从成品仓、输送、转运到布料的每次落料都可能引起偏析，需通过路径设计、落差控制和分区检测保持目标结构。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 15 章把“筑堆质量保持”放在“破碎筛分与堆浸响应机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“筑堆质量保持”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“从成品仓、输送、转运到布料的每次落料都可能引起偏析，需通过路径设计、落差控制和分区检测保持目标结构。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

响应验证

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。新粒级方案应在可隔离矿堆或受控批次中验证，比较同类型矿石的渗流、溶液曲线和周期表现，而非只比较最终产量。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 15 章把“响应验证”放在“破碎筛分与堆浸响应机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“响应验证”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“新粒级方案应在可隔离矿堆或受控批次中验证，比较同类型矿石的渗流、溶液曲线和周期表现，而非只比较最终产量。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 16

第 16 章 溶液循环与吸附协同机制

本章围绕回路分区管理、药剂与化学控制、吸附能力匹配、贫液净化与回用展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

回路分区管理

本节首先把问题放回全流程边界内理解。按矿堆阶段和溶液特征划分回路，可以减少高低品位溶液混合造成的价值稀释，并便于定位异常来源。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 16 章把“回路分区管理”放在“溶液循环与吸附协同机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“回路分区管理”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“按矿堆阶段和溶液特征划分回路，可以减少高低品位溶液混合造成的价值稀释，并便于定位异常来源。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

药剂与化学控制

工程判断必须从可观察事实出发。药剂补加应结合自由氰根、保护碱度、溶解氧、杂质负荷和回路停留时间，避免只按处理吨数固定投加。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 16 章把“药剂与化学控制”放在“溶液循环与吸附协同机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“药剂与化学控制”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“药剂补加应结合自由氰根、保护碱度、溶解氧、杂质负荷和回路停留时间，避免只按处理吨数固定投加。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

吸附能力匹配

该环节既是局部作业，也是上下游接口。吸附列级数、炭量、炭活性和溶液流量需要按贵液负荷校核，设置尾气监测与炭转移触发条件。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 16 章把“吸附能力匹配”放在“溶液循环与吸附协同机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“吸附能力匹配”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“吸附列级数、炭量、炭活性和溶液流量需要按贵液负荷校核，设置尾液监测与炭转移触发条件。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

贫液净化与回用

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。净化的目标是维持浸出和吸附所需的溶液品质并控制杂质累积，任何排放或置换都应服从许可与环境管理要求。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 16 章把“贫液净化与回用”放在“溶液循环与吸附协同机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“贫液净化与回用”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“净化的目标是维持浸出和吸附所需的溶液品质并控制杂质累积，任何排放或置换都应服从许可与环境管理要求。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 17

第 17 章 安全环保与持续运营机制

本章围绕氰化物全生命周期、防渗与泄漏控制、氰渣与闭堆管理、组织韧性展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

氰化物全生命周期

本节首先把问题放回全流程边界内理解。采购、运输、储存、配制、使用、监测、应急和处置需要统一责任链，关键岗位应具备培训、联锁和防护条件。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 17 章把“氰化物全生命周期”放在“安全环保与持续运营机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“氰化物全生命周期”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“采购、运输、储存、配制、使用、监测、应急和处置需要统一责任链，关键岗位应具备培训、联锁和防护条件。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

防渗与泄漏控制

工程判断必须从可观察事实出发。矿堆基底、管网、池体和事故收集系统应按风险分区检查完整性，液位、渗漏和极端天气情景需要进入日常管理。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 17 章把“防渗与泄漏控制”放在“安全环保与持续运营机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“防渗与泄漏控制”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“矿堆基底、管网、池体和事故收集系统应按风险分区检查完整性，液位、渗漏和极端天气情景需要进入日常管理。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

氰渣与闭堆管理

该环节既是局部作业，也是上下游接口。停浸、洗堆、脱氰、属性判定、利用处置和生态恢复应从项目早期规划，并保留监测与去向记录。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 17 章把“氰渣与闭堆管理”放在“安全环保与持续运营机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“氰渣与闭堆管理”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“停浸、洗堆、脱氰、属性判定、利用处置和生态恢复应从项目早期规划，并保留监测与去向记录。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

组织韧性

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。交接班、承包商管理、备件策略、应急演练和事件复盘决定系统在设备故障、停电、暴雨或严寒条件下的恢复能力。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 17 章把“组织韧性”放在“安全环保与持续运营机制”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“组织韧性”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“交接班、承包商管理、备件策略、应急演练和事件复盘决定系统在设备故障、停电、暴雨或严寒条件下的恢复能力。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 18

第 18 章 典型场景与实施路线

本章围绕场景一颗粒级波动、场景二矿堆偏流、场景三尾液升高、分阶段实施展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

场景一颗粒级波动

本节首先把问题放回全流程边界内理解。当细粒比例上升并伴随循环负荷增加时，先核查取样与筛网状态，再评估矿石含水和硬度，避免直接放大排料口。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 18 章把“场景一颗粒级波动”放在“典型场景与实施路线”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“场景一颗粒级波动”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“当细粒比例上升并伴随循环负荷增加时，先核查取样与筛网状态，再评估矿石含水和硬度，避免直接放大排料口。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。



图 18-1 协同优化实施路线

场景二矿堆偏流

工程判断必须从可观察事实出发。当分区出液曲线差异扩大时，应联合检查筑堆记录、布液压力、表面状态和回路边界，必要时开展受控示踪或分区调整。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 18 章把“场景二矿堆偏流”放在“典型场景与实施路线”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“场景二矿堆偏流”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“当分区出液曲线差异扩大时，应联合检查筑堆记录、布液压力、表面状态和回路边界，必要时开展受控示踪或分区调整。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

场景三尾液升高

该环节既是局部作业，也是上下游接口。当尾液金或目标组分异常时，需沿吸附能力、炭活性、溶液流量、贵液负荷和前端浸出条件逐级排查。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 18 章把“场景三尾液升高”放在“典型场景与实施路线”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“场景三尾液升高”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“当尾液金或目标组分异常时，需沿吸附能力、炭活性、溶液流量、贵液负荷和前端浸出条件逐级排查。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

分阶段实施

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。实施按基线建立、接口规范、受控试点、稳定运行和复制推广推进，每阶段都应有进入条件、停止条件和复盘输出。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 18 章把“分阶段实施”放在“典型场景与实施路线”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“分阶段实施”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“实施按基线建立、接口规范、受控试点、稳定运行和复制推广推进，每阶段都应有进入条件、停止条件和复盘输出。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 19

第 19 章 效果评价风险与持续改进

本章围绕评价指标组合、基线与对照、风险审查、持续改进节奏展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

评价指标组合

本节首先把问题放回全流程边界内理解。评价需同时观察回收表现、处理周期、粒级稳定、设备可用、药剂水耗、金属账差、安全事件和环境合规，防止单指标最优。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 19 章把“评价指标组合”放在“效果评价风险与持续改进”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“评价指标组合”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“评价需同时观察回收表现、处理周期、粒级稳定、设备可用、药剂水耗、金属账差、安全事件和环境合规，防止单指标最优。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。



图 19-1 效果评价与持续改进

基线与对照

工程判断必须从可观察事实出发。改造前应锁定矿石类型、时间窗和测量方法，条件允许时采用同类型矿石的对照单元，并说明不可控差异。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 19 章把“基线与对照”放在“效果评价风险与持续改进”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“基线与对照”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“改造前应锁定矿石类型、时间窗和测量方法，条件允许时采用同类型矿石的对照单元，并说明不可控差异。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

风险审查

该环节既是局部作业，也是上下游接口。技术风险、人员暴露、环境后果、停产影响、数据误判和供应保障应进入同一变更审查，重大风险设置独立否决条件。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 19 章把“风险审查”放在“效果评价风险与持续改进”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“风险审查”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“技术风险、人员暴露、环境后果、停产影响、数据误判和供应保障应进入同一变更审查，重大风险设置独立否决条件。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

持续改进节奏

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。班组解决即时偏差，专业团队完成周月分析，管理层按阶段审查资源配置；每轮改进都把结论回写标准和培训。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 19 章把“持续改进节奏”放在“效果评价风险与持续改进”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“持续改进节奏”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“班组解决即时偏差，专业团队完成周月分析，管理层按阶段审查资源配置；每轮改进都把结论回写标准和培训。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

CHAPTER 20

第 20 章 适用边界趋势与结论

本章围绕适用边界、推广条件、发展趋势、结论展开，明确关键接口、约束条件与改进路径。

适用边界

本节首先把问题放回全流程边界内理解。本框架适用于以破碎筛分和堆浸为主要路径的低品位金矿，但具体参数必须依据矿石试验、工程设计和所在地法规确定。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 20 章把“适用边界”放在“适用边界趋势与结论”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“适用边界”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“本框架适用于以破碎筛分和堆浸为主要路径的低品位金矿，但具体参数必须依据矿石试验、工程设计和所在地法规确定。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

推广条件

工程判断必须从可观察事实出发。复制前需确认矿石类型、气候水文、场地防渗、设备能力、人员技能和数据基础具有可比性，不能机械移植单个参数。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 20 章把“推广条件”放在“适用边界趋势与结论”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“推广条件”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“复制前需确认矿石类型、气候水文、场地防渗、设备能力、人员技能和数据基础具有可比性，不能机械移植单个参数。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

发展趋势

该环节既是局部作业，也是上下游接口。低品位资源开发将更加依赖精细矿石分类、在线感知、闭环水药管理、尾渣资源化与全过程证据链。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第 20 章把“发展趋势”放在“适用边界趋势与结论”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“发展趋势”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“低品位资源开发将更加依赖精细矿石分类、在线感知、闭环水药管理、尾渣资源化与全过程证据链。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

结论

形成稳定能力的前提，是把经验转化为可复查规则。可持续的协同优化不是一次设备改造，而是把物料、溶液、数据、责任和风险连接成可验证、可回退、可持续改进的工程系统。在低品位资源条件下，任何看似微小的波动都可能经过库存、停留时间和循环回路向后传递。因此，第20章把“结论”放在“适用边界趋势与结论”的任务中审视，既关注设备和工艺，也关注取样边界、责任交接和异常记录。判断有效性应比较同类矿石、相近工况和一致口径下的连续变化。

落实“结论”时，建议先建立当前状态和允许边界，再列出可调参数、不可突破的安全环保条件以及需要协同的岗位。围绕“可持续的协同优化不是一次设备改造，而是把物料、溶液、数据、责任和风险连接成可验证、可回退、可持续改进的工程系统。”形成的措施，应写明假设、数据来源、观察期、成功判据和回退条件，并用金属平衡、水平衡或设备状态进行交叉核对。若证据之间出现冲突，应保留差异并增加取样或试验，不以更有利的单次结果替代完整事实。这样形成的结论才可以进入标准、计划与下一轮优化。

参考来源

以下资料用于界定政策、标准与工程方法边界。公开版本不展示内部复核过程。

- [1] 工业和信息化部等九部门：《黄金产业高质量发展实施方案（2025—2027 年）》，工信部联原〔2025〕86 号。
https://www.miit.gov.cn/cms_files/filemanager/1226211233/attach/20256/d3e3ddf70710494eb746216890b749af.pdf
- [2] 生态环境部：《黄金行业氰渣污染控制技术规范》，HJ 943—2018。
https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/201803/t20180322_432841.shtml
- [3] 生态环境部：《黄金工业污染防治技术政策》，公告 2020 年第 7 号。
<https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk01/202001/W020200121751339995148.pdf>
- [4] 国家发展和改革委员会：《黄金行业清洁生产评价指标体系》，国家发展改革委公告 2016 年第 21 号附件。
<https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/gg/201610/W020190905485657081694.pdf>
- [5] 全国标准信息公共服务平台：《氰化堆浸提金工艺安全生产技术规范》，YS/T 3019-2013。
<https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=8B1827F22F57BB19E05397BE0A0AB44A>
- [6] 全国标准信息公共服务平台：《黄金矿业尾渣资源综合利用技术指南》，YS/T 3048-2025。
<https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=3B31F45C93F741F7E06397BE0A0AD152>
- [7] 全国标准信息公共服务平台：《黄金矿业填充式贵液池技术要求》，YS/T 3047-2025。
<https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=5197428C558DD36DE06397BE0A0A0AF6>
- [8] 全国标准信息公共服务平台：《黄金行业数字化车间 通用要求》，YS/T 3046-2024。
<https://std.samr.gov.cn/hb/search/stdHBDetailed?id=2B05169A6C0C91C0E06397BE0A0A5DA1>
- [9] 内蒙古自治区市场监督管理局：《绿色矿山建设规范 第 3 部分：黄金行业》，DB15/T 3962.3-2025。
<https://std.samr.gov.cn/db/search/stdDBDetailed?id=32F4462735625C62E06397BE0A0A5112>
- [10] International Cyanide Management Institute：《The International Cyanide Management Code》，2021 Edition。
<https://www.cyanidecode.org/wp-content/uploads/2021/06/01-The-Cyanide-Code-JUNE-2021.pdf>



低品位金矿堆浸与破碎筛分协同优化行业白皮书

研究白皮书

2026年3月17日

thehetra.com