http://www.resourcesindustries.net.cn zycy@cugb.edu.cn

目标－利益－检查闭环下的金属矿山品位精确管控制度体系研究与实践
——以谦比希铜矿为例

黄支刚[1,2]，郭 伟[1]

（1. 中色非洲矿业有限公司 赞比亚 基特韦 22592；2. 成都理工大学 地球与行星科学学院，四川 成都 610059）

摘 要：矿山品位控制不仅是单纯的技术管控工作，更是一项涉及组织协调、制度落地执行与多主体协同联动的系统性治理工程。在资源品位持续走低、开采深度不断加大以及环保约束日趋严格的背景下，如何构建科学完善的品位管控体系，实现降本、提质、增效目标，提升资源利用水平与企业经营效益，已经成为矿山企业亟待解决的核心难题。基于目标－利益－检查（TBC）理论，构建适配复杂采矿组织场景的闭环品位管控制度体系，并结合现场实践检验该体系的实际治理效能。以谦比希铜矿为研究对象，构建“生产监督优化－下限管理－上限管理”三阶段品位管控模式。通过生产调研与工序剖析，识别品位管控的薄弱环节；建立节点质量管控与信息反馈机制，实现监督闭环；制度化下限管理以明确操作边界、强化责任传导；上限管理通过岗位激励和合同挂钩，实现利益协同与行为优化。在 3 年实践中，选取贫化率、出矿品位稳定性及管理绩效指标对闭环效果进行量化评估。研究表明，TBC 闭环管理模式能够实现组织目标、激励机制与监督体系的动态耦合，形成自反馈、自修正能力的管理循环。谦比希铜矿在 3 年内贫化率由 7.7% 下降至 3.6%，显著优于同类矿山 5% ~8% 的国家标准限值；出矿品位保持稳定提升，信息传递渠道、成本控制和收益管理均实现螺旋式优化；监督及时性、制度执行力及激励有效性显著增强。三阶段管控体系相互衔接，从生产监督到激励约束形成渐进闭环，验证了体系在多主体协作和复杂采矿环境下的可行性与有效性。TBC 闭环为矿山品位管控提供了系统性治理思路。通过目标锚定、利益绑定和检查纠偏，可实现组织内部方向对齐与行为约束，形成具有自我驱动与修正功能的管理闭环；三阶段管理路径确保制度执行与激励机制的有效衔接，实现动态优化和持续改进；实践结果显示，该体系可显著降低贫化率、稳定出矿品位，并提升监督和管理绩效。

关键词：TBC 理论；品位控制；制度体系；出矿品位；谦比希铜矿

中图分类号：F205 **文献标识码：**A **文章编号：**1673－2464（2026）05－0142－08

Precise Grade Management and Control System for Metal Mines under a Target-Benefit-Check Closed Loop: A Case Study of the Chambishi Copper Mine

HUANG Zhigang[1,2], GUO Wei[1]

(1. *NFC Africa Mining PLC*, *Kitwe* 22592, *Zambia*;

收稿日期：2025－12－22；**修订日期：**2026－03－04；**责任编辑：**胡媛。

网络出版地址：https://link.cnki.net/urlid/11.5426.TD.20260917.1702.002 **DOI：**10.13776/j.cnki.resourcesindustries.20260917.001

基金项目：中国有色集团有限公司科研项目（2023KY03）。

第一作者简介：黄支刚，硕士生、工程师，主要从事矿山地质、矿床地球化学研究。E-mail：huangzhigang2020@gmail.com

引用格式：黄支刚，郭伟，2026. 目标－利益－检查闭环下的金属矿山品位精确管控制度体系研究与实践：以谦比希铜矿为例[J]. 资源与产业，28(5)：142－149.

HUANG Zhigang, *GUO Wei*, 2026. *Precise grade management and control system for metal mines under a target-benefit-check closed loop: A case study of the Chambishi copper mine*[J]. *Resources & Industries*, 28(5): 142－149.

中国知网 https://www.cnki.net

2. *College of Earth and Planetary Sciences*, *Chengdu University of Technology*, *Chengdu* 610059, *China*)

Abstract: Mine grade control is not merely a purely technical management task, but a systematic governance project involving organizational coordination, institutional implementation, and multi-agent collaborative interaction. Against the backdrop of continuously declining ore grades, increasing mining depths and stringent environmental constraints, how to build a scientifically sound grade control system to achieve the goals of cost reduction, quality improvement and efficiency enhancement, and to improve the level of resource utilization and corporate operating benefits, has become a core challenge urgently requiring resolution by mining enterprises. Based on the Target-Benefit-Check (TBC) theory, a closed-loop grade control institutional system adapted to complex mining organization scenarios is constructed, and the actual governance effectiveness of this system is tested through field practice. Taking the Chambishi Copper Mine as the research object, a three-stage grade control model of "production supervision optimization-lower limit management-upper limit management" is constructed. Through production surveys and process analysis, the weaknesses in grade control are identified; node quality control and information feedback mechanisms are established to achieve a closed supervision loop; lower limit management is institutionalized to clarify operational boundaries and strengthen responsibility transmission; and upper limit management achieves interest alignment and behavioral optimization through position incentives and contract linkage. In three years of practice, dilution rate, ore grade stability, and management performance indicators are selected to quantitatively evaluate the closed-loop effect. The research shows that the TBC closed-loop management model can achieve dynamic coupling among organizational goals, incentive mechanisms, and the supervision system, forming a management cycle with self-feedback and self-correction capabilities. At the Chambishi Copper Mine, the dilution rate decreases from 7.7% to 3.6% within three years, significantly outperforming the national standard limit of 5% – 8% for similar mines; ore grade maintains a stable improvement, and information transmission channels, cost control, and revenue management all achieve spiral optimization; the timeliness of supervision, institutional execution, and incentive effectiveness are significantly enhanced. The three-stage control system is interconnected, forming a progressive closed loop from production supervision to incentive constraints, verifying the feasibility and effectiveness of the system under multi-agent collaboration and complex mining environment. The TBC closed loop provides a systematic governance approach for mine grade control. Through goal anchoring, interest binding, and inspection-based correction, it enables directional alignment and behavioral constraints within the organization, forming a management closed loop with self-driving and self-correcting functions. The three-stage management path ensures effective connection between institutional implementation and incentive mechanisms, achieving dynamic optimization and continuous improvement. Practical results show that this system can significantly reduce the dilution rate, stabilize the ore grade, and improve supervision and management performance.

Key words: TBC theory; grade control; institutional system; output ore grade; Chambishi Copper Mine

0　引言

矿产资源是工业体系运转的核心物质基础，其供给稳定性与利用效率直接关乎国家工业安全与经济韧性。当前，全球矿业正面临优质资源日趋匮乏、开采深度持续增加、环保约束不断强化的三重挑战（鞠建华，2022）。在资源品位普遍下降的背景下，如何通过科学的品位控制体系实现降本提质增效，已成为矿山企业提升资源利用率与经营绩效的关键命题（王晓娟等，2021）。

出矿品位是矿山生产最核心的技术经济指标之一，直接决定回收率、选矿效率及经济效益。现有研究大多聚焦采矿方法改进（龙翼等，2023）、工艺流程优化（江旭等，2025）、配矿策略调整（顾清华等，2021）、循环利用开发（李万超等，2025）等技术层面，忽视了管理制度与激励体系对品位稳定起到的关键作用。为改善品位稳定性，国内外学界提出了全面质量管理（赵允昌等，2025）、责任管控（邹庆利，2020）、风险防范（吉日嘎拉等，2025）等方法，但这些管理模式多局限于单一环节，难以在多主体协同作业、外包施工并存的环境中形成动态闭环。为此，本文引入由李泽尧（2016）提出的目标－利益－检查（Target－Benefit

中国知网　https://www.cnki.net

－Check，TBC）理论，以“目标锚定、利益绑定、过程检查”为核心，通过惩罚和激励双向约束与动态反馈机制，构建自反馈、自约束、自激励的管理循环，使组织行为持续向核心目标靠拢。

谦比希铜矿是一座具有百年开采历史、年产能达 150 万 t 的跨国大型铜矿，长期面临资源品位下降、成本压力上升、承包商协同不足等典型难题。本文以谦比希铜矿为研究对象，将 TBC 理论与矿山管理实践相结合，系统构建“目标－利益－检查”三维一体的品位管控逻辑，并形成“生产监督优化—下限管理—上限管理”三阶段建设路径。该体系通过监督优化实现信息闭环，依靠下限管理强化制度约束，通过上限管理实现利益共创与激励对齐，逐步形成可执行、可反馈、可持续优化的动态闭环管控系统。经三年实践验证，谦比希铜矿贫化率由 7.7% 降至 3.6%，出矿品位显著提升，验证了 TBC 闭环在复杂采矿组织中的治理价值。

1 目标－利益－检查闭环的管理逻辑与运行机制

1.1 管理体系的结构性困境与失衡机理

矿山生产体系具有典型的多主体与强耦合特征，涵盖地质、采矿、运输、选矿等多个环节，是技术与管理高度融合的复杂系统。在这一体系中，管理效率不仅取决于技术水平，更取决于组织结构与激励机制的协调程度。然而，在实践中，多数矿山企业在品位控制方面普遍存在目标分散、激励不完善、监督失灵的结构性困境。1）整体目标缺少连续性、过程性的绩效指标分解，不同管理层级和部门的绩效导向缺乏一致性。战略层关注产量与金属量，地质部门注重资源量精度，采矿部门追求施工进度与产出，而选矿环节强调回收率，整体目标体系未形成上下贯通的传导链条。2）惩罚与奖励制度不完善，绩效考核与合同条款仍以产量或进度为主，对品位、损失率、贫化率等关键质量指标缺乏约束。激励端未能形成正向导向，惩罚端又缺乏刚性执行，导致员工缺乏底线意识，承包方缺乏改进动力。3）监督层存在形式化与反馈滞后问题。由于流程链条长、信息反馈慢、数据整合度低，监督往往滞后于生产行为，形成事后监管而非过程控制。总体而言，目标模糊、激励错位与监督迟滞共同造成了矿山管理体系的结构性失衡，目标、利益、检查三要素之间缺乏系统耦合与闭环反馈。

1.2 TBC 闭环的运行原理与在矿山品位控制中的作用路径

为破解目标、利益、检查三要素相互脱节的问题，引入 TBC 管理理论。该理论认为，管理体系应通过“目标锚定－利益绑定－检查纠偏”3 个环节构建动态自反馈机制，使组织在执行过程中实现持续对齐与自我强化，将战略目标的传导、激励机制的设计与监督体系的运行统一在一个循环体系之中，从而形成具有自我驱动和纠偏能力的管理闭环。

在该体系中，目标锚定是起点，通过将总体目标层层分解为可量化的执行目标，使组织成员在行为上具有明确导向；利益绑定是驱动核心，通过将绩效与收益直接关联，使个体或部门在实现目标的同时获得与之匹配的回报，形成“底限下限必须做到”的惩罚措施，“做得好—收益高”的正向激励；检查纠偏是保障机制，通过建立及时、透明的监督与反馈体系，对偏离目标的行为进行修正和约束，从而使管理体系保持动态平衡。三者相互作用，形成一个持续自循环的管理系统——目标提供方向，利益提供动力，检查提供约束与修正。

在矿山品位控制场景下，TBC 闭环（图 1）主要通过 3 条路径发挥作用。1）信息路径（目标－检查反馈）：识别核心环节，实现从事后检查向过程监控转变，使目标能够根据实际品位变化及时修正。2）成本路径（检查－制度约束－行为纠偏）：通过强化监督与惩戒机制，提高违规作业、废石混矿等行为的违规成本，使承包商与作业人员严格遵守制度规范，保障制度刚性执行。3）收益路径（目标－利益联动－自驱改进）：通过在合同中增加品位与结算单价挂钩的激励条款，将承包方的经济收益与矿山整体目标绑定，实现由外部监管向内生动力的转化。3 条路径相互支撑，共同构成一个以过程为基础、以制度为约束、以激励为驱动的动态闭环系统。它不仅提升了目标执行的穿透力，也增强了组织运行的自适应性，为矿山企业在复杂外部环境下实现品位稳定和成本优化提供了制度保障。这一理论逻辑正是谦比希铜矿在实践中构建“生产监督优化－下限管理－上限管理”三阶段体系的主要依据。

中国知网 https://www.cnki.net

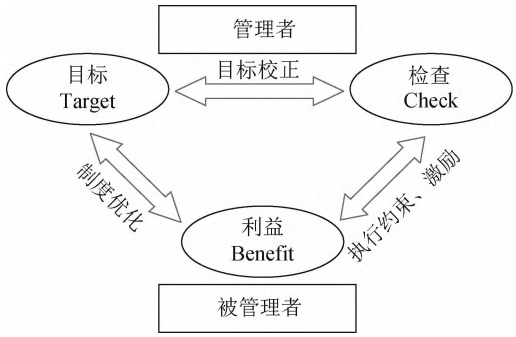


图 1　目标－利益－检查闭环机理

Fig. 1　The target-benefit-check closed-loop mechanism

2　目标－利益－检查闭环下的三阶段品位管控体系建设

基于目标－利益－检查的闭环管理逻辑，谦比希铜矿的品位控制实践呈现出“信息监督—制度约束—激励引导”逐步递进的特征，目标设定提供方向约束，检查环节确保信息反馈与偏差纠正，而利益机制则通过奖惩促进持续改进。在实际运行中，这三要素并非同步建构，而是依次强化、逐步衔接，才能形成稳定有效的闭环体系。谦比希铜矿结合 TBC 闭环，设计了包含生产监督优化、下限管理和上限管理 3 个阶段的品位控制体系，生产监督优化阶段以识别核心环节和目标分解为核心，下限管理阶段以约束与制度刚性为重点，上限管理阶段通过收益激励实现自我强化（图 2）。一方面，体系建设属于长周期工程，需要扎实的现场调研与制度修订作为基础；另一方面，矿山实行总承包模式，与采矿总承包商 JCHX 公司两年签订一次合同。上限管理的激励规则需要固化进正式合同文本，各阶段无法一蹴而就，需要等待制度条件、合作条件成熟后，再向下一阶段过渡。

2.1　阶段一：生产监督优化——构建信息闭环以降低运行不确定性

生产监督是建立品位控制体系的基础和前提。只有对采矿全过程进行质量监控，及时发现问题，才能够制定行之有效的管理制度，约束采矿总承包商作业行为。

2.1.1　识别品位控制薄弱环节

开展品位管控，首要任务就是排查监督链条内部的信息断点，厘清责任模糊地带。自 2022 年 2 月起，谦比希铜矿开展为期 4 个月的系统性生产调研，以排产计划编制、采矿单体设计、井下作业与矿石运输 4 个核心环节为主线，开展了现场调查与数据分析，全面梳理采矿全过程的关键工序和节点质量隐患。

1）排产计划直接关系到年度生产目标与出矿品位能否实现，制定排产计划需要权衡产量目标和出矿品位目标。当铜价处于高位的行业景气周期（如 2021 年国际铜价处于历史高位），矿山战略追求金属产出最大化，考核重心向金属量倾斜，矿石产量、品位指标优先级有所下降。谦比希铜矿为完成 2022 年较高的金属量指标，在开拓受限的情况下调整产场布局。按照当时估算，消耗资源品位为 2.12%，按 7% 的贫化率换算出的预计出矿品位约为 1.97%，但最终下达的出矿品位指标为 1.98%。受 2022 年开拓工程滞后影响，短期内无法投产高品位采场，矿方迫于生产压力，将部分矿体端部的非计划采场纳入生产序列。该类端部采场矿体厚度薄、连续性差、整体品位偏低，势必拉低整体出矿品位。由此可见，排产决策在供给侧结构受限时容易以完成产量目标为优先，从而被动引入低品位资源，造成品位与指标之间出现矛盾。在这一情形下，地质工程师的首要任务是向采矿工程师提供可

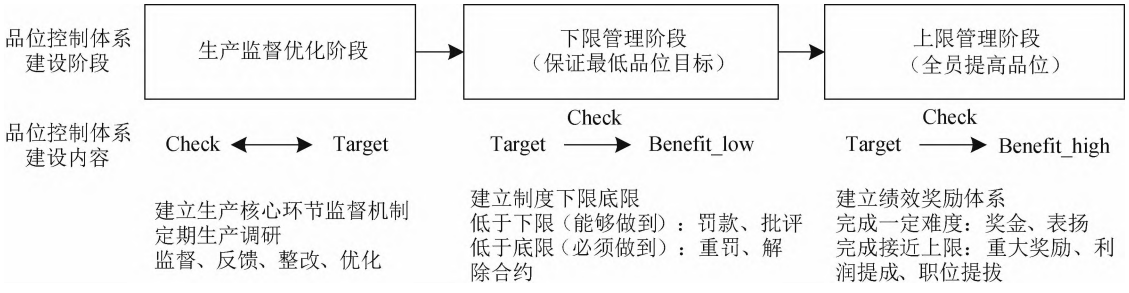


图 2　目标－利益－检查（TBC）闭环下的三阶段品位管控体系

Fig. 2　Three-stage grade control system under the TBC closed loop

中国知网　https://www.cnki.net

靠的三维与块体地质资料，并据此参与排产与单体设计讨论，保障生产指标的合理性，避免因目标错配导致现场执行萎缩或激励错位。

2）采矿设计质量不仅直接影响人员安全、采矿成本与资源回收率，还在很大程度上决定出矿品位。实践表明，科学合理的采矿单体设计应在守住安全底线的前提下，兼顾金属产能任务，落实富矿优先回采的管理原则。谦比希铜矿部分采场在采场布置、施工顺序上存在缺陷，导致贫化率上升。结合实践调查，总结 2 条经验：a. 为追求资源回收率，在上盘地质条件较差的情况下布置多条进路，虽然回收范围扩大，但上盘贫矿进路更易失稳垮塌，进而干扰下盘富矿回采作业，最终造成损失率与贫化率同步升高；b. 在矿体边部采场，常规设计一般从两端向采联位置推进，但边部矿体品位衰减速度快。若没有优先完成采联口附近高品位矿段的刷扩加固作业，构建安全可控作业空间，端部采场极易受冒落风险影响被迫提前充填、调整开采边界，错失高品位矿段最佳回采窗口期。谦比希铜矿实践证明，采矿单体设计质量对品位管控有决定性影响。科学的设计既能够提高资源回收率，还能规避施工顺序、开采布置不合理带来的贫化问题。因此，需要在安全评估前提下，针对特殊采场推行富矿优先回采策略，优化进路布置与施工时序，最大限度降低设计层面带来的偏差。

3）井下生产是最能直观反映品位控制水平的环节，施工偏差与操作细节失控是造成贫化的直接因素。在凿岩爆破工序，炮孔布置不合理造成顶板混入废石、进路断面不满足设计要求、顶板超挖、底板膏体混入矿石均属于高频问题；铲运作业环节，部分操作人员一味追求作业效率，将底板膏体一并混入矿石，刷扩两帮过程中产生废石混矿现象。单个采场的偏差看似影响有限，但多采场累积之后，会对全矿整体出矿品位造成显著负面影响。

4）在矿石运输环节，贫化问题主要出现在溜井、箕斗提升工序。矿石和废石的运输工序依次为盘区/采场溜井→中段运输→主溜井存矿→破碎提升→皮带转运。调研发现，作业人员偶有发生矿石、废石倒错溜井的操作失误，同时溜井取样频次不足，化验结果反馈滞后，问题难以及时发现处置。

2.1.2 优化监督手段

针对品位控制的薄弱环节，谦比希铜矿将管理重心从单一环节管控转向以工序节点为核心的全过程质量控制，每道工序必须在质量合格后方可进入下一环节，责任落实到具体岗位，形成“节点可查、责任可追”的监督体系。

1）把控排产与采矿设计的前端质量。在排产计划编制过程中，要求地质组提供完整、可靠的三维地质模型和块体模型，作为排产的重要依据，并全程参与排产指标的制定与审核，平衡产量与品位，保障指标合理性。在采矿单体设计阶段，地质工程师除提供地质资料外，还需参与采矿单体设计，对开采技术条件进行可行性评价并提出改进建议，审查地质可信度、开采可行性与经济合理性。

2）落实井下作业节点监督与质量核查。在井下生产环节，矿山建立了以地质技术员为核心的现场监督机制，地质人员每日巡查采矿工作面，标定矿岩分界线及地质控制点，复核炮孔布置合理性，对照实测图纸核查进路偏移、断面尺寸、顶底板标高，保障现场施工严格契合设计文件。同时，为防止矿石与废石混倒，矿山实行“溜井挂牌制”，在矿石溜井、废石溜井显著位置设置标识牌，防止新员工误操作。这些措施使得监督节点前移到生产一线，实现了从设计到施工的质量闭环。

3）提升采样化验环节响应效率。井下矿石生产与地表运输之间的衔接节点长期是监督的薄弱环节。过去每个溜井仅取 1 件检查样，化验周期长达 3 ~ 4 天，代表性差，反馈滞后，无法及时指导生产。为此，矿山在生产控制中心协调下进行了制度优化：调整取样方式，每一趟电机车最后一节车厢取样，约每 100 t 矿石采集 1 kg 样品，大幅提升样品代表性；运输工区早 6 点交接班之后，通过竖井快速把样品运送至地表，地质技术员 9 点前完成组合制样并移交化验室；明确化验时效，上午 9 点前送检样品，当日 15 点前出具化验报告，其余样品最长 24 小时出结果。通过上述优化，样品检测周期由原先 72 小时压缩至 12 小时以内，建成“采样化验反馈”快速响应链条，实现生产信息实时反馈，监督工作能够及时响应现场变化。4）运输环节残留矿抽查管控。为避免箕斗底残留渣对矿石质量造成影响，矿山建立了“第三斗抽查制度”。每日矿石转废石时，前两斗按矿石正常运输至选厂，第三斗单独堆存，每月取样检测。若堆存样平均品位高于 0.5%，则由卡车运往选厂；低于 0.5% 则

中国知网 https://www.cnki.net

按废石处理。该措施在不影响生产效率的情况下，实现了矿石转运环节的末端质量追溯与动态纠偏。

2.2　阶段二：下限管理——以约束提升制度刚性并纠正边际行为

全流程监督体系搭建完成之后，谦比希铜矿自 2022 年 12 月将管理重心从发现问题转向防止偏差，使员工与承包方的行为始终处在可控边界内。本阶段核心任务是把监督成果固化为管理制度，依靠惩罚手段保障落地，塑造强有力的制度刚性。

2.2.1　制度建设

下限管理的核心是依靠制度化约束纠正采矿作业各类偏差，明确禁止性行为、硬性达标要求。这套约束机制关键在于通过制度划定清晰行为边界，强化监督考核，配套可落地的惩罚措施。2023 年初，谦比希铜矿系统修订《采场技术管理规定》《主要采矿方法技术暂行规定》《矿石损失与贫化管理办法》等一系列技术管理制度。这些规范细化了采矿设计、井下作业、矿石运输等环节的操作标准与考核要求，旨在通过制度统一作业标准，提升现场执行的一致性。

在制度内容上，围绕品位管控关键工序补充细化相关条款：一方面，通过明确采场设计参数、采矿方法适用条件、采掘顺序及边界控制要求，压缩自由裁量空间，减少因操作随意性带来的品位风险；另一方面针对井下作业、矿废分流制定明确技术判定标准，为识别废石混矿、超边界开采等违规行为提供制度依据。通过本次修订，品位控制相关要求由分散的技术条款整合为系统化的制度框架，为下限管理奠定了规则基础。

在此基础上，谦比希铜矿进一步意识到单纯依靠技术规范，不足以充分发挥约束效力，下限管理配套制度还需要具备明确的管理属性。因此修订过程同步赋予制度可核查、可追责特征：将关键技术要求转化为可量化、可对照的制度条款，依托全流程监督，保证每一道工序都留存可追溯检查记录；明确违规行为判定原则与责任划分标准，为后续监督问责提供统一依据。原本偏向技术指导的规范文件，升级为划定行为底线、约束生产决策的正式管理制度，下限管理的制度框架正式确立。

2.2.2　制度执行

制度能否发挥效力，关键在于执行。为防止制度流于形式，谦比希铜矿从采矿区队管理与技术部管理两个层面推进制度执行与责任落实。

1）面向采矿区队依靠惩罚落实直接责任。采矿区队是决定出矿品位的关键执行单元，需要强化区队第一责任人（队长）的直接责任。针对频发的溜井混废现象，谦比希铜矿生产控制中心自 2023 年 3 月起实施严格的罚责制度，一经查实废石混入矿石溜井，处以经济处罚，初始罚款 500 美元/次，后续上调至 1 000 美元/次，罚款直接从区队长薪酬扣除。该举措快速强化区队责任意识，2023 年第二季度溜井混废事件大幅下降，出矿品位下滑态势得到遏制。

2）面向技术部落实责任传导，实现间接约束。技术部门虽然不直接开展采矿作业，但在采场设计、地质指导、现场监督环节发挥关键作用。受承包商内部重产量绩效导向影响，技术人员缺乏维护出矿品位的动力。因此矿山建立责任追溯、奖惩并举的考核模式，明确技术部对采矿区队作业承担监督指导责任。生产控制中心规定，地质资料提供不及时不准确、未能及时制止区队违规作业，将按月度考核进行处罚；对完成月度品位目标、主动处置现场偏差的技术组予以奖励。通过压力与激励并行的传导机制，推动技术部从辅助后台转变为品位管控责任主体。

经过强化落地，下限管理完成从制度成文到制度生效的转变。2023 年上半年矿山平均贫化率从上年 6.6% 下降至 4.8%，已经优于同类矿山 5.0% ~ 8.0% 的国家标准指标。该结果印证下限管理在品位管控中的重要价值：只有同步强化制度刚性与责任传导，品位改善成效才具备可持续性。

2.3　阶段三：上限管理——将品位改善转化为承包方的主动收益

下限管理依托制度约束有效减少违规混废现象，但想要进一步持续提升品位，单纯依靠惩罚手段很难充分调动各方积极性。为此，2023 年 9 月谦比希铜矿在刚性约束基础上推行上限管理，通过激励机制将“做好”转化为“想做、愿做”，推动作业模式从被动遵守规则转向主动优化提升。在完成基础生产任务前提下，上限管理的核心原则就是对超出标准、主动改善品位的主体给予对应激励，让品位提升成为员工与承包商的共同利益诉求。

中国知网　https://www.cnki.net

2.3.1 *激励机制构建*

针对现场重产量、轻品位的结构性问题，谦比希铜矿首先在内部推行小范围激励试点。2023 年 9 月，生产控制中心利用月度不超过 5 000 美元的奖励额度，出台《品位指标月度奖励管理办法》，面向直接影响矿石质量的核心岗位人员实施差异化绩效激励，激励对象包含中赞双方地质负责人、地质主管两名核心工程师。当年矿山出矿品位考核目标设定为 1.92%，奖励标准详见表 1。对于月薪约 300 美元的赞方地质负责人，该激励具备较强吸引力，极大调动了其工作积极性。激励措施实施后，地质现场管理质量明显改善，采场贫化问题整改周期缩短至 2 炮以内，异常溜井数量明显减少，月度出矿品位平均提升 0.01% ~0.02%。小范围精准激励能够有效改善关键岗位人员作业行为，建立“质量改善 - 收益增加”正向循环，为后续系统化激励机制积累实践经验。

表 1 品位指标月度奖励管理办法

Table 1 Regulations on the management of monthly incentives for grade indicators

当月出矿品位/%	奖励金额/美元
≥1.960	400
1.940 ~ <1.960	200
1.920 ~ <1.940	100
<1.920	无奖励

2.3.2 *激励制度化*

随着浅部中段富矿采场逐步消耗，深部中段贫矿采场占比持续增加，谦比希铜矿面临出矿品位下行压力。单靠内部约束、岗位奖励无法形成长效激励，管理层决定在新一轮承包合同中设置系统性激励条款，将承包商收益和品位目标直接挂钩，从制度上实现利益一致。

2023 年 12 月，谦比希铜矿和采矿总承包商 JCHX 续签承包合同，工程款结算模式由原有的总金属量结算，调整为依据出矿品位分档结算。该机制的核心是保障承包商基础利润的前提下，出矿品位越高，结算单价越高；品位低于基准，则同步下调结算单价，结算规则见表 2。通过重新拟定合同条款，矿山将自身经营目标与 JCHX 公司利润诉求深度绑定，促使承包商主动优化采场设计、现场作业流程，减少人为废石混入与不合理施工。合同生效之后，JCHX 公司同步调整内部绩效考核，取消矿石产量导向的考核模式，改为按出矿品位分级核算绩效工资，采矿区队长、班组长、凿岩台车操作工等岗位奖金全部和品位指标挂钩。运行结果显示：2024 年上半年平均出矿品位较预期提升 0.08%，平均贫化率下降至 3.6%；部分优化后的采场贫化率低于 5%，少数采场贫化率接近 0。

表 2 激励性结算方式

Table 2 Incentive-based settlement method

出矿品位区间/%	结算单价/（美元/t）
<1.850	1 380
1.850 ~ <1.880	1 450
1.880 ~ <1.900	1 490
1.900 ~ <1.920	1 520
1.920 ~ <1.940	1 530
1.940 ~ <1.960	1 545
≥1.960	1 565

3 结论及启示

谦比希铜矿基于 TBC 闭环管理开展的三阶段品位管控实践，有效破解了跨国矿山多主体协同下品位管控的现实难题。通过 3 年系统性落地应用，矿山在贫化率控制、出矿品位稳定、制度执行力提升等方面取得明显成效。结合现场实践效果与理论分析，得到如下主要结论。

1）TBC 闭环为矿山品位控制提供了系统性治理思路。目标、利益、检查是矿山管理三大核心要素。谦比希铜矿实践表明，依托目标锚定、利益绑定、检查纠偏，能够统一组织内部行动方向，规范作业行为，形成具有自我驱动、自我修正能力的管理闭环。

2）监督约束激励的递进式管控体系需要分阶段实施。品位管控依次推进生产监督优化、下限管理、上限管理 3 个阶段，各阶段相互衔接、螺旋提升，依托信息路径、成本路径、收益路径构建完整可控的矿山品位管控制度。

3）TBC 闭环管理显著改善品位管控绩效。经过 3 年实践，谦比希铜矿贫化率由 7.7% 下降至 3.6%，优于同类矿山 5% ~8% 的贫化率国家标准；矿山出矿品位稳步提升，监督响应时效、制度执行力、激励实施效果均得到显著增强，证明 TBC 闭环在复杂采矿体系中的治理效果与推广应用价值。

中国知网 https://www.cnki.net

基于以上研究结论，得到如下管理启示。

1）矿山管理应当由单纯结果考核转向全流程闭环管控。矿山管理不能局限单点工序效率提升，需要识别关键核心工序，依托“目标－利益－检查”搭建完整闭环，实现从局部优化迈向体系化治理。

2）坚持激励与约束并重，切实提升制度执行力。品位管控有效运行需要双重机制协同发力：一方面划定刚性管理底线，依靠惩戒守住制度红线；另一方面以绩效激励引导员工、承包商主动改进，做到“底线有约束，创优有回报”，使员工、承包商收益和企业目标深度绑定，形成持续的内生动力。

3）推动管理模式由外部监督向组织内生驱动转变。通过在合同中引入品位绩效挂钩机制，促使承包商主动优化工艺技术与内部管理，完成从被动接受监管向主动提质增效的转变。

参考文献

顾清华，张伟，程平，等，2021. 基于模糊多目标的石灰石露天矿配矿优化模型[J]. 矿业研究与开发，41(12)：181-187.〔Gu Qinghua，Zhang Wei，Cheng Ping，et al.，2021. Optimization model of ore blending of limestone openpit mine based on fuzzy multiobjective[J]. Mining Research and Development，41(12)：181-187.〕

江旭，李杰，刘峰，等，2025. 新疆某低品位微细粒铜钼矿选矿试验研究[J]. 矿业研究与开发，45(6)：263-271.〔Jiang Xu，Li Jie，Liu Feng，et al.，2025. Experimental study on mineral processing of a low grade fine grained copper molybdenum ore in Xinjiang[J]. Mining Research and Development，45(6)：263-271.〕

吉日嘎拉，孙金龙，2025. 关键矿产资源全产业链知识产权风险与防范[J]. 资源与产业，27(5)：51-60.〔Jirigala，Sun Jinlong，2025. Intellectual property risks and prevention of whole industrial chain of critical mineral resources[J]. Resources & Industries，27(5)：51-60.〕

鞠建华，2022.“双碳”目标背景下矿业发展新机遇与实现路径[J]. 中国矿业，31(1)：15.〔Ju Jianhua，2022. New opportunities and implementation path of mining development under the background of “double carbon” goal[J]. China Mining Magazine，31(1)：15.〕

李万超，邢剑伟，徐苗青，等，2025. 湖北省钒矿资源开发利用现状及对策建议[J]. 资源与产业，27(3)：116-121.〔Li Wanchao，Xing Jianwei，Xu Miaoqing，et al.，2025. Development status and suggestions of Hubei's vanadium ore resources[J]. Resources & Industries，27(3)：116-121.〕

李泽尧，2016. TBC 企业驱动体系[J]. 企业管理(5)：82-86.

龙翼，陈绍民，严鹏，2023. 断层条件下低品位厚大矿体采矿方法优化研究[J]. 金属矿山(4)：27-32.〔Long Yi，Chen Shaomin，Yan Peng，2023. Mining method optimization study on low grade and thick large ore body under fault condition[J]. Metal Mine(4)：27-32.〕

王晓娟，刘彩霞，王琛，2021. 提高井下矿石品位措施探讨[J]. 世界有色金属(13)：216-217.〔Wang Xiaojuan，Liu Caixia，Wang Chen，2021. Discussion on measures to improve underground ore grade[J]. World Nonferrous Metals (13)：216-217.〕

赵允昌，刘长勇，2025. 采矿工程中防止矿石损失贫化的研究与应用[J]. 世界有色金属(5)：109-111.〔Zhao Yunchang，Liu Changyong，2025. Research and application on preventing ore loss and dilution in mining engineering[J]. World Nonferrous Metals (5)：109-111.〕

邹庆利，2020. 集团型公司管理会计智能化构架设计研究与探索：以集团型黄金矿业公司实践为案例[J]. 中国注册会计师(6)：111-119.

中国知网　https://www.cnki.net