

智慧矿山系统不仅“装得上”更要“用得好”

热点透视

redian toushi

智慧矿山系统要真正从“装得上”走向“用得好”，不能只停留在技术功能的升级。未来，需持续提升系统的安全性、稳定性与长期可靠性，在真实生产场景中反复验证、迭代优化，用稳定的实效赢得一线认可，走通场景化落地的“最后一公里”。

近年来，随着矿业行业加快培育新质生产力，推进数字化绿色化协同转型，传统矿山正在告别“凭经验设计、靠手感生产”的老路。在前不久举行的第五届熠星大赛资源开发赛道常州站复选路演上，多家央企国企纷纷展示智慧矿山系统、设备。

从露天开采方案智能优化到磨矿工序数字孪生管控，多种智慧矿山技术成果为产业提质增效开辟了全新路径。但多位业内专家直言，这些技术成果要在矿山生产一线真正“扎下根”，仍需跨过多重关卡。

开采方案设计“有智慧”

矿山开采方案设计的资源开发利用的第一步，而一次设计的服务年限短则 5 年、长可达 30 年以上。在漫长周期内，采矿设备迭代、技术标准更新、产业政策调整、环保要求升级等变数层出不穷，矿山开采方案必须动态调整，才能持续保障开采质量与综合效益。

这对矿山开采方案的前瞻性提出了很高要求。“如果不能实现前瞻、精准有序的设计规划，不仅会降低开采效益，还会给后续的生态恢复等环节带来问题。”本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司首席工程师范立军说。

然而，在传统设计模式下，一套完整的矿山开采方案往往需要 10-30 人的专业团队才能完成，不少矿山难以配齐这样的技术力量。同时，部分通用 CAD(计算机辅助设计)软件在矿山领域的专业化程度不足，难以适配国内矿山的复杂工况。“大量烦杂的数据统计、图纸绘制工作都依赖人工完成，技术人员的精力大量消耗在基础事务上，反而难以聚焦方案本身的论证与优化。”范立军说。

为解决矿山开采方案设计难题，本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司联合东北大学等单位，开发了露天矿开采方案整体模拟软件系统，实现了地质、市场、设备、技术经济参数动态变化下的开采方案动态优化。

笔者看到，在系统操作页面，工作人员只需输入产量要求、矿山品位、边坡角度等基础参数，软件即可自动生成多套可选的矿山设计方案，还可按需生成分期开采方案，直接指导开拓运输系统、工业场地等工程的规划布置。

“过去我们大量时间都耗在做表格、



第六届中国贵州国际能源产业博览交易会的智慧矿山数字化展区 ■ 视觉中国供图

画图纸上，现在相当于把基础重复工作交给了系统。”范立军打了个比方，“这就像房屋装修，软件能直接生成 10 套方案供选择，我们可以把有限的精力集中在方案的研讨和优化上，整体工作效率大幅提升。”

目前该系统已经成功应用于本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司南芬露天铁矿等矿山。“系统的应用给矿山带来了可观的经济效益。仅是优化运输系统、降低平均运距一项，就为我们节约了 8321 万元。”范立军说，“通过开采工艺优化，矿山铁路运输升级为公路运输，仅在歪头山铁矿就省掉铁路路基辅助剥离量 431 万吨，已带来经济效益 1365 万元。”

磨矿不再“两眼一抹黑”

矿石被开采出来后，还要经过破碎、磨矿、浮选等工序。然而，在选矿生产过程中，磨矿的关键工艺参数调节长期依赖人工经验，比如给矿量和补加水的调节往往要靠熟练操作工的经验，缺少精准的量化依据和科学的数据支撑。

“磨矿位于选矿工序上游，也是整个选矿流程中耗能最高的环节。磨矿产品粒度、浓度直接决定下游矿产资源的回收效率与综合利用水平。”矿冶科技集团有限公司自动化所工程师张康辉说，为破解传统磨矿“凭经验、摸黑干”的行业难题，实现提质增效，他和团队研发出“DeepGrind-M3：图像与工艺数字孪生驱动的磨矿多模态智能融合决策平台”，推动磨矿从经验驱动向数据驱动转型。

磨矿智能决策的核心痛点，是磨机在工作时操作人员无法了解内部状态，无法掌握关键工艺参数。为解决这一问题，团队在进料端部署 2D 和 3D 相机，构建基于提示学习的自动标注等系统。“系统可快速识别矿 石轮廓、物料分布状态等信息，相当于给磨矿生产线装上了一双‘智能眼睛’。”张康辉说，此后，识别出的矿石分布等特征，与现场采集的温度、压力、流量等多源传感数据一同接入数字孪生模型，用于精准推算磨机内部的实时工况，让磨机循环负荷、运行效率等过去无法直接测量的核心参数可测可控。

打开磨机的“黑匣子”只是第一步。张康辉说，结合进料端的图像、视频，以及数字孪生模型输出的诊断信息、工艺矿物学和流程考察报告文本信息，决策平台通过多模态大模型进一步融会贯通，整合多源信息，持续输出磨矿调整策略，让平台真正成为指导磨矿的“智慧大脑”。

目前，该平台已在江西、甘肃等多个矿山应用。落地应用后的数据显示，该平台让磨矿过程稳定性提升 10%以上，单位产品能耗降低 3%以上，产品粒度合格率稳定保持在 90%以上，实现了提质、降耗、稳质的多重效益。

场景化落地要迈“三道坎”

先进技术固然提升了矿山效益，但要想大规模推广开来，还需迈过“三道坎”。

首先是场景差异化带来的适配难题。不同矿山的矿石品位、设备配置、工艺流程、生产指标千差万别，这就要求智能控

制系统必须具备较强泛化能力，才能适配各类生产场景。“而且在真实生产场景中，留给智能系统调试优化的窗口期非常有限，我们必须快速完成参数适配与持续迭代，才能保障正常生产节奏不被打乱。”张康辉说。

其次是选厂信息化程度不高造成的数据质量短板。智能模型的训练与决策高度依赖精准的现场数据，但目前不少矿山的检测装置配置并不完善。张康辉坦言：“有的磨矿车间没有配备粒度检测装置，有的车间虽有浓度检测设备但数据准确度欠佳。这些传感器的数据质量会直接影响模型训练效率，也会制约后续磨矿调控方案的稳定性。”

在张康辉看来，矿山需进一步完善数字化基础设施建设，做好仪器仪表的定期校准与运维保障，切实提升各类传感设备使用率与数据可靠性，为智能系统筑牢数据根基。

最后，一线操作人员的接受度与信任度，也是决定落地成效的关键。AI 技术最终要服务于生产实际，系统好不好用、能不能推广，不仅取决于现场工艺流程、设备、检测仪器的稳定性与可靠性，还需要经验丰富的操作人员的大力支持与协同配合，尤其是遇到异常工况、偶发突发事件时。

因此，智慧矿山系统要真正从“装得上”走向“用得好”，不能只停留在技术功能的升级。“未来，我们需持续提升系统的安全性、稳定性与长期可靠性，在真实生产场景中反复验证、迭代优化，用稳定的实效赢得一线认可，走通场景化落地的‘最后一公里’。”张康辉说。

吴叶凡

敢为创新投未来

■ 郑杨

创新杂谈

chuangxin zatan

“撒胡椒面”，是财政资金在支持科技成果转化中长期面临的诟病。广州“先投后股”这波操作，迈出了财政资金由“无偿资助”向“股权投资”转型的关键一步，成为打通我国科创“任督二脉”的有效探索。

我国高水平论文数量、专利数量和申请量多年领跑全球，然而，从“科研强”到“科技强”，似乎总还“差一把劲”，真正能引领世界的中国科技公司仍屈指可数。追根溯源，就差在科技成果转化“最初一公里”环节。科研人员不愿迈出转化这一步，因为要把论文里的技术转化为市场看得明白的样品、样机，需要承担很大的创业风险，往往只能自己“为爱发电”；而政府难以精准甄别有前景的项目并加以支持，有限的财政资金“撒胡椒面”也就成了常态。

“先投后股”模式瞄准这一痛点，以市场化的“金融思维”取代“财政思维”，不仅让科研人员有了启动资金去唤醒“沉睡”的论文和专利，更让在传统补贴、奖励方式下“有出无进”的财政资金变成了一股“源头活水”——等项目“跑起来”，政府就成了初创企业的“早期股东”，一旦有项目做大做强，政府还能获得股权收益，并通过转股变现，继续支持新的初创科技项目。

确保财政资金花在“刀刃”上，需要周密的制度设计。此次全新探索，在立项机制上兼顾了公平与效率：由投资机构独立遴选，用“风投语言”而非“科研语言”决定项目去留，让拿着真金白银“投票”的专业机构去精挑细选项目，并“扶上马、送一程”。在保障机制上，建立从立项、出资、转股到投后管理、股权退出的全链条管理流程，确保财政资金安全使用，并可实现可积累、能循环，达到效益最大化。

让专业的人做专业的事，是此次“广州模式”带来的启示。在粤港澳大湾区，一项项解放思想的改革探索落地开花，正切实降低企业从初创到壮大“每一公里”的融资门槛和风险。2025 年“深圳—香港—广州”创新集群跃居全球第一位，正是大湾区激活风险投资、推动科研成果向经济成果转化的生动注脚。

遗失声明

●山西省忻州市原平市同川镇王北窑股份经济合作社(统一社会信用代码:N2140981MF30488561)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352016)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇老师村老师组股份经济合作社(统一社会信用代码:N1140981MF6115065W)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2354341)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇老师村拴马坡股份经济合作社(统一社会信用代码:N1140981MF3795800F)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2354399)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇城头村股份经济合作社(统一社会信用代码:N2140981MF3928474X)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352853)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇下南白村下南白组股份经济合作社(统一社会信用代码:N1140981MF3842953R)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352333)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇下南白村刘岗组股份经济合作社(统一社会信用代码:N1140981MF3843008R)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352865)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇下南白村夙岗组股份经济合作社(统一社会信用代码:N1140981MF38430163)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352863)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇下南白村寨上组股份经济合作社(统一社会信用代码:N1140981MF3843024X)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2353222)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇南庄村股份经济合作社(统一社会信用代码:N2140981MF3017021J)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352751)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇北庄头村股份经济合作社(统一社会信用代码:N2140981MF2969864K)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352751)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇南旺村股份经济合作社(统一社会信用代码:N2140981MF34333677)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2354378)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇下神原村下神原组股份经济合作社(统一社会信用代码:N1140981MF3842312G)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352107)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇山西村股份经济合作社(统一社会信用代码:N2140981MF304947XT)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352860)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇神岗头村神岗头组股份经济合作社(统一社会信用代码:N1140981MF3843032Q)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352758)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇神岗头村西头庄组股份经济合作社(统一社会信用代码:N140981MF3843040K)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2354370)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇北河底二村股份经济合作社(统一社会信用代码:N2140981MF392895XM)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352738)丢失,声明作废。

●山西省忻州市原平市同川镇上社村股份经济合作社(统一社会信用代码:N2140981MF3928861A)不慎将农村集体经济组织登记证及登记证副本(证书编号:NO:140981-2352792)丢失,声明作废。