

引用格式:杨国强,邓皓泽,王会来.利用矿山已有工程及设备情况下竖井提升系统方案研究[J].有色设备,2025,39(4):106-111.

YANG Guoqiang, DENG Haoze, WANG Huilai. Research on comparison of vertical shaft lifting system scheme using existing engineering and equipment in mines[J]. Nonferrous Metallurgical Equipment, 2025, 39(4): 106-111.

利用矿山已有工程及设备情况下竖井提升系统方案研究

杨国强¹, 邓皓泽², 王会来³

(1. 中冶国际工程集团有限公司, 北京 100028; 2. 鞍钢集团矿业弓长岭有限公司井采分公司, 辽宁 辽宁 111000;
3. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

[摘要] 本文针对某矿山在其资源量减少、竖井井筒已施工及部分设备已订货的背景下,对如何优配竖井提升系统方案展开研究,以减少投资。通过对比分析原方案(2套独立提升系统+井塔布置)与3种拟选方案(单套提升系统+井塔式布置、单套提升系统+井架式布置、利用已订货设备单套提升系统+塔式布置)的技术参数、投资成本及优缺点,结果发现:原方案虽投资最高,但设备已就位、改造量小,提升能力充足,可稳定完成任务,风险最低;单套系统方案(方案一、二)虽降低投资,但需设备退订(违约金风险)、井筒改造,工期紧张且施工风险高;方案三虽投资最低,但提升能力不足,无法满足需求。综上,最终方案的选定需视各项项目的具体情况而定,依可靠性、生产稳定性与长期成本,本项目仍优选原方案。

[关键词] 竖井; 提升系统; 提升机; 井塔; 井架; 技术经济比较

[中图分类号] TD53

[文献标志码] A

[文章编号] 1003-8884(2025)04-0106-06

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2025.04.013

0 前言

竖井作为矿山开发中连接井上、井下的关键通道,承担着矿石、废石、人员、材料及设备的提升任务。因此,竖井提升系统选择的合理性对于矿山生产能力的直接影响极为重要。在竖井提升系统的选择过程中,涉及众多影响因素,诸如矿山规模、运输方式、矿井通风系统、具体提升任务等,一般应经过多种方案比较后确定^[1-5]。各种备选方案需综合考虑地质条件、采矿工艺、安全标准和投资成本。

某矿山生产规模为矿石 2 000 t/d,废石 500 t/d。工作制度为 330 d/a,每天 3 班,每班 8 h。矿山已有竖井井筒直径为 $\Phi 6.6$ m,井筒深度 927 m,已掘砌完成,各中段马头门、装矿皮带道、箕斗装矿硐室、井底粉矿回收道均已施工完成,井筒尚未安装。原设计竖井提升系统采用混合井提升,混合井内拟设 2 套提升系统:混合提升系统和副提升系统。

原设计混合提升系统和副提升系统的多绳摩擦式提升机、提升容器(包括 14 m³底卸式箕斗、交通罐、4 600 mm × 1 600 mm 双层罐笼、平衡锤)、设备安装及检修用吊钩桥式起重机、电梯、计重漏斗、矿石分配小车等主要设备已与供货厂家签订供货合同。由于矿山资源储量减少,为了节省投资,提出是否能够在已有的工程条件及满足矿山生产需求的情况下,尽量压缩投资。本文拟针对矿山部分工程已施工完成且部分设备已订货的情况下,对提升系统方案进行研究对比,并提出适合矿山实际情况的建议。

1 现有竖井提升系统设计方案

竖井提升系统采用混合井提升,设 2 套提升系统:混合提升系统和副提升系统。混合提升系统主要负责提升矿石和废石,罐笼主要作为平衡锤用,也作为竖井的安全提升设施之一。选用 JKM-4.5 × 4 (III)型多绳摩擦式提升机,塔式布置,刚性罐道,提

[收稿日期] 2025-03-06

[第一作者] 杨国强(1984—),男,北京市人,工程师,主要从事工程项目管理和企业管理相关工作。

升钢丝绳4根,尾绳3根。箕斗几何容积 14 m^3 ,一次有效提升量 19 t ,自重 24 t ,罐笼自重 33.5 t 。提升速度 8.48 m/s ,提升能力 176 t/h 。完成 $2\,500\text{ t/d}$ 矿、废石提升需要 14.2 h ,能够完成矿废石提升任务。低速直联电机拖动,电机功率 $1\,250\text{ kW}$ 。

副提升系统主要负责人员、材料及设备的运输任务。井筒内配置1个 $4\,600\text{ mm}\times 1\,600\text{ mm}$ 的双层罐笼,刚性罐道。1次最多可提升70人,每层35人。罐笼自重 14 t ,最大载重 10 t 。平衡锤自重 19 t 。罐笼提升系统提升的大件设备为 7 t 电机车和重量约 9 t 的设备大件。选用JKM-3.25 $\times 4$ (I)型多绳摩擦式提升机,塔式布置,刚性罐道。提升速度 6.95 m/s 。电机功率 522 kW 。

本方案设备均已订货。

2 提升系统拟选方案

针对矿山现状,提出以下3种提升系统拟选方案:①单套提升系统+井塔式布置;②单套提升系统+井架式布置;③利用已订货设备单套提升系统+塔式布置。

2.1 方案一:单套提升系统+井塔式布置

2.1.1 主要参数

竖井提升系统采用混合井提升,混合井内设1套提升系统:箕斗罐笼互为平衡提升系统,选用JKM-4.5 $\times 4$ (III)型多绳摩擦式提升机,塔式布置,刚性罐道,提升钢丝绳4根,尾绳3根。箕斗几何容积 14 m^3 ,1次有效提升量 19 t ,自重 24 t ;罐笼为 $4\,600\text{ mm}\times 1\,600\text{ mm}$ 的双层罐笼,1次最多可提升70人,每层35人,罐笼最大载重 10 t ,正常载重 7 t ,自重 30 t ,罐笼的提升载荷超过 7 t 时,要相应减少罐笼内的配重。提升速度 10.6 m/s 。提升系统作为主井提升矿、废石时,提升能力 209 t/h ,完成 $2\,500\text{ t/d}$ 矿、废石提升需要 12 h ,能够完成矿废石提升任务。作为副井提升人员、设备、材料时,最高服务水平为井口,最低服务水平为皮带道水平。低速直联电机拖动,电机功率 $1\,800\text{ kW}$,转速 45 r/min 。

2.1.2 改造内容

由于混合井筒、各中段马头门、装矿皮带道及箕斗装矿硐室已施工完成,需对箕斗装矿硐室进行移位改造,同时在井筒内增加设置梯子间。已订货设备中,低速直流直联电机需重新订货;JKM-4.5 $\times 4$ (III)型多绳摩擦式提升机,因提升机电机功率变

大,已定货提升机主轴能否与 $1\,800\text{ kW}$ 电机配合需供货厂家核实; 14 m^3 底卸式箕斗,首绳悬挂方向与方案一不同,需与供货厂家协商调整; $4\,600\text{ mm}\times 1\,600\text{ mm}$ 双层罐笼、电梯、吊钩桥式起重机均需修改订货参数,重新订货;矿山已订货设备JKM-3.25 $\times 4$ (I)型多绳摩擦式提升机、电机、交通罐、平衡锤不再使用,需要退货,由此会产生违约损失。

2.2 方案二:单套提升系统+井架式布置

方案二混合井井筒配置与方案一混合井井筒配置相同。混合井内设1套提升系统:箕斗罐笼互为平衡提升系统。与方案一不同点为:选用JKMD-4.5 $\times 4$ (III)型落地多绳摩擦式提升机,提绳容器首绳间距 350 mm ,提升机也需重新订货。落地式布置,混合井井口采用钢结构井架,刚性罐道。

2.3 方案三:单套提升系统利用已订货设备+塔式布置

2.3.1 主要参数

矿山现混合提升系统JKM-4.5 $\times 4$ (III)型多绳摩擦式提升机、低速直联电机($1\,250\text{ kW}$, 36 r/min)、 14 m^3 底卸式箕斗、交通罐和副提升系统JKM-3.25 $\times 4$ (I)型多绳摩擦式提升机、电机、 $4\,600\text{ mm}\times 1\,600\text{ mm}$ 的双层罐笼、平衡锤已定货。按照尽量利用已订货提升机和电机且在混合井内设1套提升系统的原则,配置混合提升系统。

竖井提升系统采用混合提升方式,混合井内设1套提升系统:箕斗罐笼互为平衡,刚性罐道,选用JKM-4.5 $\times 4$ (III)型塔式多绳摩擦提升机,塔式布置,提升钢丝绳4根,尾绳3根。箕斗几何容积 14 m^3 ,一次有效提升量 19 t ,自重 24 t 箕斗首绳悬挂方向需调整;罐笼为 $4\,600\text{ mm}\times 1\,600\text{ mm}$ 的双层罐笼,一次最多可提升70人,每层35人,罐笼最大载重 10 t ,正常载重 7 t ,自重 28.25 t ,罐笼需重新订货,罐笼的提升载荷超过 7 t 时,要相应减少罐笼内的配重,提升速度 8.48 m/s 。低速直联电机拖动,电机功率 $1\,250\text{ kW}$,转速 36 r/min ,提升能力 176 t/h 。完成 $2\,500\text{ t/d}$ 矿、废石提升需要 14.2 h 。该混合提升系统不能够完成矿、废石提升任务。罐笼提升人员、设备及材料时,最高服务水平为井口,最低服务水平为皮带道水平。

2.3.2 改造内容

由于混合井筒、各中段马头门、装矿皮带道及箕斗装矿硐室已施工完成,需对箕斗装矿硐室进行移

位改造,同时在井筒内增加梯子间。已订货设备需要调整:①14 m³底卸式箕斗首绳悬挂方向需调整;②4 600 mm × 1 600 mm 双层罐笼、电梯、55/10 t 吊钩桥式起重机均需修改订货参数,重新订货;③JKM-3.25 × 4(I)型多绳摩擦式提升机、电机、交

通罐、平衡锤不再需要。

3 方案比较与分析

3.1 主要技术参数

各方案提升系统主要技术参数见表1。

表1 各方案提升系统主要技术参数^[6]
Table 1 Key technical specifications table for various hoist system solutions^[6]

内容	主要参数				
	原方案		方案一	方案二	方案三
最大提升高度/m	935	877	935	935	935
提升速度/(m·s ⁻¹)	8.48	6.95	10.6	10.6	8.48
提升任务	矿废石、人员	人员、材料、设备	矿废石、人员、材料设备	矿废石、人员、材料设备	矿废石、人员、材料设备
提升方式	箕斗罐笼提升	双层罐笼平衡锤	箕斗罐笼提升	箕斗罐笼提升	箕斗-罐笼提升
箕斗容积/m ³	14		14	14	14
箕斗质量/t	24		24	24	24
箕斗载量/t	19		19	19	19
罐笼质量/t	33.5	14	30	30	30
罐笼正常载重/t	0.7	10	7	7	7
罐笼最大载重/t			10	10	10
罐笼最多1次提人/人	8	70	70	70	70
提升机型号	JKM-4.5 × 4(Ⅲ)	JKM-3.25 × 4(I)	JKM-4.5 × 4(Ⅲ)	JKMD-4.5 × 4(Ⅲ)	JKM-4.5 × 4(Ⅲ)
卷筒直径/m	4.5	3.25	4.5	4.5	4.5
导向轮直径/m	4.5	3.25	4.5	4.5	4.5
首绳间距/mm	300	300	300	350	300
功率/kW	1 250	522	1 800	1 800	1 250
最大提升速度/(m·s ⁻¹)	8.48	6.95	10.6	10.6	8.48
小时提升能力/(t·h ⁻¹)	176		209	209	176

3.2 工作内容

原方案利用矿山已订货设备;方案一需对电机重新订货,井筒内增加梯子间,对马头门及箕斗装矿硐室进行移位改造,同时JKM-3.25 × 4(I)型多绳摩擦式提升机、电机、交通罐、平衡锤不再需要;方案二提升机需重新订货,井筒内增加梯子间,对马头门及箕斗装矿硐室进行移位改造,同时JKM-3.25 × 4(I)型多绳摩擦式提升机、电机、交通罐、平衡锤不再需要;方案三利用已订货提升机,井筒内增加梯子间,对马头门及箕斗装矿硐室进行移位改造,同时JKM-3.25 × 4(I)型多绳摩擦式提升机、电机、交通

罐、平衡锤不再需要。

4个方案主要变化工作内容详见表2。

3.3 投资对比

根据以上4个方案的工作内容,原方案总投资最高,方案三总投资最低。4个方案的投资对比详见表3。

3.4 小结

原方案:优点为设备变动最小,改造工程量最小;缺点为投资最高,施工周期长。方案一:优点为投资较低,塔式布置占地面积小;缺点为矿、废石提升与人员材料分时提升,提升能力相对紧张,竖井内

表2 各方案主要变化工作内容

Table 2 Key changes and work items table for various solutions

项目	工作内容
原方案	利用矿山已订货设备
	①电机重新订货； ②核实订货提升机主轴能否与1 800 kW 电机配合,如不能需重新订货； ③提升容器首绳悬挂装置需改变方向；
方案一	④在井筒内增加梯子间； ⑤更改马头门方向,箕斗装矿硐室移位改造； ⑥罐笼、电梯、55/10 t 吊钩桥式起重机均需修改订货参数重新订货； ⑦JKM-3.25×4(I)型多绳摩擦式提升机、电机、交通罐、平衡锤不再需要
方案二	①提升机电机重新订货； ②提升容器首绳悬挂装置需改变方向及调整首绳间距； ③在井筒内增加梯子间； ④更改马头门方向,箕斗装矿硐室移位改造； ⑤罐笼、55/10 t 吊钩桥式起重机均需修改订货参数重新订货； ⑥JKM-3.25×4(I)型多绳摩擦式提升机、电机、交通罐、平衡锤、电梯不再需要
方案三	①14 m ³ 底卸式箕斗首绳悬挂方向需调整； ②4 600 mm×1 600 mm 双层罐笼、电梯、55/10 t 吊钩桥式起重机均需修改订货参数,重新订货； ③在井筒内增加梯子间； ④更改马头门方向,箕斗装矿硐室移位改造； ⑤JKM-3.25×4(I)型多绳摩擦式提升机、电机、交通罐、平衡锤不再需要

表3 各方案投资估算

Table 3 Investment estimates for each scheme

万元

项目	竖井建设及 装备	机电设备	土建工程	合计
原方案	6 451	2 584	1 600	10 635
方案一	6 741	2 096	1 159	9 996
方案二	6 741	2 212	1 050	10 003
方案三	6 741	1 829	1 159	9 729

已施工的部分工程需要改造或重新施工,井筒内施工困难,措施费用及不可预见因素较多。方案二:优点为投资较低,井架和提升机房可同时施工,施工周期短;缺点为矿、废石提升与人员材料分时提升,提升能力相对紧张,竖井内已施工的部分工程需要改造或重新施工,钢结构井架在使用中维护工作量大,检修天轮,人员上下检修不方便,受天气影响大,占地面积大。方案三:优点为投资最低,主要设备不需要重新订货,降低了重新订货的违约损失;缺点为矿、废石提升与人员材料分时提升,提升能力小,不

能完成提升任务,方案不可行。4个方案优缺点对比详见表4。

4 结论

针对某矿山因资源储量减少需重新匹配竖井提升系统的需求,通过对原方案与3种拟选方案的技术经济性对比分析,得出以下结论。

1)原方案(2套独立系统)。

优势:技术可靠性高,提升能力充足(176 t/h),完全满足矿石与废石每日2 500 t的运输需求(完成时间14.2 h)。设备已订货、改造工程量小,风险可控,且2套系统独立运行,生产组织灵活,运维稳定性强。

劣势:总投资最高(10 635万元),施工周期长。

2)单套系统拟选方案(方案一、二)。

优势:可降低投资至9 996万~10 003万元,井架式布置(方案二)施工周期最短。

劣势:需分时提升矿石与人员材料,能力紧张(任务时间12 h),改造风险显著(如井筒硐室移位、设备退货违约金),钢结构井架(方案二)运维复杂

表 4 各方案优缺点对比表

Table 4 Comparison of advantages and disadvantages for each scheme

项目	优点	缺点
原方案	<ul style="list-style-type: none"> ①设 2 套独立提升系统,主井提升系统能力大,生产组织灵活; ②主要设备均已订货,不需要重新订货或退货,可直接开展下一步工程设计工作; ③对竖井内改造工程量小,措施费及不可预见因素相对较少; ④塔式布置占地面积小; ⑤全部设备均安装在室内,人员检修操控均在室内,受天气影响小; ⑥井塔楼内安装有电梯,人员上下方便 	<ul style="list-style-type: none"> ①投资最高; ②井塔施工周期长
方案一	<ul style="list-style-type: none"> ①投资较低; ②塔式布置占地面积小; ③全部设备均安装在室内,人员检修操控均在室内,受天气影响小; ④井塔楼内安装有电梯,人员上下方便 	<ul style="list-style-type: none"> ①布置 1 套混合提升系统,矿、废石提升与人员材料分时提升,提升能力相对紧张; ②井塔施工周期长; ③部分设备需要重新订货或修改订货参数,重新订货后才能进入施工图段设计,涉及违约金及相关合同问题; ④竖井内已施工的部分工程需要改造或重新施工,井筒内施工困难,措施费用及不可预见因素较多
方案二	<ul style="list-style-type: none"> ①投资较低; ②井架和提升机房可同时施工,施工周期最短 	<ul style="list-style-type: none"> ①布置 1 套混合提升系统,矿、废石提升与人员材料分时提升,提升能力相对紧张; ②钢结构井架在使用中维护工作量大; ③占地面积大,除井架占用井口位置外,提升机房及附属配电、通风均需要占用场地; ④检修天轮,人员上下检修不方便,受天气影响大
方案三	<ul style="list-style-type: none"> ①投资最低; ②塔式布置占地面积小; ③全部设备均安装在室内,人员检修操控均在室内,受天气影响小; ④井塔楼内安装有电梯,人员上下方便; ⑤主要设备不需要重新订货,降低了重新订货的违约损失 	<ul style="list-style-type: none"> ①布置 1 套混合提升系统,矿、废石提升与人员材料分时提升,提升能力小,不能完成提升任务,方案不可行; ②井塔施工周期长; ③部分设备需要重新订货或修改订货参数,重新订货后才能进入施工图段设计,涉及违约金及相关合同问题; ④竖井内已施工的部分工程需要改造或重新施工,井筒内施工困难

且受环境影响大。

3) 方案三(复用已订货设备)。

虽投资最低(9 729 万元),但提升能力无法满足单套系统下矿、废石与人员材料的分时运输需求。

综合以上对比分析,基于生产稳定性、风险可控性,该项目推荐维持原设计方案。各项目考虑的因素不同,需根据具体情况来选定具体方案。此外,矿

山建设时前期基础工作需准备充分,以避免发生文中类似情况;建议设备采购合同中可设置灵活条款(如参数调整余量等),以应对变化及减少违约风险。

[参考文献]

[1] 王悦. 某金矿竖井提升系统改造设计[J]. 有色矿冶, 2024,40(2):16-19.

- [2] 王会来,于兆清. 矿山竖井提升系统技术改造方案研究[J]. 有色设备,2021,35(3):79-83.
- [3] 吕芳飞. 建井期间竖井多中段提升施工方案研究[J]. 有色设备,2020,34(6):27-31.
- [4] 李广,史志远,余洪伟. 金属矿山深井大规模提升关键技术装备进展与发展趋势[J]. 矿业研究与开发,2024,44(9):1-8.
- [5] 李浩宇,徐长磊,韩瑞军,等. 千万吨级主井高速大载重提升技术研究与应用[J]. 中国矿山工程,2024,53(1):53-59.
- [6] 采矿设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1988.

Research on comparison of vertical shaft lifting system scheme using existing engineering and equipment in mines

YANG Guoqiang¹, DENG Haoze², WANG Huilai³

(1. MCC International Incorporation Ltd., Beijing 100028, China;

2. Ansteel Group Mining Gongchangling Jingxiakuang, Liaoning 111000, China;

3. China ENFI Engineering Corporation, Beijing 100038, China)

Abstract: The study focuses on selecting the shaft hoisting system for a mining operation facing reduced resource reserves, with the shaft already constructed and partial equipment ordered, aiming to minimize investment. By comparing the original design (two independent hoisting systems with tower arrangement) against three optional solutions, i. e., single hoisting system with tower layout, single system with headframe layout, and single system utilizing pre-ordered equipment with tower layout. The study evaluates their technical parameters, investment costs, advantages, and disadvantages. Key findings reveal that while the original design involves the highest investment, it benefits from ready-to-use equipment, minimal retrofitting, sufficient hoisting capacity to reliably meet production targets, and the lowest risk. Although single-system options (Options 1 and 2) reduce investment, they entail equipment cancellation (with penalty risks), shaft retrofitting, tight operational capacity, and elevated construction risks. Option 3, despite having the lowest investment, fails to meet demand due to inadequate hoisting capacity. Considering reliability, production stability, and long-term costs, the original design is recommended as the optimal solution.

Keywords: shaft; hoisting system; hoister; tower; derrick; technical-economic comparison

