

贵州纳雍县赣兴煤业可采煤层资源储量精细估算研究

孙 阳

贵州赣兴煤业, 贵州 毕节

收稿日期: 2026年4月18日; 录用日期: 2026年7月15日; 发布日期: 2026年9月10日

摘 要

针对贵州纳雍县赣兴煤业地质条件复杂、储量核算精度受限现状, 开展可采煤层资源储量精细化估算研究。通过对矿区上二叠统龙潭组含煤地层进行精细划分, 确立以C₃₀、C₃₁及C₃₂为主采煤层的层序架构。应用地质块段法建立三维几何估算模型, 引入产状修正系数与容重加权算法, 实现从水平投影面积向真实赋存斜面积精准转换。研究揭示了煤层在向斜轴部与翼部分布规律, 提出多因子动态核算体系, 为矿井深部开拓规划与产能接续提供量化依据, 有效提升矿产资源评价的科学性。

关键词

赣兴煤业, 龙潭组, 可采煤层, 资源储量, 精细估算

A Study on the Refined Estimation of Minalbe Coal Seam Reserves in Ganxing Coal Mine, Nayong County, Guizhou Province

Yang Sun

Ganxing Coal Mine, Bijie Guizhou

Received: April 18, 2026; accepted: July 15, 2026; published: September 10, 2026

Abstract

Addressing the complex geological conditions and limited accuracy of reserve calculation at Ganxing Coal Mine in Nayong County, Guizhou Province, this study conducts a refined estimation of minable

文章引用: 孙阳. 贵州纳雍县赣兴煤业可采煤层资源储量精细估算研究[J]. 矿山工程, 2026, 14(5): 1249-1256.

DOI: 10.12677/me.2026.145123

coal seam reserves. By finely dividing the coal-bearing strata of the Upper Permian Longtan Formation in the mining area, a sequence stratigraphic framework with C₃₀, C₃₁, and C₃₂ as the main mining seams was established. A three-dimensional geometric estimation model was established using the geological block method, and an occurrence correction coefficient and bulk density weighted algorithm were introduced to achieve accurate conversion from horizontal projected area to actual oblique area. The study reveals the distribution patterns of coal seams in the syncline axis and limbs, and proposes a multi-factor dynamic accounting system, providing a quantitative basis for deep mine development planning and production capacity continuity, effectively improving the scientific nature of mineral resource evaluation.

Keywords

Ganxing Coal Mine, Longtan Formation, Minable Coal Seam, Resource Reserves, Refined Estimation

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

资源储量估算是煤矿生产规划与产能接续的核心基础，其核算精度直接影响矿井的服务年限与资源开发效率。随着煤矿智能化发展进程加快，贵州纳雍等复杂地质条件下的矿井，传统储量估算方法普遍存在依赖二维平面投影、厚度参数突变、无法动态反映真实赋存形态等问题，已无法满足现代矿井对精细化管理和精准开采的高要求。近年来，国内外学者对煤矿资源储量估算及三维地质建模技术进行了多方面探索。李青松[1]运用三维可视化及其建模方法替代传统二维分析，直观展示了大阳泉煤矿的地质状况与矿体形态，验证了三维地质模型估算数据的科学性与可靠性。冯子健[2]基于 Delaunay 三角剖分与曲面样条插值模型，利用 Python 与 OpenGL 实现了煤层厚度变化的交互式三维可视化与储量自动计算。王笠[3]则采用地质块段法，根据工业指标并结合南江煤矿地质特征确定了估算范围与块段参数，为矿井开采提供了精准的依据。这些研究在储量估算精度优化与三维可视化方面提供了有益参考，但仍存在以下不足：其一，传统地质块段法多采用静态均值处理，尚未实现针对复杂应力场下多煤层、厚度突变区域的产状动态校正与自适应插值；其二，已有研究更多聚焦于纯几何体积的数学分割，缺乏结合构造破碎带及勘探程度差异进行“可靠性系数”动态补偿的整体性设计；其三，关于现场厚度异常点平滑与资源量分类(探明、控制、推断)的系统性研究较少，难以完全指导复杂井下环境下的中长期开拓规划。基于此，本文以贵州纳雍县赣兴煤业可采煤层为研究对象，首次提出“地质块段化 + 产状动态化 + 参数标准化”的一体化集成思路：在硬件与数据层面构建覆盖全区钻孔与巷道数据的三维几何网格；在软件与计算层面利用距离倒数加权与余弦函数实现多参数融合的产状校正与厚度异常平滑；在工程应用层面建立标准化校准流程，严格对照国家标准进行资源量分类核算。研究通过现场剖面实测与连续数据拟合，对系统计算精度、厚度变异系数与深部增储潜力进行评估，最终构建一套可推广的高效复杂地质条件下资源储量精细化估算技术体系。

2. 研究区域概况

2.1. 矿区概况

赣兴煤业位于贵州省纳雍县境内，地处黔西煤炭资源富集带核心区域，其群力煤矿综合采掘工程平

面见图 1。矿区构造位属于扬子陆块大娄山褶皱带与盘县 - 六盘水向斜群交汇地带。区内地形起伏剧烈，多表现为侵蚀溶蚀中山地貌特征，海拔范围处于 1200 m 至 2000 m 区间。矿区交通网络较发达，通过地方公路网直通干线铁路与高速公路。采矿权证面积确切，四至界限清晰，具备长期稳定开发的技术支撑条件。矿井设计生产规模与服务年限经过专业论证，采掘接替关系明确。纳雍县优越的资源禀赋为矿井提质增效奠定坚实基础。矿井建设符合国家产业政策，对带动地方经济增长具有积极意义。

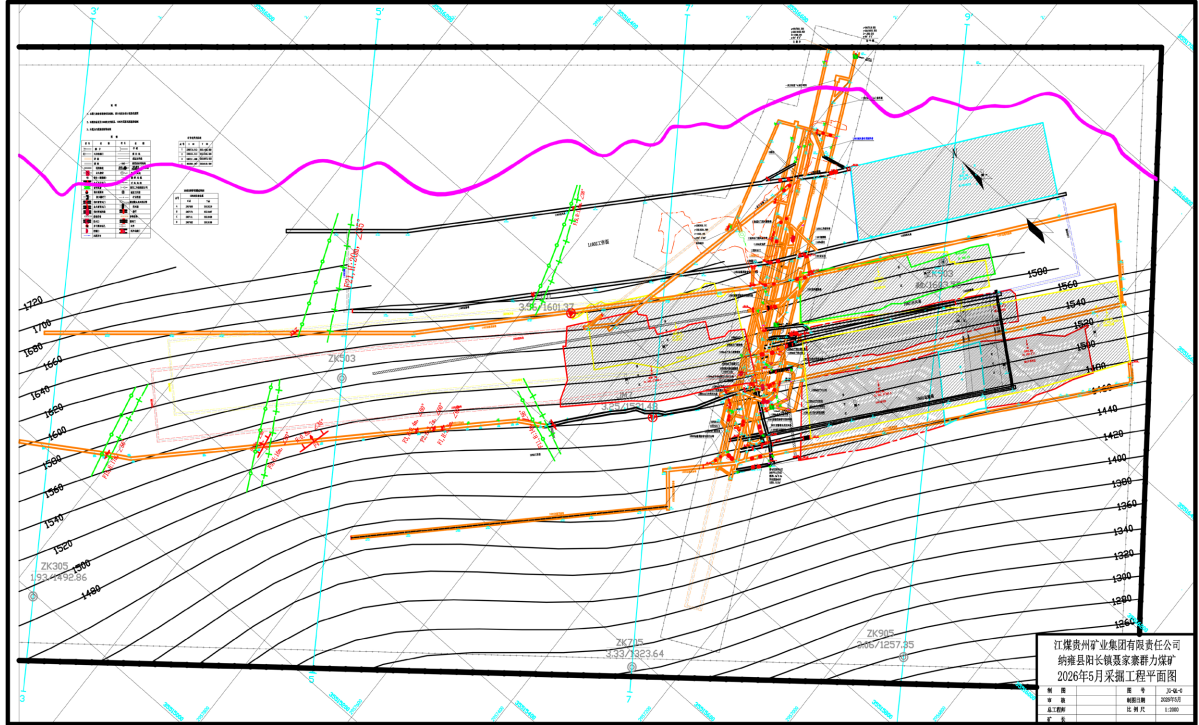


Figure 1. Project plan
图 1. 工程平面图

2.2. 矿区地层层序

矿区含煤地层龙潭组(P_{3l})的层序架构及主采煤层位关系见图 2。矿区内地层序列发育完整，地表出露至井下揭露层位涵盖二叠系、三叠系及第四系。底层单元为中二叠统茅口组(P_{2m})，主体岩性呈现浅灰色厚层块状灰岩特征。其上承托上二叠统峨眉山玄武岩组($P_{3\beta}$)，岩相以灰绿色及深灰色气孔状、杏仁状玄武岩为主，构成含煤沉积体系的基底。含煤主体单元上二叠统龙潭组(P_{3l})与峨眉山玄武岩呈假整合接触，内部构造由砂岩、粉砂岩、泥岩及多层煤层构成。序列顶部衔接长兴组(P_{3c})含礁灰岩段，并最终过渡至三叠系飞仙关组(T_{1f})碎屑岩层。各组段界限分明，接触关系稳定。

2.3. 煤系地层精细划分

龙潭组含煤地层划分为三个主岩性段，各段标志层清晰。下段(P_3^I)底部标志层为杂色凝灰质泥岩，紧邻峨眉山玄武岩组分布。此段主要赋存 C_{30} 、 C_{31} 、 C_{32} 等核心可采煤层。 C_{32} 煤层作为底界煤层，平均厚度维持在 1 m 左右，结构相对简单。中段(P_3^{II})呈现砂岩与粉砂质泥岩频繁交替特征，夹持多层薄煤层及煤线。上段(P_3^{III})顶部过渡为长兴组灰岩。岩相演化规律显示，底部至中部区域属于聚煤高峰期，煤层累计厚度大，层位连续性强。精细划分成果为后续资源量块段划分提供空间基准。

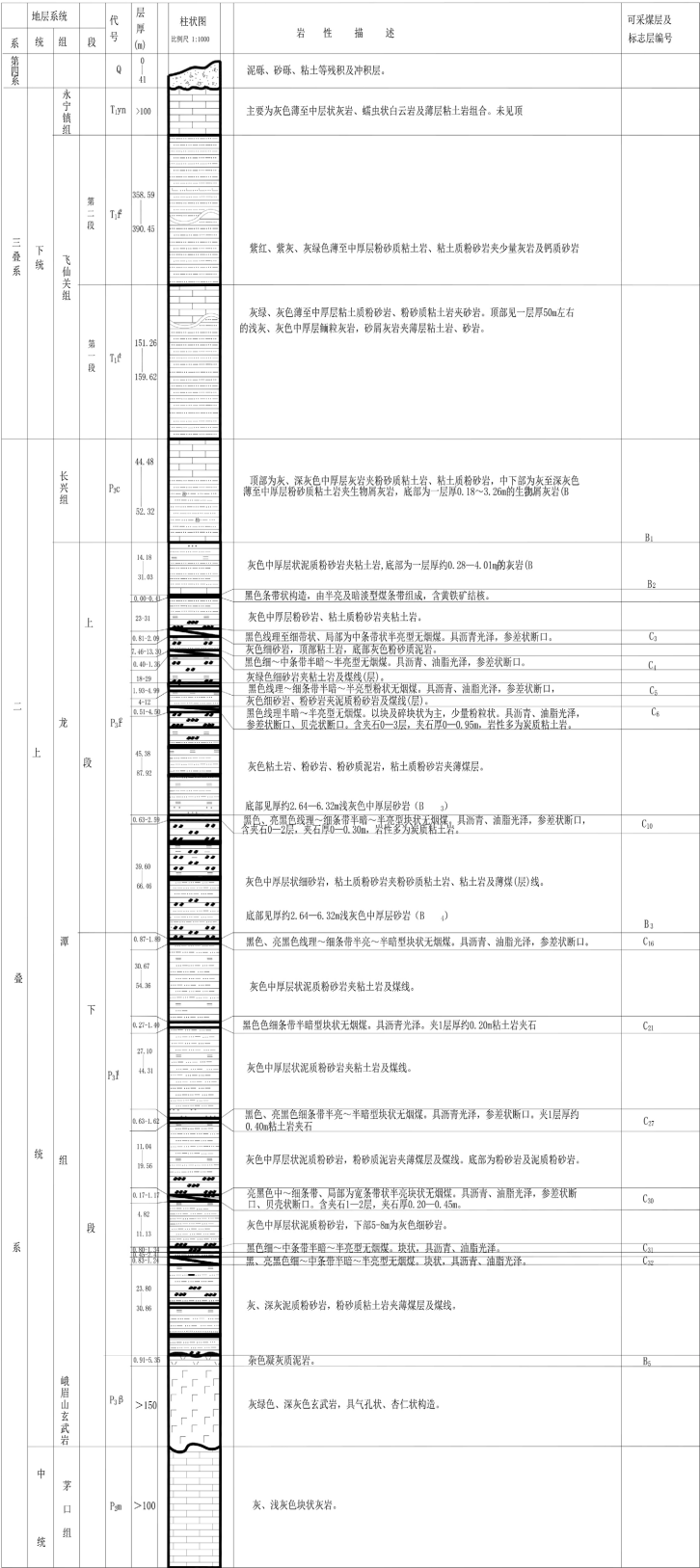


Figure 2. Comprehensive geological columnar section
图 2. 综合地质柱状图

3. 可采煤层赋存特征

3.1. 煤层层数及厚度分布

赣兴煤业含煤地层发育程度极高，聚煤作用主要集中于上二叠统龙潭组。区内揭露煤层总数达三十余层，可采及局部可采煤层主要分布于龙潭组下段及中段空间。其中，C₃₀、C₃₁及C₃₂煤层表现为厚度较大且层位稳定的核心特征。C₃₂煤层处于龙潭组底界标志层上方约20 m层位，真厚度区间位于0.83 m至1.24 m，均厚约1.05 m，结构多表现为简单型，偶见少量泥质夹石。C₃₁煤层紧邻其上发育，层间距保持在5 m左右，厚度波动幅度处于0.80 m至1.34 m范围，平均厚度达到1.10 m，属于稳定可采层位。C₃₀煤层呈现薄至中厚特征，厚度变化处于0.17 m至1.17 m区间，平均厚度约0.65 m。从地层纵向分布规律观察，由龙潭组底部向中部演化过程中，煤层层数逐渐加密，累计厚度呈现增加趋势。

3.2. 煤层稳定性与连续性

矿区范围内可采煤层整体走向表现为北东向展布，倾向指向北西方向，煤层倾角多处于15度至25度区间。主采煤层C₃₁与C₃₂在矿权范围内展现出极强的空间连续性，地质构造形态对煤层赋存状态起到决定性控制作用。由于受沉积环境稳定性影响，煤层在走向与倾向方向的延伸长度超过数千米，未见大规模沉积间断或原生缺失现象。煤层内部结构以简单型为主，局部区域虽然存在泥质粉砂岩夹石，但对整体开采作业影响程度较低。受构造应力场挤压作用，煤层在褶皱两翼位置表现为厚度均匀，而在向斜轴部附近呈现微弱增厚特征。煤层顶底板岩性多为泥质粉砂岩及细砂岩，力学强度适中，有利于维持采场顶板稳定性。根据矿井剖面实测数据分析，煤层厚度变异系数较小，属于典型稳定性煤层。

4. 资源储量精细估算模型

4.1. 块段划分与煤层厚度提取

储量估算首要程序在于将矿井复杂地质体剖分为具备几何规则性的统计单元。依据地质综合柱状图揭露的C₃₀、C₃₁及C₃₂煤层层位分布特征，块段划分逻辑严格遵循勘探线走向、断层构造边界以及煤层等厚线交汇规律。针对一采区矿井剖面图展示+1380 m水平以上区域，划定独立评价模块，确保各块段内部煤层倾角与沉积厚度保持相对一致。在此基础上，煤层真厚度的参数提取必须剔除不可采薄层及超过0.05 m泥质夹石层，通过对块段内所有钻孔及巷道实测点实施权重分配，建立基于距离倒数加权的厚度确定模型。厚度计算如式(1)：

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n (M_i \cdot w_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (1)$$

式中： $\bar{M}$ 为目标块段加权平均真厚度， M_i 为第*i*个实测点位扣除夹石后的净煤厚度， w_i 为对应点位影响力权重因子，*n*为参与运算离散采样点总数。

对主采煤层局部厚度突变区域平滑处理，采用“拉依达准则(3 σ 准则)”识别厚度异常点，即当单点厚度偏离块段均值超过3倍标准差时，判定为异常点并利用周边4~6个控制点的加权平均值进行平滑置换[4][5]。针对一采区+1380 m水平以上的典型赋存特征，建立的地质剖面如图3所示。

4.2. 储量计算与可靠性校正

资源储量最终量化不仅依赖于静态几何参数的累加，更需融入产状修正与密度补偿动态运算逻辑。利用矿井剖面图中反映煤层倾斜延伸特性，通过余弦函数将矿图上水平投影面积转换为煤层真实展布面积。针对纳雍县龙潭组煤炭高灰、高硫的赋存特点，容重参数的选取必须经过实验室对干基容量多轮标

定, 取其加权平均值作为质量换算常数。在此物理架构下, 构建资源储量精细核算核心数学模型如式(2):

$$Q = (S_{proj} \cdot \sec \alpha) \times \bar{M} \times \bar{D} \times k \quad (2)$$

式中: Q 为块段内最终核算资源储量总和, S_{proj} 为矿井平面图中测算所得的水平投影面积, α 为煤层平均真倾角, $\bar{M}$ 为前述步骤确立的平均真厚度, $\bar{D}$ 为煤层加权平均容重, k 为针对构造破碎带及勘探程度差异设定可靠性系数[6]。

变量确定标准如下：厚度参数 M_i 采用距离倒数加权法提取，计算时需严格剔除单层厚度超过 0.05 m 的泥质夹石，以确保净煤厚度的准确性。容重参数 D_i 以实验室干基容量测试值为基准，结合块段内不同灰分分布进行加权取值。可靠性系数 k_i 的设定严格对应勘探工程的控制程度：针对巷道揭露且钻孔间距达探明标准的区域， k_i 取值 0.95~1.0；针对仅有钻孔控制且间距符合控制标准的区域， k_i 取值 0.85~0.95；对于处于断层影响带边缘或仅有稀疏工程控制的推断区域，考虑赋存波动风险， k_i 设定在 0.7~0.85 之间。核算流程通过分段积分与系数动态补偿，完成空间体积向实测质量属性的转化。

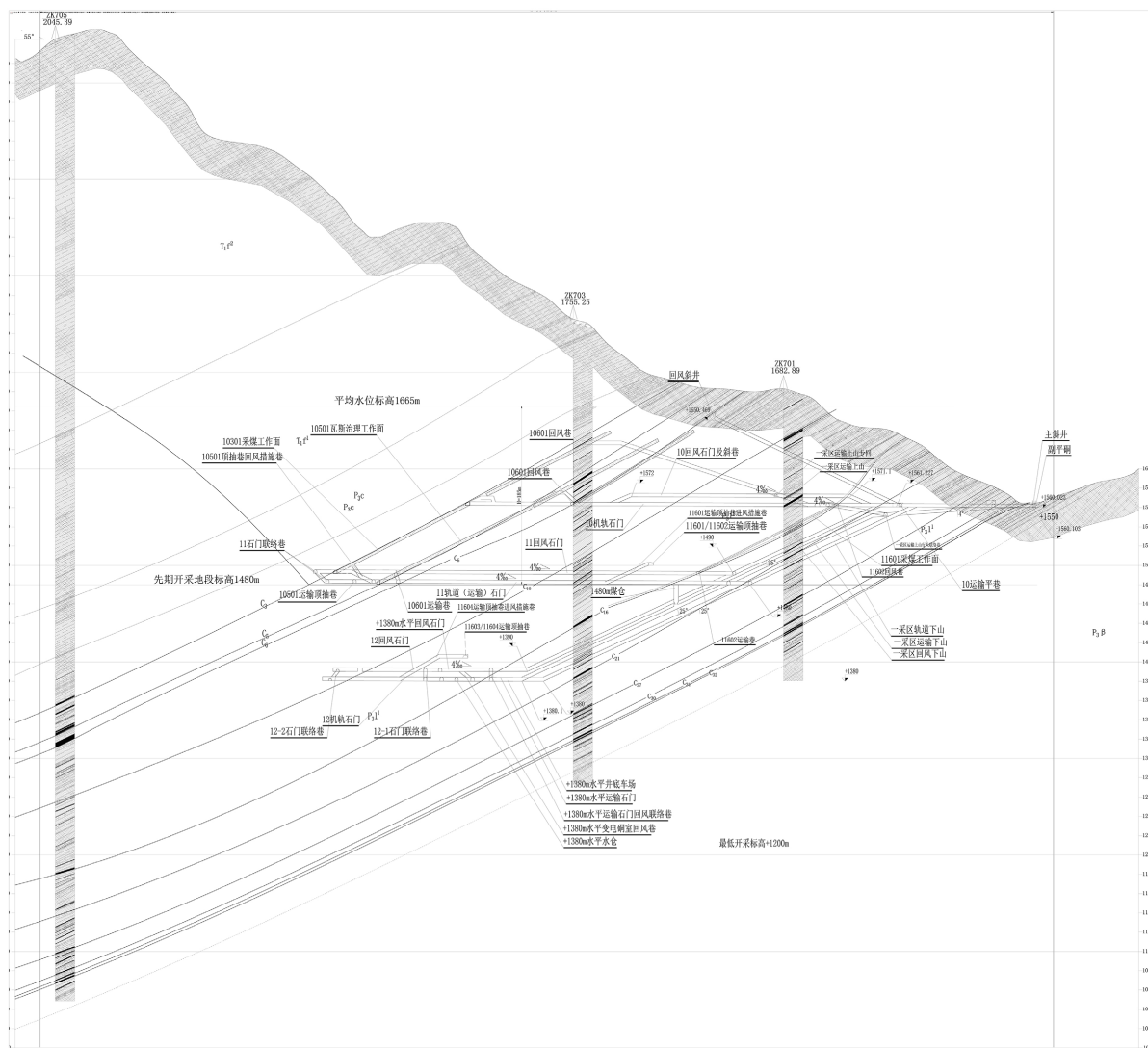


Figure 3. Geological profile
图 3. 地质剖面图

5. 估算结果与潜力分析

5.1. 资源储量核算结果分析

通过对赣兴煤业龙潭组主采煤层实施分块段精细化估算，最终获取了矿井范围内可采资源的空间分布底数。核算结果清晰反映出 C₃₁ 与 C₃₂ 煤层作为矿井产能的核心基石，其合计资源储量占总量的 83.4%。估算过程深度结合了地质剖面图中揭示的+1380 m 水平以上赋存状态，确保了计算数据具备极高的工程参考价值。

在空间展布上，主采煤层表现出强烈的构造规律性。受向斜构造控制，煤层累计厚度在向斜轴部附近达到峰值，向翼部逐渐趋于稳定，整体厚度变异系数维持在较低水平。由于矿区构造相对简单且断裂发育有限，资源量块段归属边界极为明确，为后续采区划分与采煤工作面的精确定位提供了量化支撑。

依据《固体矿产资源储量分类》(GB/T 17766-2020)¹及《矿产地质勘查规范 煤》(DZ/T 0215-2020)²，本次核算按照勘探工程控制程度对资源量进行了严谨的分级统计(见表 1)。

Table 1. Detailed estimation statistics of resource reserves of each main coal seam of Ganxing coal industry
表 1. 赣兴煤业各主采煤层资源储量精细化估算统计

煤层编号	块段斜面积(10 ⁴ m ²)	平均真厚度(m)	资源量类别	资源量估算值(10 ⁴ t)
C ₃₀	142.50	0.65	推断(Inferred)	146.35
C ₃₁	105.00	1.10	探明(Measured)	187.11
	110.80	1.10	控制(Indicated)	197.45
C ₃₂	98.40	1.05	探明(Measured)	165.23
	110.00	1.05	控制(Indicated)	184.88
合计	566.70	-	-	881.02

分析表 1 数据可知，经过产状修正与可靠性校准后，全矿井资源量精度显著提升。探明资源量与控制资源量合计占比达到 83.4%，主要集中在巷道揭露充分与勘探线控制严密的一采区核心地带。与传统二维平面投影法相比，本研究通过引入 k 系数与 sec α 修正，有效剔除了由地层起伏引起的几何偏差。这种基于工程控制程度的分类结果，不仅客观反映了资源底数，更显示出矿井具备良好的生产规模调节空间与长期稳产基础。

5.2. 资源潜力评价与深部开拓预测

在当前已核实资源基础之上，矿井深部及周边边际区域仍具备可观增储潜力。根据一采区矿井剖面图所示，最低开采标高+1200 m 以下未查明空间，由于含煤地层龙潭组沉积环境具有极强稳定性与连续性，推断其下伏地层中仍赋存有相当规模深部接替资源。此外，龙潭组中段分布多层薄煤层虽然受限于当前开采技术条件导致暂时未能纳入主采计划，但在综合机械化采煤工艺不断迭代升级背景下，未来可作为矿井长远发展战略储备资源进行有计划勘探与综合利用。潜力分析显示，通过对深部勘探盲区实施补充钻探工程，有望实现资源储量等级从推断向控制等级向上转化，从而显著延长矿井安全服务年限并

¹<https://std.cgs.gov.cn/webfile/upload/2025/03-12/04-42-190584170463098.pdf>
²<https://std.cgs.gov.cn/content/224>

提升资产评估价值。表 2 对不同置信类别下资源储备结构进行归纳，揭示出矿井资源储备稳健性。针对不同赋存深度煤层，建议采取分阶段、分水平滚动开发策略，确保资源采出率达到最优化水平。

Table 2. Classification of resource potential and forecast of reserve increase in Ganxing coal mine
表 2. 赣兴煤业资源潜力分类及增储预测表

潜力类别	估算依据	涉及层位	预测增储系数	预计新增资源量(10 ⁴ t)
深部延伸区	+1200 m 标高以下	P ₃₁ 全段	0.45	396.46
构造边际区	勘探边界外扩	C ₃₁ , C ₃₂	0.15	132.15
薄煤层资源	龙潭组中段	薄煤层组	0.12	105.72
潜力总计	-	-	-	634.33

6. 结语

研究构建的“产状修正 - 可靠性校准”耦合模型，显著提升了复杂地质条件下煤炭资源估算的精准度。通过正割函数对倾斜煤层进行的几何补偿，有效解决了传统二维投影法中面积亏损的共性问题，使核算结果更贴合真实赋存状态。同时，可靠性系数 k 的动态引入，针对性地对冲了断层破碎带及勘探盲区带来的不确定性偏差，实现从“理论几何计算”向“实测可采核算”的范式转型。宏观来看，核算结果证实主采煤层在向斜构造控制下展现出极强的空间连续性，探明及控制类资源占绝对主导地位。这一精细化评价体系严格契合国家储量分类标准，为矿井的采区优化布置、智能化升级及产能稳步接续提供高可靠性的量化支撑。此外，深部延伸区及构造边际区仍展现出可观的增储潜力，建议未来配合定向钻探工程实现资源等级的动态升级。

参考文献

[1] 李青松. 大阳泉煤矿三维地质建模与储量估算分析[J]. 江西煤炭科技, 2022(2): 127-129.
[2] 冯子健. 煤矿资源量估算三维建模及实现[D]: [硕士学位论文]. 徐州: 中国矿业大学, 2022.
[3] 王笠. 地质块段法在南江煤矿资源储量估算中的应用实践[J]. 山东煤炭科技, 2022, 40(10): 152-154+157.
[4] 牛汉斌. 东峰煤矿煤层资源储量估算分析[J]. 山西冶金, 2022, 45(3): 97-99+102.
[5] 宋彦东, 郜兵强, 马登潘, 等. 矿产资源国情调查中资源量估算方法及储量类型转换分析——以青岗坪煤矿为例[J]. 中国资源综合利用, 2023, 41(2): 42-44.
[6] 张洁. 铜川矿区多煤层压覆资源量估算及其开发限制[J]. 山东煤炭科技, 2026, 44(2): 198-203.