

姜春晖,周堂波,郭新文,等.棉花坑矿床9号带南段不同标高矿体变化规律及成矿环境探讨[J].世界核地质科学,2025,42(3):515-526. doi:10.3969/j.issn.1672-0636.2025.03.004

JIANG Chunhui, ZHOU Tangbo, GUO Xinwen, et al. Discussion on the elevation change pattern and metallogenic environment of ore bodies in southern zone 9 of Mianhuakeng deposit[J]. World Nuclear Geoscience, 2025, 42(3): 515-526 (in Chinese).

## 棉花坑矿床9号带南段不同标高矿体变化规律及成矿环境探讨

姜春晖<sup>1</sup>,周堂波<sup>1,2</sup>,郭新文<sup>1</sup>,周航兵<sup>1</sup>,王志<sup>1</sup>

1 核工业二九〇研究所,广东 韶关 512026

2 东华理工大学核资源与环境国家重点实验室,江西 南昌 330013

**摘要** 棉花坑矿床9号带南段位于诸广岩体中部,岩体为富铀岩体,断裂带经过多期次构造活动及多期次热液叠加,形成有利的成矿、储矿场所,断裂带内发育较好的铀矿化。通过对前人施工的探矿工程数据进行二次开发利用,对9号带南段不同标高矿体品位、厚度参数进行统计,绘制品位、厚度垂向变化分布图等,分析矿体空间展布特征及变化规律。结果表明:矿体向深部品位呈变富趋势,矿体厚度局部变化(变宽)但总体稳定,较高品位、高品位矿段出现频率逐渐增多,深部还原环境更利于矿体富集,为下一步找矿预测提供线索和依据。

**关键词** 棉花坑矿床;9号带;矿体参数;找矿预测

中图分类号 P619.14 文献标志码 A 文章编号 1672-0636(2025)03-0515-12

## Discussion on the elevation change pattern and metallogenic environment of ore bodies in southern zone 9 of Mianhuakeng deposit

JIANG Chunhui<sup>1</sup>, ZHOU Tangbo<sup>1,2</sup>, GUO Xinwen<sup>1</sup>, ZHOU Hangbing<sup>1</sup>, WANG Zhi<sup>1</sup>

1 Research Institute No. 290, CNNC, Shaoguan 512026, China

2 State Key Laboratory of Nuclear Resources and Environment, East China University of Technology, Nanchang 330013, China

**Abstract:** The southern section of Zone No. 9 in Mianhuakeng deposit is located in the middle of the Zhuguang pluton, which is rich in uranium. The fault zone has undergone multiple tectonic and hydrothermal action, forming the favorable space for uranium mineralization and storage. Through secondary development and utilization of data from previous exploration projects, this paper analyzes the change patterns of the ore bodies at different elevations in the southern section of Zone 9 by the statistics on grade and thickness. The results indicate that the ore body trend to be rich in the depth but remain stable in thickness on the whole with local widening. The occurring frequency of moderate and high-grade ore segments are increasing in the deep, which

基金项目:中国核工业地质局铀矿地质项目(编号:202238)资助

收稿日期:2025-03-27 改回日期:2025-05-07

第一作者:姜春晖,男,1988年生,助理工程师,主要从事铀矿勘查与科研工作。E-mail:1697301603@qq.com

通信作者:周堂波,男,1991年生,工程师,主要从事铀矿勘查与科研工作。E-mail:550310423@qq.com

Supported by The Central Financial Fund Project (No.202238) under the planning and jurisdiction of the China Nuclear Industry Geological Bureau

Received date: 2025-03-27 revised date: 2025-05-07

First author: JIANG Chunhui, male, born in 1988, assistant engineer, focusing on uranium exploration and scientific research. E-mail: 1697301603@qq.com

Corresponding author: ZHOU Tangbo, male, born in 1991, engineer, focusing on uranium exploration and research. E-mail: 550310423@qq.com

may be caused by the reduction environment in the deep. This understanding provides clues and basis for the next uranium predicting and prospecting .

**Keywords:** Mianhuakeng deposit; No. 9 belt; ore body parameters; ore exploration prediction

自 20 世纪 50 年代以来,前人在诸广岩体南部地区进行大量研究和勘查工作,基本查明区内矿床的形成和分布特征,从东向西分为城口、长江、百顺和全安四大铀矿集区<sup>[1]</sup>。长江地区地处诸广岩体南部中段,出露有棉花坑、长排、书楼丘及水石等一系列铀矿床,是目前我国最重要的花岗岩型铀矿聚集区。棉花坑矿床位于长江铀矿田中部,是花岗岩型铀矿床规模和矿体延深最大的矿床之一,也是我国南方目前唯一正在开采的硬岩型铀矿床。近年来,核工业二九〇研究所在该区开展铀矿勘查工作,于 2022 年成功将其从大型矿床扩大至特大型矿床,取得了显著的找矿成果。同时,各研究院所从矿床地球化学特征、成岩(矿)年龄、矿石矿物组成及构造等方面<sup>[2-3]</sup>开展大量研究工作,取得一系列成果。

但是面对目前浅部资源的日渐枯竭,为对接矿山开采需求,探索深部铀资源潜力,亟需对棉花坑矿床 9 号带开展分析工作。前人对 9 号带南段主带做了大量研究工作,指示矿体、蚀变具有明显的水平分带和垂直分带特征,但对于矿体厚度、品位从浅至深延伸的变化情况研究较少,经过多年的钻探施工及巷道揭露,目前已掌握大量详实、准确的数据,这为分析 9 号带南段矿体变化特征提供了坚实的依据。本文通过将前人施工的资料数据结合近几年完成的钻探数据进行统计分析,总结矿体品位、厚度从浅部向深部延伸变化规律,为下一步区内找矿工作提供指导方向和部署依据。

## 1 区域地质概况

粤北长江铀矿田位于华南褶皱系的华夏地块西侧,区域上处于华夏古陆闽赣后加里东隆起与湘、桂、粤北海西—印支凹陷的结合部位,是构造、岩浆作用频繁活动区。区域经受多期多阶段构造和壳幔岩浆作用改造,地壳铀元素也逐渐趋向富集,相应形成较富铀和富铀的地质体,形成了印支—燕山期花岗岩类为主的富铀岩体。

棉花坑铀矿床位于长江铀矿田中部,区内

岩浆活动频繁,具多期多阶段特征,出露岩石主要有印支期第 3 阶段中粒斑状二云母花岗岩和燕山早期中粗粒斑状黑云母花岗岩、中粗粒—中粒黑云母花岗岩(图 1)。岩石铀含量高,可达  $16.0 \times 10^{-6} \sim 19.8 \times 10^{-6}$ ,远高于一般花岗岩的铀含量( $3.5 \times 10^{-6}$ )<sup>[4]</sup>。区内构造发育,矿床受控于 NEE 向棉花坑断裂及 NW 向油洞断裂的夹持位置(图 1),在两条断裂夹持部位的楔状岩石中<sup>[5]</sup>,发育一组由微晶石英岩、碎裂花岗岩、糜棱岩化花岗岩及糜棱岩构成的近 SN 向展布的蚀变破碎组带,即为矿床的主含矿构造带,矿体在构造带中常呈脉状、透镜状产出,在构造中心位置“硅质骨架”普遍发育并且是铀矿化的富集和产出部位。围岩蚀变主要有水云母化、绿泥石化、高岭土化、硅化、萤石化、方解石化、钾(钠)长石化、黄铁矿化和赤铁矿化等。含矿带近矿围岩蚀变具有垂向和水平分带的变化规律,其中 9 号带南段是棉花坑矿床南延部分,具有棉花坑矿床相同的特点,断裂带在垂向上,具有“上氧化下还原、上酸下碱”的分带特征<sup>[6]</sup>,具体表现在矿石组成、热液脉体和围岩蚀变的垂向分带。

铀矿石及铀矿物分带特征,矿床上部为红色矿石带,由红色微晶石英岩、红色硅化碎裂岩和红色强硅化角砾岩等组成,铀矿物主要为沥青铀矿及硅钙铀矿、钙铀云母等,主要伴生矿物为黄铁矿,但含量较低。矿床中部为杂色矿石带,由红色硅化碎裂岩和红色硅化碎裂花岗岩等组成,铀矿物以沥青铀矿为主,其次为少量的硅钙铀矿、钙铀云母等。沥青铀矿富集部位黄铁矿含量较高。矿床下部为灰绿色矿石带,由红化碎裂花岗岩和浅灰色硅化碎裂花岗岩等组成,铀矿物主要为沥青铀矿,且呈团块状和细脉状分布,未见次生铀矿物,沥青铀矿富集部位含较多黄铁矿。

蚀变水平分带,围岩蚀变的水平分带特征表现为:从含矿带向外,依次为硅化→赤铁矿化→绢云母化→(绿泥石化)→高岭石化→碱性长石化→正常花岗岩。围岩蚀变垂向分带

主要表现为:矿床上部以硅化+水云母化+高岭石化+蒙脱石化+钾长石化组合为主;矿床中部以钾(钠)长石化+水云母化+硅化+绿泥石化组合为主;矿床下部以钠(钾)长石化+水(绢)云母化+碳酸盐化+绿泥石化+绿(黝)帘石化+硅化组合为主。总体来看,在矿床中、上部以出现规模较大的硅化、水云母化

和高岭石化等酸性围岩蚀变为主,而矿床中、下部则以出现规模较大的成矿前碱交代体为主。碱交代体中主要蚀变类型包括钠长石化、钾长石化、绿帘石化、绿泥石化和碳酸盐化等<sup>[7]</sup>;有研究认为,产生这些蚀变的主要原因是由于沸腾作用与热液混合、成矿流体物质组分变化以及不同岩石属性造成的<sup>[8]</sup>。

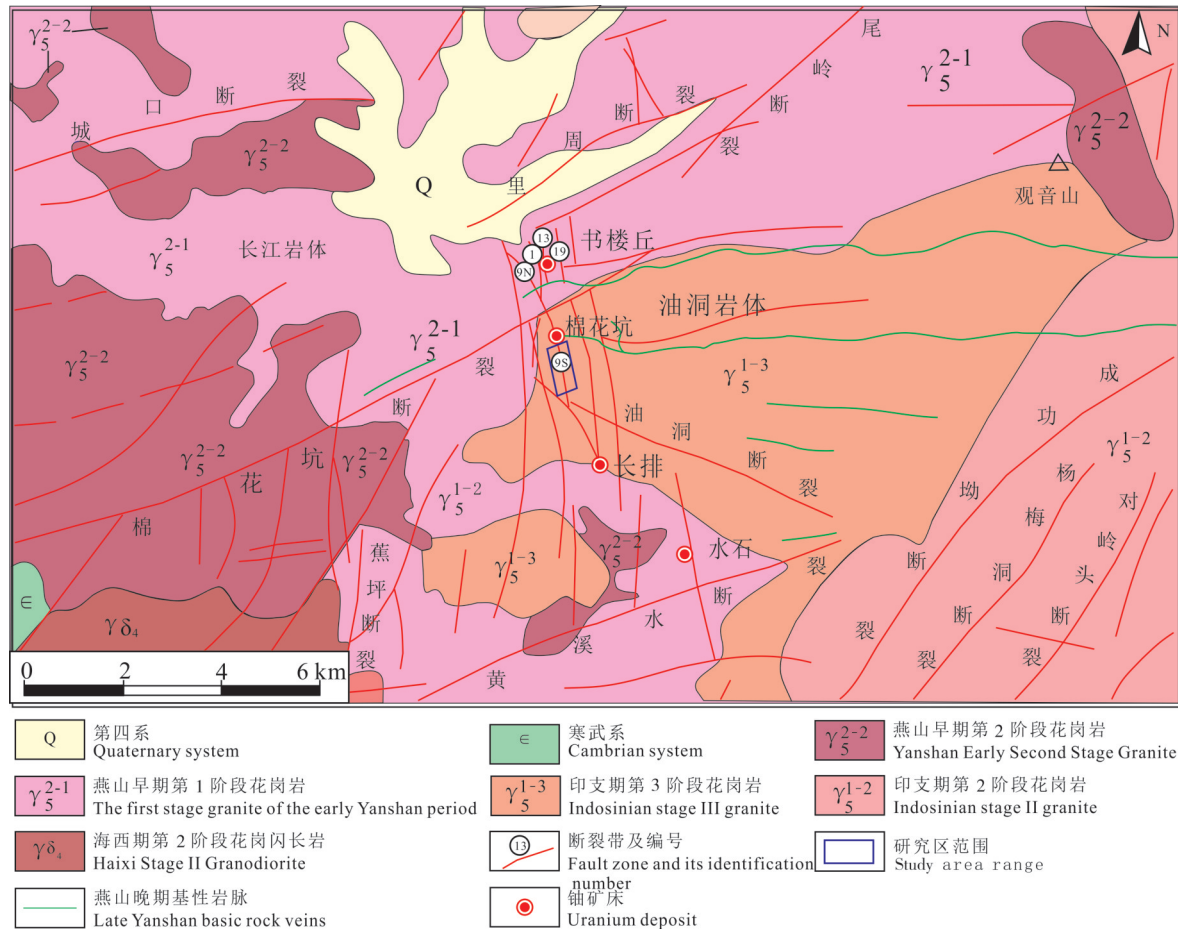


图1 棉花坑矿床9号带南段铀矿地质简图  
Fig. 1 Simplified uranium geology map in south segment of zone 9 in Mianhuakeng deposit

## 2 9号带南段铀矿化特征

9号带南段为棉花坑矿床9号带南延部位(图2),处于棉花坑断裂带及油洞断裂带夹持部位,断裂带呈近SN向展布;9号带在浅部规模相对较小,向深部延伸明显变宽且稳定<sup>[9]</sup>,根据勘探资料,9号带走向延伸可达600 m,在地表宽度介于3~15 m之间,在-200~-400 m标高平均宽度为15.85 m。断裂蚀变带具膨大收缩、尖灭再现和分支复合的特点。9号带分为主带及9-1号带、9-2号带,局部呈隐伏产出,

主带及分支都具有一定的规模,断裂带走向呈330°~355°,倾角呈74°~85°,矿体主要产出于断裂蚀变带内,矿体产状和断裂蚀变带产状一致,且向深部延伸稳定。

9号带南段与棉花坑矿床具有相同的特点和成矿环境。铀矿物主要以沥青铀矿为主,同时含有少量次生铀矿物。成矿期的热液活动主要以红色微晶石英为主导,值得注意的是,灰色微晶石英穿插其中的现象也较为常见。尤其在沥青铀矿大量富集的部位,会有大量的黄铁矿与之伴生,这种矿物共生关系对于研究

矿床的形成机制具有重要意义<sup>[2]</sup>。

总之,9号带南段铀矿化特征有3个特点: 1)铀矿化产出严格受SN向9号带控制。铀矿体主要富集于断裂蚀变带的硅质“骨架”或其上下盘的蚀变碎裂花岗岩中。断裂带浅部的中心硅质骨架较大,热液矿物主要为成矿期的红色微晶石英,充填在碎裂花岗岩中,形成硅化碎裂花岗岩,脉带宽度一般介于1~3 m之间;深部含矿带的中心硅质骨架较小,热液矿物主要为成矿期的红色微晶石英、灰色微晶石英,充填在碎裂花岗岩中,脉带宽度一般小于1 m。2)铀矿化在断裂带膨胀收缩部位或产状变化部位矿体的产状也随之变化;成矿断裂多

次活动部位,铀矿化亦有多次叠加,形成较富的矿体;断裂带由浅到深含矿情况也有所不同,浅部铀矿主要以次生铀矿物、原生沥青铀矿形式存在;中深部以沥青铀矿为主,其中中部有少量的次生铀矿物发育,深部以沥青铀矿主要呈团块状和细脉状分布<sup>[10-11]</sup>。3)铀矿化可分为两个阶段,早阶段为红色微晶石英,晚阶段为灰白色石英,两阶段热液叠加地段更有利于成矿。早阶段红色微晶石英常被晚阶段穿插、包裹。成矿期的热液活动在浅部以赤铁矿的红色微晶石英为主;中部也以红色微晶石英为主,也常见灰色的微晶石英穿插,有黄铁矿伴生;深部有红色微晶石英和灰色微晶石英,沥

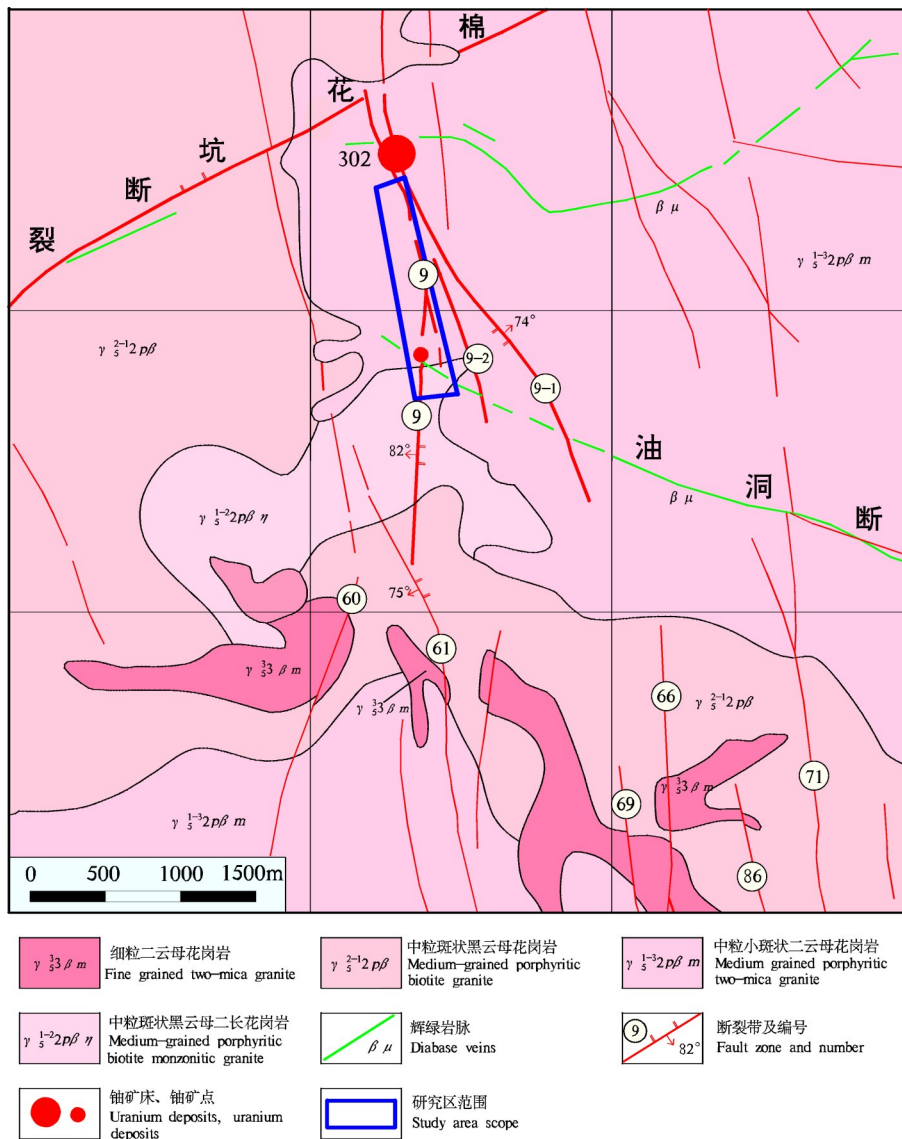
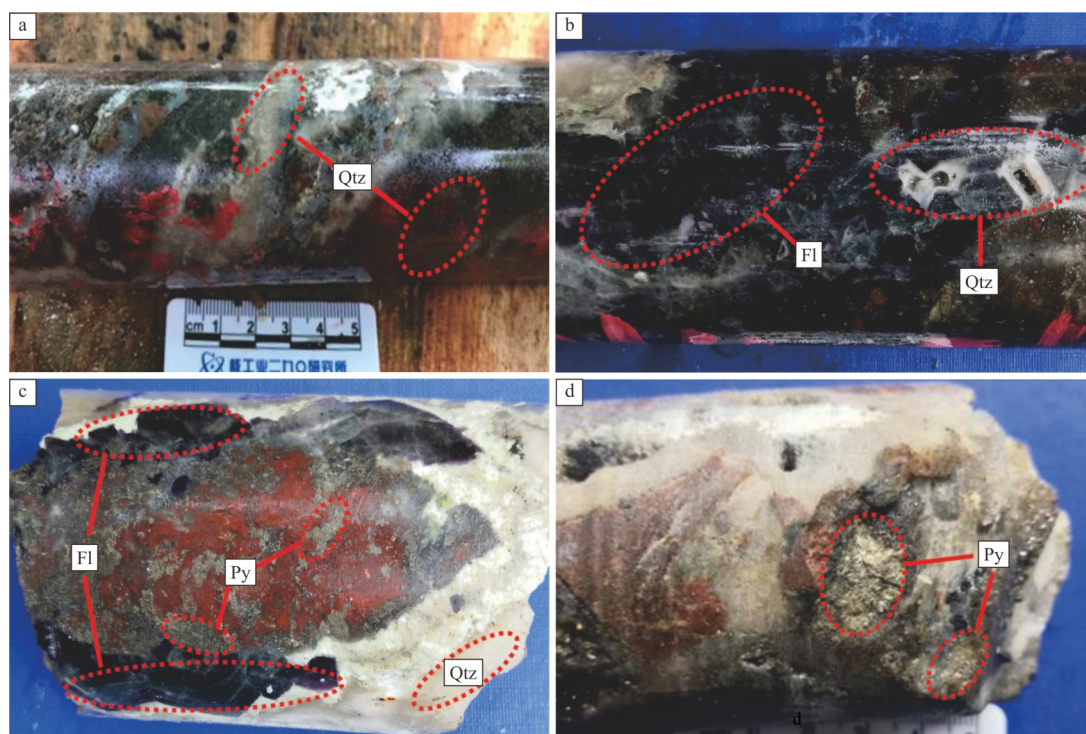


图2 棉花坑矿床9号带南段构造带位置图

Fig. 2 Structural location map of the south segment of zone 9 in Mianhuakeng deposit



a—红褐色微晶石英和烟灰色微晶石英；b—紫黑色萤石与晚期白色梳状石英穿插；c—多种蚀变胶结；d—团块状黄铁矿。

a-Reddish-brown microcrystalline quartz and smoky-gray microcrystalline quartz; b-Purple black fluorite interspersed with late white comb quartz; c-Variou alteration cementation; d Massive uranium ore

图3 近矿围岩蚀变特征

Fig. 3 Alteration characteristics of closing ore wall rocks

青铀矿的富集与灰色微晶石英关系更为密切(图3),同时与白色片状方解石有一定的关系。

### 3 铀矿化体特征

本次主要是对9号带南段主带14~19号勘探线已施工的工业矿孔的品位、视厚度和标高等数据进行统计,共统计了18条勘探线的120个钻孔及巷道矿点17段(图4),共揭露到工业矿段250段。收集了250个矿段的品位、视厚度和标高(400~-400 m)数据。数据结果显示(表1、2),所有收集矿段的品位变化范围介于0.050%~0.630%之间,平均品位为0.120%;厚度变化范围介于0.38~19.81 m之间;平均厚度为2.80 m。通过数据结果得出矿体在垂向上品位、厚度变化幅度大。

#### 3.1 矿体品位

本文将9号带南段不同标高区间的矿段平均品位数据进行对比,将250个数据划分为最低工业品位、最高工业品位和平均工业品位。最低品位范围介于0.050%~0.060%之间;最

高品位范围介于0.240%~0.600%之间;平均品位范围介于0.083%~0.143%之间。

通过收集的资料,将400~-400 m标高的250个矿段数据区分成8个标高区间,对不同标高区间样品最低工业品位、最高工业品位和平均品位进行对比分析;其中400~300 m标高共统计44个数据,品位介于0.050%~0.240%之间,平均品位为0.083%;300~200 m标高共统计31个数据,品位介于0.052%~0.252%之间,平均品位为0.106%;200~100 m标高共统计24个数据,品位介于0.060%~0.292%之间,平均品位为0.108%;100~0 m标高共统计35个数据,品位介于0.050%~0.600%之间,平均品位为0.115%;0~-100 m标高共统计38个数据,品位介于0.051%~0.350%之间,平均品位为0.117%;-100~-200 m标高共统计25个数据,品位介于0.052%~0.333%之间,平均品位为0.120%;-200~-300 m标高共统计37个数据,品位介于0.055%~0.528%之间,平均品位为0.143%;-300~-400 m标高共统计16个

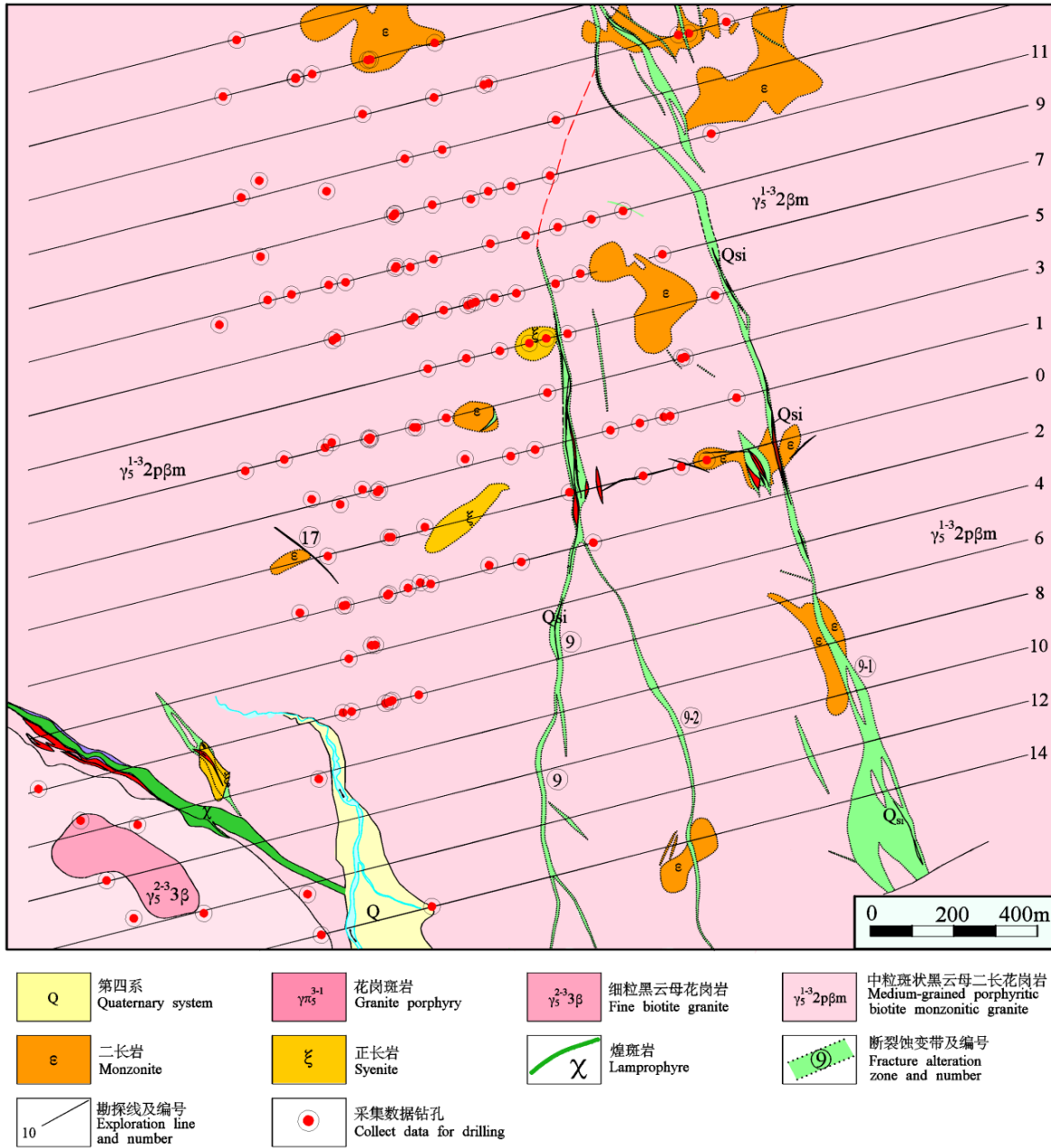


图 4 棉花坑矿床 9 号带南段钻孔分布位置图

Fig. 4 Borehole distribution of data acquisition in south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

表 1 棉花坑矿床 9 号带南段品位垂向分布统计表

Table 1 Statistics of vertical distribution of the grade in south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

序号	标高/m	样品数/个	最低品位/%	最高品位/%	加权平均品位/%	中间品位/%	标准偏差/%
1	400~300	44	0.050	0.240	0.083	0.074	0.044
2	300~200	31	0.052	0.252	0.106	0.076	0.061
3	200~100	24	0.060	0.292	0.108	0.090	0.058
4	100~0	35	0.050	0.600	0.115	0.083	0.105
5	0~-100	38	0.051	0.350	0.117	0.095	0.070
6	-100~-200	25	0.052	0.333	0.120	0.109	0.076
7	-200~-300	37	0.055	0.628	0.143	0.104	0.106
8	-300~-400	16	0.050	0.463	0.209	0.109	0.120

数据,品位介于0.050%~0.463%之间,平均品位为0.209%。

### 3.2 矿体厚度

同样9号带南段250个数据矿段厚度变化区分为8个标高区间进行数据对比,分为最小厚度、最大厚度、平均厚度、中间厚度和标准偏差;其中400~300 m标高共统计44个数据,厚度介于0.50~8.07 m之间,平均厚度为2.11 m;300~200 m标高共统计31个数据,厚度介于0.38~19.81 m之间,平均厚度为2.77 m;200~100 m标高共统计24个数据,厚度介于0.63~

9.49 m之间,平均厚度为2.79 m;100~0 m标高共统计35个数据,厚度介于0.41~18.28 m之间,平均厚度为2.92 m;0~-100 m标高共统计38个数据,厚度介于0.52~12.68 m之间,平均厚度为3.18 m;-100~-200 m标高共统计25个数据,厚度介于0.50~11.54 m之间,平均厚度为3.08 m;-200~-300 m标高共统计37个数据,厚度介于0.40~11.64 m之间,平均厚度为2.95 m;-300~-400 m标高共统计16个数据,厚度介于0.77~7.90 m之间,平均厚度为2.94 m。

表2 棉花坑矿床9号带南段厚度垂向分布统计表

Table 2 Statistics of vertical distribution of thickness in south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

序号	标高/m	样品个数/个	最小厚度/m	最大厚度/m	平均厚度/m	中间厚度/m	标准偏/差 m
1	400~300	44	0.50	8.07	2.11	1.68	1.437
2	300~200	31	0.38	19.81	2.77	1.93	3.462
3	200~100	24	0.63	9.49	2.79	2.35	2.041
4	100~0	35	0.41	18.28	2.92	1.75	3.370
5	0~-100	38	0.52	12.68	3.18	2.10	2.997
6	-100~-200	25	0.50	11.54	3.08	1.60	3.130
7	-200~-300	37	0.40	11.64	2.95	1.71	3.032
8	-300~-400	16	0.77	7.90	2.94	2.10	2.129

## 4 矿体变化规律及指示意义

### 4.1 矿体变化规律

通过以上数据可以看出:矿段最低工业品位介于0.050%~0.060%之间,最小厚度介于0.50~0.77 m之间,可看出品位、厚度区间变化不大(受最低工业指标限制);最高品位介于0.240%~0.628%之间,最大厚度介于7.90~19.81 m之间,可看出品位区间及厚度区间变化较大;平均品位介于0.083%~0.209%之间,平均厚度介于2.11~3.18 m之间,通过以上数据可看出400~-400 m标高矿体厚度向深部延伸稳定。通过平均品位、平均厚度垂向分布图(图5),矿体向深部厚度稳定,且品位有变富趋势。

箱形图法是统计学中常用的数据分析图解,能够直观表现数据的原始分布规律,有效识别数据异常值。矿体品位、厚度箱形图(图6)显示,400~-300 m每个标高区间品位分布

较集中,在0.050%~0.150%范围内变化;在-300~-400 m标高矿体品位数据分布范围相对较广,在0.050%~0.300%均有分布,这与深部存在高品位矿体有关。同时,不同标高矿体的厚度数据分布范围较为一致,一般介于1~3 m之间,局部标高出现较厚矿体。从浅部往深部,矿体总体具有品位变富、厚度延伸稳定的特征。另外,不同标高品位、厚度存在不同偏离程度的异常高值。图5显示,与统计样本数相比异常值个数较少,异常值不具明显规律性。例如,100~0 m标高品位异常高值高达0.600%, -100~-200 m标高品位异常高值则为0.333%;300~200 m厚度异常高值为19.81 m,200~100 m处异常高值则为9.49 m。不同标高异常高值的出现说明9号带南段在较浅部也存在品位较富、厚度较大矿体,然而这只有个别钻孔揭露到,这种现象并不普遍,不能代表9号带南段矿体整体的变化规律。但在实际

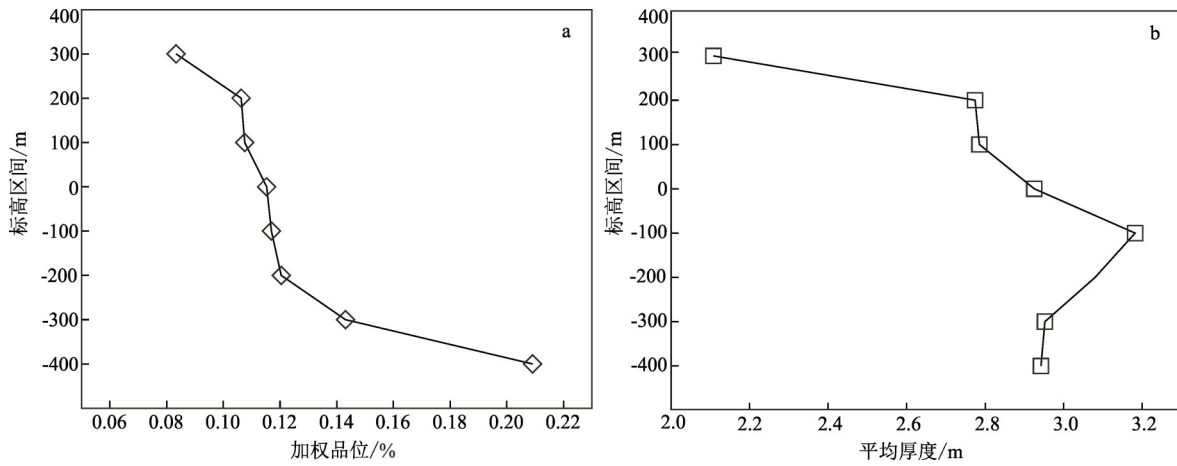


图5 棉花坑矿床9号带南段加权平均品位、平均厚度垂向展布图

Fig. 5 Vertical distribution of weighted average grade and average thickness in south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

地质找矿勘探过程中,不能忽略这些“特例”,应该对其进行加强区别研究。这些异常值的

存在可能与其地质产出部位、构造和成矿流体的含矿性,不同成矿期次等有关。

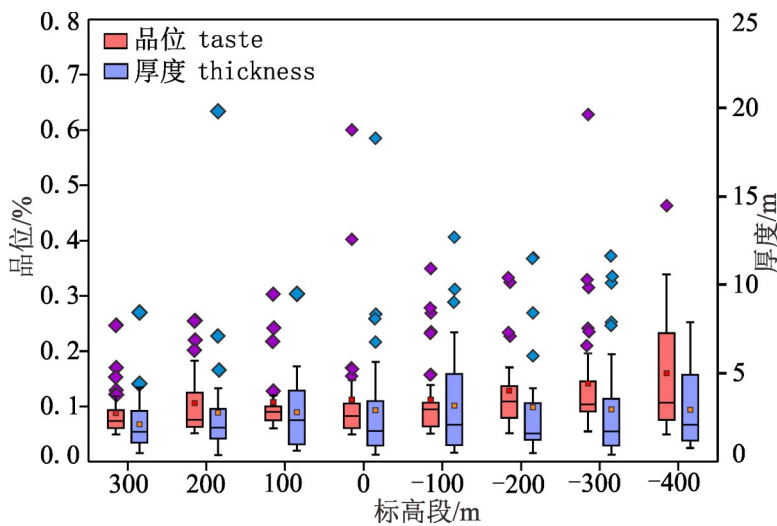


图6 棉花坑矿床9号带南段不同标高品位、厚度分布箱形图

Fig. 6 Box diagram of grade and thickness of ore at different elevations in south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

将采集的250个矿段品位数据分成3种范围(表3),包括低品位工业段、较高工业品位工业段及高工业品位工业段;通过频率分布堆积柱状图(图7)来观察其规律,可明显看出400~

100 m标高未出现高工业品位,100 m标高向深部延伸开始出现高工业品位;400~-400 m标高较高工业品位及高工业品位矿段比例逐渐增多,低品位矿段占比逐渐减少。

表3 棉花坑矿床9号带南段不同级别品位垂向分布统计表

Table 3 Statistics of vertical distribution of ore with different grades in south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

序号	标高/m	样品数/个	0.05~0.1/%	0.1~0.3/%	0.3及以上/%
1	400~300	44	34	10	0
2	300~200	31	20	11	0
3	200~100	24	18	6	0
4	100~0	35	25	8	2
5	0~-100	38	21	16	1

表3 (续)

序号	标高/m	样品数/个	0.05~0.1/%	0.1~0.3/%	0.3及以上/%
6	-100~-200	25	10	13	2
7	-200~-300	37	16	18	3
8	-300~-400	16	5	8	3

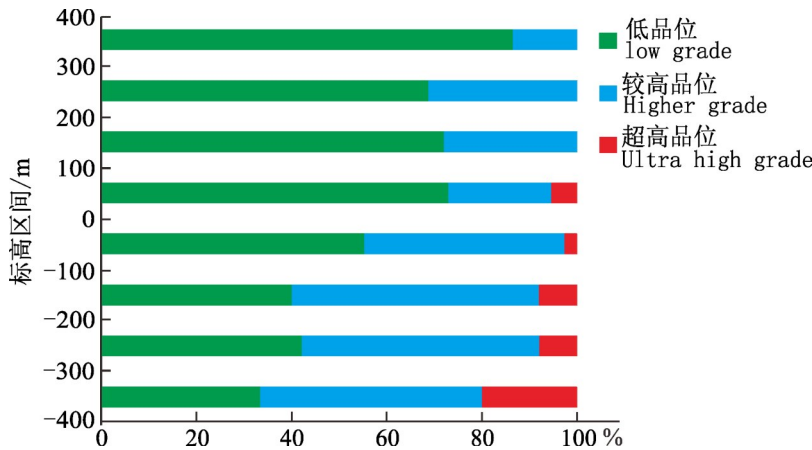


图7 棉花坑矿床9号带南段不同标高品位频率分布堆积柱状图

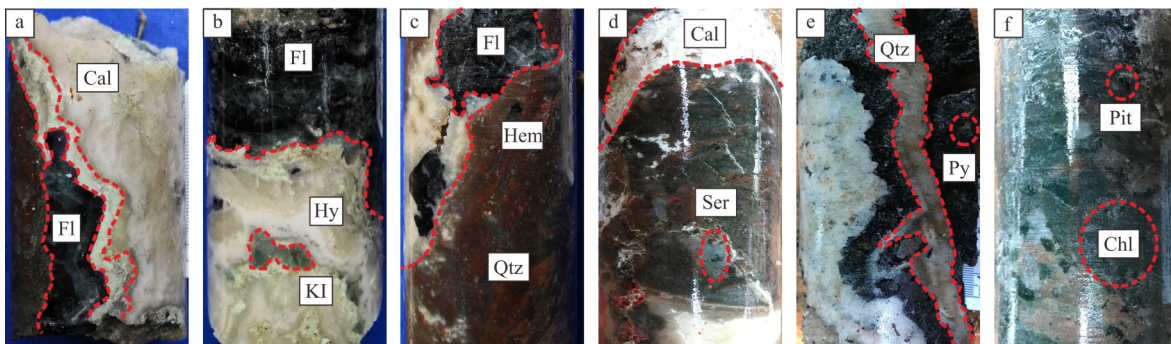
Fig. 7 Stacking histogram of grade frequency of ore at different elevations in south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

4.2 对深部成矿环境指示意义

前人将9号带分成两种标高形式,一种为500~300 m标高为浅部,300~0 m标高为中部,0~-600 m标高为深部;另一种划分方式500~0 m标高为浅部,0~-500 m标高为深部,本文将采用第2种标高形式,将采集数据进行对比分析。

9号带深部和浅部蚀变特征和构造环境也有所不同,前人通过采集样品进行pH、Eh的测定,得出结果为浅部蚀变花岗岩中酸性组分

SiO<sub>2</sub>,比原岩增加了0.71%,碱性组分Na<sub>2</sub>O比原岩减少了1.09%;矿床下部蚀变花岗岩中酸性组分SiO<sub>2</sub>比原岩减少了2.96%,碱性组分Na<sub>2</sub>O比原岩增加了0.45%<sup>[7]</sup>;野外地质工作中可见浅部蚀变组合为红色隐晶、微晶石英、沥青铀矿、赤铁矿、水云母、少量高岭土及萤石组合,深部蚀变组合为灰黑色隐晶、微晶石英、沥青铀矿、黄铁矿、绢云母、绿泥石和少量碳酸盐组合(图8),根据一系列试验数据及蚀变组合可以得出断裂蚀变带呈上酸性下碱性,上氧化



Fl—萤石; Hy—水云母; Hm—赤铁矿; Si—红色微晶石英; Cal—碳酸盐; Kl—高岭土; Ser—绢云母; Qtz—灰白色石英; Py—黄铁矿; Pit—沥青铀矿; Chl—绿泥石。

Fl—Fluorite; Hy—hydromicite; Hm—Hematite; Si—Red microcrystalline quartz; Cal—Carbonation; Kl—Kaolin; Ser—Sericite; Qtz—Quartz; Py—Pyrite; Pit—Pitchblende; Chl—Chlorite.

图8 棉花坑矿床9号带浅部蚀变组合a~c、深部蚀变组合d~f

Fig. 8 The shallow alteration combination ( a~c) and deep alteration combination ( d~f)in zone No. 9 of Mianhuakeng deposit

下还原的环境<sup>[12]</sup>。9号带南段为9号带南延部分,围岩蚀变组合及环境基本一致<sup>[7,13-18]</sup>。

通过蚀变酸碱环境、蚀变叠加程度及断裂带厚度延伸稳定程度可以总结出环境对成矿具有一定的影响,综合采集数据可看出,400~0 m 标高的酸性氧化环境不利于铀矿化沉淀,并且沉淀的铀矿化易氧化随着地下水的运动

而流失,造成低工业品位较发育。0~-400 m 标高的碱性还原环境铀矿化不易氧化,更利于铀矿化沉淀富集。

结合前人理论及采集数据,本次研究采用4个标高区间绘制矿段散点分布图(图9),可以看出浅部酸性氧化环境低品位矿段较多并集中,深部还原环境较高工业品位及高工业品位矿段较多。

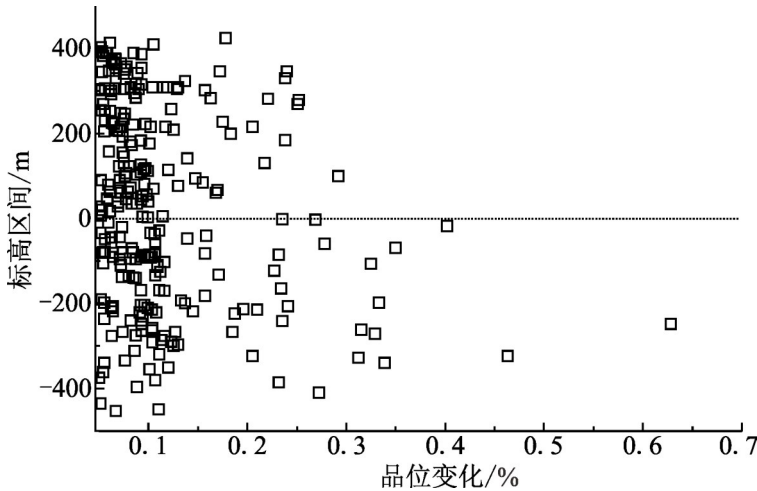


图9 棉花坑矿床9号带南段不同标高矿段散点分布图

Fig. 9 Scatter plot of ore grade and elevation in south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

### 4.3 找矿预测

研究表明,对侧伏特征明显的矿体通过编制品位、厚度等值线图的方法可以查证厚度、品位与矿体侧伏方向的关系,一般认为,矿体侧伏方向和次一级品位等值线长轴方向垂直,而和厚度等值线的长轴方向一致<sup>[19]</sup>。就目前

资料来看,脉状矿体的侧伏与品位、厚度之间的关系是普遍规律。通过绘制长江地区9号带南段18条勘探线的120个钻孔的品位、厚度等值线图(图10、11),认为9号带矿体向北侧伏。因此认为9号带南段深部具有较大的找矿空间和潜力。

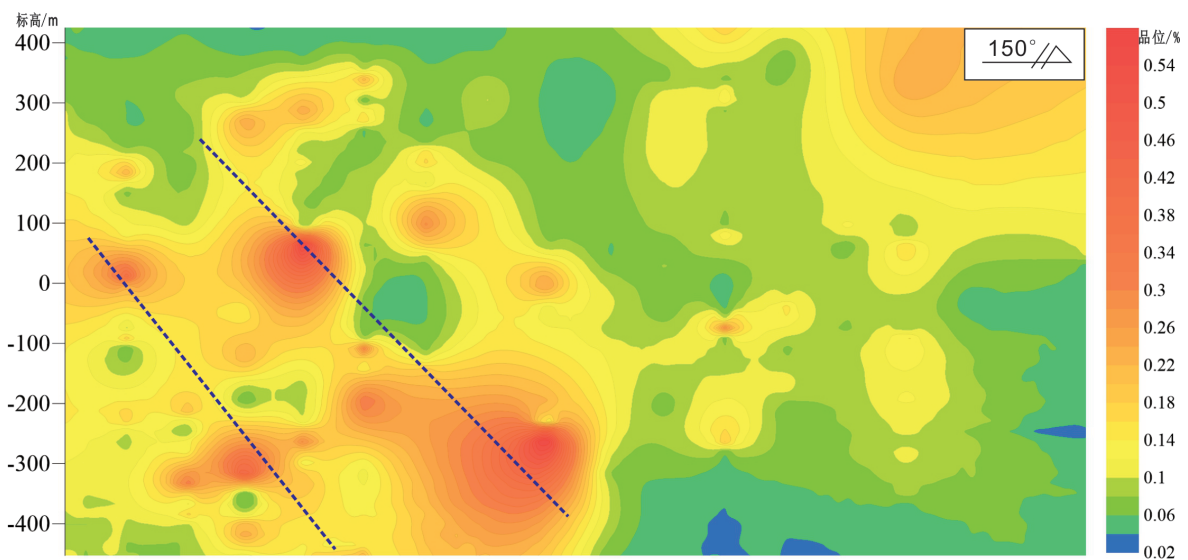


图10 棉花坑矿床9号带南段纵投影品位等值线图

Fig. 10 Grade contour map of longitudinal projection of the south section of zone 9 of Mianhuakeng deposit

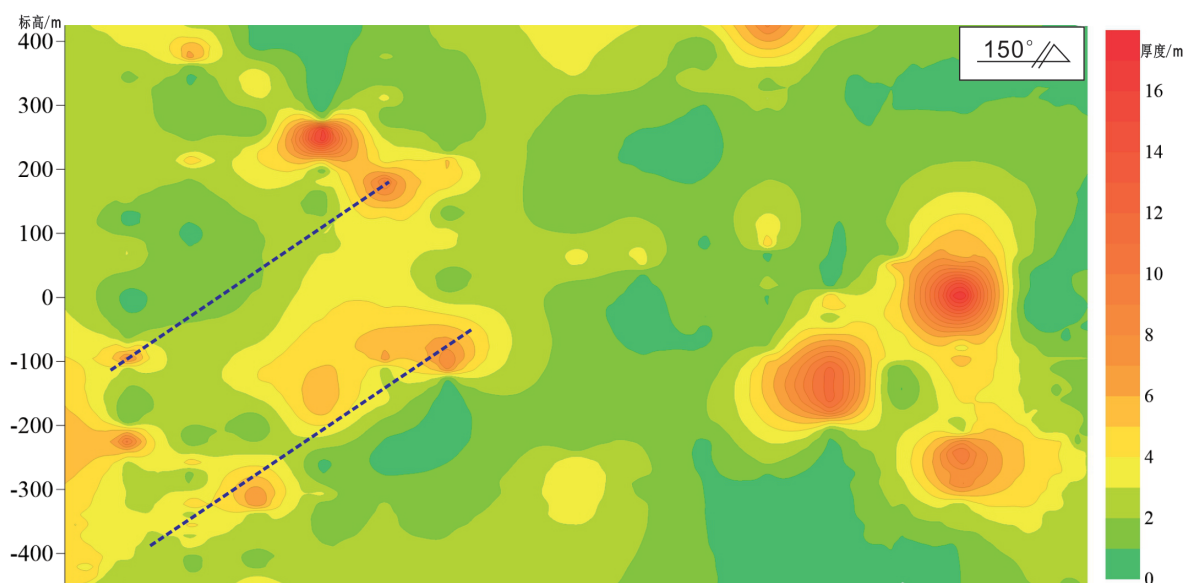


图11 9号带南段纵投影厚度等值线图

Fig. 11 Contour map of longitudinal projected thickness in south section of zone 9

## 5 结论

1) 9号带南段矿体浅部为偏“氧化”的蚀变组合环境,深部为偏“还原”的蚀变组合环境,深部“还原”环境更利于铀矿化富集,形成厚矿、富矿。

2) 9号带南段,矿体向深部品位呈变富趋势,矿体厚度局部变化(变宽)但总体稳定;低工业品位矿段向深部逐渐减少,较高品位、高品位矿段出现频率逐渐增多。

3) 9号带主带矿体向北部侧伏,预测9号带南段14~19号勘探线深部有较好的找矿前景。

## 参考文献

- 1 张海强,粤北长江铀矿田成矿条件及找矿方向探讨[J].西部资源,2024(2):24-29.  
ZHANG Haiqiang. Discussion on metallogenic conditions and prospecting potential of the Changjiang uranium ore field, northern Guangdong province[J]. Western Resources, 2024(2):24-29(in Chinese).
- 2 周堂波,李俊,郭新文,等.粤北书楼丘铀矿床黄铁矿标型特征及其找矿意义[J].世界核地质科学,2025,41(1):60-75.  
ZHOU Tangbo, LI Jun, GUO Xinwen, et al. Typological characteristics and prospecting significance of pyrite in the Shulouqiu uranium deposit in northern Guangdong [J]. World Nuclear Geoscience, 2025, 41(1): 60-75 (in Chinese).
- 3 郭国林,刘晓东,潘家永,等.粤北302铀矿床流体包裹体研究[J].铀矿地质,2010,26(6):350-354.  
GUO Guolin, LIU Xiaodong, PAN Jiayong, et al. Study of fluid inclusion from uranium deposit No.302 in north Guangdong[J].Uranium Geology, 2010, 26(6): 350-354(in Chinese).
- 4 舒良树,陈祥云,楼法生.华南前侏罗纪构造[J].地质学报,2020,94(2):333-360.  
SHU Liangshu, CHEN Xiangyun, LOU Fasheng. Pre Jurassic tectonics of the South China [J]. Acta Geologica Sinica, 2020, 94(2): 333-360(in Chinese).
- 5 江卫兵,周堂波,许丽丽,等.粤北棉花坑铀矿床萤石地球化学特征及其地质意义[J].世界核地质科学,2022,39(1):60-69.  
JIANG Weibing, ZHOU Tangbo, XU Lili, et al. Geochemical characteristics and geological significance of fluorite in Mianhuakeng uranium deposits, north Guangdong[J].World Nuclear Geoscience, 2022, 39(1): 60-69(in Chinese).
- 6 金景福,倪师军,胡瑞忠.302铀矿床热液脉体的垂直分带及其成因探讨[J].矿床地质,1992,11(3):252-258.  
JIN Jingfu, NI Shijun, HU Ruizhong. Vertical zonation and genesis of hydrothermal vein in uranium deposit 302[J].Mineral Deposit Geology, 1992, 11(3): 252-258(in Chinese).
- 7 黄国龙,曹豪杰,徐文雄,等.诸广棉花坑矿床垂向分带模式及深部找矿潜力[J].铀矿地质,2015,31(3),355-362.

- HUANG Guolong, CAO Haojie, XU Wenxiong, et al. Vertical zoning model and prospecting potential in depth of Mianhuakeng uranium deposit in Zhuguang[J]. Uranium Geology, 2015, 31(3): 355-362(in Chinese).
- 8 倪师军, 胡瑞忠, 金景福. 302 铀矿床热液的混合和沸腾垂直分带模式[J]. 铀矿地质, 1994, 10(2): 70-77.
- NI Shijun, HU Ruizhong, JIN Jingfu. A vertical zoning model generated by the mixing and boiling of hydrothermal solution for uranium deposit No.302[J]. Uranium Geology, 1994, 10(2): 70-77(in Chinese).
- 9 徐文雄, 伏顺成, 许幼, 等. 诸广山岩体南部书楼丘铀矿床深部找矿潜力分析[J]. 矿产勘查, 2017, 8(5): 782-788.
- XU Wenxiong, FU Shuncheng, XU You, et al. Analysis of prospecting potential in the depth of Shulouqi uranium deposit in southern Zhuguangshan pluton[J]. Mineral Exploration, 2017, 8(5): 782-788(in Chinese).
- 10 许丽丽, 伏顺成, 徐文雄, 等. 棉花坑矿床深部铀成矿特征分析[J]. 世界核地质科学, 2017, 34(2): 63-69.
- XU Lili, FU Shuncheng, XU Wenxiong. Analysis on metallogenic characteristics in the deep of Mianhuakeng uranium deposit [J]. World Nuclear Geology, 2017, 34(2): 63-69(in Chinese).
- 11 庞雅庆, 高飞, 夏宗强, 等. 粤北棉花坑铀矿床垂直分带特征与深部找矿预测标志[J]. 矿床地质, 2014, 33: 247-248.
- PANG Yaqing, GAO Fei, XIA Zongqiang, et al. Vertical zoning characteristics and deep prospecting prediction indicators of the Mianhuakeng uranium deposit in northern Guangdong [J]. Mineral Deposit Geology, 2014, 33: 247-248(in Chinese).
- 12 倪师军, 金景福. 302 铀矿床热液的混合和沸腾及其地质意义[J]. 成都地质学院地质学报, 1994, 19(4): 9-15.
- NI Shijun, JIN Jingfu. The mixing and boiling of hydrothermal solution of uranium deposit No.302 and the geological interpretation [J]. Journal of Chengdu College of Geology, 1994, 19(4): 9-15(in Chinese).
- 13 陈培荣, 刘义. 302 铀矿床成矿物理化学条件、热液来源和运移方向[J]. 矿床地质, 1990, 9(2): 149-157.
- CHEN Peirong, LIU Yi. Physicochemical conditions, hydrothermal sources and migration direction of uranium deposit 302 [J]. Mineral Deposit Geology, 1990, 9(2): 149-157(in Chinese).
- 14 邓平, 任纪舜, 凌洪飞, 等. 诸广山南体燕山期花岗岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 地质论评, 2011, 57(6): 881-888.
- DENG Ping, REN Jishun, LING Hongfei, et al. Zircon SHRIMP U-Pb age of Yanshanian granites from the southern body of Zhuguangshan and its tectonic significance [J]. Geological Review, 2011, 57(6): 881-888(in Chinese).
- 15 高翔, 沈渭洲, 刘莉莉, 等. 粤北 302 铀矿床围岩蚀变的地球化学特征和成因研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2011, 30(1): 71-82.
- GAO Xiang, SHEN Weizhou, LIU Lili, et al. Study on geochemical characteristics and genesis of surrounding rock alteration of uranium deposit 302 in north Guangdong [J]. Journal of Petrology and Mineralogy, 2011, 30(1): 71-82(in Chinese).
- 16 黄国龙, 凌洪飞, 邓平, 等. 粤北地区 302 矿床沥青铀矿的形成时代、地球化学特征及其成因研究[J]. 矿床地质, 2010, 29(2): 352-360.
- HUANG Guolong, LING Hongfei, DENG Ping, et al. Study on the formation age, geochemical characteristics and genesis of pitchblende in 302 deposit, northern Guangdong province [J]. Mineral Deposit Geology, 2010, 29(2): 352-360(in Chinese).
- 17 倪师军, 金景福, 要全泰. 302 铀矿床石英萤石和方解石的热释光的垂直分带[J]. 矿物岩石, 1992, 12(4): 103-108.
- NI Shijun, JIN Jingfu, YAO Quantai. Vertical thermoluminescence zonation of quartz fluorite and calcite in uranium deposit 302 [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1992, 12(4): 103-108(in Chinese).
- 18 沈渭洲, 凌洪飞, 邓平, 等. 粤北 302 铀矿床同位素地球化学研究[J]. 铀矿地质, 2010, 26(2): 80-87.
- SHEN Weizhou, LING Hongfei, DENG Ping, et al. Study on isotope geochemistry of uranium deposit 302 in northern Guangdong [J]. Uranium Geology, 2010, 26(2): 80-87(in Chinese).
- 19 叶天竺, 吕志成, 庞振山, 等. 勘查区找矿预测理论与方法: 总论[M]. 北京: 地质出版社, 2014: 229-230.
- YE Tianzhu, LYU Zhicheng, PANG Zhenshan, et al. Exploration area prospecting prediction theory and method of general [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014: 229-230(in Chinese).