

# 基于地质统计的矿体三维建模及采矿应用

3D Modeling and Mining Application of Orebody Based on Geological Statistics

王洋<sup>1,2</sup>, 杨建文<sup>1,2</sup>, 董京浩<sup>1,2</sup>, 张岩<sup>1,2</sup>, 张伟<sup>1</sup>, 陈雷<sup>1</sup>, 韩威<sup>2</sup>

(1. 中色地科矿产勘查股份有限公司, 北京 100012; 2. 哈密红石矿业有限公司, 新疆 哈密 839000)

**摘要:**本文以新疆哈密市梅岭南铜矿为研究对象,借助3DMine软件建立了矿区三维矿体模型;基于地质统计学原理,对样品数据组合分析转换后建立了变异函数结构模型;利用距离幂次反比法及块体模型对矿床进行块体分割进行精确地资源量估算,对估算结果进行分析,绘制矿体在不同方向上品位变化趋势曲线来对模型进行验证与评估。结果表明,采用3DMine软件所建模型可靠,估值精度较高,为矿山中深孔设计提供了可靠的依据。

**关键词:**梅岭南铜矿;地质统计学原理;三维建模;3DMine;中深孔

**中图分类号:** TD177

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-609X(2022)01-0017-06

**Abstract:** By taking the Meilingnan Copper Mine in Hami City, Xinjiang as the research object, this paper has built a three-dimensional ore body model of the mining area with the help of 3DMine software; built a variogram structure model after a combination analysis and transformation of the sample data based on the principles of geostatistics; used the distance inverse power method and the block model to divide the deposit into blocks for accurate resource estimation, analyzed the estimation results, drew the trend curve of the grade of the ore body in different directions and used it to verify and evaluate the model. The results show that the model built using 3DMine software is reliable and has a high estimation accuracy, providing a reliable basis for the design of medium and deep holes in mines.

**Key words:** Meilingnan Copper Mine; principles of geostatistics; 3D modeling; 3DMine; medium and deep hole

## 1 前言

随着计算机软硬件不断发展,3Dine软件在很多开采矿山、设计院、地勘单位、高校得到越来越多的应用;三维地质模型的建立能很直观的反应矿体形态、工程控制情况、矿石量、品位等情况;能很好的指导矿山探矿、采矿生产等工作<sup>[1-4]</sup>。地质统计学是以变差函数作为基本工具,在研究区域化变量的空间分布结构特征规律性的基础上,综合考虑空间变量的随机性和结构性的数学地质方法,其广泛应用于地质建模和采矿设计<sup>[5-7]</sup>。中深孔落矿方法的分段高度相较浅孔落矿回采有较大提高,因而能显著提高矿山的生产能力<sup>[8-9]</sup>。

本文基于地质统计学原理,将根据梅岭南铜矿区近年来的勘查数据成果以及对矿区钻探、坑探各类图纸数据收集将建立梅岭南铜矿区3Dmine数据库及三维立体模型和3Dmine对地质常用AutoCAD/

MAPGIS软件数据互转来实现精准快捷的储量计算及地表到地下的三维空间模型,采用样品组合、距离幂次反比法、变异函数分别对品位进行估值,在此基础上估算矿区的资源量,并进行各种分析、验证资源模型的合理性,为矿山采矿快速设计中深孔提供依据。

## 2 矿区地质概况

新疆东天山卡拉塔格一带,发育了一套巨厚的基性-中性-酸性火山-沉积岩系。近年来,在这套火山岩-沉积系中发现了一系列的铜、锌、金矿床,受到业界的高度重视。卡拉塔格矿集区被列入国家级整装勘查区。然而,关于卡拉塔格含矿火山岩地层的时代,岩性组合及岩相划分上存在不同认识:①1988年完成的1:20万康古尔塔格幅(K-46-XIV)区域地质调查报告,将该套地层划为下泥盆统卡拉塔格组(D<sub>1k</sub>),是一套中酸性火山岩-火山碎屑岩,构成箱状向斜;②1993年完成的1:20万大草滩幅(K-46-15),将该套地层划归到中-上志留统(S<sub>2-3</sub>),以石英角斑岩、细碧岩、霏细岩、安山玄武岩、火山角砾岩、凝灰岩为主;③2003年完成的1:25万五堡幅(K46C002002),将该套地层划归到中奥陶统荒草坡群大柳沟组(O<sub>2Hd</sub>),主要为英安岩类、霏细岩类、玄武岩类、安山岩类的巨厚海相火山岩建

[作者简介] 王洋(1990-),男,地质工程师,从事地质勘查、矿山开采工作。

[基金项目] 新疆维吾尔自治区高层次人才引进工程。

[引用格式] 王洋,杨建文,董京浩,等.基于地质统计的矿体三维建模及采矿应用[J].中国矿山工程,2022,51(1):17-22.

造;④2010年新疆维吾尔自治区矿产资源潜力评价成矿地质背景研究项目组,将该套地层划归到下-中奥陶统恰干布拉克组( $O_{1-2}q$ ),发育安山岩-玄武岩-英安岩建造,局部夹凝灰质粉砂岩和含放射虫硅质岩。可见,卡拉塔格地区这套火山岩地层岩石定名复杂多样,区域地质填图对该区的时代划分不统一,直接制约了找矿思路和找矿方向,从而造成勘查工程量的浪费。

造成这一混乱现象的主要原因:该区为戈壁荒漠景观区,岩石露头出露差;客观上该套火山岩的岩性、岩相变化大,调查研究程度低,加之部分区段地层缓倾,地表地层剖面不易观测;缺乏化石和精确的同位素定年依据。

本文通过大比例尺地质填图和槽探、钻探、坑探等系统的工程编录,特别是2019年在梅岭南铜矿区实施的距地表1400m的深钻资料,揭露了卡拉塔格地区完整的地层层序,为该套火山-沉积地层柱的建立提供了直接依据。

### 3 矿体三维模型

本次研究主要针对精准科学采矿进行分为两部分,第一收集两个中段工程数据包括钻探,坑探等重要工程数据,工程数据327个,测斜数据665个,化验数据11942个,按照3Dmine数据库需要分为工程表,测斜表,样品表。按照3Dmine要求整理收集完成数据库建立,具体如图1所示。

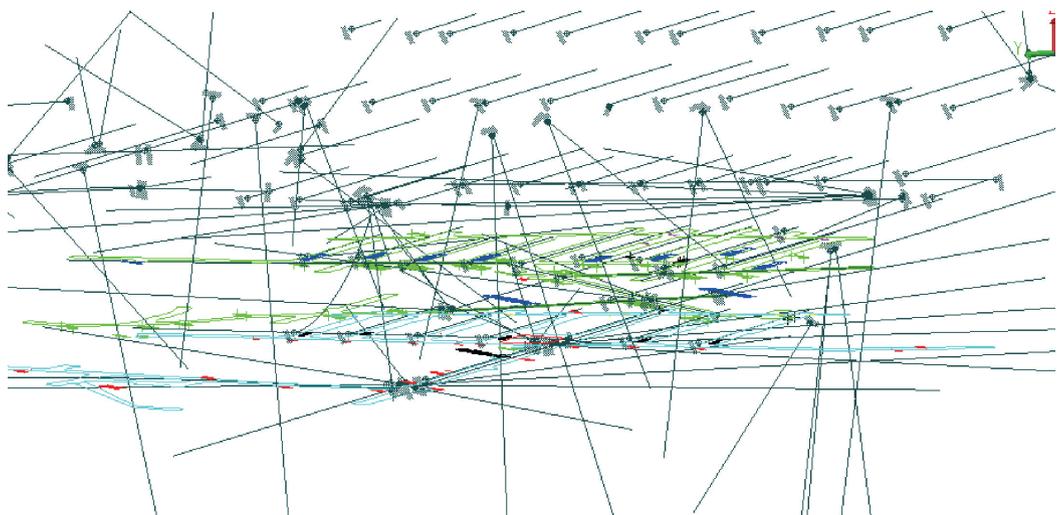


图1 两个中段数据收集形成的三维工程

矿体三维模型的建立是在各种工程控制的情况下建模,通过两个中段的工程施工来圈定矿体,在经过矿体走向倾角来确定矿体形态,通过连接每两个相邻矿体位置且属性相同的两个点来完成空间连接

来实现矿体的三维模型,在经过3Dmine块体模型进行系统分割,剔除夹石,实现更精确的矿体形态,以上主要通过坑探和钻探施工、化验品位作为矿体圈定分割的主要依据,具体如图2所示。

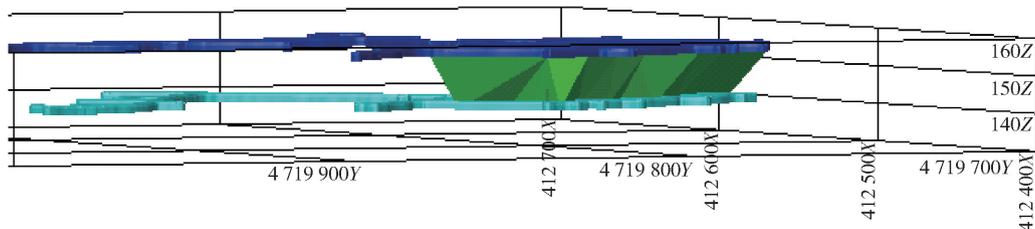


图2 两个中段连接的矿体模型

## 4 数据统计分析

为了确保矿体储量计算精(准)确,为采矿管理提供依据,现通过3Dmine软件系统进行数据分析,验证储量计算的可靠性。

### 4.1 样品组合统计及矿体圈定指标

地质数据库中的分析数据是矿体储量估算的依

据,根据地质统计学原理,为确保参数的无偏差计算,所有采样数据应落在相同载体上,即同一类参数的矿体样品长度应该一致,组合样品过程是将品位信息通过加权平均的方法提取到若干点上,这些点所储存的品位信息用来块体模型的估值,可分为三种组合方法:①圈矿指标组合;②根据地质带组合;

③实体内提取化学样。

本文主要通过圈矿指标组合来对梅岭南两个中段进行储量估算,圈矿指标组合是根据矿山实际情况,通过设置不同圈矿条件对样品组合,可以计算组合样品的品位。组合品位我们选择矿山主要元素

Cu 进行组合,根据国内特高品位处理规则进行特高品位处理,边界品位设置为 0.2%,最小可采长度按照矿体圈定原则 1 m 进行设置,图 3、图 4 所示为根据 3Dmine 软件中组合样品数据处理完成的上述矿体数据。

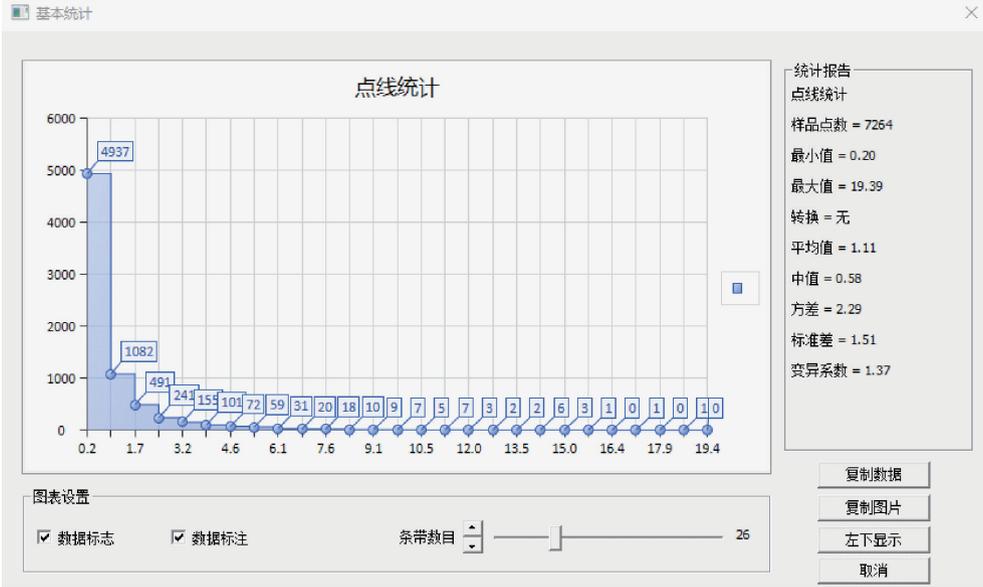


图 3 样品分析统计图

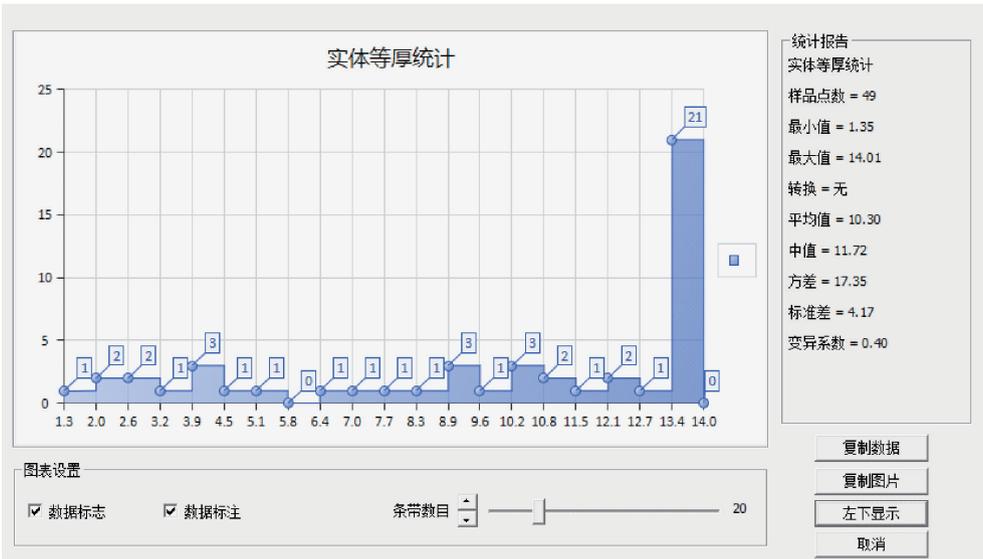


图 4 组合样品厚度分析统计图

4.2 矿体块体模型

块体模型是针对已圈定矿体的形态来对它进行数次分割,给每一个小块进行赋值,储存属性,从而得到更精确的储量计算结果。本次研究将通过块体模型之距离幂次估值、变异函数结构模型两种方式进行验证与评估,确保后期对中深孔中的矿体进行中深孔爆破及储量计算的精确。

通过勘探线坐标网格的 1/4 对块体模型设置为

24 × 24 × 4 (取偶数值) 的方式进行块体模型建立,建立模型如图 5 所示。

4.3 块体模型之变异函数模拟

变异函数作为地质统计学的主要工具,3Dmine 软件对于变异函数的处理主要有变异函数的计算和变异函数的拟合。变异函数的计算通常要借助于步长、容差距离和容差角度,因此,步长、容差距离和容差角度对实验变异函数计算的影响,直接关

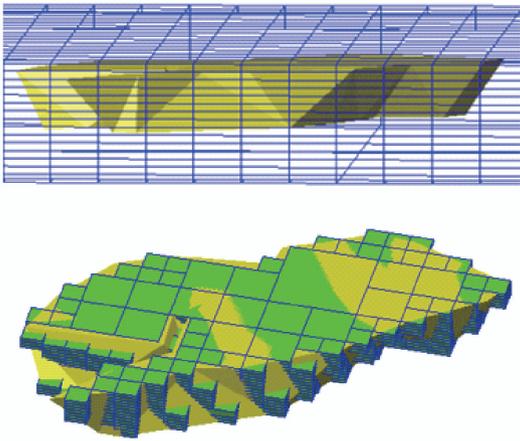


图5 本次矿体建立的块体模型

系到后期理论变异函数拟合的精度,具体如图6所示。

### 4.4 距离幂次反比法

通过距离幂次反比法对该矿体估值,由于各样品点距待估单元块中心的距离不同,其品位对待估单元块的影响程度不同,显然,距离待估单元块越近的样品,其品位对待估单元块品位的影响越大。因而在计算中,离待估单元块体近的样品的权值应比离单元体远的样品权值大,基本要领为确定矿体走向、厚度、侧伏角、倾向、倾角、延伸等矿体数据,这些都是用于估值的重要依据。根据以上所有验证得出以下矿体储量计算图,具体如图7所示。

## 5 基于3Dmine 矿体模型中深孔采矿设计

通过3Dmine 进行中深孔设计作图,不仅实现快速设计作图,还可形成三维可视图形,有助于研究矿体形态,分析中深孔布置参数,为确保合理的设计中深孔提供便捷条件,主要设置两条排线:①切割巷布置;②主排线布置。将切割巷步距设置为1 m 倾

角设置为90°,主排线设置为1.5 m 倾角85°,左右两侧设置45°夹角,孔底距设置为 $1.3 \pm 2$  m 作为爆破参数,图8所示为设置好的爆破排线图。

进入某个爆破单元的剖面状态后,将显示矿体边界、巷道边界、钻机位置、回采边界,利用3Dmine 中布置扇形孔功能快速形成炮孔形态,设置炮孔两侧夹角为45°进行布置,为更好地提高爆破效果,将采用爆破单元编号为偶数的设置偶数孔,爆破单元为奇数的设置奇数孔,因本文上个中段已使用中深孔采空,在此设置45°夹角中段顶板作为上层采矿边界,具体如图9所示。

设置参数完成后,对布置好的排线可单独进行设置编辑。炮孔的数量,长度也可进行变化,根据采矿需要还可进行增加、删除、孔底距、角度等参数的修改,确保本次爆破效果。该功能可以快速的将每个爆破单元爆破的炮孔数据、装药信息和矿岩信息等内容以图、表的形式直观的显示出来。用CAD 做中深孔设计,全程都需人工计算,设计慢、容易产生爆破效果偏差,对比3Dmine 和CAD 设计的中深孔,具体对比如图10所示。

## 6 结论

本次建模通过收集矿山工程数据勘查成果建立了梅岭南两个中断数据库及矿体模型、块体模型并可通过建立模型任意切割剖面,给出直观的矿体形态,利用3Dmine 软件进行中深孔设计,可呈现三维立体效果及计算出矿量、药量等数据,提高了采矿设计人员的劳动效率,保障了采矿设计的效果。3Dmine 软件可应用于地表和矿体形态分析,不仅是中深孔作图,在露天采坑也可对每次爆破进行快速指导矿体位置,以免造成资源浪费。在对整个矿区三维视图、采矿开拓、通风、采场结构设计等方面也

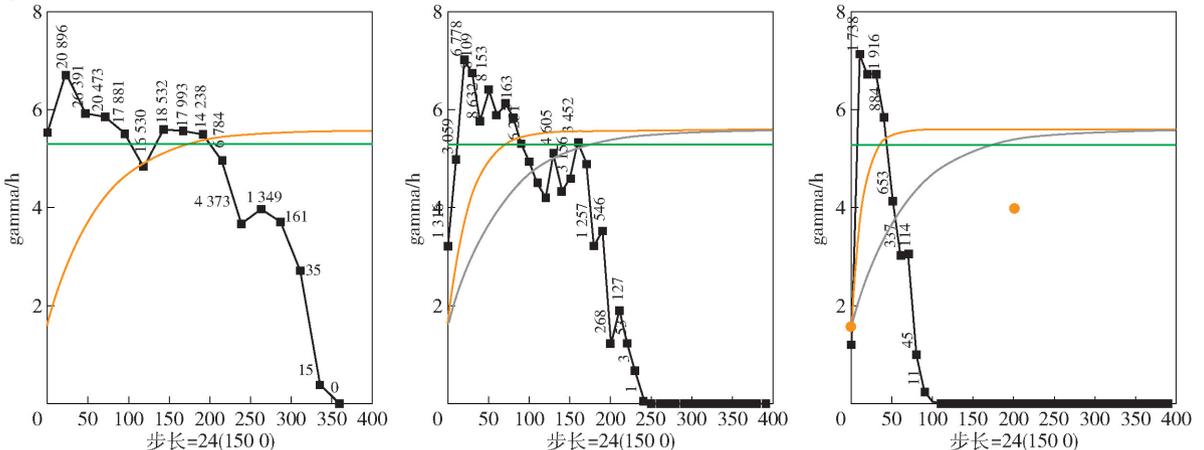
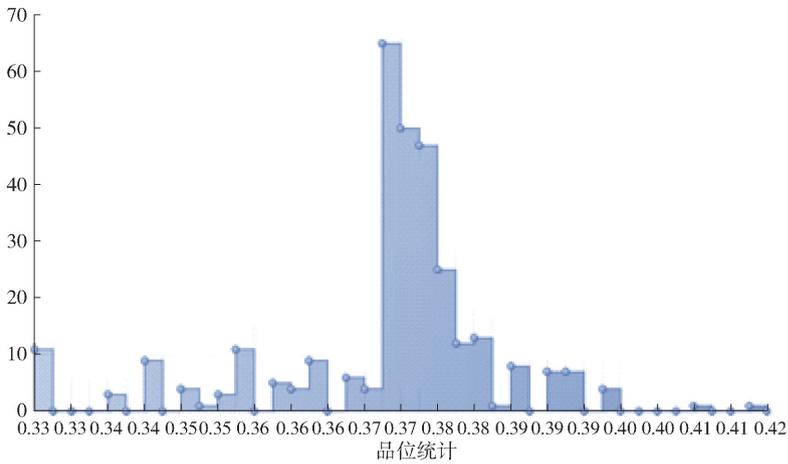


图6 变异函数主轴、次轴、短轴分布图



3DMine块体模型报告			
体积	质量	比重	Cu
50 652	144 862.72	2.86	0.38

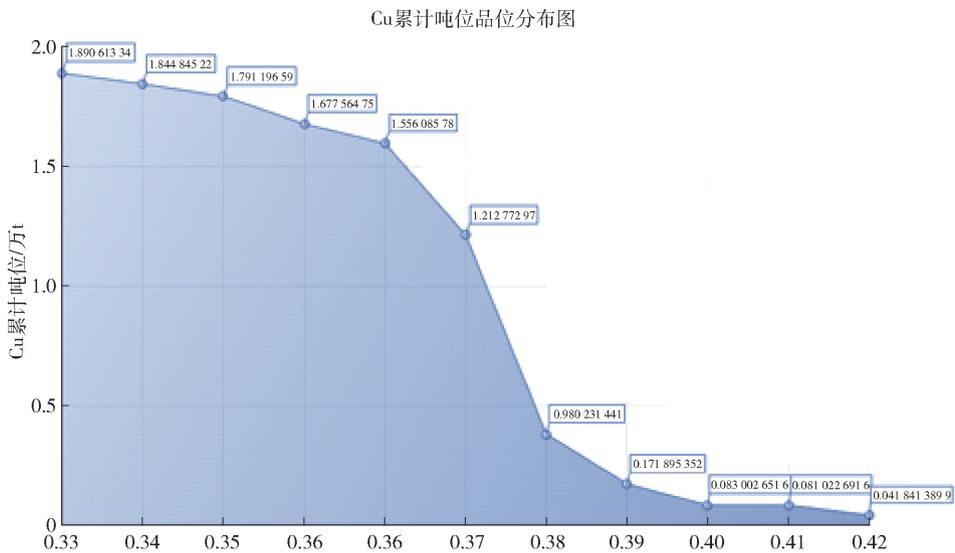


图 7 矿体储量图

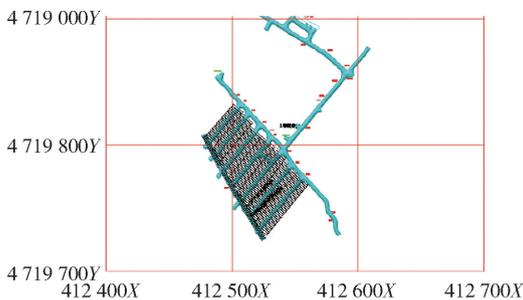


图 8 中深孔排线

有极其强大的功能,为露天及地下矿山安全高效开采技术提供科学依据。本文通过收集数据、建模、组合样品、块体模型到中深孔采矿设计,可为矿山后续开采作业提供指导。

[参考文献]

[1] 李忠水,张丽丽.基于 3Dmine 大理岩矿体三维地质模型的建立及资源量估算应用[J].中国非金属矿工业导刊,2020(6):59-62.

[2] 白海滨,周石磊.3Dmine 在地下开采中深孔作图的应用[J].中国金属通报,2017(9):48-49.

[3] 牛世刚.3Dmine 在雅满苏井下矿扇形中深孔爆破炮孔设计中的应用[J].新疆钢铁,2015(3):51-54.

[4] 方同辉,秦克章,王书来,等.浅析卡拉塔格铜金矿成矿地质背景[J].矿床地质,2002,21(S1):380-383.

[5] 王恺其,肖凡.多点地质统计学的理论、方法、应用及发展现状[J].地质科技情报,2019,38(6):256-258.

[6] 杨培杰.地质统计学反演:从两点到多点[J].地球物理学进展,2014,29(5):2293-2300.

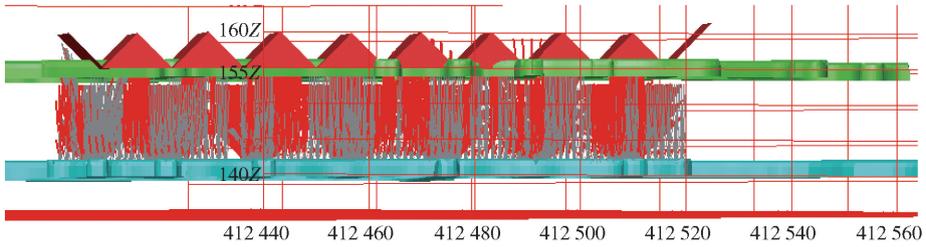


图9 中深孔设计

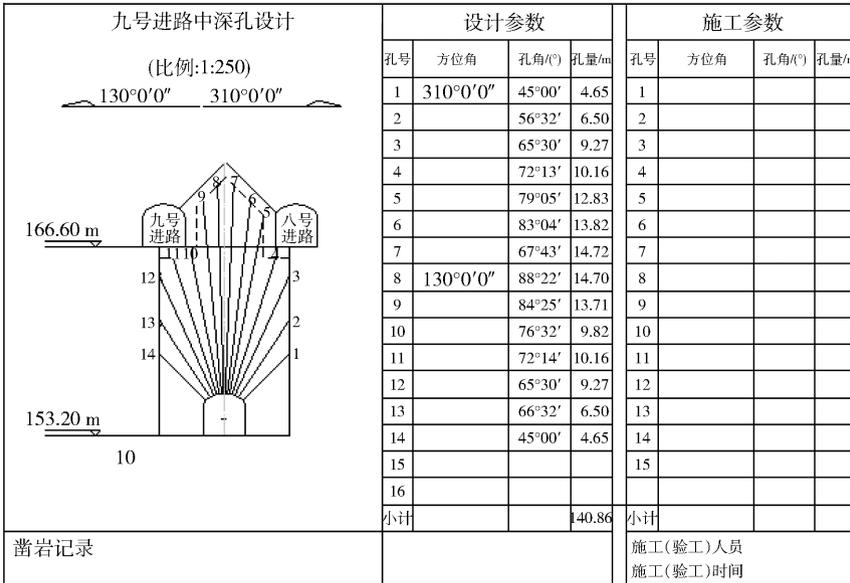


图10 基于CAD中深孔设计

[7] 李露,徐盟浩,李伟.关于提高中深孔爆破质量的分析[J].冶金与材料,2020,40(4):143-144.

[8] 陈寅,崔松,张驰,等.某铜矿中深孔试验采场空区探测及可视化分析[J].矿业研究与开发,2021,41(4):

22-25.

[9] 陈国良,万串串,解联库.中深孔爆破在西藏某矿山高分段采场的试验研究[J].金属矿山,2019(1):49-53.