

地质矿产那些事

科普 30 篇

测 01	寻“北”之旅	- 1 -
测 02	“高程”那些事	- 2 -
测 03	“地理坐标”那些事	- 3 -
测 04	“坐标”大家族	- 4 -
地 01	地质名词知多少	- 5 -
地 02	地层与时代简表	- 6 -
地 03	地层“产状”知多少	- 7 -
地 04	“褶皱”与“断层”	- 8 -
地 05	“钻孔”那些事	- 9 -
地 06	地质“顺口溜”	- 10 -
地 07	真厚度与投影	- 11 -
地 08	“岩石”大家族	- 12 -
矿 01	矿产“分类”知多少	- 13 -
矿 02	矿产“品位”知多少	- 14 -
矿 03	矿产的“工业指标”	- 15 -
矿 04	矿产“勘查”知多少	- 16 -
矿 05	“资源储量”那些事	- 17 -
矿 06	矿产“三率”那些事	- 18 -
矿 07	“标准规范”知多少	- 19 -
矿 08	细说“矿石与矿体”	- 20 -
矿 09	矿体“连接与推断”	- 21 -
矿 10	“计算”资源储量	- 22 -
矿 11	“体积”公式	- 23 -
矿 12	“我的”矿产资源	- 24 -
矿 13	压覆矿产资源	- 25 -
矿 14	矿山的“一生”	- 26 -
矿 15	矿山“经济学”	- 27 -
矿 16	“绿色”矿山	- 28 -
矿 17	“采选冶”知多少	- 29 -
矿 18	矿产“三率指标”研讨	- 30 -

★★ **科普作品**，敬请各位朋友**阅读学习**、**网络传播**，如进行商业应用或修改，请联系作者。

高孝敏（河北省地矿局第二地质大队 原总工程师） 抖音：D266206 邮箱：2489602@qq.com

请访问我的网站

www.ying.cc

[下载资料与软件](#)

万能坐标转换

三维地质

百科题库

水准大师

[《坐标转换与高程拟合》（系列视频）](#)

[《三维地质模型》（系列视频链接）](#)

[《编程精要》（系列视频链接）](#)

[《电脑那些事》（系列视频链接）](#)

★★ 全国标准信息服务平台 openstd.samr.gov.cn 国标全免费下载！

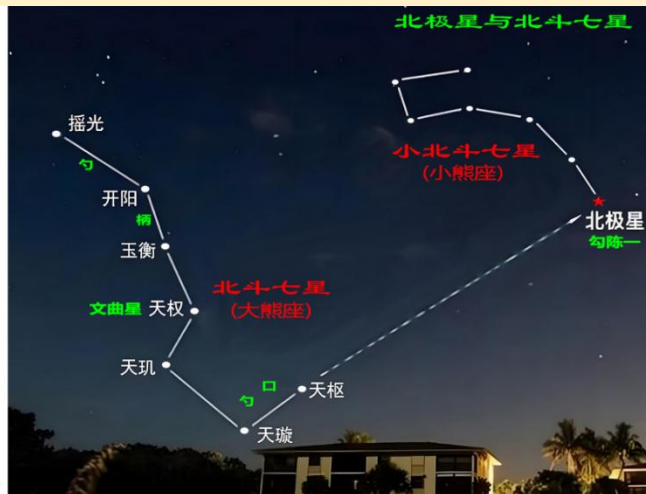
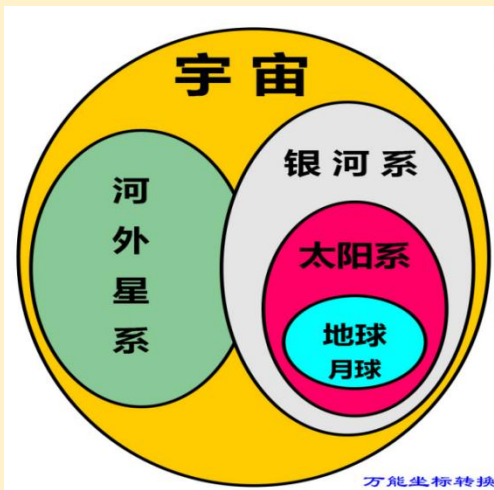
测 01 寻“北”之旅

(1) **文化北（传统北）**是中国传统天文、民俗文化体系的正北方向，以**北极星（勾陈一）**为核心方位，对应十二地支的“子”位。**银河系**是棒旋状巨大天体系统，呈椭圆盘形，包含 100 亿颗以上的恒星。北极星与**北斗七星**都属于银河系，视觉上北斗七星围绕北极星逆时针旋转，北极星大致位于天璇至天枢两星的五倍距离处。

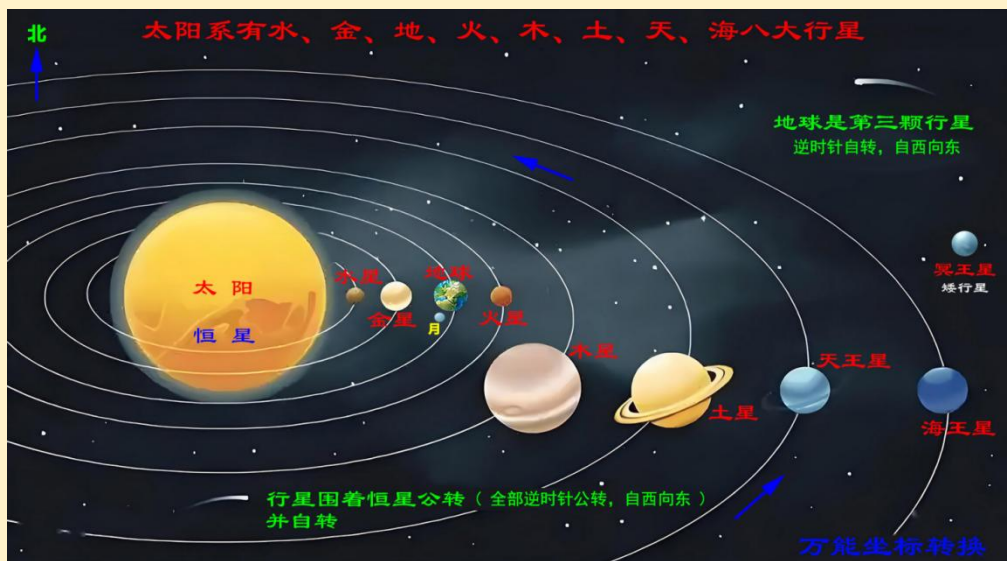
宇宙指所有的空间与时间。可观测宇宙中约有 2 万亿个星系。

宇泛指无边无际的空间。

宙泛指古今往来的时间。



(2) **天文北**是天文学**天极轴**的绝对正北方向，指向地球**自转轴**向北无限延伸的**北天极**。北天极有微小**岁差**漂移与**章动**抖动。天文北与文化北属于立体方位，两者存在约 0.7° 夹角。



太阳系是以太阳（恒星）为中心包含地球等八颗行星的天体系统。太阳系位于银河系内部，包含**水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星**等八颗**行星**，另含**矮行星、彗星**及 120 多万颗**小行星**。

2006 年之前，太阳系有九大行星（包含**冥王星**），现冥王星已降级为矮行星了。

地球是太阳系内的第三颗行星，是人类生存的星球，围绕太阳逆时针旋转，近似呈椭球体，赤道半径 $>$ 北极半径 $\geq$ 南极半径，平均半径约 6371 公里。地球由**地壳、地幔、地核**组成，外部围绕**水圈、大气圈及生物圈**。地球围绕南极 $\rightarrow$ 北极的自转轴逆时针旋转。**月球**是地球唯一的天然卫星，距地球约 38 万公里，半径约为地球半径的 $1/4$ ，自转与公转周期相同约 27.32 天。

(3) **真北**是**球面**点沿当地**真子午线**指向地球北极的**切线**方向，与球面经线走向一致。真北属于球面二维方位，常投影至二维平面地图。因极移等影响，存在几~数十角秒波动。

(4) **磁北**是**球面**点指向**地磁北极**的**切线**方向，属于球面二维方位，可用指南针、电子罗盘测得（漂移偏大）。地磁北极与地理北极不重合，各地磁北与真北之间的夹角称为**磁偏角**。

(5) **地图北（坐标北）**是常规**平面地图**内直角**坐标系纵轴**所指的**正北**方向，是国家工程测量、导航软件定位的标准正北。高斯投影地图仅在中央子午线处与真北重合！

(6) **建筑北（设计北）**是建筑设计图纸中设计师**人为指定**的北方向，是城市规划、建筑施工的专用方位基准，多采用地图北。地图北与建筑北属于局部地区的平面坐标方位。

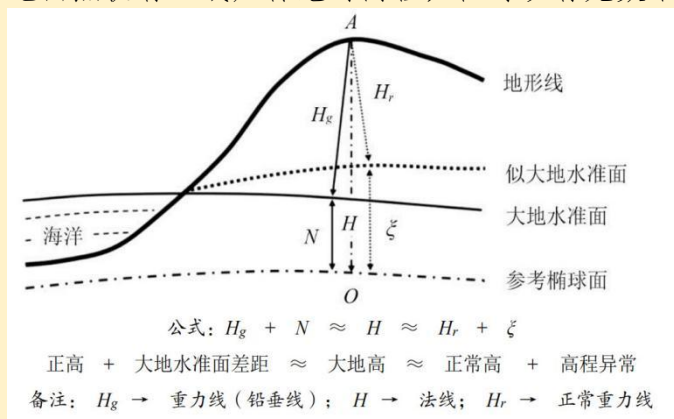
(7) **北极村**是中国最北端的城镇，**北红村**才是中国最北端的村子，有概率观测到**北极光**！

测 02 “高程”那些事

(1) **高程**是点沿铅垂方向到某基准面的距离，单位米(m)，分为绝对高程和相对高程两类。位于基准面之上取正值；位于基准面之下取负值。

① **绝对高程**是点沿竖直方向到绝对基准面（参考椭球面、大地水准面、似大地水准面）的距离，分别对应大地高、正高、正常高。人们常简称为高程，用 H 表示。

② **相对高程**（**假定高程**）是点沿铅垂方向相对某基准面的距离，多用于工程测量。通常一个地面点仅有一或几种绝对高程，但可以有无数个相对高程。



③ **参考椭球面**也称**大地椭球面**，为光滑表面，是GPS、北斗等卫星系统的测量基准。

④ **大地水准面**也称**重力等位面**，是平均海水面并延伸到大陆的重力位水准面，为略有起伏的不规则曲面。

⑤ **似大地水准面**是从平均海水面延伸至大陆内部的假定曲面，采用水准测量获得。

因大地水准面很难获取，通常在大陆内都采用**似大地水准面代替大地水准面**，在海洋上大地水准面与似大地水准面完全重合。

(2) **高程系统**是相对于不同性质的起算面（参考椭球面、大地水准面、似大地水准面、相对基准面等）所定义的高程体系。

系 统	简 单 说 明	测 绘 方 法
大地高	点沿 法线 到(大地) 参考椭球面 的距离。	用GPS、GNSS仪器进行 卫星测量 。
正高	点沿 铅垂线 到 大地水准面 的距离。	平均海平面需十几年 长期观测 计算。
正常高	点沿 正常重力线 到 似大地水准面 的距离。	用水准仪、经纬仪等高精度 水准测量 。
相对高	点沿铅垂线到 相对基准面 的距离。	用测尺、水准仪、经纬仪等 工程测量 。

(3) **高程基准**（**水准基面**）是由特定的验潮站平均海面确定的测量高程的起算面以及依据该面所决定的水准原点高程。高程基准定义了陆地上高程测量的**起算点**，我国历史上形成有**新疆波罗的海高程**、**广州高程**、**珠江高程**、**吴淞高程**、**1956年黄海高程**、**1985国家高程**等基准。



1985国家高程是目前我国的**法定**高程基准，根据青岛验潮站1952—1979年的验潮资料计算确定，为**正常高**系统，常称为**绝对高程**或者**海拔**，有时也简称高程。

水准原点也称**水准零点**，是水准测量传递海拔高程的基准点，在山东省青岛市观象山，法定高程72.260m（精确值72.2604m）。采用水准测量，从水准原点联测，组建国家高程控制网，最终形成**似大地水准面**。

以水准器为基准的全站仪、经纬仪等测量的高程值，通常与水准测量近似，精度稍低些，也属于正常高系列。

(4) **高差**是两点间高程之差，规定用终点高程减去起点高程，常用 h 表示，单位米(m)。 $h = h_{ab} = h_b - h_a$ ，值大于零标识b点高于a点；值小于零标识b点低于a点。无论用绝对高程还是相对高程计算高差，计算的数值都是一致的（或极近似的）。

(5) **水准测量**又称**几何水准测量**，是用水准仪和水准尺测定地面上两点间高差的方法。水准测量的精度可达0.3毫米以内，精度最高。水准仪有光学水准仪与数字水准仪两大类。

(6) **似大地水准面精化**是结合重力数据、地形数据与GNSS/水准成果，确定高精度似大地水准面的技术过程，该曲面由地面点沿**正常重力线**量取**正常高**构成。此技术核心是将GNSS大地高快速转换为工程实用的正常高，节省水准测量费用与时间，推进高程基准现代化。

(7) **高程拟合**是两套高程系统间的转换技术，常用于似大地水准面精化的过程中。

(8) 我国在测绘成果及地形图内，必须采用“**1985国家高程基准**”，并进行规范标注。

测 03 “地理坐标”那些事

(1) **地理坐标**用来表示地球表面各点的空间位置。其**坐标体系**主要分为空间直角坐标系、大地坐标系（俗称经纬度坐标）、平面直角坐标系（俗称公里网坐标）三大类。

坐标体系	二维格式	三维格式	参数简单描述
空间直角坐标	----	(X,Y,Z)	X 指经度 0° ，Y 指经度 90° ，Z 北天极 ($\pm 7000\ 000\text{m}$)。
经纬度坐标	(L,B)	(L,B,H)	L 经度 $\pm 180^\circ$ ，B 纬度 $\pm 90^\circ$ ，H 高程 $\pm 20000\text{m}$ 。
公里网坐标	(X,Y)	(X,Y,H)	X 北(Nx)，Y 东(Ey 整数 8 或 6 位)，H 高程 $\pm 20000\text{m}$ 。

注：坐标通常无高程数值，组合**正常高**或**大地高**后，形成三维格式。**高程常独立于坐标体系！**

(2) **坐标投影**指将区域内经纬度型的**球面**坐标投影为**平面**坐标。用（球面）经纬度坐标研究整个地球是合适的，但度分秒格式无法表示地物点间的距离。对某区域绘制平面地图时，需要以地球为参考进行平面投影，将球面经纬度坐标投影为平面坐标。

常用投影类型	技术简述	主要特点	应用
正轴墨卡托投影	正轴等角圆柱	经纬线都是直角正交的，面积有变形	世界航海图
等角圆锥投影	单(双)标准纬线圆锥	单纬线省级地图，双纬线全国地图	区域性专题图
高斯克吕格投影	等角横切椭圆柱	角度无变形，中心线外距离有形变	中国、俄罗斯
UTM 投影	等角横轴割椭圆柱	角度无变形，两条割线外距离有形变	美国、英国等
正轴方位投影	以南北两极为中心	有等积方位和等距方位两类投影	南北两极投影

(3) **坐标基准**（**参考椭球**）是研究坐标系统的起算点、地球半径、地球扁率等相关**参数**的数学基础准则。地球是赤道略鼓的近似椭球体。因技术水平、历史机缘及国家保密等原因，世界历史上形成了很多坐标基准体系。与坐标投影、坐标体系组合后，形成近**千种**坐标类型。

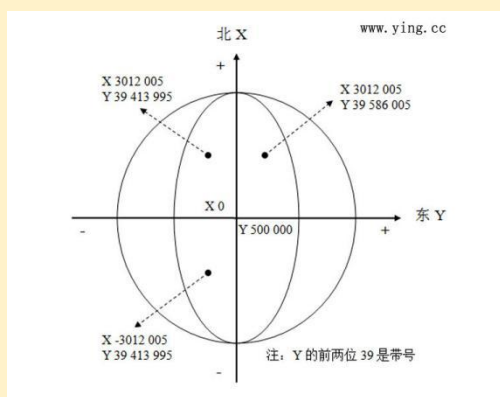
坐标基准	公里网坐标	经纬度坐标	应用	备注
北京 54	北京 54 公里网	北京 54 经纬度	我国上世纪 50 至 80 年代	参心坐标
西安 80	西安 80 公里网	西安 80 经纬度	我国上世纪后期至本世纪初	
国家 2000	国家 2000 公里网	国家 2000 经纬度	★我国 2008 年后强制使用	地心坐标
美国 WGS84	WGS84 公里网	WGS84 经纬度	美国及西方各国组合 UTM 投影	

注：经纬度坐标也有北京 54、西安 80 等类型。WGS84 经纬度与国家 2000 经纬度很相近。

(4) **投影分带**是为了减小投影误差，仅选择地球的局部条带（**橘子瓣形**）进行投影。高斯投影远离中央子午线后误差增大，UTM 投影远离两条割线后误差增大，因此需限制经向区间。

投影分带	经度范围	中国分带的中心经度值（ 中央子午线 ）	应用场景
六度带投影	经度 6 度	始自东经 3 度，9、15...117、123、129...等	1:5 万等大区域
三度带投影	经度 3 度	始自东经 3 度，6、9...117、120、123...等	1:1 万等中区域
度半带投影	经度 1.5 度	始自东经 3 度，4.5、6...117、118.5...等	1:2000 等小区域

注：WGS-UTM 投影仅有六度带投影，自西经 177 度至东经 177 度，带号比我国六度带大 30。



我国将中央子午线处 Y 值定为 500 公里，赤道处 X 值定为 0 公里。如图的中央子午线处经度为 117 度，对应六度带编号 20，对应三度带编号 39，对应度半带编号 77。

六度带 D1，20586005.19，3012005.31，23.45；

三度带 D1，39586005.19，3012005.31，23.45；

度半带 D1，77586005.19，3012005.31，23.45。

公里网坐标的 Y 值，全格式为 8 位整数(米)。省略**带号**后为 6 位整数(米)，此点三种分带的坐标数值相同。

跨带转换是将点从中央子午线（如 117，带号 20）更改为邻近中央子午线（如 120，带号 40）再进行投影。

(5) **地方坐标系**（**用户自定义坐标系**）指局部地区建立的相对独立的平面直角坐标系。

(6) **坐标转换**是将坐标系统变换至另一种坐标系统的过程。涉及经纬度—公里网、跨带转换、自由变换、两种坐标基准间转换等。两种坐标基准间转换需要已知的**对应点对**数据！

测 04 “坐标”大家族

(1) **坐标**是用于确定点在空间内位置的一个或一组数值，将几何点与有序数建立对应关系，实现“数”与“形”的结合。

(2) 坐标通常按**维度**分为一维坐标、二维坐标、三维坐标、四维坐标...等。

(3) 坐标按常规**用途**分为数学坐标、地理坐标、屏幕坐标等。数学坐标属于全民教育范畴，地理坐标用于地理、测绘、地质、矿山等行业，屏幕坐标用于计算机绘图。

(4) 坐标按参数**形式**分为直角坐标、极坐标、球面坐标、球坐标、圆柱坐标...等等。

大类	坐标种类	简 述	备注
一维坐标	数轴坐标	按直线或曲线轨迹，用(X)一个数值描述。	通用
	时间坐标	用参数 t 表示过去、现在与将来的时间轴。	时间
二维坐标	屏幕直角坐标	右向 X(Xp)，下方 Y(Yp)，用 (X,Y) 两数描述。	电脑
	(数学)平面直角坐标	右向 X，(上北)远方 Y，用 (X,Y) 两数描述。	数学
	地理平面直角坐标	上北 x(Nx)，右东 y(Ey)，用 (x,y) 描述(公里网坐标)。	★★
	经纬坐标(球面坐标)	右向经度 L，北向纬度 B，用 (L,B) 两角度表述。	★★
	虚数坐标	设定 $i^2=-1$ ，用复平面直角坐标表示 $a+b\cdot i$ 虚数。	虚数
	对数坐标（横、竖）	横轴或竖轴刻度间距与数值的对数 $\log_a(b)$ 成正比。	数学
	双极坐标（横、竖）	有两极点的特殊平面曲线坐标系（如椭圆曲线）。	数学
	平面极坐标	右轴逆时针旋转，用水平极径、极角 (r,θ) 表述。	数学
	地理方位坐标	正北顺时针旋转，用水平距离、方位角 (r,δ) 表述。	地理
三维坐标	数学三维直角坐标	右向 X，远方 Y，上方 Z，用 (X,Y,Z) 三数描述。	数学
	空间三维直角坐标	0 度 X，东经 90 度 Y，北极 Z，用 (X,Y,Z) 三数描述。	天文
	三维公里网坐标	北方 x，东向 y，正常高 Hz，用 (x,y,H _z) 三数描述。	★★
	三维经纬度坐标	经度 L，纬度 B，正常高 Hz，常用 (L,B,H _z) 表述。	★★
	经纬大地坐标	经度 L，纬度 B，大地高 Hd，常用 (L,B,H _d) 表述。	卫星
	抛物柱面坐标	$\sigma\ \tau$ 平面抛物线参数，z 高度，用 $(\sigma,\ \tau,\ z)$ 表述。	数学
	椭环面坐标（a、b）	用环向标识、球面夹角、水平极角 $(\eta,\ x,\ \theta)$ 表述。	数学
	螺旋坐标（ $z=p\ \theta$ ）	用水平极径、水平极角、高度 $(r,\ \theta,\ z)$ 表述。	工业
	圆柱坐标（无约束）	用水平极径、水平极角、高度 $(r,\ \theta,\ z)$ 表述。	数学
	三维球坐标	用立体球径、水平极角、天顶角 $(\rho,\ \theta,\ \phi)$ 表述。	天文
	空间球坐标（少用）	用立体球径、水平极角、仰俯角 $(\rho,\ \theta,\ \beta)$ 表述。	特殊
	地理球坐标	用立体球径、顺时针角、仰俯角 $(\rho,\ \delta,\ \beta)$ 表述。	地理
时空坐标	将时间参数附加给上述坐标系统，会形成各种时空坐标体系，是三维动画的数学基础。 如 $(X,t)\ (x,y,t)\ (X,Y,Z,t)\ (x,y,H,t)\ (r,\ \theta,\ z,t)$ 等等。		
注：水平角有顺时针与逆时针之别。立面角有天顶角与倾角(仰俯角)之别。X、Y 有正反之别！ 推荐标准：水平极径 r ，立体球径 ρ ；水平角 θ 逆、 δ 顺；天顶角 φ ，仰俯角(倾角) β 。			

(5) **重要区别**指各坐标系间要特别注意的不同点，极易引发坐标混乱！

- ① 数学(CAD等)右X轴远Y轴，地理(测绘)北X轴右Y轴，两者定义的**X、Y相反**！
- ② 数学天文多采用右X轴**逆时针**角，地理方位角则采用北X**顺时针**角(0~360°)。
- ③ 数学天文多采用**天顶角**(0~180°)，地理测绘多采用**仰俯角**(±90°，**仰角取正值**)。
- ④ 经度L，纬度B，是测绘(地理)的专用符号。别与数学的距离L、点B等混淆。
- ⑤ **球面坐标**属于特殊的二维曲面，(三维、空间、地理)**球坐标**属于真三维坐标。
- ⑥ 某些坐标有很多变种(如公里网坐标有近千种)，数字格式一样，需仔细甄别标注。

(6) **空间转换**是将坐标数据变换至另一种坐标系的全过程。因为每种坐标系有各自的坐标基准、约束参数、变换要求(顺逆、平移、旋转、缩放、变形)等区别，需分门别类甄别转换的特殊性，建立科学的转换模型。空间转换常需要已知的**对应点对**数据或基础参数！

地 01 地质名词知多少

(1) **地壳**[qí à o]是地球最外侧的固态岩石层，海洋底部厚约 6 公里，陆地厚约 35 公里，最厚处约 70 公里。地壳的成分以氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛、氢为主，上部成分与花岗岩类类似称为**硅铝层**，下部成分与玄武岩类类似称为**硅镁层**，两层之间的界面称为**康拉德面**，海洋底部一般缺失硅铝层。地壳之下为软流状的地幔，地壳与地幔间的界面称为**莫霍面**。

(2) **地质**指地球的性质和特征，包括地球的物质组成、结构、构造、发育历史、矿产赋存等。

(3) **地质学**是研究地球性质和特征的学科。地质学可分为矿物学、岩石学、地层学、古生物、构造地质、区域地质、矿产地质、水文地质、工程地质、环境地质、海洋地质、农业地质、旅游地质、地球化学、地球物理、地质遥感、天体地质等学科。数学、物理、化学、生物与地质学并列为自然科学**五大基础学科**。

(4) **矿物**是具有一定化学组成和有序晶体结构的天然单质或化合物。矿物分**晶质与隐晶质**两类。通常用**比重、颜色、光泽、硬度、晶型、解理、条痕、磁性、荧光**等性质鉴别矿物。

(5) **岩石**是天然矿物的固态集合体，分为**岩浆岩、沉积岩、变质岩**三大类。由一种矿物组成的称作**单矿岩**，如大理岩；由数种矿物组成的称作**复矿岩**，如花岗岩。**岩浆岩**分为**侵入岩与喷出岩**两类，通常按 SiO_2 含量分为**超基性、基性、中性、酸性**四类。**沉积岩**又称水成岩，可分为**碎屑沉积岩、化学沉积岩、生物沉积岩**。**变质岩**按物质来源分为**正变质岩、副变质岩**两类；按变质条件分为**热接触变质岩、区域变质岩和动力变质岩**等等。

(6) **地层**指地壳内近似成层的岩石体，常指沉积岩、变质岩及火山喷出岩石，广义可含变质岩、岩浆岩等非层状体。地层有**松散堆积与坚硬基岩**两类。**时代地层单位**逐级用**宇-界-系-统-阶-(带)**表述。**岩石地层单位群-组-段**。**生物地层单位(带)**是以化石为依据建立的年代地层系统。

(7) **地质时代**指地球演化的地质历史时期，**地质时代单位**逐级用**宙-代-纪-世-期-(时)**表述。地层的时代通常用地层层序、化石、同位素测年、古地磁或光释光等方法确定。地球起源于 46 亿年前(冥古宙)，12 亿年前出现真核生物，5.4 亿年时寒武纪生物大爆发。

(8) **化石**是地史时期古生物的遗体、遗迹和遗物。古生物的爬痕、粪便等也称为化石。

(9) **宝石**是珍贵的单晶或双晶矿物(如钻石)，具有持久、漂亮、硬度高、稀有等特点。

(10) **玉石**是较珍贵的隐晶质矿物集合体(如翡翠)，有美观、温润的特点，分**硬玉与软玉**两类。

(11) **解理**是结晶矿物受力后沿结晶方向裂开的较光滑平面。一般矿物具有多组解理面。

(12) **节理**是岩石受力断裂后两侧岩块没有显著位移的小型裂隙面。节理可分为原生节理、风化节理和构造节理等。**构造节理**分为**张节理和剪切节理**两类。**劈理**是沿最大剪切应力方向发育的细而密集的剪切节理。**线理**是岩层中小型和微型的相互平行的线状节理。

(13) **结构**指组成岩石的矿物的结晶程度、晶粒大小、晶粒相对大小、晶体形状及矿物之间结合关系等，反映岩石构成的内部微观特征。常按矿物颗粒的绝对大小分为**粗粒结构、细粒结构、微粒结构、隐晶质结构、玻璃质结构**等。另有**辉长结构、花岗结构、变余结构、变晶结构**等。

(14) **构造**指岩石中不同矿物集合体间或矿物集合与其它组成部分之间的排列、充填方式等，反映岩石构成的外部总体特征。**岩石构造**有**块状构造、层状构造、似层状构造、带状构造、斑杂构造、气孔构造、杏仁构造、流纹构造、枕状构造**等类型。**地质构造**(地层构造)分为**褶皱、断裂构造**，**褶皱**分为**背斜、向斜、紧闭同斜**等，**断裂**包含**断层**(**正断层、逆断层、平移断层、韧性剪切带**等)、**节理**(**张裂、剪裂**)、**劈理**三大类型。

(15) **地质作用**是由自然动力使地壳物质、构造及地表形态等不断变化的作用。地质作用划分为**内力与外力**两类，**内力地质作用**分为**地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震作用**，**外力地质作用**分为**风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和固结成岩作用**。

(16) **地下水**分**孔隙水、裂隙水、岩溶水**三大类。**孔隙水**分为**包气带水、上层滞水、地下潜水**等。**地下潜水**是首个稳定隔水层之上具有自由水的重力水。**承压水**是充满上下隔水层间的地下水。

(17) **地热资源**指在地球内部的可再生热能，主要来源于地球内部放射性元素的衰变放热。通常分为**浅层地温能、水热型地热、干热岩型地热、岩浆型地热**四大类。

(18) **地质灾害**指**崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降**与地质作用有关的灾害。

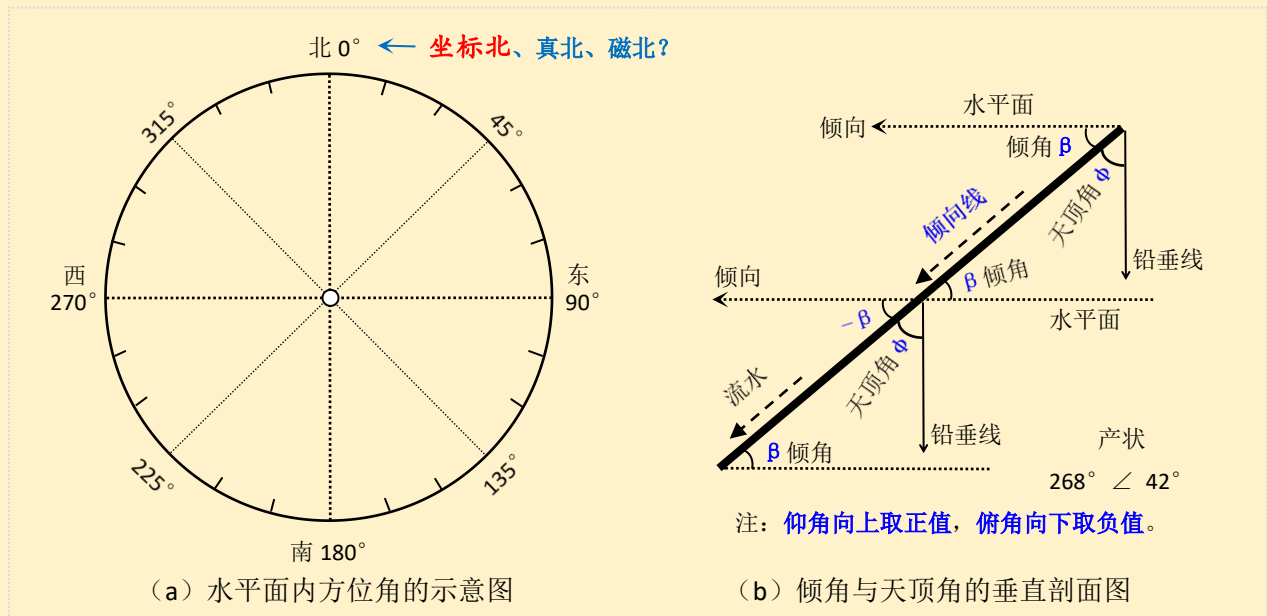
地 02 地层与时代简表

宙 (宇)	代 (界)	纪 (系)	世 (统)	底界年龄值 (百万年)	重要地质事件
PH 显生宙 (宇)	Kz 新生代 (界)	Q 第四纪 (系)	全新世 (统) Qh	0.0117	有考证的人类历史
			更新世 (统) Qp	2.58	早期人类 (猿人)
		N 新近纪 (系) ◆旧称新第三纪 (系)	上新世 (统) N ₂	5.333	人猿祖先
			中新世 (统) N ₁	23.03	喜马拉雅山脉隆起
		E 古近纪 (系) ◆旧称老第三纪 (系)	渐新世 (统) E ₃	33.9	大多哺乳动物目崛起
			始新世 (统) E ₂	56	小型哺乳动物
			古新世 (统) E ₁	66	有蹄类动物
	Mz 中生代 (界)	K 白垩纪 (系)	K ₁ K ₂ ---总两分	145	恐龙繁盛后灭绝
		J 侏罗纪 (系)	J ₁ J ₂ J ₃	201.4 ± 0.2	被子植物、鸟类
		T 三叠纪 (系)	T ₁ T ₂ T ₃	251.902±0.024	卵生哺乳动物、恐龙
	Pz 古生代 (界)	P 二叠纪 (系)	P ₁ P ₂ P ₃ ---?原两分	298.9 ± 0.15	盘古大陆形成
		C 石炭纪 (系)	C ₁ C ₂ ---?原三分	358.9 ± 0.4	裸子植物、爬行动物
		D 泥盆纪 (系)	D ₁ D ₂ D ₃	419.2 ± 3.2	两栖动物、昆虫
		S 志留纪 (系)	S ₁ S ₂ S ₃ S ₄ ?原三分	443.8 ± 1.5	陆生的裸蕨植物
		O 奥陶纪 (系)	O ₁ O ₂ O ₃	485.4 ± 1.9	鱼类、淡水植物
		Є 寒武纪 (系)	Є ₁ Є ₂ Є ₃ Є ₄ ?原三分	538.8 ± 0.2	寒武纪生命大爆发
PT 元古宙 (宇)	Pt ₃ 新元古代 (新元古界)	NP ₃ 埃迪卡拉纪 (系)	Z 震旦纪 (系) *	635	多细胞动物、腔肠动物
		NP ₂ 成冰纪 (系)	Nh 南华纪 (系) *	720	雪球事件、古海绵动物
		NP ₁ 拉伸纪 (系)	Qb 青白口纪 (系) *	1000	罗迪尼亚古陆
	Pt ₂ 中元古代 (中元古界)	MP ₃ 狭带纪 (系)	DJ? 待建纪 (系) * —— 内含“下马岭组”	1200	真核生物、有性繁殖
		MP ₂ 延展纪 (系)		1400	大型宏观藻类
		MP ₁ 盖层纪 (系)	Jx 蓟县纪 (系) *	1600	滨海相碳酸盐岩
	Pt ₁ 古元古代 (古元古界)	PP ₄ 固结纪 (系)	Ch 长城纪 (系) *	1800	**中国的中元古界**
		PP ₃ 造山纪 (系)	Ht 溱沱纪 (系) * =中国的古元古界	2050	造山、浅变质作用
		PP ₂ 层侵纪 (系)		2300	河流、滨海沉积
		PP ₁ 成铁纪 (系)		2500	大氧化事件、叠层石
AR 太古宙 (宇)	Ar ₃ 新太古代 (新太古界) 例: ?五台岩群、泰山岩群 *			2800	第一次冰河期
	Ar ₂ 中太古代 (中太古界) 原: 迁西岩群 * (现为 Ar ₃)			3200	较多的原核生物
	Ar ₁ 古太古代 (古太古界) 例: 陈台沟岩组 *			3600	蓝绿藻
	Ar ₀ 始太古代 (始太古界) ? 早期资料其底界 3800 百万年			4031 ± 3	第一个生物——细菌
HD 冥古宙 (宇?)	早期按月球地质研究成果, 将冥古宙定义为 46→38 亿年, 由老至新划分为隐生代、原生代、酒神代、雨海代[早雨海代]四个代。 目前冥古宙定义为 46→40 亿年, 地球未发现确切的地层资料。			(45.67 亿年) (4567 百万年)	地球诞生、出现海洋
说 明	① 参照国际地层委员会 2023 年 9 月的国际地层表及 2014 版中国地层表编制, 年龄值为地质时代的底界年龄。 ② 括号前为年代单位, 括号内为地层单位。③ 古生代分为早、晚古生代 (各 3 纪), 古生界分为下、上古生界。 ④ 旧称隐生宙现已细分为冥古宙、太古宙、元古宙。⑤ 旧称第三纪含老第三纪、新第三纪, 现已更名 (E、N)。				

注: 地质时代用宙-代-纪-世-期-(时)表述。地层用宇-界-系-统-阶-(带)表述。带*项为中国专属称谓。

地 03 地层“产状”知多少

(1) **方位角**是水平面内指北方向线与目标方向线之间的顺时针夹角，取值 $[0^\circ \rightarrow 360^\circ]$ ，北 0° ，东 90° ，南 180° ，西 270° ， $360=0^\circ$ 。从磁子午线起算的称为**磁方位角**；从真子午线（北极）起算的称为**真方位角**；从地形图的坐标北纵线起算的称为**坐标方位角**。我们通常以地形图的**坐标北**为起算依据，测量得到的坐标方位角就俗称方位角。真方位角常用于精密测绘。



(2) **倾向**是层面的顺水方位角，即**倾向线**（水在重力作用下自由流动线）的水平投影方位角。

(3) **倾角**是倾向线与水平面的夹角，取 $[0^\circ \rightarrow 90^\circ]$ 。**仰俯角**取值 $\pm 90^\circ$ 之间， 0° 水平；**仰角**向上取正值， 90° 垂直向上；**俯角**向下用负值表示， -90° 垂直向下。仰俯角有时也全采用正值表示（=倾角）。

(4) **天顶角**是倾向线与铅垂线的夹角，取 $[0^\circ \rightarrow 90^\circ]$ 。天顶角与倾角互为补角，两者之和为直角。钻孔的测斜数据都采用天顶角，用 0° 为铅直，用 90° 为水平。数学与天文计算时，天顶角常取 $[0^\circ \rightarrow 180^\circ]$ 。

(5) **走向**是层面与水平面的交线方位角，走向与倾向垂直，有**两个方位角**，两值相差 180° 角，通常任取其一表述。例如：已知倾向 30° ，可求出走向值为 120° 或 300° 走向值。

(6) **产状**指层面的产出状态，用层面的**倾向、倾角、走向**表述。地层的倾向、倾角与走向称为**地层产状三要素**。已知倾向就能求出走向，标注时可忽略走向参数，产状示例： **$98^\circ \angle 30^\circ$** ，前为倾向，后为倾角。通过三维测量计算的产状才是真产状。仅通过某垂直剖面计算的产状称为**假产状**，对应的**假倾角**<真倾角。

(7) **水平面（水平地层）**的倾角总为 0° ，其倾向及走向无实际意义。程序计算时，常用倾向=倾角= 0° ，表示产状未知；而用倾向>倾角= 0° ，表示已知水平面。

(8) **倾斜面（倾斜地层）**的倾角不为 0° ，其倾向、倾角有唯一值，两个走向值垂直倾向。

(9) **地质间断**指地层与相邻层之间明显的不连续面，具有较大的地质时代间断或构造间断。地质间断可分为**沉积间断、倒转间断、断裂间断、岩浆侵入间断**等类型。类似地层，**地质间断面**也用产状描述。

(10) **底面产状**指地层底部与下伏地层间接触面的产状。底面产状即下伏地层的**顶面产状**。地层的接触面可能为**沉积面、倒转面、间断面、构造面、侵入面**等。优先计算可连接控制的底面产状。未知层面的产状，应采用已知规律推断的产状，或采用相邻层面的产状近似外推。

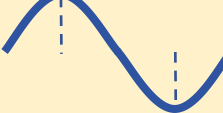
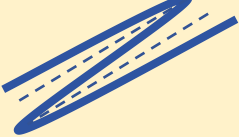
(11) **花纹产状**指绘制地质剖面时，岩性花纹的结构面产状。花纹产状一般代表沉积层、变质层、构造面的产状，通常侵入岩无花纹产状。花纹产状通常采用**花纹向量线**表述，呈梯形展布地层或尖灭地层宜采用中间位置的向量线表述。图切剖面内的花纹产状及底面产状多为假产状。底面产状≈花纹产状≈顶面产状。

(12) **法向量**指任意层面的垂直轴的向量值 (x, y, z) 。法向量有两个值（一向上，一向下），通常取向上或指向观察者的值。已知层面的倾向与倾角，就能计算法向量，再用法向量参与数学计算。

(13) **地层连接**是建立地层剖面或三维模型时，按间断面（体）→主层→夹层的对应关系，智能分析处理后，参考地层产状相互连接为分层地质体（地层集合）。

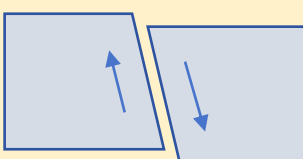
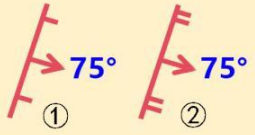
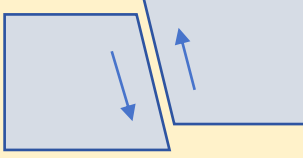
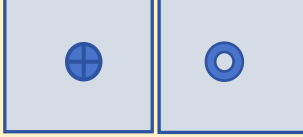
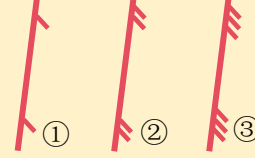
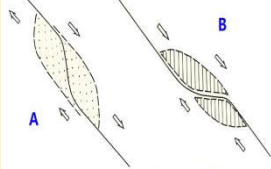
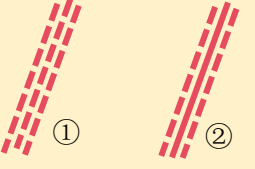
地 04 “褶皱”与“断层”

(1) **褶皱**是岩层受构造应力作用发生波状弯曲,但未丧失连续性和完整性的地质构造。基本形态分为背斜与向斜两类,背斜或向斜称为“褶曲”,同向倾斜的褶曲称为“同斜褶曲”。

分类	剖面形态	简单说明	应力
背斜		背斜的形态向上拱起,核部为老地层、两翼为新地层。地层被剥蚀后,会形成新-老-新的组合。	挤压变形
向斜		向斜的形态向下凹陷,核部为新地层、两翼为老地层。地层被剥蚀后,会形成老-新-老的组合。	
褶曲		指岩层在地质应力作用下发生的单个永久性弯曲变形。单个背斜或向斜就称为一个褶曲!背斜与向斜组成褶皱。地层被剥蚀后,褶皱体会形成中-老-中-新-中的组合。	
同斜褶曲		也称“ 紧闭同斜 ”是两翼岩层向同一方向倾斜且倾角大致相近的褶曲。一般情况,各轴面的倾角之差 $\leq 10\sim 20^\circ$ 角。常见于古老的沉积变质岩系、造山带等构造强烈变形区。 注:图内虚线表示轴面,轴面与层面的交线为枢纽线。	挤压强变形

- ① **两翼**指背斜或向斜的两侧变形较小的地段,分布在核部两侧(核部变形最大)。
- ② **枢纽**指同一褶皱面上最大弯曲点的连线(水平、倾斜或波状线),平面图用**粗黑线**标识。
- ③ **轴面(枢纽面)**指褶皱内各相邻褶皱面上的枢纽共同连接构成的假想面(倾向面)。
- ④ **倒转褶曲(倒转褶皱)**指轴面倾斜,一翼正常,另翼岩层的层序发生倒转的褶曲类型。

(2) **断层**是岩石破裂面的两侧岩块发生明显相对位移的断裂构造。断层细分为正断层、逆断层、平移断层、旋转断层、韧性剪切带等,韧性剪切带属于**塑性断层**,其它为**脆性断层**。

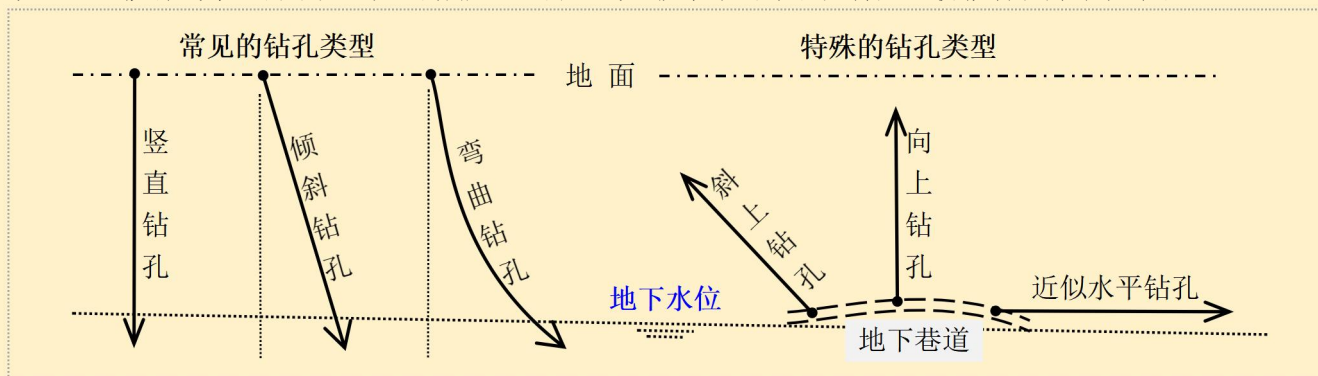
分类	立面示意	平面图标识	简单说明	主应力
正断层			上盘下降,下盘上升, 张应力 为主。箭头为倾向,倾角常较大($\geq 45^\circ$)。 ①图:特殊侵入接触面(× 少见)。 ②图:常规的正断层(两个小爪)。	水平张拉
逆断层			上盘上升,下盘下降, 压应力 为主。 ①图:常规的逆断层(两个小爪)。 ②图: 逆掩断层 (倾角 $\leq 45^\circ$)。小倾角、大滑距的为 逆冲推覆构造 。	水平挤压
平移断层			又称“ 走滑断层 ”,两侧地质体在水平方向相对滑移,倾角一般较大。 ①图: 右行走滑 (平移)断层。 ②图: 左行走滑 (平移)断层。	水平剪切
旋转断层			又称“ 枢纽断层 ”,两侧地质体发生相对旋转, 断距 在各点处不一样。斜齿指示扭动方向。① 扭性断裂 ,② 张扭性断裂 ,③ 压扭性断裂 。	垂向旋转剪切
韧性剪切带			塑性状态的岩石,受持续剪应力作用形成高应变连续变形带,带内普遍发育 糜棱岩化 ,无明显的脆性破裂面。 ①韧性剪切带,②脆-韧性剪切带。	长期高温剪切

断层都用**粗红线**标识,**实测的**用粗实线,**推测的**用粗虚线。**复合断层**有多种性质(如平移+正断)。

地 05 “钻孔”那些事

(1) **钻机**指地质勘查或工程勘察中能采取岩石样品的钻探设备系统，其核心部件也称为钻机。整套钻探设备包括钻塔、钻机、钻杆、钻头、岩心管、泥浆泵等部件。钻机带动钻杆与钻头破碎孔底岩层，获取岩心或岩粉，形成圆柱状的深孔。按施工工艺，钻机可分为回转钻机、冲击钻机、旋挖钻机、反循环钻机、水平定向钻机等，最常用回转钻机。有些新型钻机自带行走装置，称为“**自行走钻机**”。

(2) **钻孔（钻井）**指用钻机在地层内钻成的直径较小深度较大的柱状圆孔。在三维地质模型中，钻孔通常须竖直、倾斜或弯曲向下，还无法智能处理向上或近似水平的钻孔，需人工模拟转化为常规钻孔。



(3) **岩心**指在钻孔内取出的柱状岩石样品，旧称“**岩芯**”。将柱状矿石样品称为**矿心**。

(4) **采取率**指岩心（或矿心）的总长度与钻孔进尺长度之比的百分数，代表取样质量优劣。

(5) **RQD 值**指大于 10cm 的岩心累计长度与钻孔进尺长度之比的百分数，代表岩石破碎程度。

(6) **单孔**专指一个竖直或斜向下方的钻孔，可绘制柱状图，三维模型通常不允许向上或近似水平。

(7) **两孔**专指两个竖直或斜向下方的钻孔，用两孔形成剖面图（钻孔投影线不允许相交）。

(8) **三孔**专指地面上呈三角形的三个钻孔，用三边形成三条剖面，智能构建三维地质模型。

(9) **孔口**指钻孔在地表的开孔位置，即钻孔轨迹线的起点，用三维坐标表示 (X,Y,Z)。

(10) **孔底**指钻孔在地下的结束位置，即钻孔轨迹线的终点 (X,Y,Z)。通常孔口标高须高于孔底。

(11) **斜深（孔深）**指钻孔轨迹的斜向弯曲深度（孔内钻杆长度），单位：米。

(12) **测斜数据**指钻孔轨迹线上测点的**斜深、方位角与天顶角**数据。常用陀螺测斜仪获取测斜数据，采用真北方位，有效避免磁性干扰、精度高。浅孔无需测斜，其轨迹线可按直线处理。

(13) **轨迹点**指钻孔轨迹线上某点的三维坐标，通常用孔口坐标与测斜数据计算得到。

(14) **水位埋深**是钻孔内某层地下水（通常为地下潜水）的静止水位到孔口的斜深度。由于地下水位面是曲面，在各钻孔中的水位埋深是有差异的，需结合测斜数据计算得到该孔内的**水位标高**。

(15) **岩心直径**指圆柱状岩石样品的直径（取毫米值），例如：60、48、34mm 等系列。

(16) **钻头直径**指钻具头部的有效直径，常用毫米表示，例如：91、76、56mm 等系列。

(17) **岩心管**指紧邻钻头附近用于临时存放岩心的内管。岩心管的直径略小于钻杆直径，略大于岩心直径，通常采用绳索取芯，不用提取钻头与钻杆，可快速将岩心提取至地表。

(18) **套管**指用于保护钻孔不坍塌的铁管或塑料管等，一般孔口或松散地层需下设套管护壁。

(19) **花管**指有地下水的钻孔中用于保护钻孔且起滤水作用的带孔铁管或塑料管等。

(20) **开孔直径**指孔口附近的钻孔直径。开孔直径应略大于孔口套管的直径。

(21) **中段直径**指钻孔中段的成孔直径，通常略大于钻头直径，例如：93、78、58mm 等系列。

(22) **终孔直径**指孔底附近的钻孔直径。如采用两段成孔，终孔直径与中段直径一致。

(23) **钻孔六项指标**指岩矿心采取率、钻孔弯曲度、简易水文观测、孔深校正、原始报表、封孔。

(24) **探矿钻孔**通常多采用回转钻机成孔。固体矿产勘查时，见矿段孔径应 $\geq 75\text{mm}$ ，岩心直径应 $\geq 48\text{mm}$ ，岩矿心采取率应 $\geq 80\%$ ，破碎岩层采取率应 $\geq 65\%$ 以上。直孔每百米应测斜，斜孔每 50 米应测斜，孔口附近与见矿位置，应增加测斜次数。直孔每百米偏斜应 ≤ 2 度。斜孔每百米的方位角偏斜应 ≤ 2 度，倾角偏斜应 ≤ 3 度。钻孔孔底的见矿位置偏差应 $\leq 1/4$ 设计线距。

(25) 普通探矿钻孔一般 ≤ 3000 米；石油钻井通常 4000~9000 米。目前公认的最深钻孔，位于俄罗斯科拉半岛，“**科拉超深钻**”SG-3 最终垂直深度达到 12262 米。俄罗斯部分石油钻井的斜深已达 12376 米！

地 06 地质“顺口溜”

(1) 化学元素相关顺口溜及解释：(地壳、地幔、地核内的元素丰度是不同的)

氧、硅、铝、铁、钙； 钠、钾、镁、钛、氢。	地壳内 元素丰度 顺序：氧(O)约 46.6%，硅(Si)27.7%，铝(Al)8.1%，铁(Fe)5.0%，钙(Ca)3.6%，钠(Na)2.8%，钾(K)2.6%，镁(Mg)2.1%，钛(Ti)0.62%，氢(H)0.14%。
钨→锡→钼→铋→镍→钴	高温成矿元素 （由高至低）：W、Sn、Mo、Bi、Ni、Co。
铜→锌→铅→银→金	中温成矿元素 （由高至低）：Cu、Zn、Pb、Ag、Au。
钡→锶→砷→锑→汞	低温指示元素 （由高至低）：Ba、Sr、As、Sb、Hg。

(2) 矿物相关顺口溜及解释：(矿物≠矿产，解理≠节理，硬度—颜色—条痕—荧光)

滑、膏、方解、萤、磷灰； 长、英、黄玉、刚、金刚。	标准 矿物硬度 顺序：滑石 1→石膏 2→方解石 3→萤石 4→磷灰石 5；正长石 6→石英 7→黄玉 8→刚玉 9→金刚石 10。 另指甲硬度 2.5→铜针硬度 3→小刀硬度 5.5→翡翠硬度 6.5。
萤石、方钠、重晶石， 金刚、白钨、有荧光。	在紫外线照射下，萤石呈现蓝绿色 荧光 ，方钠石呈蓝紫或橙黄色，重晶石呈蓝色，金刚石呈蓝黄色，白钨矿呈亮白色荧光。
石英贝壳断，云母薄如纸； 长石两解理，方解滴酸泡。 方铅银灰重，闪锌棕红痕； 辉锑柱状晶，黄铜条痕绿。	石英呈现贝壳状断口无 解理 ，黑(白)云母呈现薄片状集合；长石表面带瓷漆有两组解理，方解石(灰岩)滴盐酸有气泡；方铅矿外表银灰色较沉重，闪锌矿多种颜色 条痕 为浅棕红；辉锑矿呈银灰色柱状晶体，黄铜矿呈四面体条痕为绿黑色。
正长石(钾长石)解理夹角约 90°；斜长石解理夹角约 87°；方解石三组解理夹角约 75°。	

(3) 岩石相关顺口溜及解释：(正变质来自岩浆岩，副变质源于沉积岩)

沉积水，岩浆火，变质靠渐变。	沉积岩水成，岩浆岩火成，变质岩渐渐改变。
沉岩软，火岩硬，变质居中间。	沉积岩较软，岩浆岩较硬，变质岩硬度居中。
沉岩磨圆好，火晶棱角明。	沉积颗粒呈圆滑状，火成晶体矿物多棱角，变质有溶蚀。
观层理小刀划，识矿物定组分。	岩石定名：看层理，问硬度、条痕、解理，定矿物组成。
石英定酸性，长石算碱性。	SiO₂ 确定 酸性 (花岗岩)、 中性 (闪长岩)、 基性 (玄武岩)、 超基性 (橄榄岩)。用 里特曼指数 算 钙碱性 、 碱性 、 过碱性 。

(4) 地层时代相关顺口溜及解释：(岩石地层单位：群→组→段)

宇-界-系-统-阶， 宙-代-纪-世-期。	时代地层 单位：宇→界→系→统→阶；xx 系地层是较重复的描述。 地质时代 单位：宙→代→纪→世→期；xx 纪地层是可用的描述。
冥太元后古中新， 震寒奥志泥石炭， 二三侏白古新四， 古始渐中上更全。	冥古、太古、元古 宇(宙) ，古生、中生、新生 界(代) 。 (前)震旦、寒武、奥陶、志留、泥盆、石炭 系(纪) ； 二叠、三叠、侏罗、白垩、古近、新近、第四 系(纪) 。 古新、始新、渐新；中新、上新；更新、全新 统(世) 。
滹沱长城与蓟县， 青白南华至震旦。	中国 元古宇(宙) 内早期的滹沱系(纪)，中期的长城、蓟县、待建系(纪)； 后期的青白口、南华、震旦系(纪)。
常串团山大高于，杨雾洪铁下龙景。 馒头毛徐紫页泥，张夏灰岩有鲕粒； 竹叶条带崮长凤；冶里亮甲马家沟。 志留泥盆全缺失，石炭二叠多砂煤。	华北长城系的详细地层；蓟县→青白口的详细地层。 寒武系的馒头→毛庄组，徐庄→张夏组，崮山→长山→ 凤山组；奥陶系的冶里→亮甲山→下(上)马家沟组。 华北志留泥盆系全缺失，石炭二叠系多砂岩含煤炭。

(5) 地形构造相关顺口溜及解释：(风蚀雅丹，流水丹霞。冰碛堤丘，溶洞钟乳。)

向斜成山，背斜成谷，直沟必断。	向斜多成山，背斜多成谷，直线状山沟多为断层。
喜马拉雅六千万，燕山印支两亿年。 海西加里四五亿，晋宁吕梁至五台。	构造旋回 ：喜山期 6 千万年，燕山、印支期 2 亿年。海西 4 亿，加里东 5 亿，晋宁 10→吕梁 19→五台期 25。
沟谷 V 尖向上游，山脊 V 尖指下坡。	地形图的沟谷 V 尖指向上游，山脊 V 尖指向下坡。
切坡莫建房，崖下莫起屋。	建筑物须避开滑坡、崩塌、泥石流、裂缝等区域！

地 07 真厚度与投影

(1) **厚度**包括真厚度、揭露长度、投影长度、垂线厚度、水平厚度等，单位取：米(m)。

① **真厚度**指地层（如岩层、矿体）上下两个平行界面之间的“垂直距离”。日常工程、地质工作中提到的岩层厚度、矿体厚度，均默认为真厚度。注意：垂直距离≠铅垂高度。

② **揭露长度**（厚度）指钻孔或探槽取样线等**工程线**的穿透长度（斜长度、**假厚度**）。

③ **投影长度**是将工程线水平投影至某垂直剖面后，工程线的投影长度。

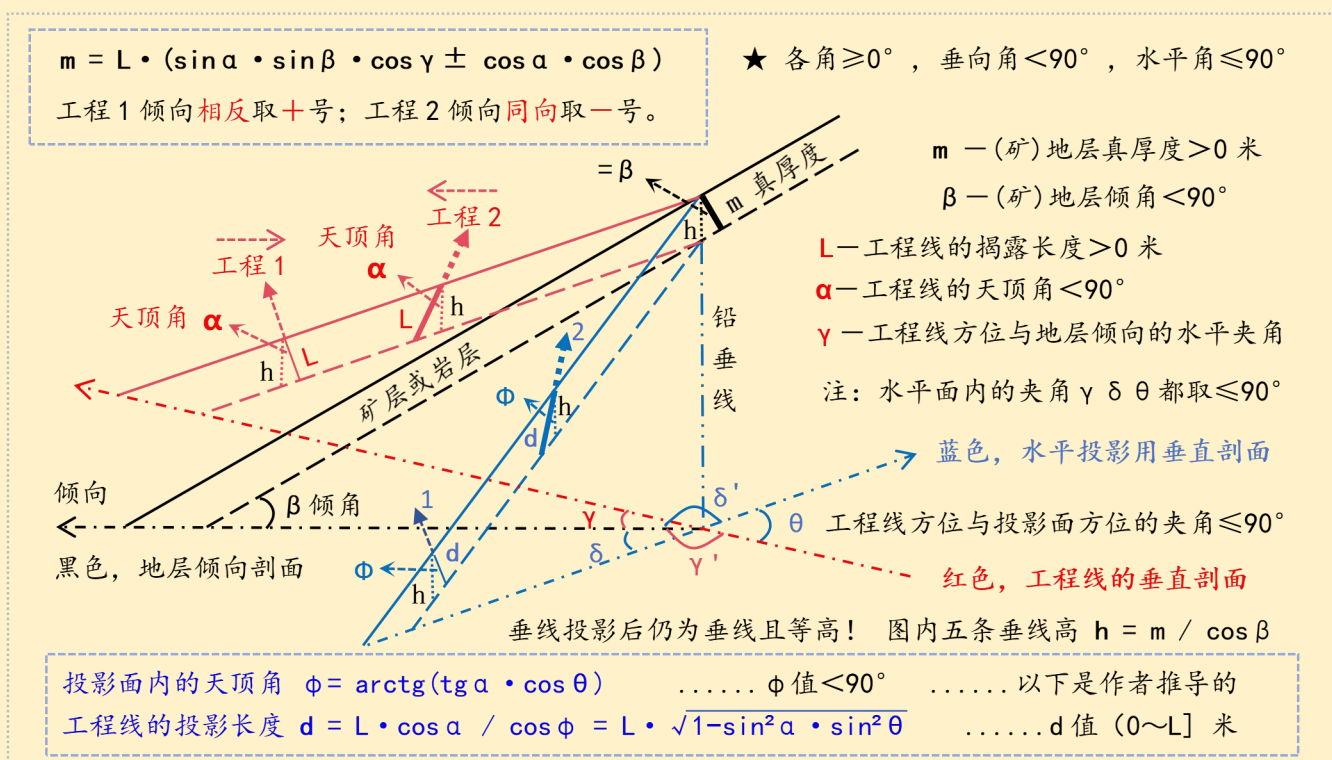
④ **垂线厚度**（高度）指地层顶底界面沿铅直（竖直）方向的距离。

⑤ **水平厚度**（长度）指地层顶底界面沿水平方向的距离。注：②~⑤特殊时等于真厚度。

(2) 当已知地层倾向、倾角，工程线的倾向、天顶角、揭露长度，求真厚度的公式：

真厚度 $m = L \cdot (\sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \pm \cos \alpha \cdot \cos \beta)$... 《固体矿产资源量估算规程》

当工程倾斜方向与地层倾斜方向相反时用加号，如相同时用减号。立体示意图如下。



(3) **垂线厚度**（高度） $h = m / \cos \beta$ β 为地层倾角。垂线厚度在各剖面、投影面上都为铅直线，且其高度（长度）都相等。板状地层可用此验证各剖面的合规性。

(4) **水平厚度**（长度） $p = m / \sin \beta$ β 为地层倾角。水平厚度的应用场景较少，仅用于平行于地层倾向的剖面内，在斜交剖面内无法适用。

(5) 在本文的参数中，所有角度都取正值（ $\geq 0^\circ$ ），地层倾角与工程线的天顶角等立面角度都取正锐角（ $< 90^\circ$ ），各垂直剖面间的水平夹角都取正锐角或直角（ $\leq 90^\circ$ ）。

(6) **剖面投影**常用于将钻孔见矿点投影至垂直剖面内。当已知工程线的天顶角、揭露长度，工程线方位与投影面方位的夹角，求**投影夹角**与**投影长度**的公式详见上图底部算式。

(7) **投影偏差**：当钻孔见矿位置不在某地质剖面上（在剖面附近），就需将钻孔见矿位置水平投影至该地质剖面内，投影过程中，存在水平投影与垂直切面间矿层的位置偏差，任何投影也无法将其完全融合并消除，可能出现界线错位或形态异常，间接干扰真厚度计算。

① 优先用电脑完成三维坐标（x,y,z）**正交投影**计算并绘制剖面图，避免手工投影误差。

② **斜交剖面恒导致假倾角变小**。水平投影常导致天顶角变小，偏差可能引发假倾角增大。

③ 当见矿点距离剖面过远、投影后位置偏差明显影响矿体圈定的合理性时，应以控矿构造、地层产状等主要地质因素为依据，**局部优化矿体边界线**，并在附件内明确记录说明。

④ 剖面投影后，应采用不同算法，对相关参数进行抽检（建议**图面偏差** ≤ 3 毫米）。

地 08 “岩石”大家族

(1) **沉积岩**通常分为碎屑岩、化学岩、生物岩三类。

分 类	简 单 说 明	常 见 岩 石 示 例	备 注
碎屑岩	由岩石碎屑或矿物颗粒经搬运、沉积、胶结形成。碎屑颗粒含量通常占 50%以上。常分为固结岩石、松散沉积物。成因有火山碎屑、水成、风成、冰积等。	火山集块岩、火山角砾岩、 凝灰岩 。	火山
		漂砾岩、巨砾岩、 砾岩 （角砾岩、卵砾岩）、砂岩（粗砂岩、中砂岩、细砂岩、粉砂岩）、页岩、泥岩。	固结
		巨砾、 砾石 （角砾石、卵砾石）、粗砂、中砂、细砂、粉砂、粉土、粉质粘土、粘土。	松散
化学岩	由溶液中化学物质沉淀形成。细分为纯化学沉积、化学-生物化学沉积。	石膏岩、岩盐。 石灰岩 、泥质灰岩、 白云岩 、泥质白云岩；铝土岩、磷块岩、鲕状赤铁矿；硅质岩、硅藻土、介壳石灰岩。	细晶
生物岩	生物遗骸或有机质堆积形成。	煤 、油页岩、石油、生物礁、叠层石。	生物
说明： 石油 是赋存岩石孔隙中的可燃流体矿产，主流认知为有机成因说，小众为无机成因说。			

(2) **岩浆岩**通常按产状成因分为深成侵入岩、浅成侵入岩、喷出岩（火山熔岩）三类。按 SiO₂ 化学成分含量分为超基性、基性、中性、酸性四类，另有比较特殊的**碱性岩**。

分 类	简 单 说 明（ 石英≠SiO₂ ）	常 见 岩 石 示 例	备 注
超基性	SiO ₂ 含量< 45% ，铁镁矿物占比>90%，色深，密度大	辉石岩、橄榄岩、金伯利岩	铁 镁
基 性	SiO ₂ 含量 45%~ 52% ，铁镁矿物占 40%~90%，石英少	辉长岩、辉绿岩、玄武岩	斜长石
中 性	SiO ₂ 含量 52%~66%，铁镁矿物占 15%~40%，密度中等	闪长岩、正长岩、安山岩	斜或钾
酸 性	SiO ₂ 含量> 66% ，铁镁矿物占比<15%，色浅，石英多	花岗岩、花岗斑岩、流纹岩	钾长石
◆ 碱性岩 ：不含石英，SiO ₂ 不饱和（贫硅富碱），含霞石等似长石矿物，如霞石正长岩。			
喷出岩 ：岩浆喷出地表， 隐晶质、玻璃质 ， 气孔、杏仁、流纹构造 ，如流纹岩、玄武岩。			
浅成岩 ：地下 3km 内快速冷却结晶， 斑状或细粒结构 ，块状构造，如花岗斑岩、辉绿岩。			
深成岩 ：地下>3km 岩浆缓慢结晶， 全晶质中粗粒结构 ，块状构造，如花岗岩、辉长岩。			
岩浆岩定名遵循[前缀修饰+基本名称]的层级规则，如气孔状玄武岩、黑云母花岗岩。			

(3) **变质岩**分为**正变质岩**（原岩为岩浆岩）与**副变质岩**（原岩为沉积岩）。常用分类方案采用[变质作用类型+原岩属性]的双维度，结果如下表所示。

分 类	简 单 说 明	常 见 岩 石（变质由浅至深）	备 注
区域变质	岩石受温度、定向压力、化学流体等多因素影响，由大面积区域构造变质作用形成，从低级到高级变质程度连续发育。	板岩、千枚岩；磁铁石英岩、大理岩；片岩、斜长角闪岩、片麻岩、变粒岩、麻粒岩、榴辉岩。	区域
混合岩	高级区域变质，部分岩石局部熔融，形成变质岩与长英质熔体混合过渡类型。	角砾状、条带状、眼球状混合岩；均质混合岩、 混合花岗岩 。	熔融
热接触变质	岩浆侵入体周边的围岩受高温烘烤变质形成，分布范围局限于接触带附近。	斑点板岩、角岩化砾岩、 角岩 、红柱石角岩、硅灰石大理岩。	围岩
接触交代	侵入体与围岩发生双交代作用形成，以矽卡岩类为代表，富含铜铁等金属矿产。	硅酸盐 矽卡岩 、镁质矽卡岩、钙质矽卡岩、石榴子石矽卡岩。	侵入
动力变质	构造断裂带内岩石受强烈挤压、剪切破碎变质形成，沿断裂带呈线状分布。	构造角砾岩、碎裂岩、断层泥、 糜棱岩 、超糜棱岩、 千糜岩 。	断裂
气液变质	高温热流体沿裂隙交代原有岩石形成，常与多种金属成矿作用伴生。	青磐岩、蛇纹岩、滑石菱镁岩、 绢英岩 、黄铁绢英岩、次生石英岩。	成矿
变质岩定名遵循[变质程度+结构构造+特征矿物+基本名称]的层级规则，如千枚状绢云母千枚岩、蓝晶石片岩、石榴子石片麻岩、片状斜长角闪岩、高级变质麻粒岩、条带状混合岩等。			

(4) **陨石**分为**石陨石**、**铁陨石**、**石铁陨石**三类，多带有**熔壳**。附近常伴生**冲击变质岩**。

矿 01 矿产“分类”知多少

(1) **矿产**泛指一切埋藏于地壳(或分布于地表)、可供人类利用的、有**开采价值**的工业矿物、岩石、油、气、水等**资源**。依据我国的管理体系,地表水与普通地下水不归属为矿产,但地热(地温能)用水、矿泉水、卤水等归属为矿产。地下水勘查需参考矿产资源法及地矿规范。

(2) **矿产资源**是赋存于地壳内或地表由地质作用形成的,具有**利用价值**的固态、液态或气态**自然富集物**。通常矿产资源就简称为矿产(矿产≈矿产资源),矿产较口语化、大众化,矿产资源更专业化、术语化。人造钻石、人造金刚石等,不属于矿产资源!

(3) 依据赋存形态,矿产分为**固体矿产**、**液体矿产**、**气体矿产**三大类。

形态分类	常见矿产示例	备注
固体矿产	煤、油页岩、铁、高岭土、水晶、翡翠、石材等	固态 (矿石)
液体矿产	石油、天然矿泉水、地热水、特殊地下水等	液态 (矿液)
气体矿产	煤层气、天然气、页岩气、氦气、氩气、硫化氢气等	气态 (矿气)

注:浅层地温能与干热岩,属于无形热能,一般按开发利用载体划归液体或气体矿产。

(4) 依照管理习俗,矿产分为**能源矿产**、**金属矿产**、**非金属矿产**、**宝玉石矿产**、**水汽矿产**五大类。我国已发现的矿产资源≥**174种**(含有200多亚种)。

管理分类	常见矿产简述
能源矿产	煤、油页岩、石油、煤层气、天然气、页岩气、泥炭、铀、钍等
金属矿产	细分为黑色、有色、贵、稀有、稀土、分散元素等六类(共 60种)
非金属矿产	细分为工业 矿物 (金刚石、水晶...)、工业 岩石 (石灰石、石英岩...)
宝玉石矿产	细分为 宝石 矿产(钻石、碧玺...)、 玉石 矿产(翡翠、独山玉...)
水汽矿产	天然矿泉水、地热(水)、干热岩、氦气、硫化氢气等

注:硒、碲归属为分散元素金属矿产,不属于非金属矿产!汞属于有色金属矿产。
宝石属于晶质形态(天然单晶体矿物),**玉石**属于隐晶质形态(多矿物集合体)。
放射性矿产有铀、钍、镭等,现常归属为能源矿产,以前多划分为金属矿产。
 干热岩与地热(地温能),也属于能源矿产,按管理权限目前划为水汽矿产。

金属矿产主要依据化学元素的富集程度与共伴生习性细分为六类:

- ① **黑色金属矿产**有铁、锰、铬、钛、钒等5种。
- ② **有色金属矿产**有铜、铅、锌、铝、镁、镍、钴、钨、锡、铋、钼、锑、汞等13种。
- ③ **贵金属矿产**有金、银、铂、钯、铑、铱、钇、钽等8种。
- ④ **稀有金属矿产**有锂、铍、铷、铯、锶、钍、钨、铌、钽等9种。
- ⑤ **稀土金属矿产**有钪、钇及15种镧系元素(镧、铈...镱、镥)等17种。
- ⑥ **分散元素矿产**有镓、锗、铟、铊、镉、铋、碲、硒等8种。

读音看右侧,如铬 gè、铌 lú、钽 lán、碲 dì; 钪 hā、铈 tī、钽 tǎn 等例外。

(5) 依据矿石品位与经济价值,各矿山的矿产,可分为**主矿产**、**共生矿产**、**伴生矿产**。通俗讲,主矿产价值最大,共生矿产的品位较高、价值较大;伴生矿产的品位偏低、价值较小。

(6) 参考国家规范与监管部门权限,矿产可分为**固体矿产**、**地热(水)**、**油气矿产**等。

(7) 参考元素成分或应用性质,矿产也可分为**元素矿产**、**物性矿产**、**能源矿产**三大类。

- ① 元素矿产有铁、锰、铬、磷、硫、氟、碘、氦气、氩气等(矿物)。
- ② 物性矿产有金刚石、石灰岩、海泡石、石棉、高岭土、麦饭石等(矿物、矿石)。
- ③ 能源矿产有煤、油页岩、石油、煤层气、天然气、页岩气、地热等。

矿 02 矿产“品位”知多少

(1) **品位**是衡量矿产质量的核心指标,指矿石(或矿产品)内有用成分、有用矿物的富集程度及单位含量,决定矿产的开发利用价值。按品位高低,将矿石**品级**分为一、二等级品。

(2) 品位的表示方式(**单位**)有:百分比、克/吨(10^{-6})、克/升、焦耳/千克等。

表示方式	单位	单位变换	简单说明
百分比	%	$= 10000 * 10^{-6}$	适用于铁铜等普通金属、液体和非金属等矿产。
克/吨	g/t	$\equiv 10^{-6}$	多用于金、银、铂等贵金属或放射性矿产。
克/升	g/L	$= 1000 \text{ g/m}^3$	液态矿产常用克/升表示,砂矿常用克/立方米。
焦耳/千克	J/kg	≈ 0.000239 千卡/kg	如:煤质可用焦耳/千克表示,或折算为千卡/千克。 法定 20℃条件下,1 千卡(大卡) ≈ 4181.6 焦耳。

(3) 按矿产品位的高低,衍生出多个名词,最常用“**边界品位**”与“**最低工业品位**”。

名 词	定 义 与 描 述 (参考 GB/T 43759-2024 矿产资源储量基本术语)	备注
边界品位	圈定矿体时,对 单样品 主要有用组分含量的最低要求,是划分矿与非矿的分界品位。低于此品位的,划为围岩或夹石。	★低
边际品位	估算资源储量时,对 矿块 主要有用组分平均含量的最低要求。 注:单样品 → 矿块(段) → 矿体 → 矿床 → 矿区 → 区域。	低
最低工业品位	圈定工业上可利用的 矿体 时,参照盈亏平衡原则论证确定的、对单个勘查工程连续样品段(部分矿种也可按块段)中主要有用组分平均含量的最低要求。	★中
最低综合工业品位	圈定矿体时对同一 矿体(床) 中存在两种及以上有用组分时,将各有用组分折算为以主组分表示的当量品位的最低要求。(功能 $\approx$ 最低工业品位)	中
矿床最低平均品位	当前技术经济条件下,全 矿床(区) 的工业矿石最低允许的总平均品位,用于衡量矿床开发后能否获得预期经济效益的指标。	★高
通常: 边界品位 $\leq$ 边际品位 $\leq$ 最低工业品位 $\leq$ 最低综合工业品位 $\leq$ 矿床最低平均品位		

通常,依据边界品位与最低工业品位,划分围岩与矿石,划分表外与表内资源。

① **工业矿石**是有用组分平均品位大于或等于**最低工业品位**的矿石(矿块、矿体)。

② **矿石**是有用组分(单样品位)大于或等于**边界品位**的矿物集合体。

③ **围岩**是有用组分(单样品位)小于边界品位的岩石(含夹石,目前无经济价值)。

④ **表外资源**是大于等于边界品位且小于最低工业品位的矿产资源(**次经济**的资源→废)。

⑤ **表内资源**是大于等于最低工业品位的矿产资源,是上统计报表的资源(**上表**资源→废)。

(4) **当量品位**是共伴生组分的品位按照**价格比法**折算成的相对于主要有用组分的品位。折算后的当量品位与主矿种品位之和,超过主矿种的边界品位时,可归入矿体。如:金矿(0.8g/t)含有共伴生银(40g/t)时,银的当量品位=银品位 $\times$ 银价格/金价格 $=40 \times 12/800=0.6$ (g/t)。金银的**综合品位** $=0.8+0.6=1.4$ (g/t),可划归矿体。

(5) **米·百分值**是矿体真厚度(米) $\times$ 矿石品位(%)得到的综合指标(**m·%**),专门评估薄而富的矿体是否具备开采价值。例如:磁铁矿体真厚度为0.6米,品位为60%,则其米·百分值为 $0.6 \times 60\%=36$ 米·百分值,超过磁铁矿的最低工业米·百分值,可划归矿体。

(6) **米·克吨值**是矿体真厚度(米) $\times$ 矿石品位(克/吨)得到的综合指标(**m·g/t**),专门评估薄而富的贵金属矿体是否具备开采价值。例如:金矿体真厚度为0.1米,品位为20克/吨,则其米·克吨值为 $0.1 \times 20=2$ 米·克/吨,超过金矿的最低工业米·克吨值,可划归矿体。

(7) **最低工业米·百分值**是矿体最小可采厚度与最低工业品位的乘积(**m·%**),专门评估薄而富的常见矿体是否具备开采价值。 $\geq$ 此值的薄矿体,可划归矿体。

(8) **最低工业米·克吨值**是矿体最小可采厚度与最低工业品位的乘积(**m·g/t**),通常评估薄而富的贵金属矿体是否具备开采价值。 $\geq$ 此值的薄矿体,可划归矿体。

★★ 划分矿与非矿,除品位指标外,另需参考厚度、埋深、地理位置等条件**综合评价**。

矿 03 矿产的“工业指标”

(1) **矿山全生命周期**一般经历①区域地质调查、地质普查,②地质详查、勘探,③开采方案、基建,④开采生产、储量核实、行业监管,⑤闭坑、生态恢复治理等多个阶段。

(2) **工业指标**是在一定时期的技术经济条件下,对**矿床(矿体、矿石)**质量和开采技术条件方面所提出的指标,是圈定矿体、估算资源量的依据。工业指标通常包括“品位”“厚度”“埋深”等十几项综合评价参数,当然评价指标是随着经济发展而变化的。

(3) **一般工业指标**是按有关规定由政府发布的一般性参考指标,是一定时期内在一般技术经济条件下用于圈定矿体、估算资源量的行业依据。通常用于矿产资源勘查的**普查**阶段。

(4) **矿床工业指标**是经合规论证、审批的专属技术经济指标,是特定矿床圈定矿体、估算资源量的法定依据,适用于该矿床的**详查、勘探、储量核实、生产监管**等阶段。

(5) 综合评价矿产资源时,必须指定“**矿石质量**”指标。

名 词	有关“矿石质量”的简单描述	备注
边界品位	单工程划分矿与非矿的品位下限,如金 $\geq 1\text{g/t}$ 。	$\geq$
最低工业品位	矿体保证开发经济效益的最低平均品位,如金 $\geq 2\text{g/t}$ 。	$\geq$
伴生有益组分品位	可综合回收利用的伴生元素最低含量,如银 $\geq 20\text{g/t}$ 。	$\geq$
有害杂质最大允许含量	不影响矿石选冶加工的有害成分上限,如砷含量 $\leq 1.0\%$ 。	$<$
矿石物理性质指标	云母、宝石等的硬度、粒度等物性要求,如粒度 $\geq 2\text{mm}$ 。	--

(6) 综合评价矿产资源时,还必须指定“**开采技术条件**”指标。

名 词	有关“开采技术条件”的简单描述	备注
地理条件	是否禁采矿种?是否在重要构筑物压覆区、资源保护区等禁采区内?	位置
最小可采厚度	单层矿体可经济开采的最小合理 真厚度 ,小于此值为薄矿体。 薄矿体需按当量品位、米·百分值或米·克吨值等参数,综合评定。	矿石
最小夹石剔除厚度	单工程中应单独剔除的夹石最小 真厚度 , $\geq$ 此值应划归夹石。 如夹石真厚度 $<$ 此值,可并入矿体,合并计算平均品位。	夹石
无矿地段剔除长度	沿脉坑道中矿化不连续的、应予以剔除的“非矿”的最小长度要求。 如无矿段长度 $<$ 此值,可并入矿体,合并计算平均品位。	围岩
含矿率	(含矿系数)是衡量矿体在矿化带中占比的参数,数值区间为0~1。	比例
最低开采标高	综合地质条件、开采技术、经济性,合理确定的最低海拔高程(m)。 露天矿山主要参考侵蚀基准面,地下矿山需参考地质勘查与开采条件。	高程
露天边坡角	露天矿边坡允许的最大安全倾斜角度,地质资源量计算通常取 50~60度 。 但各省要求不同,例如河北省横切式开采,硬质岩石最终边坡角 ≤ 42 度。	角度
剥采比	剥离废石量与采出矿石量的比值,单位可采用 m^3/m^3 、 t/t 或 m^3/t 等。	比例
爆破安全距离	距离村庄及重要构筑物的最小距离,小于此值需采用非爆破施工。 通常取300至500米, $\geq$ 此值时,矿山允许采用爆破施工。	距离
即使矿石质量再好,处于特定地理位置、埋藏条件下,受政策、经济影响,也可能“非矿”。		

(7) 工业指标另包括:**最低抗压强度、荒料率、最小底盘宽度**...等指标(不再详解)。

(8) **工业指标论证**是针对特定矿床,结合矿床地质特征、当前采选技术水平、矿产品市场价格等要素,通过系统测算确定边界品位、最低工业品位、最小可采厚度等全套指标的**合规论证**工作。论证后的指标经自然资源主管部门**评审备案**后,成为矿床工业指标(法定依据),用于圈定矿体、划分资源类别、估算矿产资源储量,决定该矿床可利用资源的规模和开发经济性。

工业指标论证工作主要在矿床详查、勘探、储量核实阶段开展,是衔接地质勘查与矿山开发的关键技术环节。未开发矿区,从普查阶段转入详查阶段时,一般应进行工业指标论证。

(9) **矿产资源综合勘查利用**是我国的基本国策,需对共伴生资源合理勘查并开发利用。主要有GB/T25283-2023《矿产资源综合勘查评价规范》、GB/T42249-2022《矿产资源综合利用技术指标及其计算方法》、DZ/T0339-2020《矿床工业指标论证技术要求》、DZ/T0462-2023《矿产资源“三率”指标要求》等规范。

矿 04 矿产“勘查”知多少

(1) **地质勘查**是运用测绘、遥感、地质填图、化探、物探、槽探、钻探、坑探、采样测试等工作手段，对一定地区内的岩石、地层、构造、矿产、地下水、地貌、环境等地质情况进行的调查研究工作。习惯分为区域地质调查、普查、详查、勘探、开发勘探五个阶段。

地质勘查的“查”指探查、查找未知对象。工程地质勘察的“察”指察明、核实地质条件。

(2) **矿产资源勘查**指发现矿产资源，查明空间分布、形态、产状、数量、质量、开采利用条件，评价其工业利用价值的活动。按现行规范，常划分为普查、详查、勘探三个阶段。应依靠地球科学知识，运用地质勘查各项工作手段，结合技术经济进行综合评价。

阶段	简单描述（在2020年前，还划分有 <u>预查</u> 阶段）	备注
普查	通过 <u>稀疏取样</u> 工程， <u>初步查明</u> 矿体（床）地质特征及矿石加工选冶性能，初步了解开采技术条件；开展 <u>概略研究</u> ，估算 <u>推断资源量</u> ，进行初步评价。	初步查明推断
详查	通过 <u>系统取样</u> 工程和试验研究， <u>基本查明</u> 矿床地质特征、矿石加工选冶性能以及开采技术条件；应开展 <u>预可行性研究</u> ，还需估算 <u>控制资源量</u> 。也可开展可行性研究，估算储量，评价是否具有经济价值。	基本查明控制
勘探	通过 <u>加密取样</u> 工程和深入试验研究， <u>详细查明</u> 矿床地质特征、矿石加工选冶性能以及开采技术条件，应开展 <u>可行性研究</u> ，另需估算 <u>探明资源量</u> 及储量，评价经济意义、开发是否可行。	详细查明探明

(3) **矿床成因类型**是根据形成矿床的地质作用而划分的矿床类型。矿床按成矿作用，分为内生矿床、外生矿床、变质矿床、再生矿床等。如冀东的鞍山式铁矿，为沉积变质铁矿。

(4) **矿床工业类型**是根据矿床成因类型、工业意义、经济价值及其代表性、矿石的矿物或元素建造、矿床的形态、产状及其与构造关系和围岩性质等因素所划分的矿床类型。如铜矿工业类型有斑岩型、层状、矽卡岩型、块状硫化物、铜镍硫化物及含铜石英脉型铜矿床。

(5) 对于地下水、油气矿产资源，勘查手段及评价方法，与常规固体矿产有所不同。

矿产种类	阶段 1	阶段 2	阶段 3	阶段 4	阶段 5
固体矿产	----	普查	详查	勘探	----
地下水	调查	普查	详查	勘探	开采
油气矿产	----	预探	评价	开发	

地下水、油气勘查钻井，常探采结合，可用于开发生产，与固体矿产的勘查钻孔有明显区别。

(6) **勘查类型**指按矿体规模、形态复杂程度、厚度稳定程度、构造发育程度、有用组分均匀性等地质要素，对矿床勘查难易程度划分的类别。最多分为 I、II、III、IV 四类，通常分为 I、II、III 三类，某些矿种仅分为 I、II 两类，用于指导勘查工作部署（确定勘查网度）。

(7) **勘查网度**（勘探间距、工程间距）指每个穿透矿体的勘探工程所控制的矿体面积，通常以工程沿矿体走向的距离×沿倾向的距离表示。比如 200 米×100 米，代表走向间距 200 米、倾向间距 100 米。可结合勘查类型用类比法、探采资料对比法等方法确定合理网度。

(8) **主矿体**应至少设置 3 条勘查线，各线至少有 2 个工程，形成至少 3*2 的基本勘查网。

(9) **基本工程间距**指详查的工程网度，普查网度多乘以 2，勘探网度多除以 2。如：某铁矿的基本勘查网度为 200×150m，那么普查网度可用 400×300m，勘探网度可用 100×75m。

矿种	I 勘查类型（简单）	II 勘查类型（中等）	III 勘查类型（复杂）
金矿	80-160m × 80-160m	40-80m × 40-80m	20-40m × 20-40m
银矿	100-120m × 80-100m	60-80m × 40-50m	40-50m × 40-50m
铅锌矿	160-200m × 100-200m	80-100m × 60-100m	40-50m × 30-50m
铜矿	200-240m × 100-200m	120-160m × 80-100m	40-80m × 40-60m
铁矿	400m × 200-400m	200m × 100-200m	100m × 50-100m
灰岩	400m × 400m	200m × 200m	100m × 100m
煤矿	1000-2000m × 1000-2000m	500-1000m × 500-1000m	250-375m × 250-375m

★★ 须合理确定勘查类型与勘查网度，这将直接影响勘查的速度、质量与成本。

矿 05 “资源储量”那些事

- (1) **资源储量**指资源量与储量的统称，**储量**是资源量的一部分，资源量内含储量。
 (2) **资源量**指经地质勘查后查明或潜在矿产资源的数量（米³、吨、公斤、克拉等）。
 (3) **储量**是资源量内经技术经济评价后可经济采出的矿产数量，属于资源量的子集。
 (4) 现行有关资源储量的国家推荐性标准（规范）列表如下。

编 号	标准（规范）名称	说 明（资源储量由高至低）
GB/T 17766-2020	固体矿产资源储量分类	储量（证实、可信）资源（探明、控制、推断）
GB/T 15218-2021	地下水资源储量分类分级	查明资源储量（A、B、C）潜在资源（D、E）
GB/T 19492-2020	油气矿产资源储量分类	探明储量、控制储量、预测储量；远景资源

地下水可开采量及允许开采量分为：A 验证、B 探明、C 控制、D 推断、E 预测共五级。

(5) 现行地质勘查程度与矿产资源储量的关联情况如下。

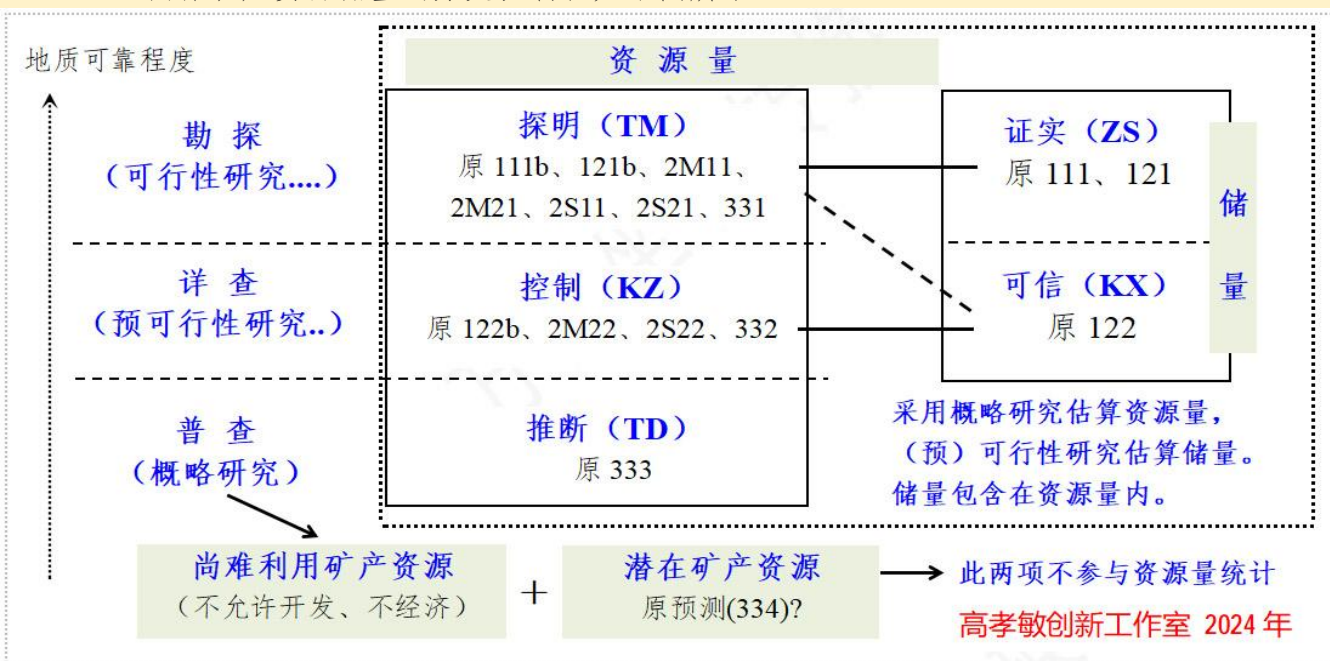
矿产 种类	阶 段 2	阶 段 3	阶 段 4	备 注
固体矿产	普查 → 推断资源	详查 → 控制资源	勘探 → 探明资源	资源储量
地 下 水	普查 → D 级	详查 → C 级	勘探 → B 级	允许开采量
油气矿产	预探 → 预测储量	评价 → 控制储量	开发 → 探明储量	★储量★

“油气”包括石油、天然气、煤层气、页岩气、天然气水合物等，施工钻井后直接求储量。

(6) 固体矿产资源储量分类的历史沿革。

建国初期	沿用前苏联标准，将矿产储量分为 A1、A2、B、C1、C2 五个等级。
1999 年前	将矿产储量划分为 A、B、C、D、E 等类型，对应地质勘查的五个阶段。
2019 年前	依据经济评价、可行性研究、地质勘查程度三位数码，将资源/储量划分为储量、基础储量、资源量三大类，细分为 111、122b、333 等 16 种类型；矿产总量=资源量+基础储量(>储量)；预测资源量(334)?参与资源量统计。因太复杂已废止。其中第三位数字：1→勘探，2→详查，3→普查，4→预查，尾部?代表潜在。
当 前	矿产总量=资源量(含储量)，资源量(探明、控制、推断)，储量(证实、可信)。

(7) 固体矿产资源储量的分类及转化如下图所示。



(8) **地下水**的资源储量，需计算储量、补给量、可开采量、允许开采量四个数。储量、补给量不分级，决定可开采量。**可开采量**是最大可开采量，**允许开采量**是工程取水审批许可量，分 ABCDE 五级。通常：储量+补给量>可开采量>允许开采量，补给量>允许开采量。

(9) **油气**仅探求储量(预测储量、控制储量、探明储量)，对应预探、评价、开发。

矿 06 矿产“三率”那些事

(1) 2024 年我国发布了《**矿产资源“三率”指标要求**》，涉及 125 种矿产的“三率”行业标准，还为各矿种分别设置了“领跑者指标”“一般指标”和“最低指标”三级要求，达标矿山可在绿色矿山申报、技术创新项目扶持等方面享受政策红利。

“旧”三率	“新”三率	“新指标”释义与计算（含作者观点）
开采回采率	开采回采率	实际采出 纯矿石量 占当期消耗资源矿石量的百分比。 =采出纯矿石量/消耗资源矿石量×100%
选矿回收率	选矿回收率	精矿内某有用 组分质量 占原矿内该有用组分质量的百分比。 =精矿内某有用组分质量/原矿内该有用组分质量×100%
矿石贫化率	综合利用率	采选作业中，各矿种的采选利用率与 价值当量 乘积之总和。 =矿 1 利用率×当量 1 + 矿 2 利用率×当量 2 + …… + 矿 N 利用率×当量 N。（注：各当量之和总等于 1.0）
注意： 矿产资源综合利用率含主矿产，而共伴生矿产的综合利用率不含主矿产。 对于单一矿种（或仅有主矿产时）， 采选利用率 =开采回采率×该矿产的选矿回收率。 价值当量 =某矿产的价值/对应矿产资源总价值≈矿石内单矿种价值/对应总价值。		

(2) GB/T 42249-2022《**矿产资源综合利用技术指标及其计算方法**》，**资源综合利用率**指采选(冶)作业中，各最终产品中**有用组分的质量之和**占当期消耗矿产资源储量中**所有有用组分质量之和的百分比**。另需按**当量品位**折算，仅适用于固体非能源矿产。还有歧义、易出错？

★有①评价冶炼环节②定义有歧义③公式复杂④名词繁长⑤无法适用水汽矿产等缺陷。

(3) 某煤矿山的资源综合利用率，采用**价值当量法**计算如下：

矿产资源综合利用率=煤利用率×煤当量 + 矸石利用率×矸石当量 + 矿井水利用率×水当量 + 其它共伴生矿产综合利用率×其它当量。

如煤价值 162 亿元，矸石价值 24 亿元，水价值 14 亿元；矿产总价值 200 亿元。则各矿产价值当量按价值比分配：煤当量 0.81，矸石当量 0.12，水当量 0.07，其它当量 0。

注：地表水与普通地下水不归属为矿产，但地热（地温能）用水、矿泉水、卤水等归属为矿产。煤矿早期公式，共伴生矿产的综合利用率=（煤矸石利用率 + 矿井水利用率 + 其它共伴生矿产资源综合利用率）÷ 3，有明显缺陷，已废弃！煤矿无法用 GB/T 42249-2022 计算。

(4) **矿石贫化率**指因废石混入或高品位矿石损失，导致采出矿石品位低于原矿地质品位的降幅比例（百分数）。矿石贫化率=(原矿品位-采出品位)/原矿品位×100%，已弃用。

(5) **共伴生矿产**指同一矿床内，与主矿产共同/相伴产出的其它有用矿产，多数不具备单独开采价值，需随主矿产同步采出。例如：某金矿山，银已达边界品位、可独立利用属于共生矿；铜品位偏低，未达边界品位、不能单独开采利用，为伴生矿。共生分为**同体共生与异体共生**两类；伴生都属于同矿体内**伴生**。

(6) **开采回采率**按空间可分为：工作面回采率、采区回采率、矿井回采率、矿山回采率等，煤矿多以采区回采率为核心考核单元，综合评价时建议使用矿山回采率。

(7) **三级指标**包括领跑者指标、一般指标、最低指标，用于评价矿山的开发利用水平。

三级 指标	简 单 释 义	常规铁矿开采回采率
领跑者指标	行业领先矿山的开发利用水平→树立行业标杆	90 % → 99 %
一般指标	多数合规矿山可稳定达到的平均开发利用水平	84 % → 95 %
最低指标	必须守住的底线要求，低于此时将被重点监管	79 % → 93 %

矿 07 “标准规范”知多少

(1) **标准(规范)**是按规定程序经协商一致后制定,为各类活动或结果提供规则、技术要求或指南,能共同和重复使用的文件,具备前瞻性、科学性、民主性、权威性四大特性。标准偏重定量,更正式些;规范偏重定性,稍宽泛。我们通常认为**标准≈规范**。

① 标准按主体分为**国家标准、行业标准、地方标准、团体标准、企业标准**五大类。

② 标准按约束力分为**强制标准、推荐标准(/T)、指导性技术文件(/Z)**三类。

(2) 国家标准用 GB 开头,地质行业标准用 DZ 开头,河北省地方标准用 DB13 开头。例如 GB 20664-2006 为国家强制性标准,DZ/T 0341-2020 为地质推荐性标准,尾部为颁布年份。

(3) **推荐标准**由使用人自愿参考使用,若被监管部门指定为合规依据,已纳入工作设计书、备案管理要求,将直接作为项目验收、报告评审的法定依据,具备实际约束效力。强制性标准最具权威性,工作中必须严格遵守。指导性技术文件无强制约束力,工作中探索参考。

(4) 地质矿产行业常用的标准(规范)列表如下。

分类	编 码	标准(规范)的名称	备 注
总 则	GB/T 43759-2024	矿产资源储量基本术语	推荐国标
	GB/T 17766-2020	固体矿产资源储量分类	
	GB/T 15218-2021	地下水资源储量分类分级	
	GB/T 19492-2020	油气矿产资源储量分类	
	GB/T 13908-2020	固体矿产地质勘查规范总则	
	GB/T 33444-2016	固体矿产勘查工作规范	
	GB/T 25283-2023	矿产资源综合勘查评价规范	
	DZ/T 0401-2022	矿山地质工作规范	推荐行标
	GB 20664-2006	有色金属矿产品的天然放射性限值 (即将修订)	强制国标
辅 助	DZ/T 0475-2024	区域地质调查规范(1:50000)	推荐行标
	GB/T 12719-2021	矿区水文地质工程地质勘查规范	推荐国标
	GB/T 18341-2021	地质矿产勘查测量规范	
	DZ/T 0078-2015	固体矿产勘查原始地质编录规程	推荐行标
	DZ/T 0382-2021	固体矿产勘查地质填图规范	
	DZ/T 0248-2014	岩石地球化学测量技术规程	
	DZ/T 0145-2017	土壤地球化学测量规程	
	DZ/T 0227-2010	地质岩心钻探规程	
勘 查	GB/T 13727-2016	天然矿泉水资源地质勘查规范	很多矿种 ...几十册
	GB/T 11615-2026	地热资源地质勘查规范	
	DZ/T 0225-2009	浅层地热能勘查评价规范	
	DZ/T 0200-2020	矿产地质勘查规范 铁、锰、铬	
	DB13/T 1349-2025	超贫磁铁矿勘查技术规范	河北标准
计 算 评 价	DZ/T 0338-2020	固体矿产资源量估算规程 (按方法分 4 册)	推荐行标
	DZ/T 0400-2022	矿产资源储量规模划分标准	
	DZ/T 0339-2020	矿床工业指标论证技术要求	
	DZ/T 04623-2023	矿产资源三率指标要求 (按矿种分 15 册)	
	GB/T 42249-2022	矿产资源综合利用技术指标及其计算方法	推荐国标
管 理	DZ/T 0033-2020	固体矿产地质勘查报告编写规范	推荐行标
	DZ/T 0399-2022	矿山资源储量管理规范	
	DZ/T 0347-2020	矿山闭坑地质报告编写规范	

(5) 有些规范存在**错漏、歧义或适应性差**,在评审过程中,应经**专家组协商**后解决。

矿 08 细说“矿石与矿体”

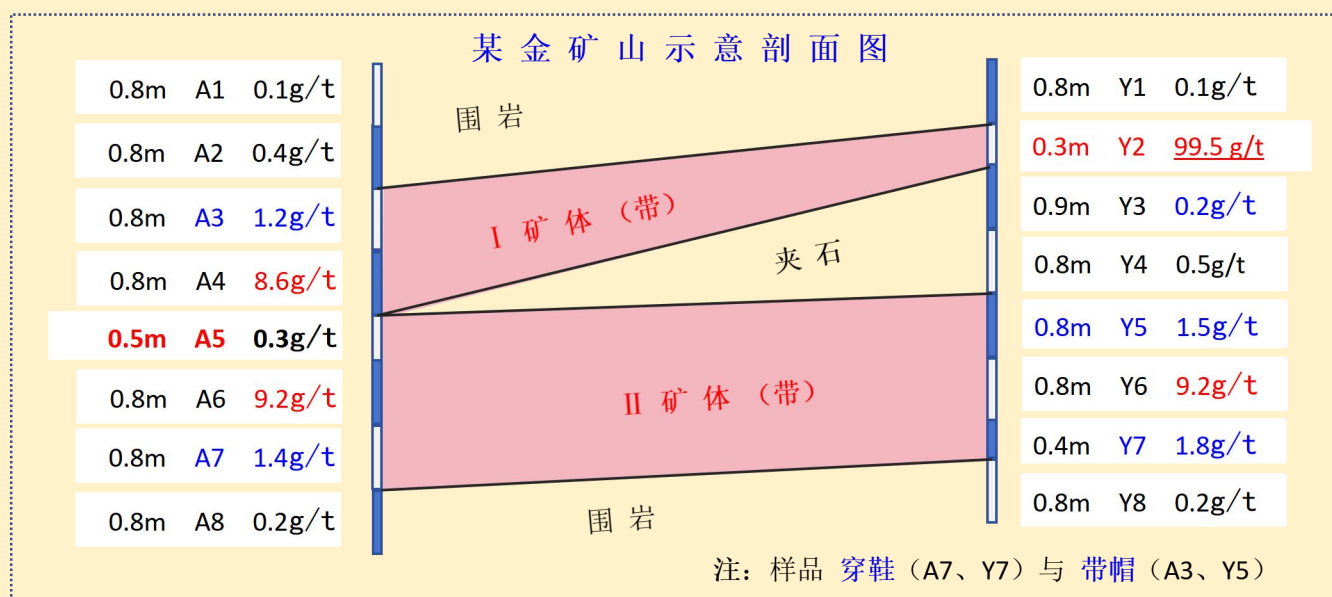
(1) 划分矿与非矿的核心指标包括“品位”与“最小可采厚度（真厚度）”等参数。

- ① **矿石**是有用组分（单样品位）大于或等于边界品位的矿物集合体。
- ② **工业矿石**是有用组分平均品位大于或等于最低工业品位的矿石（矿块、矿体）。
- ③ **矿块（矿段、块段）**指三个以上地质勘查工程围起来的含矿地质体。
- ④ **矿体（矿带）**是包含足够数量矿石且具备开采价值的地质体。太薄太小的就不是矿体！
- ⑤ **矿化体**是有用组分含量 $\geq \frac{1}{8}$ （或 $\frac{1}{2}$ ）边界品位，且 $<$ 边界品位的较低品位地质体。
- ⑥ **围岩**是包围于矿体外部的非矿岩石。通常未达到矿石标准的矿化体，也属于围岩。
- ⑦ **夹石**是夹于矿体内部的地质体，真厚度 $\geq$ 最小夹石剔除厚度的划为非矿。夹石 $\neq$ 夹层！
- ⑧ **内夹石**多指位于矿体之间呈透镜体状的夹石；有人特指矿体内的薄层夹石（并入矿石）。

(2) **特高品位（特高品位样品，风暴样品）**指品位在矿体平均品位的**6~8倍**以上的样品，多见于贵金属、有色金属等矿化不均匀的富矿地段。特高品位将大幅拉高整体品位。

特高品位可能导致整个矿段品位异常！通常可采用6~8倍品位计算矿块平均品位替换，或采用矿体平均品位替换，或采用特定值替换，或单独圈定富矿体等方法处理特高品位的值。

(3) **举例**某金矿的边界品位为**1.0g/t**，最低工业品位为**2.5g/t**，最小可采厚度为**0.8米**，最小夹石剔除厚度**1米**。下图A2与Y4样品定性为矿化带；A3、A7、Y5、Y7定性为矿石。



- ① 金矿勘查工程的采样真厚度一般取0.8米，特殊的可以灵活掌握（如0.5m）。
- ② 最低工业米·克吨值 = $2.5 * 0.8 = 2.0$ （米·克吨值）。
- ③ Y2样品的米·克吨值 = $0.3 * 99.5 \approx 29.9$ （米·克吨值），必须按矿体处理。
- ④ A5品位偏低，但带入上下样品后平均品位 $\geq 2.5\text{g/t}$ ，就按矿体处理（内夹石？）。
- ⑤ A3、A7、Y5、Y7 $\geq$ 边界品位，**穿鞋带帽**后计算平均品位 $\geq 2.5\text{g/t}$ ，须按**矿体**处理。
- ⑥ 特高品位（Y2）参考（6~8倍矿体平均品位）可用20g/t替换，之后再计算平均品位。
- ⑦ 独立矿块的平均品位 $\geq$ 边界品位，但 $<$ 最低工业品位，需按**低品位矿（表外矿）**处理。

(4) **线加权品位**是沿取样线（钻孔、穿脉、槽探等）利用真厚度加权计算的平均品位。此方法称为**线加权法**（ $\Sigma(\text{真厚度} * \text{品位}) / \Sigma \text{真厚度}$ ），优于**算术平均法**。参考上图及线加权法，计算顶部区域的线加权品位 = $(0.8 * 1.2 + 0.8 * 8.6 + 0.3 * 20) / (0.8 + 0.8 + 0.3) \approx 7.3(\text{g/t})$ 。

(5) 如果矿石内含伴生银等元素，另需参考“**最低综合工业品位**”划分矿与非矿？

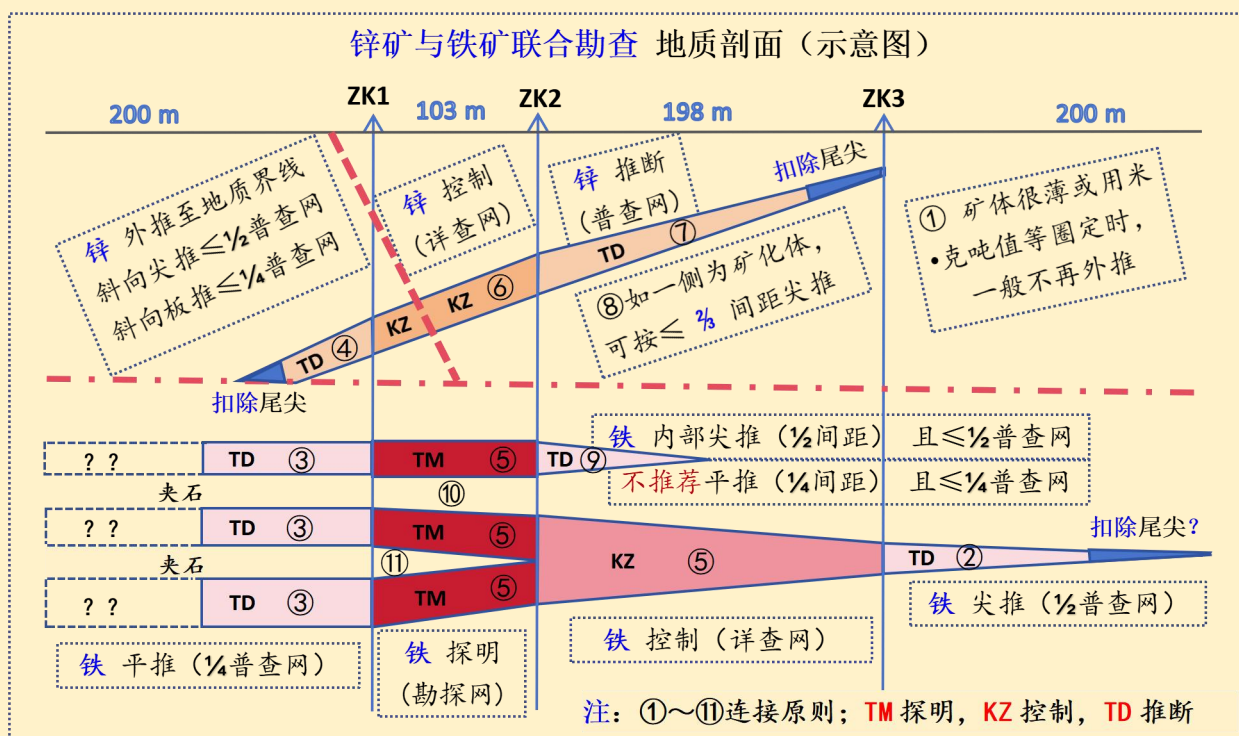
矿 09 矿体“连接与推断”

(1) 示例锌铁矿山，用 100~200m 间距布设钻孔，工程间距与资源量等级对应如下。

矿种	勘探工程间距（探明资源）	基本工程间距（详查，控制）	普查工程间距（推断资源）
锌矿（Zn）	— — — — —	100m X 100m	200m X 200m
铁矿（Fe）	100m X 100m	200m X 200m	400m X 400m

在（ $\leq 120\%$ ）工程间距内的块段，探求对应等级的资源量。最外侧的块段探求推断资源量。

(2) 此矿山经联合勘查后，依据地质规律，形成如下地质剖面（示意图）。



(3) 矿体与夹石的连接（或推断）原则如下：

A （工程外侧）矿体的 无限外推 ，遵循地质规律，执行板状外推或楔形尖推原则。	
① 工程仅见薄矿体不外推	<最小可采厚度（米·克吨值），不外推，按围岩处理。
② 有尖灭趋势时楔形尖推	斜向按 楔形尖推 $\frac{1}{2}$ 普查工程间距，求推断资源量。
③ 无尖灭趋势时板状外推	斜向按 板状外推 $\frac{1}{4}$ 普查工程间距，求推断资源量。
④ 外推至断层或分界线	按地质规律外推至断层或分界线，并遵循②③原则。
B （两工程之间）矿体的 有限连接 ，参照 矿体最小化原则 ，使矿体形态顺畅。	
⑤ 两侧工程都见矿体	顺畅连接，内部按矿体处理，求对应网度等级的资源量。
⑥ 两侧矿体被断层错断	按地质规律连接至断裂带，破坏较小的可不降低勘查等级。
⑦ 一侧矿体，另侧薄矿体	顺畅连接，参考最小可采厚度，（可）扣除薄板尖端的面积。
⑧ 一侧矿体，另侧矿化体	矿化体须 $\geq \frac{1}{2}$ 边界品位，通常可按 $\leq \frac{1}{2}$ 工程间距尖推。
⑨ 一侧矿体，另侧无矿体	斜向按 $\frac{1}{2}$工程间距尖推 ，且 $\leq \frac{1}{2}$ 普查间距，求推断资源量。
C 夹石连接执行 矿体最小化原则 ，使工程间矿体厚度不大于两侧工程的见矿厚度。	
⑩ 两侧工程都见有夹石	按顺畅（直线）连接，形成板状或楔形，确保矿体最小化。
⑪ 一侧夹石，另侧全矿体	按楔形尖灭于全矿体的工程点，使矿体最小化（夹石最多）。

(4) 尖推时是否**扣除尾尖面积**？①理论上应参考最小可采厚度，扣除楔形尖端的面积。②但尖端面积很小，各块段计算总体积允许有 1~3%误差，推断资源通常无需扣除尖端面积。

矿 10 “计算”资源储量

(1) 资源储量的计算，通常按固体矿产、油气矿产、水资源、地热资源，分四大类计算方法，每大类又细分为多种方法。不同级别资源量需对应匹配勘查工程控制密度。

(2) **固体矿产资源量的计算方法**（计算后需结合开采技术条件等要素转化为储量）。

方 法	简 单 描 述（另有距离幂次反比法等方法）	备 注
几何法	通过划分规则矿块，结合矿体厚度、面积、体重等参数计算资源量。 ① 地质块段法 ：按勘查工程划分块段，参考工程平均值，计算各块段资源量后累加。适配二维延展的固体矿种， 普查 以上阶段，灵活简单。 ② 垂直断面法 ：沿剖面计算相邻断面间的矿段体积，用梯形或楔形公式计算矿段资源，最终累加。适配脉状、层状矿种， 详查 以上阶段。 ③ 等高线法（水平断面法） ：依托矿层顶板/底板等高线划分块段，适配层状、厚度稳定的沉积矿床。多用于 勘探 →生产阶段，效率高。 ④ 开采块段法 ：按开采中段划分块段，适合生产阶段的分级需求。 ⑤ 多角形法 ：用单个见矿工程绘制多边形计算体积，适配普查阶段。 ⑥ 算术平均法 ：模拟成理想等厚板状体，适配形态规整的矿体。	主 流 应用广
地质统计法	以地质统计学为核心，精准拟合品位空间分布，通过 克里格 等算法计算矿块品位与资源量，降低品位波动的估算误差，适合大数据量场景。适配有色金属、贵金属矿种，用于详查及以上阶段。	≥详查
SD 法	基于最佳结构地质变量，通过断面几何 形变积分 计算资源量，适配多数金属与非金属矿床。可动态圈定矿体边界，适配品位分布极不均匀的稀有金属矿床，能自动完成全勘查阶段的资源量精度分级。	全阶段
体积估算法	通过矿体体积×平均品位×矿石体重× 含矿系数 计算，适合勘查程度较低、矿体形态简单的矿床。用小范围已知量，推算大范围内的未知量。	简 单
2025 年《固体矿产资源储量报告规则》要求，① 不同勘查阶段需匹配对应精度的计算方法，预查阶段禁止直接使用高精度地质统计法。② 陡倾斜矿体需采用垂直纵投影方式计算体积。③ 水平缓倾斜矿体需采用水平投影方式计算体积。④ 避免投影误差影响结果准确性。		

(3) **油气矿产资源储量的计算方法**（主要探求**预测储量**、**控制储量**、**探明储量**）

方 法	简 单 描 述（主要用到以下两种方法）	备 注
容积法	通过含油面积、有效厚度、孔隙度等参数计算静态地质储量，适配开发初期油气藏，多用于预探→评价阶段，或勘探阶段进行辅助计算。	初期
动态法	依托生产过程中的压力、产量等动态数据，用物质平衡法、数值模拟法等计算动态资源量，适配勘探及生产阶段、开发周期长的油气藏。	后期

(4) **水资源量的计算方法**（主要探求**可开采量**→**允许开采量**[米³/年]）

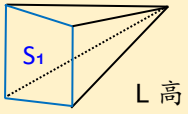
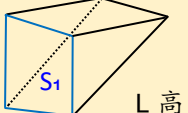
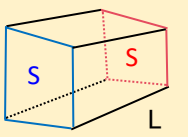
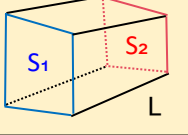
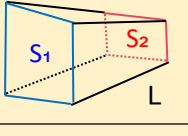
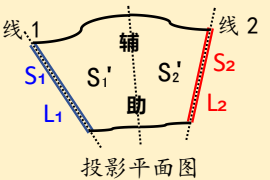
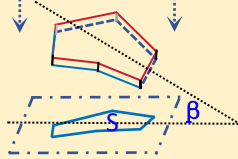
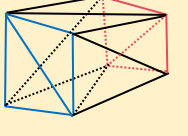
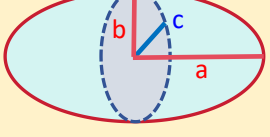
方 法	简 单 描 述（有多种仅列举两种）	备 注
水量均衡法	通过分析补给量、储存量、排泄量的平衡关系，计算可开采资源量。	大区域
流量衰减法	依据泉水等流量随时间的衰减规律，评估地下水资源的可采规模。	小区域

(5) **地热资源的计算方法**（主要探求**允许开采热量**[焦耳/年]→折算为**标准煤**[吨/年]）

方 法	简 单 描 述（有多种仅列举两种）	备 注
热储体积法	结合热储体积、热物理参数、流体温度等指标计算地热资源储量。	初期
动态监测法	依托长期开采动态数据反推可持续开采的热量上限，精度更高。	后期

矿 11 “体积”公式

(1) 计算几何体的体积，须根据几何体的具体形态，选取对应的计算公式。

式	类型	图形	体 积 公 式 (V 体积 m ³)	备 注
①	锥形		$V = \frac{1}{3} L \cdot S_1$ L — 锥形体的 高度 或 外推距离 (m) S ₁ — 断面的面积 (m ²)	一侧有面积， 另侧闭合交点。 常用于 点状尖灭 。
②	楔形		$V = \frac{1}{2} L \cdot S_1$ L — 楔形体的 高度 或 外推距离 (m) S ₁ — 断面的面积 (m ²)	一侧有面积， 另侧闭合交线。 常用于 线状尖灭 。
③	柱体 (板体)		$V = L \cdot S$ L — 平行断面之间的 距离 (m) S — 两平行断面的面积 (m ² 相等)	适合板体、棱柱、似 棱柱及圆柱等形态。 常用于板状外推。
④	梯形		$V = \frac{1}{2} L \cdot (S_1 + S_2)$ L — 平行断面之间的距离 (m) S ₁ S ₂ — 两平行断面的面积 (m ²)	两断面的 相对面积差 ≤40% 时，粗略估算。 可用截锥公式替换。
⑤	截锥		$V = \frac{1}{3} L \cdot (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2})$ L — 平行断面之间的距离 (m) S ₁ S ₂ — 两平行断面的面积 (m ²)	两断面的 相对面积差 >40% 时，必须采用此 公式。
⑥	不平行 断面		$V = \frac{S_1 S_1'}{L_1} + \frac{S_2 S_2'}{L_2}$ S ₁ S ₂ — 两剖面上的断面面积 (m ²) S _{1'} S _{2'} — 两辅助块段的 投影面积 (m ²) L ₁ L ₂ — 两断面上的 投影宽度 (m)	两剖面线不平行，作 水平投影图，沿 角平 分线 绘制辅助投影 线，再量取左右两侧 的投影面积与宽度。
⑦	板体 投影		$V = d \cdot S / \cos \beta$ d — 似板状体的 平均真厚度 (m) S — 似板状体的 投影面积 (m ²) β — 板体面与投影面的 夹角 (°)	用于板体 倾斜投影 ， 水平投影 β 取 倾角 ， 垂直投影 β 天顶角 。
⑧	三角网		$V_i = \frac{1}{6} \vec{P}_1 \cdot (\vec{P}_2 \times \vec{P}_3)$ $\vec{P}_1 \vec{P}_2 \vec{P}_3$ — 三角网点的 向量值 • 向量 点乘 ； × 向量 叉乘	三维模型 总体积 $V = \sum V_i $ 对 V _i 之和取 绝对值 ， 公式复杂须电脑算。
⑨	椭球 (球)		$V = \frac{4}{3} \pi a b c \quad \dots (\text{球} \rightarrow r^3)$ a b c — 椭球体的三维 半轴长度 (m) r — 球体的 半径 (r = a = b = c)	可完全精确计算球、 椭球、旋转椭球的理 论体积。

注：式③~⑤适合平行断面，式⑥仅适合不平行断面，式⑦适合似板状体投影，式⑧适合任意封闭模型。

(2) 上述体积计算公式内，式④及⑥属于**近似估算**公式。如欲较**精确计算**，式④可用式⑤替换，式⑥宜用式⑧替换。式⑨为完全精确的理论计算公式。

(3) 对于土石方、矿石量的计算，多为“估算”体积，通常**估算误差**≤5~10%为佳。

矿 12 “我的”矿产资源

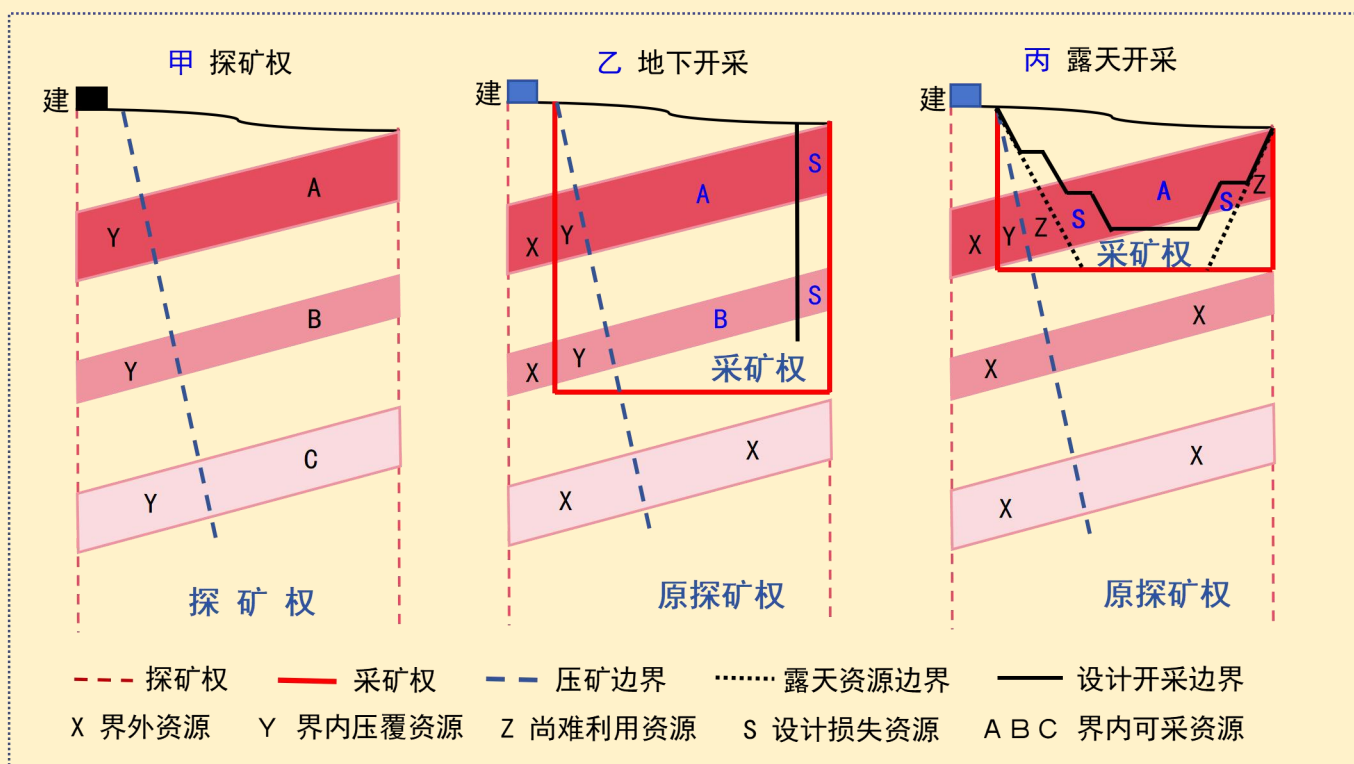
(1) 我的**探矿权证书**内有类似[001, 117.1234, 39.3456...]多个坐标点圈定的平面范围, 勘查面积[6.78 平方公里], 有效期限... 等信息。证内的坐标点是类似[001, 117° 12' 34", 39° 34' 56"]的**六十进制经纬度坐标**。探矿证内没有标注高程信息, 在平面范围内, 我可勘查任意深度(高程范围内)的矿产资源。勘查深度在政策、经济许可的情况下, 自然越深越好。

(2) 探矿权的**地质勘查**分为“**普查、详查、勘探**”三个阶段。在探矿权的有效期内, 我必须完成设计的地质勘查工作。每个有效期结束后, 我必须提高勘查阶段或缩减**20%**以上的平面面积。经过多次地质勘查, 查明平面范围内的矿产资源后, 才能办理采矿权证书。

(3) 我的**采矿权证书**内有类似[001, 4383163.860, 39517993.796...]多个坐标点圈定的平面范围, 开采标高[由+25 米至-550 米], 矿区面积[1.23 平方公里], 开采矿种[铁矿], 有效期限... 等信息。其坐标点为**三度带公里网坐标**, 我必须在给定的开采标高及范围内开采指定的矿种。

(4) 采矿权**开采方式**主要有“**地下开采**”、“**露天开采**”两种, 开采方式是由矿产资源的种类、国家政策、地理位置及赋存状态等因素决定的。常见的建筑石料通常只允许露天开采, 需按设计台阶逐级开采, 例如河北省规定, 自顶至底斜坡的总倾角需 $\leq 42^\circ$ (要求严格)。

(5) 假定我的探矿权已查明有 A、B、C 三条矿体, 看看能开采多少资源(储量)?



① 在探矿权内如有重要构筑物(无法拆除), 邻近的资源须按压覆矿产处理。

② 当办理采矿权时, 因政策或经济原因 C 矿体不允许开采, 需排除在采矿证之外。

③ 乙图经论证允许地下开采, 剔除压覆资源与设计损失资源后, 剩余为可采资源。

④ 露天开采矿山, 地质详查报告需按斜坡边界(倾角常取 $40^\circ \sim 60^\circ$)计算资源量。

⑤ 丙图经论证只能露天开采, 开采方案须按开采台阶计算资源储量, 台阶之外的资源(含压覆资源、尚难利用资源、设计损失资源)是无法开采的。

(6) 由上可知, **可采资源**只占查明矿石量的一部分(通常为 30%~90%), **地质储量**一般为 60%~98%的可采资源。假如探矿时已查明矿石量有 100 万方, 可能仅允许开采 30 万方! 因此必须谨慎研究国家及地方政策, 做好经济技术论证, 合理合规开发矿产资源!

① 总矿石量 $\geq$ 界内资源总量 $\geq$ 可采资源量 $\geq$ 储量。

② 总矿石量 $\approx$ 界外资源+界内压覆资源+尚难利用资源+开采设计损失+可采资源。

③ 储量是证实或可信的经济可采资源量, 通常约占 60%~98%的(可采)资源量。

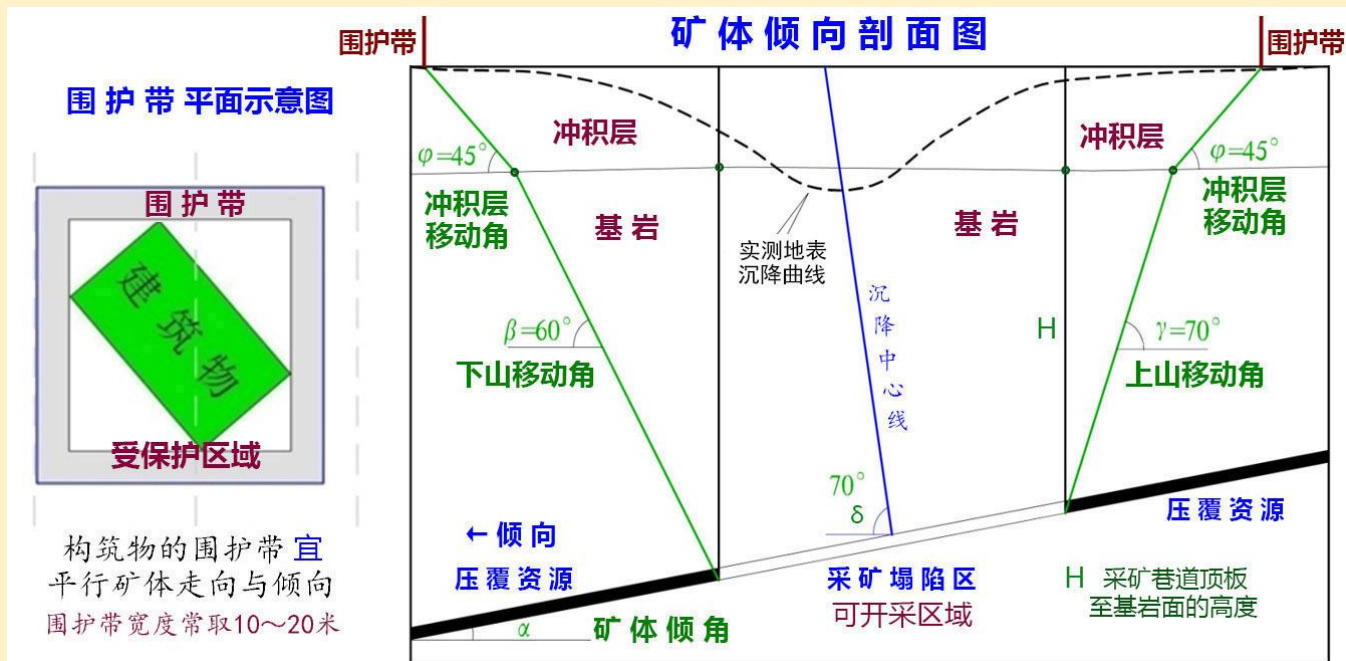
矿 13 压覆矿产资源

(1) **压覆矿产资源**指在现有技术经济条件下,因建设项目或规划项目实施,导致其范围内已查明的矿产资源无法开发利用(形成呆矿)的情形。项目有点状、面状、带状等形态。

(2) 如建设项目压覆矿产资源,需计算压覆资源量,编制压覆矿产资源报告,为矿业开发或项目协商提供科学依据。压覆分为点状压覆、面状压覆、带状压覆、整体压覆**几种类型**。

(3) 压覆矿产资源主要依据的**政策及技术文件**有《中华人民共和国矿产资源法》《自然资源部关于做好建设项目压覆矿产资源管理工作的通知》《压覆矿产资源调查评估规范》《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范(2017)》等。**气液体矿产**常不作压覆处理!

(4) 对建设项目需划定**围护带**,保障建设项目不因采矿活动产生采空区导致沉降破坏。计算压覆范围与资源量时,主要采用如图**规则**(以早期沉降实例及经验获得)。



① 按构筑物形态及重要性绘制**围护带**,围护带可平行矿体的倾向与走向,围护带的宽度常取5~20米,I级保护20米,II级保护15米,III级保护10米,特殊的另按规定。

② 查明矿体与围岩的赋存条件,为确定移动角等参数及压覆范围做准备。

③ **移动角**指围护带外侧的临界变形点和采空区边界点连线与水平线在采空区外侧的夹角。理论计算主要应用**概率积分法**,且需经实测沉降资料充分验证。移动角等参数主要参考周边矿区经验及《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》等资料确定。

④ **冲积层移动角**(φ)指上覆未固结岩层的移动角,常取(流沙)30~45°(粘土)。

⑤ **下山移动角**(β)指可采区域下盘的移动角,常计算或按经验取35~72°度角。

如:开滦煤矿 $72^\circ - 0.67\alpha$;抚顺煤矿 $70^\circ - 0.6\alpha$; α 为矿体倾角。

⑥ **上山移动角**(γ)指可采区域上盘的移动角,常计算或按经验取35~72°度角。

如:开滦煤矿 $55^\circ + 0.5(H-50)$, H基岩厚度;抚顺煤矿 $70^\circ - 0.1\alpha$, α 矿体倾角。

⑦ **底板滑落角**(λ)常取40~55°,当(煤)矿层倾角>此值时,用此替代上山移动角。

(5) 通常,上山移动角比下山移动角大5~15°角。如为露天采坑,露天边坡与地层倾向相反则属于**稳定结构**;露天边坡与地层倾向相同且地层倾角小于坡角属于**不稳定结构**。

(6) 确定移动角等参数后,在每条地质剖面上投影绘制压覆折线,划定压覆范围,计算各矿体的被压覆面积,再综合计算压覆资源量(似板状矿体可采用**面积比法**简易计算)。

(7) **压覆矿产资源评估报告**应包含①前言,②工作区地质概况,③压覆矿产资源必然性论证,④压覆资源储量估算,⑤经济社会效益对比分析,⑥结论及建议等章节。

(8) 当建设项目的压覆范围与压覆资源量较大,导致未受压覆资源量较小,无法经济开采时,可能导致整个矿山无法存续,此时虽为部分压覆,应按**整体压覆**处理!

矿 14 矿山的“一生”

(1) 矿山的**生命周期**含探矿权与采矿权两大阶段，分为勘查、评估、基建、开采、闭坑五个环节，各环节紧密衔接且需兼顾资源开发、安全与生态责任。探矿权一般通过政府拍卖或申请在先原则获得；采矿权一般通过探矿权转采矿权或政府拍卖获得。

序	阶 段	简 单 说 明	环 节
探 矿 权	矿产勘查	采用地质、物化探、钻坑探等手段，逐步完成普查、详查、勘探各阶段的设计工作量，精准定位矿体、评估资源潜力。	勘查
	可行性研究	在详查或勘探的后期，从技术可行性、经济盈利能力、环境合规性三个维度开展论证，通过净现值、内部收益率等指标评估收益。同时完成环境承载力评估与社区意见征集，规避后续开发风险。	评估
采 矿 权	矿山基建	申请办理采矿权，进行基建设计、施工。遵循资源协同、生态前置的原则开展工程落地，同步配套除尘系统、尾矿库防渗等环保设施，按规范完成采矿、加工等设备的选型与安装，为采矿筑牢基础。	基建
	开采生产	通过智能安全监控、5G 远程操控、智能调度等技术实现高效生产，同步落实选矿废水循环利用、边开采边修复的要求，保障生产安全与生态保护并行。	开采
	闭坑修复	完成地貌重塑、土壤重构、植被重建等生态修复工作，按法律要求在闭坑后完成治理验收，推动废弃矿山转型为生态园林、文旅综合体、洞穴储藏等新场景，实现生态再生。	闭坑

(2) 矿山生命周期内需要编制哪些地质类的技术报告？

序	地质类报告	简 单 说 明	备注
1	矿产普查报告	对探矿权范围进行地质矿产的普查，确定是否有矿？	矿？
2	工业指标论证报告	确定矿产的各项工业指标（一般在详查的同期进行）。	指标
3	矿产详查(勘探)报告	进行详查或勘探，查明水文、工程、环境、开采等条件，按工业指标圈定资源储量，评价开采的经济技术可行性。	价值
4	资源储量分割报告	探矿权转采矿权，通常会缩小面积、划分开采标高，采矿权范围内的资源储量通常小于探矿权内的资源储量。	资源
5	矿山开采方案	旧称“矿山开发利用方案”，确定矿山开采方式、步骤等。	规划
6	地质灾害危险性评估	是各类建设项目立项、用地审批的必备要件。	地灾
7	地质环境保护与土地复垦方案	确定环境恢复治理与土地复垦的方法、工作量、费用，并依此分批缴纳环境恢复治理与土地复垦的“恢复基金”。	恢复
8	压覆矿产报告	采矿区域内修路、架设永久电力线、修建构筑物时，需编制此报告，消减压覆的资源储量。常需重新编制开采方案。	压矿
9	资源储量年报	管理部门进行动态监测，对当年消耗的资源储量进行核销。	年报
10	储量核实报告	当采矿权到期延续或资源储量变化巨大时，需编制此报告。如矿山进行深部扩界，需先补充勘查再进行储量核实。	核实
11	矿山闭坑报告	当资源储量枯竭，无法继续开采时，编制此报告。	闭坑
12	恢复治理验收报告	验收地质环境保护与土地复垦相关工作，退还保证金。	验收

说明：地质相关报告主要由自然资源管理部门（自然资源部、厅、局、分局）审批备案。

(3) 矿山需建设、水利、环保、安全生产等管理部门审批备案的报告有哪些？

序	管理部门	报 告（或 资 料）名 称
1	建设	矿山建设项目初步设计（含安全设施、防雷工程、人防工程等）
2	水利	水资源论证报告、水土保持方案、洪水影响评价报告
3	环境保护	建设项目环境影响报告、矿山排污报告、突发环境事件应急预案
4	安全生产	安全设施竣工验收报告、重大危险源评估分级报告、安全生产许可证资料

矿 15 矿山“经济学”

(1) **采出资源量**是矿山开采全流程中,从开采境界内的矿体中实际采出、脱离原赋存地质环境的全部矿产总量。**预测**采出资源量需要从合规性、地质基础、技术经济、计算过程等多个维度严格把控,避免估算结果出现重大偏差。采出资源量 $\neq$ 储量,有时采出资源量 $>$ 储量!

工作阶段	预测采出资源量 (须先扣除压覆资源、尚难利用资源等)	备 注
普查阶段	$=$ 推断资源量 $\times$ 50%~60%	预估
详查(勘探)	$=$ 探明资源量 + 控制资源量 $\times$ 90% + 推断资源量 $\times$ 70%	参考
开采方案	$=$ 可采资源量(开采境界内资源量) $\times$ 开采回采率	较可靠
说明: 固体矿产通常直接按矿石量参与计算。特殊矿产可折算为金属量、能量等参与计算。		

(2) **矿山营业收入(矿产销售收入)**通常参考近 3~5 年的市场价格进行预测评估。

项 目	简 述 (示例采出 1000 万吨铁矿石, 增值税 13%)	示 例
含税销售价格	含 增值税 的市场销售价格(预测取 3~5 年平均售价)	200 元/吨
不含税销售价格	不含 增值税 的市场销售价格(预测取 3~5 年平均售价)	174 元/吨
矿产概略价值	$\approx \Sigma$ (各矿种采出资源量 $\times$ 其含税销售价格)	20.0 亿元
矿产销售收入	$\approx \Sigma$ (各矿种采出资源量 $\times$ 其不含税销售价格)	17.4 亿元
说明: 一般纳税人 的增值税标准税率为 13%, 小规模纳税人 的增值税标准税率为 3%。		

(3) **矿山营业支出**通常分为直接成本与间接成本两大类。**直接成本**包含: 采矿人力成本、设备折旧、矿业权费用分摊、能源消耗、选矿破碎磨矿加工成本、矿产品的短途运输仓储成本等。**间接成本**包含: 管理费用、财务费用、销售费用、研发费用、各类税费(不含增值税)等。

大类	分 项	简 述	备注
直接成本	采矿人力成本	采矿相关人员工资、公积金、福利等。	按年 分摊
	设备折旧	开采设备、厂房等固定资产投入, 按多年折旧分摊。	
	矿权费用	探矿权、采矿权的出让金、占用费, 征地补偿等。	
	勘查治理	补充勘查、修复治理等外包投入。探矿权勘查可列入矿权费用。	
	能源消耗	柴油、汽油、电力等消耗。	
	选矿加工	选矿破碎磨矿加工成本。	
间接成本	运输仓储	厂矿内的短途运输及仓储成本。	
	管理费用	管理人员工资、福利、办公费、差旅交通费等。	
	财务费用	贷款利息、汇兑损失、金融手续费、融资费用等。	
	销售费用	远途运输、仓储费、包装费、保险费、广告费、代销费等。	
	研发费用	研究开发新技术、新工艺、新设备的科技投入。	1~3%
	各类税费	资源税(1~10%)、营业税、教育附加、土地使用税、印花税等。	$\geq 10\%$

说明: 本文仅涉及矿山勘查、开采、简易选矿环节。未涉及深加工、冶炼、服务环节。

设备折旧年限示例: 小型设备 1~3 年, 运输设备 3~8 年, 核心设备 10 年, 厂房 20 年。

假如办公楼投入 2 亿元, 矿山运营 10 年后, 折旧残值余 1 亿元。矿权费按矿山周期分摊。

(4) **矿山利润(企业利润)**通常分为毛利润、营业利润、利润总额、净利润等。

企业利润	简 易 公 式	备 注
毛 利 润	$=$ 不含增值税的销售收入 - 直接成本	看着好看!
营业利润	$=$ 不含增值税的销售收入 - 直接成本 - 间接成本	中间参数
利润总额	$=$ 营业利润 + 营业外收入 - 营业外支出	账面利润
净 利 润	$=$ 利润总额 $\times$ (1 - 企业所得税税率)	真实回报!

说明: **营业外收支**包含对外技术服务、投资收益、罚款、滞纳金、社区投入、社会捐赠等。

企业所得税税率一般为 25%; 高新技术、小型微利企业可取 15~20%; 绿色矿山可部分减免。

(5) 假如你是矿山投资人, 初始资金需投入 1 亿元, 矿山全生命周期 30 年。矿山预测“净利润”总计 1 亿元, 你会选择此项投资吗? 如为 5 亿元, 你会投资吗?

矿 16 “绿色” 矿山

(1) **绿色矿山**指在矿产开发全过程中实施科学有序开采，控制矿区及周边生态环境扰动，实现矿区环境生态化、开采方式科学化、资源利用高效化、管理数字化规范化、矿区社区和谐化的矿山，核心是推动矿产资源开发与生态环境保护协调共生。

序	五 项 要 求	简 单 描 述
1	矿区环境生态化	矿区功能分区清晰，生产区、办公生活区绿化覆盖率达标，矿山道路全部硬化或采取抑尘措施，无废石、尾矿乱堆乱放现象。
2	开采方式科学化	采用与矿床条件匹配的先进开采工艺，露天矿山边坡参数、地下矿山开采顺序符合设计规范，有效降低对周边生态的扰动强度。
3	资源利用高效化	开采回采率、选矿回收率、共伴生资源综合利用率全部达到国家或行业标准，矿井水、生产废水重复利用率不低于 90%，固废综合利用率达标。
4	企业管理 数字化规范化	建立绿色矿山动态管理信息平台，研发投入占年营业收入比例不低于 1.5%，实现开采、环保、安全数据实时上传监管部门。
5	矿区社区和谐化	建立矿地常态化沟通机制，妥善解决周边群众合理诉求，近 3 年无重大矿地矛盾纠纷，优先吸纳当地劳动力就业。

(2) 绿色矿山的**指导文件**有《关于进一步加强绿色矿山建设的通知》（2024 年七部委联合通知），《GB/T 44823—2024 绿色矿山评价通则》，《非金属矿行业绿色矿山建设规范》，各省的《绿色矿山建设管理办法》《关于进一步做好绿色矿山建设工作的通知》等。国家明确要求 **2028** 年底前，**90%**大型矿山、**80%**中型矿山需达到绿色矿山建设标准。

(3) 绿色矿山建设**评价指标**包括**五项先决条件与六大类指标**（细分 49 小项）。六大类指标中 20 项**约束性指标**为一票否决项，另 29 项为**提升性指标**（一般性指标）。

序	大 类	简 单 描 述	小 项
0	先决条件	涉及合法合规底线、安全环保红线、生态硬约束、信用要求、规划符合性、闭坑责任落实等方面，要求证照有效、近 3 年无重大违规处罚、无重大失信行为、生产合规、范围合规。	5 项否决
1	矿区环境	矿容矿貌、矿区绿化美化	7 小项
2	资源开采	开采方式、开采技术、开采回采率、质量要求	4 小项
3	资源综合利用	选矿回收及综合利用（矿产、固废、废水） 其中砂石、灰岩、建筑石材 4 小项；其它矿产 9 小项。	9（或 4）
4	绿色低碳	节约集约用地、节能降耗、减碳、预防、废物排放	13 小项
5	生态修复	地质环境、土地复垦、治理要求、动态监测、环境管理	5 小项
6	科技创新与 规范管理	科技创新、数字化矿山、规范管理	7 小项

(4) 绿色矿山建设分为**国家级绿色矿山与省级绿色矿山**。绿色矿山实行“省级培育、国家级择优遴选”的两级分级管理体系，二者在申报路径、评价标准、政策支持等方面有明显的层级差异，核心是省级绿色矿山为基础梯队，国家级绿色矿山从省级名录中择优产生。

(5) 绿色矿山评价指标采用“先决条件一票否决+十分项指标加权打分”的规则，总分 100 分，国家级最终得分**≥80 分**即为达标。有些省规定最终得分**≥70 分**即为省级绿色矿山。

(6) 申报绿色矿山过程中，企业进行自评与材料准备后，全流程严格遵循“材料申报→多部门联合审核→**第三方评估**→省级复核→公示入库”的闭环管理要求。

(7) 评定为绿色矿山后，国家或地方有何**政策优惠**？

- ① **财税减免**：享受资源税减征 30%的优惠，所得税研发费用扣除比例提升至 120%。
- ② **金融支持**：专项贷款额度增加，贷款利率下浮 10-20 个基点，审批流程大幅简化。
- ③ **矿权倾斜**：矿业权出让、延续时，优先支持绿色矿山，可探索“净矿”出让模式。
- ④ **市场准入优势**：央企、国企采购矿山原材料时，未达标矿山产品将面临市场禁入。

矿 17 “采选冶”知多少

(1) **采矿**是将矿产资源合规从地下开采至地表的过程。核心目标是安全、高效地将有用矿物开采至地表。主流开采方式有露天采矿、地下采矿、露天与地下联合采矿、钻井开采等。

开采方式	简 单 描 述	备 注
露天采矿	适合矿体埋藏浅、地表条件好的矿山，通过剥离表层岩土后直接开采，流程为剥离→穿孔→爆破→铲装→运输→排土，安全性高、开采效率突出。	灰岩矿 铁矿等
地下采矿	对埋藏较深的矿体，通过挖掘地下巷道让设备与人员进入作业，须做好地压管理、通风与瓦斯防护。核心流程：①开拓②采准③回采④地压管理。	金属矿 煤矿等
联合采矿	大中型矿山，会先露天开采浅部矿体，待经济性下降后转为地下开采深部矿体，形成完整的矿山生命周期。	铁矿 煤矿等
钻井开采	针对天然气、石油、天然卤水、盐类、铀矿等气态、液态或可转化为气液态的矿产，通过钻井等技术直接抽取气液资源的特殊采矿方式。	卤水 石油等

(2) **破碎**是通过外力破坏矿石内聚力、逐级减小粒度的预处理工序，遵循“多碎少磨”行业铁律，破碎能耗仅为磨矿的1/3~1/6。建筑石料等矿产，经破碎后即可直接销售。

破碎机械	简 单 描 述	备 注
冲击式/反击式破碎机	适配石灰石、石膏等中等硬度脆性矿石，兼具破碎和整形效果，多用于建筑骨料、制砂场景。反击式破碎：石料在板锤与反击板之间反弹撞击。	砸摔
颚式破碎机	适配粗碎工序，可处理抗压强度≤320MPa的硬岩，进料口宽度需大于原矿最大粒度的1.2倍，避免卡料，是中小型矿山的首道破碎。	粗碎
圆锥破碎机	分为标准型（中碎）、短头型（细碎），适配中硬以上矿石，破碎粒型均匀，大型硬岩矿山普遍采用“颚破+多缸液压圆锥破”的经典组合。	中碎
高压辊磨机	作为超细碎先进设备，可将细碎产品粒度降至8~15mm，大幅提升后续磨矿效率，是大中型矿山节能改造的主流选择。	细碎

行业通用“三段一闭路”工艺：粗碎→中碎→细碎+闭路筛分。

(3) **选矿**是利用矿物物理、化学性质差异，将有用矿物与脉石分离、富集提纯的加工过程。

流 程	简 单 描 述	备 注
磨矿筛分	将矿石粒度逐级减小至目标细度，实现有用矿物完全单体解离。	原矿
选别作业	根据矿石性质选择 <u>重选</u> 、 <u>浮选</u> 、 <u>磁选</u> 、 <u>电选</u> 、 <u>化学选</u> 、 <u>微生物</u> 等单一选矿或联合工艺，产出 <u>粗精矿</u> 、 <u>中矿</u> 和 <u>尾矿</u> 三类中间产品。	中间
脱水作业	对中间产品进行浓缩、过滤、干燥，将矿浆中的水分脱除，产出水分含量符合工业要求的干精矿产品，同时实现选矿废水循环回用。	精矿
尾矿利用	有价值组分再回收、井下采空区充填、绿色建材生产、生态修复与农用改良。	尾矿

重选设备：跳汰机、摇床、尼尔森离心机、螺旋溜槽等。浮选设备：机械搅拌式浮选机。

磁选设备：永磁磁选机、电磁磁选机。电选设备：高压、复合电场、摩擦电选机。

(4) **冶炼**是从矿石、精矿或二次资源中经济高效提取金属或金属化合物，并加工成特定性能金属材料的过程。核心分为钢铁冶金、有色金属冶金两大方向。

方 法	简 单 描 述 与 示 例	备 注
火法冶金	覆盖钢铁、铜、铅、锌等多数生产，工序包括焙烧、熔炼、吹炼、火法精炼，奥托昆普闪速熔炼、奥斯麦特顶吹熔池熔炼是当前主流工艺。	应用广
湿法冶金	适配低品位氧化矿、离子型稀土矿、铀矿等难处理资源，分为浸出、萃取、反萃取、电积四大步骤，常温常压下即可作业，碳排放低。	氧化矿
电 冶 金	用电能完成金属提纯，是高活性金属（铝、镁）唯一生产方法。	铝、镁
还原冶金	分直接还原、熔融还原，用氢气或非焦煤直接还原铁矿石产出铁水。	铁矿石
生物冶金	利用功能微生物的氧化作用，从低品位硫化矿中浸出铜、金等金属。	硫化矿

(5) 矿产资源的勘查、开采、(破碎)选矿、冶炼，是支撑我国工业体系的核心基石。

矿 18 矿产“三率指标”研讨

(1) 国标 GB/T 42249-2022 《矿产资源综合利用技术指标及其计算方法》，规定了固体非能源矿产资源综合利用过程中开采回采率、选矿回收率、选矿综合回收率、共伴生矿产选矿综合回收率、共伴生矿产综合利用率和矿产资源综合利用率等技术指标术语的定义和计算方法。此文适用于固体非能源矿产资源开发利用的评价工作,无法涵盖我国所有的(能源、金属、非金属、宝石、水汽)矿产资源,且存在歧义,容易引发计算错误。

(2) 为了统一所有矿产资源“三率指标”的定义与计算,现利用下表进行研讨。

式	名 词	名 词 释 义 与 计 算 公 式	标	识
1	当量品位	共伴生组分的品位按照价格比法折算成的相对于主要有用组分的品位。如:银当量品位=银品位×银价格/金价格。 某矿当量品位=某矿品位×某矿价格/主矿价格	◆	单
2	采矿损失率	采矿中损失矿产资源储量占当期消耗矿产资源储量的百分比。 =采矿损失矿产资源储量/当期消耗矿产资源储量×100%	◆	单
3	精矿品位	选矿后,精矿内某有用组分质量占精矿总质量的百分比。 =精矿内某有用组分质量/精矿总质量×100%	◆	单
4	开采回采率	实际采出纯矿石量占当期消耗资源矿石量的百分比。 =采出纯矿石量/消耗资源矿石量×100%	●	多
5	选矿回收率	精矿内某有用组分质量占原矿内该有用组分质量的百分比。 =精矿内某有用组分质量/原矿内该有用组分质量×100%	●	单
6	选矿综合回收率	按当量品位计算的,回收利用的主要有用组分、共伴生有用组分质量和占入选原矿中主要有用组分、共伴生有用组分质量和的百分比。=精矿内折算后资源质量/原矿内折算后资源质量	▼	多
7	共伴生矿产选矿综合回收率	按当量品位计算的,回收利用的共伴生有用组分质量和占入选原矿中共伴生有用组分质量和的百分比。 =精矿内折算后共伴生质量/原矿内折算后共伴生质量	▼	伴
8	共伴生矿产综合利用率	采选(冶)作业中,各最终产品中共伴生有用组分的质量和与当期消耗矿产资源储量中所有共伴生有用组分质量和的百分比。 需按当量品位折算,消除不同组分的价值差异(公式复杂)。	▼	伴
9	矿产资源综合利用率	采选(冶)作业中,各最终产品中所有有用组分的质量之和占当期消耗矿产资源储量中所有有用组分质量之和的百分比。 需按当量品位折算,消除不同组分的价值差异(公式复杂)。	▼	全
10	采选利用率	某矿产采选后利用资源与当期消耗资源的百分比,简称利用率。 利用率=开采回采率×某矿产的选矿回收率。	★	单
11	价值当量	某矿产的价值与对应矿产资源总价值的比值。价值当量=某矿产的价值/对应矿产资源总价值≈矿石内单矿种价值/矿石总价值。	★	单
12	综合利用率	采选作业中,各矿种的采选利用率与价值当量乘积之总和。 =矿1利用率×当量1+矿2利用率×当量2+……+矿N利用率×当量N。 (注:各当量之和总等于1.0)	●	全

注: ▼易有歧义的参数, ◆可使用的参数, ★推荐的中间参数, ●推荐采用的三率指标。

单→单矿产, 伴→共伴生矿产, 多→多种矿产, 全→全部矿产(含能源水汽, 不含冶炼)。

(3) 在 GB/T 42249-2022《矿产资源综合利用技术指标及其计算方法》内,有关综合回收率、综合利用率的相关定义与计算公式,存在以下不足之处。

- ① 适用范围仅限于固体非能源矿产资源,无法适用于能源矿产、水汽矿产等。
 - ② 文中“采选(冶)作业中...”,将冶炼环节纳入评价,不符合矿山生产实际情况。
 - ③ 采用两种质量之比,对矿山及管理人员不容易理解,各种单位不容易换算。
 - ④ 采用当量品位进行折算,公式复杂、无法适用所有矿产,例如主矿产为建筑石料,共伴生矿产为多金属,假定还有卤水,如何进行当量品位折算?
 - ⑤ 专业名词有 7~12 个汉字,拗口难懂,书写很容易产生错误,应用交流难度大!
 - ⑥ 公式太长又较复杂,大量字符,理解应用难度大,计算容易出错。
- 总之:不符合简单明了、大众化原则。对地质、采矿、选矿、管理各环节不友好!

GB/T 42249-2022 计算单个矿山矿产资源综合利用率:

$$R_{Pu}^v = K \cdot \epsilon_{Ru}^v \times 100\% = \frac{K \cdot \sum_{i=1}^v \epsilon_i \cdot \alpha'_i}{\sum_{i=1}^u \alpha'_i} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

R_{Pu}^v —— u 种有用组分回收 v 种时的矿产资源综合利用率;

u —— 矿产资源储量中主、共伴生有用组分个数;

v —— 各最终选矿产品中回收利用的主、共伴生有用组分个数;

K —— 开采回采率;

ϵ_i —— 有用组分 i 的选矿回收率;

α'_i —— 原矿中有用组分 i 的当量品位。

(4) 为了验证“综合利用率”的计算成果,下面以某矿山的示例数据进行计算研讨。经过地质勘查(储量核实)、工业指标论证、开采方案等工作后,矿山的各项数据如下:

矿种	平均品位	矿石量(万吨)	金属量(公斤)	近期单价(元/公斤)	价值(亿元)	价值当量	开采回采率	选矿回收率	采选利用率	当量品位
金	10.0	100	10 000	900 000	90.0	0.921	96 %	93 %	89.3 %	10.0
银	40.0		40 000	14 000	5.60	0.057		85 %	81.6 %	0.62
铜	2200		2200 000	96	2.11	0.022		64 %	61.4 %	0.23

注:矿石品位的单位(克/吨),金为主矿种。当前各矿种的总价值为 97.71 亿元。

- ① 各矿种的价值 = 金属量 * 近期单价,为了明显易读取亿元(略)。
- ② 总价值 = 各矿种价值之和 = 90 + 5.6 + 2.11 = 97.71 (亿元)。
- ③ 价值当量 = 某矿产的价值/总价值 97.71 亿元,很容易得到三个当量(略)。
- ④ 采选利用率 = 开采回采率 * 某矿产的选矿回收率,很容易得到三个百分数(略)。
- ⑤ 采用作者推荐的方法(见表一公式 12)计算“综合利用率”
= 89.3% * 0.921 + 81.6% * 0.057 + 61.4% * 0.022 ≈ 0.8825 (即 88.25%)。
- ⑥ 银的当量品位(见表一公式 1) = 40 * 14000 / 900000 ≈ 0.62 (克/吨)。
- ⑦ 铜的当量品位(见表一公式 1) = 2200 * 96 / 900000 ≈ 0.23 (克/吨)。
- ⑧ 采用 GB/T 42249-2022 的方法(详见上图)计算“矿产资源综合利用率”
= 96% * (93% * 10 + 85% * 0.62 + 64% * 0.23) / (10 + 0.62 + 0.23)
≈ 0.8825 (即 88.25% 与第⑤步的计算成果一致)。

结论: 对于上述示例,采用**价值当量法**计算“综合利用率”与采用 GB/T 42249-2022 的当量品位法计算“矿产资源综合利用率”的结果是一致的,虽然两者公式外形有差异,实质上各项参

数可以相互转换，计算根基一致。作者推荐的方法，能适用于所有矿产资源的开发利用评价工作，名词定义与公式简单明了，容易理解操作，便于推广应用。

(5) 作者推荐的“**价值当量法**”，也能计算“共伴生矿产综合利用率”参数。对于上文示例，无需主矿种参与计算，仅采用银、铜的相关数值参与计算。

① 银铜的价值之和（对应矿产资源总价值）= $5.60 + 2.11 = 7.71$ （亿元）。

② 银的价值当量 = $5.60 / 7.71 = 0.726$ 。

③ 铜的价值当量 = $2.11 / 7.71 = 0.274$ 。

④ 共伴生矿产综合利用率 = $81.6\% * 0.726 + 61.4\% * 0.274 \approx 0.761$ （76.1%）。

银的利用率为 81.6%，铜的利用率为 61.4%，计算成果位于两者之间，明显是合理的。

虽然可计算“共伴生矿产综合利用率”参数，但不建议作为综合评价指标！

(6) 作者推荐的“**价值当量法**”，能用于能源及水汽等所有矿产资源的开发利用评价工作。下面以某煤矿的示例数据进行计算研讨。经过地质勘查（储量核实）、工业指标论证、开采方案等工作后，该煤矿的相关数据及计算表格如下所示：

矿 种	价值 (亿元)	价值 当量	开采 回采率	选矿 回收率	采选 利用率
煤	162. 0	0. 81	92 %	96 %	88. 3 %
煤矸石	24. 0	0. 12		86 %	79. 1 %
矿井水	14. 0	0. 07	100 %	99 %	99. 0 %
其它	0. 0	0. 00	0. 0	0. 0	0. 0
合 计	200. 0	1. 00	- - - - -		
综合利用率 = 0. 81 * 88. 3% + 0. 12 * 79. 1% + 0. 07 * 99. 0% + 0 ≈ 87. 9 %					

(7) 通过以上探讨，**作者强烈建议**：急需对 GB/T 42249-2022《矿产资源综合利用技术指标及其计算方法》国家推荐性标准进行修正、完善，简化名词定义及计算方法，使其能更好地适用于所有矿产资源的开发利用评价工作。

===== （ 尾 页 ） =====

2026 年夏，作者耗时两个多月，精心编辑 30 篇科普文章，同步发布至抖音。

抖音热度排行：（截止发文单篇最高 14 万浏览量、三千多点赞与收藏）

- | | | |
|----------------|----------------|---------------|
| ① 地 06 地质顺口溜 | ② 地 05 钻孔那些事 | ③ 矿 14 矿山的一生 |
| ④ 地 04 褶皱与断层 | ⑤ 矿 09 矿体连接与推断 | ⑥ 测 02 高程那些事 |
| ⑦ 矿 04 矿产勘查知多少 | ⑧ 矿 15 矿山经济学 | ⑨ 地 07 真厚度与投影 |

万分谢谢各位网友点赞、收藏、评论！（抖音号：D266206）