

# 固体矿产储量误差研究

王本淳

(湖南省储委, 长沙市)

在讨论储量误差的基础上,根据地勘储量与开采储量误差的对比,笔者对探采差的项目选择、公式运算和标准厘定等方面提出了相应的原则、方案和使用方法。

**关键词:** 探采差; 精度标准; 矿体形态重合率; 评定原则



## 国内外储量误差的对比与现状

我国固体矿产储量尚无统一的精度标准,以往的储量误差规定(表1、2)多是各部门作为参考材料或科研成果下达的。由于缺少统一的法规,致使误差项目、计算公式、基数选定、对比尺寸、精度标准、评定原则各不相同,给储量精度的判定造成混乱。

尽管国内规定无统一标准,仍可同国外类似储量误差标准对比(表3),两者精度

近似,发展趋势皆向高精度标准引申。如将A级由 $< \pm 20\%$ 提至 $\pm 10\%$ , B级由 $< \pm 30\%$ 提至 $\pm 20\%$ , C级由 $< \pm 45\%$ 提至 $\pm 35\%$ , D级也规定 $< \pm 50\%$ 。将单一的矿石量(或金属量)误差发展为矿石量、金属量、品位、矿体形态和空间位置等综合性误差。

按误差性质可分两类:一类是地探或生探储量中的低一级同高一级储量对比误差,即稀密验证差。该误差可在提交储量时取得,因此常被勘探部门采用,但可靠性差,尚未得到普遍承认;另一类是地探(含生探)同开采(含备采、采准)储量的对比误

国内各部门制定的储量误差标准(%)

表 1

部 门	A(A <sub>2</sub> )	B	C(C <sub>1</sub> )	C <sub>2</sub>
第一届全国矿产会议(1958)			$\pm 30$	
全国地质局长会议(1958)	$< \pm 20$	$< \pm 30$	$< \pm 50$	
煤炭部(1959)	$\pm 10 \sim 20$	$\pm 20 \sim 30$	$\pm 30 \sim 40$	
冶金部、建工部、化工部(1959)	$\pm 10 \sim 20$	$\pm 20 \sim 30$	$\pm 30 \sim 45$	
全国储委(1959)	$< 20$	$< \pm 30$	$< \pm 45$	
冶金部(1973)	可 靠 程 度			50
		$> 80$	$> 65$	
三部一局规范组(1974)	$< \pm 20$	$< \pm 30$	$< \pm 45$	
全国冶金系统设计院(1975)	$\leq 10$	$\leq 20$	$\leq 40$	
核工业部规范组(1980)	$\pm 10$	$\pm 20$	$\pm 35$	$\pm 50$

有关专题研究材料中规定的储量误差标准(%)

表 2

项 目	铜 (1976)		铅锌 (1984)				黑色金属 (1983)				
	误差率		探采验证差		稀密验证差		探采对比误差			储量验证差	
	B	C	B	C	B	C	A	B	C	B	C
矿石量	20	40	≤30	≤40	≤20	≤30	<10	<20	<30	±10	±20
金属量	20	50	≤30	≤40	≤20	≤30					
品位	15	20	≤30	≤30	≤10	≤15	±1 <sup>①</sup>	±2 <sup>②</sup>	±3 <sup>③</sup>	<2	<3
厚度					≤20	≤20					
面积重合率	>80	>70	>70	>50			>80	>70	>60		
面积误差率			≤30	≤40			<10	<10	<40		
面积歪曲率	<40	<100	≤60	≤100							
底板位移(m)	8~10		5~8		5~8		2~3	5~6	8~10	<10 <sup>④</sup>	<20 <sup>⑤</sup>

①绝对误差值；②缓倾斜底板位移。

部分国家制定的储量(资源)误差标准(%)

表 3

国家或地区(部门)	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
	A		B		C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
	确 定 的					
	R-1				R-2	
苏联固体矿产储量规范(1929)	±10	±20	±30	±50		
苏联地质保矿部访华团介绍(1957)	±10	±20	±30			
苏联煤规范(1978)	15					
	10					
西德冶金协会分类(1959)	±10		±20		±30	±50
奥地利煤分类(1972)	可 靠 程 度					
	80~100		50~80		50	
英国煤储量分类(1972)	90(可回采)				75(可回采)	50(可回采)
美国矿产资源分类原则(1976)	不大于20(含品位)					
法国钢铁公司访华团介绍(1979)	±10				±30	精确到±20
联合国国际分类系统(1979)	可高于50					>50
西欧国家矿产储量分类系统(1982)	<30		30~50		50~80	>80

差,即探采验证差。该误差可靠性已被公认,它对地探储量具检查作用,但其结果须在矿山开发后取得。本文将从介绍现行的储

量误差项目、公式入手,论证现阶段能定为衡量储量精度的探采差,并提供一套完整的使用原则、方法和标准,以供建立全国统一

的固体矿产储量误差标准时参考。

## 矿体形态误差

### 公式的重建

要正确地评价储量精度，仅规定储量的数量误差是不全面的，还必须把开拓对象——工业矿体的形状、空间位置和质量纳入储量误差计算范围内。据对以往形态误差公式中的面积误差率、重合率和歪曲率三项误差考查得知，这组误差分辨力差，易形成假象，且计算繁琐，很难取得精确结果。

为解决三项误差的不足，笔者总结出一项命名为矿体形态重合率（SQ），其公式：

$$SQ = \begin{cases} \frac{2S_0}{S_u + S_c} \times 100 & (S_u = S_c) (1) \\ \frac{2S_0|S_u - S_c|}{S_u^2 - S_c^2} \times 100 & (S_u \neq S_c) (2) \end{cases}$$

即取地探（ $S_u$ ）同开采（ $S_c$ ）的面积和为分母，除两个对比单位的重合面积（ $S_0$ ），重合面积越大，分母同分子的面积就越接近，得到的重合率也就越高，如地探同开采验证的矿体边界完全一致，那 $S_c + S_u$ 就同2倍的重合面积 $2S_0$ 吻合，重合率100%，即重合率仅与重合程度有关。公式（1）为地勘与开采面积相等时的计算式，公式（2）为不相等时的计算式，当开采面积大于或小于地勘面积时，重合率分别以正值或负值表示，同反映矿石量误差的符号一致，由于开采与地探的面积界线极难一致，故多由（2）式计算。（2）式可输入电脑，是理想的计算方法。

重合率有3大特点：简单——变三项误差为一项；准确——仅与重合程度有关，不受任何无关因素影响；明了一——数字上可显示出性质和大小。因此，它是最佳的计量矿体形态误差的方法。

### 误差计算的空间尺寸

由于未规定误差计算尺寸，致使误差

计算范围可大至矿区，小至矿块。尺寸大，误差的正负值易抵消，得到的误差值虽小，实际是丈量误差的精度低；尺寸小，取得的误差值虽大，实际是要求严，丈量储量精度高。因此，在空间尺寸不等时，对比相同储量级别的误差值是不妥的。为统一误差的精度，促使各类误差的计算条件平等并便于比较，下面提出按储量的工业用途分别采用计算尺寸的方法：

1. **D（含D）级以下储量** 为找矿评价阶段的储量，多作为部署下步勘探依据，少数为提供矿山远景规划的储量。为适应该级别储量的工作程序和用途要求，确定以取独立的开采单元（井田、矿区、矿体）做计算储量误差的空间尺寸。

2. **B、C级储量** 系地勘高级阶段提供矿山做为矿山设计依据的储量，具一定风险性。为保证矿山生产规模、开拓方案、采掘计划的正常运行，确定计算储量误差尺寸为坑采用中段，露采用台阶或小矿体。

3. **A级储量** 为矿山开发阶段利用的储量。可按矿山采准、备采工程或切割的矿块作为计算储量误差的尺寸，这可使三级储量建立在可靠的基础上，也符合该阶段地质研究程度和做矿山编制采掘计划依据储量的要求。

按上述3种规格计算储量误差，可省去以往为计算小矿块增加的矿块合格率指标，从而简化计算方法和程序。

### 基数的选择

在计算矿石量、金属量、品位误差时，都存在基数（分母）取值问题，分母取值不同，其计算的储量误差差异很大。以表4为例，取地探数做分母，正、负误差数的实际距离与10进位的储量误差分级完全相同，而取开采数做分母，却偏离了10进位的储量误差分级，各值实际间距是：正值由8~4，负值14~33，无一处相等，不如用地探数做

分母简便。为弥补以往取地探数做分母造成的误差符号与实际开采增减相矛盾的缺欠，笔者将计算公式改为开采数—地探数÷地探数，这可使开采增加为(+)，减少为(-)，与误差性质达到统一。由于储量减少比增加对矿山影响大，故建议将数据改为符合矿山要求的正误差放宽，负误差从严的分项指标。

不同分母在统一误差中实际储量差别 表 4

基数 (分母)	性质	储量误差分级(%)				
		10	20	30	40	50
地探数	正、负	10	20	30	40	50
开采数	正	9	17	23	29	33
	负	11	25	43	67	100

单位：吨或万吨。

## 储量误差标准的建立

以满足工业部门对储量精度的最低要求、地质条件可能和勘探投资最低作为建立误差标准的三项原则，再与已建成功并有探采对比成果的矿床中提供合格误差，这就是建立误差标准的依据。具体的取值过程及结果简述如下：

1. 挑选典型 在矿产地勘规范实例中，选择了黑色、有色、非金属11个矿种73个矿床的数百个具探采对比结果的误差值作为取值对象(表5)。由于实例具广泛代表性、权威性以及选取已建成功矿山的数据，因此，建立的误差标准是可以接受的。

2. 取值方法 按上述规定的原则和计算公式求出各类误差。虽然矿床都是已建成

73个矿床内矿种、勘探类型统计(个)

表 5

矿种		Al	P	Fe	Mn	Pb Zn	Cu	W	Ni	Hg	Au
勘探类型	I	1	2	2	1				2	1	3
	II	3	1	5		1			1	2	5
	III		2	5	3	8	5	5		4	4
	IV		2	2		5	2	2	1	1	2
	V			1		2	1				
矿区		4	4	11	4	15	7	6	3	8	11

功的矿山，但各项误差数仍有差异，表明各小矿块的误差值不都在合格的限差内，这与矿山生产实际相吻合。确定误差值分界线采取的方法是，先按等间距设置误差区间，并将统计出的误差值放入其中，再计算各区间占总体数的矿块合格率。

由于矿山都已建成，因此矿块合格率应在占多数的误差值中寻找，经多方案对比得出，将矿块合格率切在 $\geq 65 \sim 70$ 位置上的误差值为最佳取值位置(表6~9中有\*者)。该位置符合误差标准的矿块占矿块总体的2/3以上，能够满足生产要求；取得的各项误差值多属于现行误差中的最高值，因此，

规定这个位置为误差值分界线是合理的。

3. 品位、矿石量、金属量误差的取值分析 从表6中可看出3个特点：(1)同一误差项目近似的矿块合格率约以10%的误差值递次出现。如品位中负误差B级的 $\leq 15\%$ 、 $\leq 20\%$ 、 $\leq 25\%$ 、 $\leq 30\%$ ，依次同C级的 $\leq 25\%$ 、 $\leq 30\%$ 、 $\leq 35\%$ 、 $\leq 40\%$ 和D级的 $\leq 35\%$ 、 $\leq 40\%$ 的矿块合格率相近，矿石量、金属量的误差值也相类似。(2)同一级别内接近的矿块合格率，品位、矿石量、金属量三者间分别按5%的误差间隔出现。如负误差值C级储量矿块合格率 $\leq 70\%$ 的误差值，品位为 $\leq 25\%$ 、矿石量为 $\leq 30\%$ 、

典型矿床内矿块的矿石量、金属量、品位误差区间统计(%)

表 6

		B级				C级				D级			
		≤15	≤20	≤25	≤30	≤25	≤30	≤35	≤40	≤35	≤40	≤50	≤60
负误差值 (-)	品位	12/71	13/76	14/82	15/88	49/71	55/80	60/87	63/91	12/80	13/87		
	矿石量	29/52	38/69	42/75	43/77	73/62	82/69	91/77	99/84	19/54	24/69	27/77	
	金属量	10/59	11/65	11/65	12/71	49/54	60/66	67/74	70/77	14/67	15/71	16/76	18/86
正误差值 (+)	品位	18/69	19/73	21/81	22/85	33/67	33/67	36/73		12/67	12/67		15/83
	矿石量	14/45	22/71	24/77	25/81	73/53	81/60	92/68	98/73	15/43	17/49	19/54	21/60
	金属量	6/38	8/50	9/56	11/69	42/53	46/58	49/62	55/70	14/52	17/63	21/78	

注：表中分子为矿块数(个)，分母为矿块合格率(%)；\*为最佳矿块合格率的取值部位；下表同。

金属量为≤35%。这表明过去拟定各级储量间隔差值取10%是合理的，另外还可看出把矿石量和金属量误差值定在1个数值上是违反生产实际的。因为探求金属量储量普遍比探求矿石量储量的矿体复杂，所以，金属量误差比矿石量误差低。(3)在矿块误差率近等的位置上，正误差比负误差宽5%，如C级储量的品位—矿石量—金属量负误差值≤25%—≤30%—≤35%，与正误差值≤30%—≤35%—≤40%的矿块合格率一致。这与工业部门要求对储量减少从严、增加从宽相吻合。

4. 矿体重合率和底板位移差的取值分析 由于统计量少，重合率略有规律，底板位移较差，多借助各级储量的误差值，但必须保持等距离和指标不低的原则取得这二项误差的最佳值(表7、8)。二项标准不宜提高，否则合格率达不到多数矿块的要求，故此选择了矿山能接受、地质部门有待努力才能达到的标准。

上述误差取值结果，再根据误差的等间距测出矿山需要的A级储量，就得出了固体矿产储量误差标准(表9)。由于多数数据是以往严格的指标，并有成功矿山认可的对比成果，因此，表9应是地质上可能、经济上合理以及工业部门可以接受的标准。

矿体重合率统计(%)

表 7

储量级别	≥70	≥60	≥50	≥40	≥30
B	16/70*	19/83			
C		62/66	68/63*	82/76	92/85
D			20/44	26/58	32/71*

矿体底板位移误差统计(m)

表 8

储量级别	≤4	≤6	≤8	≤10	≤12
B	16/40	21/53*	24/60	32/80	
C		144/60	160/67*	157/73	185/77
D		7/58	9/75	10/83*	11/92

固体矿产储量允许误差标准(%)

表 9

	A级	B级	C级	D级
品位	±8	-15~20	-25~30	-35~40
矿石量	±10	-20~25	-30~35	±50
金属量	±15	-25~30	-35~40	±50
矿体重合率	≥90	≥70	≥50	≥30
底板位移(m)	3	6	8	10
计算范围	矿块	中段	中段	矿区

此外，还对矿石量、品位和金属量的误差性质作了统计，得知B+C+D级总体误差正、负值近于相等。其中，B级区的矿石量负值多，品位正值大；C级区相反；而D级区的品位和金属量皆为正值大，这都与矿

山生产相一致。即地勘程度高的B级区,开采矿石量要减少,但其品位要比预计值增高,故金属量不会下降;C级区,生产阶段的矿石量将要增加,但品位、金属量常估计偏高;D级区,地勘阶段提交的金属量、品位和矿石量比实际要小。

### 误差项目的设置及评定

从经验可知,储量误差中的矿石量、金属量与品位有密切关系。在矿石量与品位误差性质(正、负)相同时,金属量的误差不仅性质一致,而且数值可加大到二者的总和程度。反之,当二项误差性质不一致时,即使金属量误差合格,而其余二项误差都有超出允许限度的可能。由此表明,矿石量、品位和金属量各有其特点,彼此不可替代。

在评定储量精度时,常因误差项目多难

于评定出合格的矿产储量,因此,按着误差对储量精度的作用对储量的合格程度进行分类是必要的。从几种误差对比可看出,矿石量和金属量为质量因素,现又增加了统一的计算误差空间,这就使矿石量和金属量具有3种成分的综合误差性质。大量探、采资料证明,只要储量不超差,矿山生产就不会产生较大损失,因此,上述二项误差可列为主要误差。其次是矿体重合率和底板位移,若此二项误差无大变化,则开拓、采准巷道就不致产生较大差错。但底板位移常受钻探工程的孔斜和测斜精度的限制达不到标准。考虑到上述因素确定:凡矿石量(金属量)误差合格,矿体重合率与底板位移有一项合格定为合格储量;凡仅有矿石量(金属量)一项合格定为基本合格储量;否则皆属不合格储量。

### On Error of Estimated Ore Reserves for Solid Mineral Resources

Wang Benchun

On the basis of an extensive discussion on the problem of error of estimated ore reserves for solid mineral reserves both at home and abroad, and through a comparison between the total tonnages of demonstrated reserves and ores worked out, for a selection of parameters for ore reserves calculation, calculating formulas and the criterion of error estimation, some principles, schemes and methods are put forward by the author in this paper.

(上接第60页)

裁均匀,充分发挥了每个颗粒的切削作用。因而金刚石不易脱落,工作层不拉沟、不掉块,在同样的工作条件下能提高钻头的寿命和时效,从而降低了钻探成本,提高了经济效益,得到用户的好评。

另外,金刚石均布钻头的生产工艺还可以推广于其他金刚石制品的生产上,如金刚石砂轮、锯片、玉雕工具等。1990年我公司

已将该工艺用于制造金刚石锯片上,产品在山东平邑县花岗石厂使用,取得了很好的效果。此外该工艺还可以推广于其他磨料,如WC、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiC、SiC等,使这些磨料均匀分布在制品中,提高它的质量。

值得注意的是,金刚石均布只能解决因金刚石分布不均而引起的质量问题,至于钻头的其他问题,只能具体情况具体解决。

### Diamond Uniformly Distributed Drilling Bit:

#### Its Development and Tests

Yang Guohuan

Many troubles in diamond bit drilling are frequently encountered due to the nonuniform distribution of the diamond grains at the bit end. In order to get those troubles (such as the diamond too early to fall off from the matrix, matrix scratching and fragmenting, etc.) thrown away, the technology for making drilling bits with diamond grains uniformly distributed at the bit end in equal space has been developed. The bits manufactured by using this technology was achieved good results in practical use.