大洋多金属硫化物资源勘查规范

编 制 说 明

（征求意见稿）

自然资源部第二海洋研究所

二零二零年五月

“大洋多金属硫化物资源勘查规范”

编制说明

一、制定标准的背景、目的和意义

多金属硫化物是深海大洋中重要的矿产资源之一，该类矿产资源不仅资源量巨大，而且极有可能在较短时间内实现商业开发，凸显其商业价值。因此，进行大洋多金属硫化物勘查具有极大的战略意义和潜在经济价值。目前，美、日、英、法、俄和中等国，在太平洋、印度洋和大西洋均积极开展多金属硫化物资源调查，发现了硫化物成矿相关的热液喷口、热液硫化物矿石、矿化蚀变岩石以及沉积物地球化学异常区及矿物异常区，显示了大洋多金属硫化物良好的找矿前景。

2011 年，经国际海底管理局批准，我国在西南印度洋获得了 10000km^2 多金属硫化物勘探合同区，使我国成为国际海底多金属硫化物商业勘查的最早的成员国之一。今后十年，将是我国进行大洋多金属硫化物探矿与勘探的关键十年，我们一方面需履行我国与国际海底管理局签订的“西南印度洋多金属硫化物勘探区”勘探合同，同时还急需寻找新的勘探区块，以应对日益复杂的围地圈矿国际形势。

我国的海底硫化物勘查已进入关键时期，2014 年 9 月，在中国大洋协会组织讨论下，通过了《西南印度洋多金属硫化物合同区一般勘探工作规划》，对多金属硫化合同区的勘查工作阶段划分、各阶段工作目标、技术路线和相应的勘探技术方法等提出了纲领建设。但大洋多金属硫化物勘探毕竟是一项新型任务，具有与陆地及海洋其他矿物不同的特征，国内外均没有相应的勘探标准。各勘探阶段的工作部署、勘查技术方法配置等尚缺乏充分的依据，从而大大增大了勘查工作的盲目性，影响了勘查工作的科学性和效率。

通过对海底多金属硫化物勘探区勘查技术和方法的综合研究，汲取陆地矿产资源勘探技术和方法的经验，针对海底资源勘探的特殊性，编写大洋多金属硫化物资源勘查规范，可以统一国内勘查人员对于大洋多金属硫化物资源勘查工作的认识，整合国内调查资源；同时填补国际上大洋多金属硫化物资源勘查规范的空白，提升我国在国际大洋硫化物资源矿产勘查规则制定过程中的话语权。

二、工作简况(主要工作过程、标准主要起草人及其所做的工作等)

2.1 任务来源、计划项目编号，标准负责起草和参加起草的单位

本标准任务来源为全国海洋标准化技术委员会，计划项目编号为20184574-T-418。

此次编制的《大洋多金属硫化物资源勘查规范》标准的负责起草单位为*****。

2.2 主要工作过程

******及其他参与编写单位获准承担《大洋多金属硫化物资源勘查规范》的标准编制任务后，成立了标准起草小组。起草小组讨论形成了标准的结构框架、关键技术和标准适用范围，对标准编制的各环节和时间节点进行了统筹安排。起草小组广泛收集相关资料、调研和技术研讨，起草标准文件，形成标准征求意见稿并根据征求的意见对标准做进一步的修改和完善，现已形成送审稿。

（1）2017 年 11 月，成立标准项目申报小组，进行标准编制项目申报。

（2）2017 年 12 月至 2018 年 3 月，调研、资料收集，规划标准组织结构。

（3）2018 年 4 月至 2018 年 8 月，编制标准初稿。

（4）2018 年 8-12 月，立项评审阶段技术指标验证阶段。

（5）2019 年 1 月-2019 年 5 月初，完成标准草案和标准编制说明。

（6）2019 年 6 月，开展了标准草案和标准编制说明内审。

（7）2019 年 6 月-2020 年 5 月，标准草案和标准编制说明修改和完善。

2.3 主要起草人及分工

三、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

3.1 标准编制原则

本标准编写过程中遵循以下原则：

(1) 符合性：本标准符合国家和行业有关方针、政策、法律、法规。

(2) 适用性：本标准充分考虑我国国情及大洋多金属硫化物资源特征，在广泛调研了国内外矿产勘查相关规范、标准、案例及目前我国大洋多金属硫化物资源勘查实践的基础上，确定了适用于我国现实所需的大洋多金属硫化物资源勘查

规范，保证本规范方法适用于我国大洋多金属硫化物资源勘查工作。

(3) 目的性：以规范大洋多金属硫化物资源勘查工作为目的，实现大洋多金属硫化物资源勘查工作的标准化和国际化。

(4) 协调性：本标准与相关国家标准协调一致。

(5) 先进性：本标准编制期间，查阅了大量的国内外矿产勘查的规范、标准、文献等，并紧跟国际上相关领域的研究进展，结合我国目前大洋多金属硫化物资源勘查工作进展，完成了本标准的编制，在确保适应性的基础上，同时保证标准方法的先进性。

3.2 主要内容的论据

(1) 标准总体框架的确定

本标准编写组综合考虑了我国海洋行业具体需求、现有技术基础、方法的普适性及可操作性等原则，以及国内外现行各种方法的优缺点、先进性，确定本规范，并确定本规范的总体框架包括大洋多金属硫化物资源勘查的阶段目标任务、矿产地质勘查工作、可行性评价、矿产资源/储量分类、矿产资源/储量估算等方面等。

(2) 勘查阶段的划分

矿产勘查是一项高风险、高投入和高效益的活动。大洋多金属硫化物矿床作为一种新的勘查对象，其勘查工作具有 1）对矿床的认识程度低；2）技术装备不成熟；3）工作条件差；4）受国际海底勘探规章、外交等制约；5）环境压力大；等特点。

因此大洋多金属硫化物矿床勘查制约因素更多，难度更大、投入更多，因此风险也更大，是名符其实的“风险勘查”。为了增强勘查工作的针对性和有效性，有效控制风险，国内外都将分阶段管理作为勘查工作管理的主要模式，也就是按照循序渐进的原则，逐渐缩小矿产勘查范围，不断提高研究程度，以减少投资风险，提高勘查工作效果。每缩小一次勘查区，就进入一个新的勘查阶段。新阶段的工作在老阶段工作区范围内一个更小的、更有利的工作区内进行。对每一个勘查阶段，都要设置明确的勘查工作范围、勘查任务和工作程度要求。

通过国内外相关资料、标准实例及我国大洋多金属硫化物勘查工作实践，将

洋中脊硫化物勘查工作划分为资源调查（*Resource reconnaissance*）、一般勘探（*General exploration*）、详细勘探（*Detail exploration*）三个阶段，一般分阶段循序进行,并根据需要提交相应阶段的勘查报告（或阶段工作总结）；结合勘查区海上及海底工作条件、地质条件和相关管理规定，也可合并阶段开展勘查工作。依据具体情况，可开展专门或专项勘查工作。总结各阶段工作目的任务如下：

1）资源调查阶段

资源调查阶段可按矿产资源潜力评价、远景调查和探矿三个不同步骤进行，亦可根据实际情况合并。

矿产资源潜力评价：在收集区域地质、地球物理、地球化学资料和典型矿床（矿化点）研究的基础上，开展成矿规律研究，预测并圈定找矿远景区，估算潜在的资源量。

远景调查：在资源潜力评价的基础上，开展以物化探为主的调查工作，辅之少量地质采样和区域性面积性矿产调查工作，积累异常与矿化信息，在远景区中圈定探矿区。

探矿：在远景调查圈定的探矿区的基础上，进行一定的海上调查工作及地质研究，分析成矿条件，确定可能的矿床赋存部位，圈定矿化异常，确定一般勘探区。在条件允许的情况下，大致圈定矿体，估算推断的资源量（*Inferred Resource*），并进行开采技术条件、环境基线和概略研究等工作。

2）一般勘探

在综合分析、系统研究区内已有各类地质资料的基础上，对资源调查阶段所提出的一般勘探区，采用各种勘查方法、手段及系统取样工程。通过综合研究，确定成矿有利地段，基本查明矿区内构造、岩浆岩、沉积物的地质特征，圈出矿体（化）地段。基本控制矿体的数量、规模、形态、产状，基本确定矿体的连续性，基本查明矿石物质组成及质量特征，基本查明矿石的选冶技术性能或开展必要的可选性实验，大致查明矿床开采技术条件。对一般勘探区内的矿体加以控制、估算标示的资源量（*Indicated Resource*），并通过预可行性研究，做出是否具有工业价值的评价，圈出详细勘探区范围。

3）详细勘探

在一般勘探工作的基础上，对有进一步工作价值的详细勘探区，通过加密各种采样工程及采用其他技术方法，详细查明构造、岩浆岩、沉积物特征、控制矿

体的总体分布范围及主要矿体规模、形态、产状，基本确定矿体的连续性，详细查明矿石的物质组成、矿石质量、矿石加工选冶技术性能和矿床开采技术条件，对可供综合利用的共伴生矿产进行相应的综合评价，估算测定的资源量（*Measured Resources*），并进行可行性评价，确定矿床是否具有工业价值及能否开发利用，推荐矿山开采范围，为矿山建设提供依据。

(3) 勘查工程间距确定

矿产勘查的目标是工业矿体，矿体包括矿石品位、矿体厚度、形态、规模、产状、矿体内部结构构造等参数，这些参数对矿床的勘查及开发工作有重要的影响。如果矿体是一个均质体，即矿体的各个参数没有变化或变化很小，那么矿床勘查及矿山地质研究工作就很简单，只要在很少的地方对矿体参数进行观察、测量、取样，就可以很准确的确定各个参数的平均值，并可代表矿体的真实情况。但是自然界中几乎任何矿体的形态、产状、厚度及品位等的变化都是不均匀的，前亦述及，大洋多金属硫化物矿床矿体各参数的变化也是不均匀的。如果这些参数随着其空间位置的不同，而有显著的差异，且变化具有随机性时，只有增加观察、测量、取样的数量，才能更准确的决断各矿体参数的变化情况。但这样一来，必然会增加勘查的工程量和勘查经费，影响勘查的经济效果。否则会影响勘查精度，使勘查误差加大。

因此，矿体变化性与勘查精度（勘查工程间距）之间，有着紧密的相关关系，是决定每个具体矿床的勘查难易程度，勘查精确程度和勘查经济效果的基本客观条件。要达到勘查精确程度与和勘查经济效果的协调，就需要确定相对合理的勘查工程间距。根据国内外相关规范，案例及我国大洋多金属硫化物勘查工作实践，总结勘查工程间距确定原则如下：

1）依据不同的勘查阶段要求，确定勘查工程间距。

2）资源调查阶段因工程数量难以确定，工程间距可不作具体要求。

3）矿体的圈定应有足够的地球物理（电法）资料及钻探验证为依据；

4）获得标示的资源量（Indicated Resource）和测定的资源量（Measured Resource）的工程间距应根据矿体的规模及复杂程度，由“合资格人员”充分论证后确定。

5）充分考虑硫化物矿床的矿石类型、自身的地质特征，影响矿床勘查难易

程度的矿体规模、类型、构造以及矿石有用组分等主要地质因素布设勘探工程。

6）当矿床是由多个硫化物矿体类型组成时，应以主要类型的矿体（占 70%）为主；当矿床规模较大时，可按不同地段的地质变量特征，分矿体确定勘探间距。

(4) 矿产资源/储量分类

根据矿产资源量与矿石储量报告规范（JORC 规范），“矿产资源量”是指富集或赋存于地壳中具有经济意义的固体物质，其形态、品位（或质量）及数量具有最终经济开采的合理预期。矿产资源量的位置、数量、品位（或质量）、连续性及其它地质特征根据取样等特定的地质依据和认识得以确信、估计或解释。因为勘查工作的阶段性，不同勘查阶段对矿床的控制程度是不一样的，因此不同阶段所取得资源量的可靠程度也是不一样的，需要按不同的可靠程度进行分类。矿产资源量按地质可靠程度的提高，可分为推测的、标示的和确定的三个级别。

“矿石储量”是确定的和/或标示的矿产资源量中的经济可采部分。它包括其开采过程中可能产生的矿石损失和贫化，并且通过预可行性研究或可行性研究确认这些损失和贫化是合适的，可行性研究要考虑技术、经济、环境、法律等因素（图 1）。因为勘查工作的阶段性，以及可行性研究时所考虑的因素不同，矿石储量也要按不同的程度进行分类，分为可信储量和证实储量两个级别。

在市场经济条件下，矿产勘查的最主要产品是矿产资源量和矿产储量，它们在市场上通过投资、购买、兼并、抵押等形式流通。同所有的市场产品需要有产品标准一样，矿产资源储量也应该有其产品标准，使同一类产品具有同样的技术规格，这样得到的资源量和储量就具有了投资意义、管理意义、市场意义和法律意义。

从投资的角度讲，不同的资源储量类型是不能等同看待的，有的类型具有当前开发利用价值，极少投资风险；有的类型尚不具备当前投资开发利用价值，具有较高甚至极高的投资风险。

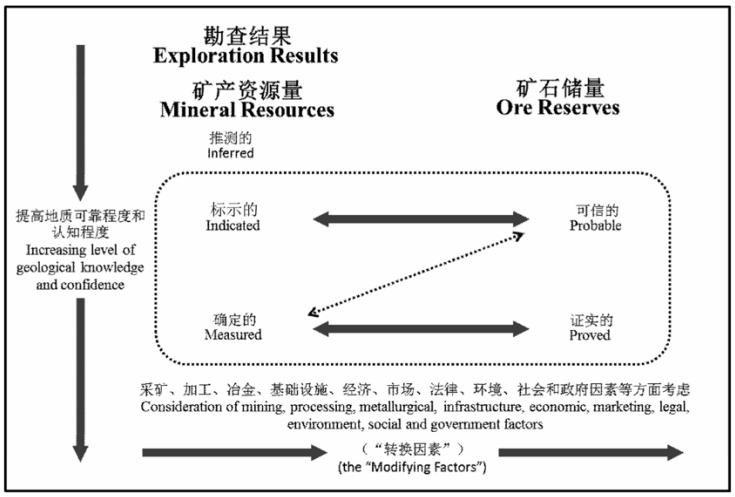

图 1 勘查结果、矿产资源量和矿石储量之间的一般性关系

从管理的角度来看，在企业层面，这种管理意义表现在它们属于企业资产管理范畴。对矿业公司来说，资源量、储量是最主要的资产，而不同类型的资源储量其资产的价值是极不相同的。一般说来，矿业企业应尽可能地增加高级别的资源储量类型的数量，以迅速提升企业当前的资产规模；同时要尽可能扩大低级别资源量的数量，以期提升企业的远景资产规模。也就是说，各种资源储量类型，有的是为企业的当前发展奠定资产基础，有的是为企业的未来发展奠定资产基础，企业的管理者必须十分重视对矿产资源储量进行资产管理，将此作为矿业公司经营管理的根本。

各种资源储量类型既然是通行于市场的产品标准，政府将对这类标准进行规范，从而具有了法律意义。这些符合要求的资源量储量为各国证券交易和商业银行所承认，可以在股市筹资和向银行贷款。此外，当企业与企业之间或企业与政府管理部门之间，在矿业权市场流通和管理中出现纠纷时，可以通过法律程序来保护投资者、出让者或经营者的利益，但前提是，这些资源量、储量的估算必须符合相应的分类标准。

因此，矿产资源/储量的划分是矿产勘查工作的重要内容。按照国际惯例，将大洋多金属硫化物矿产资源/储量划分为 5 个类型。

推断的资源量（*Inferred* Resource）：是资源量中的那么一部分，其吨位、品位和矿物成分可以通过一个低水平的置信度予以估计。推断的资源量是通过地质证据推断的，具有假定的（assumed）但未核实地质的和／或品位的连续性。估

计推断的资源量的依据是通过从位于露头上或探槽、采坑、坑道和钻孔中用合适的技术获取的信息，这些工程数量有限，具有不确定的质量和不确定的可靠性。主要在探矿阶段估算；

标示的资源量（*Indicated Resource*）：是矿产资源量中的那么一部分，其吨位、密度（体重）、形态、物理特征、品位和矿物成分能够以合理的置信度进行估计。估计标示的资源量的依据是勘探工作、取样和化验资料，样品是在露头上或探槽、采坑、坑道和钻孔中用合适的技术采取的。对于确认地质的和/或品位的连续性来说，标示的资源量使用的工程间距显得过大或部署不合理；但对假定其连续性来说，其间距是足够小且符合要求的。主要在一般勘探阶段估算。

测定的资源量（*Measured Resource*）：是矿产资源量中的那么一部分，其吨位、密度（体重）、形态、物理特征、品位和矿物成分能够以高的置信度进行估计。估计测定的资源量的依据是详细的和可靠的勘探工作、取样和化验资料，样品是在露头上或探槽、采坑、坑道和钻孔中用合适的技术采取的。要求测定的资源量使用的工程间距很小，足以确定地质的和品位的连续性。主要在详细勘探阶段估算。

可信储量（*Probable Reserve*）：是标示的矿产资源量、在某些情况下是测定的矿产资源量中的经济可采部分。可信的矿石储量是在完成合适的评价和研究后确定的，即在考虑针对现实而假定的采矿的、冶金的、经济的、市场的、法律的、环境的、社会的和政府的因子的基础上，对测定的矿产资源量进行分析和修改后获得的。这些评价论证表明，在编制报告的时刻，采掘被认为是合理可行的。

证实储量（*Proved Reserve*）：是测定的矿产资源量中的经济可采部分。证实的矿石储量包含在采矿过程中混进来的贫化物质和因损失而减少的部分。证实的矿石储量是在完成合适的评价和研究后确定的，即在考虑针对现实而假定的采矿的、冶金的、经济的、市场的、法律的、环境的、社会的和政府的因子的基础上，对测定的矿产资源量进行分析和修改后获得的。这些评价论证表明，在编制报告的时刻，采掘被认为是合理可行的。

(5) 报告编写

矿产勘查公开报告是指为了向投资者或潜在投资者及其顾问提供勘查结果、矿产资源量或矿石储量方面的信息而编制的报告（包括但不限于公司年度和季度报告、新闻发布、信息备忘录、技术文件、网站发布和公开展示）。因此，报告

必需具备真实性和兼容性两个特点，真实性是指报告所披露的勘查信息必需是客观真实的，兼容性是指报告所披露的矿产资源量和矿产储量与国际共识相兼容，这样才能有利于矿产勘查结果在市场流通。通过国内外相关标准和规范的学习及我国大洋多金属硫化物勘查工作实践，确定了大洋多金属硫化物矿产勘查报告编写规范及要求。

四、主要试验(或验证)的分析、综述，技术经济论证，预期的经济效果

按照本规范的条款要求，组织实施了西南印度洋中脊合同区、东太平洋海隆和南大西洋中脊等区域的多金属硫化物资源勘查工作。在这些区域实施了远景调查阶段的工作，发现了西南印度洋中脊“龙旂 1 号”热液区，东太平洋海隆“鸟巢”热液区和南大西洋“驺虞 1 号”热液区。并在西南印度洋合同区取得了系统全面的勘查资料。

在西南印度洋合同区部分区域实施了一般勘探阶段工作，其中在玉皇热液区圈定了 2 处矿化区，并圈定了硫化物矿体；在断桥热液区和龙旂热液区也分别圈定了硫化物矿体，并初步估算了矿产资源量。同时获得了较为详细的勘查资料。

经过以上勘查工作全面验证了规范编写条款的适用性和可行性，验证结果来看，满足规范编写要求。

本规范所中规定的大洋多金属硫化物勘查方法具有适用性强，与国际标准接轨等优点。统一了国内科研人员对于大洋多金属硫化物资源勘查工作的认识；填补国际上大洋多金属硫化物资源勘查规范的空白，提升了我国在国际大洋硫化物资源矿产勘查规则制定过程中的话语权。

五、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

基于前期调研资料，尚未发现同类标准。

六、与现行有关法律、法规和强制性标准的关系

本标准与现行的法律、法规和标准无相悖之处。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无。

八、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

推荐性行业标准。

九、贯彻该标准的要求和措施建议(包括组织措施、技术措施、过渡办法等内容)

十、废止现行有关标准的建议

无

十一、其他应予说明的事项

无。

参考文献

1. Fouquet Y. 1997. Where are the large hydrothermal sulphide deposits in the oceans? Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 355(1723): 427-441.
2. Fouquet Y, Cambon P, Etoubleau J, et al. 2010. Geodiversity of hydrothermal processes along the Mid-Atlantic Ridge and ultramafic-hosted mineralization: a new type of oceanic Cu-Zn-Co-Au volcanogenic massive sulfide deposit. Diversity of Hydrothermal Systems on Slow Spreading Ocean Ridges, 188: 321-367.
3. Fouquet Y, Knott R, Cambon P, et al. 1996. Formation of large sulfide mineral deposits along fast spreading ridges. Example from off-axial deposits at 12°43′N on the East Pacific Rise. Earth & Planetary Science Letters, 144(1): 147-162.
4. Goodfellow W D, Franklin J M. 1993. Geology, mineralogy, and chemistry of sediment-hosted clastic massive sulfides in shallow cores, middle valley, northern Juan de Fuca Ridge. Geology, 88: 2037-2068.
5. Herzig P M, Hannington M D. 1995. Polymetallic massive sulfides at the modern seafloor a review. Ore Geology Reviews, 10(2): 95-115.
6. Humphris S E, Fornari D J, Scheirer D S, et al. 2002. Geotectonic setting of hydrothermal activity on the summit of Lucky Strike Seamount (37°17′N, Mid-Atlantic Ridge). Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 3(8): 1-25.
7. Zierenberg R A, Koski R A, Morton J L, et al. 1993. Genesis of massive sulfide deposits on a sediment-covered spreading center, Escanaba Trough, southern Gorda Ridge. Economic Geology, 88(8): 2069-2098.
8. 赵鹏大, 池顺都, 李志德. 2001. 矿产勘查理论与方法. 武汉: 中国地质大学出版社.
9. GB/T17766-2020 固体矿产地质勘查规范总则
10. GB/T 33444-2016 固体矿产地质勘查规范
11. GB/T17766-1999 固体矿产资源/储量分类
12. The International Template for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves，2013

13. National Instrument 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects，2005

14. Australasian Code for Reporting of Exploration Results，Mineral Resources and Ore Reserves，2012

15. 大洋协办发[2013]33 号，中国大洋矿产资源研究开会协会关于印发《国际海底矿产勘查阶段》划分及要求指导意见（试行）的通知

16. 《中华人民共和国深海海底区域资源勘探开发法》，中国法制出版社，2016 年 3 月