第三十一卷 第三期 地 球 学 报 Vol.31 No.3
二〇一〇年六月: 449-455 Acta Geoscientica Sinica Jun. 2010: 449-455
www.cagsbulletin.com www.地球学报.com

内蒙古大型银矿集区地球化学预测

申伍军，王学求

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所，河北廊坊 065000

摘 要：如何利用地球化学填图数据预测潜在大型矿集区是寻找大型矿床亟待解决的问题。本文利用 1:20 万区域化探扫面数据和 1:100 万中蒙边界地球化学填图数据进行综合研究，在全区共圈出面积大于 1000 km^2 银的地球化学省 40 个，其中具有良好 Ag-Pb-Zn 综合异常的有 31 处。内蒙已发现的 4 处大型银矿有 3 处位于地球化学省内，已发现的 11 处中型银矿有 10 处位于地球化学省或区域异常内，这说明大型银矿与地球化学省有高度的相关性。大型银矿区银异常强度(异常内银平均含量/背景含量)大于 1.5。利用面金属量模型和地球化学块体模型对 31 处潜在的大型银矿区的潜在资源量进行了预测。

关键词：大型银多金属矿；地球化学；预测；内蒙古

中图分类号：P578.11; P622.3; P632 文献标志码：A 文章编号：1006-3021(2010)03-449-07

Geochemical Prognosis of Large-size Silver Ore Districts in Inner Mongolia

SHEN Wu-jun, WANG Xue-qiu

Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Langfang, Hebei 065000

Abstract: Silver ore districts were predicted on the basis of geochemical provinces delineated by two datasets of 1:200000 and 1:1000000 geochemical data in Inner Mongolia. 40 silver geochemical provinces (each one has an area of over 1000 km^2) were delineated in the whole territory of Inner Mongolia. 3 of 4 large-size silver ore deposits are hosted by the geochemical provinces, and 10 of 11 middle-size silver deposits are hosted by geochemical provinces or regional anomalies. This fact indicates that there exists good correlation between large-size and middle-size ore deposits and geochemical provinces. Geochemical provinces can therefore be applied to the prognosis of potential large-size ore deposits. 31 Ag anomalies are associated with elements of Pb, Zn, Cu, with anomalous contrast higher than 1.5. Potential silver reserves were calculated by using the areal metal productivity model and the geochemical block model.

Key words: large-size Ag-Pb-Zn ore district; geochemical indicators; prognosis; Inner Mongolia

内蒙古自治区自 70 年代末开始 1: 20 万区域化探扫面计划以来，共计完成 119 个 1: 20 万图幅，总面积约 70 万 km^2，取得了丰富的区域地球化学资料和大量的地球化学找矿信息。但由于其采样介质主要为水系沉积物，这在基岩出露区的效果比较好，对覆盖区效果不理想。中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所 2006 年以来在中蒙边界地区开展了 1: 100 万地球化学编图工作，并且覆盖了 200000 km^2 的面积，包括了过去 1: 20 万未开展区域化探扫面的区域，取得了高质量的数据。如何利用现有的这两套数据开展大型矿床或矿床集中区预测，快速圈定大型矿找矿靶区，是目前内蒙矿产勘查需要解决的实际问题之一。本文根据这两套数据，编制了 1: 100 万银地球化学异常图，对内蒙古已发现的大型银矿与地球化学省的关系进行了统计研究，并对潜在的大型银矿进行了初步预测。

本文由国家 973 课题(编号: 2007CB411406)和内蒙古地质勘查基金项目(编号: 07-3-KC48)联合资助。
收稿日期: 2010-04-28; 改回日期: 2010-06-11。
第一作者简介：申伍军，男, 1981 年生。在读博士研究生。主要从事勘查地球化学领域方面研究。E-mail: minigold@126.com。

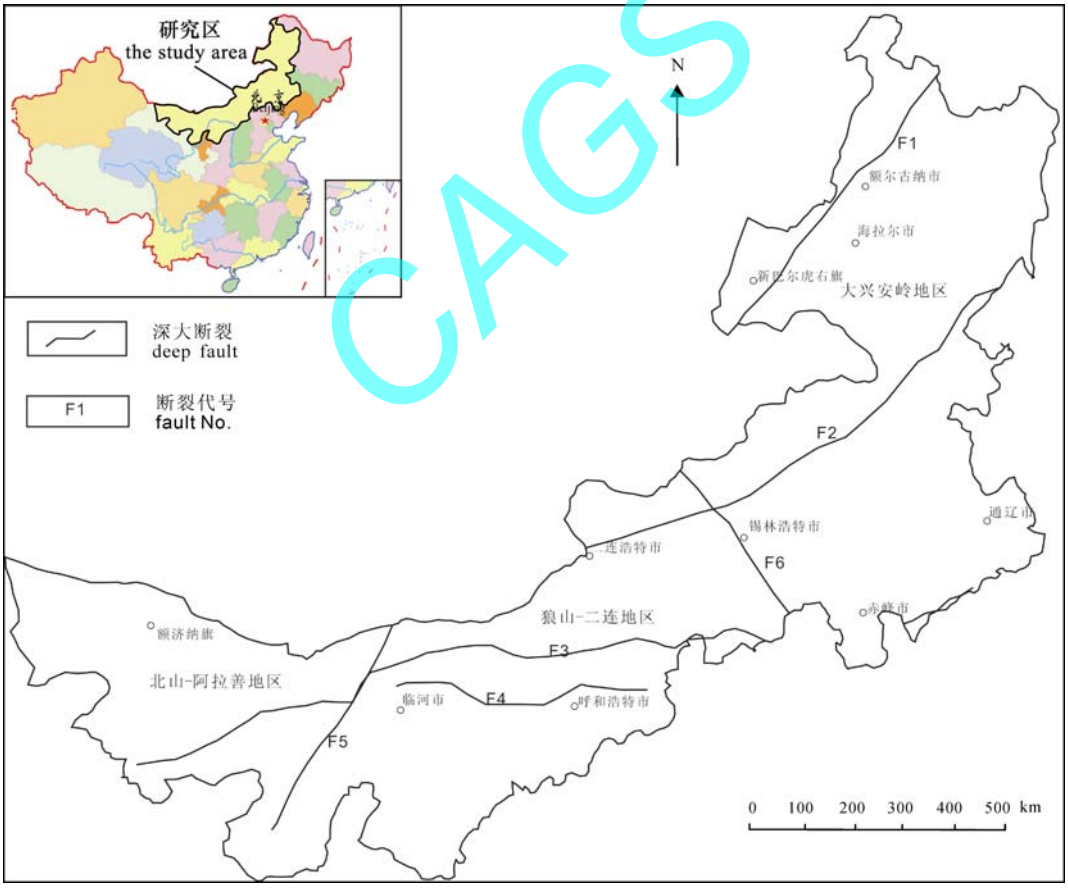
CAGS

1 区域地质背景

内蒙古大地构造位置处于华北板块、西伯利亚板块和塔里木板块的接合部位。其中华北板块、华北板块北部边缘带，兴安造山带及之间的过渡带(微地块带或板块之间的增生带)成为区内的主体构造(肖伟等, 2010)。

内蒙古境内近东西向构造发育，重要的有华北板块北缘深断裂带，华北板块与西伯利亚板块缝合线深断裂带，华北板块内部古太古界与元古界之间的集宁--凌源深断裂带。另外近南北向断裂也发育，重要的有西部的迭布斯格－宝音图北东向深断裂；呼和浩特－二连近南北向隐伏基底深断裂和锡林浩特－白音图嘎北西向隐伏基底深断裂。由于横向深断裂与纵向深断裂的共同作用和影响，形成了内蒙古区域内独具特色的三大地质构造单元，即：内蒙古西部地区阿拉善地质单元；内蒙古中部地区狼山－二连地质单元；内蒙古东部地区大兴安岭地质单元(见图 1)。

在研究区南部的华北板块，其结晶基底主要由太古代的乌拉山群变粒岩、斜长片麻岩、混合岩和色尔腾山群变基性火山岩为主的绿岩建造组成。在结晶基底周围，华力西期花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、印支期花岗岩及燕山期花岗岩均有广泛分布。沉积盖层主要由元古代的渣尔泰山群滨浅海相石英砂岩、长石石英砂岩、长石砂岩、千枚岩、板岩、片岩、白云岩和石灰岩，白云鄂博群陆源碎屑相石英砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩、板岩和断陷盆地的中生代沉积的砂岩和泥岩组成。研究区北部的内蒙古造山带除广泛出露有古生代、中生代和新生代火山-沉积岩外，局部地段也分布有下元古界变质 岩，其中片麻岩、混合岩、片岩、斜长角闪岩和大理岩大多数呈岛弧状或条带状产出，并为各类古生界地层所包裹，属古生代造山带中的前寒武系变质杂岩。



CAGS

图 1 内蒙地质构造单元简图(根据内蒙古自治区地质矿产局, 1991 修改)

Fig. 1 Sketch map showing geological-tectonic units of Inner Mongolia (modified after Bureau of Geology and Mineral Resources of Nei Mongol Autonomous Region, 1991)

F1: 德尔布干断裂带, F2: 克拉麦里--二连断裂带, F3: 华北陆块北缘断裂带, F4: 集宁--凌源断裂带, F5: 迭布斯格断裂带, F6: 锡林浩特－白音图嘎断裂带

F1: Derbugan fault, F2: Kelamaili—Erlian fault, F3: North China Plate fault, F4: Jining—lingyuan fault, F5: Diebusige fault, F6: Xilinhaote-Baiyintuge fault

研究区内各个时代、不同规模和类型的侵入岩体十分发育。其晚古生代构造岩浆活动强烈，研究区东部的大兴安岭南段地区，中生代构造岩浆活动强烈，以侏罗纪岩浆岩最为发育，岩性以花岗岩、二长花岗岩为主，也有花岗斑岩、正长岩。燕山期以大规模的中酸性岩浆侵入为特征，与同时代的陆相火山岩系构成了同源、同时、异相的火山-侵入杂岩。岩体受控于区域构造，呈北东东、北东向展布。区域中部沿二连浩特—贺根山一线泥盆纪基性、超基性岩发育，构成著名的二连浩特—贺根山基性、超基性岩带(内蒙古自治区地质矿产局, 1991)。

内蒙古是中国重要的银铅锌产地。与岩浆作用有关的主要成矿期次为海西期和燕山期。其中，海西期主要形成与二叠纪火山-沉积作用有关的海底热液喷流沉积型铅锌—银—铜—锡—铁矿床；燕山期则主要产出与陆相火山-侵入杂岩有关的浅成热液型—斑岩型—矽卡岩型铅锌—铜—钼—锡—银—金矿床。

2　大型矿集区地球化学预测模型和方法

2.1　地球化学省与大型矿区的关系

近年来随着大面积高质量的地球化学数据的累积，对地球化学省与大型矿区之间关系进行了广泛的研究(Remann and Melezhik, 2001; 王学求, 2000; 2007)。地球化学省是大型矿集区形成的物质基础，经过特定的地质作用，元素逐步富集成矿，在迁移聚集的过程中，就会留下它的轨迹，即地球化学异常(王学求, 2000)。在一个矿产勘查计划实施过程中，由于矿集区或大型矿床只有在发现了许多矿床之后才可以确定为大型矿区或经过长期勘探确定为大型矿床，而地球化学省在勘查早期就可以将它先圈定出来，因此地球化学省可以作为大型矿区预测的重要标志(王学求, 2007)。这就使得我们可以通过研究地球化学省来预测潜在大型矿集区。

2.2　大型矿集区定量评价模型

上述只是知道了地球化学省与矿集区之间的定性关系，那么如何对地球化学省内潜在资源量进行定量预测？目前比较广泛使用的模型是面金属量模型(Hawkes, 1976)和地球化学块体模型(谢学锦和向运川, 1999; 谢学锦等, 2002; 王学求, 2003)。

面金属量方法：面金属量是指在异常范围内，各异常点的剩余含量与此点所控制 1 的面积的乘积之和。因为作者所使用的数据是用平均值数据，因此面金属量可用如下公式表示:

$$Ps=(Cs-Cb)S$$

式中　Ps-面金属量

Cs-异常内某元素平均含量

Cb-某元素背景值

S-异常面积

地球化学块体模型和方法：面金属量评价方法是基于矿床的“点”源分散成二维的平面异常，事实上地球化学异常是具有一定的深度，也就是说异常是立体的，即地球化学块体(谢学锦, 1995)。根据地球化学数据，在给定的异常下限条件下，就可以圈出地球化学异常。根据已知区矿床勘探深度，推测地球化学块体厚度。根据地球化学块体的面积和厚度以及地球化学块体内金属含量，就可以计算出这个块体内的金属总量。块体内的金属总量可用公式(1)表示。如果再给出成矿率(矿床储量占地球化学块体内金属总量的比例，这一参数可以根据相同类型已知矿的资料获得)，就可以计算出潜在的资源量，用公式(2)表示(王学求, 2003)。

金属供应总量: $Mt=Aa\times H\times D\times Ca$　　(1)

潜在资源量: $Mp=Mt\times Mr$　　(2)

Mt-金属供应总量，Aa-地球化学块体面积(m^2)，H-地球化学块体厚度(m)，D-岩石密度(t/m^3)，Ca-地球化学块体内金属平均含量(10^{-6} 或 10^{-9})，Mr-成矿率(%)。

3　内蒙银地球化学省的分布与大型银矿预测

3.1　内蒙银地球化学省的分布

研究区的数据由两部分组成：一部分为 1: 20 万区域化探数据，另一部分为 1:100 万中蒙边界填图数据。由于中蒙边界填图采样密度为 100 平方公里一个点位，因此对区域化探数据进行了数据平均处理，为 25 km^2 一个平均值。然后在 Geoexpl 系统下进行了图幅之间的调平，利用 10 km×10 km 窗口数据进行了地球化学异常的圈定，共圈出了银异常 78 个，其中大于 1000 平方公里的地球化学省 40 个(图 2)。具有完整的 Ag，Pb，Zn 异常组合的有 31 处(图 3)。从其空间分布上看它们主要分布在内蒙东部大兴安岭地区。大兴安岭地区银的地球化学异常有 29 处面积大于 1000 km^2, 19 处介于 500 km^2 和 1000 km^2 的，其中有三处延伸到相邻的黑龙江省、吉林省。狼山—二连地区的银地球化学异常有 8 处大于 1000 km^2, 15 处介于 500 km^2 和 1000 km^2 之间，在西部的北山-阿拉善地区银地球化学异常大于 1000 km^2 和介于 500 km^2 和 1000 km^2 中间的分别为 3 处、4 处。

根据已收集到的内蒙银矿资料，包括独立银矿、共生银矿、伴生银矿一共有 26 处(表 1)。分布

CAGS

于大于 1000 平方公里地球化学省内的矿床一共有 18 处(占矿床总数 69%), 其中大型矿一共有 4 处, 额仁陶勒盖银矿、查干布拉根铅锌银矿、拜仁达坝铅锌银矿都位于地球化学省内(占大型银矿总数 75%), 只有白音诺铅锌银矿未落入地球化学省内。中型银矿共 11 处, 其中 10 处落入地球化学省内(占中型矿床的 91%)。小型银矿一共有 11 处, 其中落入地球化学省内有 4 处(占小型矿床总数的 36%)。大中型银矿床和银地球化学异常的空间对应关系的吻合率在 75%以上, 因此我们可以根据银地球化学异常来预测银的大型矿区(包括大型矿床和若干中型及小型矿床组成的矿集区)。

表 1 内蒙已知银矿床与地球化学省的对应关系

Table 1 Spatial relationship between known Ag deposits and Ag geochemical provinces in Inner Mongolia

矿床规模	矿床数	地球化学省内的矿床个数	落入地球化学省内矿床所占的百分比
大型	4	3	75%
中型	11	10	91%
小型	11	4	36%

3.2 内蒙银资源潜力地球化学预测

在单元素银异常(>500 km^2 共 78 个)的基础上, 考虑综合因素共圈出 1: 100 万比例尺的 Ag-Pb-Zn 综合异常 31 个(图 3), 这些异常是 Ag 多金属矿的潜在大型矿集区(见表 2), 利用位于大兴安岭西坡新巴尔虎右旗的 Ag500－29 计算了银的成矿率(探明储量 1700t/块体内银金属总量 266500t＝0.46%)。将此成矿系数代入上面公式(1)和(2), 计算了其它一些地球化学省内金属供应总量及银潜在资源量。现结合地质情况, 对具有重要大型银多金属矿成矿潜力的大兴安岭地区的异常简介如下:

M08 综合异常位于新巴尔虎右旗—满洲里, 呈北东向展布, 异常内包含 3 个银区域地球化学异常和一个银地球化学省分别为 Ag500-28、29、30 和 Ag1000-29。出露地层主要为侏罗系玛尼吐组灰绿、紫褐色中性火山熔岩、中酸性火山碎屑岩夹火山碎屑沉积岩和塔木兰沟组灰绿色、灰黑色中基性火山熔岩、火山碎屑岩夹碎屑岩, 另外还含有少量燕山期侵入岩。区内的主要断裂有额尔古纳断裂带和德尔布干断裂带。已发现多处大中型矿床, 如甲乌拉、

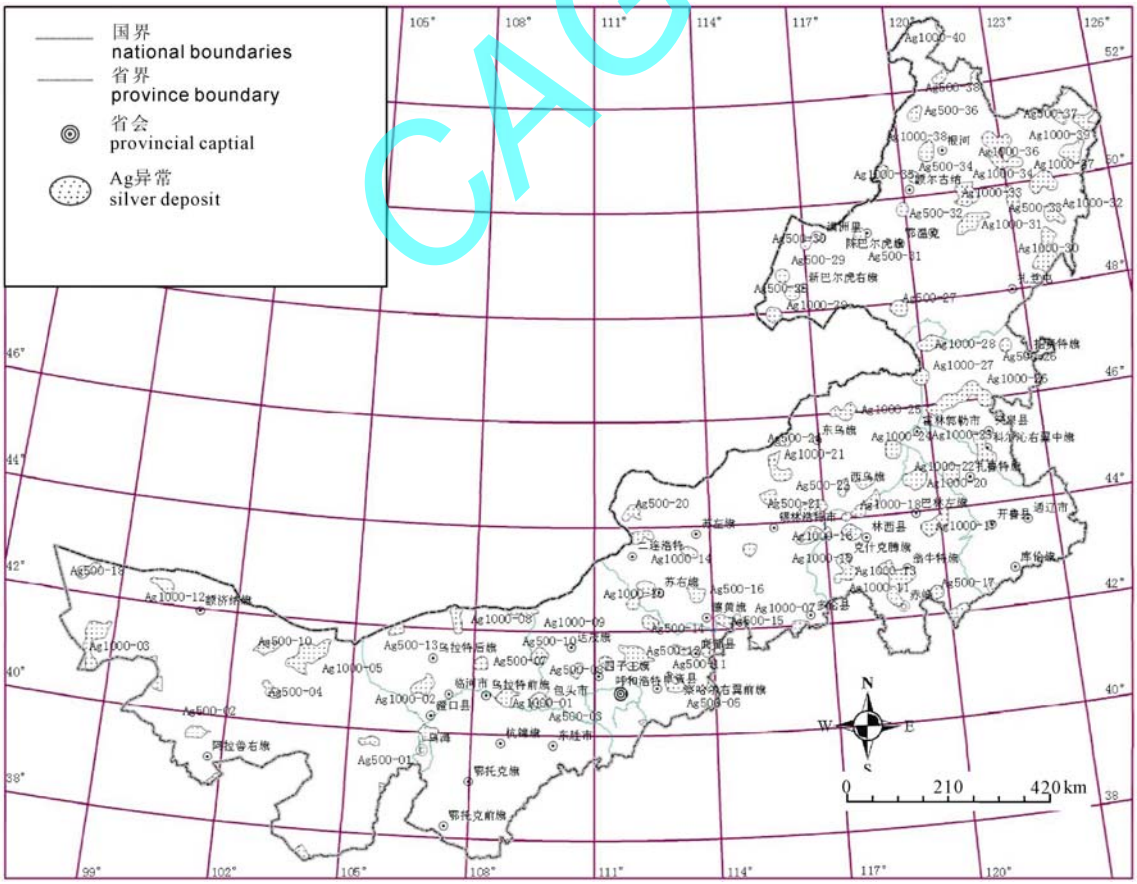


图 2 内蒙银元素地球化学省分布图

Fig. 2 The distribution of geochemical provinces of silver in Inner Mongolia

CAGS

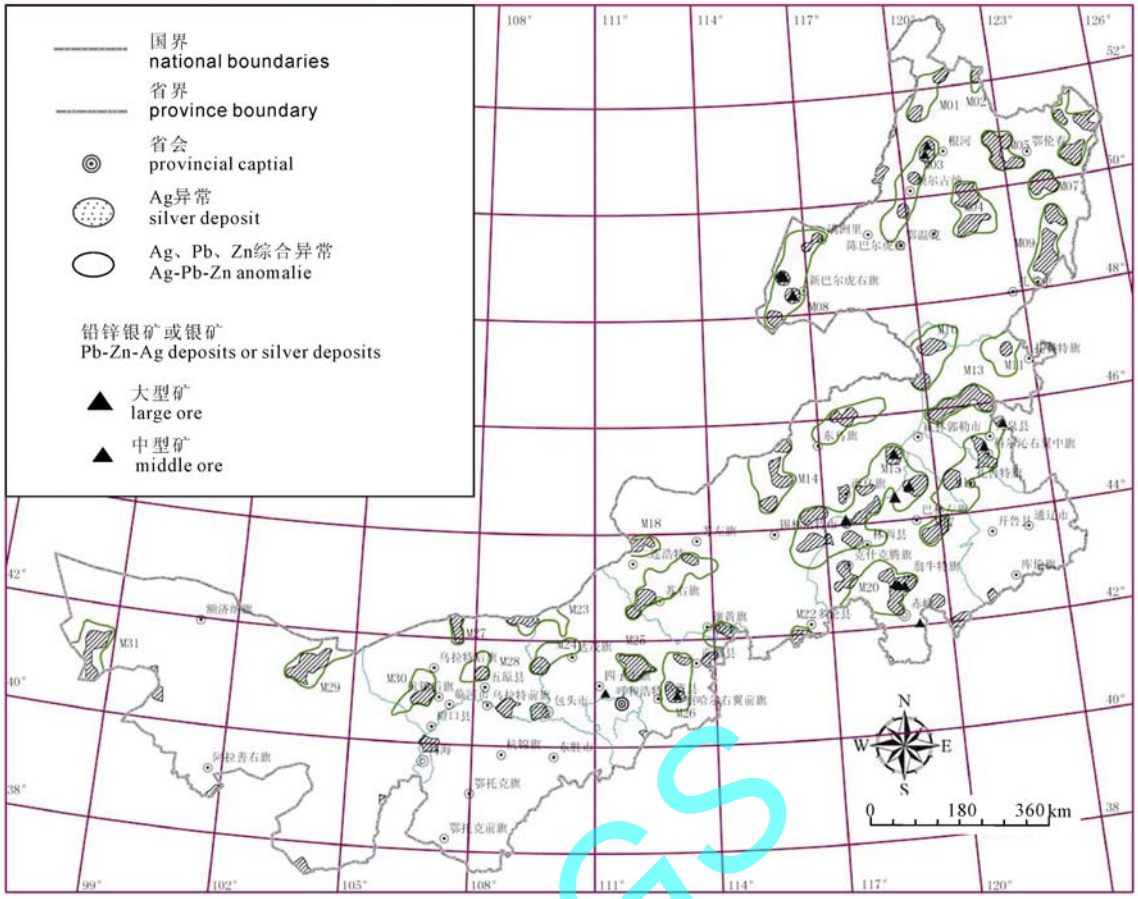


图 3　内蒙银与银-铅-锌综合异常分布图

Fig. 3　The distribution of geochemical provinces of silver and associated elements of Ag-Pb-Zn in Inner Mongolia

查干布拉根火山－次火山热液型银、铅锌矿床，额仁陶勒盖火山－次火山热液型银锰矿床，位于 Ag500-28、29 区域异常中，该区在寻找与火山热液有关的银多金属矿仍存在较大潜力。

M10 综合异常位于阿尔山—罕达盖，异常内包含两处银地球化学省，分别为 Ag1000-28、 Ag1000－27。出露地层主要为侏罗系玛尼吐组灰绿、紫褐色中性火山熔岩、中酸性火山碎屑岩夹火山碎屑沉积岩和白音高老组杂色酸性火山碎屑岩、酸性熔岩夹中酸性火山碎屑岩与火山碎屑沉积岩。另外还含有大量海西期和燕山期侵入岩。目前在该区尚未发现重要的金属矿床。

M15 综合异常位于内蒙东南部克什克腾旗、林西县和巴林左旗，异常内包含六处银地球化学省和两处区域地球化学异常，分别为 Ag1000-15、16、18、19、20、24 和 Ag500-22、23。出露地层主要为石炭系本巴图组灰绿、黄绿色粉砂岩、杂砂岩、板岩夹安山岩、安山质凝灰岩及灰岩，二叠系大石寨组灰黑、灰绿色中酸性火山熔岩、凝灰岩、细碧岩、角斑岩、少量正常碎屑岩，大红山组灰、灰黑色砾岩、砂砾岩、砂岩夹泥灰岩、碳质板岩和侏罗系玛尼吐组、白音高老组和满克头鄂博组陆相中酸性火山岩系。另外还含有大量海西期和燕山期侵入岩。已发现的矿床有拜仁达坝大型银铅锌多金属矿、白音诺铅锌银矿和中型敖脑达巴锡银铜锌矿。

M20 综合异常位于翁牛特旗，异常内包含一个银地球化学省 Ag1000-20。出露地层主要为侏罗系满克头愕博组灰白、浅灰色酸性火山熔岩、酸性火山碎屑岩、火山碎屑沉积岩和白垩系热河群义县组中基性火山岩、火山碎屑岩、酸性、碱性火山岩、火山碎屑岩夹碎屑岩。另外还含有少量燕山期侵入岩。已发现的矿床有中型天桥沟、黄谷屯和小营子铅锌银多金属矿和尖三子铅锌矿、荷尔乌苏锌铅矿和小型东水泉铜锌矿。

M29 综合异常位于阿拉善左旗与乌拉特后旗交界处，异常内包含一个银地球化学省 Ag1000－05。出露地层主要为二叠系方山口组杂色中酸性熔岩、凝灰岩夹砂岩、砂砾岩，白垩系巴音戈壁组灰白、褐红色砂砾岩、灰黄色砂岩、灰黑色泥页岩、油页岩和乌兰苏海组砖红、橘黄色砂岩、粉砂岩、泥岩、底砾岩、局部夹石膏泥灰岩。另外南部含有少量海西期侵入岩。目前在该区尚未发现重要的金属矿床。

CAGS

表 2 内蒙银地球化学异常基本特征及资源潜力一览表

Table 2 Silver geochemical provinces and potential reserves in Inner Mongolia

综合异常编号	银异常编号	银异常面积 (km^2)	银异常富集系数	异常内银元素总量(t)	预测银潜在资源量(t)	综合异常内潜在银资源总量(t)
AgM01	Ag500-36	725	1.7	272000	1249	2304
	Ag500-38	783	1.4	229000	1055	
AgM02	Ag500-39	600	1.5	241000	1110	1110
AgM03	Ag500-32	571	1.5	189000	871	3646
	Ag1000-34	1898	1.5	603000	2775	
	Ag1000-38	1168	1.9	489000	2249	2249
AgM04	Ag1000-31	1680	1.5	555000	2554	5221
	Ag1000-33	1864	1.4	580000	2667	
AgM05	Ag1000-36	3211	1.4	995000	4579	4579
AgM06	Ag1000-37	1616	1.5	511000	2350	5715
	Ag1000-39	1681	1.5	544000	2501	
	Ag500-37	553	1.6	188000	864	
AgM07	Ag1000-34	1898	1.5	603000	2775	2775
AgM08	Ag1000-29	1078	1.7	390000	1794	6695
	Ag500-28	795	2.8	478000	2200	
	Ag500-29	666	1.9	267000	1226	
	Ag500-30	741	2	321000	1475	
AgM09	Ag1000-30	3763	1.4	1110000	5107	6920
	Ag1000-32	1152	1.6	394000	1813	
AgM10	Ag1000-27	1074	1.5	344000	1582	3341
	Ag1000-28	1363	1.3	3824000	1759	
AgM11	Ag500-26	560	1.6	194000	891	891
AgM12	Ag1000-25	1325	1.3	370000	1700	1700
AgM13	Ag1000-26	3988	1.6	1361000	6262	6262
AgM14	Ag1000-21	1527	1.4	461000	2119	4322
	Ag500-21	820	1.4	241000	1111	
	Ag500-24	814	1.4	237000	1092	
AgM15	Ag500-22	623	1.3	173000	797	16174
	Ag500-23	595	1.6	199000	913	
	Ag1000-15	1683	1.8	634000	2915	
	Ag1000-16	1022	1.6	343000	1580	
	Ag1000-18	1615	1.5	536000	2467	
	Ag1000-19	1362	1.6	468000	2152	
	Ag1000-20	1592	1.6	537000	2471	
	Ag1000-24	1024	2.8	626000	2879	
AgM16	Ag1000-22	1185	3.2	805000	3703	3703
	Ag1000-23	1628	1.7	609000	2801	6120
AgM17	Ag1000-17	1766	1.9	722000	3319	
AgM18	Ag1000-14	1184	1.4	343000	1579	1579
AgM19	Ag1000-10	1695	1.5	541000	2490	3244
	Ag500-19	539	1.4	168000	772	
AgM20	Ag1000-11	3374	1.6	1140000	5244	5244
AgM21	Ag500-15	893	1.6	306000	1407	1407
AgM22	Ag1000-07	1342	2.2	621000	2854	2854
AgM23	Ag1000-23	1628	1.7	609000	2801	2801
AgM24	Ag500-10	955	1.5	310000	1426	1426
AgM25	Ag1000-06	2149	1.4	656000	3018	3018
AgM26	Ag1000-04	1208	1.4	357000	1641	2299
	Ag500-11	500	1.3	143000	658	
AgM27	Ag1000-08	1275	1.3	345000	1589	1589
AgM28	Ag500-07	665	1.4	198000	909	909
AgM29	Ag1000-05	3126	1.4	954000	4388	4388
AgM30	Ag1000-02	1327	1.3	375000	1726	1726
AgM31	Ag1000-03	2117	1.4	617000	2840	2840

CAGS

4 结论与讨论

本文利用 1: 20 万区域化探扫面数据和 1:100 万中蒙边界地球化学填图数据的综合研究，发现大型银矿具有下列区域地球化学特征：(1)区域异常面积大于 500 km^2，大部分异常面积大于 1000 km^2; (2)具有良好 Ag-Pb-Zn 异常组合；(3)异常强度(异常内元素平均含量/背景含量)大于 1.5。

利用上述地球化学标志预测潜在的大型银矿区 31 处，并利用面金属量模型和地球化学块体模型对 31 处异常靶区的潜在资源量进行了预测，表明内蒙具有很大银资源潜力。

上述预测只进行了 1: 100 万尺度的区域性预测，预测结果比较宏观，只能预测到矿区或矿集区靶区，还无法预测到矿床靶区。目前 1: 20 万尺度的预测工作正在开展，相信随着比例尺加大和预测程度提高，将会对现在的预测结果进行修正和完善。

需要说明的是地球化学省并不等于大型矿区，地球化学省只是为大型矿集区的形成提供了必要的物质基础，但并不是充分条件，如果没有其他地质因素的耦合，也不能形成大型矿区。因此，地球化学省只是潜在大型矿区的找矿标志之一。

致谢：感谢内蒙古自治区地质勘查项目招标委员会给与的大力支持。计算机数据处理和绘图工作由师淑娟和聂兰仕协助完成。

参考文献:

内蒙古自治区地质矿产局. 1991. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社.

王学求，申伍军，张必敏. 2007. 地球化学块体与大型矿集区的关系—以东天山为例[J]. 地学前缘, 14(5): 116-123.

王学求. 2000. 巨型矿床与大型矿集区勘查地球化学[J]. 矿床地质, 19: 76-87.

王学求. 2003. 大型矿床地球化学定量评价模型和方法[J]. 地学前缘, 10(1): 257-261.

肖伟，王义天，江思宏，侯万荣. 2010. 南蒙古及邻区地质矿产简图及地形地貌特点[J]. 地球学报, 31(3)： 473-484.

谢学锦，刘大文，向运川. 2002. 地球化学块体-概念和方法的发展[J].中国地质, 29(3): 225-233.

谢学锦，邵跃，王学求. 1999. 走向 21 世纪矿产勘查地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 61-91.

谢学锦，向运川. 1999. 巨型矿床的地球化学预测方法[C].

谢学锦. 1995. 用新观念与新技术寻找巨型矿床[J]. 科学中国人, (5): 14-16.

References:

Bureau of Geology and Mineral Resources of Nei Mongol Autonomous Region. 1991. Regional Geology of Nei Mongol Autonomous Region[M]. Beijing: Geological Publishing house, (in Chinese with English Summary).

DOE B R. 1991. Source rock and the genesis of metallic mineral deposits[J]. Global Tectonics and Metallogeny, 4(1-2): 13-19.

HAWKES H E. 1976. The downstream dilution of stream sediment anomalies[J]. J. Geochem. Explor., 6: 345-358.

REMANN C and MELEZHIK V. 2001. Metallogenic provinces, geochemical provinces and regional geology — what causes large-scale patterns in low density geochemical maps of C-horizon of podzols in Arctic Europe?[J]. Applied Geochemistry, 16: 963-983.

WANG Xue-qiu, SHEN Wu-jun, ZHANG Bi-min. 2007. Relationship of geochemical blocks and ore districts: examples from Eastern Tianshan metallogenic belt, Xinjiang, China[J]. Earth Science Frontiers, 14(5): 116-123(in Chinese with English abstract).

WANG Xue-qiu. 2000. Exploration geochemistry for giant ore deposits or world-class camps in concealed terrains[J]. Mineral Deposits, 19: 76-87(in Chinese with English abstract).

WANG Xue-qiu. 2003. A geochemical quantitative assessment approach for large ore deposits[J]. Earth Science Frontier, 10(1): 257-261.

XIAO Wei, WANG Yi-tian, JIANG Si-hong, HOU Wan-rong. 2010. Explanatory Notes for the Simplified Geology and Mineral Resource Map and Typical Geographical and Topographic Features of Southern Mongolian and Its Neighboring Areas[J]. Acta Geoscientica Sinica, 31(3): 473-484(in Chinese with English caption).

XIE Xue-jin, LIU Da-wen, XIANG Yun-chuan. 2003. Geochemical blocks-development of concept and methodology[J]. Geology in China, 29(3): 225-233(in Chinese with English abstract).

XIE Xue-jin, SHAO Yue, WANG Xue-qiu. 1999. Exploration Geochemistry Into the 21th Century.Bejing[M]. Geological Publishing House, 61-91 (in Chinese).

XIE Xue-jin, XIANG Yun-chuan. 1999. Geochemical prediction method for giant ore deposits[C].

XIE Xue-jing. 1995. New concept and new technique in searching for giant ore deposits[J]. Scientific Chinese, (5): 14-16(in Chinese with English abstract).

CAGS