第7卷 第1期 中 国 地 质 调 查 Vol.7 No.1
2020年02月 GEOLOGICAL SURVEY OF CHINA Feb. 2020

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2020.01.12
引用格式：马亚梦,谭秀民,赵恒勤,等.青海祁漫塔格金属矿集区矿产资源开发优化布局分析[J].中国地质调查,2020,7(1):85-90.

青海祁漫塔格金属矿集区矿产资源开发优化布局分析

马亚梦[1,2,3]，谭秀民[1,2,3]，赵恒勤[1,2,3]，张永兴[1,2,3]，伊跃军[1,2,3]
(1.中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所,郑州 450006；2.国家非金属矿产资源综合利用工程技术研究中心,郑州 450006；3.自然资源部多金属矿评价与综合利用重点实验室,郑州 450006)

摘要：青海祁漫塔格金属矿集区具有丰富的矿产资源和广阔的成矿前景,是东昆仑成矿带最重要的铁多金属成矿远景区。为推动矿集区矿产资源的开发利用和可持续发展,从矿产资源条件、技术经济条件及环境影响3个方面,通过评价指标的筛选、指标权重与评价标准的确定以及评价指标的计算等构建了资源开发布局评价指标体系,并对祁漫塔格金属矿集区进行了矿产资源开发布局评价。评价分析结果为：祁漫塔格矿集区11个开发区划单元综合评价平均值为7.0分,矿集区整体开发优势一般；有2个开发区划单元综合评价值在8.0分以上,属于重点优先部署开发区域,分别为夏日哈木多金属矿区和虎头崖—迎庆沟多金属矿区；有7个开发区划单元属于可以部署开发区域,可作为备选区域；另有2个开发区划单元综合评价值低于6.0分,暂不宜考虑开发。

关键词：祁漫塔格矿集区；矿产资源；开发布局；评价
中图分类号：TD981；TD982 **文献标志码：**A **文章编号：**2095-8706(2020)01-0085-06

0 引言

矿产资源作为自然资源的重要组成部分,是社会生产和生活不可或缺的物质基础[1],具有初始禀赋的有限性、耗竭性、不均衡分布性、质量差异性及生态环境影响性[2-3]。由于矿产资源的复杂特性,要实现区域的可持续发展,就要正确调控资源、环境、经济等因素的关系[4],进行多层次、多角度系统分析及综合评价,从而得出科学、客观的区域矿产资源开发布局。

祁漫塔格金属矿集区位于国家级柴达木循环经济试验区内,是东昆仑成矿带最重要的铁多金属成矿远景区,也是青海省最重要的铁多金属成矿远景区之一。自国土资源大调查实施以来,在祁漫塔格地区先后发现了铜、铁、铅、锌、钨、锡、金等多金属矿产,表明该区具有丰富的矿产资源和广阔的成矿前景[5]。《全国矿产资源规划(2016—2020年)》[6]明确将该区列为全国103个能源资源基地之一,该区已成为青海省矿产资源开发接替区[7]。目前,祁漫塔格矿集区内的部分矿产资源已得到开发利用,但大部分矿产资源还处于待开发阶段[8]。为推动矿集区矿产资源开发和可持续发展,2016年中国地质调查局在该区域部署了青海祁漫塔格金属矿集区综合地质调查工作。本文在矿产资源条件、技术经济条件及环境影响“三位一体”综合地质调查[9-10]的基础上,构建了资源开发布局评价指标体系,通过对区域内划分的开发区块进行综合评价,得出了开发次序,确定了重点开发区,有助于矿产资源的深度开发和集约利用,实现矿产资源的有效配置,可为制定区域矿产资源开发利用规划提供依据,为全面提升空间规划和资源战略布局提供基础支撑。

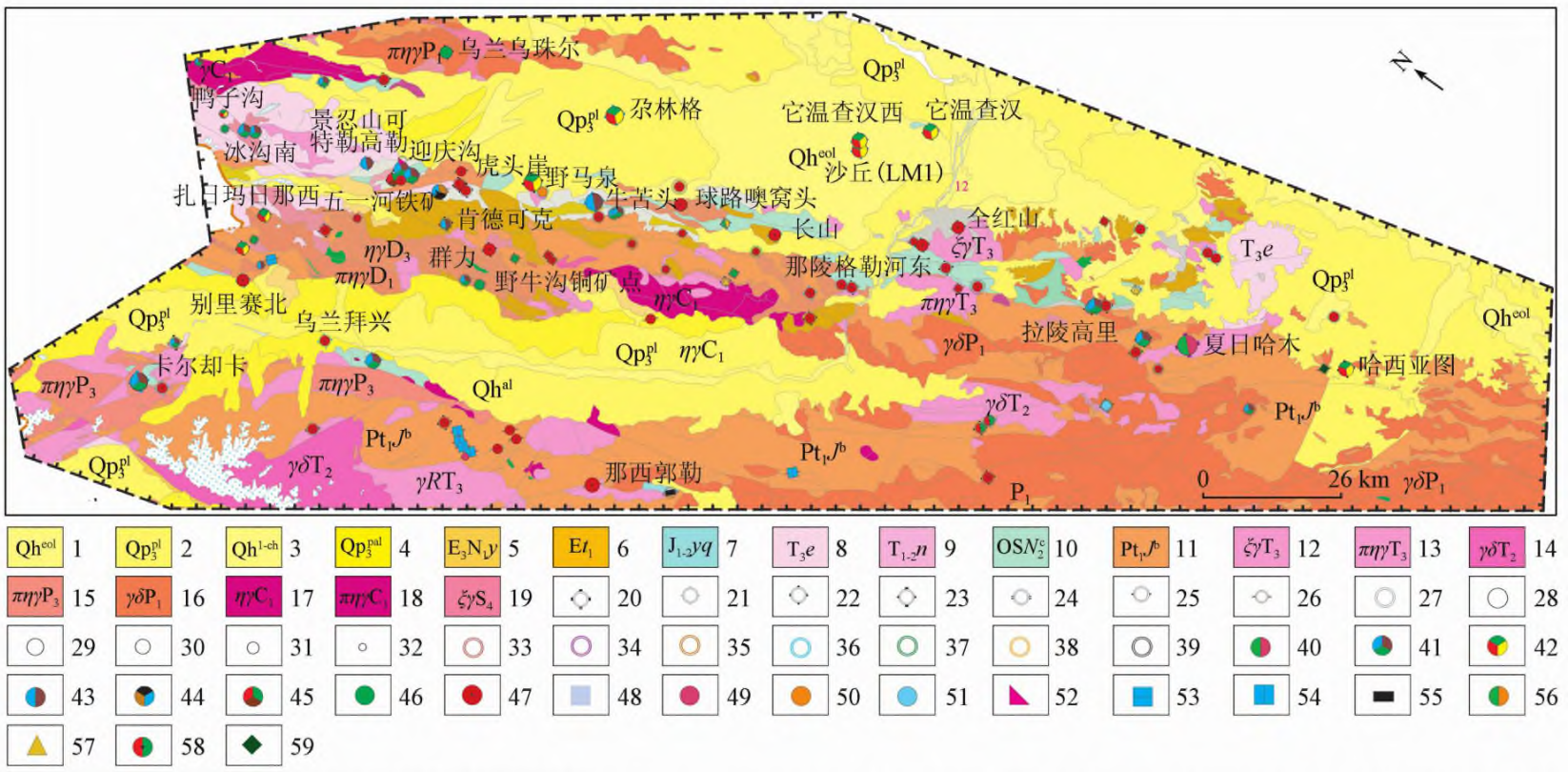
1 矿集区概况

祁漫塔格金属矿集区位于青海省格尔木西约350 km,地处青藏高原东北部柴达木盆地西南缘和

收稿日期：2018-12-04；**修订日期：**2018-12-14。
基金项目：中国地质调查局地质调查工作“青海祁漫塔格金属矿集区综合地质调查(编号：DD20160073)”项目资助。
第一作者简介：马亚梦(1986—),女,工程师,主要从事矿产资源的综合利用工作。Email：452836361@qq.com。
通信作者简介：谭秀民(1979—),男,研究员,主要从事矿产资源的综合利用工作。Email：11066360@qq.com。

万方数据

东昆仑复合造山带西段。区内共有超大型矿床 1 处(夏日哈木镍多金属矿)、大型矿床 4 处(野马泉铁多金属矿、尕林格铁多金属矿、牛苦头沟铅锌矿床、卡而却卡铜矿床)、中型矿床 11 处、小型矿床 13 处、矿(化)点 104 处。区内矿权分布密集,已设采矿权 10 个、探矿权 55 个,已开发矿山企业有 13 家,所开发矿山多为中—小型矿山。矿产资源类型主要以铁、镍、铅、锌、铜为主,伴生有金、银、钴、锡、铋、钼等。矿床类型以夕卡岩型为主,此外还有岩浆熔离型、喷流沉积型、沉积变质型、岩浆热液型等。成矿时代以三叠纪为主,另有古元古代、晚志留世—早泥盆世等(图 1)。



Qh^{eol} 1	Qp_3^{pl} 2	Qh^{1-ch} 3	Qp_3^{pal} 4	E_3N_1y 5	Et_1 6	$J_{1-2}yq$ 7	T_3e 8	$T_{1-2}n$ 9	OSN_2^c 10	Pt_1J^b 11	$\xi\gamma T_3$ 12	$\pi\eta\gamma T_3$ 13	$\gamma\delta T_2$ 14
$\pi\eta\gamma P_3$ 15	$\gamma\delta P_1$ 16	$\eta\gamma C_1$ 17	$\pi\eta\gamma C_1$ 18	$\xi\gamma S_4$ 19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56
57	58	59											

1. 风积; 2. 洪积; 3. 湖积 – 化学沉积; 4. 洪冲积; 5. 雅西措组; 6. 沱沱河组; 7. 羊曲组; 8. 鄂拉山组; 9. 闹仓坚沟组; 10. 细碎屑岩段; 11. 片麻岩组; 12. 肉红色中细粒正长花岗岩; 13. 浅肉红色似斑状二长花岗岩; 14. 灰白色中细粒花岗闪长岩; 15. 灰色斑状角闪黑云母二长花岗岩; 16. 浅灰 – 灰色中细粒花岗闪长岩; 17. 灰 – 肉红色中细粒二长花岗岩; 18. 灰 – 肉红色似斑状二长花岗岩; 19. 浅红色片麻状中细粒正长花岗岩; 20. 岩浆型; 21. 热液型; 22. 接触交代型; 23. 斑岩型; 24. 沉积型; 25. 砂矿型; 26. 沉积变质型; 27. 成因不明; 28. 特大型; 29. 大型; 30. 中型; 31. 小型; 32. 矿点; 33. 前寒武纪; 34. 加里东期; 35. 华力西期; 36. 印支期; 37. 燕山期; 38. 喜山期; 39. 时代不明; 40. 铜 – 镍; 41. 多金属; 42. 铁多金属; 43. 铅锌; 44. 钴金铋; 45. 铁铜锡; 46. 铜; 47. 铁; 48. 石灰岩; 49. 镍; 50. 金; 51. 钼; 52. 冰洲石; 53. 大理石; 54. 白云岩; 55. 煤; 56. 铜 – 金; 57. 硫; 58. 铁铜; 59. 石墨

图 1 祁漫塔格金属矿集区矿产地质简图

Fig. 1 Geological and mineral sketch of Qimantag metal ore concentration area

祁漫塔格金属矿集区所在地区属大陆性干旱气候,高寒缺氧,空气稀薄,气候环境恶劣。矿集区地势总体西南高,东北低。东北部柴达木盆地西南边缘地势相对低缓,海拔为 3 000 ~ 3 500 m,其余广大地区平均海拔为 4 000 ~ 5 000 m,相对高差一般在 1 000 m 左右。区内山势陡峻,沟谷深切,石峰耸立,植物稀少,呈现较典型的高寒荒漠景观。区内水系为柴达木盆地内陆水系,流程短,主要河流有那陵郭勒河、巴音郭勒河等,其余主要为季节性河流,每年 6—10 月为有水期,以大气降水及山区冰雪融水为主要补给水源。矿集区水文地质复杂程度为简单型,总体水资源欠丰富,工程地质条件为中等型,环境地质条件复杂程度为中等型,水工环条件较适宜矿业开发。

矿集区交通相对较便利,但运距较长。公路主要有青藏公路和青新公路,规划建设西宁至和田公路,普通国道有马鬃山口岸至宁洱公路、京藏高速格尔木至拉萨段、格尔木至茫崖至库尔勒高速公路、格尔木至玉树公路; 铁路主要为青藏铁路格拉段,规划建设格成线(已开工)、格敦线、格库线; 另外,格尔木机场经扩能改建,已开通拉萨、北京、西安、成都及西宁的定期航班。柴达木盆地内已形成 330 kVA 南北双回路电网,为资源开发提供了良好的电力保障。

2 开发布局评价指标体系

2.1 评价指标选取原则

目前,矿产资源开发评价仍不成熟,需从文献、

万方数据

理论、专家调研等多个角度考虑。为了能更加客观地进行矿集区矿产资源开发优化布局,在进行矿产资源开发评价时,应遵循系统性与层次性相结合、科学性与可操作性相结合、前瞻性与引导性相结合的原则[11]。

(1)系统性与层次性。系统性是指在充分考虑资源、自然条件、生态、社会及经济发展等要素的影响下进行综合评价,综合评价指标应能比较全面、客观地反映矿集区的真实情况；层次性是指各指标可以从不同层次对系统进行体现。

(2)科学性与可操作性。科学性是指评价指标的构建与选取要符合自然和市场经济规律；可操作性是指所选指标要具有可获取性、可测量性以及可调控性,便于进行客观判断,选取的评价指标应尽可能可以直接获得或可以简单计算得出。

(3)前瞻性与引导性。前瞻性是指评价指标除了能反映行业一般水平外,还能体现矿集区可持续发展的更高要求；引导性是指评价指标要具有导向性,能动态地反映出矿集区的发展趋势。

2.2　评价指标体系构建

指标的选取应体现评价目的,反映所在区域分异规律[12]。在经过充分的理论分析及专家研讨的基础上,从矿产资源条件、技术经济条件及环境影响 3 个维度,构建了资源开发布局评价指标体系,同时考虑数据的可获得性,最终确立一级指标 3 个,二级指标 15 个(图 2)。

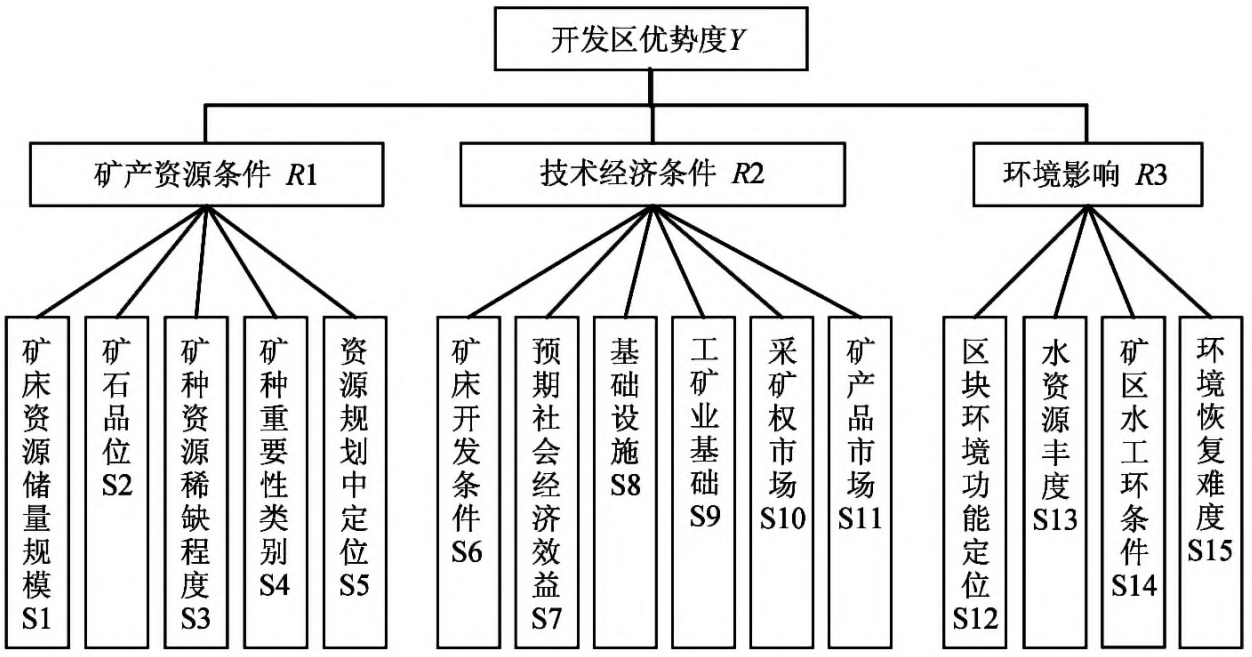


图 2　矿产资源开发布局评价指标体系

Fig. 2　Evaluation index system of mineral resource development layout

2.3　评价指标权重及标准

多参数决策问题中指标权重的确定方法包括德尔菲法[13]、层次分析法[14-15]、熵值法、模糊聚类法及主成分分析法等,这些方法各有其优缺点及适用条件和范围。本研究运用层次分析法确定评价指标权重,通过对相关领域专家发放调查问卷获取初始数据,之后运用 Yaahp 软件(一款层次分析法可视化建模与计算辅助软件)对初始数据进行处理,通过绘制层次模型、生成判断矩阵、两两比较数据输入、进行排序权重、计算数据导出及灵敏度分析,最终得出评价指标权重(表 1)。

评价标准是指对各级评价指标评价值的判别标准,是评价工作中的一个重要工具。评价指标的评分标准由二级指标的评分标准制定。评分标准的尺度选择为满分十分制,最低值为零分(表 2)。

表 1　资源开发布局评价指标权重

Tab. 1　Evaluation index weight of resource development layout

目标层	一级指标		二级指标	
	评价指标	权重	评价指标	权重
Y	*R*1	0.518 9	*S*1	0.181 9
			*S*2	0.119 0
			*S*3	0.076 9
			*S*4	0.082 6
			*S*5	0.058 5
	*R*2	0.195 2	*S*6	0.053 8
			*S*7	0.049 0
			*S*8	0.018 0
			*S*9	0.017 2
			*S*10	0.017 0
			*S*11	0.040 2
	*R*3	0.285 9	*S*12	0.102 1
			*S*13	0.036 8
			*S*14	0.048 3
			*S*15	0.098 7

万方数据

表 2 资源开发布局评价指标的评分标准

Tab. 2 Grading standards for resource development layout evaluation indexes

二级指标	评分标准	评分区间
*S*1	基础储量达超大型	[9,10]
	基础储量达大型	[7,9)
	基础储量达中型	[5,7)
	基础储量为小至中型	[0,5)
*S*2	矿石平均品位高	[8,10]
	矿石平均品位较高	[6,8)
	矿石平均品位一般	[3,6)
	矿石平均品位低	[0,3)
*S*3	严重短缺,可供能力:[0,40%)	[9,10]
	短缺,可供能力:[40%,70%)	[7,9)
	基本保证,可供能力:[70%,100%)	[5,7)
	可以保证,可供能力≥100%	[0,5)
*S*4	战略性、特殊矿种	[9,10]
	国家或省区重要矿产	[7,9)
	低值、普通大宗矿产	[5,7)
	普通民用矿产	[0,5)
*S*5	规划的重点矿种和矿区	[8,10]
	规划的一般矿种和矿区	[5,8)
	无规划	[0,5)
*S*6	可利用性容易	[8,10]
	可利用性一般	[5,8)
	可利用性难	[0,5)
*S*7	经济价值高,产业拉动效应大	[8,10]
	经济价值中等,社会影响一般	[5,8)
	经济价值中等,社会影响很小	[0,5)
*S*8	水、电、交通等基础设施完善	[8,10]
	水、电、交通等基础设施一般	[5,8)
	水、电、交通等基础设施差	[0,5)
*S*9	工矿业基础好,较发达	[8,10]
	工矿业基础一般	[5,8)
	工矿业占比很小,基础薄弱	[0,5)
*S*10	采矿权交易活跃	[8,10]
	采矿权供大于求,有少量交易	[5,8)
	采矿权交易不活跃,成交量少	[0,5)
*S*11	需求旺盛,求大于供	[8,10]
	供需基本平衡且市场平稳	[5,8)
	供应过剩,产品价格严重下滑	[0,5)
*S*12	无特定生态功能规定的区域	[8,10]
	有生态环境功能规定的区域	[5,8)
	森林公园、风景名胜区	[0,5)
*S*13	有常流型河流或地下水丰富	[8,10]
	有季节性河流,地下水一般	[5,8)
	地表水少量且地下水少量	[0,5)
*S*14	水文地质条件简单	[8,10]
	水文地质条件中等	[5,8)
	水文地质条件复杂	[0,5)
*S*15	易恢复	[8,10]
	恢复难度中等	[5,8)
	难恢复	[0,5)

2.4 评价指标计算及等级划分

利用实地调研、调查及官方网站提供的相关数据,依据矿产资源开发布局评价指标体系、指标权重及评分标准,对各项指标进行评分,计算其评价值。

$$A = \sum_{m=1}^{n} c_m e_m \text{ 。} \tag{1}$$

式中:$m=(1,2,\cdots,n)$,为第 n 个二级指标;A 为一级指标的评价值;c 为二级指标的权重;e 为二级指标的评分值。

为使评价结果更有效地应用于实际工作中,依据以往经验,经过专家咨询研讨,本文将开发布局评价结果划分为 3 个等级,分别为:重点优先开发为Ⅰ级,评分值属[8,10];可以开发为Ⅱ级,评分值属[6,8);暂不宜开发为Ⅲ级,评分值属[0,6)。

3 开发布局评价

为实现区域社会经济可持续发展,发挥资源集中区资源开发利用的最佳社会经济效益,提供资源优化配置的路径和对策建议,将祁漫塔格金属矿集区划分为 11 个开发区划单元,划分的主要依据为:①区内存在已探明并具有一定资源储量规模的矿床;②区内有一定的基础设施条件,区域范围内有一定的工业基础;③属于矿产资源规划划定的矿产资源开采区域。针对开发区划单元,进行综合地质调查,利用实地调研、野外调查及官方网站提供的相关数据,依据矿产资源开发布局评价指标体系,对各项指标进行评分,开发区划单元评价结果如表 3 所示,一级指标得分率如表 4 所示。

表 3 开发区划单元评价结果

Tab. 3 Evaluation results of development units

开发区划单元		评价结果	
名称	得分	优劣次序	结论
虎头崖—迎庆沟多金属矿区(Qy-1)	8.0	2	Ⅰ级
肯德可克多金属矿区(Qy-2)	7.0	6	Ⅱ级
野马泉多金属矿区(Qy-3)	7.6	3	Ⅱ级
四羊角—牛苦头多金属矿区(Qy-4)	7.5	4	Ⅱ级
尕林格多金属矿区(Qy-5)	6.5	9	Ⅱ级
它温查汉多金属矿区(Qy-6)	7.4	5	Ⅱ级
卡尔却卡多金属矿区(Qy-7)	6.7	8	Ⅱ级
乌兰拜兴多金属矿区(Qy-8)	5.5	10	Ⅲ级
那西郭勒铁矿区(Qy-9)	4.9	11	Ⅲ级
夏日哈木多金属矿区(Qy-10)	8.8	1	Ⅰ级
哈西亚图多金属矿区(Qy-11)	7.0	6	Ⅱ级

万方数据

表 4　开发区划单元一级指标得分率

Tab. 4　Level 1 index score rate for each development units

一级指标	得分率/%										
	Qy－1	Qy－2	Qy－3	Qy－4	Qy－5	Qy－6	Qy－7	Qy－8	Qy－9	Qy－10	Qy－11
R 1	75.7	65.7	70.7	73.6	62.9	67.1	81.4	48.6	40.0	77.1	67.1
R 2	73.1	77.7	78.5	62.3	56.9	67.7	68.5	50.8	43.1	78.5	60.0
R 3	76.7	68.3	66.7	75.0	68.3	78.3	63.3	73.3	68.3	76.7	71.7

注：得分率 <60% 的指标,其条件为差；得分率在[60%,80%)之间的指标,其条件为中等；得分率≥80% 的指标,其条件为良好。

祁漫塔格金属矿集区 11 个开发区划单元综合评价值相差较大,平均值为 7.0 分,属于可以部署开发区间,矿集区整体开发优势一般。其中,有 2 个开发区划单元综合评价值在 8.0 分以上,属于重点优先部署开发区域,分别为夏日哈木多金属矿区和虎头崖—迎庆沟多金属矿区,一级指标得分率显示,其指标条件均为中等偏上,矿业条件良好；有 7 个开发区划单元属于可以部署开发区域,可作为备选区域,其中尕林格多金属矿区技术经济条件较差,其余区划单元指标条件中等；另有 2 个开发区划单元综合评价值低于 6.0 分,其矿产资源及技术经济条件均较差,暂不宜考虑开发(图 3)。

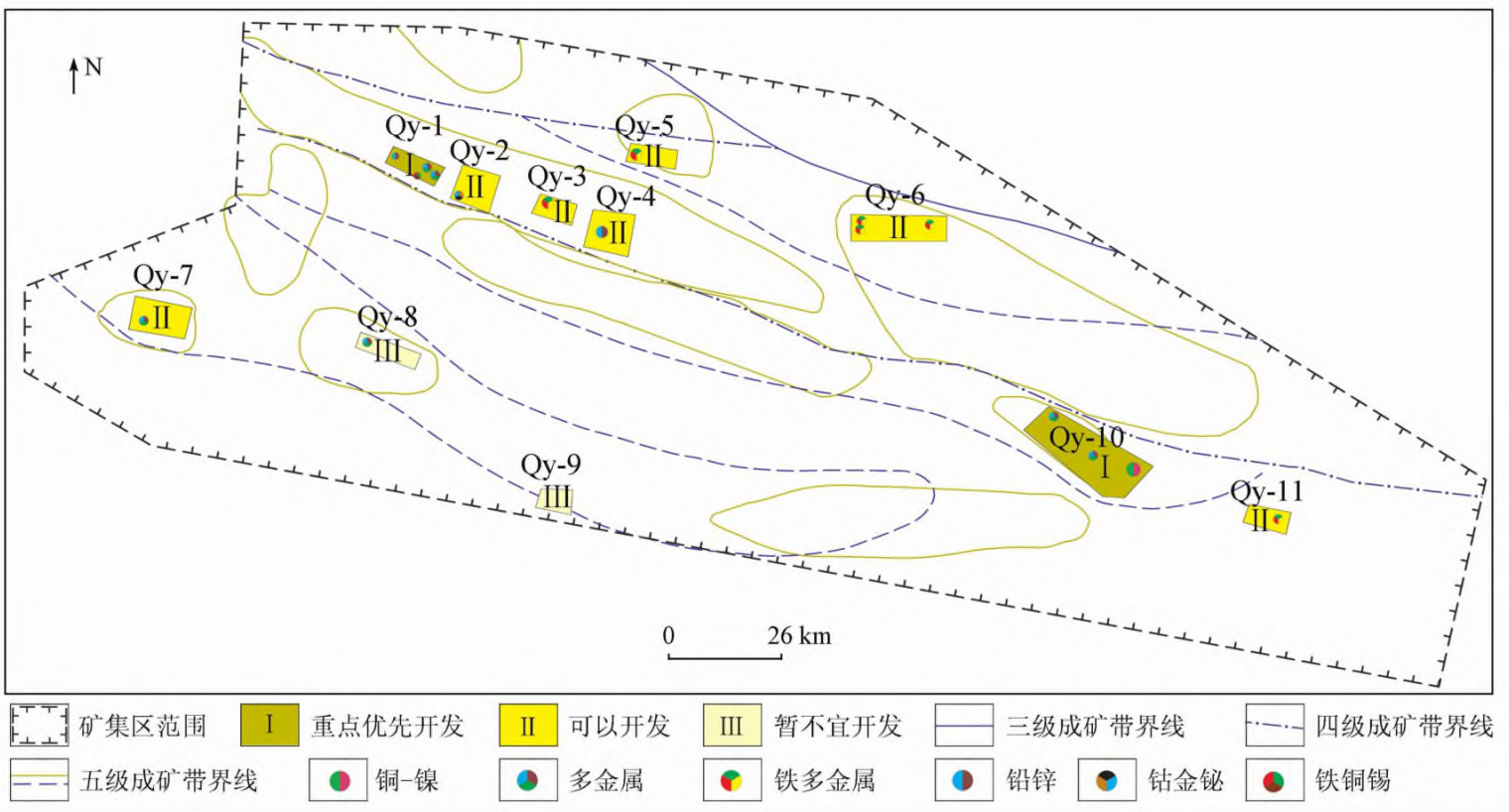


图 3　祁漫塔格金属矿集区开发布局图

Fig. 3　Development layout of Qimantag metal ore concentration area

4　结论与建议

针对重点优先开发单元,可开展如下工作：在勘查方面,应进一步加强周边及深部地质勘查工作,保障矿产资源供给；在制度方面,应加大支持该区域矿产勘查开发政策的优惠力度；在开发方面,应优化矿产资源开发利用布局,合理调控矿产资源开发利用总量,大力推进节约与综合利用。另外,应根据该区域矿产资源分布特点和区域经济发展现状,根据产业发展需求与地域经济分工要求,形成矿产开采与加工产业链。

依托区域矿产资源优势,建议在祁漫塔格金属矿集区建立 2 个优先重点开发区：在夏日哈木多金属矿区布局建设以镍矿为主、以铁矿和铜矿为辅的规模化、集约化矿产资源勘探、开发、冶炼、加工产业集群,规划建设市场前景好、优势突出、支撑带动能力明显的重大项目；虎头崖—迎庆沟、肯德可克、野马泉、四羊角—牛苦头 4 个多金属矿区有 1 个属于优先重点开发的区划单元,3 个属于可以开发的区划单元,建议将其进行整合,在该区域建立以铁、铅、锌为主的规模化、集约化矿产资源勘探、开发、冶炼、加工产业集群。另外,这些开发区内交通便利,基础设施相对齐全,可以满足生产、生活要求,且具有一定的工业基础,产业布局应充分考虑其继承性。

万方数据

参考文献：

[1] 孟旭光. 国土资源规划理论与实践[M]. 北京：地质出版社，2009.

[2] 原振雷，冯进城，薛良伟. 矿产资源开发利用的经济学特性及其优化配置[J]. 中国矿业，2006，15(4)：34 - 36.

[3] 麦笑宇，曹佳宏，余永富. 矿产资源开发利用评价技术研究展望[J]. 矿冶工程，2002，22(4)：44 - 46，50.

[4] 廖咏. 区域地质矿产资源开发的复杂性及协调发展研究[J]. 世界有色金属，2018(17)：111 - 112.

[5] 王剑辉. 祁漫塔格地区矿产资源分布与产业布局[D]. 北京：中国地质大学(北京)，2011.

[6] 《全国矿产资源规划(2016 - 2020 年)》发布[J]. 中国煤炭，2017，43(1)：107.

[7] 韩生福，李熙鑫，曾广文，等. 青海省矿产资源勘查开发接替选区研究[M]. 北京：地震出版社，2012.

[8] 黄俊玮，刘磊，马驰，等. 青海祁漫塔格矿集区矿产资源可利用性等级评价探索[J]. 中国地质调查，2018，5(4)：107 - 111.

[9] 张会琼，王京彬，付水兴. 矿产资源基地综合地质调查探索[J]. 矿产勘查，2017，8(5)：727 - 731.

[10] 谭秀民，张亮，冯安生，等. 关于大型矿产资源基地综合地质调查的思考[J]. 矿产保护与利用，2017(4)：11 - 15.

[11] 姚震. 整装勘查区综合评价与应用研究[D]. 北京：中国地质大学(北京)，2014.

[12] 郑度，欧阳，周成虎. 对自然地理区划方法的认识与思考[J]. 地理学报，2008(6)：563 - 573.

[13] 李世祥，罗桥，赵恒勤，等. 矿产资源基地开发社会效益评估方法探讨[J]. 矿产保护与利用，2018(4)：28 - 33.

[14] Rahman S，Frair L C. A hierarchical approach to electric utility planning[J]. Int J Energy Res，1984，8(2)：185 - 196.

[15] 邓雪，李家铭，曾浩健，等. 层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J]. 数学的实践与认识，2012，42(7)：93 - 100.

Analysis on optimizing layout of mineral resources development in Qimantag metal ore concentration area of Qinghai Province

MA Yameng[1,2,3], TAN Xiumin[1,2,3], ZHAO Hengqin[1,2,3], ZHANG Yongxing[1,2,3], YI Yuejun[1,2,3]

(1. *Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Zhengzhou* 450006, *China*; 2. *National Engineering Research Center for Multipurpose Utilization of Nonmetallic Mineral Resources, Zhengzhou* 450006, *China*; 3. *Key Laboratory of Evaluation and Multipurpose Utilization of Polymetallic Ore, Ministry of Natural Resources, Zhengzhou* 450006, *China*)

Abstract: Qimantag metal ore concentration area of Qinghai Province has rich mineral resources and broad metallogenic prospect and it is the most important iron polymetallic metallogenic prospective area in East Kunlun metallogenic belt. In order to promote the sustainable development and exploitation of mineral resources, the authors established the evaluation index system of mineral resource development layout from three aspects of mineral resources conditions, technical and economic conditions, and environmental impact. The system was constructed by means of evaluation index selection, index weight and evaluation criteria determination, and evaluation index calculation. Then, the mineral resource development layout in Qimantag metal ore concentration area was evaluated. The results of evaluation analysis show that the average value of the comprehensive evaluation of the eleven development units is 7.0, and the overall development advantages of the ore concentration area are general. There are two development units with a comprehensive evaluation value above 8.0 belonging to the key priority deployment and development areas, namely Xirihamu polymetallic mining area and Hutouya - Yingqinggou polymetallic mining area. Besides, seven development units are considered as alternative areas and two development units, with comprehensive evaluation value lower than 6.0, are not suitable for development at present.

Keywords: Qimantage ore concentration area; mineral resources; development layout; evaluation

(责任编辑：刘丹)

万方数据