

# 中国铬矿主要矿集区及其资源潜力探讨

朱明玉<sup>1</sup> 王成辉<sup>1</sup> 王登红<sup>1</sup> 李立兴<sup>1</sup> 张 建<sup>2</sup> 王国瑞<sup>3</sup> 周 详<sup>4</sup>

(1. 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;

2. 海南省国土环境资源厅, 海南 海口 570100; 3. 中国地质大学(北京), 北京 100083;

4. 西藏地质矿产勘查开发局区调队, 西藏 拉萨 850000)

**摘要:** 铬是中国最紧缺的矿种之一, 长期以来依靠进口, 资源安全难以保障, 但国家对于铬铁矿的找矿工作一直是很重视的。2006 年以来全国开展的 25 个重要矿种潜力评价工作中就包括铬, 本文通过对全国铬铁矿成矿规律的研究, 划分出 13 个矿集区, 认为西藏罗布莎、新疆达拉布特和内蒙古贺根山 3 个矿集区成矿条件最好, 找矿潜力最大, 目前宜深入研究其深部找矿的技术方法, 加强对深部控矿条件的分析, 总结深部探测的经验, 力争通过攻深找盲来取得找矿突破。

**关键词:** 铬矿集区; 蛇绿岩; 达拉布特; 罗布莎; 贺根山; 找矿方向

**中图分类号:** P618.33      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2013)04-0995-12

## 1 资源概况

铬铁矿是中国重要的战略物资, 也是中国紧缺的矿产资源<sup>[1-2]</sup>。从 20 世纪 50 年代起, 鉴于国家对铬矿资源的迫切需求, 在全国开展了大规模的地质勘查和科学研究工作。1964 年原地质部组织了“新疆铬矿会战指挥部”, 掀起了全国铬铁矿找矿热潮。20 世纪 70 年代是中国铬铁矿探明储量最多的时期, 查明了罗布莎、大道尔吉等中型铬铁矿床, 发现了萨尔托海东南 6 km 处的隐伏鲸鱼矿体。截止 1980 年底, 探明铬资源量 1053.1 万 t<sup>[3]</sup>, 涵盖勘查区 49 处, 结束了中国无铬铁矿的历史。80 年代后, 铬铁矿勘查资金逐年减少, 找矿规模不断缩小, 资源量增加缓慢。随着国民经济的快速发展, 尤其是钢铁工业发展进入“快车道”, 铬钢消耗量剧增, 中国每年需要进口大量的铬铁矿, 近年来进口逐年增加, 对外依存度高达 90% 以上, 难以保证国民经济的安全。根据

2012 年《中国矿产资源报告》<sup>[4]</sup>, 2011 年全国探明铬铁矿资源储量 1161.1 万 t, 比 1980 年仅增加 108 万 t, 刚好相当于中国铬铁矿年消耗量, 资源紧缺程度更加突出。因此, 有必要在认清中国铬铁矿资源形势及其特点的基础上, 研究铬铁矿成矿规律, 深入探讨中国铬铁矿资源的找矿方向。

## 2 中国铬铁矿主要类型

中国铬铁矿, 以原生铬铁矿为主, 且无一例外地产于基性-超基性岩体中, 显示了极强的成矿专属性。主要有两种成因类型: 一类是产于古老地台区或裂谷带附近基性-超基性岩体中的“似层状”铬铁矿床(不同于岩浆分异作用较为彻底的南非-布什维尔德、美国-斯提尔沃特等典型的巨型层状铬铁矿床), 以品位低、规模小、工业价值不高为特点, 如产于新太古-古元古代的北京密云平顶山、放马峪、河北毛家厂铬铁矿及深大断裂带附近的高寺台、大槽

收稿日期: 2013-02-04; 改回日期: 2013-05-02

基金项目: 中国地质调查局地质大调查项目“我国重要矿产和区域成矿规律研究”(1212010633903)、“中国矿产地质与区域成矿规律综合研究(中国矿产地质志)”(1212011220369)资助。

作者简介: 朱明玉, 女, 1937 年生, 主要从事岩石、矿物、矿床学研究; E-mail: k14xmb@vip.sina.com。

通讯作者: 王成辉, 男, 1982 年生, 主要从事岩石、矿物、矿床学研究; E-mail: wangchenghui131@sina.com。

铬铁矿床。此类铬铁矿应属于由陆幔派生出来的岩浆房经岩浆结晶分异作用形成的铬铁矿,其化学成分以高铁、高钛为特点,并可与铁、铜、镍、铂族元素等矿床伴生;另一类为蛇绿岩型豆荚状铬铁矿,多产于显生宙以来代表板块缝合带的蛇绿岩带(蛇绿混杂岩)中,是大地幔岩高度熔融再造的产物,通过板块运动的俯冲和碰撞作用,以随机截取的蛇绿岩断块(岩片)形式进入大陆地壳。因此,蛇绿岩型铬铁矿实质上是一种以“热扰动”或“动力扰动”等形式出现的壳-幔分异作用背景下形成的矿产,一般呈独立矿种产出。由于构造运动强烈而复杂,导致蛇绿岩原位特征受到破坏,增加了勘查难度。此类铬铁矿矿体宏观上常具有塑性变形特征,矿体形态不规则,延伸长度有限,一条矿带中常由数十至数百矿体组成,但因质优、品位高而具有良好的工业价值。

在本次全国重要矿产资源潜力评价工作中,为了更好地服务于成矿预测及矿产资源潜力评价工作而提出了“矿产预测类型”的新概念,该分类以成矿作用为主导,尽可能考虑到不同区域特定矿产产出的地质背景、成矿环境、物质组成等地质条件以及物化遥方面的矿产预测要素,与成因类型划分并不矛盾<sup>[5,6]</sup>。对铬铁矿来说,东北、华南和华东地区也有零零星的铬铁矿产地或找矿线索,但目前来说不具有大规模勘查的现实意义,因此不单独提出预测类型(表1)。

### 3 铬铁矿矿集区的圈定

中国铬铁矿资源尽管贫乏,但成矿特点显著:①类型单一。以蛇绿岩型地幔橄辉岩中豆荚状铬铁矿为主。至今尚未发现有重要工业价值的典型层状镁铁-超镁铁型铬铁矿;②矿化集中度高。含矿蛇绿岩严格受构造控制,集中分布于横贯中国东西的3条巨型造山带(缝合带)中,即:北部塔里木—华北地台

北缘造山带;中部秦祁昆造山带(西段)以及西南特提斯造山带,以特提斯造山带之雅鲁藏布江蛇绿岩带最为重要,中国迄今为止发现的唯一大型铬铁矿——罗布莎铬铁矿床即产于其中;③破坏强烈。蛇绿岩沿构造侵位,原位特征被破坏,少见完整的蛇绿岩剖面,含铬铁矿的地幔岩多呈断块状随机分布,并不受特定的岩石类型控制,矿床规模小,分布零散;④质量欠佳。优质冶金级矿石主要分布于西藏、青海等地,储量仅占总保有储量的三分之一。内蒙古、甘肃以化工级矿石为主;耐火级矿石主要分布于新疆萨尔托海地区。

根据上述铬铁矿分布特点和深部找矿的趋势,今后国内找矿宜通过矿集区,期望通过重点矿集区的深度研究和深部探矿来取得新突破,瞄准最佳矿集区的重点类型、优质矿石开展工作,并注意保存条件。本文将中国铬铁矿划为12个矿集区和1个有潜力、但工作程度较低的潜在铬铁矿矿集区(表2,图1)。此处铬铁矿矿集区的划分相当于IV级成矿区带内的矿田或矿床“点”集中区<sup>[7]</sup>,大致反映了现有矿床(点)的空间自然分布特征。

### 4 重要铬铁矿集区潜力评述

在已有的12个矿集区中,以罗布莎、达拉布特、贺根山最为重要。

#### 4.1 西藏雅鲁藏布江东段矿集区(罗布莎矿集区)

罗布莎铬铁矿矿集区,位于西藏雅鲁藏布江缝合带的东段。矿集区范围包括朗县秀乡、鲁见沟、罗布莎、泽当、亚德等20余个超基性岩体,其地理坐标为 $91^{\circ}20'00''\sim 92^{\circ}50'00''E$ ;  $28^{\circ}52'\sim 29^{\circ}22'N$ ,出露面积约 $84\text{ km}^2$ ,是中国目前已发现铬铁矿规模最大的矿集区(图1),其中罗布莎(包括香卡山、康金拉)累计探明储量超过600万t(西藏地质矿产勘查开发局提供),达到大型规模。

表1 全国铬铁矿预测类型

Table 1 Major prognostic types of Cr deposits and their distribution in China

预测类型		西北	华北	东北	西南	华南	华东
蛇绿岩型豆荚状 铬铁矿	地幔岩局熔 改造亚型	新疆萨尔托海式、青 海玉石沟式	内蒙贺根山式、 内蒙索伦山式		西藏罗布莎式、西 藏东巧式		
	岩浆结晶分 异亚型	甘肃大道尔吉式、新 疆洪古勒楞式					
基性-超基性岩 型似层状铬铁矿	岩浆结晶分 凝型		河北高寺台式				
			北京平顶山式		四川大槽式		
古风化(壳)型	砂岩	陕西冯家山式					

表 2 中国铬铁矿主要矿集区地质特征及资源概况

Table 2 Major geological features of Cr concentration areas in China and their mineral resources

序	名称	典型矿床	成矿时代	地质特征	查明 资源量/万 t	预测 资源量/万 t
1	达拉布特(萨尔托海)矿集区	萨尔托海、鲸鱼、唐巴勒	D-C、S	位于哈萨克斯坦—准噶尔板块北界额尔齐斯缝合带,蛇绿岩带出露于达拉布特大断裂带北侧,即达拉布特蛇绿岩带,总体呈 NE—SW 向展布。蛇绿岩层序已被破坏,形成时代至少在早古生代末,侵入应在中石炭世以前。萨尔托海为该矿集区最重要的超基性岩体,出露面积 19.5 km <sup>2</sup> 。岩体受主干断裂的次级断裂控制,北侧达拉布特组火山岩地层将岩体分割成菱形地块	219.56	2364.23
2	克拉麦里矿集区	清水	D-C	位于准噶尔盆地东北缘,受克拉麦里断裂带控制,侵入于早石炭世地层中。铬铁矿不具规模,仅见清水、巴里坤等少量铬铁矿点	1.07	82.37
3	贺根山矿集区	赫格敖拉	D	位于西伯利亚板块与锡林浩特—松嫩微陆块(广义的中朝板块)的碰撞带,碰撞对接作用始于晚泥盆世,延续至早石炭世,在此过程中形成了多条蛇绿混杂岩带,著名的赫格敖拉 3756 铬铁矿床即生成于规模最大、发育最完整的二连浩特—贺根山—黑河蛇绿岩带中,已具中型规模,由 186 个矿体群组成。此外该带还有矿点及矿化点多处	213.42	878.43
4	索伦山矿集区	索伦山、阿布格、乌珠尔	S-D	位于蒙古—鄂霍茨克洋缝合带,发育有索伦山蛇绿岩带,侵入于中晚石炭世地层中。产出索伦山(察汗胡勒、阿布格、乌珠尔)等铬铁矿床(点)	75.17	
5	北祁连北缘矿集区	玉石沟、洋淇沟	O	位于阿拉善板块(古亚洲板块西段)和祁连微板块的分界线,长 750 km,宽约 60 km。其中出露多条蛇绿岩片,已发现超基性岩体 820 个,目前铬铁矿仅出现在蛇绿岩层序保存较好、研究程度较高的中祁连北缘拖来山主脊中部的玉石沟蛇绿岩带,已勘查的有玉石沟、百经寺、三岔等小型铬铁矿床(点),此带还发现矿点、矿化点 69 处	62.0	243.30
6	北祁连南缘矿集区	大道尔吉	S	位于南祁连拉脊山—大道尔吉蛇绿混杂岩带中,岩体受沙果拉断裂控制。发现规模达到中型的大道尔吉铬铁矿床以及小道理吉、野人沟等小矿点,此外,安西、酒泉、玉门兰州等地区也发现铬铁矿点	200.51	540.90
7	商丹矿集区	松树沟	Pt	位于商丹缝合线北侧,多数学者认为是晋宁期大洋闭合的产物。松树沟铬铁矿床即产于此带中,具小型规模。其他矿点、矿化点仅有 2 处。商丹蛇绿岩带向东延至河南境内,发现洋淇沟等小矿点、矿化点,该蛇绿岩带延至河南境内趋于尖灭	23.77	48.56
8	班公湖—怒江中段矿集区	东巧、依拉山	J	位于班公错—怒江缝合带的中段。蛇绿岩已被肢解,含矿超基性岩体侵入于中侏罗世地层中。岩体中段工作程度最高,已查明有东巧、切里湖、依拉山等小型铬铁矿床和矿点	61.02	14122.80
9	班公湖—怒江东段矿集区	丁青(东)	T	位于班公错—怒江缝合带的东段,蛇绿岩层序尚有保存,含矿岩体侵入于三叠纪地层中,已发现矿体 180 多个,但规模较小,有一定潜力	30.00	
10	雅鲁藏布江带东段(罗布莎)矿集区	罗布莎、香卡山、康金拉	J	位于雅鲁藏布江缝合带的东段,蛇绿岩侵入于上三叠统巨厚复理石建造与上白垩统海相火山岩、放射虫硅质岩及古近—新近纪磨拉石建造之间。包括朗县秀乡、鲁见沟、罗布莎、泽当、亚德等大小 20 余个超基性岩体	553.75	
11	燕辽—密怀隆起矿集区	毛家厂、平顶山、高寺台	Ar-Pt、T	位于中国东部燕山台褶带迁西群的构造隆起部位及密怀高级变质基底杂岩中,为太古宙—古元古代岩浆型似层状铬铁矿。高寺台则为沿大庙—娘娘庙深断裂分布的含矿超基性岩带中产于纯橄岩体中的铬铁矿,时代为晚古生代	174.99	346.04 含北京和河北
12	康滇裂谷带矿集区	大槽	T	位于康滇地轴中段,攀枝花断裂带北侧,阿布郎当次级背斜东翼的近轴部,属于岩浆型似层状铬铁矿,矿石产于最基性的纯橄岩相中	12.31	
13	雅鲁藏布江西段矿集区		K	位于班公错—怒江缝合带的西段,已发现体古嘎布、普兰、东坡等多个规模较大的岩体,由于工作产地低目前还没有成型矿床,但具有良好的成矿条件,是一个矿化信息丰富的潜在矿集区		

注:铬铁矿成矿时代皆以含矿蛇绿岩系或含矿超基性岩形成时代为代表;康滇矿集区的资源量据姚培慧等<sup>[9]</sup>,其余均为本次工作统计;雅鲁藏布江西段矿集区参考雷义军等<sup>[10]</sup>、杨经绥等<sup>[11]</sup>。“预测资源量/万 t”一列数据全国潜力评价项目预测汇总提供。

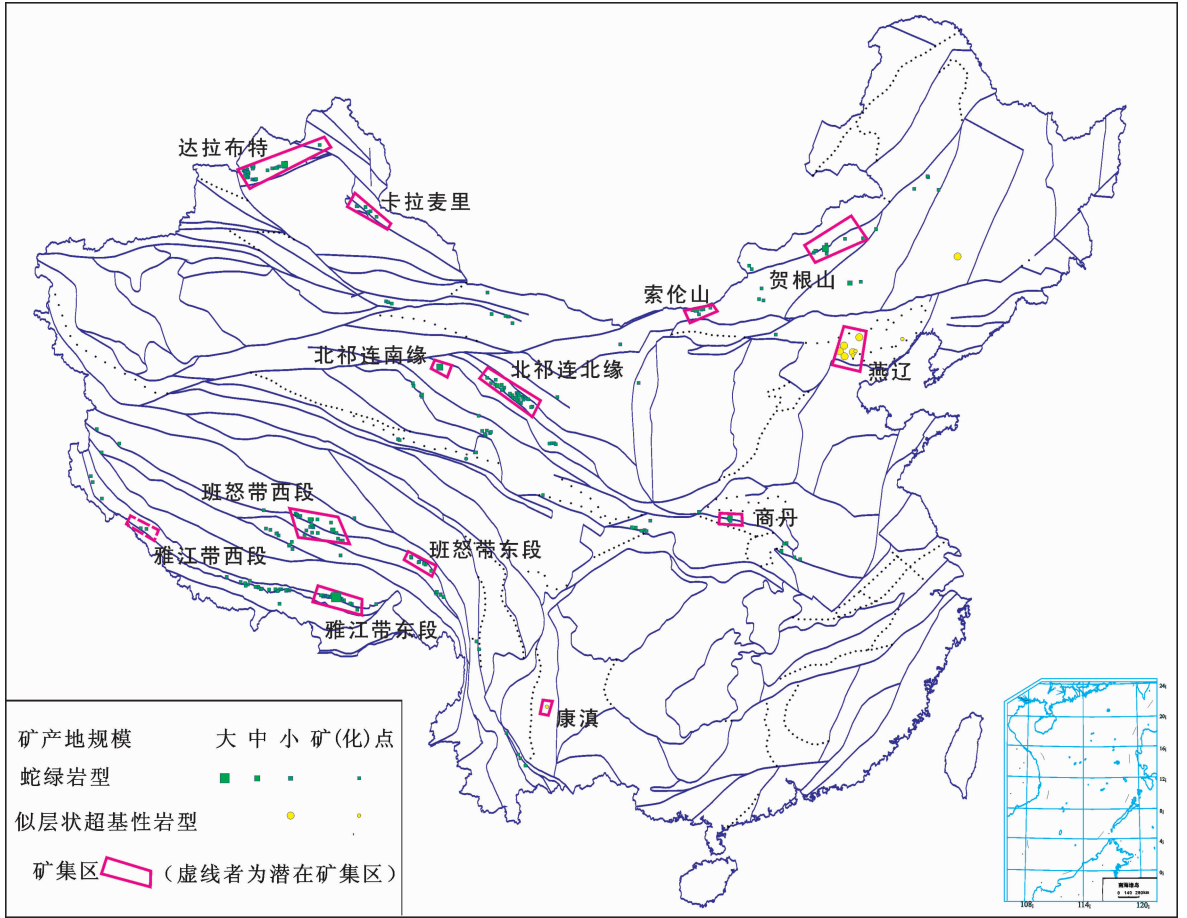


图1 中国铬铁矿及主要矿集区分布概图

Fig.1 The distribution of Cr-ore concentration areas in China

4.1.1 成矿条件

区内基底岩系，主要由喜马拉雅主脊出露的中新元古代变质岩系(聂拉木群)组成;古生代盖层(寒武系到二叠系)多为稳定型陆表海沉积;中生代以来以巨厚的复理石(三叠—白垩世日喀则群、朗杰学群)、多层远洋深水紫红色夹暗绿色放射虫硅质岩(西段)、硅质岩及多旋回玄武岩(枕状熔岩)和安山岩为特征,属于活动大陆边缘沉积。新生界主要沉积类型为残留海盆的滨海沉积碳酸盐岩和碎屑岩及第四纪山间磨拉石建造(罗布莎群碎屑岩)。

罗布莎超基性岩体受雅鲁藏布江蛇绿岩带控制,呈向北突出的弧形展布于上三叠统巨厚复理石建造与上白垩统海相火山岩、放射虫硅质岩及古近—新近纪磨拉石建造之间,岩体由堆晶岩和残余地幔橄榄岩组成,近东西向展布,面积约 70 km<sup>2</sup>,平

面上呈反“S形”展布。北界岩体逆冲在上白垩统及第三系砾岩之上,东西两侧倾角变化大;岩体南界与上三叠统类复理石呈断层接触。岩体自西向东分为3个区段(矿区),即罗布莎矿区、香卡山矿区和康金拉矿区。岩体与围岩接触关系主要可概括为以下三种情况:①洋壳蛇绿岩套中的原始层带过渡关系。基本保留原来的洋壳剖面结构。产状可以倒转,但层序关系基本不变。②早期洋壳下部的“热侵位”接触关系。多发生在早期洋壳发育阶段。接触变质带宽度不大,由透闪石—黝帘石、符山石(透闪石)—石榴石—绿泥石等矿物组成。③后期构造阶段“冷侵位”接触关系。最为常见,接触的围岩种类不限,以各种混杂岩、复理石、类复理石为主。主要表现为挤压片理带、剪切带以及断层破碎带。超基性岩大体是在印支—燕山期伴随洋壳的发育而生成的,通过燕山—喜山期

洋壳俯冲消亡而大规模侵位。

#### 4.1.2 成矿规律

罗布莎超基性岩主体由纯橄岩-斜辉(二辉)辉橄岩-斜辉(二辉)橄橄榄岩组成。且有明显的岩相分带现象。主含矿构造带(也称中央含矿构造带),岩石组合以斜辉辉橄岩为主,纯橄岩次之,间或有少量的含辉纯橄岩、二辉橄橄榄岩透镜体,分布面积占岩体总面积的80%以上,该带韧-脆性构造发育、岩石破碎,矿体位于纯橄岩岩相带和斜辉辉橄岩岩相带接触处的斜辉辉橄岩一侧,与纯橄岩岩相底界面保持0.1~0.5 km 距离(不受岩体变形影响),矿体呈带分布、分段集中、成群出现(形成7个相对集中的矿群),是罗布莎蛇绿岩型优质冶金级豆荚状铬铁矿产出的主要层位。已发现大小矿体548个<sup>[10]</sup>,地表矿体约占67%,隐伏矿体为33%,一般铬铁矿单个矿体规模不大,超过10万t的矿体仅有4个<sup>[11]</sup>。

#### 4.1.3 成矿潜力与找矿方向

罗布莎矿集区被公认为是中国最有找矿潜力的地区,据西藏地质矿产勘查开发局周详对藏南地区铬铁矿成矿远景区划研究<sup>[12]</sup>,提出应注意以下部位中的超基性岩体:

(1)寻找那些标志早期洋壳主要遗迹的消减带或缝合带;特别是经过次级扩张又褶缩关闭的弧后盆地褶皱地带,其边缘的一些断裂带有利于成矿。例如:在缝合构造带中,“根部”带就比“纳布”带更为有利;缝合带构造-建造结构保存较好的地段又比因强烈构造推覆而残缺不全的地段有利。

(2)通过蛇绿岩套岩浆岩性质的研究对“地幔橄橄榄岩残片”所代表的原始洋底构造部位和性质做出分析和判断,曾有过高热流活动构造“遗迹”的地段,有利于找矿。

(3)岩体的含矿性好坏,取决于早期“壳-幔分异”作用的程度和性质,分异好的对成矿有利。其特点为:一是保存有良好的“壳下岩浆房”(堆晶岩发育),二是“残渣相”岩石本身具有较高的局熔改造程度(以斜辉辉橄岩为主,含少量纯橄岩)。需要指出的是,由于蛇绿岩侵位是一种随机截取,因此,岩体的形态、规模、产状、围岩都不是决定因素。一般来说,岩体的规模不能太小,大规模的岩体和大量的岩体才能保证有足够的机会找到大矿。

(4)岩体的岩石组合类型及岩相带的特征是评价岩体含矿性最基本的地质依据。在堆晶岩底部的大

纯橄岩岩相中,应注意寻找“分凝-堆晶型”铬铁矿;当岩体以斜辉辉橄岩岩相带为主并含少量纯橄岩透镜体时,找矿对象主要是“豆荚型”铬铁矿。

(5)对具备成矿条件的岩体开展亚固相塑性流动应力场的动力学模拟研究,将有利于提高构造控矿分析的预见性。

(6)岩体的岩石化学特征是早期壳-幔分异过程地球化学性质的反映,并可揭示原始洋底构造部位的某些性质。根据对造矿铬尖晶石成分类型的区分可做出对矿石工业类型的大致判断,一般“低铝型”岩体可望找到富铬的冶金级铬铁矿床;“高铝型”岩体则可生成较富铝的耐火级铬铁矿床。 $m/f=9\sim 11$ 时最有利于成矿。

## 4.2 新疆西准噶尔达拉布特铬铁矿矿集区(萨尔托海矿集区)

萨尔托海铬铁矿矿集区位于新疆克拉玛依市以北的扎伊尔山区,受到达拉布特断裂带及其北侧的次级断裂控制,呈NE向分布(图2)。矿集区范围包括苏鲁乔克、坎土拜克、科果拉等11个较大的岩体,出露总面积50.35 km<sup>2</sup>,已发现萨尔托海中型铬铁矿床和鲸鱼等一些小型矿床、矿点,累计资源量超过240余万t。

### 4.2.1 成矿条件

达拉布特蛇绿混杂岩带东端隐伏于白杨河谷,西段被阿克巴斯套花岗岩所截,全长超过100 km,由于遭遇复杂的多次侵位过程和后期构造运动的改造,蛇绿岩原位层序已被破坏,呈构造混杂岩体出现,底部是一套以斜辉橄橄榄岩为主的变质橄橄榄岩系,多以岩块(超基性岩体)的形式侵位于早石炭世地层中。其上是一套以玄武岩和凝灰岩为基质的混杂岩,其中混杂了大量堆晶岩、辉长岩、玄武岩、硅质岩和凝灰质的浊积岩岩块。该蛇绿岩带形成时代为泥盆纪到早石炭世。张建<sup>[13]</sup>通过对蛇绿混杂岩中闪长岩中锆石的SHRIMP U-Pb法测年,得到闪长岩的年龄为(344.7±4.4)Ma,结合前人资料,认为达拉布特蛇绿岩的演化时限为411~344.7 Ma;同时也得到玛依勒地区闪长岩的锆石SHRIMP U-Pb年龄为(428.9±9.6) Ma,推测玛依勒蛇绿岩的演化始于早志留世,终于中志留世。

### 4.2.2 成矿规律

萨尔托海超基性岩体已发现铬铁矿体563个,其中地表118个,盲矿体445个,大于万吨储量的矿

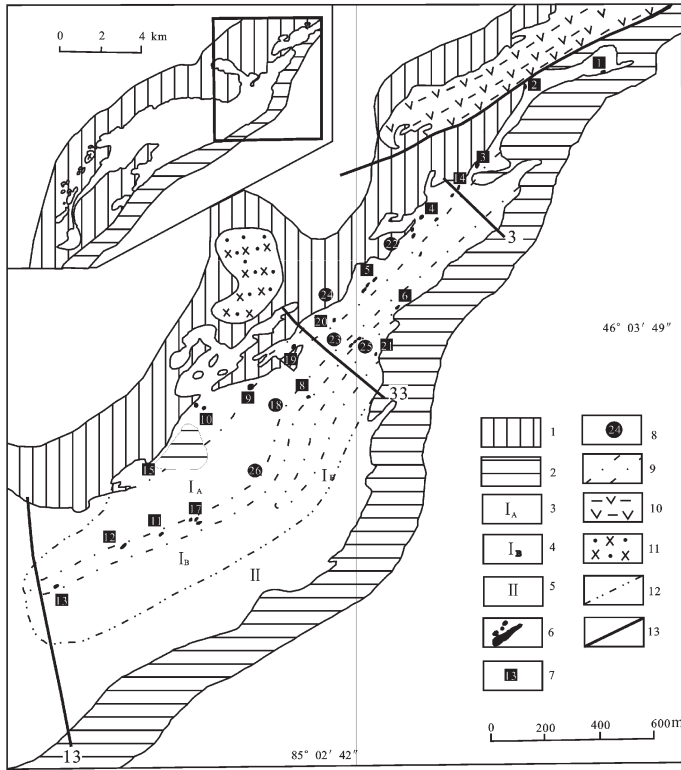


图2 达拉布特铬铁矿矿区萨尔托海矿田地质图(转引自文献[12])

- 1—下石炭统包古图组;2—中下泥盆统达拉布特组;3—纯橄岩-斜辉辉橄岩杂岩带上亚带;4—纯橄岩-方辉辉橄岩杂岩带下亚带;5—斜辉辉橄岩岩带;6—地表矿体;7—地表矿群编号;8—深部矿群编号;9—矿带界线;  
10—含长地幔橄橄岩;11—辉长辉绿岩;12—岩相带界线;13—勘探线位置及编号

Fig.2 Geological sketch map of the Sartokay Cr-ore concentration area(after Reference[12])

- 1-Lower Carboniferous Baogutu Formation;2-Lower and middle Devonian Dalabute Formation;3-Upper subbelt of dunite-harzburgite complex belt;4-Lower subbelt of dunite-harzburgite complex belt;5-Harzburgite belt;6-surface ore body;7-Serial number of surface ore body group;8-Serial number of deep ore body group;9-Boundary of ore belt;10-Ophitic mantle peridotite;11-Gabbro-d diabase;12-Boundary of lithofacies belt;13-Exploration line

体仅有 31 个。铬铁矿体的空间分布具有成群出现、分段集中的特点,矿体群在横剖面上呈叠瓦状排列,在平面上呈雁行状展布。矿区内共划分出 26 个矿群(矿区),各矿群含矿性差异较大。多数工业矿体埋深在 150~400 m 之间。岩体岩相分带不明显,大致可分两个岩相带,北带熔融程度较高,以纯橄岩为主夹斜辉辉橄岩,矿体以致密块状为主,相对多且大;南带熔融程度低,铬铁矿多呈浸染状,相对少而小。主要矿石矿物由高铝铬尖晶石组成,含微量金属矿物针镍矿、磁黄铁矿、硫镍钴矿、黄铁矿、辉铜矿和极微量铂族矿物。脉石矿物有铬绿泥石、少量菱镁矿、滑石、水镁石等。矿床达中型规模,鲸鱼铬铁矿为其中最大的盲矿体。另有小型铬铁矿床 1 处,矿点、矿化点几十处,多数为耐火级块状铬铁矿。

成因探讨:蛇绿岩型铬铁矿具有相类似的成因,但萨尔托海铬铁矿床与罗布莎铬铁矿床相比矿石含铝较高,其原因有多种认识,张建<sup>[12]</sup>认为本矿区富铝铬铁矿的形成经历了两个阶段,第一阶段是地幔橄橄岩高度熔融再造形成了高铬铬铁矿;第二阶段是富铬铬铁矿经交代改造成富铝铬铁矿。

#### 4.2.3 成矿潜力评价

新疆地域辽阔,地质构造复杂,铬铁矿矿床类型主要为蛇绿岩型,目前全疆共发现 12 条蛇绿混杂岩带。截止到 2009 年 12 月,除西准噶尔蛇绿岩带、卡拉麦里蛇绿岩带和那拉提—中天山南缘蛇绿岩带已发现有成型的铬铁矿床(点)外,其余 9 条蛇绿混杂岩带工作程度均很低,尚未发现成型的铬铁矿床(点),故新疆还具有较大的铬铁矿找矿潜力和资源潜力。

张建<sup>[12]</sup>基于铬铁矿作为地幔橄榄岩部分熔融产物的认识,通过熔融计算法估算西准噶尔地区潜在的 Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>资源量为 392 万 t,折合品位 35%的矿石量为 1 120 万 t。

总的来说,岩体规模大、岩相分带清楚、基性程度较高的岩体是成矿有利岩体。代表地幔岩局熔程度高的斜辉辉橄岩-纯橄岩,是含矿有利岩相。直接找矿标志:①蛇绿岩带内浅色相带;②地势相对低洼带;③浅色相带内深色完整地质体。间接找矿标志:①低重力带内的相对重力高或其梯度带;低磁或负磁异常带内的相对正磁异常或其梯度带;②较为显著的 B 元素异常带。

### 4.3 内蒙贺根山铬铁矿矿集区

贺根山铬铁矿矿集区,位于内蒙古自治区锡林郭勒盟北部,由贺根山、朝克山、小坝梁、崇根山、乌兹尼黑等几个 NNE 向展布互不连续的超基性岩体组成。已发现中型铬铁矿 1 处及多处矿点,累计探明铬铁矿资源量达 150 余万 t(图 3)。

#### 4.3.1 成矿条件

贺根山大地构造位置处于西伯利亚板块和哈萨克斯坦板块中间地带,隶属阿尔泰—兴安岭晚古生

代褶皱带。贺根山地区蛇绿岩带出露长约 120 km,宽 20 km 左右,主要由超镁铁岩(岩石类型为全蛇纹石化辉石橄橄榄岩、纯橄岩,辉石橄橄榄岩在纯橄岩中产出有透镜状、豆荚状、似脉状铬铁矿);基性岩墙(辉长岩及少量辉绿岩,出露于岩块的东侧);镁铁质火山杂岩(片理化玄武岩、蚀变安山岩)等组成。深海沉积物零星分布在蛇绿岩的南西端,面积约 2 km<sup>2</sup>,岩性为紫红色含铁碧玉岩、放射虫硅质岩、灰白色细粒大理岩。构成了较为完整的蛇绿岩剖面。

贺根山超基性岩体大部分为隐伏的盲岩体。据物探资料推测,西部阿尤拉海岩体埋深最大,达 900 m 左右,其他岩体埋深不一,以中段赫格敖拉岩体最为重要。地表呈椭圆形,东西长约 9 km、南北宽 6 km,面积大约 50 km<sup>2</sup>,岩体走向 NE30°,倾向 120°,倾角 67°~78°,据物探资料推算,垂直厚度约 5 800 m。岩体四周为中、新生界覆盖,露头极为少见。向东与赫白岩体相连。

#### 4.3.2 成矿规律

贺根山矿集区的岩体可划分出 4 个岩相带:①堆晶杂岩岩相带;分布于岩体东北缘,占岩体总面积的 2%。由含长纯橄岩、纯橄岩和浅色橄长岩互层组

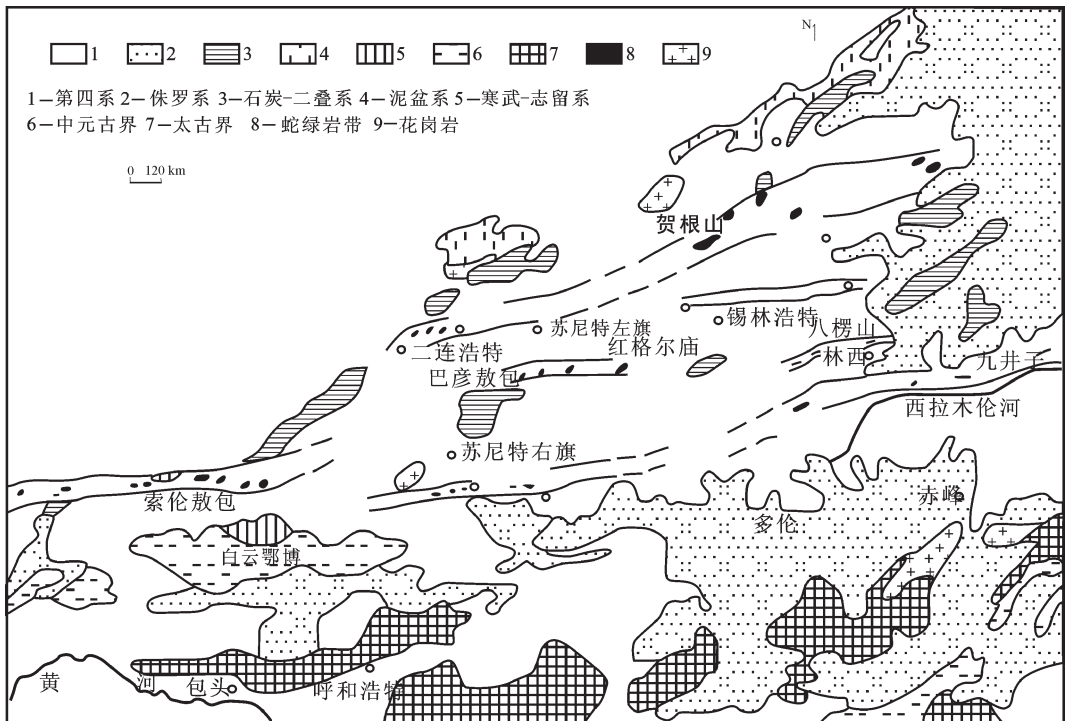


图 3 内蒙贺根山矿集区区域地质图(转引自文献[13])

Fig.3 Geological sketch map of the Hegenshan Cr-ore concentration area(after Reference[13])

成,含长纯橄岩中普遍有铬铁矿化。②斜辉辉橄岩-纯橄岩-层状基性岩岩相带:分布于岩体东侧,呈北东向延伸,宽度变化较大,斜辉辉橄岩、纯橄岩、辉长岩三种岩石交替出现,相当于壳-幔过渡带。产出一些小型铬铁矿床,如 620 矿、820 矿等及若干矿化点。③斜辉辉橄岩岩相带:分布于Ⅱ带西侧,主要由斜辉辉橄岩和零星纯橄岩组成。有少量铬铁矿化,如 B265 矿化点;④纯橄岩-斜辉辉橄岩岩相带:分布于岩体近中部,走向 NE,主要由斜辉辉橄岩及具塑性变形的纯橄岩透视镜体组成,二者交互条呈带状杂岩出现,带内脉岩数量少并蚀变强。为典型的局熔地幔残渣相岩石。该带赋存了 3756 等主要有工业价值的中型铬铁矿床。截止 1993 年底,累计探明资源储量 129.9 万 t,规模达到中型铬铁矿矿床,矿体主要为富铝型耐火级铬铁矿,个别为富铬型冶金级铬铁矿。为华北地区最大的铬铁矿床。

成因探讨:贺根山铬铁矿有两种成因类型:一是产于岩石圈莫霍面下部、具有较高的局部熔融程度及较强的塑性变形的斜辉辉橄岩及透视镜状纯橄岩中的局熔型富铝铬铁矿床;另一种是产于超镁铁质-镁铁质堆积杂岩底部的岩浆堆晶型铬铁矿化(点)。前者以 3756 中型铬铁矿床为代表,具有较高的经济价值。后者有 620、820 等小型矿床,工业意义不大。

#### 4.3.3 成矿潜力评价

内蒙的大地构造特征显示,存在巨型板块缝合带,具备寻找蛇纹岩型铬铁矿良好前景。但鉴于内蒙大部分为隐伏超基性岩体和盲矿体,找矿方法的创新显得尤为重要。经前人实践证明磁法圈定岩体边界效果较好,重力、扭秤仅在几个已知铬铁矿体上有反映,而电法、化探效果不佳。矿体上常显示重力高、磁异常由低到高的过渡带。

## 5 近年来工作进展与找矿方向

中国已查明铬铁矿资源主要分布在西部地区,其中,西北地区(包括新疆、青海、甘肃、陕西)已勘查铬铁矿矿区 26 处,探明资源储量为 410.86 万 t,约占全国探明资源储量的 34.82%;西南地区(包括西藏、云南、四川)已勘查铬铁矿矿区 20 个,探明资源储量约为 396.76 万 t,约占全国探明资源储量的 33.66%;华北地区(包括内蒙、北京、河北、山西)已勘查铬铁矿矿

区 16 个,探明资源储量约为 353.36 万 t,约占全国储量的 29.98%,其他省区探明储量极少,中南地区探明 17.40 万 t(占 1.47%),东北更为稀少。

矿集区的研究价值,在于通过对纷繁复杂地质、矿产资料的梳理分析,迅速而有重点地圈出最有可能在近期内取得找矿进展的区域,是一项成矿规律研究与成矿预测密切结合的综合性工作,也是地质找矿尤其是整装勘查工作部署的基础性工作<sup>[5,14-18]</sup>。在本次圈出的铬铁矿矿集区中,除了雅鲁藏布江中段矿集区属于“潜在”矿集区、雅鲁藏布江东段矿集区属于“成熟”矿集区之外,新疆西北部达拉布特和内蒙古贺根山属于“近期可扩大的”规模的矿集区(关于“成熟”与“近期可扩大的”矿集区之区别见文献<sup>[19]</sup>),值得重点研究。其中,位于西准噶尔的达拉布特矿集区,尽管在 20 世纪 60 年代就施工了大量的钻孔,但深度普遍在 500 m 以浅,深部找矿工作值得考虑。萨尔托海北部的 3 排、中部的 33 排与南部的 13 排相比,矿体均倾向北西并有向南西侧伏的趋势,即矿体(及含矿岩体)有向南西方向埋深加大的趋势;即便是矿集区北部,尽管钻孔已经在 200 m 左右的深度钻遇了石炭纪地层,尚难排除其深部存在“第二找矿”空间的可能性(图 4)。从区域上看,控矿的达拉布特断裂带主要穿切石炭系(图 2),而矿集区西侧的泥盆系位于基性-超基性岩套的上部,因此,无论对于达拉布特断裂带的性质及其中基性超基性岩的定位机制作何理解,都不能排除深部具有找矿潜力的可能性。董连慧等<sup>[20]</sup>通过铬铁矿的潜力评价项目研究,也明确指出西准地区应该以“攻深找盲”为主。

近年来,危机矿山项目在罗布莎矿区Ⅶ矿群施工了 ZK3201 等深部找矿钻孔,在其孔深 370.55~379.3 m 处见矿,矿体厚 9.18 m,为致密块状铬铁矿,矿石矿物为铬尖晶石,脉石矿物为铬石榴子石、蛇纹石,少量碳酸盐矿物,矿体顶底板皆为纯橄岩,具强蛇纹石化。经分析该矿体应为 Cr-57 号矿体向南西方向的延伸,说明罗布莎矿区深部还有一定的找矿潜力。此外,国家“深部探测技术与实验研究专项”在罗布莎矿集区部署了千米深钻,在岩体中发现了含特殊深地幔矿物群,预示了寻找铬铁矿的良好前景<sup>①</sup>。2012 年 10 月 9 日,罗布莎科钻 2 号孔(孔深

① 我国深部探测技术与实验研究专项取得重大进展。[http://www.gov.cn/gzdt/2012-02/17/content\\_2069716.htm](http://www.gov.cn/gzdt/2012-02/17/content_2069716.htm)



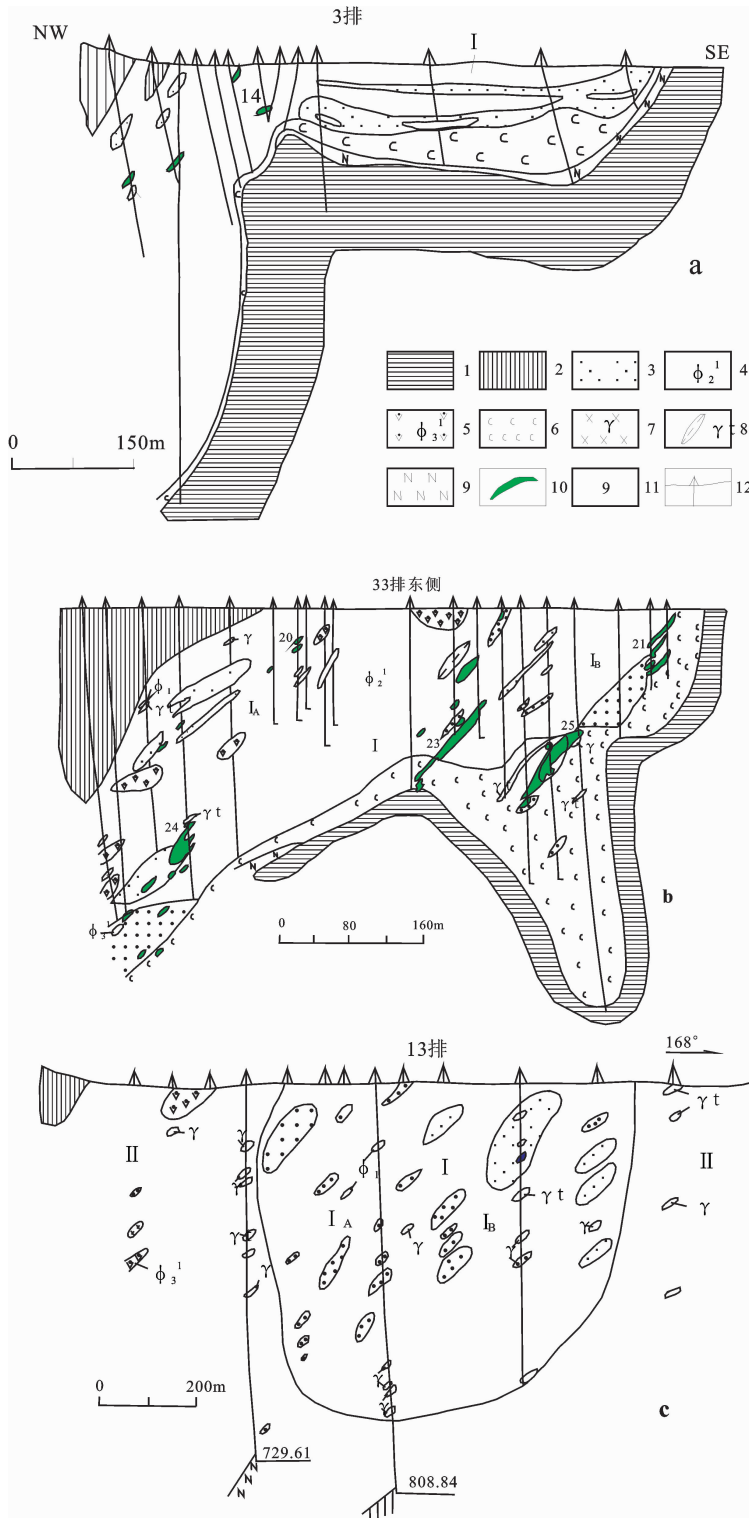


图 4 达拉布特矿集区萨尔托海一带铬铁矿剖面图(据文献[11])

1—下石炭统包古图组;2—下泥盆统达拉布特组;3—纯橄岩;4—低辉方辉橄榄岩;5—高辉方辉橄榄岩;6—碳酸盐化超镁铁岩;7—辉长岩;8—橄长岩;9—钠长斑岩;10—铬铁矿体;11—矿群编号;12—钻孔;I、II为岩相带;IA、IB为岩相亚带

Fig.4 Geological section showing distribution of ore bodies in Sartokay of the Dalabute Cr concentration area  
1—Lower Carboniferous Baogutu Formation;2—Lower and middle Devonian Dalabute Formation;3—Dunite;4—Low-pyroxene harzburgite;5—High-pyroxene harzburgite;6—Carbonitized ultramafic rocks;7—Gabbro;8—Troctolite;9—Albitophyre;10—Cr ore body;11—Serial number of ore group;12—Drill hole. I, II—Boundary of lithofacies belts;IA, IB—Sub-boundary of lithofacies belts

1 853.79 m)竣工。项目负责人杨经绥研究员指出,该深孔成果对探讨蛇绿岩成因、铬铁矿成矿机理和深部地幔动力学具有创新性意义,对铬铁矿找矿前景也具有一定现实意义<sup>①</sup>。

此外还须要借鉴国外找矿经验,拓宽找矿思路,尽可能发现新的铬矿类型。例如在有利地段寻找残-坡积或洪积砂铬矿等。

## 6 讨论与结语

中国铬铁矿近年来未取得地质找矿的实质性突破,除地勘经费投入严重不足等因素外,铬铁矿找矿勘查工作几乎停顿,对铬铁矿成因和成矿规律的研究也有待加强。为此建议如下:

(1)全面规划、突出重点,加强成矿有利地段找矿勘查力度,中国主要铬铁矿为蛇绿岩型,与板块缝合带有关。纵观全国,铬铁矿分布在横贯于中国东西的几条巨型缝合带(造山带)中,即:塔里木—华北地台北缘造山带、秦祁昆造山带(西段)和特提斯造山带。其中特提斯造山带之雅鲁藏布江蛇绿岩带最为重要,成矿远景最好,应大力加强对岩带西段休古嘎布、普兰、东坡等已出露较大岩体的找矿勘查工作,力争有所突破。其次为塔里木—华北地台北缘造山带,已发现多条具相当规模的蛇绿岩带,有一定成矿条件,可选择交通方便、成矿条件较好的新疆西准噶尔地区,开展深入找矿勘查工作,期待有所发现。秦祁昆造山带含矿性远不如南北二带,暂时可不作重点考虑。

(2)在中国东部古老地块隆起区由于受西伯利亚陆块南向运动的挤压以及来自太平洋板块的影响而发生强烈的构造-岩浆活化,因此很难找到大型岩浆分凝型铬铁矿;但在某些裂谷或具有裂谷性质的断陷带边缘的超基性岩体中常有铬铁矿出现,可达到小型规模,应予以适当关注。华北地台虽然不可与南非布什维尔德矿集区<sup>[20]</sup>相比,但小规模的矿产地还是不少的,尤其是需要注意与铜镍硫化物矿床、铂族元素乃至至于金刚石矿产的内在联系,互为找矿标志,加强矿床成矿系列的研究,取得新发现也是可能的。

(3)加强方法研究。找矿方法的突破,往往可以带动找矿突破。鉴于内蒙第四纪覆盖面积较大,可选择内蒙贺根山地区,加强研究物探综合方法在寻找铬

铁矿方面的应用研究,力争在深部找矿有所进展。

(4)关注国内外新的成矿理论,深入研究中国铬铁矿成矿规律,并结合深部找矿的趋势,重点研究深部找矿的技术方法,以点带面。

**致谢:**西藏、新疆、内蒙古等省区潜力评价项目组一起参加了本次铬铁矿成矿规律研究工作,严铁雄、王希斌、鲍佩声、郝梓国等专家长期以来给予铬铁矿成矿规律研究工作给予指导和帮助,在此一并致谢。对审稿人的工作也深表感谢。

## 参考文献(Reference):

- [1] 吴智慧,奚牲,吴初国.我国短缺矿产的问题与对策——铬铁矿[J].中国地质,1999,11:47-49.  
Wu ZHihui, Xi Sheng, Wu Chuguo. The problem and countermeasure for the shortage of chromium resources in China[J]. Geology in China, 1999, 11: 47-49 (in Chinese with English abstract).
- [2] 张建,王登红,付平.中国铬矿资源形势及其找矿方向[J].西北地质,2009,42(3):69-76.  
Zhang Jian, Wang Denghong, Fu Ping. The present situation of chromium resources and prospecting direction in China [J]. Northwestern Geology, 2009, 42 (3): 69-76 (in Chinese with English abstract).
- [3] 姚培慧.中国铬铁矿志[M].北京:冶金工业出版社,1996:20-50.  
Yao Peihui. Records of China Chromium Ore Deposits [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1996: 20-50 (in Chinese with English abstract).
- [4] 中华人民共和国国土资源部.中国矿产资源报告[M].北京:地质出版社,2012,1-81.  
Ministry of Land and Resources, PRC. The China Mineral Resources Report[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2012, 1-81(in Chinese with English abstract).
- [5] 陈毓川,王登红,徐志刚,等.重要矿产和区域成矿规律研究技术要求[M].北京:地质出版社,2010:7-27.  
Chen Yuchuan, Wang Denghong, Xu Zhigang, et al. Technical Requirements for the Important Mineral Resources and Regional Metallogenic Regularity in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010:7-27(in Chinese with English abstract).
- [6] 王登红,陈毓川,徐志刚,等.矿产预测类型及其在矿产资源潜力评价中的运用[J].吉林大学学报(地球科学版),2013年(待刊)  
Wang Denghong, Chen Yuchuan, Xu Zhigang, et al. Mineral prediction type and its exertion on the potential assessment of mineral resources [J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2013, in press(in Chinese with English abstract).
- [7] 徐志刚,陈毓川,王登红,等.中国成矿区带划分方案 [M].北京:

① 青藏高原钻探打破孔深纪录 有望验证多项地质理论. [http://www.tianjinwe.com/rollnews/kj/201210/t20121013\\_6524625.html](http://www.tianjinwe.com/rollnews/kj/201210/t20121013_6524625.html)

- 地质出版社, 2008:1-138.
- Xu Zhigang, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. The Scheme of the Classification of the Minerogenetic Units in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2008:1-138(in Chinese with English abstract).
- [8] 雷义均, 黄圭成, 徐德明, 等. 西藏普兰姜叶马豆荚状铬铁矿地质特征及找矿前景[J]. 华南地质与矿产, 2006, 3:55-60.
- Lei Yijun, Huang Guicheng, Xu Deming, et al. Prospect for the Jiangyema podiform chromite deposit and its geological characteristics in Pulan County, Tibet[J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2006, 3:55-60(in Chinese with English abstract).
- [9] 杨经绥, 巴登珠, 徐向珍, 等. 中国铬铁矿床的再研究及找矿前景[J]. 中国地质, 2010, 37(4):1141-1150.
- Yang Jingsui, Ba Dengzhu, Xu Xiangzhen, et al. A restudy of podiform chromite deposits and their ore-prospecting vista in China [J]. Geology in China, 2010, 37 (4):1141-1150 (in Chinese with English abstract).
- [10] 张浩勇, 巴顿珠. 西藏自治区曲松县罗布莎铬铁矿床研究[M]. 拉萨:西藏人民出版社, 1996:1-181.
- Zhang Haoyong, Ba Dunzhu. Study on Lhobsar Chromite Deposit, Qusum County, Tibet Autonomous Region [M]. Lhasa: Tibet People's Publishing House, 1996:1-181 (in Chinese with English abstract).
- [11] 周详, 朱明玉, 倪心垣, 等. 关于阿尔卑斯型铬铁矿成岩成矿机制的一种设想 [C]//地质矿产部主编. 青藏高原论文集, 1985, 17:349-367.
- Zhou Xiang, Zhu mingyu, Ni Xinyuan, et al. A suspect of the Alps type chromite metallogenic mechanisms [C]//Ministry of Geology and Mineral Resources (ed.). Qinghai-Tibet Plateau Proceedings, 1985, 17:349-367(in Chinese with English abstract).
- [12] 张建. 新疆西准噶尔地区铬铁矿资源潜力评价研究 [D]. 中国地质科学院博士学位论文, 2009:1-209.
- Zhang Jian. Chromium Resources Potential Assessment of Western Jungar, Xinjiang [D]. PhD Thesis of Chinese Academy of Geological Sciences, 2009:1-209(in Chinese with English abstract).
- [13] 宝音乌力吉, 鞠文信. 贺根山蛇绿混杂岩推覆构造体的探讨[J]. 内蒙古石油化工, 2011, 2:1-3.
- BaoYin, WuLiji, Ju Wenxin. Discussions on the pushover structure of ophiolitic melange in Hegenshan. [J]. Inner Moggulia Petrochemical Industry, 2011, 2: 1-3(in Chinese with English abstract).
- [14] 陈毓川, 王登红, 李厚民, 等. 重要矿产预测类型划分方案[M].北京:地质出版社, 2010, 31-36.
- Chen Yuchuan, Wang Denghong, Li Houmin, et al. Division for Prospecting Types of Important Mineral Resources in China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2010, 31-36 (in Chinese with English abstract).
- [15] 陈毓川, 王登红, 付小方, 等. 中国西部重要成矿区带矿产资源潜力评估[M]. 北京:地质出版社, 2010, 315-328.
- Chen Yuchuan, Wang Denghong, Fu Xiaofang, et al. Mineral Resources Potential Assessment of Important Metallogenic Zonation in Mid-West China [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2010, 315-328(in Chinese with English abstract).
- [16] 黄凡, 陈毓川, 王登红, 等. 中国钨矿主要矿集区及其资源潜力探讨[J]. 中国地质, 2011, 38(5):1111-1135.
- Huang Fan, Chen Yuchuan, Wang Denghong, et al. A discussion on the major molybdenum ore concentration areas in China and their resource potential [J]. Geology in China, 2011, 38 (5):1111-1135(in Chinese with English abstract).
- [17] 李厚民, 王登红, 李立兴, 等. 中国铁矿成矿规律及重点矿集区资源潜力分析[J]. 中国地质, 2012, 39(3):559-580.
- Li Houmin, Wang Denghong, Li Lixing, et al. Metallogeny of iron deposits and resource petential of major iron minerogenetic units in China[J]. Geology in China, 2012, 39(3):559-580(in Chinese with English abstract).
- [18] 王成辉, 王登红, 黄凡, 等. 中国金矿集区及其资源潜力探讨[J]. 中国地质, 2012, 39(5):1125-1142.
- Wang Chenghui, Wang Denghong, Huang fan, et al. The major gold concentration areas in China and discussion on its resource potential[J]. Geology in China, 2012, 39(5):1125-1142(in Chinese with English abstract).
- [19] 王登红, 杨建民, 阎升好, 等. 西南三江新生代矿集区的分布格局及找矿前景[J]. 地球学报, 2002, 23(2):135-140.
- Wang Denghong, Yang Jianmin, Yan Shenghao, et al. Cenozoic ore concentration areas in the Sanjiang Region, SW China: tectonic setting and exploration [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2002, 23(2):135-140(in Chinese with English abstract).
- [20] 董连慧, 李基宏, 李凤鸣, 等. 新疆铬铁矿成矿条件与勘查部署建议[J]. 新疆地质, 2012, 30(3):292-300.
- Dong Lianhui, Li Jihong, Li Fengming, et al. Metallogenic conditions and exploration development suggestions of chromite in Xinjiang [J]. Xinjiang Geology, 2012, 30 (3):292-300(in Chinese with English abstract).
- [21] 王登红, 应汉龙, 骆耀南, 等. 试论与布什维尔德杂岩体有关的铂族元素—铬铁矿矿床成矿系列及其对中国西南部的意义[J]. 地质与资源, 2002, 11(4):343-359.
- Wang Denghong, Ying Hanlong, Luo Yaonan, et al. The platinum group element chromite metallogenic series related to the Bushveld complex in South Africa:Its inspiration to exploration for PGE in Southwest China[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 2002, 11 (4):343-359(in Chinese with English abstract).

## The major chromium concentration areas in China and a discussion on their resource potential

ZHU Ming-yu<sup>1</sup>, WANG Cheng-hui<sup>1</sup>, WANG Deng-hong<sup>1</sup>,  
LI Li-xing<sup>1</sup>, ZHANG Jian<sup>2</sup>, WANG Guo-rui<sup>3</sup>, ZHOU Xiang<sup>4</sup>

(1. MLR Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2. Department of Land Environment and Resources of Hainan Province, Haikou 570100, Hainan, China; 3. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 4. Regional Geological Survey, Tibet Bureau of Geology and Mineral Resources, Lhasa, 850000, Tibet, China)

**Abstract:** Chromium is one of the most scarce mineral resources in China. For a long time, its need has been mainly met by imports, and it is very difficult to guarantee the security of resources. China has hence attached great importance to the chromite ore prospecting. Since 2006, China Geological Survey has implemented the plan of potential evaluation for 25 kinds of important mineral resources, including Cr. Based on the research on the metallogenic regularity of chromium, this paper preliminarily assigned chromium deposits in China to 12 large ore concentration areas. Meanwhile, based on the most recent progress and data obtained in recent years, the authors hold that Lhobasar, Dalabute and Hegenshan areas are the most important concentration areas in China. This paper describes the three most important ore concentration areas in detail, and discusses their resource potentials separately.

**Key words:** chromium concentration area; ophiolite; Dalabute; Lhobasar; Hegenshan; ore prospecting

**About the first author:** ZHU Ming-yu, female, born in 1937, mainly engages in the study of mineral deposits. E-mail: k14xmb@vip.sina.com.

**About the corresponding author:** WANG Cheng-hui, male, born in 1982, doctor and associate researcher, mainly engages in the study of mineral deposits; E-mail: wangchenghui131@sina.com.