

中国地质科学院

地质研究所刊

第 12 号

地质出版社

65412
46
2

中国地质科学院

地质研究所刊

第 12 号

地质出版社

中国地质科学院
地质研究所所刊
第12号

责任编辑：李汉声

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：8³/₈ 字数：195,000
1985年8月北京第一版·1985年8月北京第一次印刷
印数：1—2,325册 定价：2.10元
统一书号：13038·新125

目 录

内蒙古贺根山蛇绿岩的铬铁矿床生成条件的讨论·····白文吉、李行、L. Le Bel等	(1)
闽西南晚古生代地层及马坑式铁矿层位的探讨·····高联达等	(21)
新疆库车盆地早第三纪陆源-蒸发岩建造的形成条件·····金若谷	(33)
西藏蛇绿岩中纯橄岩的类型及其地质意义·····王希斌、鲍佩声	(63)
西华山花岗岩株岩浆与热液之联系·····赫 英	(81)
东秦岭北坡陶湾群的初步研究·····王作勋	(97)
青海乌兰石灰沟多泉山组头足类化石·····赖才根	(109)
河南潭头盆地大章组的非海栖软体动物化石·····李云通	(119)
显微构造及板块构造·····许志琴	(20)
前寒武纪板块构造研究的重要进展·····陈廷愚	(80)
生物地层分带的新概念·····季 强	(96)
国际下一中石炭统界线研究现状·····季 强	(108)
云南昆明附近震旦纪宏观藻类化石的发现及其地层意义·····邢裕盛	(118)
皖南震旦系发现宏观藻类化石·····邢裕盛等	(32)
原管珊瑚 <i>Priscosolenia</i> 珊瑚动物群在华北地台西缘的发现及其地质意义 ·····林宝玉	(128)
第二届国际古植物会议简介·····周惠琴	(129)
第八届国际现代硅藻和化石硅藻学术讨论会·····李家英	(130)

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF GEOLOGY CHINESE ACADEMY OF GEOLOGICAL SCIENCES

No.12

CONTENTS

- A Discussion on Genetic Conditions of the Chromite Deposits in the
Hegenshan Ophiolite of Nei Monggol (Inner Mongolia), China
.....*Bai Wenji, Li Hang and L. Le Bel* (17)
- The Late Palaeozoic Rocks in Southwestern Fujian and the Ore-
Controlling Horizons of the Makeng-Type Iron-Ore Deposits
.....*Gao Lianda, Zhu Xiufang and Wang Shitao* (31)
- Conditions of the Formation of Paleogene Terrigenous Evaporite in
Kuche Basin, Xingjiang.....*Jin Ruogu* (55)
- Types of the Dunite in the Ophiolite Complexes and Its Geological
Significance in Xizang (Tibet).....*Wang Xibin and Bao Peisheng* (76)
- On the Relationship of the Magmatism with Hydrothermal Process
in Xihuashan Granite Stock.....*He Ying* (91)
- Preliminary Research on the Taowan Group of the North Slope of
the Eastern Qinling.....*Wang Zuoxun* (107)
- Cephalopoda of the Duoquanshan Formation from Shihuigou, Ulan,
Qinghai Province.....*Lai Caigen* (115)
- Non-marine Mollusca from the Daizhang Formation of Tantou
Basin, Henan Province*Li Yuntoung* (126)
- Microstructure and Plate Tectonic.....*Xu Zhiguo* (20)
- An Important Progress in the Study of the Precambrian Plate Tec-
tonics*Cheng Tingyu* (80)
- Some New Concepts of Biostratigraphic Zonation.....*Ji Qiang* (96)
- Introduction to the Status Quo of the International Research on
the Lower/Middle Carboniferous Boundary*Ji Qiang* (108)
- Macroscopic Fossil Algae from Sinian near Kunming and Its Strati-
graphical Significance.....*Xing Yusheng* (118)
- A Discovery of Macroscopic Fossil Algae from Sinian in Southern
Anhui, China.....*Xing Yusheng, Bi Zhiguo and Wang Xianfang* (32)
- Discovery of the *Priscosolenia* Coral Fauna from the Western Border
of the North Platform and Its Geological Significance.....*Lin Baoyu* (128)
- General Information of the "2nd International Organization of Pale-
obotany Conference"*Zhou Huiqin* (129)
- Eighth International Symposium on Living and Fossil Diatoms
.....*Li Jiaying* (130)

Editorial office, Institute of Geology Chinese Academy of Geological
Sciences Baiwanzhuang Road Beijing, China

内蒙古贺根山蛇绿岩的铬铁矿床 生成条件的讨论

A DISCUSSION ON GENETIC CONDITIONS OF THE CHROMITE
DEPOSITS IN THE HEGENSHAN OPHIOLITE OF NEI
MONGGOL (INNER MONGOLIA), CHINA

白文吉 李 行

L. Le Bel

(中国地质科学院)

(法国地质矿产调查局)

内蒙古自治区贺根山铬铁矿, 自1954年以来相继作了不少研究工作, 积累了许多实际资料, 对超基性岩和铬铁矿成因也提出了一些认识^[1,2]。

本文根据1981年地质矿产部和法国地质矿产调查局的协定, 在合作开展贺根山地区蛇绿岩和铬铁矿成因的专题研究中所取得地质资料的基础上, 参考内蒙古自治区地质矿产局的资料, 就贺根山铬铁矿形成条件和成因类型提出一些新认识, 供讨论。

一、蛇绿岩及铬铁矿的地质特征

贺根山蛇绿岩产于天山-内蒙古-大兴安岭华力西地槽褶皱带的东部。区内分布30余处大小不同的基性-超基性岩块。已知工业铬铁矿床主要分布在贺根山蛇绿岩块中。

贺根山蛇绿岩基本被中生界和第四系掩盖, 人工露头面积约40平方千米, 但该岩块的磁异常面积大约110平方千米。仅在蛇绿岩块东北和西南部可见其与泥盆纪地层接触, 使野外地质观测受到很大限制。

按岩石序列, 贺根山蛇绿岩块, 主要由三个岩石单元组成, 即岩块下部的斜辉辉橄岩相、中部的堆积杂岩相和上部的基性熔岩和放射虫硅质岩。虽然由于后期断裂的破坏, 这三个岩石单元之间均为断层接触, 各岩石单元的原始厚度难以恢复, 但从层序来看, 它依然保持着完整的蛇绿岩套的特点(图1、2)。

在下部斜辉辉橄岩相内发育有大量纯橄岩、橄长岩和辉长岩脉。根据地球物理资料, 内蒙古地质局物探队曾推断, 该岩相垂厚可达5—6千米。中部堆积杂岩相由层状似层状纯橄岩、橄长岩和辉长岩组成, 现有厚度约400米, 其中纯橄岩主要分布在堆积相的中、下部, 上部为辉长岩。位于该蛇绿岩上部层位的基性熔岩与放射虫硅质岩有时呈互层产出, 出露不完整。放射虫硅质岩含 *Eatactininae indef.*, *Tetrenfactinia* sp., 为晚泥盆世产物^①。

① 据中国地质科学院地质研究所王乃文鉴定。

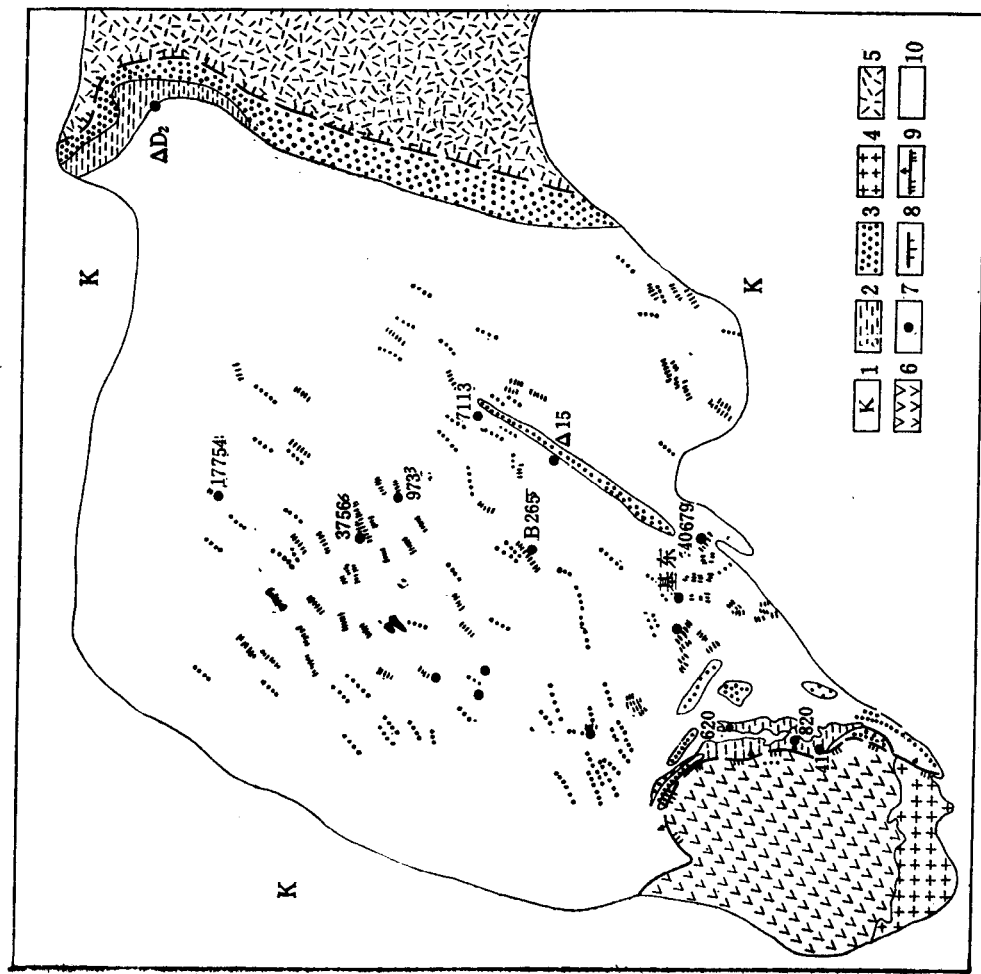


图 1 贺根山蛇绿岩块地质略图
(据内蒙古自治区地质矿产局 109队, 修改)

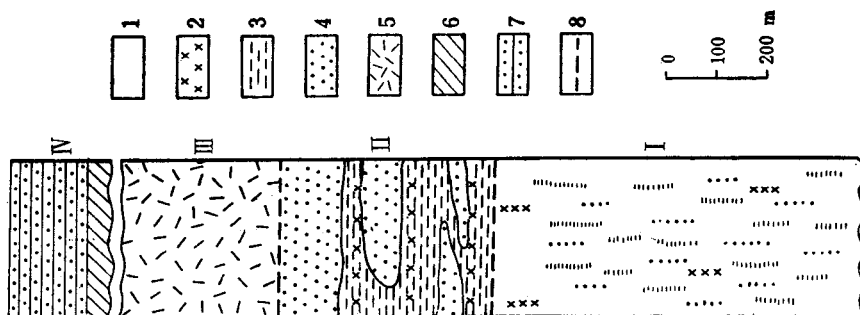
Fig. 1 Geological sketch of the Hegenshan ophiolite Mass

1—中生界, 2—纯橄岩 (均蛇纹石化) 及其岩脉, 3—辉长岩及其岩脉, 4—中生代花岗岩, 5—石炭纪凝灰岩类, 6—泥盆纪基性火山岩, 7—铬铁矿点, 8—正断层, 9—逆断层, 10—斜辉辉橄岩 (均蛇纹石化)

图 2 贺根山蛇绿岩块柱状剖面略图→

Fig. 2 Sketch stratigraphic column of the Hegenshan ophiolite mass

1—斜辉辉橄岩, 2—橄长岩及其岩脉, 3—纯橄岩及其岩脉, 4—辉长岩及其岩脉, 5—基性熔岩, 6—放射虫硅质岩, 7—砂岩, 8—断层



二、主要岩石特征

斜辉辉橄岩 岩石普遍遭受蛇纹石化，橄榄石蚀变成利蛇纹石，斜方辉石变成绢石，很难找到残留的原生矿物。原生矿物除橄榄石和斜方辉石外，尚见有少量单斜辉石和铬尖晶石。斜辉辉橄岩的造岩矿物和副矿物铬尖晶石的化学成分见表1。斜辉辉橄岩中橄榄石为镁橄榄石 (Fo)，平均含91.10%，斜方辉石为顽火辉石，单斜辉石为透辉石，均与典型蛇绿岩的斜辉辉橄岩中的相同。大量现有的岩石化学分析资料计算表明，其镁铁比值变化

表1 斜辉辉橄岩几种主要矿物平均化学成分

Table 1 Mean composition of main minerals from harzburgite

矿 物	样 品 数	氧 化 物 含 量 (%)										
		Na ₂ O	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	NiO
橄 榄 石	17	0.01	8.23		41.55		49.85	0.10	0.02		0.03	0.34
斜方辉石	17	0.01	5.35		56.47	1.49	33.62	0.13	1.80		0.77	0.07
单斜辉石	25	0.01	2.33		53.20	22.25	18.30	0.06	2.29	0.00	0.97	0.03
铬尖晶石	47	0.02	15.48	1.98	0.08	0.04	12.86	0.20	24.90	0.00	42.82	0.04

矿 物	样 品 数	氧化物含量 (%)		矿物成分含量 (%)				数 值 特 征				
		TiO ₂	总计	Po	Wo	En	Fs	$\frac{Mg}{M^{II}}$	$\frac{Cr}{M^{II}}$	$\frac{Al}{M^{II}}$	$\frac{Fe^{3+}}{M^{II}}$	$\frac{Cr}{Al}$
橄 榄 石	17	0.00	100.13	91.10								
斜方辉石	17	0.01	99.72		2.80	88.93	8.15					
单斜辉石	25	0.00	99.44		44.89	51.33	3.77					
铬尖晶石	47	0.01	98.43					0.60	0.52	0.43	0.03	1.15

注：1. 据法国地质矿产调查局实验室电子探针分析结果；表2—7资料来源同此。2. 铬尖晶石数字特征：

$$\frac{Mg}{M^{II}} = \frac{Mg}{Mg + Fe^{2+}} \text{ (分子数)}, \quad \frac{Cr}{M^{II}} = \frac{Cr}{Cr + Al + Fe^{3+}} \text{ (分子数)}, \quad \frac{Al}{M^{II}} = \frac{Al}{Cr + Al + Fe^{3+}} \text{ (分子数)},$$

$$\frac{Fe^{3+}}{M^{II}} = \frac{Fe^{3+}}{Cr + Al + Fe^{3+}} \text{ (分子数)}, \quad \frac{Cr}{Al} = \frac{Cr}{Al} \text{ (分子数)}。$$

在10—15之间，并且是该蛇绿岩块中镁铁比值最高的超基性岩（图3）。

此外，分析结果表明，斜辉辉橄岩是本区超基性岩含稀土尤其是重稀土元素最低的类型，证明它具有一种典型的REE耗损模式，是枯竭的地幔橄橄岩（表2，图4）。

含长纯橄岩、橄长岩和辉长岩 这类岩石主要组成堆积岩相带，岩石具有较明显的火成堆积层理。岩石原生矿物均遭受蚀变，橄榄石变成利蛇纹石，斜长石被绿泥石等复杂的矿物集合体所代替，辉石常常次闪石化。偶见少量原生矿物的残晶和少量未蚀变的副矿物铬尖晶石。除组成堆积岩外，也呈岩脉产出在斜辉辉橄岩相内。堆积杂岩带的上述岩石原生矿物化学成分列入表3。已知它们的橄榄石的Fo分子比斜辉辉橄岩中的低，斜方辉石为顽火辉石，单斜辉石为透辉石。层状辉长岩稀土元素相对富集并具Eu的正异常（表2、图4）。

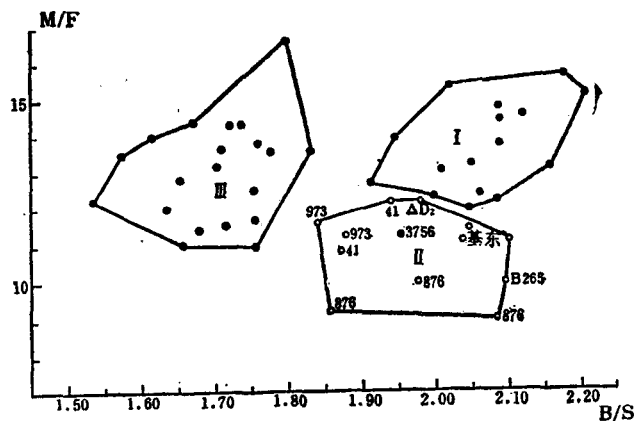


图 3 斜辉辉橄岩和纯橄岩岩石化学特征

(据中国地质科学院地质所、天津地矿所和内蒙古地矿局109队等分析资料)

Fig. 3 Petrochemical characters of harzburgite and dunite

I—工业(3756)矿床纯橄岩脉的纯橄岩;

II—其余矿床矿化点的纯橄岩; III—斜辉辉

橄岩; 41—矿化或矿床名称 $\frac{M}{F} =$

$$\frac{\text{MgO}}{\text{MgO} + \text{MeO}} \quad (\text{分子数, 下同}), \quad \frac{B}{S} = \frac{\text{MgO} + \text{FeO} + \text{NiO}}{\text{SiO}_2}$$

表 2 贺根山蛇绿岩几种主要岩石稀土及某些元素分析结果

Table 2 REE and other elements data from main rocks, Hegenshan ophiolite mass in ppm

岩石 元素	纯橄岩	纯橄岩	斜辉辉橄岩	辉长岩	辉长岩	基性脉岩
	H ₄₉	H _{29'}	H ₄₅	H ₃₄	H ₃₃	H ₃₅
Sc	4.74	4.24	8.73	2.38	2.34	40.8
Cr	6.72	2621	2422	3687	174	1605
Fe ₂ O ₃ T	7.75	7.70	7.15	3.17	4.31	12.3
Co	118	105	103	29	37	73
Ni	3230	2823	2844	4.14	529	784
Zn	38	48	44	23	18	63
La	(0.07)	0.20	(0.015)	0.19	(0.039)	3.58
Ce	—	0.81	—	0.39	0.12	12.0
Nd	—	—	—	—	—	8.8
Sm	0.014	0.032	0.003	0.083	0.027	2.60
Eu	(0.002)	0.04	0.001	0.14	0.12	0.98
Gd	—	—	—	(0.07)	—	3.0
Tb	—	0.017	—	0.016	(0.06)	0.43
Tm	—	(0.009)	—	—	—	0.28
Yb	(0.003)	(0.008)	(0.002)	0.083	0.021	1.36
Lu	(0.0005)	(0.001)	—	0.015	0.004	0.24

注: 单位ppm; Fe₂O₃T = 全铁(重量%); H₄₉—3756矿床1695孔中(孔深322米处)的纯橄岩; H_{29'}—B265矿床钻孔中的含长纯橄岩; H₄₅—3756矿床ZK₁孔中(孔深500米处)的斜辉辉橄岩; H₂₁—7113矿点中的脉状辉长岩; H₃₃—同H₃₄; H₃₅—3756矿床中的石榴石-绿泥石化基性脉岩。

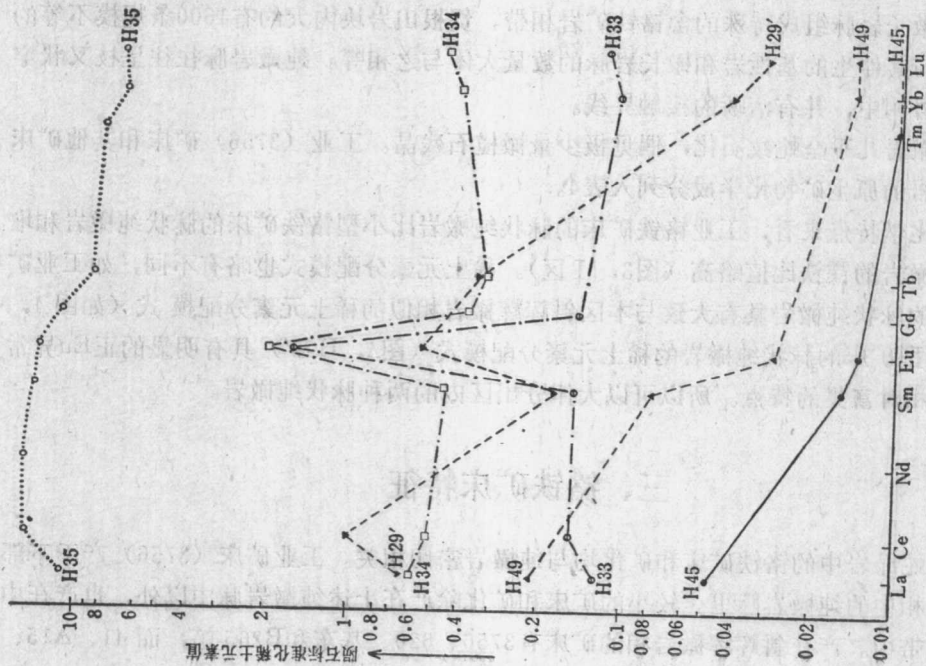


图4 贺根山蛇绿岩主要岩石的REE模式

Fig. 4 REE modal of main rocks from Hegenshan ophiolite (table 2 data)
(样品位置和岩性与表2同)

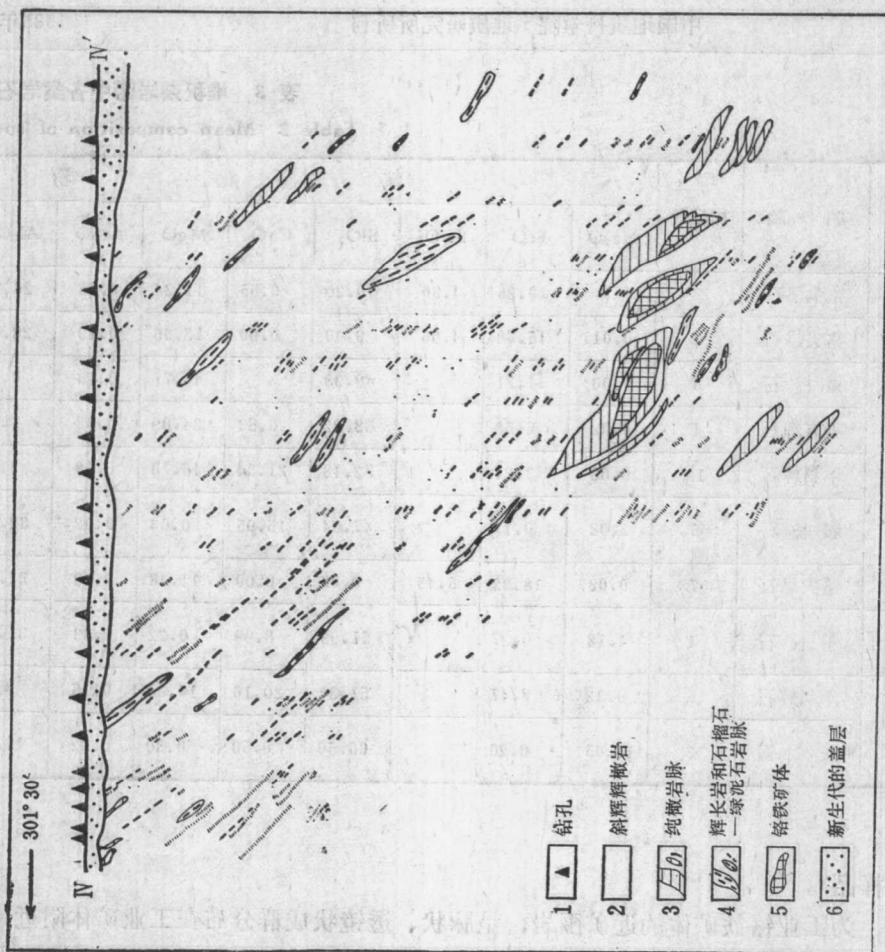


图5 贺根山蛇绿岩块工业(3756)矿床钻探剖面图

(据内蒙古地质队109队, 示铬铁矿与纯橄岩的关系)

Fig. 5 Drilling section of economic ore deposit(3756), showing relationship between chromite and dunite, Hegenshan ophiolite mass

表 3 堆积杂岩带中各类岩石的

Table 3 Mean composition of some

岩 石	矿 物	样品数	氧 化 物							
			Na ₂ O	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃
纯橄岩	铬尖晶石	2		19.26	4.90	0.20	0.05	11.34	0.25	26.70
含长纯橄岩	铬尖晶石	4	0.01	15.60	4.66	0.00	0.00	13.66	0.19	28.08
橄长岩	橄 榄 石	5	0.00	11.71		40.98		43.77	0.16	0.03
	斜方辉石	1	0.02	6.58		58.22	0.63	34.09	0.08	1.12
	单斜辉石	10	0.03	3.21		52.18	21.34	16.70	0.18	3.29
	斜 长 石	5	2.08	0.17		47.64	15.95	0.03	0.02	32.99
	铬尖晶石	7	0.03	18.33	5.43	0.06	0.00	11.48	0.22	22.75
橄榄辉长岩	斜 长 石	4	4.18	0.27		51.09	8.99	0.22	0.03	31.77
辉长岩	单斜辉石	5	0.32	8.47		51.34	20.16	14.85	0.15	2.58
	长 石	3	11.05	0.26		66.50	0.50	0.30	0.02	19.73

中H₃₃和H₃₄样品)。

纯橄岩 为工业铬铁矿体的近矿围岩,呈脉状、透镜状成群分布在工业矿体附近地区(图5)。最大的纯橄岩脉状体长达400余米,厚几米到十余米不等。纯橄岩的规则脉状体和辉长岩、橄长岩脉组成特殊的含铬铁矿岩相带。贺根山岩块内大约有1600条规模不等的纯橄岩脉,与其伴生的基性岩和橄长岩脉的数量大体与之相等。纯橄岩脉往往呈枝叉状穿入斜辉辉橄岩相中,并有清晰的接触界线。

脉状纯橄岩几乎全蛇纹石化,偶见极少量橄榄石残晶。工业(3756)矿床和其他矿床的脉状纯橄岩的原生矿物化学成分列入表4。

就岩石化学特点来看,工业铬铁矿床的脉状纯橄岩比小型铬铁矿床的脉状纯橄岩和堆积岩相的纯橄岩的镁铁比值略高(图3, I区)。稀土元素分配模式也略有不同,如工业矿床(3756)的脉状纯橄岩具有大致与本区斜辉辉橄岩相似的稀土元素分配模式(如图4, H49),而小型矿床的脉状纯橄岩的稀土元素分配模式(图4, H29')具有明显的正Eu异常和稀土元素相对富集的特点。所以可以大体分出区内的两种脉状纯橄岩。

三、铬铁矿床特征

贺根山蛇绿岩中的铬铁矿床和矿化均与纯橄岩密切相关。工业矿床(3756)产于下部斜辉辉橄岩相中的纯橄岩脉里。较小的矿床和矿化除产在上述纯橄岩脉中以外,也产在中部堆积杂岩带中。产在斜辉辉橄岩相的矿床有3756、620、基东和B265等,而41、Δ15、

分矿物平均化学成分

minerals from cumulates (microprobe data)

含 量 (%)					矿物成分含量				数 值 特 征				
K ₂ O	Cr ₂ O ₃	NiO	TiO ₂	总计	Fo	Wo	En	Fs	$\frac{Mg}{M''}$	$\frac{Cr}{M''}$	$\frac{Al}{M''}$	$\frac{Fe^{+3}}{M''}$	$\frac{Cr}{Al}$
0.00	35.87	0.10	0.47	99.20					0.51	0.45	0.50	0.05	0.94
0.00	36.05	0.02	0.68	99.94					0.61	0.44	0.51	0.05	0.91
	0.02	0.12		100.79	87.69								
0.00	0.63	0.09	0.10	101.56		1.18	89.05	9.77					
0.01	1.17	0.01	0.32	98.64		44.99	49.81	5.20					
0.01	0.01	0.02	0.02	98.92		Ab 19.13	An 80.83	Or 0.04					
0.01	41.34	0.01	0.56	100.22					0.52	0.51	0.43	0.06	1.34
1.32	0.02	0.01	0.00	97.90		Ab 43.21	An 44.76	Or					
0.01	0.13	0.01	0.64	98.66		42.35	43.40	14.25					
0.02	0.00	0.02	0.01	98.41		Ab 97.49	An 1.35	Or 1.16					

(据电子探针分析结果)

ΔD_2 和820等则属于堆积杂岩相的矿点或矿化。堆积杂岩相的矿床或矿化主要见于层状的堆积纯橄岩和橄长岩中。斜辉辉橄岩相中的橄长岩脉或辉长岩脉无铬铁矿化现象。

产于下部斜辉辉橄岩相的矿床的矿体形态产状与其近矿围岩纯橄岩脉一致。矿体多为透镜状、扁豆状和似脉状(图5)等,矿体与近矿围岩——纯橄岩往往呈速变过渡或截然清楚的接触关系。矿体由稠密浸染状、块状、条带浸染状矿石组成,偶见豆状或瘤状矿石。块状矿石由自形-半自形粗粒铬尖晶石组成,粒径0.4—4毫米或更大,偶见中等-稠密浸染状矿石具细粒半自形-他形结构,粒径0.2—1.2毫米。脉石矿物除蛇纹石外,还有少量绿泥石和碳酸盐类,个别矿体出现单斜辉石和绿泥石脉石矿物。一般情况下,矿体被厚达数厘米的叶绿泥石薄壳围绕^[2]。

堆积杂岩带中的矿点和矿化产于纯橄岩、含长纯橄岩和橄长岩中。矿体与岩相的产状一致,呈似层状、板状或扁豆状,矿石为浸染构造或块状构造,无豆状和瘤状矿石。矿体与围岩多为速变或渐变过渡接触,矿体产状与围岩火成层理产状一致(图6)。

总之,尽管贺根山岩块中铬铁矿点较多,而且比较复杂,但根据矿床成因和上述产出条件,可划分为贯入和堆积两大类型。前者产于斜辉辉橄岩相的纯橄岩脉中,后者产在纯橄岩-橄长岩-辉长岩杂岩带内。

除已述二类矿床特点外,其铬尖晶石类化学成分亦有一定差别。电子探针分析表明(表5),贯入型的工业矿床3756以及基东、620等,不同矿石类型的造矿铬尖晶石化学成分的变化范围很大,从块状矿石到浸染状矿石, Mg/M'' 值明显地降低, Cr/M'' 值略有增加(图7)。堆积型铬铁矿,包括41、 $\Delta 15$ 、820和40679等, Mg/M'' 变化范围较小, Cr/M'' 值

表 4 脉状纯橄岩中橄榄石和副矿物铬尖晶石平均化学成分

Table 4 Mean composition of olivine and accessory chrome-spinel from dunite dyke (microprobe data)

岩石	矿物	样品数	氧 化 物 含 量 (%)											矿物成分	数 值 特 征						
			Na ₂ O	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Cr ₂ O ₃	NiO		TiO ₂	总计	Po	$\frac{Mg}{M^{\#}}$	$\frac{Cr}{M^{\#}}$	$\frac{Al}{M^{\#}}$	$\frac{Fe^{+3}}{M^{\#}}$
3756矿床 脉状纯橄岩	橄 榄 石	2	0.00	8.75		41.56	0.00	49.25	0.16	0.00	0.00	0.04	0.23	0.00	99.99	90.96					
	铬尖晶石	6	0.01	14.57	4.45	0.21	0.13	13.45	0.25	24.57	0.00	41.87	0.13	0.17	99.81		0.62	0.51	0.44	0.05	1.16
基东、B265矿床 脉状纯橄岩	橄 榄 石	3	0.02	9.17		41.02	0.15	49.04	0.15	0.01	0.02	0.00	0.12	0.00	99.70	90.50					
	铬尖晶石	5	0.01	15.39	6.92	0.26	0.05	12.88	0.34	24.88		38.03	0.14	0.30	99.10		0.60	0.47	0.45	0.08	1.02

(据电子探针分析结果)

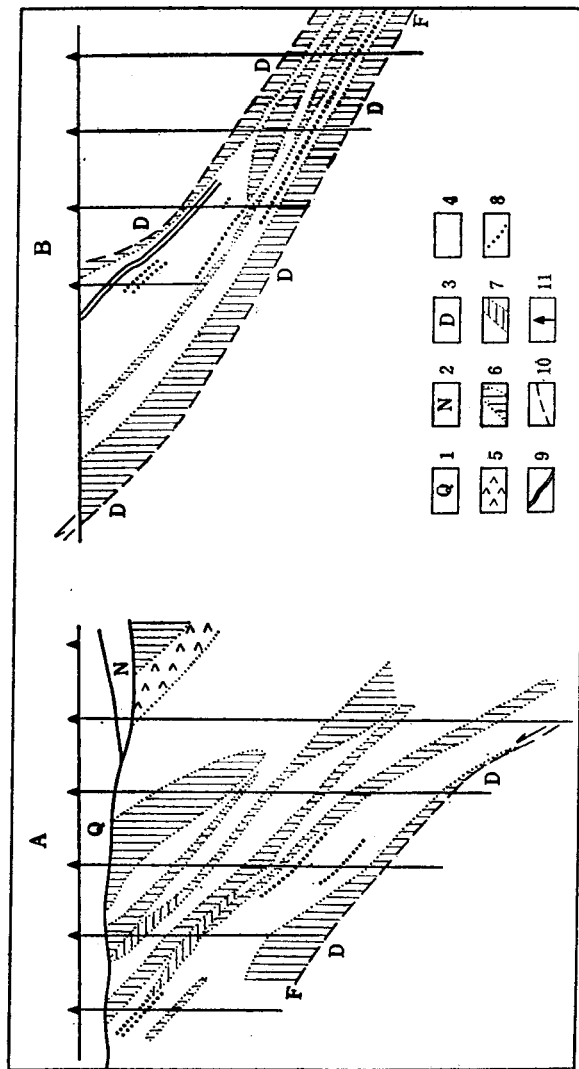


图 6 示堆积杂岩带产状及堆积型铬铁矿体产状

Fig. 6 Occurrences of cumulates and cumulus chromite ore bodies

1—第四系; 2—第三系; 3—泥盆系; 4—纯橄岩; 5—斜辉辉橄岩; 6—辉长岩类; 7—橄长岩类; 8—薄层辉长岩类; 9—铬铁矿体; 10—断层; 11—钻孔

表 5 各矿床不同类型矿石的造矿铬尖晶石及有关岩石副矿物铬尖晶石平均化学成分

Table 5 Mean composition of ore-forming chrome-spinels from various types of ore deposits and accessory chromo-spinels from related rocks

矿床	铬尖晶石类型	矿石或岩石名称	样品数	氧化物含量 (%)								数值特征							
				Na ₂ O	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	NiO	TiO ₂	总计	Mg/M ²⁺	Cr/M ²⁺	Al/M ³⁺	Fe ³⁺ /M ³⁺
3756矿床	造矿	块状矿石 瘤状矿石 稠密浸染状矿石 浸染状矿石	9	0.00	10.92	3.37	0.18	0.05	16.22	0.09	27.14	41.32	0.13	0.22	99.64	0.72	0.48	0.04	1.00
			4	0.01	11.36	3.79	0.06	0.02	15.84	0.07	26.73	42.70	0.08	0.27	99.88	0.71	0.49	0.04	1.04
			5	0.00	13.46	4.64	0.09	0.09	15.07	0.19	24.16	41.70	0.14	0.20	99.74	0.67	0.51	0.44	0.05
			6	0.01	16.52	5.56	0.06	0.04	12.07	0.18	22.32	42.47	0.08	0.31	99.62	0.56	0.52	0.41	0.07
	副矿物	纯橄岩 斜辉辉橄岩	6	0.01	14.57	4.45	0.21	0.13	13.45	0.25	24.57	41.87	0.13	0.07	99.81	0.62	0.51	0.44	0.05
			17	0.02	15.89	1.54	0.09	0.04	12.80	0.18	24.52	43.82	0.05	0.01	98.56	0.59	0.54	0.45	0.01
基东矿床	造矿	块状矿石 稠密浸染状矿石 浸染状矿石	7	0.01	10.05	4.34	0.08	0.04	16.61	0.14	27.19	40.87	0.13	0.18	99.64	0.74	0.48	0.05	1.02
			3	11.25	5.53	0.17	0.18	14.04	0.19	23.64	44.40	0.15	0.16	99.71	0.69	0.52	0.42	0.06	
			1	16.55	4.33	0.08	0.07	11.02	0.20	18.23	47.37	0.09	0.28	98.22	0.54	0.60	0.35	0.05	
			1	16.06	9.57	0.41	0.05	11.80	0.55	22.90	36.64	0.14	0.46	98.58	0.57	0.46	0.43	0.11	
	副矿物	斜辉辉橄岩 橄长岩	8	15.84	2.61	0.08	0.01	12.84	0.22	25.48	41.54	0.06	0.03	98.51	0.59	0.51	0.46	0.03	
			3	13.87	4.14	0.10	0.00	14.76	0.15	31.22	34.82	0.09	0.33	99.44	0.65	0.41	0.55	0.04	
620矿床	造矿	块状矿石 浸染状矿石 网环状矿石	6	0.00	10.58	3.51	0.20	0.10	16.81	0.23	26.89	41.77	0.20	0.25	100.54	0.74	0.49	0.04	1.06
			8	0.01	11.52	3.49	0.10	0.02	16.28	0.11	27.48	40.45	0.08	0.26	99.69	0.72	0.48	0.04	1.00
			1	13.78	7.8	0.27	0.01	11.70	0.25	19.26	45.89	0.07	0.83	99.36	0.60	0.56	0.35	0.09	
			1	16.09	7.57	0.21	0.08	12.97	0.26	26.50	36.72	0.10	0.85	100.97	0.59	0.46	0.46	0.08	
	副矿物	纯橄岩 斜辉辉橄岩	1	0.00	16.34	0.93	0.04	0.00	12.26	0.23	19.29	49.96	0.05	0.25	99.80	0.57	0.62	0.36	0.02
			6	0.01	11.15	3.06	0.20	0.02	15.95	0.14	24.83	44.42	0.13	0.16	99.71	0.72	0.53	0.44	0.03
B265矿床	造矿	块状矿石 浸染状矿石	2	0.00	11.86	2.82	0.20	0.01	15.77	0.04	24.73	44.43	0.13	0.20	100.19	0.70	0.53	0.44	0.03
			4	0.02	14.72	4.26	0.12	0.04	13.95	0.14	26.85	39.43	0.13	0.14	99.80	0.63	0.47	0.48	0.05
	副矿物	纯橄岩 斜辉辉橄岩	2	0.03	16.38	1.95	0.04	0.00	12.53	0.26	24.53	43.82	0.01	0.00	99.55	0.58	0.53	0.44	0.05
			1	16.38	1.95	0.04	0.00	12.53	0.26	24.53	43.82	0.01	0.00	99.55	0.58	0.53	0.44	0.05	

表 5 (续)

矿床	铬尖晶石类型	矿石或岩石名称	样品数	氧化物含量 (%)										数值特征						
				氧化物										数值特征						
				Na ₂ O	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	NiO	TiO ₂	总计	Mg/M [#]	Cr/M [#]	Al/M [#]	Fe ⁺³ /M [#]	Cr/Al
820矿床	造矿	块状矿石	4	0.00	12.46	3.03	0.06	0.01	15.69	0.06	28.77	39.41	0.10	0.12	99.71	0.69	0.46	0.50	0.04	0.92
		浸染状矿石	5	0.00	14.72	5.79	0.07	0.05	13.57	0.23	26.20	38.25	0.06	0.30	99.24	0.62	0.46	0.47	0.07	0.98
	副矿物	纯橄岩	1		20.48	4.54	0.23	0.05	11.21	0.28	24.65	37.82	0.09	0.36	99.71	0.49	0.48	0.47	0.05	1.07
40679	造矿	块状矿石	2	0.00	8.98	3.57	0.15	0.00	18.10	0.10	29.69	39.12	0.22	0.17	100.11	0.78	0.45	0.51	0.04	0.88
		浸染状矿石	5	0.01	10.92	4.13	0.08	0.00	17.01	0.11	30.12	37.87	0.02	0.20	100.47	0.73	0.44	0.52	0.04	0.85
41矿床	造矿	块状矿石	13	0.02	12.92	5.78	0.37	0.11	14.53	0.18	23.35	42.04	0.06	0.38	99.74	0.66	0.52	0.42	0.06	1.26
		浸染状矿石	7	0.00	12.97	6.83	0.97	0.21	14.85	0.04	24.39	39.03	0.07	0.66	100.02	0.65	0.48	0.45	0.07	1.07
	造矿	纯橄岩	1		18.04	5.38	0.17	0.04	11.47	0.23	28.75	33.91	0.11	0.57	98.67	0.53	0.42	0.52	0.06	0.80
	副矿物	橄榄辉长岩	1		17.39	6.30	0.14	0.05	11.68	0.23	25.79	38.72	0.10	0.60	101.00	0.55	0.47	0.46	0.07	1.01
△15矿床	造矿	块状矿石	8	0.01	11.27	3.39	0.34	0.09	15.45	0.16	22.44	46.42	0.15	0.07	99.72	0.70	0.57	0.40	0.03	1.40
		浸染状矿石	1		12.22	4.52	0.23	0.01	14.55	0.17	24.22	44.37	0.08	0.14	100.51	0.65	0.54	0.43	0.03	1.26
	副矿物	橄长岩	2	0.00	20.20	5.87	0.12	0.00	10.24	0.35	21.78	40.74	0.00	0.87	100.20	0.55	0.50	0.43	0.07	1.70
△D2矿点	造矿	块状矿石	3	0.01	11.88	4.28	0.12	0.02	15.77	0.19	31.98	35.31	0.09	0.34	99.99	0.61	0.47	0.50	0.03	0.94
		含长纯橄岩	1		17.80	6.72	0.22	0.11	11.94	0.25	26.20	36.46	0.12	0.88	100.70	0.55	0.45	0.48	0.07	0.94
	副矿物	辉石橄长岩	4	0.00	24.62	10.46	0.15	0.06	6.46	0.39	18.78	35.69	0.02	0.95	97.58	0.33	0.48	0.38	0.14	1.26
		橄长岩	2	0.00	19.96	3.59	0.07	0.00	13.66	0.18	29.98	35.72	0.05	0.47	100.68	0.61	0.43	0.51	0.07	0.86
7113矿点	造矿	块状矿石	2	0.07	10.69	3.66	0.05	0.00	16.43	0.12	20.63	49.37	0.06	0.00	101.08	0.74	0.59	0.37	0.04	1.62
	副矿物	橄长岩	2	0.01	13.21	5.17	0.00	0.00	15.23	0.10	28.10	38.09	0.03	0.19	100.13	0.67	0.45	0.49	0.06	0.91

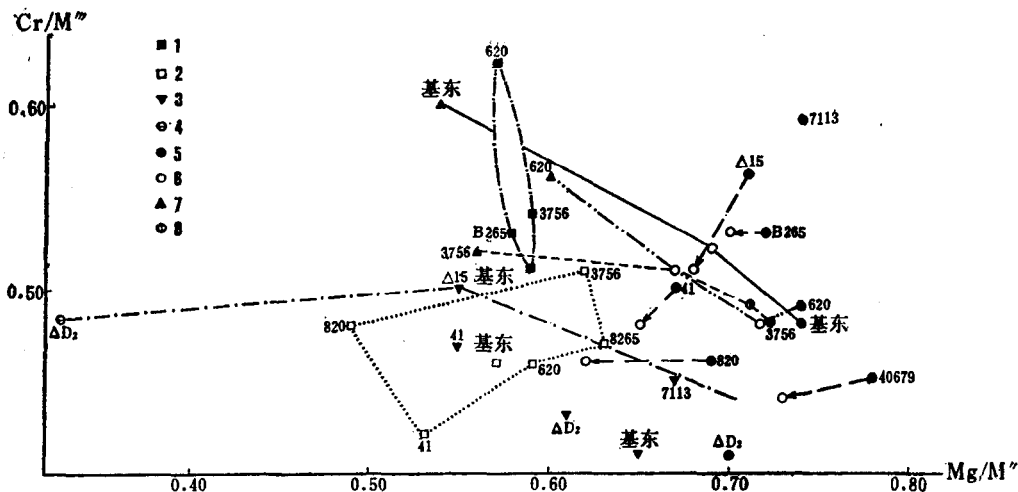


图 7 贺根山蛇绿岩块各铬铁矿床造矿铬尖晶石和其围岩的副矿物铬尖晶石的 Mg/M^2 和 Cr/M^2 比值变异图

Fig. 7 Mg/M^2 vs Cr/M^2 for ore-forming chrome-spinel and accessory chrome-spinel from ore deposits and their country rocks, Hegenshan ophiolite mass

1—斜辉辉橄岩的副矿物铬尖晶石, 2—纯橄岩的副矿物铬尖晶石, 3—橄长岩的副矿物铬尖晶石, 4—含辉橄长岩的副矿物铬尖晶石, 5—块状矿石造矿铬尖晶石, 6—稠密浸染状矿石造矿铬尖晶石, 7—中等-稀疏浸染状矿石造矿铬尖晶石, 8—豆状或瘤状矿石造矿铬尖晶石

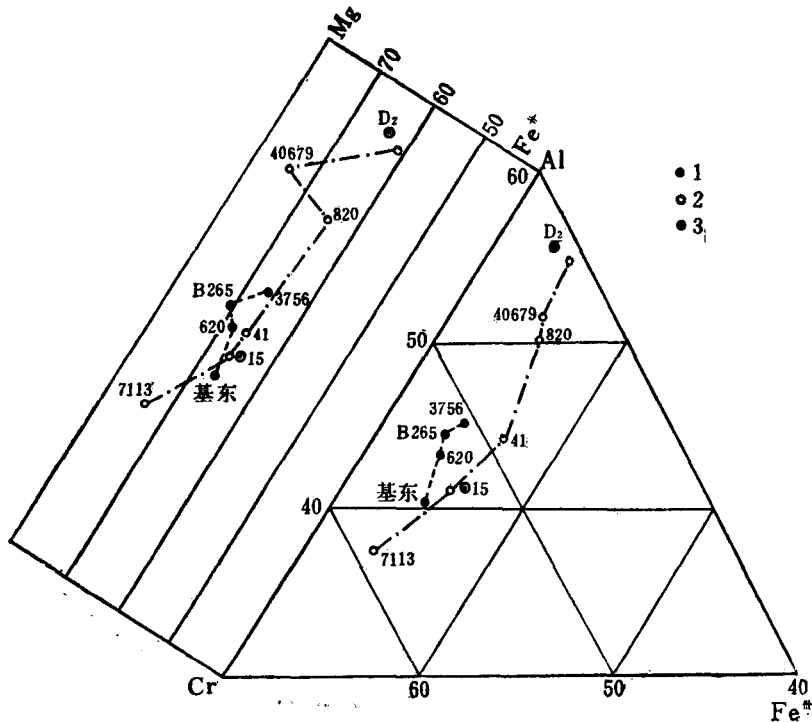


图 8 贺根山蛇绿岩各矿床造矿铬尖晶石平均成分图解

(据巴甫洛夫方法)

Fig. 8 Mean compositions diagram of ore-forming chrome-spinel from various ore deposits, Hegenshan ophiolite mass

1—贫人型矿床造矿铬尖晶石, 2—堆积型矿床造矿铬尖晶石, 3—矿床或矿化名称 (数据来自表 5, 加权平均)

保持不变或略有降低(图7)。只有B265虽划入贯入型,但具有堆积型的铬尖晶石化学成分变化模式,需进一步查明。产在贺根山岩块东北边缘堆积相的 ΔD_2 和西南边缘堆积岩中的820、41矿床,从所在杂岩相和造矿铬尖晶石化学特点来看,都属于堆积型矿床。 $\Delta 15$ 矿床从岩相、矿床和造矿铬尖晶石特征来看,属于堆积型,但产于岩块中部堆积杂岩带(图1),因沉积物覆盖,这一杂岩带与岩体边缘堆积杂岩带的关系不清楚。

各矿床、矿化的造矿铬尖晶石平均化学成分也可分为二组(图8),一组为贯入矿床,另一组属于堆积矿床,甚至以造矿铬尖晶石中的MnO、NiO和TiO₂的含量(%),也可以看出二组矿床类型是有区别的(图9)。

另外,从图7可以看出贺根山蛇绿岩铬铁矿的造矿铬尖晶石化学成分变化较大,而且变化趋势也不尽相同。但所有矿体从块状矿石到浸染状矿石,二价铁含量都增加,而镁都降低。

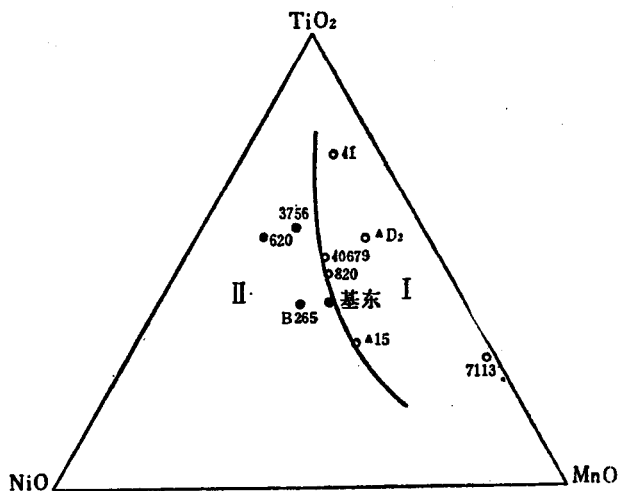


图9 贺根山岩块各矿床造矿铬尖晶石MnO—NiO—TiO₂三角图解

Fig. 9 MnO—NiO—TiO₂ diagram for ore-forming chrome-spinel from various ore deposits, Hegenshan ophiolite mass

I区—堆积型矿床; II—贯入型矿床 (矿床名称同图8, 数据见表5, 加权平均值)

四、铬铁矿形成条件的讨论

首先借助于二辉石地质温度计和地质压力计,估计斜辉辉橄岩和主要矿床矿石形成的温度和压力。贺根山蛇绿岩岩块的斜辉辉橄岩难得保留少许单斜辉石和斜方辉石残晶,单斜辉石多呈镶边分布于斜方辉石外缘。利用电子探针分析了同一标本中两种共生辉石,或一种辉石虽然蚀变但伴生有另一种未蚀变的辉石的成分,同时采用Mersier (1975, 1976)、Wood (1973) 和Wells (1977) 建议的地质温度计和Mersier (1976)的地质压力计公式,计算并估计了斜辉辉橄岩形成的温压条件(表6)。

不同方法所得温度的差别不是很大。不过Mersier方法所得温度总比其他方法略低,而且单斜辉石又较斜方辉石的温度低,平均相差70℃左右,这个差值较小。计算表明,斜方辉石形成于1094—1254℃,单斜辉石1022—1194℃,因而得知斜辉辉橄岩形成的温度在1022—1254℃间。用Mersier方法求得的压力也不同,斜方辉石的压力值高于单斜辉石,前者在28—46千巴,而后者为20—32千巴。

Mersier的方法得出贺根山岩块斜辉辉橄岩的单斜辉石形成的平均温度为1086℃,而斜方辉石为1157℃,岩石形成的平均压力,单斜辉石反映的是25千巴,而斜方辉石指示的