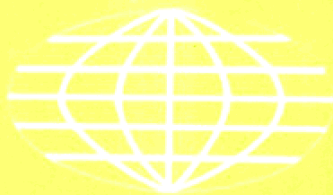


蛇绿岩与铬铁矿

译文集

Cr



SHELUYAN YU
GETIEKUAN
YIWENJI

冶金部地质局

一九八六年九月

蛇 绿 岩 与 铬 铁 矿

译 文 集

冶 金 部 地 质 局

前 言

铬铁矿是冶金、耐火材料和化学工业部门不可缺少的重要矿产原料，特别是对于冶金工业来讲，铬铁矿具有更加重要的战略地位。没有铬铁矿就不可能冶炼出高强度的合金钢和不锈钢。因此，寻找铬铁矿资源是地质勘探工作者一项十分光荣而艰巨的任务。

建国以来，地质战线上的广大职工为寻找铬铁矿付出了辛勤的劳动和艰苦的努力，在西藏、内蒙、甘肃、新疆、北京、青海、河北、陕西等地探明了一批铬铁矿产地，为冶金工业生产建设提供了原料基地，对缓和铬铁矿资源紧张局面起了一定作用。通过实践和科研工作，初步总结出了我国铬铁矿床的形成机制和成矿规律，这对今后的找矿勘探工作具有重要的指导意义。但是，现已探明的铬铁矿资源无论在数量、还是质量和地区分布上都远远不能适应冶金工业生产建设日益发展的需要。从数量上看，已探明的铬铁矿储量只有1000多万吨，除西藏等几处铬铁矿床规模较大，相对集中外，其余都是一些中小型矿床。按目前钢铁工业生产水平，我国每年大约需要几十万吨冶金级铬铁矿，实际上国内只能生产几万吨，除此而外，其余均依靠进口。从质量上看，除西藏、甘肃、新疆等少数地区有富铬铁矿外，其它产地大多都是贫矿，质量较差。从地区分布上看，我国已探明的铬铁矿产地大部分分布在中国西部或边远地区，特别是西藏铬铁矿虽然规模大，质量好，但建设条件差，运输距离长，生产成本低。根据以上情况，开展铬铁矿找矿勘探工作已是当务之急，刻不容缓。对于这个问题，目前还存在不同的认识。有的同志认为过去尽管在铬铁矿找矿勘探工作中做了大量工作，但是，随着认识水平的提高和科技进步，还有不少问题需要我们重新认识，摆在我们面前还有很多工作要做，特别是还有一些科研课题需要进一步研究探索。这是发展冶金工业的需要，也是四化建设的需要。与此同时，还有一些同志认为铬铁矿地质工作已做了大量工作，没有什么搞头了，如果要干的话也只能是浪费资金而已。我们提倡不同学术观点的自由争论，凡是正确的有益见解都应该给予尊重。但不能因为意见不一致而中断找铬铁矿的工作，这些不同的看法和争论也只能在实践中逐步得到解决。

据初步统计，在我国已发现的基性、超基性岩体总数有11443个，出露总面积约11147平方公里，其中超基性岩体8635个、总面积4516平方公里。按其形成时代和所处大地构造位置来讲，分布于前寒武纪褶皱区的面积为482平方公里，占总面积的10%；分布于加里东褶皱区的面积为261平方公里，占6%；分布于华力西褶皱区的面积为1244平方公里，占28%；分布于阿尔卑斯褶皱区的面积2529平方公里，占56%。由此看来，与铬铁矿有成因联系的超基性岩分布面积广，个数多，成岩成矿期次多。对这些出露地表的岩体，有一部分做了较详细的工作，但是还有相当一部分尚未进行工作，特别是对盲岩体、盲矿体的找矿工作基本上还未开始。近几年来，在寻找铬铁矿的一些理论问题上，出现了很多争论。例如，在成矿时代上找前寒武纪形成的铬铁矿，还是找古生代以后形成的铬铁矿？找地台型的，还是找地槽型的铬铁矿？在岩体评价上，大岩体，还是小岩体对形成铬铁矿有利？镁铁比值对形成铬铁矿的影响以及对低品位铬铁矿床的评价和利用等问题。

近几年来，国内外很多地质学家应用板块构造理论研究蛇绿岩套、探讨铬铁矿的成因问题

题有了显著的进展。他们将板块构造、区域构造、岩石学、海洋学、地球物理学以及星体学等综合在一起，研究铬铁矿的成矿背景，运用成矿规律图及予测图反映研究成果，找矿从地表转向预测深部盲矿体等，都取得明显的效果。为了借鉴国外铬铁矿研究的新成果，推动我国铬铁矿地质找矿工作和科研工作的进一步展开，由冶金部天津地质研究院及有关同志共同编译了这本专集。这本书主要是反映1981年以来，苏联、印度、巴基斯坦、伊朗、阿曼、希腊、加拿大、摩洛哥和新喀里多尼亚等国家和地区的蛇绿岩和铬铁矿地质研究成果。我们相信这本译文的出版，必将有助于冶金地质战线广大科技干部学习国外的先进地质成矿理论和找矿勘探方法，把寻找铬铁矿的工作进一步引向深入。在此我们对参加编译的同志和绘图

姚培慧

一九八六年八月

目 录

前言

第一部分 蛇绿岩

- 一、伊朗蛇绿岩..... (1)
- 二、印度那加兰蛇绿岩—特提斯造山带中一个板块俯冲带的蛇绿岩杂岩体..... (10)
- 三、新喀里多尼亚蛇绿岩杂岩体的地球化学..... (18)
- 四、摩洛哥布阿泽尔前寒武纪蛇绿岩的地球化学特征..... (27)
- 五、古乌拉尔山脉面临的新问题..... (36)
- 六、阿曼蛇绿岩仰冲形成的构造环境..... (43)
- 七、大洋扩张中心的地幔流：蛇绿岩模式..... (59)
- 八、古老的、现代的和将来的蛇绿岩中的仰冲作用..... (72)

第二部分 铬铁矿

- 九、蛇绿岩套橄榄岩中富铝和富铬铬铁矿透镜体的分布特征..... (88)
- 十、豆荚状铬铁矿床的成因假说..... (98)
- 十一、希腊豆荚状铬铁矿床的原生特征与成因..... (106)
- 十二、阿曼蛇绿岩一些铬铁矿床成因的结构构造和地球化学证据..... (123)
- 十三、新喀里多尼亚南部豆荚状铬铁矿体的构造分类..... (132)
- 十四、巴基斯坦瑟格哈科特—吉拉蛇绿岩套杂岩中铬铁矿成分的层位和矿石构造类型变化..... (161)
- 十五、橄榄岩与辉长岩类岩石接触带附近铬铁矿的成因..... (188)
- 十六、不列颠哥伦比亚中部米切尔山铬铁矿的成因..... (194)
- 十七、从加拉帕戈斯扩张中心和东太平洋隆起的现代成矿方式，分析特罗多斯、阿曼和岛湾蛇绿岩的成矿作用..... (204)
- 十八、阿塞拜疆蛇绿岩建造中超基性岩体的含铬性..... (214)

第三部分 其它矿产

- 十九、新喀里多尼亚蛇绿岩铬铁矿中钒、镍、钴、铜、锌的分布..... (223)
- 二十、纽芬兰蛇绿岩杂岩中橄榄岩和铬铁矿的钼、铂、铼、钇、铈分布..... (229)
- 二十一、俄勒冈西南部阿尔卑斯铬铁矿中的铂族矿物..... (240)
- 二十二、阿曼萨马伊勒蛇绿岩富铬铁矿石中的钼、铂、铼、钇、铈..... (255)
- 二十三、乌拉尔基性、超基性岩石建造中金的分布规律..... (265)

第四部分 研究方法

- 二十四、超镁铁岩的痕迹元素..... (274)
- 二十五、作为橄榄岩热历史指示的橄榄石—尖晶石地温计的评价..... (284)
- 二十六、超镁铁岩组合含矿专属性的指示矿物—橄榄石..... (300)
- 二十七、二辉橄榄岩捕虏体中，铬在橄榄石和辉石中间的分布与温度相关..... (307)

一、伊 朗 蛇 绿 岩

G. 伦斯茨 M. 戴沃德扎德赫

摘 要

伊朗蛇绿岩可划分为三个组：(1) 古生代蛇绿岩，位于伊朗北部，只局部出露于阿勒布兹山脉的北坡。它代表古特提斯的残留；(2) 中生代蛇绿岩，位于札格罗斯—阿曼—俾路支带，代表于三叠纪张开并把中伊朗和札格罗斯隔开的斯赫提斯的残留，该带蛇绿岩表明有一个洋壳带的存在，由于简单的俯冲作用和碰撞作用，这些蛇绿岩主要由逆冲层序组成，几乎没有扰动层序；(3) 中生代蛇绿岩和蛇绿岩质混杂岩，围绕中—东伊朗微板块周边分布。这个微板块是三叠纪期间因裂谷作用从北部大陆分离出来的，它以逆时针方向向南转动漂移。陡倾的断裂作用和转动的剪切作用，使这些蛇绿岩具更强烈的构造变形，原始的接触关系常被破坏，并经常发育杂色混杂岩。三组蛇绿岩的特征将在正文加以讨论。

前 言

伊朗中生代蛇绿岩的分布明显受主要断裂带，如札格罗斯大逆冲断层和中—东伊朗微板块周边一系列断层的控制（图1）。除中生代蛇绿岩外，还有一些古生代（海西期）蛇绿岩的小露头，如马什哈德附近和拉斯特北面的露头，它们是古特提斯的残留。根据近十年来可利用的资料和我们的研究，我们对这些蛇绿岩提出下列的分类：

伊朗北部的古生代蛇绿岩；

札格罗斯—阿曼—俾路支带的中生代蛇绿岩；

中—东伊朗微板块周边的中生代蛇绿岩和蛇绿岩质混杂岩。

伊朗北部的古生代蛇绿岩

在阿勒布兹山脉北坡出露几个以海西期的甚至更古老基底的隆起，其中的两个隆起，拉斯特西南隆起(Davies等, 1972)和马什哈德西面隆起(Davoudzadeh等, 1975; Stocklin等, 1974; 1977; Majidi, 1978)发育有超镁铁岩（蛇纹岩、纯橄岩、橄辉岩、辉石岩）和绿片岩、闪石岩和片麻岩。斯朵克林(Stocklin, 1974, 1977)认为这种岩石组合是残留的古特提斯蛇绿岩套，古特提斯海一直到早三叠纪还分隔开冈瓦纳大陆和欧亚大陆。

马吉迪(Majidi, 1978; 1981)认为南、北两个地块是在海西期造山运动期间并合在一起的，他把出露于马什哈德附近的熔岩组合中的主要岩石种类描述为拉斑玄武质角闪辉岩，这种角闪辉岩由包在单斜辉石和/或玻璃基质中的橄榄石堆积组成。这个岩石组合具有深

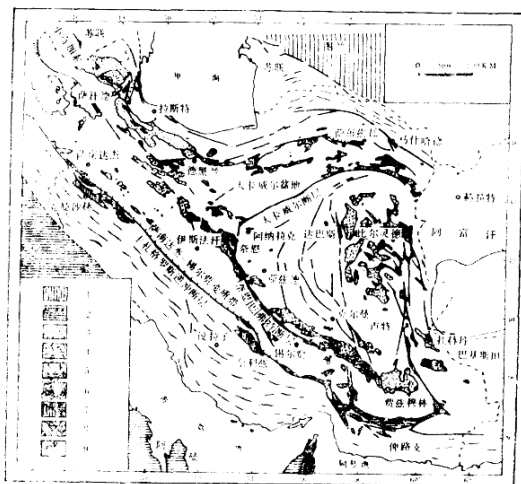


图1 伊朗蛇绿岩体分布图

- 1—图兰板块 2—阿拉伯板块 3—中—东伊朗微板块
 4—第三纪—第四纪火山岩 5—中生代和第三纪 花岗岩、闪长岩侵入体，中—东伊朗微板块周边的蛇绿岩带 6—晚白垩世—古新世蛇绿岩，扎格罗斯—阿曼—俾路支蛇绿岩带（中生代）
 7—海洋沉积物+伴生的基性、超基性岩-γ：主要为放射虫岩
 8—中生代蛇绿岩，主要为橄榄岩、辉岩和辉长岩，伊朗北部古生代洋壳残留 9—古生代蛇绿岩，主要为橄榄岩

海拉斑玄武质成因和现代洋中脊岩石的亲合性，但必须指出，这些岩石组合并不完全代表彭罗斯蛇绿岩会议关于蛇绿岩套的定义。甚至在马什哈德附近发现的出露完好的层序，表明它们在很多方面是就地分异的苦橄岩床，而不是蛇绿岩套（表1）。

在中伊朗阿纳拉克北面发育着另一些同样类型的岩石组合，该处有一些延伸几公里长的超镁铁质小透镜体与阿纳拉克变质地块中的海西期变质沉积岩和变质火山岩呈迭瓦层，这些超基性岩与阿纳拉克西北和奈恩北部的中生代蛇绿岩明显不同，两者被大卡威尔断层所分隔。下文还要讨论，这套岩石组合的原生位置可能位于赫拉特地区（阿），后来才被中—东伊朗微板块的转动作用带到现在的位置[Davoudzadeh等，1981]。所以我们把这些超基性岩

归入古生代蛇绿岩。

伊朗东北部马什哈德地区超基性—基性岩流代表样品分析结果

表1

	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	39.41	39.34	39.48	39.29	42.48	46.23	50.49
Al ₂ O ₃	2.60	5.31	6.24	11.41	14.27	17.75	14.28
Fe ₂ O ₃	3.61	5.53	4.79	2.20	3.23	1.33	1.64
FeO	7.90	4.92	6.78	9.71	10.25	9.28	9.74
TiO ₂	0.45	0.42	0.82	0.42	0.77	0.90	1.16
CaO	3.40	2.99	1.67	1.74	11.10	12.10	5.00
MgO	31.23	30.45	29.31	22.52	9.01	14.27	7.35
Na ₂ O	0.21	0.12	0.21	0.57	2.70	1.63	2.81
K ₂ O	0.06	0.02	0.03	0.03	0.03	0.12	0.23
MnO	0.20	0.13	0.10	0.40	0.35	0.19	0.32
P ₂ O ₅	0.03	0.14	0.05	-	0.05	0.03	0.03
H ₂ O ^r	6.19	0.37	1.05	0.74	0.71	0.11	0.25
H ₂ O ⁺	8.15	9.27	4.14	5.78	4.99	1.38	4.47
CO ₂	2.38	1.01	-	-	0.54	1.05	2.75
Cr ₂ O ₃	-	0.25	-	-	-	0.08	-
总计	99.93	100.28	100.58	100.54	109.48	100.52	103.64

1. 异剥麻岩
2. 异剥麻岩，位于含有7米铁结构的50米厚岩流的下部
3. 超基性枕状熔岩，位于15米厚枕状熔岩组合中部
4. 超基性枕状熔岩，位于40米厚枕状熔岩组合下部
5. 辉长岩，位于上述枕状熔岩单元的上部
6. 粗玄岩，已蚀变为角闪石+斜长石+钠长石和一些单斜辉石。
7. 花斑岩，位于15米厚粗玄岩的最上部。

扎格罗斯—阿曼—俾路支带的中生代蛇绿岩

我们把克曼沙赫、奈利兹、阿曼和贾兹、穆林盆地西南边界地区的主要蛇绿岩都归入这个组。此蛇绿岩带一直延至伊朗外的阿富汗和巴基斯坦领域，包括欣杜巴格（巴）和贾拉拉巴德（阿）附近的蛇绿岩。我们想把阿曼蛇绿岩作为俾路支带的一部分也归入这个组，因为我们设想这两部分是后来由于阿曼湾的张开而分离的。扎格罗斯—阿曼—俾路支带和当于斯通尼利(Stoneley, 1974)所说的南部特提斯和斯朵克林(Stöcklin, 1977)所划分的另轴蛇绿岩带。可是在我们的划分中还包括了俾路支(Jaz, Murian)的蛇绿岩。

根据奈利兹(Ricou, 1968; 1970; 1971)和阿曼(Reinhardt, 1969; Allemann & Perce, 1972)等地的基础描述资料，斯朵克林(Stöcklin, 1977)总结了这些蛇绿岩的特征，他特别强调以下各点：

蛇绿岩体通常由一个有序的沉积岩层序组成，上面覆盖着巨大的超镁铁岩体，真正的混杂岩很少见；

主要是以橄榄岩为主的均质岩体。

该岩石组合的沉积岩部分主要由放射虫岩、灰岩和页岩组成，熔岩和火山碎屑物质不常见。

古生物资料表明岩系时代为晚三叠世到土伦阶（晚白垩世）。

经常见有二迭纪到三迭纪不明成因的外来灰岩碎块。

在其它地方，如埃斯达达格赫(Sabzehei, 1974)曾有人描述过重要的火山沉积物。该地区有两个主要构造单元，一个是萨尔加兹—阿布舒尔带，主要由古生代变质杂岩组成，该杂岩被一个大层状岩体侵入，侵入杂岩上面不整合地覆盖着侏罗纪到白垩纪的沉积物与枕状和块状的熔岩流，角砾岩和火成碎屑物的互层。另一个是伴生有侵入岩的杂色混杂岩带，它主要由超镁铁岩、拉斑玄武质火山岩和侏罗纪—白垩纪沉积物（放射虫岩、复理石岩、灰岩和泥灰岩）组成。

贾兹、穆林盆地南面的大蛇绿岩带至今还鲜有人知，最近在伊朗地质调查所地质学家的指导下，进行了详细的填图（1/10万卡努兹幅和卡列赫幅。马努詹幅地质图的说明和其它图幅资料正在印刷），这就有可能对该岩带的西部进行下列描述。

我们把蛇绿岩带序的深或部分描述为班德—泽亚拉特杂岩，它由条带状的浅色堆积岩和变质辉长岩组成，包括含橄榄石的变种岩石，如斜长岩，少数橄长岩、伟晶岩和纯橄岩的构造捕虏体。向东陡倾的岩石条带和韵律层很发育。在较高部位是纤闪石化辉长岩、角闪石辉长岩，少量闪长岩、奥长花岗岩、文象状黑云母—微斜长石花岗岩和斜长石—斑状的细粒闪长岩，这些岩石局部蚀变为绿片岩相组合，K—Ar年龄值表明为白垩纪时代。贾兹、穆林岩带西部的典型特征是辉长岩占优势，向东，橄长岩显著增多。

班德、泽亚拉特辉长杂岩的上部与辉绿岩组合呈过渡接触关系，辉绿岩主要由蚀变为绿片岩相组合的席状岩墙组成。主要岩石种类有细粒的、斑状的和非斑状的变质辉绿岩以及含有大量次生绿帘石、绿帘石、方解石、榍石和石英的变质火山岩，此外还发现有显微奥长花岗岩墙。

在辉绿岩和火山沉积层序之间似乎也是呈过渡接触。尽管这个层序已被填图的地质学家划分为几个岩石单元，但我们认为这些岩石单元代表相同蛇绿岩质火山—沉积层序的面上变种，组成这个层序的岩石有从基性到中性的熔岩流和岩墙，偶尔有奥长花岗岩侵入岩、浊流砂岩、灰岩、页岩、凝灰岩，局部转变为片岩、流纹岩和其它变质沉积岩与变质火山岩等。据K—Ar年龄测定，它们的时代为阿尔比阶（早白垩世晚期）到森诺阶（晚白垩世），古生物证据表明沉积物的时代为晚白垩纪。

中—东伊朗微板块周边的蛇绿岩和蛇绿岩质混杂岩

分布和一般特征

此类蛇绿岩只分布于中—东伊朗微板块周围的主要断裂带中（图1），该带蛇绿岩一般都受到构造变形和肢解，随后大多数组合变为蛇绿岩质混杂岩。

在北部，蛇绿岩广泛出露于萨布兹瓦带（图2）。在南面大卡威尔断层（多鲁尼赫—卡斯马）和北面比鲁德山脉之间的东西向延伸构造活动带中，有几个大蛇绿岩体由于旋转微板块产生的东西向运动而出现彼此呈迭瓦状排列。与其它蛇绿岩组合比较，萨布兹瓦带中的蛇绿岩的构造变形较弱。

向西，充填于大卡威尔盆地的年青沉积物，覆盖着沿大卡威尔断层产于深部的其它岩石。一直到阿纳拉克西北，于奈恩北面大卡威尔断层与奈恩—巴弗特断层的接触处蛇绿岩露头才重现出现。沿北西—南东向的奈恩—巴弗特断层出露一个很窄但是连续的蛇绿岩带，其

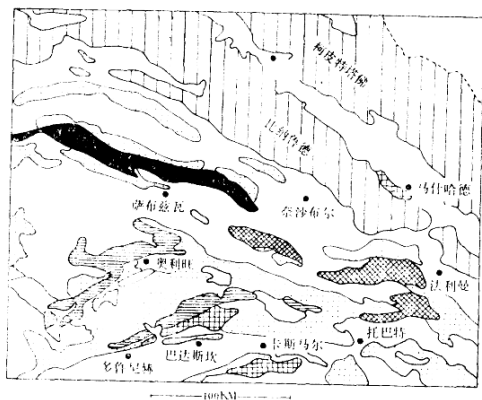
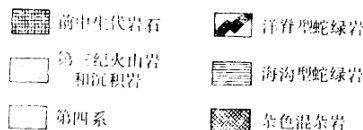


图2 伊朗北部萨布兹瓦带的蛇绿岩



中最重要的露头见于萨·巴·巴西北部和巴弗特地区。所有这些岩体都是真正的混杂岩类型，其中火山沉积岩层序占主要地位。

中—东伊朗微板块东边，位于札赫丹南面和比尔美德北面之间地区，蛇绿岩组合局部呈透镜状插入微板块中，特别是在比尔美德南面，蛇绿岩体沿着弯曲的断层深深渗透到微板块中。微板块东缘的蛇绿岩局部含有外来岩块，例如二迭三迭纪的大理岩和白云岩。不象其它大多数岩石组合，这些蛇绿岩一般都受到片状变形作用、绿片岩相和局部角闪岩相变质作用的影响。对比尔美德蛇绿岩所作地球化学研究的首批结果(O'Hanian)表明非常清楚的拉斑玄武质分异作用，这个结果与萨布兹瓦和奈恩地区的结果形成对照，后两个地区的岩石都显示一种钙碱性趋势。要解释这种独特情况和性质需要作进一步的研究。

中—东伊朗微板块周边中生代蛇绿岩的典型例子，可以列举萨布兹瓦带中保存很好的蛇绿岩和奈恩北西强烈构造变形的杂色混杂岩。

萨布兹瓦带的蛇绿岩

萨布兹瓦带中蛇绿岩由几个大岩体组成，这些晚白垩世蛇绿岩大多数伴有蛇绿岩后的

火山岩(始新世到中新世的安山岩,英安岩和少数微橄安粗岩—参看伦斯兹Lensch等人,1980)和始新世到上新世的沉积物。充填第四纪沉积物的大盆地把东西向延伸的山脉分割开(图2),在该地区可以区分出三种蛇绿岩组合类型:中脊型蛇绿岩,海沟型蛇绿岩和杂色混杂岩。据古生物资料,蛇绿岩套沉积物的时代为坎帕阶(晚白垩世)—麦斯特里希特阶(中白垩世),熔岩和辉绿岩的K/Ar放射性年龄值测定为 81.2 ± 4.1 和 76.8 ± 3.8 百万年。

1. 中脊型蛇绿岩 此类型蛇绿岩广泛分布于萨布兹瓦北面山区(Lensch等,1977,1979)构成这个组合的有下列单元:

斜辉橄辉岩构造岩 其中可见含铬铁矿的纯橄岩透镜体,本身偶尔过渡为堆积含长二辉橄辉岩,局部蛇纹石化和宽条带岩石构成有高山顶的巨大均质岩体。在某些地方,大岩体中含有辉石岩层和很多显微辉长岩、细碧岩和异剥钙榴岩等岩体。

堆积辉长岩 由层状古铜辉岩、苏长岩和辉长岩(部分含原生角闪石)组成几个岩体,在成因上,这些岩体明显地是更大岩体的构造碎块。粗粒、粒状或间片结构的云英闪长岩,花岗闪长岩和文象斑岩可能是这些岩体最上部的强烈分异部分。

辉绿岩墙 在超镁铁岩或辉长岩基岩中呈单个岩墙或席状杂岩出露。单个岩墙厚约1米,岩石具细粒间片结构,含有作为主要矿物相的角闪石和钠质斜长石。

发育良好的巨大火山沉积岩层序代表这个洋壳的顶层。它由同生的多次重复出现的岩石系列组成,其中层理发育的微晶灰岩约占10%(有孔虫灰岩),海底熔岩(枕状或块状)占20%,其余70%为海底火成碎屑沉积物(枕状角砾岩、集块岩、石质凝灰岩、火山凝灰岩、钙质凝灰岩)。以火成碎屑为主,出现薄层微晶灰岩以及缺失放射虫岩和大陆碎屑物,都表明一种浅水但靠近洋中脊的远海环境。

最重要岩石类型的平均化学分析结果列于表2,通过230个主要元素分析计算,可得出下列特征:作为一个整体,这些岩石组合属于 TiO_2 、 K_2O 含量低的钙碱质系列,根据标准

萨布兹瓦带蛇绿岩的主要元素成分

表 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO_2	40.5	48.0	53.9	48.6	54.0	53.9	57.8	63.2	71.7
Al_2O_3	1.1	13.4	15.1	14.9	17.4	15.3	14.6	14.1	12.6
FeO	7.3	6.9	7.4	9.1	6.9	9.8	9.2	7.8	3.8
MgO	40.9	14.1	8.1	5.1	4.0	5.4	3.4	2.5	0.6
CaO	1.1	14.1	7.7	10.0	7.9	8.8	6.4	3.3	1.7
Na_2O	-	6.8	3.6	4.3	4.2	3.2	3.6	4.5	5.4
K_2O	-	0.1	0.5	0.9	0.9	0.6	0.7	0.8	0.7
TiO_2	-	0.1	0.7	1.5	0.7	0.5	0.9	0.7	0.4
Cr_2O_3	0.4	-	-	-	-	-	-	-	-
NiO	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	-
MnO	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.10	1
CO_2	-	-	-	1.0	0.5	-	-	-	-
H_2O	7.2	3.1	3.2	4.2	3.0	1.2	2.6	2.5	2.2
总计	90.4	99.9	99.3	99.8	99.6	99.0	99.4	100.1	92.4

1. 斜辉橄辉岩 (萨布兹瓦)

2. 辉长岩 (萨布兹瓦)

3. 席状辉绿岩 (萨布兹瓦)

4. 枕状熔岩 (萨布兹瓦)

5. 块状熔岩 (萨布兹瓦)

6. 席状辉绿岩 (奥列旺)

7. 安山岩熔岩 (奥列旺)

8. 石英安山岩熔岩 (奥列旺)

9. 斜长英安岩熔岩 (奥列旺)

色标志和 SiO_2 含量,没有一个辉绿岩和只有很少几个熔岩是真正的玄武岩质岩石。分异范围从微不饱和的橄榄石—拉斑玄武岩到碱性斜长石—流纹岩(石英角斑岩),很多脉岩和熔岩在岩相上属于安山岩、石英安山岩或有时为斜长石英安山岩。这个岩石系列的这些突出特点看来是受到地幔源流体含量增加的控制,由于在很多辉长岩和辉绿岩中存在原生角闪石,使这一点变得非常明显。

萨布兹瓦北部蛇绿岩遭受多阶段海底(埋藏的)和阿尔卑斯期的变质作用,局部还遭受产生角闪岩,绿片岩和兰闪石片岩的穿透变形作用[Alavi—Tehrani, 1977]。构造侵位肢解了组合的岩相单元,以致现存大多数岩石单元都呈构造接触,然而,萨布兹瓦地区总是显示一种非常清楚的地质面貌,无论从何角度看都可称之为典型的混杂岩。

2. 海沟型蛇绿岩 此类型蛇绿岩有两个大岩体,出露于萨布兹瓦南面,称奥利旺岩体和巴达斯坦北岩体(图2)。该处蛇绿岩组合也是由构造斜辉橄榄岩、辉长岩、席状辉绿岩和海底火山—沉积岩系列组成,与萨布兹瓦地区蛇绿岩的基本差别在于火山沉积岩系的特征。

在奥利旺火山沉积岩系保存得较好,大致上包括至少2000米厚的规则层状硅质页岩、放射虫岩与不同数量的火山碎屑砂岩和泥质岩的互层。在这个组合中大约有15个厚熔岩体呈整合夹层并沿走向延伸很远。此外局部还发现有薄熔岩层。这些熔岩经常呈块状并发育柱状节理。枕状熔岩却很少见。向上层位沉积物中硅质成分增加,在短距离内逐渐变为200米厚的有孔虫灰岩,最后变为稳定的滨海相砂质—灰泥质沉积物。

硅质页岩中以熔岩体为代表的海底火山岩比萨布兹瓦地区的蛇绿岩质火山岩明显偏酸性。进一步分异的含石英的岩石,如石英安山岩和斜长英安岩很常见。然而,两个岩石组合中的辉绿岩在化学成分上却近于相同(表2)。海沟型组合也是属于 TiO_2 、 K_2O 含量低的钙碱性系列。两个辉绿岩样品的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值分别为0.7040和0.7047,非常接近于洋中脊玄武岩的比值。两地石英安山岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值分别为0.7056和0.7069,相当于早期岛弧玄武岩的比值(Kohler)。这些比值以及上述火山沉积岩系中的相变部支持这个组合是形成于弧沟系统附近或甚至就是弧沟系统本身一部分的解释。

3. 杂色混杂岩 在萨布兹瓦带的其它蛇绿岩组合,特别是托巴特—海达利兹北面的蛇绿岩,主要由斜辉橄榄岩、辉长岩和席状辉绿岩组成,所有岩石都被肢解,压碎和混杂成蛇纹岩基质,在奈沙布尔南面还保存有一个席状杂岩的大部分。这些组合相当于伊朗很多地方著名的构造杂色混杂岩,一般说来它可能与中脊型的组合有关。

4. 奈恩北面的杂色混杂岩 戴沃德扎德赫(Davoludzhadeh, 1972)对该区混杂岩已作过详细的描述。该组合显示标准杂色混杂岩的特征,基本上它包含有完整蛇绿岩组合的所有成员:

由局部蛇纹石化顽火辉石纯橄岩、斜辉橄榄岩、二辉橄榄岩和辉石岩组成的超镁铁岩,局部还见有含铬铁矿的蛇纹岩。

辉长岩很少见,主要以横切脉岩墙产于斜辉橄榄岩中,厚度可达12米,可以区分细粒为的和粗粒的辉长岩。

辉绿岩墙和席状杂岩的碎块很常见,在古新世沉积岩围岩中经常发现有单独的岩墙。

海底火山沉积岩系由很厚的枕状熔岩(局部变质)、枕状角砾岩、块状火山岩以及伴生的放射虫岩、硅质灰岩组成,此外还有坎帕阶到马斯特里希特阶(K₃—K₂)的有孔虫灰岩和古新世砂质灰岩的厚大组合。

与萨布兹瓦和奥利旺北面的大蛇绿岩体比较,奈恩蛇绿岩体受到更强烈的构造变形,坚硬的岩石,斜辉橄辉岩和灰岩的大碎块沿北北西向断层形成长达12公里的岩体,漂浮在主要由蛇纹岩构成的完全压碎和混杂在一起的基质中,其中还包含有无数各种蛇绿岩质岩石的小碎块。压碎的基质岩石覆盖该地区大约80%的面积。迅速变化和强烈染色的蛇绿岩物质使这个混杂岩呈现一种典型的杂色景观。

在西边,蛇绿岩还伴生有蛇绿岩后的始新世到渐新世的安山岩和英安岩,在东边,则伴生有蛇绿岩后的始新世到上新世的沉积物,混杂岩本身被蛇绿岩后的石英—闪长岩和花岗岩闪长岩侵入。最重要的岩石种类分析结果列于表3。

奈恩蛇绿岩的主要元素成分

表 3

	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	38.60	35.50	41.40	54.90	44.10	67.00
Al ₂ O ₃	4.10	1.55	4.70	16.20	18.85	15.70
Fe ₂ O ₃	3.95	6.10	2.50	1.60	0.71	0.48
FeO	2.40	1.10	4.74	6.90	4.55	1.30
MnO	0.10	0.07	0.08	0.04	0.06	0.04
MgO	37.00	37.60	37.20	5.75	10.18	2.40
CaO	-	0.58	2.65	6.50	16.80	5.05
Na ₂ O	-	-	-	2.45	0.55	4.75
K ₂ O	0.03	0.03	0.06	0.06	0.06	0.53
TiO ₂	0.15	0.06	0.12	0.41	0.08	0.38
P ₂ O ₅	0.02	0.03	0.02	0.18	0.01	0.12
H ₂ O	13.42	16.68	6.92	4.53	3.96	1.12
CO ₂	-	0.40	-	0.14	-	-
总计	99.75	99.44	100.37	99.45	100.21	99.45

- | | | |
|--------|----------|------------|
| 1. 蛇纹岩 | 2. 斜辉橄辉岩 | 3. 顽火辉石纯橄岩 |
| 4. 辉绿岩 | 5. 粗粒辉长岩 | 6. 石英闪长岩 |

关于伊朗蛇绿岩构造历史的某些推测

在晚古生代到早三迭纪期间,冈瓦纳块体发生破裂,它的一部分后来成为中—东伊朗微板块,这个微板块与图兰(Turan)板块碰撞并附贴到欧亚大陆上。在这个构造事件中消失的古特提斯海的北支残留体被保存在马叶哈德和拉斯特附近的几个古生代蛇绿岩组合中,它们是古生代缝合线的一部分,这条缝合线可以从欣杜库斯一直追索到比纳鲁德,并从那里通过里海进入小高加索,它相当于斯朵克林(Stöcklin, 1977)所划分的中部和北部构造区之间的边界。

于三迭纪出现的中生代特提斯海,横贯中伊朗和札格罗斯之间的冈瓦纳,它被斯朵克林(Stöcklin, 1974)命名为新特提斯。札格罗斯—阿曼—俾路支蛇绿岩带正是这个新特提斯的反映。

在三迭纪和侏罗纪之间,中部和东部伊朗周围产生裂谷作用,把中—东伊朗微板块从北

部大陆分开，与此同时这个微板块以逆时针方向向南漂移，古地磁资料表明自三迭纪以来已转动了 130° 。

到白垩纪时，南部特提斯由于接近阿拉伯板块，随之发生俯冲而消失，此期间出现一个极性为北东向的规则俯冲带。到晚白垩世，沿札格罗斯大逆冲带和它的东部延伸部分发生了碰撞作用，消失的洋底残留就是现在位于札格罗斯—阿曼—俾路支带中的蛇绿岩。由于这个单一的俯冲和碰撞作用，这些蛇绿岩主要是由逆冲的几乎没有扰动的层序组成，局部还保存着原始的接触关系。这个带的蛇绿岩代表一个保有很长地质时期的大洋的某些碎块。根据可利用的新资料，带内岩浆岩基本上属于拉斑玄武质一类。

由于受到阿拉伯板块的挤迫，中—东微板块已经向北移动，隆起消失，微板块再度附贴到北部大陆上。这个期间转动作用还在继续，随后发生了一个比在札格罗斯—阿曼—俾路支带的单一俯冲作用系统更加复杂的机制，这就是围绕中—东伊朗微板块周边发生的陡倾断裂作用和转动剪切作用为主的构造运动。其结果使微板块周围的蛇绿岩受到更强烈的构造变形，原始接触关系完全消失，而且经常发育杂色的混杂岩。大多数地方的岩浆岩属于钙碱质一类，不过拉斑玄武岩系列的岩石也有报道，这可以由下列假设的原因来解释，即该带中发生的特殊构造事件，导致地幔中熔融作用条件的迅速改变。

本文带有很大的假设性质，然而我们相信，我们所提出的有关伊朗蛇绿岩的演化模式基本上是可靠的，它还需要更加详尽的研究，在将来将会得到确实的改进。

陈森煌译自《N. Jb. Geol. Palaont. Mh.》No. 5, F306—320

二、印度那加兰蛇绿岩，特提斯造山带中 一个板块俯冲带的蛇绿岩杂岩体

O. P. 阿格拉瓦 R. N. 凯柯

摘 要

形成阿尔卑斯—喜马拉雅—古地中海造山带东段的那加兰蛇绿岩杂岩，位于印度—缅甸山脉北部，由于地质现象的独特发育并保存完好的整个地质层序，而引起全世界地质科学家的注意。该蛇绿岩带走向北东—南西，出露面积约800平方公里（90×5~15公里），从构造上看是一迁移解体的蛇绿岩套和混杂岩，这个混杂岩与扩展的中心蛇绿岩的岩石格局相一致，而且经受多期岩浆侵入作用、变质作用、以及变形作用等，扰乱了其继承的相互关系。

1969—1977年，本文第一作者踏勘了几条地质剖面。为人鲜知的造山带外来蛇绿岩—低地岩、岩石、构造和共生矿产的区域，其蛇绿岩由称为泽卜胡（Zephu Formation）的一大套岩层所组成，其中包括闪岩、蛇纹岩、橄辉岩（方辉橄辉岩）、辉岩、辉长岩、闪长岩、玄武岩、细碧岩、集块岩、凝灰岩、兰闪石片岩、石英绿泥石片岩、滑石—蛇纹石片岩及其他一些岩层。有的地方它们同透闪岩、凝灰质透闪岩、灰岩、杂砂岩、透石英岩和千枚岩等海相沉积岩相混杂。在构造上，东边与碎斑花岗岩、石英岩、碳酸盐岩（灰岩）、石英绢云母片岩和千枚岩构成的大陆板相交界。这套岩石统称为“尼米建造”（Nimi Formation属古生代或中生代）。而西部与平原地的复理石沉积岩（时代为上白垩统到始新统）交界。岩石、构造、变质作用和矿化结构的初始相特征说明这些蛇绿岩是同以下四组蛇绿岩集合体有关〔Coleman, 1977〕：（1）变质橄辉岩；（2）堆积镁铁质—超镁铁质岩；（3）玄武岩和辉绿岩冷凝壳（熔岩壳）；（4）同深海和火山沉积有关的枕状细碧岩集合体。

以上岩石至少记录了变形事件的三个阶段，也许可同阿尔卑斯—喜马拉雅造山运动相比较。破碎带内发育许多北东—南西向纵断裂和北西西—南东东向横断裂，变质状况表明了存在内力和外力变质事件〔Coleman, 1977〕。由沸石、绿片岩、兰片岩和闪岩相相迭加是该蛇绿岩带的变质特点。蛇绿岩带内伴生有豆荚状格铁矿及镍、钴、石棉、菱铁矿、滑石和碱金属硫化物。本文第一位作者发现，蛇绿岩有含磁铁矿的特大格、镍、钴矿体（最大是1Km×0.4Km×3~5m），这一发现非常惊人，不仅如此，而且它的岩石矿物生成序次有的也是自相矛盾，值得我们对现

在盛行的概念、原理、模式作出新的考虑。那加兰蛇绿岩中全部岩石单元、以及地幔重结晶作用、火成分异作用、喷出作用和热液交代作用、兰片岩变质作用和构造变形作用多次相互作用的一些特征等，或许可以解释特提斯洋壳非俯冲部分和印缅板块间的俯冲模式。

引言

那加兰的蛇绿岩带位于北纬 25° ，东经 $94^{\circ}30'$ ，在印度东北与缅甸交界的那加兰邦东部（费克和杜恩森区，图1）。这条北东—南西走向的蛇绿岩带面积为800平方公里（长90公里，宽50—15公里），在地质上构成印度—缅甸造山带的北部，地形崎岖难以行进。地形与

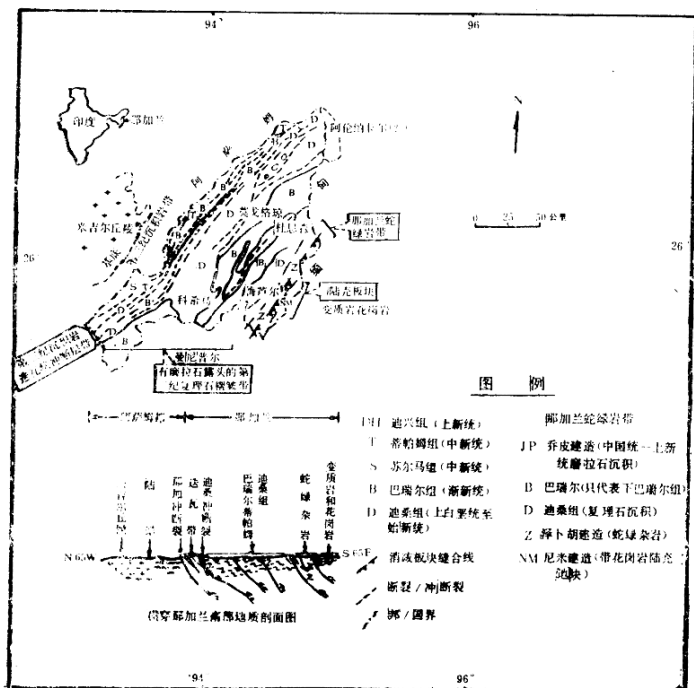


图1 那加兰构造地质图

其他青年期高山地貌区相似，有高山陡崖，狭谷和深沟。沿印缅边界高程一般约 600 米（河谷）到 800 米（高山）。

直到目前为止，这条蛇绿岩带的详细地质情况还不清楚，主要是因为这个区域难以进入，自然条件差。帕斯科(Pasco, 1912)在一次讨伐叛乱者的征战中，曾报导发现有几条同砾岩层相接触的蛇绿岩带和其他火成岩侵入体。他认为砾岩层就是迪桑组地层(Disang 第三纪)的底部。除了这次草率调查，直到该邦地质矿产董事会开始工作，即本文第一作者 1969—1970 年试图横穿这片处女地之前，这块地方一直没有踏勘过。第一次是在 1969—1977 年期间，他进行过多次地质考查，发现了发育和保存良好的蛇绿岩体的东段，以及岩石组成、区域地层、结构和构造、变质作用和矿化范围(图 2)。在这以前，这些都只是推测的，是岩石圈板块相互作用产生的结果，是一些地球科学工作者根据在东南亚毗连地区搜集的地质和地球物理的详细资料推测的。文中所包括的那加兰地质矿业董事会和印度地质调查所其他地质工作者取得的地质资料，与现在进行的工作互为补充，这些资料使得有可能与另一些地区的蛇绿岩带和聚合板块边缘进行类比。

本文的目的在于引起世界上地质科学家在观察全球构造时对那加兰蛇绿岩带加以注意，因为它与其他俯冲带的地质情况颇为相似。阿尔卑斯—特提斯那加兰蛇绿岩为支持若开山脉—那加缝合线的存在提供了又一证据。并对这一褶皱带的岩石构造的发育有了认识。

那加兰地质背景及那加兰的蛇绿杂岩

那加兰造山带之西以前寒武系边缘为第三纪陆棚沉积的米吉尔丘陵(阿萨姆邦)为界。西北以布拉马普特拉地槽线性构造为界；该蛇绿杂岩带分布于造山带的东部边缘，东以缅甸中央洼地的新生界沉积物为界；西以称之为叠瓦带和迪桑复理石沉积的第三纪仰冲断层的构造柱状体为界；在北西，进入喜马拉雅东头与之同轴同向的河曲地带；向南穿过钦—若开—安达曼—尼科巴到达苏门答腊海岸外的明达威群岛(印尼)。在构造上，这些蛇绿岩在阿尔卑斯—喜马拉雅造山带主要的前缘上冲带的部分地区有出露，也就是沿印度—缅甸最东部的山脉分布。

那加兰蛇绿岩(图 3)是一构造运移的蛇绿岩和受构造作用完全解体的混杂岩，蛇绿岩的岩石类型有：(1)超镁铁质杂岩，(2)辉长杂岩，(3)少量镁铁质岩墙，(4)镁铁质火山杂岩(其中有些为枕状构造)，(5)由燧石岩、页岩(千枚岩)和灰岩组成的组合沉积岩，(6)豆荚状铬铁矿，(7)长英质侵入岩和喷出岩。因而它们是发育完全和保存完整的蛇绿岩套[Anonymous, 1972]。在此带内见到各种岩类：蛇纹岩、蛇纹石片岩、蛇纹石化橄榄岩、辉石岩、纯橄榄岩(具有各种不同程度的蛇纹石化)、橄榄岩(主要是方辉橄榄岩类)、辉长岩、闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩、玄武岩、细碧岩、安山岩、粗面岩、流纹岩、中基性凝灰岩、集块岩、闪岩、角闪岩、角闪片岩、各种基性片岩(含不同比例的钠长石、绿帘石、方解石、阳起石、角闪石、榍石和石英)、兰闪石片岩、兰闪—石榴片岩、燧石岩(杂色燧石和放射虫燧石?)、凝灰质燧石岩、碧玉燧石质石英岩、杂砂岩和千枚岩。这些岩石的组合体与四组蛇绿岩的组合相似，这四组是(1)变质橄榄岩，(2)带有斜长花岗岩分异体的堆积镁铁质—超镁铁质岩套，(3)微基性的辉绿岩岩