文章编号：1674－9057（2010）03－0332－07

缅甸达贡山含镍风化壳地质地球化学特征及成矿作用

张道红，孙 媛

（云南省有色地质局，昆明 650051）

摘 要：缅甸达贡山含镍超基性岩的代表性风化剖面显示，该风化壳发育层带结构，自上至下依次为红土盖层—褐铁矿层—腐岩层—基岩。元素在该风化剖面上的分布特征显示，在风化作用中 SiO_2、MgO、CaO、Na_2O 等大量淋失，而 TiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MnO、Ni、Co、Cr_2O_3 等则残留于岩体风化壳之中。Ni 主要富集在腐岩层的中上部，平均含量1.56%（基岩 Ni 含量0.49%），系由上部含镍溶胶下渗在（腐岩层）弱碱性环境中发生次生沉淀的结果。腐岩层是该区红土型镍矿的重要找矿标志层位，Ni 次生富集带深度6～30 m。除有利于成矿的岩浆岩、气候以及大地构造条件外，适度的风化强度有利于 Ni 次生富集成矿。

关键词：红土型镍矿；含镍风化壳；超基性岩；地质地球化学特征；成矿作用；达贡山；缅甸

中图分类号：P618.63 **文献标志码**：A

达贡山风化壳型镍矿床位于缅甸北部曼德勒省与实皆省和北禅邦省的三省交界附近。矿区属亚热带季风气候，每年4月中旬至11月中旬为雨季(月平均降雨量约为145 mm)，其他月份为旱季(月平均降雨量约为9 mm)，年平均降雨量约1 200 mm，常年气温17～30 ℃。

矿区大地构造位于青藏板块（Ⅰ级）的密支那－实皆板块结合带（Ⅱ级），雅鲁藏布江缝合带南段之达贡－密支那缝合带南端（图1）。达贡－密支那缝合带发育的超基性岩，主要沿缝合带呈 NNE－NE 向展布。达贡山岩体上部受一系列 NNW 向断裂组切割，大致呈台阶状产出，这组断裂对风化壳的发育程度及断裂两侧岩石的差异风化作用控制明显。镍矿体受地形控制，产于平缓山脊地段的超基性岩上部风化红土之中，呈缓倾斜似层状（局部呈透镜状）产出；矿体厚度与风化壳发育深度有关。矿体中镍主要以类质同象形式存在于含镍硅酸盐矿物中（物相分析硅酸镍占88.4%），属硅酸盐型红土镍矿[1－2]。经过地质勘探，在达贡山超基性岩体顶部3.8 km^2的红土风化壳内，以含镍1.4%为边界品位，圈定金属量近70万t的镍矿资源（平均品位2.00%左右）。

1 含镍红土风化壳分带特征

镍矿体主要分布于达贡山山脊平缓地段的方辉橄榄岩等上部的红土风化壳中。矿区风化壳厚度一般3～40 m，平均厚度23.61 m，最厚达70.30 m，明显具有分层性，自上而下依次为：红土盖层—褐铁矿层—腐岩层—基岩。部分地段因褐铁矿层缺失致使红土盖层直接覆盖在腐岩层上。各分层岩性及矿物组合特征如下。

（1）红土盖层(M)。为紫红色、红棕色易碎的粘土状物质，其中粒径＜2 μm 的约占78.6%。主要矿物成分为针铁矿、赤铁矿、石英、白云母、伊利石和高岭石。厚度0～19.20 m，平均厚度3.80 m。

（2）褐铁矿层(L)。为褐黄色、红棕色褐铁矿化粘土，夹蜂窝状褐铁矿块，呈土状、碎块状、蜂窝状。主要矿物成分为褐铁矿、针铁矿及次生石英。厚度不稳定0～11 m，平均厚度2.71 m，一般厚度4 m。与上覆的红土盖层及下伏的腐岩层之间呈渐变或突变的接触关系。

收稿日期：2010－05－12

基金项目：中国有色矿业集团国际合作开发项目“缅甸达贡山镍矿勘探和可行性研究”（2004－07）”

作者简介：张道红（1961—），女，高级工程师，研究方向：矿产地质勘查及找矿，zdh78026@sina.com。

引文格式：张道红，孙媛. 缅甸达贡山含镍风化壳地质地球化学特征及成矿作用［J］. 桂林理工大学学报，2010，30（3）：332－338.

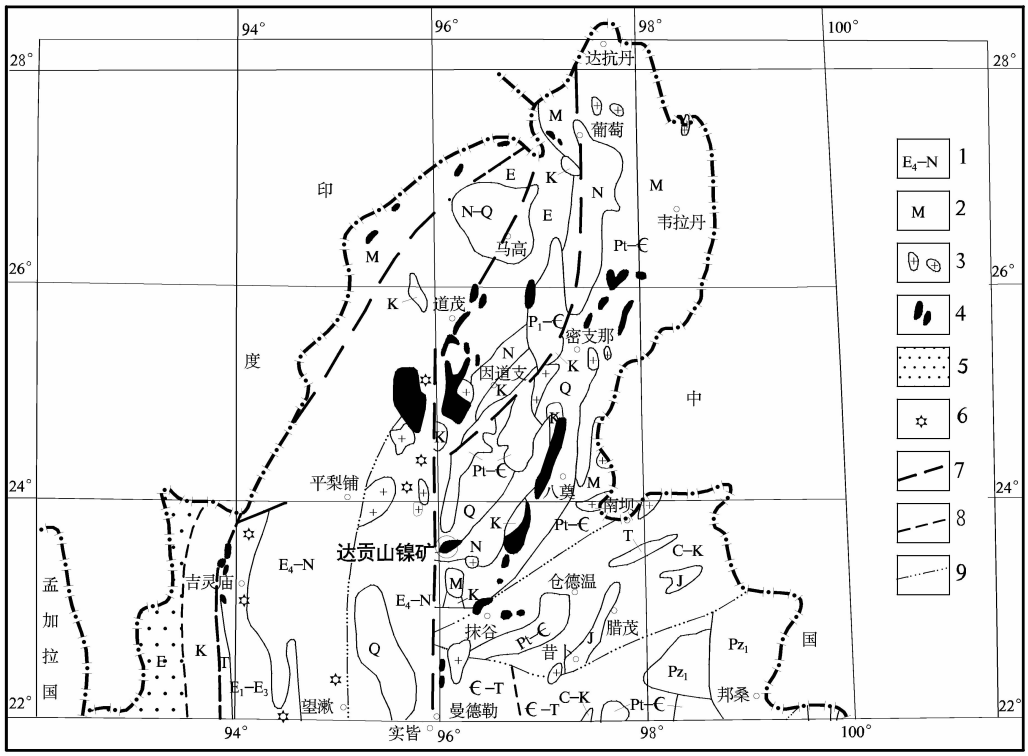


图 1　缅甸北部构造略图

Fig. 1　Sketch structure map of the north Myanmar

1—中新—上新统；2—变质岩；3—花岗岩；4—超基性岩；5—海相深水浊流相；6—火山喷发中心；7—板块结合带；8—区域断裂；9—三级单元界线

（3）腐岩层(S)。浅黄绿色,土状、碎块状、块状。上部风化程度较高，以土状为主，夹团块状蛇纹石化橄榄石和网格状次生石英碎块，沿裂隙或节理多见绿色硅镁镍矿；向下逐渐变为碎块状、块状，并且岩石的硬度逐渐增大，沿裂隙或节理多见网格状次生石英细脉及绿色硅镁镍矿薄膜。矿物成分以蛇纹石和蒙脱石为主，其次为滑石、绿泥石及风化作用形成的针铁矿和石英，见少量残余顽火辉石，偶见橄榄石。本层厚 1 ~ 30 m，平均厚度 8 m 左右。腐岩层与上覆褐铁矿层及下伏超基性岩之间呈渐变过渡关系，为主要含矿层位。

（4）基岩(U)。主要为强烈蛇纹石化方辉橄榄岩，并含纯橄榄岩及少量二辉橄榄岩、异剥橄榄岩等，呈褐色、黑褐色块状，主要矿物成分为蛇纹石和数量不等的蒙脱石，少量顽火辉石和橄榄石残余矿物。前人研究认为该超基性岩的侵位时间可能发生于始新世之后[3]，属喜马拉雅期的侵入岩。

达贡山含镍风化壳的层状结构较好地体现了超基性岩风化壳的垂直分带性，并可与印度尼西亚北科纳威大型风化红土型硅酸盐镍矿床及云南省元江硅酸盐镍矿床进行对比（表 1），依据主要矿物成分、岩石结构构造及镍的富集程度等特征，认为其腐岩层与印尼北科纳威镍矿的 3 个腐岩层、云南元江镍矿的蛇纹岩残余层至淋滤蛇纹岩层相当；褐铁矿层与云南元江镍矿的赭石层相当，印尼北科纳威镍矿的褐铁矿层发育不明显；红土盖层与印尼北科纳威的残余红土层、云南元江镍矿残积层相当。可见，风化壳分层的发育程度与之略有差异，这可能是由于原岩的矿物成分、化学成分，以及成矿气候条件等的差异所致。

2　含镍红土风化壳中主量及微量元素分布及地球化学特征

在达贡山含镍红土风化壳的代表性剖面（如 DH45 钻孔，图 2）中，各层的主量及微量元素分布表现出下述特征。

（1）TiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MnO、K_2O、Cr_2O_3、Ni、Co、Ba、Ce、Zr、Rb、Y 等组分在风化壳中上部呈增加趋势，从腐岩层向上进入褐铁矿层后增幅尤其明显，仅Ni例外，在腐岩层的中上部达

表 1 含镍红土风化壳分层对比

Table 1 Comparison of different layers in the nickel-bearing laterite weathering crust

矿床名称	缅甸达贡山	印尼北科纳威[4]	云南元江[5-6]
风化壳剖面发育特征	红土盖层：含 Ni 0.6%、Fe_2O_3 24.33%，为红色粘土，主要矿物针铁矿、赤铁矿、石英、白云母、伊利石和高岭石。厚 0 ~ 19.2 m	残余红土层：含 Ni 0.94%、Fe_2O_3 61.6%，褐红色腐植土及粘土，主要矿物褐铁矿、针铁矿及少量赤铁矿、次生石英、高岭石、铝土矿、铬铁矿、高铁铬铁矿。厚 0 ~ 53 m	残积层：含 Ni 极少量，个别达 1%，为红色粘土和砂土，主要为粘土矿物，有时夹褐铁矿块。厚 0 ~ 20 m
	褐铁矿层：含 Ni 1.01%、Fe_2O_3 34.9%，为含褐铁矿块的褐铁矿化粘土，主要矿物褐铁矿、针铁矿及次生石英。厚 0 ~ 11 m	土状腐岩层：含 Ni 1.02%、Fe_2O_3 51.37%，为土状风化橄榄岩，主要矿物蛇纹石、绿泥石、滑石、褐铁矿及少量橄榄石、铬铁矿、针铁矿。厚 0 ~ 46 m	赭石层：含 Ni 0.5% ~ 1.3%、Fe_2O_3 42% ~ 58%，为含赭石的松散粘土，主要矿物赭石及蛇纹石，另有绿高岭石及铁质粘土类矿物等。厚 0 ~ 8 m
	腐岩层：含 Ni 1.56%、Fe_2O_3 13.62%，为土状、碎块状、块状风化蛇纹石化方辉橄榄岩，主要矿物蛇纹石和蒙脱石。厚 1 ~ 30 m	土块状腐岩层：含 Ni 1.93%、Fe_2O_3 23.74%，土块状风化橄榄岩，主要矿物蛇纹石、辉石、绿泥石、赤铁矿、少量石英。厚 0 ~ 68 m	蛇纹岩残余层：含 Ni 1%、Fe_2O_3 22% ~ 50%，为残留蛇纹岩结构的松散粘土，主要矿物赭石、绿高岭石、蛇纹石及少量镍绿泥石、铁锰粘土类矿物等。厚 0 ~ 26 m
		块状腐岩层：含 Ni 1.17%、Fe_2O_3 13.08%，为块状半风化橄榄岩，主要矿物橄榄石蛇纹石、辉石。厚 0 ~ 37 m	绿高岭石化蛇纹岩层：含 Ni 0.5% ~ 1.6%、Fe_2O_3 15% ~ 20%，为粒状、块状风化蛇纹岩，主要矿物蛇纹石及绿高岭石，其次有暗镍蛇纹石及少量镍绿泥石、绢石、蛋白石、铬铁矿、磁铁矿等。厚 6 ~ 35 m
	基岩：含 Ni 0.3%、Fe_2O_3 7.39%，为方辉橄榄岩、橄榄岩等	基岩：含 Ni 0.22%、Fe_2O_3 8.97%，二辉橄榄岩和纯橄榄岩	淋滤蛇纹岩层含：Ni 0.2% ~ 0.8%、Fe_2O_3 12% ~ 15%，为半风化崩解蛇纹岩、硅化蛇纹岩及碳酸盐化蛇纹岩。主要矿物蛇纹石、滑石、锰土、铬铁矿、磁铁矿等。厚 0 ~ 25 m
			新鲜蛇纹岩：含 Ni 0.1% ~ 0.3%、Fe_2O_3 10% ~ 12%，为蛇纹石化辉石橄榄岩和纯橄榄岩
大地构造位置	达贡 - 密支那板块缝合带	印太海沟岛弧带东端与西太平洋海沟岛弧带交汇部位	康滇古陆与兰坪 - 思茅盆地接壤地带，墨江褶断带
气候条件	亚热带季风气候，年平均降雨量约为 1 200 mm	热带雨林气候，年平均降雨量约为 2 000 mm	亚热带季风气候，年平均降雨量约为 1 100 mm
岩体内部断裂	岩体东界为断裂控制，岩体内部有北西向断裂发育	岩体边部为断裂控制，内部有北北西向次级断裂发育	岩体受北西向断裂控制，其内有后期断裂导致岩体破碎

到最大值后呈减少趋势进入上部风化层。Fe_2O_3、Cr_2O_3在褐铁矿层达最高值后呈减少趋势进入红土盖层，其他组分在红土盖层中达最大值后往地表呈减少趋势。

（2）SiO_2、MgO、CaO、Na_2O 在风化壳中呈减少趋势，其中 MgO 从腐岩层中上部到顶部急剧减少，进入褐铁矿层后逐步趋于零；SiO_2在腐岩层与褐铁矿层分界附近快速下降到 20% 左右，进入红土盖层中上部至地表又增加到 35% 左右；CaO 在腐岩层中波动明显，局部弱富集，进入褐铁矿层后迅速下降趋于零；Na_2O 在整个风化壳中呈起伏不大的波状减少趋势。

（3）Cr_2O_3 与 Fe_2O_3、Co 与 MnO、CaO 与 Ni 具有同步增减的现象。

综合上述，将该剖面红土风化壳的主要氧化物及 Ni 含量平均值与基岩进行对比（表 2），可显示出如下地球化学特征：

（1）含镍超基性岩在亚热带湿润炎热的季风气候条件下将产生蛇纹石化蚀变，在持续风化作用中生物作用也随之结伴而行，蛇纹石等蚀变矿物

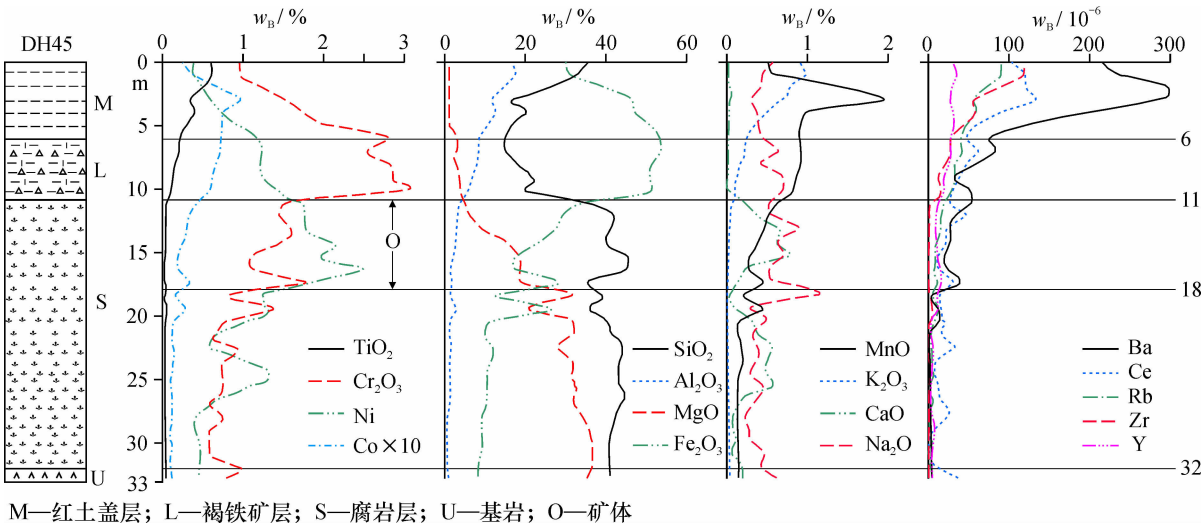


图 2　DH45 钻孔样品地球化学剖面图（据文献［3］整理）

Fig. 2　Geochemical profile of major rock composition of sample from the drill hole DH45

表 2　达贡山含镍红土风化壳各层平均化学成分

Table 2　Average chemical composition of each layer in the nickel-bearing laterite weather crust in Taguang Taung　　w_B/%

	SiO$_2$	TiO$_2$	Al$_2$O$_3$	Fe$_2$O$_3$	MnO	MgO	CaO	Na$_2$O	K$_2$O	P$_2$O$_5$	Cr$_2$O$_3$	Ni	烧失量
红土盖层	33.65	0.55	14.23	24.33	0.49	2.34	0.04	0.23	0.82	0.16	1.23	0.6	11.26
褐铁矿层	27.80	0.22	8.11	34.90	0.63	3.23	0.03	0.11	0.29	0.08	2.07	1.01	11.58
腐岩层	43.19	0.02	1.54	13.62	0.22	19.65	0.4	0.15	0.02	0.01	0.79	1.56	12.6
风化壳平均	40.33	0.06	2.69	17.28	0.28	15.74	0.34	0.14	0.07	0.02	0.98	1.38	12.43
基岩	42.99	0.01	0.80	7.39	0.13	31.8	0.52	1.1	0.01	0	0.45	0.49	12.39

注：据文献[1]综合；样品由云南有色地质局 308 队测试中心采用火焰原子吸收分光光度法和化学滴定法完成。

逐步分解形成可溶性氯化物、氢氧化物和硫酸盐及溶胶和大量的粘土矿物（伊利石、高岭石、蒙脱石），使硅、铝、铁、镁、钙、镍、钴等造岩元素及微量元素得以逐步分离，随地表水的不断向下循环渗透，SiO$_2$、MgO、CaO、Na$_2$O 等组分化学活动性强，易被地下水及溶液逐渐带出，而 TiO$_2$、Al$_2$O$_3$、Fe$_2$O$_3$、MnO、Ni、Co、Cr$_2$O$_3$ 等相对稳定的组分则在风化壳的不同区域得以相对和绝对富集[7-10]，使元素地球化学剖面显示出与岩性剖面基本对应的垂直分带特征。

（2）SiO$_2$、Al$_2$O$_3$、Fe$_2$O$_3$、MnO、Cr$_2$O$_3$ 等组分均在靠近腐岩层和褐铁矿层分界面附近发生含量的剧变，说明该区域为一地球化学介质分界区。依据前人研究成果[11]（红土剖面氧化带顶部 pH 为 5，到基部腐岩带增至 8.5）及含量剧变元素的地球化学性质（在炎热雨量充足的表生风化作用下，铝在 pH 值 5～9 的介质条件下产生氢氧化铝沉淀、铁在 pH 值大于 5 的介质中易发生沉淀、含铬硅酸盐矿物在腐殖酸的作用下可溶解析出铬经胶体搬运由离子吸附在粘土中富集等[8,10]），推测界面以上为弱酸性的氧化介质环境，界面以下为弱碱性的还原介质环境。

（3）Cr、Mn、Fe、Co、Ni 属元素周期表中的过渡族元素（元素地球化学分类的铁族元素），其离子的特性使它们在风化淋滤作用中表现为惰性而相对富集于风化壳的中上部；由于钴易被氢氧化铁和锰的氧化物吸附，含铬、锰、铁的溶液、溶胶通常在偏酸性介质中沉淀，含镍的重碳酸盐、硫酸盐和氢氧化物溶胶易在弱碱性介质中沉淀，加之以硅酸盐形式存在的镍的溶解度低于以氧化物存在的镍，至使镍在风化壳中的富集部位低于铬、锰、铁、钴的富集部位；钙在风化作用中常以重碳酸盐形式溶于水中，在弱碱性介质中沉淀，因而在风化剖面中表现为与镍同步富集[8]。

（4）Ba、Ce、Rb、Y、Zr 元素在地壳中主要分配在酸性岩浆岩中，Ba、Ce、Rb、Y、Zr 在超基性岩中的平均含量甚微，红土盖层中 Ba、Zr、Ce、Rb、Y 等元素含量异常高，达（30～300）×10^{-6}，推

测与花岗岩物质有关，红土盖层中可能有外来物质的混入。

3 风化作用与镍的富集

3.1 风化作用

根据所研究风化剖面中各层硅、铝、铁的氧化物含量计算硅铝系数（SiO_2/Al_2O_3）和铝铁硅［$(Al_2O_3 + Fe_2O_3)/SiO_2$］系数，结果（表 3）显示：剖面由下至上，即从基岩—腐岩层—褐铁矿层—红土盖层，硅铝系数逐渐减小，而铝铁硅系数则逐渐增大，反映风化强度由弱到强的变化趋势[11]。

由硅铝系数及铝铁硅系数对比可见，达贡山镍矿的风化强度虽然明显低于印尼北科纳威镍矿床及云南元江镍矿床，但其风化壳中镍的平均富集程度却大于上述两个矿床。这表明，过强的风化作用或许对镍的富集并不十分有利。已有研究证实镍的富集与适度的风化强度相关[12-13]。

3.2 镍的富集

镍在不同的风化层位中的富集程度有明显的差异。在腐岩层中镍含量一般大于 1.4%，平均值为 1.604%，最高可达 4.24%；镍主要富集在腐岩层的上部，其次（局部）富集于该层的中下部（图 2）。在褐铁矿层中镍只在局部富集，镍品位一般小于 1%（少数达 1.4% 以上）。在红土盖层及基岩中镍的含量明显较低：红土盖层平均含镍 0.578%（极少数可达到 1.4%）；风化基岩平均含镍 0.49%（未风化的基岩中镍含量为 0.3%）。

此外，由风化壳镍品位变化曲线（图 3）可见：浅部 1 ~ 6 m 镍矿化随深度增加而逐渐增强；至 6 ~ 30 m 深度范围，镍平均品位最高，并出现个别极高品位；在深度达 30 m 以上镍品位呈缓慢减弱趋势，至 60 m 深后逐渐趋于基岩背景值。

4 成矿作用探讨

达贡山超基性岩体的镍丰度值较高，镍平均值为 0.3%（未风化原岩），比地壳中镍克拉克值 0.007 5%（泰勒，1964）高 2 个数量级，为世界超基性岩中镍丰度 0.2%（维诺格拉多夫，1962）

表 3 达贡山含镍红土风化壳风化参数

Table 3 Parameters of the weathering intensity of the nickel-bearing laterite in Taguang Taung

风化剖面	化学成分 w_B/%				风化系数		
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Ni	SiO_2/Al_2O_3	Al_2O_3/Fe_2O_3	$(Al_2O_3 + Fe_2O_3)/SiO_2$
红土盖层	33.65	14.23	24.33	0.60	4.01	0.92	0.52
褐铁矿层	27.8	8.11	34.9	1.01	5.82	0.36	0.64
腐岩层	43.19	1.54	13.62	1.56	47.6	0.18	0.14
基岩	42.99	0.8	7.39	0.49	91.21	0.17	0.08
缅甸达贡山风化壳平均值	40.33	2.69	17.28	1.38	25.45	0.24	0.20
印尼北科纳威红土镍矿风化壳平均值①	20.70	10.75	44.14	1.07	3.27	0.38	1.11
云南元江镍矿风化壳平均值②	32.30	5.20	22.20	1.00	10.54	0.37	0.35

注：①据文献［4］中 E 块段数据计算；②据文献［6］金厂矿区 206 - 13 工程品位变化曲线图综合计算。

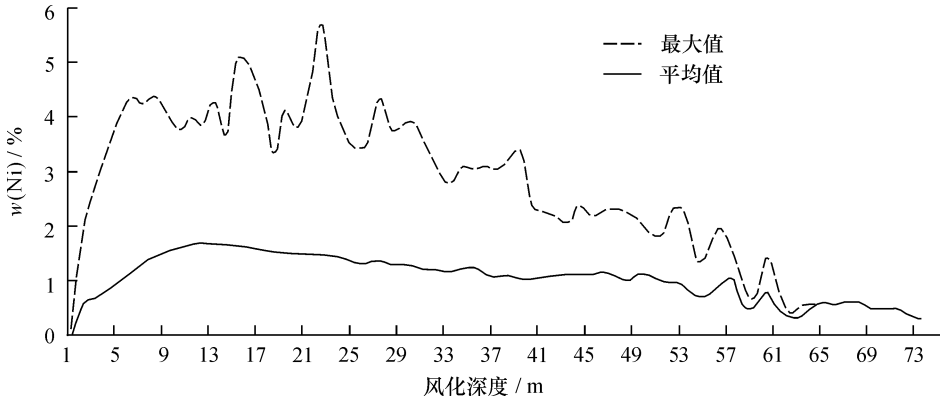


图 3 达贡山红土风化壳镍品位变化曲线（据文献［1］）

Fig. 3 Variation of the nickel grade in the lateritic weather crust in Taguang Taung

的 1.5 倍，可作为提供成矿物质的母岩；加之，该区处于亚热带季风气候带，并且自新生代（新近纪）以来区域大地构造处于相对抬升期，具备红土型硅酸镍矿床成矿的有利条件。

一般认为，超基岩中的橄榄石和辉石为载镍矿物。在超基性岩风化过程中，随着这些载镍矿物发生蛇纹石化蚀变，使其所含的镍转移进入蛇纹石中；蛇纹石进一步分解镍得以释放——镍主要以重碳酸盐、少量呈硫酸盐和氢氧化镍溶胶进入溶液，并且通过淋滤作用含镍溶液由风化壳上部向下渗透、迁移。在湿热的气候条件下，风化壳的上部介质属偏酸性环境，而向下至腐岩层逐步转变为偏碱性环境[12]。当含矿溶液下渗至腐岩层时，偏碱性的环境可使溶液中所携带的镍呈水硅酸镍沉淀，结晶形成含镍矿物如镍蛇纹石、镍绿泥石，含镍的蒙脱石、滑石、绿泥石等，产生次生富集（绝对富集），加上由于镁和二氧化硅淋失而使镍的相对富集形成镍矿体[14-20]。在次生富集成矿过程中，若超基性岩的风化程度太深，则会使蛇纹石化太强，粘土化也随之较强，对含镍溶液向下渗透和淋滤起到一定阻碍作用，影响镍的富集，如印尼北科纳威红土镍矿及云南元江镍矿，难以形成富矿。

达贡山超基性岩体成矿条件较好，并且岩体风化程度适当，有利于在其风化壳中腐岩层上部形成镍的大量次生富集；至于在局部地段镍富集于腐岩层的中下部，则可能与含矿溶液迁移的路径、构造裂隙发育的程度以及腐岩层局部镍吸收的能力差异等因素有关。

5　结　论

缅甸达贡山含镍超基性岩的风化壳剖面具有明显的分带特征，自上至下依次由红土盖层—褐铁矿层—腐岩层—基岩组成。风化壳中元素的分布具有明显的垂直分带特征，显示出含镍超基性岩在持续的风化作用过程中，SiO_2、MgO、CaO、Na_2O 等组分大量淋失，而 TiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、MnO、Ni、Co、Cr_2O_3 等组分则聚积残留于风化壳之中。镍在腐岩层中上部形成工业矿体的主要原因可能是：基岩中的镍经风化作用形成含镍溶胶，当其下渗进入腐岩层的弱碱性环境时，渗滤液中的镍发生沉淀，形成镍次生富集。

除有利于成矿的岩浆岩条件、气候条件以及大地构造条件外，镍的次生富集还与适度的母岩风化强度相关，过强的风化作用可能对镍的成矿不利。风化壳中下部的弱风化层——腐岩层是达贡山红土风化壳型镍矿的重要找矿标志层位，镍的次生富集带深度为地表下 6 ~30 m。

本文撰写过程中得到云南省有色地质局罗玉福副局长及云南省有色地质局 308 队的大力支持，陈百友和张学书博士给予了大力帮助，云南省有色地球物理化学勘查院图文中心韦堃、何敏芳等精心绘制了插图，在此表示诚挚的感谢！

参考文献：

[1] 何灿，杨应平，李国清，等. 缅甸达贡山红土型镍矿勘探报告［R］. 昆明：云南省有色地质局，2005.

[2] 程迁群，罗太旭. 缅甸达贡山风化壳型硅酸镍矿床［J］. 云南地质，2009，28（4）：420-424.

[3] Meinhold K D，Htay Than，Weiland L，et al. Exploration of the Nicke-Laterite Occurrence at Tagaung Taung，Burma（Part Ⅰ），80. 2102. 4［R］. 缅甸：联邦社会主义共和国技术服务公司，1988.

[4] 何灿，彭留伟，周伟家，等. 印度尼西亚东南苏拉威西省北科纳威县维维拉诺 KE 块段红土型镍矿详查报告［R］. 昆明：云南省有色地质局，2009.

[5] 江鸿飞，虞裕如. 云南省墨江县、元江县硅酸镍矿开发利用前期研究报告［R］. 昆明：西南有色地质勘查局地质研究所，1998.

[6] 云南省地质局第二区域地质测量队. 1∶20万墨江幅区域地质调查报告［R］. 昆明. 云南省地质矿产勘查开发局，1973.

[7] 袁见齐，朱上庆，翟裕生. 矿床学［M］. 北京：地质出版社，1979：212-228.

[8] 刘英俊，曹励明，李兆麟，等. 元素地球化学［M］. 北京：科学出版社，1984：6-124.

[9] 武汉地质学院地球化学教研室. 地球化学［M］. 北京：地质出版社，1979：305-322.

[10] Samama J C. 矿田与大陆风化［M］. 章锦统，译. 北京：地质出版社，1989：129-150.

[11] 梅纳德 J B. 沉积矿床的地球化学［M］. 李清波，译. 天津：冶金工业部天津地质研究院编辑部，1985：85-94.

[12] 黄镇国，张伟强，陈俊鸿，等. 中国南方红色风化壳［M］. 北京：海洋出版社，1996：38-53.

[13] 李德文，崔之久，刘耕年. 风化壳研究的现状与展望［J］. 地球化学，2002，23（3）：283-288.

[14] 付伟，周永章，陈远荣，等. 东南亚红土镍矿床地质地

球化学特征及成因探讨——以印尼苏拉威西岛 Kolonodale 矿床为例［J］. 地学前缘，2010，17（2）：127－138.

［15］罗太旭. 印度尼西亚卫古岛风化壳型硅酸镍矿床地质特征与成矿机制［J］. 地质与勘探，2008，44（4）：45－49.

［16］刘成忠，尹维青，涂春根，等. 菲律宾吕宋岛红土型镍矿地质特征及勘查开发进展［J］. 江西有色金属，2009，23（2）：3－6.

［17］崔敏利，张宝林，苏捷，等. 印尼苏拉威西岛红土型镍矿的高效快速勘查模式［J］. 地质与勘探，2009，45（4）：417－421.

［18］王瑞江，聂凤军，严铁雄，等. 红土型镍矿床找矿勘查与开发利用新进展［J］. 地质评论，2008，54（2）：215－223.

［19］马绍春，郑国龙. 缅甸莫苇塘红土型镍矿成矿地质条件［J］. 云南地质，2009，28（2）：166－171.

［20］徐强，薛卫冲，徐素云，等. 印度尼西亚红土镍矿的生成及找矿勘探［J］. 矿产与地质，2009，23（1）：73－75.

Geololgical－Geochemistry Characteristics and Minerogenesis of Nickel-Bearing Weathering Crust in Taguang Taung, Myanmar

ZHANG Dao-hong, SUN Yuan

(*Yunnan Nonferrous Metals Geological Bureau*, *Kunming* 650051, *China*)

Abstract: Typical weathering profile of nickel-bearing ultramafic rock in Taguang Taung, Myanmar, demonstrates that a band structure is developed in the weathering crust, including top laterite cover, upper limonite layer, under saprolite layer, and bottom ultramafic rock base. The characteristics of elements distributing in the profile reveal that SiO_2, MgO, CaO, Na_2O leached out, while TiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MnO, Ni, Co, Cr_2O_3, etc. remained in the crust. Ni is concentrated in the middle-upper saprolite layer with Ni average content of 1.56% (compared to 0.49% Ni in ultramafic rock base), because the saprolite may form a weak alkaline condition and benefit second precipite of Ni, infiltrating as a sol form in the crust. The saprolite layer is an important mark for exploration of laterite-type Ni deposits in Taguang Taung district, and Ni second precipitate belt is located at the depth of 6－30 m. In addition, a modest weathering of nickel-bearing ultramafic rock is good for Ni enrichment in the crust, apart from other beneficial conditons such as magma, climate and geotectonics.

Key words: lateritic type nickel deposits; nickel-bearing weathering crust; ultrabasic rock; geological-geochemical characteristic; minerogenesis; Taguang Taung; Myanmar