

东天山天宇镍矿床控矿构造初步研究

陈柏林, 董法先, 李松彬, 陈正乐, 韩凤彬

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

摘要: 天宇铜镍矿床位于塔里木板块之中天山地块东南缘, 铜镍矿床主要受康古尔断裂和雅满苏断裂控制。矿区及外围主要出露中元古界的一套中、深变质岩系, 次为上古生界一套火山熔岩、火山碎屑岩; 褶皱构造和断裂构造比较发育, 以北东东向为特征, 白虎关复背斜是区内一级褶皱构造, 砂泉子断裂 (雅满苏断裂在区内的部分) 是区内一级断裂构造; 片麻岩及变形花岗岩中各种片麻状与眼球状构造非常发育, 反映遭受了区域性韧性变形。详细的地表地质与坑道调查显示, 矿区内以断裂构造为特征, 主要有北东向断裂和近南北 (北北东) 向断裂, 其中一部分北东向断裂控制含镍矿超基性岩体的侵位和展布, 继而控制镍矿体的分布; 近南北 (北北东) 向断裂主要为成矿后断裂, 对含矿超基性岩体及镍矿起左行断错和破坏作用。但是在天宇镍矿区断错有限, 主矿体比较完整, 没有被明显断错。在 1350 m 采矿中段镍矿体的突然尖灭不是南北向断裂断错造成的, 而是含矿超基性岩体内镍矿化不均匀的自然尖灭结果。此研究成果对于东天山地区乃至国内同类型铜镍矿床的构造控矿作用分析、矿山采矿工程部署等具有重要的启示。

关键词: 断裂; 控矿构造; 超基性岩; 天宇镍矿; 东天山

中图分类号: P613; P618.63

文献标识码: A

A PRELIMINARY STUDY ON THE ORE-CONTROLLING STRUCTURE IN TIANYU NICKEL DEPOSIT, EASTERN TIANSHAN MOUNTAINS, NW CHINA

CHEN Bailin, DONG Faxian, LI Songbin, CHEN Zhengle, HAN Fengbin

(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Tianyu nickel deposit is located in southeastern margin of east Tianshan block of the Trim Plate. It is closely related between the ore resource and the tectonics in east Tianshan area, while the Cu-Ni deposits are mainly controlled by regional deep-major fault zone (Kanggur fault and Yamansu Fault et al). The mainly outcropped lithology are medium-hypo metamorphic rocks of middle Proterozoic group and secondarily are volcanic rocks and pyroclastic rocks of upper Paleozoic group in Tianyu deposit and its vicinity. Folds and faults are well developed with NEE-trending extension in the area, in which, Baihuguan composite anticline is a first-order fold and Shaquanzi fault (as a part of the Yanmansu fault) is a first-order fault. Gneissoid and augen structures of metamorphic rocks or deformed granites are also well developed, which indicates that ductile deformation had occurred. Detailed surface geology and tunnel survey reveal that, there mainly are NE-trending and SN (NNE) -trending faults in ore area. Some of the NE-trending faults control on the Ni ore body by means of controlling the emplacement and

distribution of the Ni-bearing ultra-basic rocks. The SN (NNE) -trending faults developed and became active after the forming of the Ni ore body, and often offset ultra-basic rock and Ni ore body with sinistral sense of displacement. Nevertheless, there isn't an obvious sinistral sense of Ni ore body by SN (NNE) -trending faults in Tianyu ore area, and the main Ni ore body is complete and entire. The lens out of Ni ore body at northeast of CM12 on 1350m level was not caused by F8 fault, but resulting from a nature pinching out because of inhomogeneous nickel mineralization in ore-bearing ultra-basic rocks. The results of this study have important implications for the analysis of ore-controlling structure in eastern Tianshan mountains and all domestic copper-nickel deposits as well as the deployment of mining projects.

Key words: fault; ore-controlling structure; ultra-basic rock; Tianyu nickel deposit, eastern Tianshan Mountains

0 引言

新疆天宇铜镍矿区位于新疆哈密市东南方向约 170 km, 在大地构造上位于塔里木板块 (I 级) 中天山地块 (II 级) 东南缘。区域构造以近东西向为特征, 中天山地块为一古陆块, 北以阿齐克库都克—沙泉子深大断裂为界与觉罗塔格晚古生代岛弧带相接, 南以卡瓦布拉克—红柳河深断裂为界与北山裂谷带相邻, 呈近东西带状, 略向南突的弧形分布^[1-2]。

天宇镍矿位于上述区域的东部, 地处中天山地块东段星星峡隆起带^[1-2]。东天山地区铜镍矿产资源丰富, 发现了包括黄山、黄山东、香山在内的多个铜镍矿床, 其主要产于康古尔塔格古生代蛇绿混杂岩带中; 而天宇铜镍矿床出露于阿奇山—雅满苏晚古生代裂谷偏南侧位置, 其大地构造背景存在明显差异。区内发现了白石泉、天宇、天香等铜镍矿床 (点), 同时分布有大量的基性—超基性岩体。因此, 天宇铜镍矿的找矿突破对于区域成矿构造环境、矿床成因研究和找矿预测具有重要意义。

天宇镍矿由新疆地质六队于 2004 年发现, 2005—2006 年开展普查。2007—2008 年新疆新华联天宇矿业有限责任公司投资勘查, 委托新疆地质六队实施。经地表调查和深部工程控制, 确定为小型镍矿床。2009 年由新华联天宇矿业投资开发。对于天宇镍矿及相关铜镍硫化物矿床的岩石学、岩石化学、矿床学、同位素年代学以及成矿物质来源、岩浆演化、成矿模式与找矿模型、磁异常特征等方面很多学者开展了一系列研究, 并取得了重要认识^[3-12]。但是对于构造控矿作用几

乎未开展研究, 直接影响了镍矿的进一步勘查找矿和井下开采。

现以地质力学—构造控岩控矿理论为指导, 通过野外 (地表与井下) 详细调查研究, 初步查明天宇镍矿区构造控矿特点, 分析了后期构造对铜镍矿的改造与破坏作用。

1 区域构造背景与矿产分布

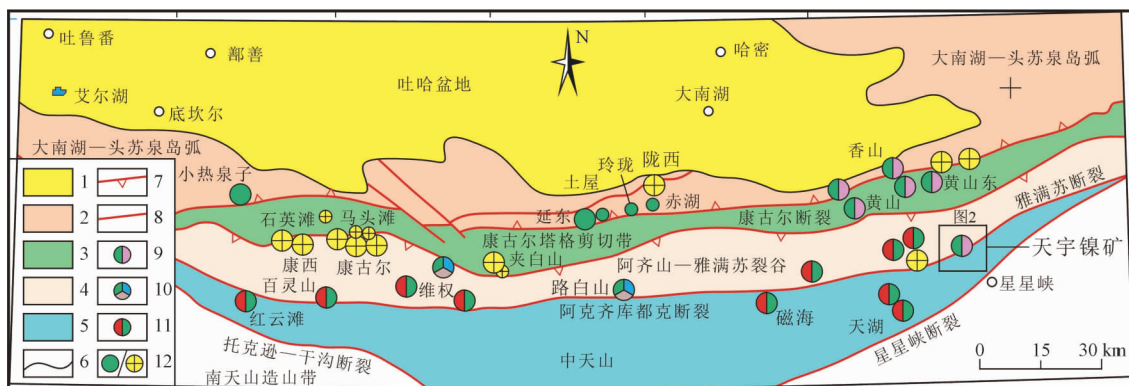
东天山是我国重要成矿带之一, 区内主要矿产有金矿、铁铜矿、铜矿、铜镍矿和多金属矿。天宇铜镍矿位于东天山成矿带的东段, 从图 1 可以看出, 东天山地区区域构造与矿产分布关系密切, 铜矿床主要分布于康古尔断裂北侧, 金矿床主要沿康古尔塔格剪切带分布, 铁矿床和铁铜矿床主要分布于阿齐山—雅满苏裂谷带南侧和中天山地块中, 而铜镍矿床主要分布于东天山东段的黄山—天宇一带。区域构造和构造单元控矿作用明显。主要受东天山区域性深断裂 (康古尔断裂和雅满苏断裂) 控制^[1-2]。

2 矿区外围地质与构造

2.1 矿区外围地质概况

矿区及外围出露的地层主要为中元古界中、深变质岩系, 其次为上古生界火山熔岩、火山碎屑岩, 自老到新出露如下 (见图 2)。

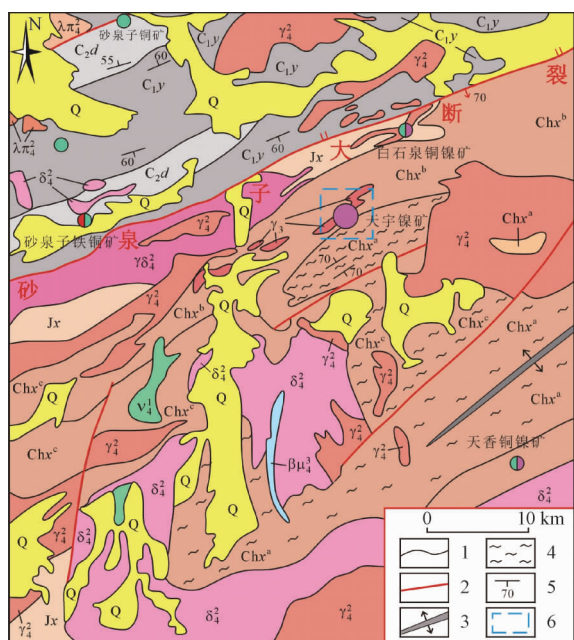
长城系星星峡组 (Chx): 为一套深变质岩系, 进一步划分为三个亚组。下亚组: 灰色片麻岩、混合岩; 中亚组: 灰色片岩、片麻岩、大理岩、石英岩; 上亚组: 灰色石英片岩、片麻岩、混合岩夹大理岩。



1—吐哈盆地; 2—大南湖-头苏泉古生代岛弧; 3 康古尔塔格古生代蛇绿混杂岩带及韧性剪切带; 4—阿奇山-雅满苏晚古生代裂谷; 5—中天山岩浆弧; 6—地质界线; 7—板块俯冲带; 8—大断裂; 9—铜镍矿; 10—多金属矿; 11—铁铜矿; 12—铜矿/金矿

图1 东天山地区大地构造格架与矿产分布图 (据文献 [1] 修编)

Fig. 1 Sketch map of tectonics and ore deposits in the eastern Tianshan Mountains, NW China



Q—第四系; C_2d —石炭系上统底坎尔组; C_1y —石炭系下统雅满苏组; Jx—蓟县系; Chx^e —长城系星星峡组上亚组; Chx^b —长城系星星峡组中亚组; Chx^a —长城系星星峡组下亚组; $\beta\mu_4^3$ —华力西晚期辉绿玢岩; γ_4^2 —华力西中期花岗岩; $\gamma\delta_4^2$ —华力西中期花岗闪长岩; δ_4^2 —华力西中期闪长岩; $\lambda\pi_4^2$ —华力西中期石英斑岩; γ_4^1 —华力西早期花岗岩; δ_4^1 —华力西早期闪长岩; v_4^1 —华力西早期辉长岩; γ_3 —加里东期花岗岩; 1—地质界线; 2—断层; 3—背斜构造; 4—片麻理; 5—产状; 6—天宇矿区 (图5位置)

图2 东天山天宇镍矿及外围地质图

Fig. 2 Geological map of Tianyu nickel deposit and its vicinity in eastern Tianshan Mountains

蓟县系 (Jx): 称为卡瓦布拉克组, 为一套大理岩、白云质大理岩、条带状大理岩、片岩。

石炭系下统雅满苏组 (C_1y): 灰色灰岩、长石砂岩、玄武岩、凝灰岩夹凝灰角砾岩, 多辉绿岩脉。
石炭系上统底坎尔组 (C_2d): 深灰色泥岩、粉砂岩、砂岩、灰绿色凝灰岩、凝灰砂岩、含砾凝灰砂岩、玄武玢岩。

第四系 (Q): 冲洪积砾石、砂土及碎石。

矿区及外围出露侵入岩主要为华力西期花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、辉长岩和石英斑岩等。超基性岩是铜镍矿床的成矿母岩, 但是出露比较小。

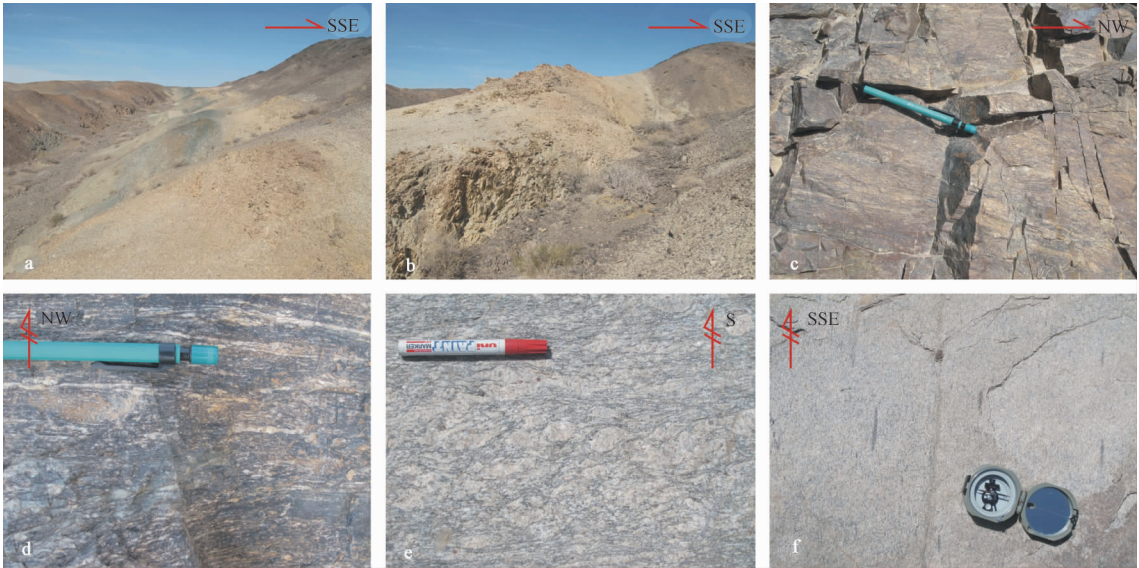
矿区及外围构造 (见图3、图4) 以褶皱构造和断裂构造为主, 褶皱构造有白虎关复背斜, 断裂构造有沙泉子深大断裂从矿区中部通过, 其派生的次级断裂比较发育。白虎关复背斜位于中东部, 由长城系星星峡组中深变质岩构成, 核部为星星峡组下亚组, 两翼为星星峡组中亚组和上亚组。其北翼天宇镍矿一带发育一系列次级褶皱 (详见后文)。

砂泉子断裂是区域上雅满苏断裂东段在研究区内的部分, 位于天宇镍矿以北6 km处, 呈北东东延伸, 断裂南东侧为中上元古界中深变质岩系, 以灰色片岩、片麻岩、大理岩、石英岩; 北西侧为石炭系火山—沉积岩系, 灰色灰岩、长石砂岩、玄武岩、凝灰岩夹凝灰角砾岩。在T24地质点, 该断裂露头表现为沟谷地貌特点和断层退色破碎带, 且在断层退色破碎带中发育明显的片理化 (见图3a、3b)。

各种变形构造将在下小节专门描述。

2.2 矿区外围变形构造

矿区外围变形构造主要是变质变形构造, 其主要出露在矿区及外围的长城系星星峡组深变质岩中, 主要表现为眼球状构造、片麻状构造和低



a—砂泉子断裂地貌特点和断错褪色破碎带，T24 地质点，镜头向北东东；
b—图片（a）的局部放大，沙泉子断裂断层褪色破碎带中发育明显的片理化，T24 地质点，镜头向北东东；
c—红柳沟断裂北西侧酸性火山岩中韧性变形带，T02 地质点北，镜头向南西下；
d—红柳沟断裂北西侧酸性火山岩中韧性变形带，T02 地质点北，镜头向北西下；
e—眼球状糜棱片麻岩，眼球具有定向，S-C 组构造指示右行，天宇—星星峡剖面 T53-2 地质点，镜头向南下；
f—弱片麻状花岗岩中捕虏体拉长并呈 70°方向定向排列，矿区 2 线北西，T16 地质点，镜头向下

图 3 天宇镍矿外围沙泉子断裂、变质岩与变形花岗岩中眼球状及片麻状构造露头照片

Fig. 3 Photographs showing the Shaquanzi fault and gneissoid and augen structures of metamorphic rocks in Tianyu nickel dposit and its vicinity

级别褶皱构造。

(1) 片麻状眼球状构造

天宇镍矿区外围星星峡东侧（T02 地质点），长城系星星峡组火山岩发生韧性变形，形成片麻状眼球状构造，构成眼球状片麻岩（见图 3c、3d）；在矿区东南侧的星星峡西侧（T53-2 地质点），主要表现为眼球状片麻岩、部分的经过静态恢复的变晶糜棱岩或者糜棱状片麻岩（见图 3e）；在天宇矿区北侧（T16 地质点），花岗岩中俘虏体呈现明显的拉长状（见图 3f）。

(2) 褶皱变形构造

变质岩褶皱变形构造主要出露在矿区及外围的长城系星星峡组深变质岩中，主要表现为一系列背形和向形构造（见图 4a）。这些褶皱构造属于白虎关复背斜北翼的次级褶皱。

在天宇—白石泉剖面，自北向南可见多个次级褶皱现象：①在天宇镍矿东北、白石泉铜镍矿南侧的 T64 地质点，可见不对称小褶皱，反映上层向北向上的相对运动，指示高一级褶皱背形在北侧，向形在南侧（见图 4b）；②在天宇镍矿 110°方向 3.8 km 的 T91 地质点，片麻岩中 S 形褶皱，反映上层向南向上的相对运动，指示背形构造在

南侧，向形构造在北侧（见图 4c）；③在天宇镍矿 168°方向 2.4 km 的 T29 地质点，反映北侧左行逆冲，指示背形构造在南侧，向形构造在北侧（见图 4d）；④在天宇镍矿 139°方向 4.8 km 的 T36 地质点，黑云斜长片麻岩中发育多个小褶皱转折端，枢纽向南西西倾伏，指示位于高一级褶皱转折端附近的南东翼（见图 4e）；⑤在天宇镍矿 152°方向 6.7 km 的 T51 地质点，片麻岩中的不对称褶皱指示向形构造在北西侧，背形构造在南东侧（图 4f）；依据这些低级别 S 型和 Z 型小褶皱以及对称的 M 型小褶皱，逐段恢复高一级褶皱构造，共计有 3 个背形构造和 2 个向形构造相间出露（见图 4a）。另外在区内天香铜镍矿北东侧的 T09 地质点，片麻岩中的褶皱构造，反映北侧相对上升层间活动，指示其北侧存在一个低级别向形，南侧存在一个低级别背形（见图 4a、4g）。

3 矿区构造及其控矿作用

3.1 矿区构造特征

矿区构造比较简单，以断裂构造为主，但编号混乱，本文以 1/5000 地质图编号为准（见图 5）。

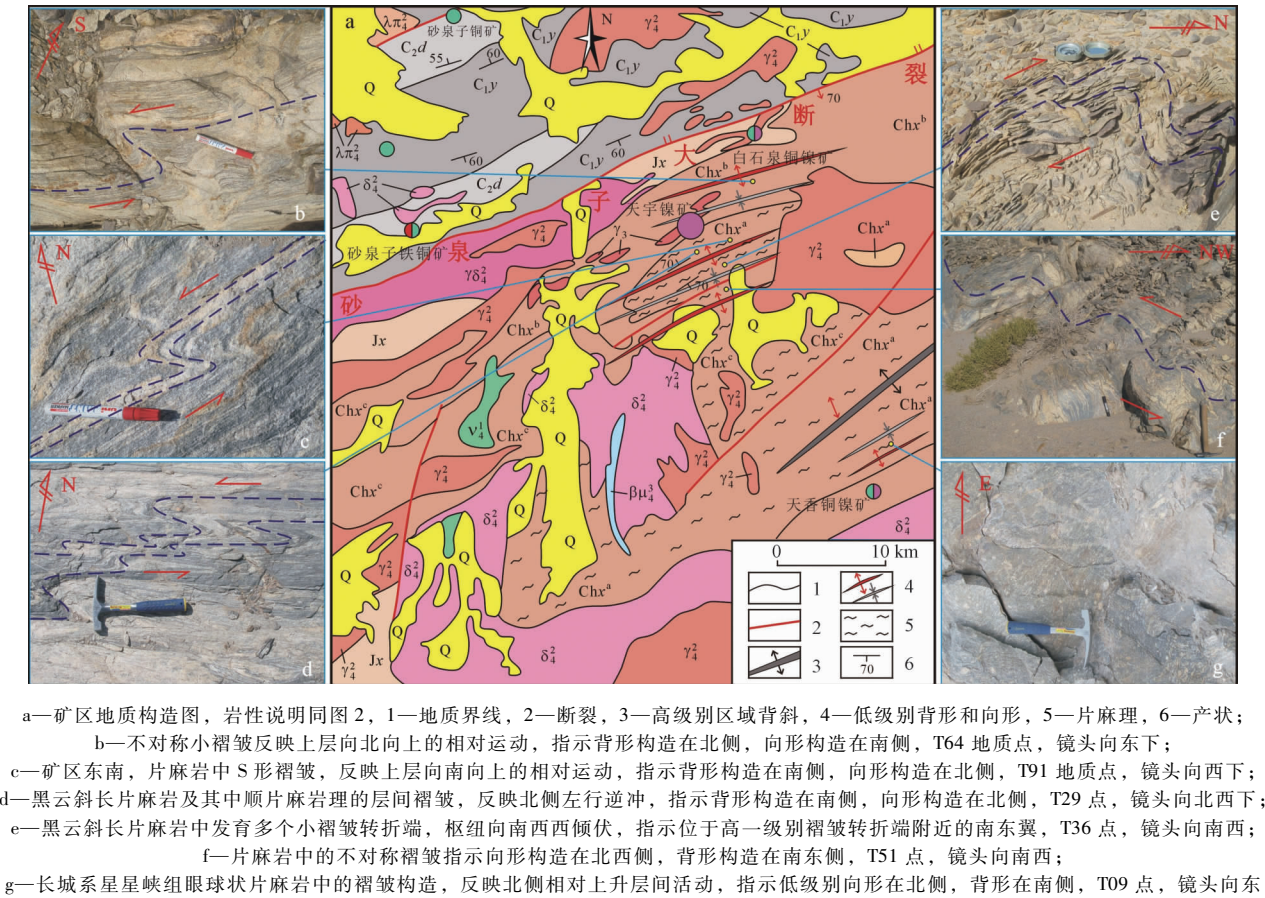


图4 天宇镍矿外围褶皱构造图

Fig. 4 Maps showing folds in Tianyu nickel deposit and its vicinity, eastern Tianshan Mountains

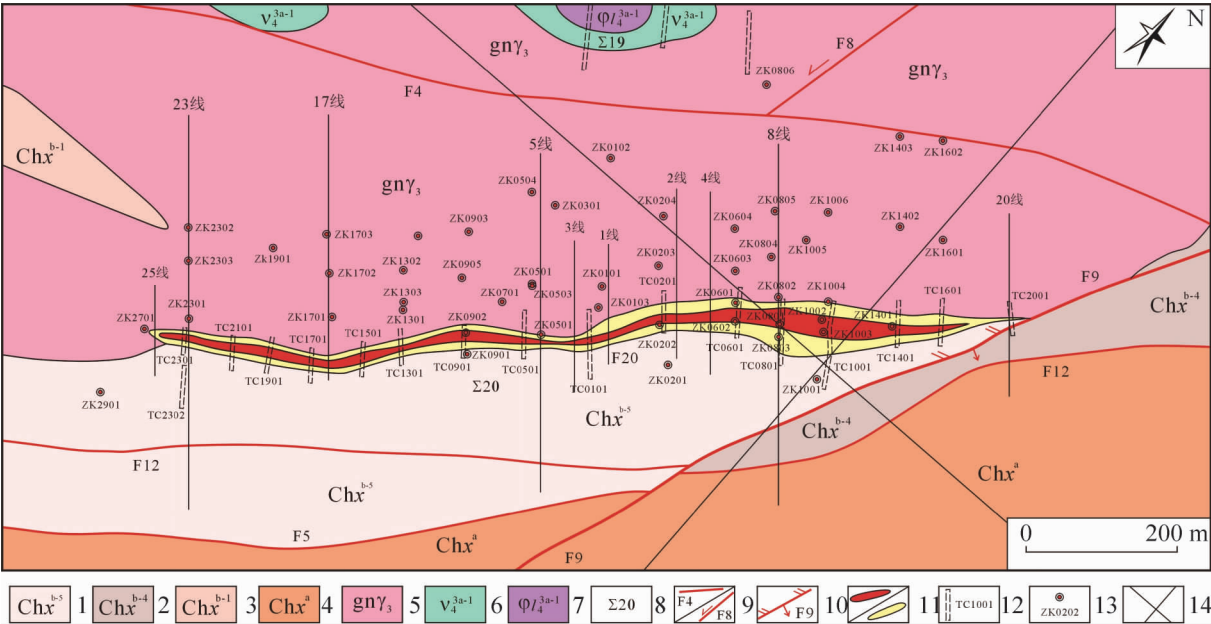


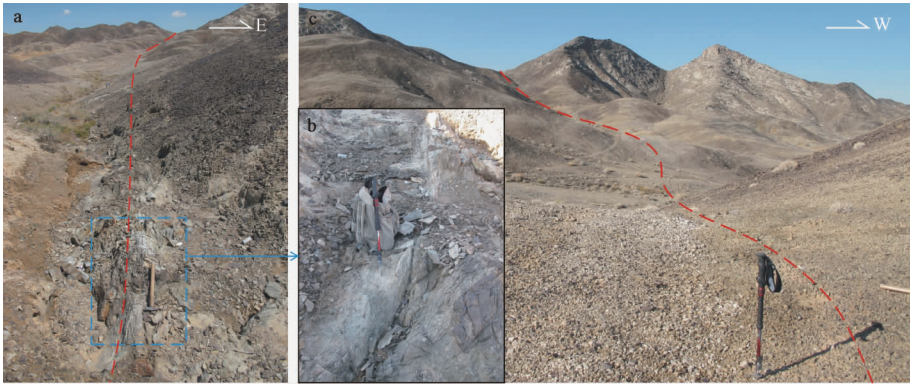
图5 天宇镍矿区地质图

Fig. 5 Geological map of the Tianyu nickel deposit

(1) F4 断裂：位于矿区北西部，在 $\Sigma 20$ 、 $\Sigma 21$ 超基性岩体北西侧， $\Sigma 19$ 超基性岩体南侧，呈北东向延伸，长度大于 5 km（图 5 内约 1500 m）。野外追索发现，F4 断裂在 3 勘探线北西延长线与 4 勘探线北西延长线之间没有明显的断裂构造迹象，只见一些片理带，仔细观察可以确定，这些片理带不是断裂构造引起的，而片麻状花岗岩的顶盖围岩——黑云斜长片麻岩的片麻理。

(2) F8 断裂：出露于矿区北西部，呈北北东向延伸，延伸长度大于 3 km（图 5 内约 200 m）；其南端于 8 勘探线北西延长线止于 F4。野外调查

追索发现，在 8 线北西延长线与 2 线北西延长线之间（ZK0204 北约 80 m），F8 断裂继续向北北东（断裂走向 $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ ）延伸。该断裂发育于片麻状花岗岩之中，具有多期活动特点，首先具有压扭性变形，在片麻状花岗岩中形成小型片理带，并与断裂整体延伸呈小夹角，指示左行运动（见图 6a、6b），但是断裂规模不大，位移不会太大。后期可能具有一定程度的张扭性，特别是矿区外围的断裂北段（T72 点）发育明显的硅化（见图 6c）。但该断裂在 T71 点以南约 100 m 后，逐渐不明显，一直到矿区内 1 线与 3 线探槽北端一带均未见起踪影。



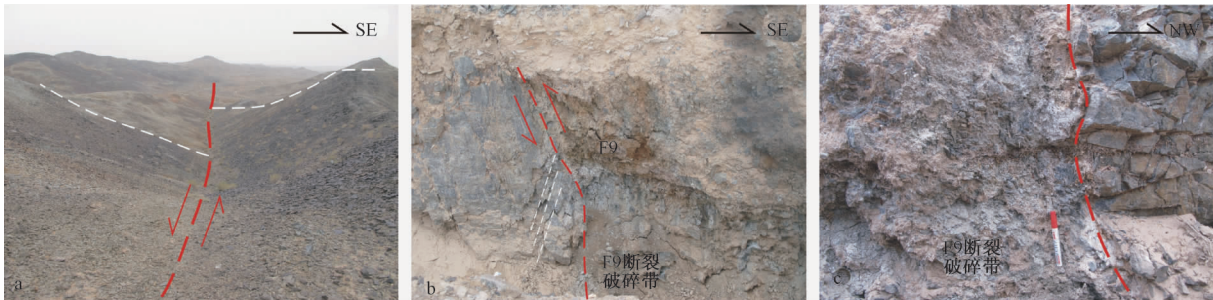
a—F8 断裂地表沟谷（T71 点），镜头向北；b—图片 a 的局部放大，显示破碎带的岩石及组成，镜头向北；c—F8 断裂地表沟谷及硅化带（T72 点），镜头向南

图 6 天宇镍矿区北近南北向断层（F8）的构造破碎带和硅化带

Fig. 6 Photographs showing the fracture zone and the silicified zone of the SN-trending fault (F8) in Tianyu nickel ore area

(3) F9 断裂：位于矿区东部，走向 25° 左右，延伸长度大于 3 km（图 5 内约 900 m）。在矿区东段的 20 线附近断错超基性岩体、矿化蚀变带和镍矿体，并继续向北北东方向延伸，地表具有明显沟谷和山鞍地貌（见图 5、图 7a）。在 TC2001 东北侧，F9 断裂表现为沟谷地貌和鞍形地貌，并将

片麻状花岗岩与角闪斜长片麻岩的界线左行断错（见图 5、图 7a）；在 TC2001 探槽内，可见 F9 断裂破碎带，旁侧次级裂隙指示剖面上为南东盘上升的逆冲（见图 7b），该断裂破碎带及其附近，绿泥石化非常明显（见图 7c）。



a—F9 断裂地表沟谷和鞍形地貌，断错片麻状花岗岩与角闪斜长片麻岩的岩性界线，T102 点，镜头向东北；

b—F9 断裂构造破碎带，次级裂隙指示剖面上为东侧上升的逆冲，破碎带及两侧发育绿泥石化，TC2001 北东壁（T102 点），镜头向东北；

c—F9 断裂构造破碎带局部放大，绿泥石化发育，TC2001 南西壁（T102 点），镜头向西南

图 7 天宇镍矿区北北东向断层（F9）的地貌特征和构造破碎带

Fig. 7 Photographs showing the morphostructure and the fracture zone of the NNE-trending fault (F9) in Tianyu nickel ore area

(4) F12 断裂: 位于矿区东南部, 呈北东走向, 延伸大于 4 km (见图 5 内约 1600 m), 被 F9 北北东向断裂左行断错, 西段主体发育于长城系星星峡组中亚组第五岩性段, 东段构成长城系星星峡组中亚组第四岩性段与下亚组的界线。地表断裂破碎带不太明显 (见图 5)。

(5) F20 断裂: 为新命名断裂, 该断裂属于控制天宇主矿体的 $\Sigma 20$ 号超基性岩体的断裂。该断裂位于 $\Sigma 20$ 超基性岩体出露位置, 呈北东向延伸, 矿区内长度约 1.2 km (见图 5)。由于断裂位置被 $\Sigma 20$ 超基性岩体侵位充填, 又经历矿化蚀变改造,

破坏了原有的断裂构造特征, 野外地表特征不明显。但是在天宇镍矿主采的 1350 m 和 1400 m 采矿中段, 主矿体南侧可以比较清楚观察到断裂带的特征。F20 断裂带作为含矿超基性岩体与其南东侧围岩 (岩体的围岩) 的界线, 其北西侧为含镍矿超基性岩, 南东侧为围岩片麻岩 (见图 8a—8d)。同时在一些部位保留了 F20 断裂带构造变形特征, 如断裂带及两侧的片麻岩发生了强烈的褶皱变形, 并指示该断裂带具有右行走滑的运动学特点 (见图 8e、8f)。

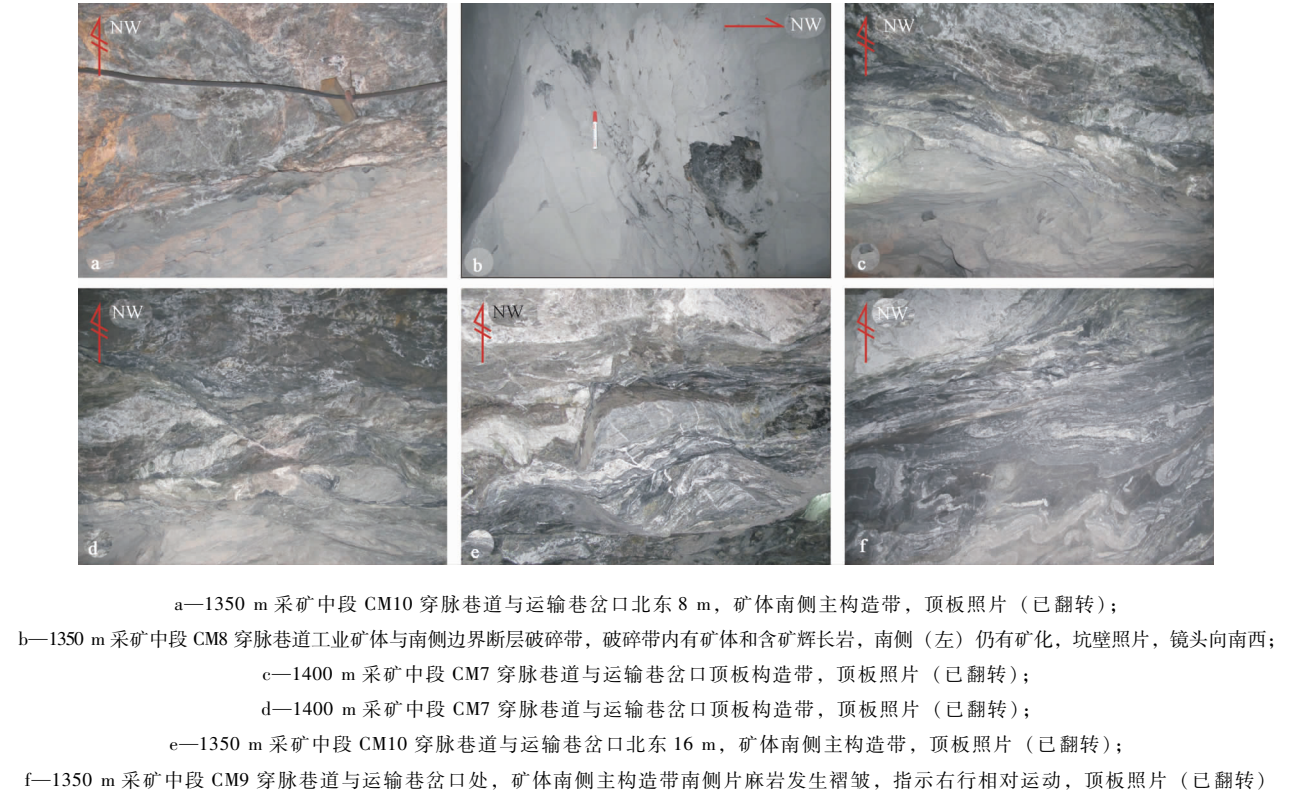


图 8 天宇镍矿区北北东向断层 (F20) 的变形特征

Fig. 8 Photographs showing deformation characteristics of the NE-trending fault (F20) in Tianyu nickel ore area

3.2 矿区构造控矿作用

矿区构造控矿作用主要表现为二个层次, 其一是断裂构造通过控制含镍矿超基性岩体的分布起到控矿作用, 其二是成矿后断裂的活动控制矿体的定位和分布。

(1) F20 断裂控制含镍矿超基性岩体及镍矿的展布: F20 断裂是矿区范围内唯一控制 $\Sigma 20$ 号超基性岩体的断裂构造, 该断裂呈北东向延伸, 其所控制的 $\Sigma 20$ 号超基性岩体也呈北东向延伸, 展布于 25 线至 20 线之间, 北东向延伸长度约 1200 m 左右, 北西向宽度 10 ~ 50 m 不等; 目前天宇镍矿

所采矿体就赋存于 $\Sigma 20$ 号超基性岩体内。

(2) 近南北向和北北东向断裂断错含镍矿超基性岩体及镍矿带: 受 F20 断裂控制的 $\Sigma 20$ 号超基性岩体及岩体内的镍矿体均呈北东向延伸, 后期近南北向和北北东向断裂的活动往往对北东向的含镍矿超基性岩体和镍矿体起到断错破坏作用。但是从矿区范围内观察看, 总体上后期断裂断错不太明显, 唯一的是矿区东部的 F9 断裂在 20 线附近断错了 F20 断裂及其控制的含镍矿超基性岩体和镍矿体 (见图 5、图 7)。矿区另一条近南北向断裂 F8 断裂虽然在矿区北侧地表具有明显的线性地

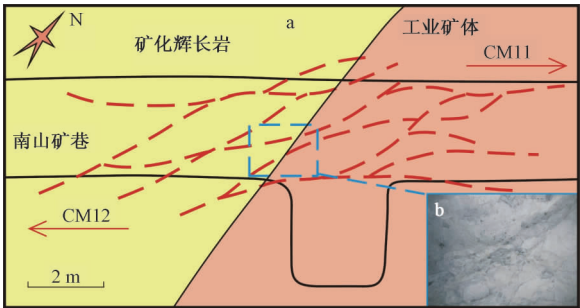
貌、硅化带及破碎带，但是在接近矿区部位构造变形痕迹越来越弱，止于 F4 断裂北侧，未有穿越 F4 断裂的迹象，所以 F8 断裂没有断错含镍矿超基性岩体及镍矿体。另外，1350 m 中段镍矿体在 CM11 与 CM12 穿脉巷道间的突然中断曾被怀疑是 F8 断裂南延造成的，野外地表及坑道详细调查已被否定。

4 井下构造与矿体的关系

天宇镍矿区井下 1350 m 中段在 1 线附近 (CM11 与 CM12 穿脉巷道间) 工业矿体突然尖灭不是断裂构造的断错，而是矿化减弱的表现。主要依据有以下几方面。

(1) 矿体尖灭处虽然存在一些小型断层，但其走向和位置与工业矿体边界不吻合，甚至是明显斜交的。这些小断层往往具有弧形断面夹透镜体岩块的组合特点延伸，在工业矿体与非工业矿体界线内外一定范围内，以北东向为优势方向延

伸，位移很小，与矿体界线具有斜交特点 (见图 9a)，矿体界线位置地质体是连续的 (见图 9b)。

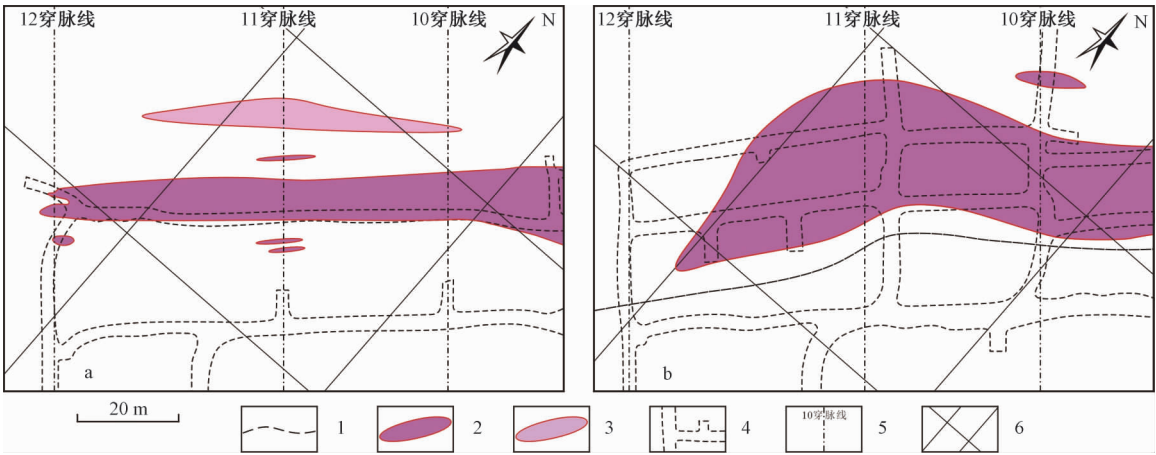


a—小断层与矿体界线关系；b—矿体界线照片，顶板照片已翻转

图 9 天宇镍矿 1350 m 中段 CM12 穿脉巷道北东侧南出矿巷工业矿体西界附近弧形小断层分布图

Fig. 9 Maps showing the arcuate fault near the western bound of ore-body at the northeast of CM12 of 1350 m level

(2) 1400 m 采矿中段与 1350 m 采矿中段，虽然上下只差 50 m，但是工业矿体西界的形态差异非常大，这也不是用一条断层的断错所能够造成的 (见图 10)。



a—1400 m 中段；b—1350 m 中段

1—片麻岩与辉长岩界线；2—镍工业矿体；3—矿化体；4—采矿巷道；5—采矿部署线；6—坐标线

图 10 天宇镍矿 1400 m 中段与 1350 m 中段工业矿体西界形态对比图

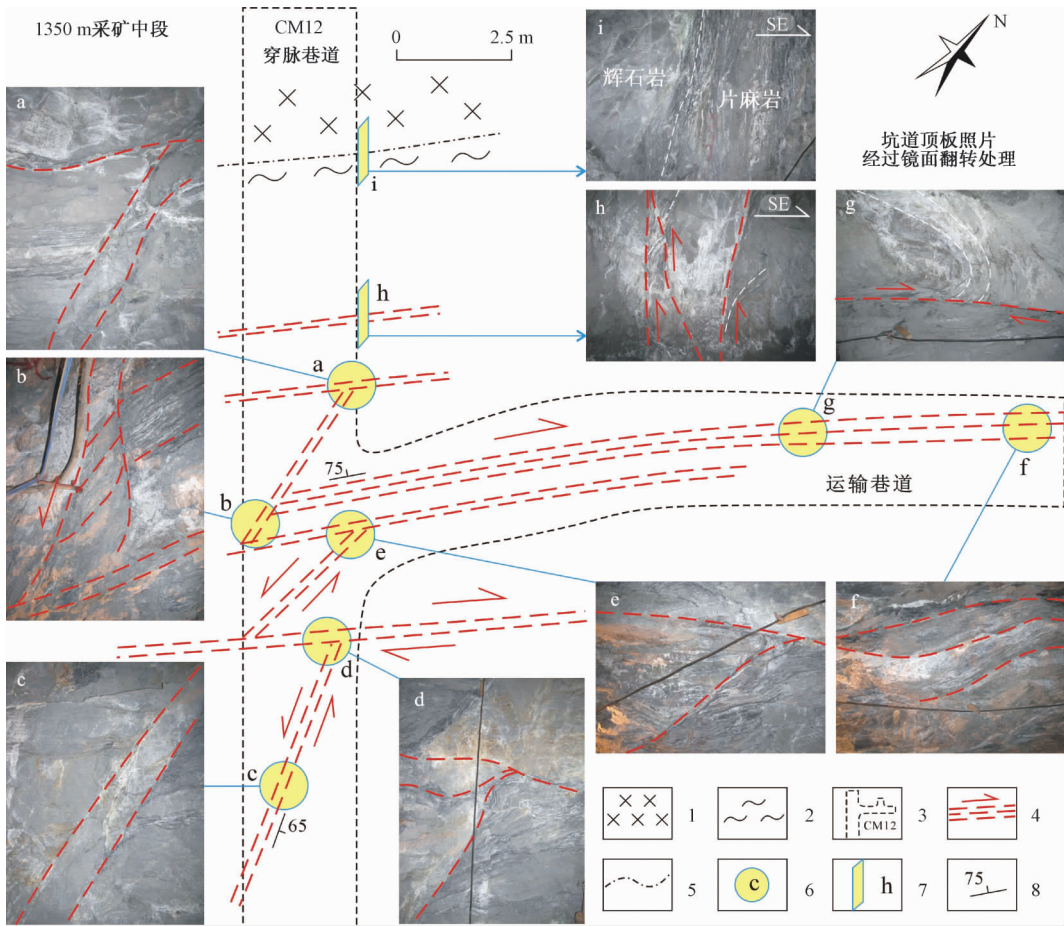
Fig. 10 Comparison of the shape of western boundary of the ore-body between 1350 m and 1400 m level in Tianyu nickel deposit

(3) 1350 m 中段矿体南东侧片麻岩与辉长岩的界线，在 CM12 和 CM11 穿脉巷道基本上可以对比，没有明显被断错的证据 (见图 10b)。

(4) 如果 1350 m 中段矿体向西是被断层断错的，那么该断层必然向南西方向延伸至 CM12 穿脉巷道与主运输巷道叉口部位北西侧 3~6 m 位置出露。坑道内调查追索在 CM12 穿脉巷道与主运输巷道叉部位及其北西侧一带虽然可见许多小断层和

裂隙，但是有点位移的裂隙都是以北东向为主，一些近南北向裂隙也大多数被北东向裂隙断错 (见图 11)。

(5) 1350 m 中段 CM12 穿脉巷道虽然不够工业矿体，但是仍然有矿化，在该穿脉巷道的 23 个分析样品中，有 14 个镍品位大于 0.10%，有 5 个镍品位大于 0.20%，其中最高的 10TY-609 号样品达 0.32%，表明矿化是连续的，只是没有达到工



1—辉石岩; 2—片麻岩; 3—巷道; 4—小型裂隙带; 5—岩性界线; 6—巷道顶板照片位置 (照片已经镜面翻转); 7—巷道侧壁照片位置; 8—裂隙带产状

图 11 天宇镍矿 1350 m 采矿中段 CM12 穿脉巷道与主运输巷道叉口附近裂隙分布图

Fig. 11 Maps showing fractures near the crossing of the CM12 and main transport gallery at 1350 m level in Tianyu nickel deposit

业矿体的要求。

5 讨论

作为岩浆熔离型矿床, 天宇镍矿的构造控矿与脉状矿床的构造控矿特征存在一定的差异, 铜镍硫化物矿床主要与超基性岩体有关, 而有用矿物的聚集与超基性岩浆的演化与结晶熔离作用密切相关, 所以在讨论构造控矿问题时, 不是一般意义上的断裂构造为矿质的聚集提供空间场所, 而是以深大断裂为特征的构造控制超基性岩体的侵位与展布, 进而起到控矿作用, 这在金川、喀拉通克铜镍硫化物矿床以及川西地区、河北大庙的钒钛磁铁矿床均具有类似的构造控矿特征^[13-17]。另一方面, 成矿后构造对已经形成矿床的改造与破坏越来越受到人们的重视^[18]。特别是成矿后断裂构造的断错已经成为已有矿床外围找矿和矿山

坑道采探最重要的制约因素, 金川铜镍矿田的 I、II、III、IV 矿区实际上就是同一含矿超基性岩带被三条北东东 (近东西) 向断裂左行断错成四段^[14]。天宇镍矿在 1350 m 采矿中段主矿体在 1 线附近 (CM11 与 CM12 之间) 从宽度接近 50 m 迅速尖灭, 很像断裂构造断错的特点, 而且地表构造在 1 线附近有 F8 近南北向断裂的存在又增加了被断错的可能性, 部分学者编制的矿区地质图也在 F8 南延位置将矿化带和矿体处理成被断错的状态^[8]。但通过地表 F8 断裂的追索和坑道详细观测, 查明主矿体尖灭的原因是超基性岩体本身矿化不均匀的结果。

6 结论

(1) 天宇铜镍矿位于塔里木板块之中天山地块东南缘, 东天山地区区域构造与矿产关系密切,

铜镍矿床主要受东天山地幔柱和区域性深断裂(康古尔断裂和雅满苏断裂)控制。

(2) 天宇铜镍矿矿区及其外围主要出露中元古界的一套中—深变质岩系, 其次为上古生界的一套火山熔岩、火山碎屑岩; 褶皱构造和断裂构造比较发育, 构造线方向以北东东向为特征, 如白虎关复背斜、砂泉子断裂(雅满苏断裂在区内的部分)等; 围岩片麻岩和变形花岗岩受区域性韧性变形改造, 各种片麻状构造与眼球状构造非常发育。

(3) 矿区内断裂构造以北东向和近南北向(北北东向)断裂为主, 其中北东向断裂控制含镍矿超基性岩体的侵位和展布, 继而控制镍矿体的分布; 近南北向(北北东向)断裂主要为成矿后断裂, 对含矿超基性岩体及镍矿起左行断错和破坏作用。

(4) 天宇镍矿区主矿体比较完整, 主矿体没有被明显断错。在 1350 m 采矿中段镍矿体的突然尖灭不是 F8 断裂南延断错造成的, 而是含矿超基性岩体内镍矿化不均匀的自然尖灭结果。

致谢 野外调查工作得到新华联矿业天宇镍矿刘志平矿长、熊卫桃经理等的大力支持和帮助, 在此一并致以诚挚的谢意。

参考文献/References

- [1] 王京彬, 王玉往, 何志军. 东天山大地构造演化的成矿示踪 [J]. 中国地质, 2006, 33 (3): 461 ~ 469.
WANG Jingbin, WANG Yuwang, HE Zhijun. Ore deposits as a guide to the tectonic evolution in the East Tianshan Mountains, NW China [J]. Geology in China, 2006, 33 (3): 461 ~ 469. (in Chinese with English abstract)
- [2] 秦克章, 方同辉, 王书来, 等. 东天山板块构造分区、演化与成矿地质背景研究 [J]. 新疆地质, 2002, 20 (4): 302 ~ 308.
QIN Kezhang, FANG Tonghui, WANG Shulai, et al. Plate tectonics division, evolution and metallogenic settings in eastern Tianshan Mountains, NW-China [J]. Xinjiang Geology, 2002, 20 (4): 302 ~ 308. (in Chinese with English abstract)
- [3] 王虹, 屈文俊, 李华芹, 等. 哈密地区新发现铜镍硫化物矿床成岩成矿时代的测定及讨论 [J]. 地质学报, 2007, 81 (4): 526 ~ 530.
WANG Hong, QU Wenjun, LI Huaqin, et al. Dating and discussion on the rock-forming and ore-forming age of newly-discovered Cu-Ni-sulfide deposits in Hami, Xinjiang [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81 (4): 526 ~ 530. (in Chinese with

English abstract)

- [4] 秦克章, 丁奎首, 许英霞, 等. 东天山图拉尔根、白石泉铜镍钴矿床钴、镍赋存状态及原岩含矿性研究 [J]. 矿床地质, 2007, 26 (1): 1 ~ 14.
QIN Kezhang, DING Kuishou, XU Yingxia, et al. Ore potential of protoliths and modes of Co-Ni occurrence in Tulargen and Baishiquan Cu-Ni-Co deposits, east Tianshan, Xinjiang [J]. Mineral Deposits, 2007, 26 (1): 1 ~ 14. (in Chinese with English abstract)
- [5] 宋林山, 汪立今, 邓刚, 等. 新疆东天山天宇铜镍硫化物矿床地质特征初探 [J]. 金属矿山, 2008, 38 (3): 114 ~ 117.
SONG Linshan, WANG Lijin, DENG Gang, et al. Geological characteristics of Tianyu Cu-Ni sulfide deposit in east Tianshan, Xinjiang [J]. Metal Mine, 2008, 38 (3): 114 ~ 117. (in Chinese with English abstract)
- [6] 唐冬梅, 秦克章, 孙赫, 等. 天宇铜镍矿床的岩相学、锆石 U-Pb 年代学、地球化学特征: 对东疆镁铁-超镁铁质岩体源区和成因的制约 [J]. 岩石学报, 2009, 25 (4): 817 ~ 831.
TANG Dongmei, QIN Kezhang, SUN He, et al. Lithological, chronological and geochemical characteristics of Tianyu Cu-Ni mafic deposit: constraints on source and genesis of mafic-ultramafic intrusions in eastern Xinjiang [J]. Acta Petrologica Sinica, 2009, 25 (4): 817 ~ 831. (in Chinese with English abstract)
- [7] 唐冬梅, 秦克章, 孙赫, 等. 东疆天宇岩浆 Cu-Ni 矿床的铂族元素地球化学特征及其对岩浆演化、硫化物熔离的指示 [J]. 地质学报, 2009, 83 (5): 680 ~ 697.
TANG Dongmei, QIN Kezhang, SUN He, et al. PGE geochemical characteristics of Tianyu magmatic Cu-Ni deposit: implications for Magma evolution and sulfide segregation [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83 (5): 680 ~ 697. (in Chinese with English abstract)
- [8] 杨良哲, 任刚, 齐利平, 等. 东天山白石泉一带铜镍矿成矿模式及找矿模型 [J]. 新疆地质, 2011, 29 (4): 428 ~ 432.
YANG Liangzhe, REN Gang, QI Liping, et al. Metallogenic and exploration model of Cu-Ni-sulfide deposit in belt of Baishiquan, East Tianshan [J]. Xinjiang Geology, 2011, 29 (4): 428 ~ 432. (in Chinese with English abstract)
- [9] 王亚春, 张弘刚, 许家玲, 等. 新疆东天山天宇铜镍硫化物矿床 Re-Os 同位素物质来源示踪研究 [J]. 吉林地质, 2013, 32 (1): 51 ~ 58.
WANG Yachun, ZHANG Honggang, XU Jialing, et al. Re-Os isotopic analysis of the Tianyu Cu-Ni sulfide deposit of east Tianshan, Xinjiang [J]. Jilin Geology, 2013, 32 (1): 51 ~ 58. (in Chinese with English abstract)
- [10] 宋林山, 赵文婷, 汪立今. 新疆东天山天宇铜镍硫化物矿床主要造岩矿物特征研究 [J]. 矿物岩石地球化学通报, 2014, 33 (1): 108 ~ 115.
SONG Linshan, ZHAO Wenting, WANG Lijin. Mineralogy characteristics of the main rock-forming minerals in the Tianyu

Cu-Ni sulfide deposit, east Tianshan, Xinjiang [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2014, 33 (1): 108 ~ 115. (in Chinese with English abstract)

[11] 邓友茂, 王振亮, 孙诚业, 等. 新疆天宇铜镍矿床磁异常特征研究 [J]. 矿产勘查, 2015, 6 (6): 759 ~ 763.
DENG Youmao, WANG Zhenliang, SUN Chengye, et al. Study of magnetic anomaly characteristics in Tianyu Cu-Ni deposit, Xinjiang [J]. Mineral Exploration, 2015, 6 (6): 759 ~ 763. (in Chinese with English abstract)

[12] 段士刚, 蒋宗胜, 张作衡, 等. 东天山天宇铜镍硫化物矿床磁黄铁矿 Re-Os 同位素物质来源示踪 [J]. 矿床地质, 2017, 36 (1): 25 ~ 37.
DUAN Shigang, JIANG Zongsheng, ZHANG Zuoheng, et al. Re-Os isotopic analysis of pyrrhotite from Tianyu Cu-Ni sulfide deposit in eastern Tianshan Mountains, Xinjiang: constraints on sources of ore-forming materials [J]. Mineral Deposits, 2017, 36 (1): 25 ~ 37. (in Chinese with English abstract)

[13] 曾南石, 汪劲草, 罗先熔, 等. 金川地区构造序列及与铜镍硫化物矿床的关系 [J]. 地学前缘, 2013, 20 (6): 210 ~ 218.
ZENG Nanshi, WANG Jingcao, LUO Xianrong, et al. Structural sequence and its relationship with Cu-Ni sulfide ore deposit in the Jinchuan area, Gansu, China [J]. Earth Science Frontiers, 2013, 20 (6): 210 ~ 218. (in Chinese with English abstract)

[14] 曾认宇, 赖健清, 毛先成, 等. 金川铜镍矿床中断裂系统的形成演化及对矿体的控制 [J]. 中国有色金属学报, 2013, 23 (9): 2574 ~ 2583.
ZENG Renyu, LAI Jianqing, MAO Xiancheng, et al. Evolution of fault system and its controlling on Jinchuan Cu-Ni (PGE) sulfide deposit [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2013, 23 (9): 2574 ~ 2583. (in Chinese with English abstract)

[15] 秦克章, 田野, 姚卓森, 等. 新疆喀拉通克铜镍矿田成矿条件、岩浆通道与成矿潜力分析 [J]. 中国地质, 2014, 41 (3): 912 ~ 935.
QIN Kezhang, TIAN Ye, YAO Zhuosen, et al. Metallogenetic conditions, magma conduit and exploration potential of the Kalatongk Cu-Ni orefield in northern Xinjiang [J]. Geology in China, 2014, 41 (3): 912 ~ 935. (in Chinese with English abstract)

[16] 陈正乐, 陈柏林, 李厚民, 等. 河北承德大庙铁矿床地质构造特征与找矿预测 [J]. 地质学报, 2014, 88 (12): 2339 ~ 2350.
CHEN Zhengle, CHEN Bailin, LI Houmin, et al. Geological characteristics of the Damiao iron deposit, north China craton and ore-prospecting [J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88 (12): 2339 ~ 2350. (in Chinese with English abstract)

[17] 郭道军, 于海军, 王雪, 等. 攀枝花钒钛磁铁矿地质特征与成矿远景 [J]. 四川地质学报, 2014, 34 (4): 523 ~ 528.
GUO Daojun, YU Haijun, WANG Xue, et al. Geological features and prospecting potential of the Panzhihua vanadic titanomagnetite deposit [J]. Acta Geologica Sichuan, 2014, 34 (4): 523 ~ 528. (in Chinese with English abstract)

[18] 翟裕生, 邓军, 彭润民. 矿床变化与保存的研究内容和研究方法 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25 (4): 340 ~ 345.
ZHAI Yusheng, DENG Jun, PENG Runmin. Research contents and methods for post-ore changes, modifications and preservation [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25 (4): 340 ~ 345. (in Chinese with English abstract)