

西藏格达乡构造背景及对演训活动的影响评述

杨 虎, 王 嘉*, 张明圆, 梁 军, 张 滔, 李晨雨

(中国地质调查局军民融合地质调查中心, 成都 610036)

摘要:构造地质在区域地质背景中,是影响地质活动最关键的要素之一;论文通过研究格达乡地区构造地质环境,分析其内地质单元及构造应力等,得出:①区内发育 6 条近南北向的大型断裂控制了工作区基本地质构造格架,并影响区内空间结构;断裂中凹地为格达断陷盆地,盆地平谷区域地势较为平坦,有利于部队的集结和扎营;②断裂系统延伸规模较大,走向近南北向,在工程布设或野战机动中,尽可能地避免断裂带区域;③区内多山谷、冲沟地貌等连通导向,有利于部队通行及后勤补给;④近南北向格达沉积盆地控盆断裂系统构成的区内构造格局为野战机动提供了良好通道;⑤南北向断裂体系致使区内裂隙发育、贯通性好,地下水由于承压或虹吸等多种作用,较好的贯通地表,整个区内供水系统得到保障。本次研究基于构造地质与军事地质相结合,初步评述研判两者关系,为两者融合提供思路。

关键词:构造地质;格达乡;演训活动;军事地质

DOI:10.48014/cesr.20231024001

引用格式:杨虎,王嘉,张明圆,等. 西藏格达乡构造背景及对演训活动的影响评述[J]. 中国地球科学评论,2024,3(2):41-51.

1 大地构造环境

调查区地处青藏高原,中南部,位于念青唐古拉以南、冈底斯山脉以北的中坳地段,为冈底斯构造带南东段部分^[1]。地质上为冈底斯带一般指南侧的印度河—雅鲁藏布缝合带与北部的班公湖—怒江缝合带之间的近东西向的狭长地域,长约 2500km,南北宽 50~300km,面积达 45 万 km² 的巨型构造-岩浆带,属于土耳其-中伊朗-冈底斯中间板块的东部^[2]。

据潘桂棠等(2006 年)《冈底斯造山带的·时空结构和演化》^[2],调查区大地构造位置归于冈底斯-念青唐古拉复合岩浆弧-叶巴火山弧之内。本文参照潘桂棠、肖庆辉等 2009 年的《中国大地构造单元划分》^[3]一文对测区大地构造单元进行划分(表 1),测区属于拉达克-南冈底斯-下察隅岩浆弧带(图 1)。

表 1 测区构造单元划分表^[3]

Table 1 Division of tectonic units in the survey area^[3]

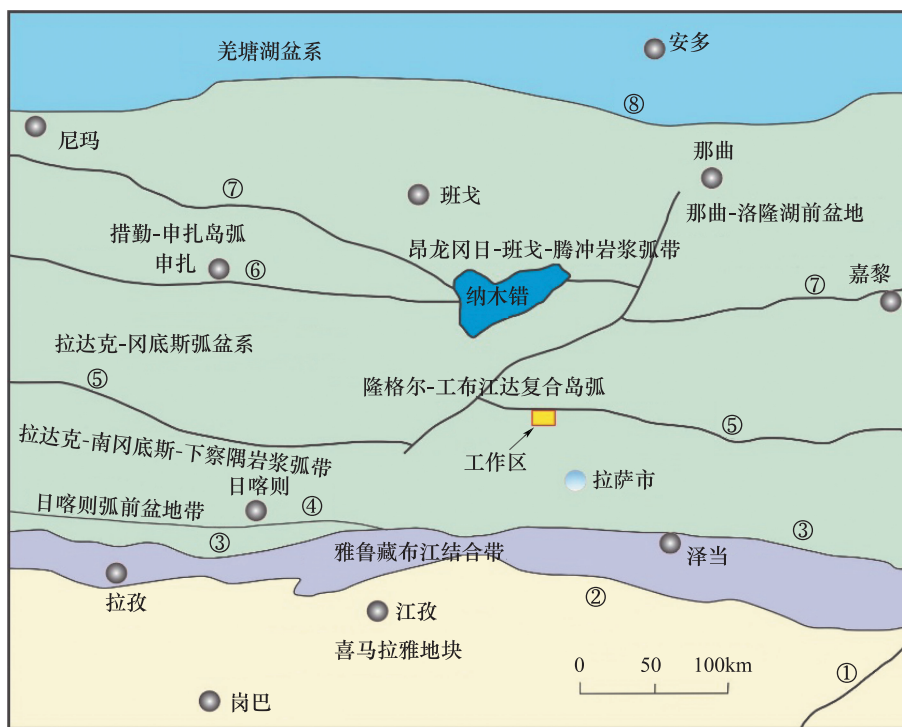
一级构造单元	二级构造单元	三级构造单元
西藏-三江造山系	拉达克-冈底斯弧盆系	拉达克-南冈底斯-下察隅岩浆弧带

2 大地构造特征

拉达克-南冈底斯-下察隅岩浆弧带是测区主要构造带。是在侏罗纪-白垩纪时代,伴随雅鲁藏布江新特提斯洋盆的北向俯冲消减,冈底斯岩浆弧建造形成,主要发育陆缘火山弧及弧间盆地建造^[4]。古新世—始新世,随着冈底斯—念青唐古拉陆块与喜马拉雅陆块的强烈碰撞,发育了岛弧型至碰撞型火山熔岩、火山碎屑岩建造,厚达 1km 以上。

* 通讯作者 Corresponding author:王嘉,913385783@qq.com

收稿日期:2023-10-24; 录用日期:2023-11-20; 发表日期:2024-06-28

图 1 测区大地构造位置简图^[3]Fig. 1 Geotectonic location of the survey area^[3]

①喜马拉雅主拆离断裂;②仲巴-拉孜-耶多江断裂;③达吉岭-昂仁-仁布-朗县-墨脱断裂;
④恰布林-江档断裂;⑤拉贡拉-米拉山断裂;⑥噶尔-隆格尔-措卖断裂;⑦永珠-嘉黎-波密断裂;⑧班公错-怒江结合带

3 研究区地质构造

3.1 构造相特征

构造变形相是岩石在一定构造变形环境中的构造表现,即一定变形温压环境中在一定的变形机制作用下形成的变形构造组合。显然,构造变形相与构造层次存在紧密联系,不同构造层次的构造变形相各不相同。测区跨越两个不同的构造单元。不同构造单元经历了不同的地质演化历程,造就了各不相同的构造变形相,形成一幅复杂多样的构造面貌(图 2)。

燕山构造层以中浅层次低级变质条件下的构造变形为特色,斜歪、倒转褶皱及层间劈理发育,局部地段发育板理级韧性剪切带,以泥页岩为主的层常发育层间褶叠层。断裂构造以脆性断层为主。

喜山构造层和构造变形是新构造运动的产物,断裂十分发育,在遥感解译图中可观察到第四系中明显的线型构造的断裂特征,以近南北向的断裂为

主,第四系中的断裂多沿河谷发育,或切割进入基岩,或错断交汇的其他断裂。

喜山构造层至少存在两期次断裂活动:第一期的构造运动形成近东西向的断裂,大多在基岩中延伸,部分可能是早期的断裂重新活动的产物;第二期的构造活动形成近南北向断裂,大多发育于河谷中。两期构造运动的时间先后顺序由南北向断裂错断东西向断裂的特征可明显得知,两次构造运动走向的近垂直关系和平移错动特点表明测区区域应力场发生了很大的变化。

3.2 地质构造分类

通过野外实地观察、地质图改化、遥感解译进行综合分析及野外物探工作验证,查明了工作区 637 组节理、6 条断层的空间分布规律,从而获取了规模、产状、活动性等军事活动基本属性特征,为构建机动通行、抗爆打击、工事构筑等军事主题提供了基础数据及参考依据。

3.2.1 断裂带

调查区断裂带以近南北向为主,对区域地质地

形地貌起主导作用,主要为遥感解译所得,实地调查中,因第四系覆盖层较厚,地表工作难以取得有效成果,在开展的水文、工程地质钻探中,因经费有限,难以施工深钻,仅对地表土体结构进行调查,且因工程数量不足,所以主要依靠遥感及物探手段对构造情况加以分析解译,区内主要断层共有 6 条,其余中小型断层若干。根据呈规模断裂两端所出露位置,对这些断裂进行了命名及编号(表 2)。

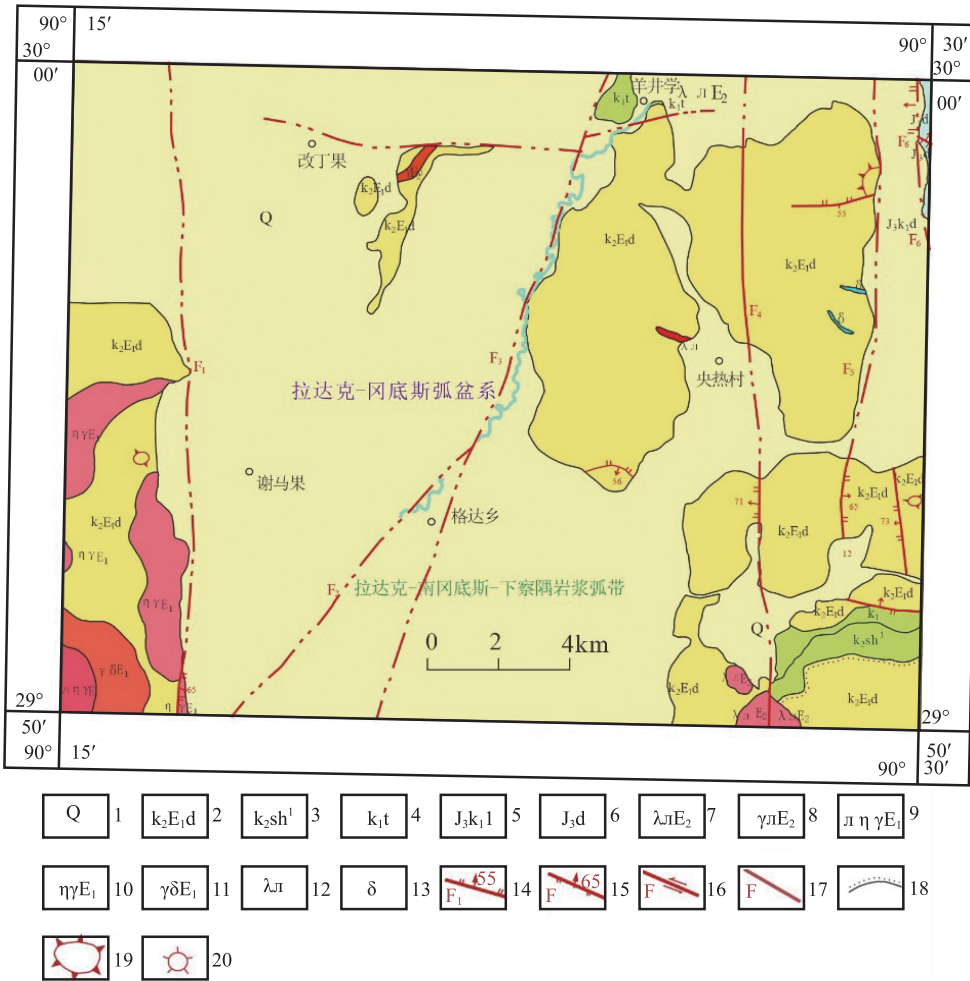


图 2 格达幅构造纲要图(改编自格达乡幅地质图)

Fig. 2 Tectonic outline map of Geda Formation(adapted from geological map of Geda Township Formation)

1-第四系;2-晚白垩世至古新世典中组;3-晚白垩世设兴组第一段;4-早白垩世塔克那组;5-晚侏罗世至早白垩世林布宗组;
6-晚侏罗世多底沟;7-始新世流纹斑岩;8-始新世花岗斑岩;9-古新世斑状二长花岗岩;10-古新世二长花岗岩;
11-古新世花岗闪长岩;12-流纹斑岩;13-闪长岩;14-正断层及编号;15-逆断层及编号;
16-平移断层及编号;17-遥感解译断层及编号;18-角度不整合;19-火山锥;20-火山通道

编号 名称		规模		产状		主要构造特征	地貌及卫片特征	断裂性质
		长(km)	宽(m)	倾向	倾角			
F6	多底沟断裂	2.9	15	30°~40°	65°	岩石破碎,切割 J3d、J3K1l 和 K1ch 等	凹口,线性影像	逆
F5	尼布断裂	13	10	95°	65°	碎裂岩,闪长岩脉,擦痕,切割 K2E1d	凹口,线性构造	正

续表

编号	名称	规模		产状		主要构造特征	地貌及卫片特征	断裂性质
		长(km)	宽(m)	倾向	倾角			
F4	勒母切-央热村- 纳布克断裂	18.5	30~100	267°	71°	岩石破碎,断层泉,擦痕, 切割 K2sh1、K2E1d 和 λπE2,被 Qp3al、Qp3pl 和 Qhal 覆盖	沟谷、鞍部、树枝状水系、 平滩,线性影像	正及右行 走滑
F3	羊井学-查普荣- 曲雄果断裂	19.4	>100	280°~290°	70°~80°	被 Qp3lk、Qp3al、Qp3fl、 Qhal 和 Qhfl 覆盖,错 断 F32	河床、蛇曲、网状、辫状、 树枝状水系,线性影像	正及左行 走滑
F2	格达村断裂	11.1	60~100	290°~300°	70°~80°	被 Qp3pl、Qp3fl 和 Qhfl 覆盖,为 F30 分枝断裂	网状、辫状、树枝状水系、 凹陷盆地,线性影像	正及左行 走滑
F1	杂岗果-歇马果 断裂	18.5	30~50	105°	63°	岩石破碎,断层角砾岩, 断层泉,切割 K2E1d 和 ηγE1,被 Qp2gl、Qp3pl、 Qp3al 和 Qhal 覆盖	缓坡、陡坎,网状、辫状、 树枝状水系,线性影像	正

格达沉积盆地位于研究区内,为控盆断裂系统北延通过羊八井地热田,是控震断裂羊八井—当雄断裂的分支断裂,长期具有间隙性多期活动特点,至今仍强烈活动;羊八井-当雄盆西边界活动断裂中,1411 年发生过 8 级强烈地震,震中位于羊八井盆地西南部^[5];1952 年发生的九子拉 7.5 级地震在当雄盆北边界断裂形成显著地震陡坎。测区内近期发生的地震为 1987 年 9 月 26 日 07 时 16 分发生的马乡地震,震中位于马乡附近(东经 90°48′,北纬 29°54′),震级为里氏 5.6 级。测区西南部近期也生了 6.6 级当雄地震,与该组断裂系统的活动也密切相关,地震发生于 2008 年 10 月 6 日,震中位于当雄县(东经 90°18′,北纬 29°48′)。

格达盆地是测区最大的断陷盆地,由多时代、多成因的沉积物堆积而成,包括中更新世冰碛物,中晚更新世湖积物,晚更新世冲积物、洪积物、冰湖积物,以及全更新世冲积物,地貌特征复杂,东侧发育构造成因的台地和冲积、(冰)湖积阶地,台地、阶地边缘均发育近南北向正断层,盆地西侧则发育洪积扇(裾)和冰碛带,反映出盆地东侧掀升,西侧下降的构造特点,该断陷盆地主要受近南北向活动断裂的影响。控盆断裂系统分布工作区西侧,整体呈带状展布,多沿水系发育,如羊井学-查普荣-曲雄果断裂沿朗牛曲发育,堆龙曲断裂沿堆龙曲发育,克多果-阿个曲断裂沿阿个曲发育,水系特征为网状、树枝状、蜿蜒状等,断裂系统工区内总长度约 130km,

宽 20~100m,断层性质为张性正断裂,产状特征见断裂统计表,根据活动断裂切割错动地层、岩体及其他断裂的特点发现南北向断裂多具有左行走滑特征,这与曲水幅中得出的结论相一致,曲水幅中吉达果、安岗和尼木三个断陷盆地在平面上呈左行斜列式展布,反映控盆断裂具有左行张扭性的力学性质。

综上所述,该断裂系统区域延伸规模较大,走向近南北向,以朝西倾斜为主,少数向东和向南倾斜,断层性质以张性正断层为主,少数为逆断层,断裂是由于青藏高原的不断隆升形成的,初期形成于上新世,断裂的活动时间由上新世持续至今,控制了测区的格达断陷盆地。

3.2.2 褶皱带

根据 1:5 万地质资料,调查区内西部央热村附近,为典中组层内褶皱,在典中组内局部连续发育,共三向三背(图 3),北部向斜的北翼部分被第四系覆盖。转折端平缓,轴面直立,翼间角在 50°~120°之间,褶皱类型多为开启-直立褶皱,向斜核部位于山峰位置,背斜核部位于鞍部位置,枢纽线近东西走向,西侧微微上扬,两翼倾角在 30°~45°之间,该复式褶皱带延续近 3km 长,宽度约 2km。典中组中褶皱较发育,然而年波组和帕那组在区内均未观测到褶皱构造形迹,这表明这些典中组的组内褶皱形成时代大致在古新世—始新世,此时测区正处于碰撞造山阶段,构造运动和火山活动都十分频繁。

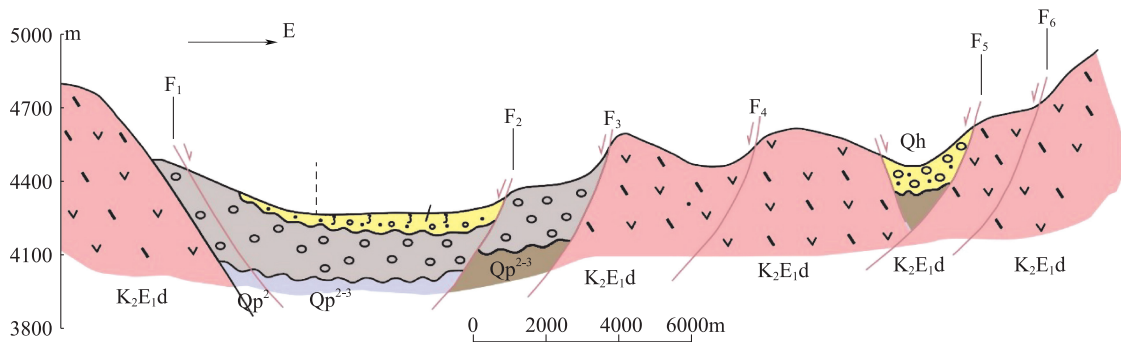


图3 格达盆地控盆断裂系统剖面示意图(据1:20万曲水幅修改)(修图)

Fig. 3 Schematic cross-section of basin-controlling rupture system in the Geda Basin(modified from 1:200,000 Qushui Formation)(revised)

野外实地作业中,据野外路线调查,结合遥感影响及物探实测,未在调查区内找到地质图中所提及的褶皱构造,因区内第四系分布广泛,地表岩体出露处,总体风化程度高,且为火山岩或岩浆岩体,极少见发育较好的沉积岩体或变质岩体出露,故区内地质应力作用较强的褶皱构造表现不明显,不在该次工作提及。

3.2.3 调查区构造应力分析

结合调查区构造变形、岩石组构及区域构造形态分析(图4,图5),研究区侏罗纪至晚白垩世早期,新特提斯主洋壳不断北向俯冲的同时,区内处于局部拉张的应力状态,在此环境下,形呈弧内盆地的沉陷,并逐渐发育成弧内局限盆地,形成连续沉积相系列^[6];晚白垩世后期,晚燕山期构造活动影响本区,发生区域性的一次变形事件,由此形成一系列褶皱和断裂构造,整体轴向近东西。受欧亚板块的冲抵、阻挡,冈底斯岛弧在迁移过程中产生对向压

应力;测区受其影响,形成较强的挤压应力,主要为近南北方向。另外,由古地磁相关资料可知,早白垩世晚期测区由北纬20°附近,至古新世时期运移到北纬30°左右,沿纬线向北运移了近10°;在这一时期,印度板块的北向俯冲消减,造成了区域南北向的变形挤压。

在始新世—渐新世时期,印度-欧亚大陆处于碰撞阶段,形成大规模的构造变形,主要以压性断裂和褶皱为主,轴向近东西。在这个过程中,其构造行迹主要为南北向挤压作用特征,形成山弧陆缘-碰撞造山带^[7]。

上新世阶段,因碰撞造山作用,地质构造活动剧烈,地壳抬升,浅层地壳组构发生变化,同时,由于近南北向的压应力作用,从而引发东西向的张应力,研究区发育一系列南北向正断层,并穿插横切不同地质单元,早期东西向的逆断层受到其切割作用。

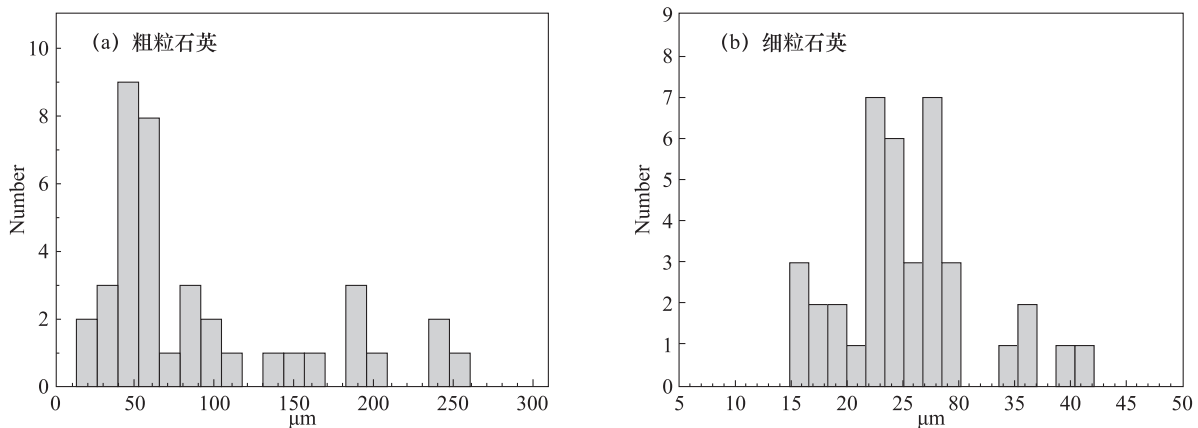
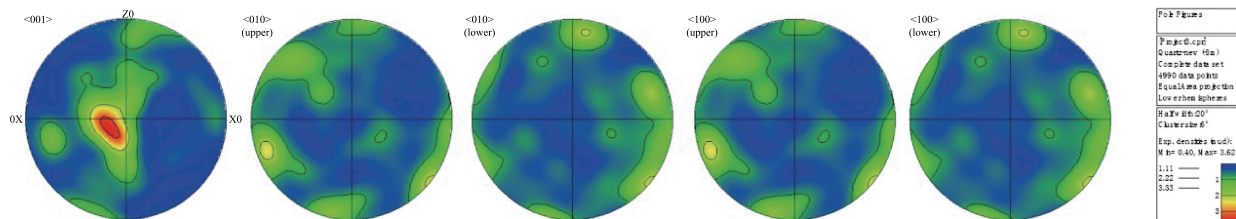


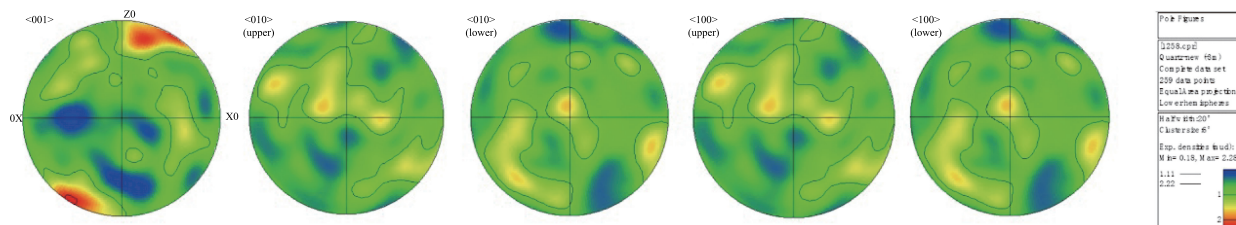
图4 EBSD测试区域石英颗粒统计

Fig. 4 Statistics of quartz grains in EBSD test area

粗粒石英



细粒石英



粗粒石英

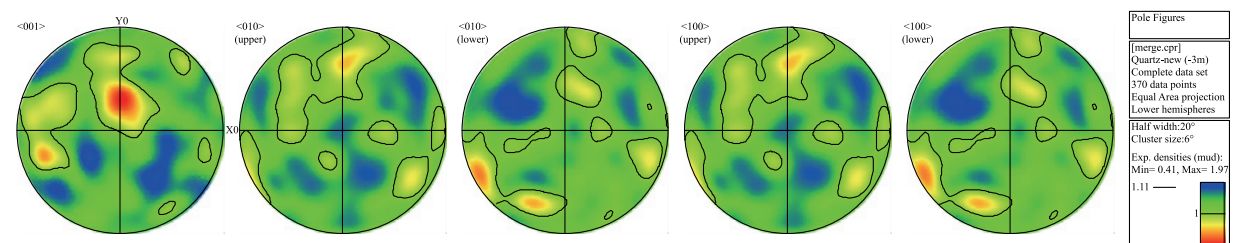


图5 不同粒度石英C轴组构极密度图

Fig. 5 Extreme density map of C-axis grouping of quartz with different grain sizes

3.2.4 调查区物探构造解析

由于工作区内大部分区域为第四系土体及火山碎屑岩覆盖,所以区内构造主要由遥感解译及民用地质图改化,加以野外实地及物探方法验证而来,结合已有资料,区内未见民用地质图中的褶皱构造发育(如央热村复式褶皱群等),可见F1-F6断层构造发育(图2),区内新构造运动强烈,发育一系列活动断裂,走向多为南北向,第四系和基岩中均有发育。完全被第四系覆盖的活动断裂多由遥感

解译控制,断裂构造影像线形展布、延伸方向较好,具有波折、弯曲、分叉、复合特征,地质体影像有位移、牵引、旋扭等现象,本区线性影像特征明显,解译程度高,穿插基岩的活动断裂则通过野外实地观察和遥感解译进行综合分析。本工作区内利用物探方法验证主要有以下两处。

(1) 高密度测线在落弹区发现的断层

断裂均南北走向、埋深30~40m、断面西倾,倾角约30°、宽度约为50m,且有向下延伸的趋势(图6~图9)。测线西侧存在一较大规模破碎带:长约

600m、宽约 70m、南北走向、缓向西倾。推测为山前冲积平原深部含水断裂破碎带。

(2)磁法扫面

磁法 1 : 1 万扫面中发现测区西部有两条 NE

向隐伏断裂(图 10),在测区东部交汇为一条,该东西向断层为南北向主断层的次级断层,在整个构造系统里,为衍生体。

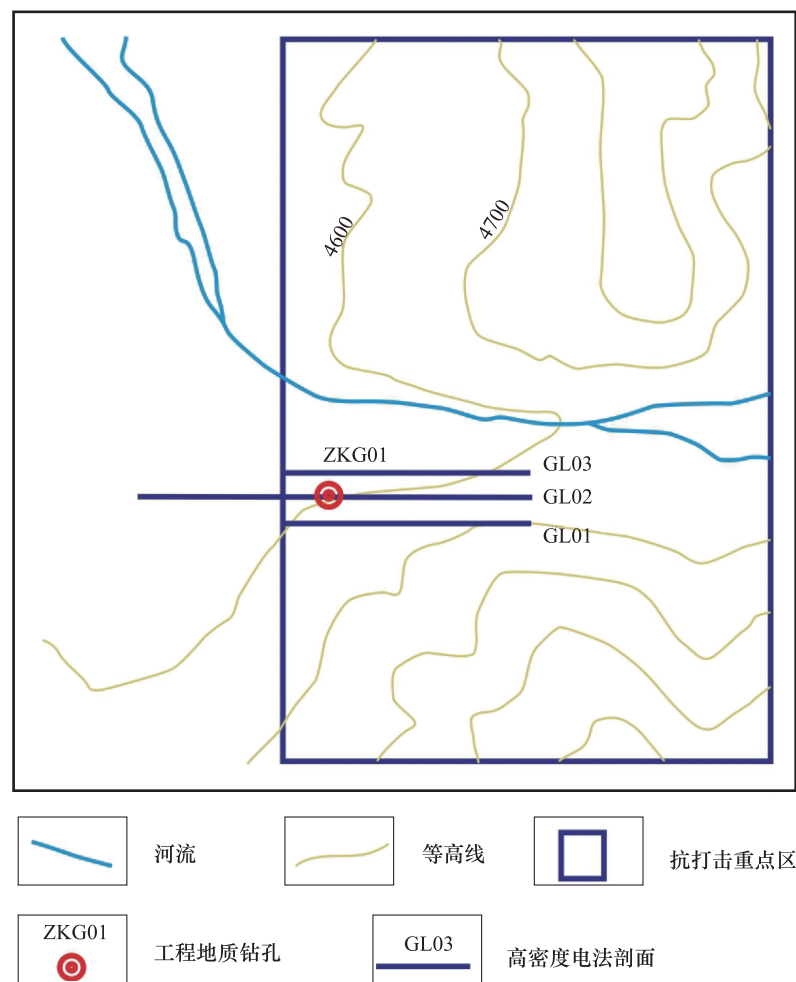


图 6 高密度电阻率剖面工作布置图

Fig. 6 High-density resistivity profile work layout map

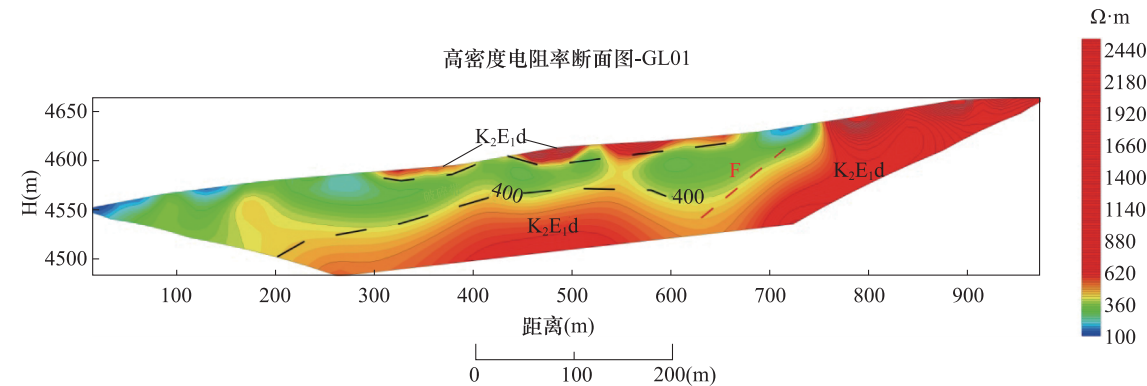


图 7 高密度电阻率断层图-GL01

Fig. 7 High-density resistivity tomography-GL01

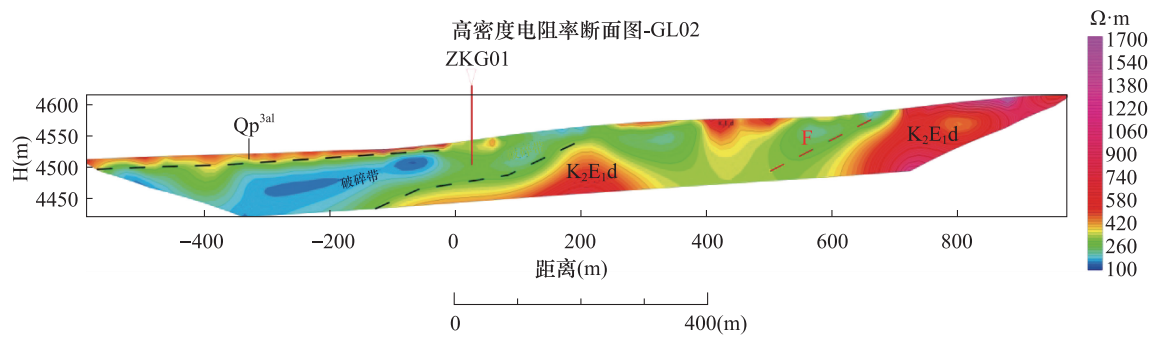


图 8 高密度电阻率断层图-GL02

Fig. 8 High-density resistivity tomography-GL02

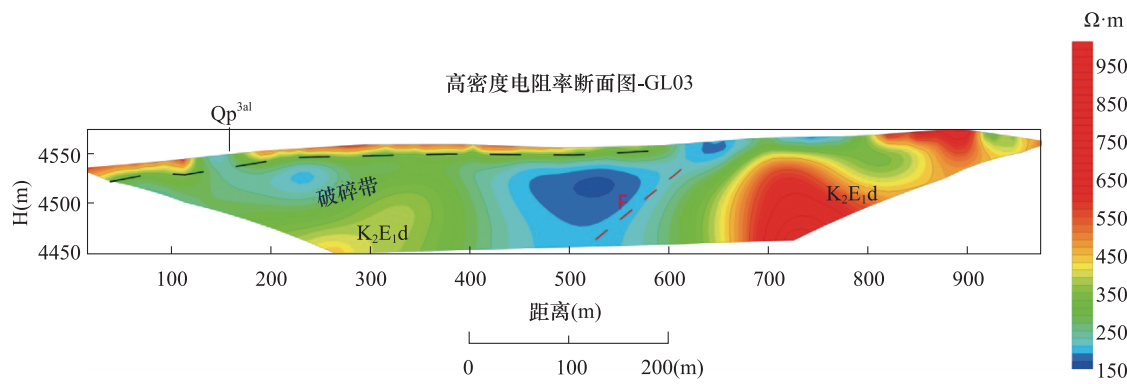


图 9 高密度电阻率断层图-GL03

Fig. 9 High-density resistivity tomography-GL03

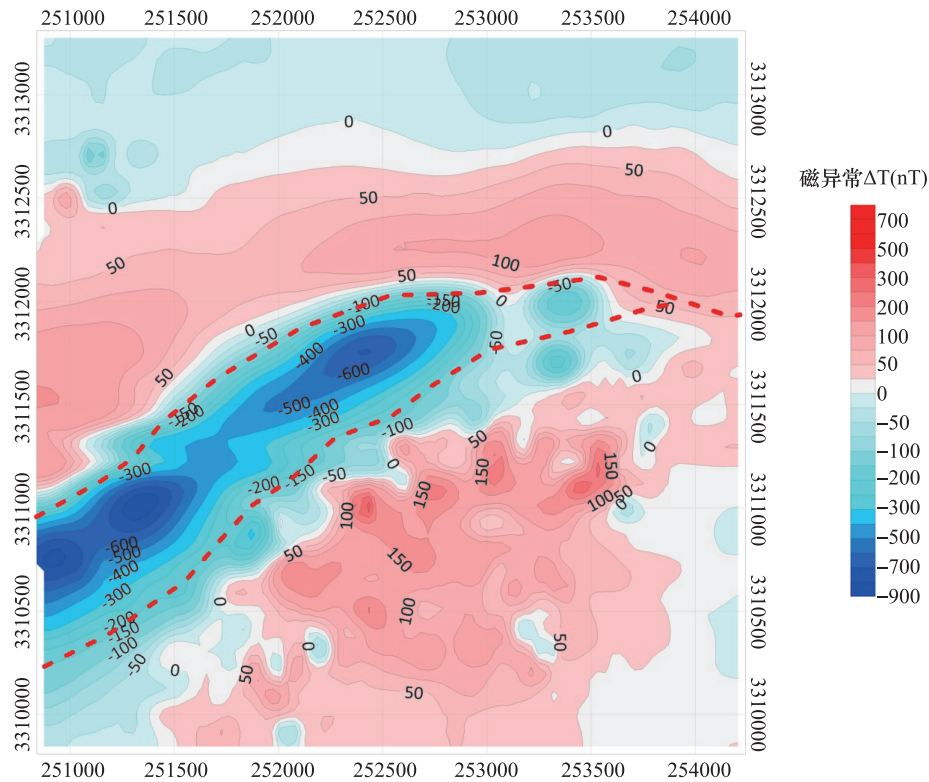


图 10 1 : 1 万磁法扫面图

Fig. 10 1 : 10,000 Magnetic Sweep Map

4 地质构造对演训活动影响性

演训活动主要是关于人的行为活动,主要包括集结驻扎、机动通行、工事构筑、抗爆打击、给水保障、资源供给等,地质构造背景是这些活动的基本环境,因此,主要通过区内大规模构造环境背景来分析各类构造对演训活动中可能带来的相关影响;结合直接影响演训活动的地形地貌,判断潜在影响的各类构造类型,尤其是两者的结合,对背景环境稳定性加以评判。

(1)6条近南北向的大型断裂控制了工作区基本地质构造格架,并影响区内空间结构。断裂是由于青藏高原的不断隆升形成的,初期形成于上新世,断裂的活动时间由上新世持续至今,控制了区内的格达断陷盆地,盆地平谷区域地势较为平坦,有利于部队的集结和扎营,可以作为后方根据地使用,羊八井高原高寒训练场核心区域(对抗平原和两侧山地),则位于两条南北断裂间,区内地质结构相对稳定,作为红蓝结营区、战术对抗区和装甲冲锋区。

(2)综合调查区内断裂系统延伸规模较大,走向近南北向,以朝西倾斜为主,少数向东和向南倾斜,断层性质以张性正断层为主,少数为逆断层,格达沉积盆地控盆断裂系统北延通过羊八井地热田,是控震断裂羊八井-当雄断裂的分支断裂,因此该组断裂从形成以来具有长期间隙性多期活动特点,甚至在现在仍在强烈活动,沿羊八井-当雄盆地西边界活动断裂,从古至今发生过多地地震等地质活动,地震活动造成整个区域内构造不稳定,除主断裂带以外,次级断裂带增加,因此在工程布设或野战机动中,尽可能地避免断裂带区域。

(3)区内多山谷、冲沟地貌等连通导向,有利于部队通行及后勤补给。区内岩体整体较为破碎,以火山碎屑岩为主,主要表现为节理和断裂面;节理优势方位以北西向和北东向两组为主。

(4)近南北向格达沉积盆地控盆断裂系统构成的区内构造格局为野战机动提供了良好通道,格达盆地平阔地域为后勤保障、驻屯集结、战术演训等JS活动提供了场地。

(5)南北向断裂形成的山谷通道连通了前沿后

方基地;大量且广泛分布的节理面导致地下水沿裂隙流通性好,局部构造薄弱处,岩体较稳定,致使区内泉点星点状发育;断裂体系致使区内裂隙发育、贯通性好,地下水由于承压或虹吸等多种作用,较好地贯通地表,整个区内供水系统得到保障。

5 研究区构造总结

(1)区内发育大型断裂控制了基本地质构造格架,并影响区内空间结构;断裂中凹地为格达断陷盆地,盆地平谷区域地势较为平坦,有利于部队的集结和扎营。

(2)断裂系统延伸规模较大,走向近南北向,在工程布设或野战机动中,尽可能地避免断裂带区域。

(3)区内多山谷、冲沟地貌等连通导向,有利于部队通行及后勤补给。

(4)近南北向格达沉积盆地控盆断裂系统构成的区内构造格局为野战机动提供了良好通道。

(5)南北向断裂体系致使区内裂隙发育、贯通性好,地下水由于承压或虹吸等多种作用,较好的贯通地表,整个区内供水系统得到保障。

6 下一步工作展望

通过野外实地调查及室内资料整理,充分分析区内构造类型及形态特征,并根据研究成果,结合演训活动浅析区内构造对其影响情况,但因条件有限,未对活动影响的机理性进行深入研究,下一步将结合本次研究成果,在区内开展相关工作,为其影响性做出理论性和数据性的支撑。

利益冲突:作者声明无利益冲突。

参考文献(References)

- [1] 孙挪亚. 冈底斯西段仲巴地区始新世花岗岩成因及其构造环境[D]. 北京:中国地质大学(北京),2012.
- [2] 潘桂棠,莫宣学,侯增谦,等. 冈底斯造山带的时空结构及演化[J]. 岩石学报,2006,22(3):13.
<https://doi.org/10.3321/j.issn:1000-0569.2006.03.001>
- [3] 潘桂棠,郝国杰,冯艳芳,等. 中国大地构造单元划分[J]. 中国地质,2009,26(1):28.
- [4] 翟冬梅. 西藏冈底斯造山带列廷冈铁铜多金属矿床矿相

- 学特征及成因意义[D]. 成都:成都理工大学,2014.
- [5] 吴章明,曹忠权. 1411 年西藏当雄南 8 级地震发震构造[J]. 中国地震(2 期):46-52[2023-11-20].
- [6] 万俊. 西藏堆龙德庆地区构造变形与构造演化[D]. 武汉:中国地质大学(武汉),2012.
- [7] 张运昌,陈彦,杨青,等. 西藏冈底斯带中部南木林地区林子宗群火山岩锆石 U-Pb 年龄和地球化学特征[J]. 地质通报,2019,38(5):719-732.

Structural Background of Geda Area in Tibet and Its Influence on Exercise and Training Activities

YANG Hu, WANG Jia^{*}, ZHANG Mingyuan,
LIANG Jun, ZHANG Tao, LI Chenyu

(Research Center of Applied Geology, China Geological Survey, Chengdu 610036, China)

Abstract: Tectonic geology is one of the most critical factors affecting geological activities in the regional geological background. By studying the structural geological environment of Geda Township and analyzing its geological units and tectonic stresses, it is concluded that: (1) Six large faults developed in the area in the near-north-south direction control the basic geological and tectonic structure of the working area and affect the spatial structure of the area; The depression of the fault is the Geda fault depression basin, and the flat valley area of the basin is relatively flat, which is conducive to the assembly and cantonment of troops. (2) The extension scale of the fault system extends a large scale, the direction of nearly north-south, in the engineering layout or field mobility, and the fault zone should be avoided as much as possible in engineering layout or field maneuvering; (3) There are many valleys, gullies and other connected landforms in the area, which are conducive to the passage of troops and logistics supplies; (4) The tectonic pattern of Geda sedimentary basin formed by the near-north-south oriented Geda sedimentary basin basin-control rupture system provides a good channel for field maneuvering; (5) The north-south fault system leads to the development of cracks and good penetration in the area, and the groundwater penetrates the surface well due to various effects such as pressure or siphon, and the entire water supply system in the area is guaranteed. Based on the combination of structural geology and military geology, this study preliminarily reviews the relationship between the two, and provides ideas for the integration of the two professional disciplines.

Keywords: Tectonic geology; Geda Township; exercise and training activities; military geology

DOI: 10. 48014/cesr. 20231024001

Citation: YANG Hu, WANG Jia, ZHANG Mingyuan, et al. Structural background of Geda area in Tibet and its influence on exercise and training activities[J]. Chinese Earth Sciences Review, 2024, 3(2): 41-51.

Copyright © 2024 by author(s) and Science Footprint Press Co., Limited. This article is open accessed under the CC-BY License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

