

56-5626

03422

地质矿产部青藏高原地质文集编委会



青藏高原地质文集

5



地质出版社

422

5626

青藏高原地质文集

(5)

水文地质·工程地质

地质矿产部青藏高原地质文集编委会

地质出版社

青藏高原地质文集编委会

名誉主编 程裕洪 李春昱 杨遵仪

主 编 李廷栋

副主编 刘增乾 袁学诚 李光岑

编 委 (以姓氏笔划为序)

万子益	于光明	王乃文	史清琴	刘增乾	李廷栋	李光岑	向鼎璞
肖序常	杨丙中	周自隆	林宝玉	苗培实	范影年	茅燕石	郝子文
胡海涛	姜春发	郭铁鹰	张以蓓	张良臣	袁学诚	顾庆阁	徐忠信
浦庆余	费 鼎						

青藏高原地质文集

(5)

水文地质·工程地质

地质矿产部青藏高原地质文集编委会

*

地质矿产部书刊编辑室编辑

责任编辑:吴霞芬

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: 9³/₄ 插页: 2 字数: 228,000

1982年3月北京第一版·1982年3月北京第一次印刷

印数1—1,230册·定价2.30元

统一书号: 15038·新735

前 言

青藏高原位于欧亚大陆南部巨型古地中海构造带的东段，是地球表面最高的高原。向有“世界屋脊”之称。由于它独特的地质构造和复杂的地质结构，很早就引起中、外地学界的瞩目。特别是本世纪六十年代以来，随着人们对地球深部构造的探索和板块构造学说的兴起，就更被国际地学界视为解决亚洲乃至全球重大地质理论问题的关键地质之一。

作为在我国广大土地上进行地质探索的我国广大地质工作者，自然更加关心青藏高原地质工作的开展，也理应在这方面对地质科学作出更大的贡献。新中国成立后，特别是六十年代以来，地质部所属各有关省（区）地质局，各科研单位和地质学院在青藏高原开展了规模空前的区域地质调查、矿产普查勘探和地质科学研究工作，填补了大面积地质研究空白区，积累了丰富的实际资料，深化了高原地质构造特征的认识。为了总结二十多年来在青藏高原工作的地质成果，为今后本区地质工作部署提供依据，为发展地质科学理论做出贡献，根据原国家地质总局的指示，决定在总结工作成果的基础上编辑出版《青藏高原地质文集》

这个“地质文集”将作为一个系列陆续编辑出版。为方便读者，我们将按区域地质、构造地质、地层、古生物、岩石、水文地质·工程地质，第四纪地质，地热，地球物理等不同专业分集编辑。

这个“地质文集”的出版，无疑是一件可喜的事情，我们希望它能对总结青藏高原地质科研成果，探索高原形成、演化历史起推动作用。但限于我们的经验和水平，可能会出现这样或那样的缺点或错误，恳请读者予以批评指正。

编 者

一九七九年十二月一日

目 录

青南—藏北高原的构造体系及其对地下水的控制·····	胡海涛 许贵森 (1)
东昆仑山北坡(格尔木—西大滩)的水文地质特征·····	邱元正 (41)
藏北高原央尔纳茸谷地构造复合部位泉水和冰丘的形成分布规律 ·····	樊溶河 袁成林 (52)
青藏高原多年冻土区的水文地质特征·····	樊溶河 尚建义 张治安 何明义 (58)
唐古拉山南麓岛状冻土带的水文地质特征·····	安钟元 (67)
青藏公路沿线多年冻土区的地下热水·····	翟荣廷 (72)
青藏高原的多年冻土·····	张治安 (82)
昆仑山垭口盆地第四纪构造运动·····	易明初 (95)
青南—藏北高原多年冻土1区近代冻融物理地质现象的类型及其特征 ·····	胡海涛 任国林 孙存煜 (101)
青藏公路六十二道班冰丘的形成条件及其发展规律·····	尚建义 丁家光 (113)
青藏线(格尔木—不冻泉)晚近构造及其对道路工程建设的影响 ·····	易明初 (119)
青藏公路沿线(格尔木—安多)的区域工程地质特征·····	胡海涛 阎树彬 (130)
青南—藏北高原多年冻土区电法勘探的体会·····	尚建义 姜凤海 (145)

青南—藏北高原的构造体系及 其对地下水的控制

胡海涛 许贵森

(中国地质科学院地质力学研究所)

前 言

青南—藏北高原,由格尔木至那曲 800 余公里地段内,约有 560 公里穿越多年冻土区。该区地势高亢,平均海拔在 4400 米以上;气候干寒,年平均气候 $-2-7^{\circ}\text{C}$;年平均降水量 200—400 毫米。在近代冰缘气候的影响下,区内广泛发育多年冻土,其北界位于昆仑山主脊北侧,西大滩谷地 60 道班以西约三公里处,海拔 4350 米;南界位于安多北山山前地带,海拔 4780 米。冻土上限一般深 1—3 米,厚度随高度、纬度及其它因素的影响有所变化,一般厚 20—80 米,已知最大厚度在唐古拉山口南侧曲果曲北岸可达 128 米。本区冻土属中、低纬高海拔多年冻土类型。

自早上新世以来,本区晚近构造活动强烈,导致高原大面积隆起并伴随差异性升降。由于高原地势大幅度地抬升,促使气候条件呈现明显的垂直分带性。在高寒气候条件下,冰川、冻土发育,冰缘营力作用盛行,致使本区具有独特的高原多年冻土区的水文地质特征。

影响多年冻土区水文地质条件的因素众多;最主要的是由于气候因素影响所产生的多年冻土。它的存在直接影响地下水的埋藏、分布、补给、径流和排泄条件。因此,从地下水的产状及其与多年冻土的关系看,很自然地可划分为三种类型:即冻土层上水、冻土层下水和融区水。本区冻土层间水并不发育。冻土层上水,其相态随季节气温而变化,含水层的厚度和水量均不稳定,只能作为季节性小型供水水源,本文不拟讨论。冻土层下水和融区水的运移、分布和赋存条件,除受多年冻土和其它因素制约而外,还受区内构造体系的控制,特别是晚近期的构造活动所控制更为明显。多年冻土形成之后,在晚近构造活动的影响下,沿活动断裂带产生构造融区或地热异常带,使多年冻土遭受破坏和改造。这些融区、融带正是地下水补给、径流和排泄的通道。

在冻结的高原地表,我们可以普遍地见到温泉、冷泉、泉华、冰椎、冰丘及岩溶漏斗、洼地成带状或网状分布的奇特景观。这些具有一定方向性排列的格局与构造体系所控制的构造格局基本是一致的。这种一致性是由两者之间存在着密切的内在联系决定的,由此使我们形成了冻土层下水在岩层、岩体中沿导水构造格架(导水结构面的组合,其中包

括原生导水结构面)形成地下水文网的概念。

在第四系广泛分布的盆地、谷地区,冻土层下孔隙水的运移、分布和赋存条件,严格受断陷盆地、谷地,晚近构造活动的性质、强度和方式,以及沉积物的岩性、岩相和沉积结构等因素的影响。这些具有层状孔隙水的盆地、谷地与上述基岩地区的网状裂隙水联系起来,构成了区域地下水文网的完整体系。

本文主要探讨区内不同构造体系对于深部地下水的控制,了解其分布规律和富集条件,从而达到寻找可供开发利用的地下水资源的目的。在一定条件下,深部的冻土层下水和非多年冻土区的承压,自流水往往水质好、水量大,为本区主要的供水水源。因此,研究构造体系对于地下水的控制具有重要的理论意义和现实意义。

一、构造体系及构造带的主要特征

青藏公路沿线穿越不同的构造体系和构造带。从北往南:秦岭—昆仑纬向构造体系(以下简称秦昆系)、青藏滇缅印尼歹字型构造体系头部(以下简称青藏系)及区域东西构造带(图1、2)。在同一构造体系中再根据地层、岩石建造、构造形变特征和构造形成时期,又可划分为次一级的断褶带和地块。

(一) 各构造体系及构造带的主要构造形迹

1. 秦昆系

位于北纬 34° 至 36° 之间,展布于本区北部昆仑山与布尔汗布达山区。主要构造线呈东西向与山脉趋于一致。其北界隐伏于柴达木盆地(南缘的)第四纪沉积之下,南界大体位于昆仑山主脊南坡。

根据沉积建造和构造特征,大致可划分为两带:即北带(布尔汗布达山断褶带)和南带(昆仑山断褶带)。

北带:主要分布地层为震旦亚界下部的变质岩系,岩性为片岩、片麻岩、混合岩夹大理岩。其次为上古生界的碎屑岩、灰岩及火山岩。上述岩系广泛被晚古生代及中生代酸、中性岩浆岩所侵入。

该带的构造形迹,以断裂为主,褶皱延续性甚差。由于不同方向断裂的切割,形成断块山地。主干断裂走向近东西,为压扭性斜冲断裂。以低头山断裂带(F_2)为代表,该断带由数条断层所组成,走向北东东至北西西呈波状延展,断面向南倾斜,倾角 85° ;挤压带宽10—15米,最宽达百余米。断层南盘下古生界纳赤台群凝灰质砂岩及大理岩逆冲于北盘石炭系变质砂砾岩之上,使石炭系产生强烈的派生褶皱,轴向北 50° 东,与主干断裂构成“入”字型构造。显示东西向断裂前期以压性为主,后期兼具顺时针向的扭动性质。除东西向压扭性断裂而外,尚有北北东、北北西向的扭性断裂及近南北向的张性断裂与其配套。格尔木河横穿布尔汗布达山即是沿南北向张性断裂发育的。

南带:主要分布地层为下古生界纳赤台群海相喷发沉积变质岩系,由大理岩、片岩、千枚岩、砂板岩及中性火山岩所组成,广泛分布于昆仑河两岸。上古生界海陆交替相沉积,特别是下二叠煤系,大片分布于昆仑山主脊一带。三叠系及新第三系亦有零星分布。并有晚古生代酸性及基性岩浆岩的侵入。

该带的构造线呈东西向展布,在昆仑桥以北,下古生界变质岩系显现为紧密的向北倒

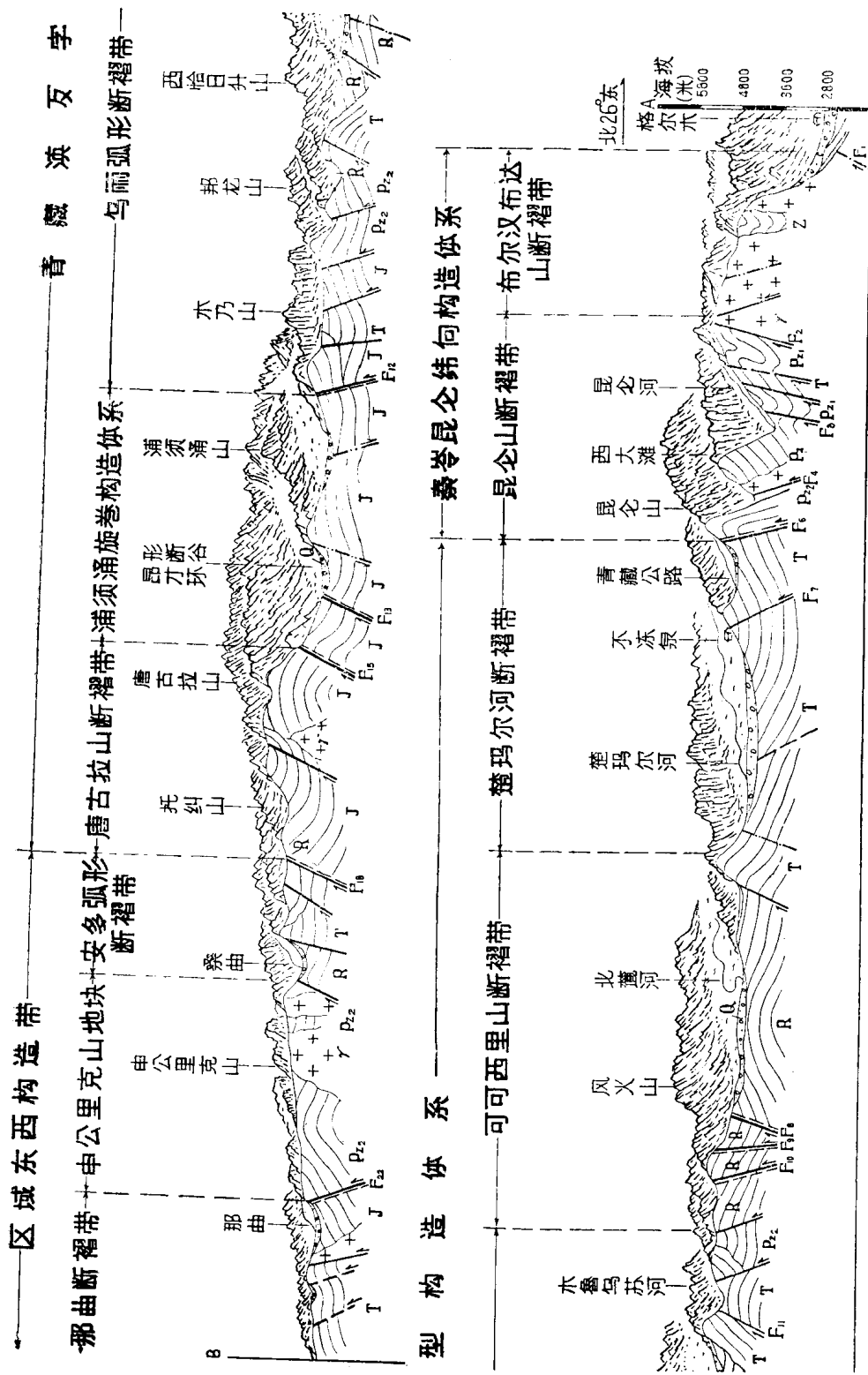


图 2 青南—藏北高原(格尔木—那曲)地质构造—地貌剖面示意图

Z—震旦亚界; P₂₁—下古生界; P₂₂—上古生界; T—三叠系; J—侏罗系; R—第三系; γ—花岗岩; F₁—断层及编号

转的同斜褶皱，并伴随一系列叠瓦式压性断裂向北逆冲。昆仑河两侧，由温泉沟至58道班之间，下古生界纳赤台群，以昆仑河—野牛沟为核部形成一个两翼基本对称的复式背斜（图3）。沿核部发育有昆仑河断裂带（F₃）：该带由数条压扭性断裂所组成，东起秀沟，西至昆仑湖。断裂带走向近东西，倾向南或北，倾角60—85°。断带宽20—30米（单带），带中岩层受挤压作用成陡立岩带，脆性大理岩岩石破碎，片岩及千枚岩柔皱强烈，石英脉被挤压成团块，显示了断裂的多期活动性。

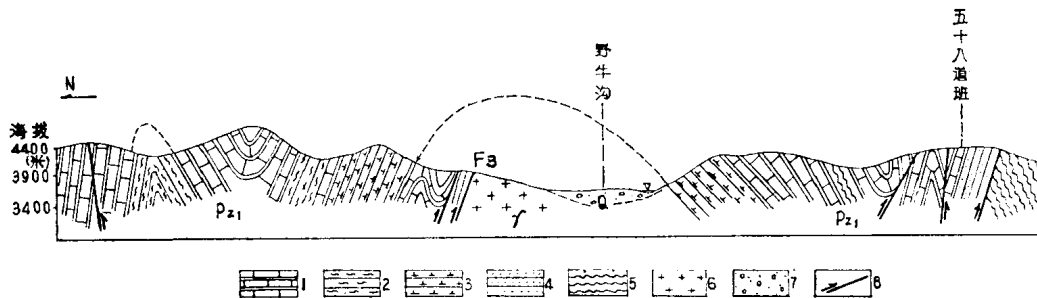


图3 昆仑河—野牛沟复式背斜构造示意剖面图

1—大理岩；2—片岩；3—中性火山岩；4—砂板岩；5—千枚岩；6—花岗岩；7—砂砾岩；8—逆冲断层；Pz₁—下古生界；Q—第四系

沿昆仑河复式背斜轴部，追踪北北东及北北西扭裂的二次纵张断裂甚为发育（昆仑河谷呈锯齿状延展，即沿此二次纵张断裂发育所成），这是纬向构造带在强烈挤压之后，应力松弛状况下的产物。为地下水径流、富集和排泄创造了有利条件。

昆仑河以南，小南川两侧，褶皱轻微，地层向南呈单斜排列。再南为东西大滩断裂带（F₄）：该带呈东西向展布，长达160余公里，为一笔直的晚近时期以来，在早期断裂基础上发育的断陷谷地。谷地南北山前均有断裂存在。北山山前断裂，在西大滩东西两侧均可见到，岩石挤压破碎强烈，沿带有晚古生代花岗岩的侵入，但花岗岩又遭到后期构造运动的破坏，向东至郭勒河地段，断裂北侧控制了第三系，南侧控制了第四系的沉积与分布。北山山前断裂带被一系列南北向张性断裂所切割。在沟口断裂交汇切割处有成带分布的冰丘和上升泉溢出。

南山山前断裂，被第四系所覆盖。但在昆仑山主脊北麓，二叠系中可见一系列东西向叠瓦式断裂，自北往南冲断，使二叠纪煤系遭受严重挤压和地层重复。另外在惊仙谷一带亦可见到东西向挤压断裂带。这些次一级断裂，显示了与西大滩南侧主干断裂的相似性质。

除上述近东西向的压性断裂而外，近南北的张性断裂亦较发育。区内的横向沟谷如小南川、南大沟、惊仙谷等均沿此组断裂发育。另外，北北东及北北西向扭性断裂亦较发育。

综观本区秦昆系具有以下构造特征：

（1）主要构造线呈近东西方向展布，地层区域走向、岩浆岩体的展布与构造线方向趋于一致。卷入构造带的地层主要为震旦亚界及下古生界，地层褶皱、变质均较强烈。上古生界褶皱，变质程度相对较轻，与下古生界呈显著的角度不整合。中生界三叠系局部有所出露，变质微弱。本区侏罗系、白垩系及下第三系缺失，上第三系及第四系多沉积于断陷谷地、盆地之中。

(2) 纬向构造带的形变特征: 北带以块断为主, 南带为断褶带。南带的两缘均有同斜倒转褶皱, 并伴随有叠瓦式逆冲断裂, 北缘向北倒转逆冲, 南缘则向南倒转逆冲。中部为基本对称的复式褶皱型式, 且在主干断裂附近出现陡立岩层带。

(3) 东西向主干断裂的力学性质多呈复合性质, 显示出多期活动的特征。一般以压性为主, 后期具扭性, 表现为顺时针向的扭动, 与青藏系的扭动方式趋于一致。昆仑河复式背斜轴部纵张谷地两侧断裂, 则表现为先压后张的复合性质。

(4) 秦昆系的发育, 肇始于早古生代晚期(加里东期), 形成于晚古生代末期(海西期), 中生代时期的构造运动使其构造形变有所加强, 新生代时期沿某些断裂仍有差异性活动。

(5) 由于晚近时期的差异活动, 形成东西向及南北向的断陷谷和断裂谷。近代地表水系和地下水系严格受方格状构造格局的控制。

2. 青藏系

此构造体系在本区为其头部组分, 由昆仑山北坡至南部桃儿九山纳仁曲谷地, 跨越宽度 500 余公里, 为青南—藏北高原的主要构造体系。构造带呈北西西向展布, 向东逐渐转为北西—北北西向, 成为向北北东突出的弧形构造带。由一系列复式褶皱带与压扭性断裂带所组成。

按受控地层、沉积建造、岩浆活动、构造形迹特征、构造形成时期及晚近构造活动特征, 由北向南概可划分为六个旋迴层(或带), 即: (1) 积石山断褶带; (2) 巴颜喀拉山断褶带; (3) 可可西里山断褶带; (4) 乌丽山弧形构造带及沱沱河断褶带; (5) 温泉断褶带及浦须涌旋卷构造带; (6) 唐古拉断褶带(见图 1、2), 各带之间以区域性的压扭性大断裂为旋迴面。现将各带构造形迹特征概述如下:

(1) 积石山断褶带: 此带为青藏系头部成分的外侧旋迴带, 展布于本区图幅以外, 主要构造形迹表现为布青山—积石山复式背斜。此带北侧为积石山北麓断裂带(F_5), 由一组北西西向压扭性断裂组成, 向西北延伸, 经舒尔干河插入本区布尔汗布达山内。断面向北倾斜, 二叠系逆冲于三叠系、侏罗系之上; 向西在舒尔干河一带, 三叠系逆冲于第三系之上。此断带延伸长达千公里以上。沿断带有晚古生代超基性岩及中生代中酸性岩侵入。沿带东起花石峡、西至阿拉克湖长达 230 公里地段内, 见有现代地震裂缝, 其展布方向与断裂带走向趋于一致。据记载 1937, 1963 及 1971 年均发生过强震, 震级最大为 7.5 级。据物探资料, 沿断带为一重力异常梯级带, 宽 30—40 公里, 也是“莫氏面”变异带。可见此断带具有规模大, 发育深, 近代活动强烈的特点。

(2) 巴颜喀拉山断褶带: 此带展布于昆仑山垭口断裂(F_6)以南至五道梁断裂之间。南北跨度达 80 余公里。断褶带呈北西西向展布, 由一复式向斜及若干北西西向压扭性断裂所组成。复式向斜轴西自可可西里湖以北, 东至巴颜喀拉山, 延展性较好。西部褶皱缓和, 在不冻泉附近见隔档式次级褶皱, 背斜紧密, 向斜宽缓。压扭性斜冲断裂多发育于背斜轴部。东部巴颜喀拉山一带, 轴向转为北西, 褶皱剧烈, 出现平卧、倒转及尖楞状低级褶皱, 且组成扇状复式褶皱, 伴随有强烈的挤压破碎带。此种断褶强烈的现象, 可能与弧形转折部位旋扭应力比较集中有关。卷入此一褶皱的地层主要为上三叠系, 压扭性断裂则可将二叠、三叠系斜冲于侏罗系与第三系之上。

本带中主要断裂带见有: 昆仑山垭口断裂带(F_6): 位于昆仑山垭口北侧, 沿昆仑山

主脊南坡通过。在 62 道班以西 3 公里处，有清晰的断带剖面出露（详见下节）。断带走向北 70°西，倾向北东，倾角 65—70°，为压扭性斜冲断裂。在昆仑山垭口以东，二叠系砂岩、板岩及片岩斜冲于三叠系砂板岩之上，可见破碎带宽达百余米。

不冻泉断裂带（F₇）：位于不冻泉北至 64 道班一带，由北西西向的数条压扭性斜冲断裂组成（参见图 15）。该带向东延伸长达 60 余公里，发育于复式向斜北翼。断带发生于上三叠系砂板岩中，主断带宽 200 余米，带中石英脉被挤压成团块。次级断裂，多发生于次级尖顶背斜轴部。与断带垂直的北北东向张扭性断裂亦甚发育。在两组断裂交汇部位，泉水成群出露。

五道梁南断裂带亦为本区的主干断裂带，发生于三叠系与第三系之间，但在五道梁附近已被第四系广泛覆盖。

沿以上这些压扭性断裂带有早古生代酸性至中性的岩浆岩侵入。

（3）可可西里山断褶带：位于五道梁断裂与乌丽山弧形断裂带之间，呈北西西向展布，南北跨度宽约 80 公里，为第三系组成的复式断褶带。向西有大片侏罗系，向东有大片上三叠系卷入此一断褶带之中。两侧褶皱形迹比较明显，而青藏公路沿线附近，断裂比较发育。主要断裂带有：

风火山断裂带（F₈）：出露于风火山主峰托托敦宰附近，由三条断层组成，呈雁行排列，东西延伸达 900 余公里。断带走向北 70°西，倾向北东，倾角 50—60°。断裂发生于下第三系紫红色砂砾岩层中，局部地段将上第三系断开。此断裂带在托托敦宰主峰北坡显示为一系列三角面山地形。此断带向东与当江断裂相连，向西与西金乌兰湖断裂相连，控制了侏罗系的沉积，沿带有印支期的超基性岩、喜山期的含透长石花岗岩闪长斑岩的侵入，以及晚三叠纪的中性火山岩的喷发。此断裂规模巨大，发育较深。

二道沟断裂（F₉）及各布里山南麓断裂（F₁₀），均为北西西向的压扭性断裂，为风火山断裂的分支，向东延至木鲁乌苏河附近与风火山断裂交接。分支断裂与主干断裂相交的锐角指示对盘顺时针方向的扭动。

（4）乌丽山弧形构造带及沱沱河断褶带：此一旋迴层（带），北侧以乌丽山弧形断裂带为界，南侧以木乃山断裂为界，南北跨度宽约 100 公里。此带构造形迹比较复杂，显示了两组构造线相互交叉的特征。

其一为北西西向的沱沱河一东坝复式背斜，伴随有与褶轴方向平行的一系列压扭性断裂。组成复式背斜的地层主要为石炭二叠系、三叠系及中侏罗系。局部有白垩系与老地层呈断层或不整合接触。第三系受到断褶的影响。

另一为乌丽山弧形断褶带：弧的西翼，由乌如车错湖至乌丽，褶皱轴向与压扭性断裂带呈北东至北东东向。东翼由北西西向转至北西向与青藏系头部弧形构造趋于一致。弧顶部位正位于乌丽山一带。压扭性弧形断带被一系列北北东及北北西向张性或张扭性断裂所位错，卷入此弧形构造带的地层与沱沱河一东坝复式背斜基本相似。弧形构造带与北西西向断褶带，在西翼呈截接复合关系，而在东翼则为联合关系。因此，两者基本上为同时期的产物。此一弧形断褶带为青藏系中旋迴带（层）内水平扭动所导出的次一级构造。

（5）温泉断褶带及“浦须涌”旋卷构造带：此带北部以木乃山断层为界，南部以唐古拉北坡断层为界，南北跨度宽约 70 公里。温泉旋迴层（带）主要由一系列北西至北西西向的短轴褶皱组成，向斜宽缓，背斜紧密，轴部常呈尖顶背斜或直立岩层带。

木乃山断裂 (F_{12}): 位雁于石坪面约 8 公里处, 东南延伸至木乃山一带。断层走向北 60° 西, 倾向北东, 倾角 66° , 为一压扭性断裂, 发育于中侏罗统雁石坪群之中。沿断裂有燕山早期的花岗岩侵入。此断裂向东与唐古拉山北坡断裂相交汇。

唐古拉山北坡断裂 (F_{14}): 此断带出露于唐古拉山北坡 107 道班以北 3 公里处及拜多河谷烂泥塘一带, 东西长达 200 公里以上。断层走向北西西, 倾向北东, 倾角 $70-75^{\circ}$, 为压扭性斜冲断裂。断带发育于中侏罗统雁石坪群中, 断带中有石英脉及石英斑岩脉侵入, 并被后期运动所断错。从断层北盘的分支断裂与主干断裂锐角所指示对盘扭动为顺时针方向。沿断裂带在东部唐古拉山主脊一带有大片花岗岩体呈北西西向展布。在拜多河谷中沿断带有温泉及泉华呈带出露。

由于以上两断裂带晚近时期顺时针方向的扭动, 在旋迴层 (带) 内产生次一级的“浦须涌”旋卷构造, 其特征见下节论述。

唐古拉山北坡断裂向东延伸与木乃山断裂交汇地带, 历史地震震中成群分布。1975 年 5 月该处尚发生过 6.7 级强震。此地震带为温泉—昌都地震带, 其地震活动特征为频率高、震级强, 历史地震震中具有原地重复发生和填充性的特征。根据物探资料, 由温泉至唐古拉山口为“莫氏面”变异带和区域重力梯级带, 其方向为北西西向。

综上所述, 不难看出此断裂带晚近时期的构造活动相当强烈。

(6) 唐古拉山断褶带: 此带为青藏系头部构造的内部旋迴层带。由唐古拉山北坡断裂至桃儿九山南麓的纳仁曲断裂, 南北跨度宽约 70 公里。由唐古拉山主脊复式向斜、土门格拉复式背斜及桃儿九山复式向斜所组成。卷入此断褶带的地层, 主要为中侏罗系雁石坪群的石灰岩及碎屑岩互层。在土门格拉复式背斜轴部有上三叠系土门格拉群煤系出露。在次级向斜轴部及背斜纵向断谷中有白垩系红色砂砾岩不整合于中侏罗统之上。一般次级褶皱的背斜紧密, 向斜宽缓。北部及南部复式向斜为不对称褶皱, 而中部的复式背斜则为对称褶皱, 此种特征显示出旋迴带两侧受挤压应力较强, 中部受挤压较弱且处于应力均衡状态所致。

本断褶带的断裂构造, 以平行于褶轴的北西西向压扭性断裂为主干断裂, 如土门格拉复式背斜北翼断裂、扎加藏布曲峡谷断裂带及多卓央地玛—乐日山断裂带 (F_{18}) 等。其中以后者规模较大并具有区域代表性。该断带位于土门格拉四道班南 6—8 公里范围内, 向西与土门东矿南约 9 公里的“泥火山”断裂^①相连接。该处断裂带露头清楚 (图 4)。断带走向北 70° 西, 倾向南西, 倾角 $60-70^{\circ}$ 。断带南侧上三叠统砂页岩逆冲于中侏罗统灰岩之上。断带东南段出露于乐日山南坡, 断面向北倾斜, 断裂两盘均为中侏罗统。断带宽约 50 米, 带中为硅化角砾岩, 沿断裂带有大量中基性火山岩喷出和次火山岩的侵入; 沿断裂带冷泉、温泉及古泉华成带分布。另外, 在土门格拉附近的温

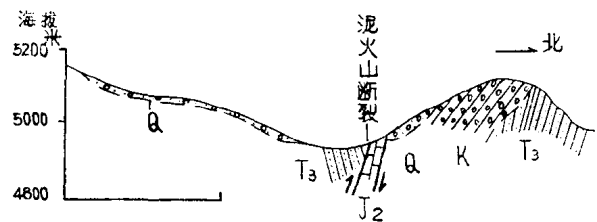


图 4 土门格拉东矿南温泉沟北坡泥火山断裂地质剖面图

J₂—中侏罗统灰岩; T₃—上三叠系砂页岩; K—白垩系砾岩;
Q—第四系砂砾岩

(据国家地震局地震地质大队)

① 由于沿断带有一系列高达 2 米的“泥火山”, 西藏地质局第三地质队命名为“泥火山”断裂。

泉沟有温泉出露,水温达 40—60℃。且在断裂附近上第三系—第四系砾岩变位,倾角 30°。沿断带历史地震震中带分布,1971 年在安多东北尚发生过 6 级地震。种种迹象表明,此断裂近代仍有活动。

综上所述,青藏系头部具有如下的构造特征:

(1) 主要构造线呈北北西至北西向,为向北东突出的弧形构造带。地层与岩浆岩的展布方向与构造线趋于一致。卷入青藏系的地层最老为石炭—二叠系,广泛分布于沱沱河—东坝复式背斜一带。三叠系上统广泛分布于巴颜喀拉山断褶带及可可西里断褶带的东部,以及沱沱河—东坝复式背斜两翼。中侏罗统雁石坪群,广泛分布于南部温泉断褶带与唐古拉山断褶带。白垩系零星分布。第三系主要分布于可可西里山断褶带及沱沱河断褶带。第四系广泛分布于断陷盆地、谷地之中,且沉积厚度较大,受晚近活动构造的控制。

(2) 青藏系头部由一系列复式断褶带组成。从平面展布看,外旋迴层褶带延展性较强,内旋迴层褶带延展性较差,往往成为短轴褶皱;外旋弧形褶带曲率较小,内旋曲率较大;外旋迴层构造形迹比较简单,内旋迴层构造形迹比较复杂。从剖面上看,一般背斜紧密,向斜宽缓,压扭性冲断裂多发育于背斜轴部,往往形成尖顶背斜和轴部直立岩层带的褶皱类型。

(3) 区域主干断裂呈北西西至北西向展布,为压扭性、高角度的逆冲或斜冲断层,具顺时针向扭动性质。处于各旋迴层(带)间的交界断层(旋迴面),往往具有发育深、规模大、活动性强的特点。沿断裂带往往有酸、中性及超基性岩体的侵入,且控制了地层的分布和沉积;近代地震活动、地热显示和地下水径流都比较强烈;而且在地形上有明显的对照,如积石山北麓断裂、昆仑山垭口断裂、风火山断裂、木乃山断裂和唐古拉山北坡断裂等。

(4) 由于晚近时期青藏系旋迴层(带)的水平扭动,往往形成次级旋扭构造,如温泉旋迴层中的“浦须涌”旋卷构造;或由于水平旋扭运动而导致的差异性升降,形成断陷盆地、谷地,如楚玛尔河、沱沱河、通天河断陷盆地;温泉,瓦里百里淌、唐古拉—桃儿九山断陷谷地等。这些盆地、谷地为隆起高原上的相对下降地带,严格受青藏系构造格局的控制。

(5) 青藏系头部构造成分的发育肇始于印支期,完成于燕山期,喜山期有所加强,晚近时期仍有强烈的活动。

3. 区域东西构造带

该带展布于本区南部。北起纳仁曲,南至那曲以南,区内可划分为三个带:

(1) 安多弧形断褶带:由安多北山断褶带与安多断陷谷地组成,显示为向北突出的弧形构造带。外弧形成高山,内弧下降成为谷地。

构造线展布方向,西翼由北东逐渐转为北东东向。弧顶位于安多以北,呈近东西向。东翼由近东西转向南东,直达聂荣、强多一带。西翼断褶带被北北西向张扭性断裂所位错,呈顺时针向扭动。弧顶部位出现近南北向的张性断裂。东翼则发育有北北东向张扭性断裂将断褶带位错,作逆时针向扭动。近代沿这些张裂发育了一系列横向沟谷,汇入安多弧形谷地。

卷入此弧形断褶带的地层有上三叠统灰岩,中侏罗统砂页岩、灰岩及白垩系的砂砾岩,下第三系砂砾岩广泛分布于弧形构造带两翼山地。沿断带有印支期的基性岩、燕山期的中

性和超基性岩的侵入。

此弧形构造带的构造形迹比较复杂，以断裂构造为主，现将主要断裂带的特征分述如下：

1) 纳仁曲断裂带 (F_{19})：位于青藏公路 115 道班以西，沿纳仁曲谷地及纳仁山以南分布，由几条近东西向的断裂组成。断带向西被央尔纳茸北东向扭断裂所断错，断带北移至笙雀山北麓。向东被顺捷布曲河北东向的张扭性断裂所位错。

断裂带北侧为中侏罗统雁石坪群生物灰岩与砂页岩互层组成的北西向断褶带，南侧为白垩系紫红色砂砾岩及下第三系砂砾岩组成的近东西向断褶带。很显然沿纳仁曲断裂带为两个不同构造体系的复合地带，沿带有一系列上升冷泉和温泉出露。

2) 安多北山山前弧形断裂带：

出露于 116 道班南约 300 米青藏公路东侧 (图 5)。断裂走向北 80° 西，倾向南西，倾角 50° 。断裂带宽约 200 米，带中为挤压破碎的石灰岩凸镜状岩块，断面附近有角砾岩及糜棱岩，并有斜冲擦痕，带中小的挤压断裂面甚多。本断裂以压性为主并兼扭性，断裂北盘为上三叠统灰岩，南盘为白垩系紫红色砂砾岩。断带沿北山山前向西南延伸，走向渐转为北东—南西向，但多被第四系所覆盖。在多普尔沟口，见基性、超基性岩沿断裂带侵入。且顺山前地带有一系列泉水出露。

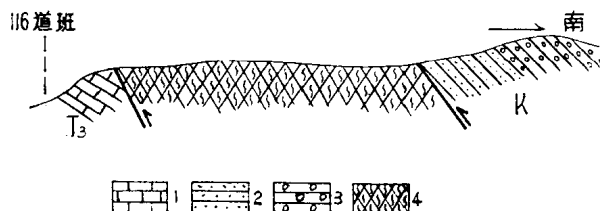


图 5 安多以北 116 道班以南断裂带剖面示意图

1—石灰岩；2—砂岩；3—砾岩；4—破碎带； T_3 —上三叠统；K—白垩系

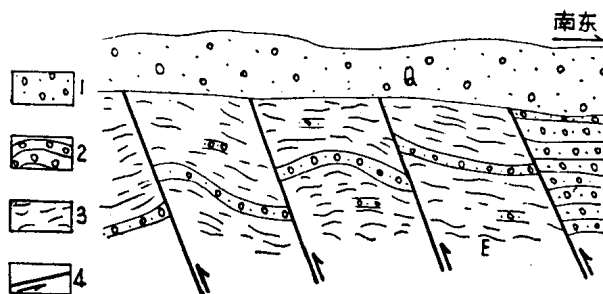


图 6 卓给曲港沟东岸叠瓦式冲断裂剖面示意图

1—砂砾石；2—砾岩；3—泥岩；4—断层；E—下第三系；Q—第四系

从卓给曲港沟口东岸剖面 (图 6) 可见，老第三系砂砾岩中，出现叠瓦式小型逆冲断裂，走向北 40° —

50° 东，倾向南东，倾角 50° — 60° 。此剖面正位于上述断裂带的北侧，为同方向、同性质的次级断裂，反映了弧形断裂带西翼的构造特征。

3) 申公里克山北麓断裂：位于桑曲两岸、申公里克山北麓。断带呈北 70° 东向展布，向东可能沿弧形谷地转向南东；向西被错那湖东岸北东向断裂所断错。此断裂虽被第四系所覆盖，但在申公里克山北麓显示出清楚的断崖地貌；桑曲谷地靠南侧第四系沉积较厚，经钻探证实在 160 米以上；断层北侧在安多附近出露侏罗、白垩系，南侧为上古生界变质岩系与燕山期花岗岩。很可能为自南向北的逆冲断裂，为申公里克山地块与安多断陷谷地的交界断裂，晚近时期断裂性质亦有可能转换为张裂。

4) 错那湖东岸断裂：顺湖岸呈北东向展布，东侧为燕山期花岗岩与晚古生代变质岩系组成的山区，西侧为错那湖。此断裂控制了湖的形态与分布，说明错那湖为晚近时期形成的断陷湖。湖滨沟口沿断裂带有成带分布的上升泉。

综上所述，可以认为安多弧形构造带是藏北区域东西构造带的北缘断褶带，是在南北

向压应力作用下受申公里克山地块的阻抗作用形成的，向西很可能与东巧—伦坡拉盆地南缘弧形构造相联系。

区域东西构造带的形成时期可能较早，为印支期或燕山期的产物，而弧形断褶带的形成则为喜山期所奠定，至于断褶山地与断陷谷地，则是晚近时期差异运动的产物。

(2) 申公里克山隆起地块：位于安多弧形断褶带以南，大体在青藏公里 118—124 道班之间，南北宽 50 余公里。

隆起核部大体位于二道河附近，地层为上古生界深变质岩系，由大理岩、片岩、片麻岩组成，并有燕山期花岗岩的侵入和混合岩化现象。

此隆起地块可能形成于三叠纪中期的印支运动或更早。它控制了南北侧上三叠统、中侏罗统及白垩系的沉积。燕山运动时期更加褶皱隆起，且伴随花岗岩的侵入，使前三叠系强烈变质。喜山期成为安多弧形构造带的坚强砥柱。

(3) 那曲断褶带：位于申公里克山地块以南。其北部为嘎青—余拉山断裂带，分布于 124 道班以南至余拉山南麓一带，南北宽约 16 公里。此断裂带为申公里克山地块与那曲复式断褶带的分界，主要由三条断裂组成，自北向南分述如下：

1) 提马尔—嘎青—龙玛断裂带：此断裂带成东西向展布，断面向北倾斜，倾角西部较缓约 30° 左右。断层上盘为中侏罗统灰岩，逆掩于下盘白垩系之上(图 7)。被一系列北北东及北北西向扭性断裂所断错。北北东向断裂逆时针向扭动，而北北西向断裂则表现为顺时针向扭动。

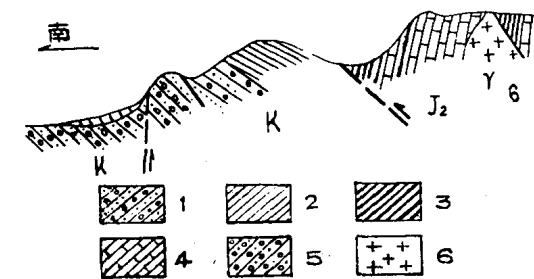


图 7 嘎青北 124 道班附近断裂剖面示意图

1—紫红色砂砾岩；2—紫红色页岩；3—灰黑色板岩；
4—大理岩及石灰岩；5—灰紫色砂砾岩；6—花岗岩
(Y)；J₂—中侏罗统；K—白垩系
(据国家地震局地震地质大队)

2) 摄青那日青断裂：位于 125 道班南约 2 公里，呈东西向展布。断裂北侧为白垩系紫红色砂岩、石灰岩，南侧为上三叠统砂板岩。

在青藏公路以西为较宽的断裂带，以东分为两支，如秧泥剖面(图 8)所示，北盘白垩系灰岩上冲于三叠系灰岩之上，沿断裂有花岗岩脉侵入。断面走向东西，倾向北，倾角 60° 。沿断裂有温泉及古泉华的分布。

3) 余拉山断裂带：位于那曲西北余拉山南侧，呈东西向展布。沿断裂有超基性、基性岩体侵入于三叠系砂板岩中。该断裂向西延伸至那曲河峡谷出口山前一带。

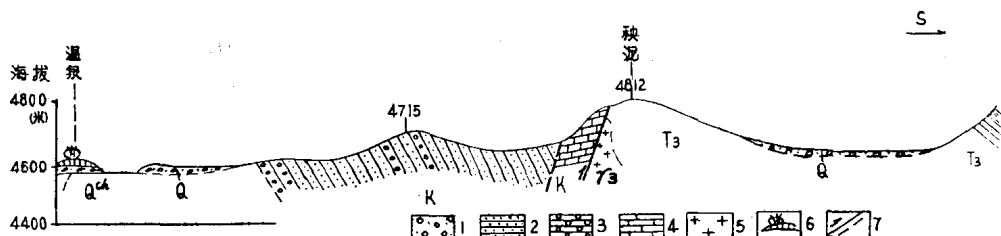


图 8 青藏公路 115 道班东南秧泥断层剖面图

1—砂砾石；2—砂岩；3—砾岩；4—石灰岩；5—花岗岩；6—泉华及温泉；7—冲断层及推测断层；
T₃—上三叠统；K—白垩系；Q—第四系
(据国家地震局地震地质大队)

除上述较大的断裂而外，在那曲河峡谷地段，尚有北东向及北西向扭性配套断裂的分

布。

综上所述,嘎青—余拉山断裂带为一规模巨大,发育时期较长,影响地壳较深的断裂带。它控制了第三系及第四系的沉积与分布。显然为白垩纪末燕山晚期所形成,而在喜山期及晚近时期均有活动。

本区以南为那曲复式断褶带,已出本文探讨范围,不再赘述。

(二) 构造体系的归属及其复合关系

根据以上各构造带构造形迹和构造特征的分析,联系我国广大地区的构造轮廓,使我们对本区构造体系的归属问题有如下的认识。

本区北部展布于昆仑山、布尔汗布达山一带的东西向复杂构造带,它的褶皱和主干断裂大致走向近东西,且展布于一定的纬度范围(约在北纬 35° — 38° 之间)。李四光教授曾指出:“这一巨大的褶皱地带,实际上是和秦岭东西复杂构造带相连的。不过由于西藏地块的排挤,它的地位稍偏北了。”^[4]另外,歹字型构造体系头部和河西系的扭动干扰,也是使其稍往北移的原因。因而,可以认为本区北部东西复杂构造带,属于秦岭—昆仑纬向构造体系是无疑的。

中部北西西至北西向构造带,为向北东突出的弧形构造带。它是顺时针向水平扭动应力下的产物。本区东南至川西、滇西横断山脉逐渐转为南北向的构造带。因此可以认为本区北西西向构造带是李四光教授所确定的青藏—滇缅—印尼歹字型构造体系^[2]的头部组分。关于它的北部界限,近年来青海省区测队已有所论述^[3]。就其头部本体而论,根据笔者的观察,的确是插入了秦昆系。至于是否穿越秦昆系?由于笔者调查范围有限,尚难断言。

在布尔汗布达山区的东西大干沟附近,北西西向秀沟断裂插入了纬向构造带内;在小南川58道班大沟附近属于青藏系的压扭性断裂,以斜接方式断错了东西向断裂带。从卫星照片上可以明显地看到北西西向的昆仑山垭口断裂将东西大滩断裂错断,并向北位错至少10公里以上,两者间呈斜接复合关系。因此,青藏系是以参差不齐的斜接关系插入秦昆系之内。

至于青藏系的南界达到什么位置确是值得讨论的问题。唐古拉山北坡断裂以其规模巨大,发育较深,达到了莫霍面,因此一种意见认为青藏系的南界可能于此,再南的北西西至北西向断褶带则是另一歹字型即帕米尔—喜马拉雅歹字型的尾部。但根据构造形迹分析,唐古拉山复式向斜?不仅包括南缘断褶带,而且温泉断褶带正处于该复式向斜的北翼,只不过受晚近时期“浦须涌”旋卷构造的影响,使其各具特色而已。因此,很难把它们划归两个不同的构造体系。

然而,在桃儿九山南麓的纳仁曲断裂两侧,确呈现出两套特征迥然不同的构造带。其北侧为北西向的受水平顺时针扭动的断褶带,其南侧则为受南北挤压形成的东西向断褶带。两者呈明显的反接复合关系。因此,笔者等认为青藏系头部内侧南界应达到此一复合地带。然而,青藏系头部内侧应该存在比较坚硬的砥柱。看来这个砥柱并非一完整块体,而是分散出露的块体:即本区南部的申公里克山地块(见前述)、昌黎附近的变质岩组成的地块^[2]和恩达结晶岩地块,对于青藏系头部都起到砥柱的作用。因此,在这些地块以北都出现了向北突出的弧形构造带。

关于青藏系与区域东西构造带的复合地带,我们认为以位于纳仁曲、央尔尔纳茸谷地一带为宜。至于在区域东西构造带中是否夹杂着另一歹字型构造尾部的成分,或者它们就

是帕米尔—喜马拉雅歹字型构造体系的尾部,则是值得进一步研究的问题。

(三) 构造应力场的分析

本区青藏系头部的构造应力场,是以外旋北西西—南东东向水平扭应力为主,导出北北东—南南西的一对压应力的作用下,形成北西西向褶皱与压扭性断裂,并产生北北东向的张扭性断裂,以及北北西及北东向的扭张及扭压性断裂。晚近时期以来,这种水平扭动,仍然比较强烈,特别是旋迴面间的相对扭动,导致次一级的旋卷构造,如木乃山断裂与唐古拉北坡断裂的顺时针向扭动,产生“浦须涌”旋卷构造。

本区北部秦昆系及南部的区域东西构造带,是南北向主压应力作用的结果。南北向压应力是整个青藏高原大区域的主应力。在高原东部自南而北的主压应力和四川西部相对应自北而南的主压应力的力偶作用下,导致青藏系头部顺时针向的水平扭动。由于晚近时期南北向的强烈挤压和水平扭动,导致高原的强烈隆升,以及高原内部的差异性升降。

二、晚近构造活动特征

青藏高原号称“世界屋脊”,是世界上最高、最年轻、规模最大的隆升地区。该区晚近构造运动十分活跃,对于高原的持续上升,盆地、谷地的形成,气候的演变,冻土的发展,以及由此而引起的特殊水文地质、工程地质条件都具有重要的意义。

本区的各个构造体系,在晚近地质时期均有不同程度的活动。但由于构造体系、构造部位的不同,以及他们所处的区域构造应力场的应力状况不一样,反映出来的晚近构造活动性质和强度有着明显的差异。本节着重从晚近构造形迹入手,联系与构造活动有关的地震、温泉和地貌等现象分别简述如下:

(一) 秦昆系

1. 格尔木—诺木洪断裂带F₁

为布尔汉布达山与柴达木盆地之间山前地带的东西向隐伏断裂。据钻孔揭露,断裂南北两侧第四系厚度变化悬殊。格尔木地区,断层南侧厚 621 米,断层北侧厚 1142 米。诺木洪地区,断层南侧第三系厚 216 米(缺第四系),断层北侧第四系厚达 1104 米。南北厚度差约 500—1100 米。它不仅反映了断层南北两盘的位错差距,在一定程度上还反映了第四纪以来的升降幅度。由于南盘的布尔汉布达山近期仍处于强烈上升之中,沿断裂一带的山麓地区广泛分布冰水洪积扇,形成辽阔的山前倾斜平原,其下蕴藏着丰富的地下水资源。此外,由于诺木洪附近尚有历史地震震中的分布,说明近代断裂仍有活动。

2. 昆仑河断裂带

断裂带沿线第四系发育,尤其在纳赤台以东,由于断裂活动,在 55 道班东大桥沟中的纳赤台冰期(相当于中更新世)砾岩中派生出张扭性断裂(图 9)。该断裂走向北 50° 西,倾向南西,倾角 75—80°。砾岩中的花岗岩砾石亦被扭裂错开,并产生入字型分支断裂。沟谷沿此下切深达 25 米,形成“一线天”断谷地形。

此外,昆仑河两岸多层地形发育,普遍分布有四级堆积阶地及三级叠锥式冰水扇(图 10)。河谷两岸阶地并不对称,同级阶地北岸较南岸规模为大,阶面高度较高。经实测剖面结果,同是四级阶地,北岸较南岸约高出 4 米。说明第四级阶地堆积以来,北岸上升幅度较南岸为大。