

祁连造山带的深部探测与找矿

——纪念孟宪民教授诞辰 100 周年

吴功建

(中国地质科学院岩石圈研究中心, 北京)

冯昭贤

(国土资源部, 北京)

提 要: 祁连山造山带系由北祁连和中—南祁连两个地体组成。地应力测量表明, 为水平双向挤压。大规模隆升发生在新生代。应力场模拟表明, 为双向挤压造山, 且北部力大于南部力。祁连山为一“厚壳薄幔”和“热壳热幔”型结构, 在上地壳有较大厚度低阻层, 再加上断裂发育, 是一个有利于寻找与岩浆有关的金属矿的造山带。今后找矿应结合深部地球物理探测资料, 以期有所突破。

关键词: 深部探测 找矿 祁连造山带

孟宪民教授是我国著名的矿床学家, 是我国开展沿层找矿的先驱者。60 年代初期, 我们荣幸被孟教授选中配合做物探, 在长江中下游一带做试验, 当时物探所拉了一支物化探队伍从事探测, 后因文化大革命, 未能进行下去甚为遗憾。然而, 在他的带领下, 与安徽省 326 队紧密配合, 选定了罗昌河航空磁异常, 认为是矿异常, 后经证实为一大型铁矿床, 系火山岩型。孟教授不幸在文革中被迫害致死, 我们有的被审查, 有的被调离。到 80 年代, 才又恢复研究, 在后 5 年, 为与国际地学研究接轨, 参加全球地学断面计划 (GGT), 我们从事青藏高原地学断面研究达 10 年之久, 现将祁连山造山带深部探测与找矿部分献给我们敬爱的孟宪民导师, 以纪念他的 100 周年诞辰。

祁连造山带系由北祁连和中—南祁连两个地体组成。通过深地震测深获知该造山带的地壳厚度较大, 一般大于 60 km, 最深可达 74 km。岩石圈厚度约在 110~130 km 之间。在宽滩山断裂之下发现一清晰的反射带, 向南延伸, 可直达地壳底部, 推测为青藏高原 (亦即祁连山) 北部边界, 可能为阿尔金向东延伸部分。天然地震多为浅源地震, 集中分布于祁连造山带两侧, 内部少地震。航磁异常在造山带上呈正负异常相间排列, 在造山带东侧有一负磁异常带, 可能是划分祁连与秦岭的构造线。大地电磁在造山带壳内有高导层, 但与壳内低速层不相吻合, 上地幔高导层在 145~150 km 深处, 南浅北深。山体两侧布格重力异常呈梯度带, 拟合地壳厚度为 65 km, 有山根, 但不与山峰相对应。造山带呈负均衡异常。地热流值只有二个 (51 mW/m^2 , 70 mW/m^2), 模拟计算表明为“热壳热幔”型。从地应力测量表明, 为水平的双向挤压。大规模隆升应在新生代。应力场模拟表明为双向挤压造山, 且北部力大于南部力。地表多见以铜为主的多金属矿, 若结合深部地球物理资料, 以期在找矿上能有所突破。

1 现代构造运动与应力场

祁连山造山带在格尔木—额济纳旗地学断面的中部, 从中国大陆西部的现代构造运动来

看,受到印度板块向北运动的作用,使青藏高原地壳缩短、增厚、强烈隆起,并伴随有顺时针的旋转运动,而祁连山是位于青藏高原的最北部的一个造山带,它不可避免地要受到印度板块向北运动的作用。

从原地应力测量来看^[1,6],在我国西部是以水平运动占优势的;从断层微量位移测量来看,西部一系列主要断裂的水平活动量呈普遍大于垂直活动量;从震源机制解释结果来看,震源的最大主压应力方向是近乎水平的。从亚东—格尔木—额济纳旗地学断面整体来看,青藏高原的造山带应是以双向挤压为主。

从反射地震剖面结果看^[3],在第三系地层沉积后有逆冲断层,断裂深部向山体倾斜,使老地层叠覆在第三系上;1991年甘肃地质志记载祁连山第四纪上升速率为 $1.5 \sim 1.8 \text{ mm/a}$;认为祁连山是近几百万年隆升的,是新生代构造运动产物。祁连山快速隆升是与喜马拉雅山相互呼应的,走廊盆地中第四纪磨拉石建造记录其快速隆升的特征。

2 应力场数值模拟

以地质-地球物理建立断面的岩石圈结构构造解释图为基础,用自相似性原理对祁连山造山过程进行数值模拟,选用有限元法^[2,4]。我的研究生成湘洲在计算时取断面南北长 817 km ,深度为 80 km ,在断面内选取了 443 个结点,划分成 754 个单元,由 36 种不同的弹性(塑性)密度资料构成,并假定底边的垂直位移为零,南端为自由端,北端施加一定的约束条件,力是沿岩石圈整体传递的。

首先,通过计算认为重力作用对隆升作用不明显。从计算水平和垂直两个方向位移结果看,水平位移值远大于垂直方向的量值,水平位移为 $1000n \text{ m}$,垂直位移为 $10n \sim 100n \text{ m}$,表明祁连山的隆升是以双向挤压运动为主。在断裂带底部,出现应力集中,断裂带两侧,应力出现陡降,表明断裂对能量的吸收和消耗。

3 设想的祁连山隆升模式

(1)假设北静南动,即只受印度板块运动的作用,使祁连山南端水平方向受挤压,压力为 103 MPa ,模拟结果表明祁连山南部抬升幅度较大,造山带中央略有抬升,北麓呈下降运动,呈现祁连造山带单侧抬升运动方式。

(2)假设南端受印度板块向北运动的力,而北侧受反作用力,即南北同时受力,大小相等方向相反,模拟结果出现祁连山南、北麓均出现抬升,而中央部位则呈下降趋势,仍不符合祁连造山带的实际现状。

(3)造山带两侧同时受水平方向的压力,使北侧力(320 MPa)大于南端的力,模拟结果与现在祁连山地表地形相似的山体,模拟成功。

这一模拟结果,与只考虑印度板块的远程作用力结果相反,印度板块向北挤压的力在祁连造山带的中部就已迅速衰减,不能使祁连山北部抬升。从河西走廊盆地和柴达木盆地相比较,北部盆地较南部盆地要窄,显示出“北力”大于“南力”;再从地形看,北部地形陡峭,南部地形较缓,而主峰在北祁连,同样显示出“北力”大于“南力”,模拟的结果与盆地和

地势事实相吻合。近年来对青藏高原北界有外力作用的文献正在增多,成为当前研究青藏高原研究的热点地区之一。

4 寻找矿产资源的深部背景

祁连造山带已发现是一个以铜为主的多金属矿产地^[2],祁连、门源等地均有不少矿点。有的矿点产于基性、超基性岩中;有的产于酸性—中酸性火山-沉积岩中;有的产于细碧角斑岩系中;非金属矿有石棉矿等。

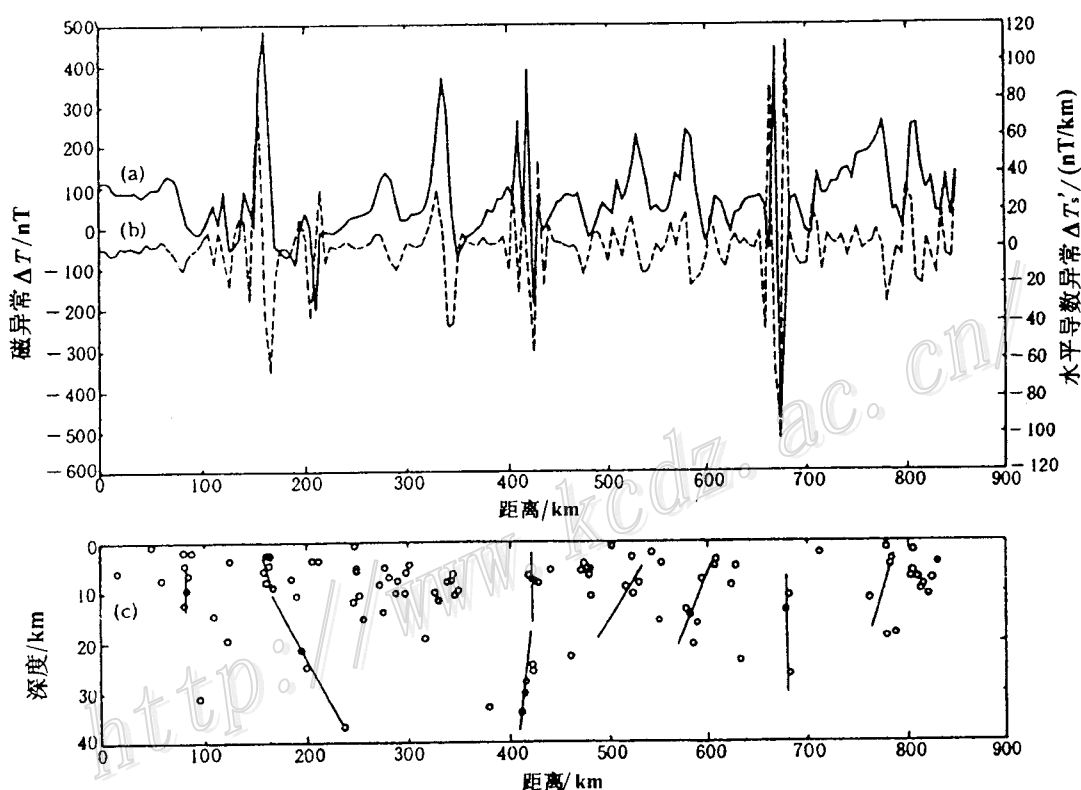


图1 格尔木—额济纳旗地学断面磁源分布图

(a) —磁异常; (b) —水平导数异常; (c) —估计磁源分布; ○处为估计磁源位置

祁连造山带是新生代以来火山活动较强烈的地区,北祁连为古生代海相火山岩,可分为洋脊型,洋岛型及岛弧型三种主要的构造岩石组合,为钾玄岩系列火山岩。南祁连下奥陶统是以火山岩系为特征的,并有大量中酸性侵入体分布,第三系形成规模不大的山间盆地。陆壳主要由长英质岩石构成,上地幔由超镁铁岩石构成,祁连山在断面内出露于地表的主要是橄榄岩类,多已蛇纹岩化,榴辉岩主要出现在北祁连。

祁连造山带地表断裂甚多,在断面中仅哈拉湖北侧的疏勒南山南侧的断裂在深地震测深结果上有反映;祁连北缘断裂,及其他地表所见断裂多终止于低速高导层的界面上,仅青藏高原北缘断裂,即宽滩山断裂向下延伸较大,可达地壳底部。

余钦范等人利用 Werner 反褶积方法^[5], 求得断面内的磁源分布, 这对了解有磁性的岩矿体或岩矿脉等有指示作用 (图 1)。一些磁源位置的有序排列, 则显示出岩浆的通道, 亦即构造或断层的边界与产状。根据二维大地电磁反演结果推断的断裂分布, 壳内高导层的分布及软流圈分布 (图 2), 重力测量亦推断出造山带内发育的主要断裂。

从研究中可知祁连山为一“厚壳薄幔”和“热壳热幔”型结构, 又知在上地壳有较大厚度的低阻层, 再加上断裂构造的发育, 可能是一寻找与岩浆有关的金属矿的造山带, 特别是造山带的两侧更利于成矿。今后找矿应结合深部地球物理探测资料, 以期有所突破。

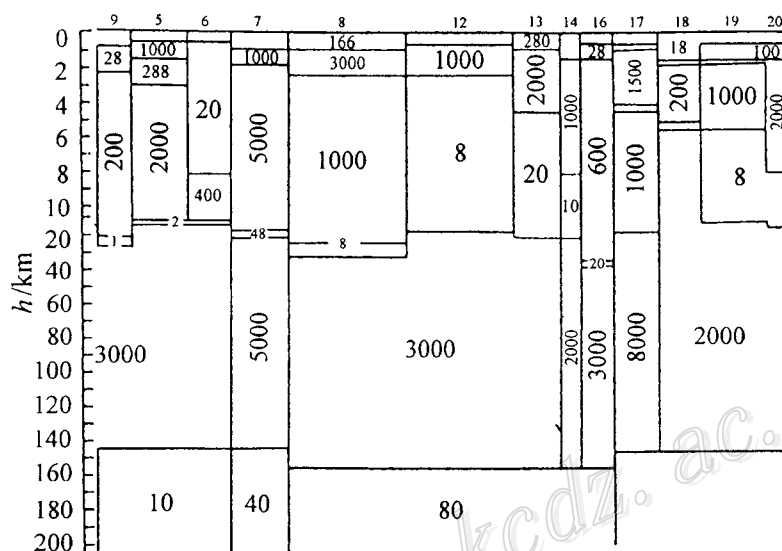


图 2 祁连山大地电磁剖面图 ($2\Omega \cdot m$)

参 考 文 献

- 1 马杏垣主编, 丁国瑜, 高文学等. 中国岩石圈动力学地图集. 北京: 中国地图出版社, 1989, 20~21.
- 2 任益民, 何世平. 祁连山大地构造与造山作用. 北京: 地质出版社, 1996, 102~109.
- 3 吴宜志, 吴春岭, 卢杰等. 利用深地震反射剖面研究北祁连—河西走廊地壳细结构. 地球物理学报, 1995, 38 (增刊 II): 29~35.
- 4 高锐, 成湘洲, 丁谦. 格尔木—额济纳旗地学断面地球动力学模型初探. 地球物理学报, 1995, 38 (增刊 II): 3~4.
- 5 余钦范, 楼海, 胡中栋. 格尔木—额济纳旗地学断面岩石圈结构的磁场分析. 地球物理学报, 1995, 38 (增刊 II): 58~70.
- 6 Fleitout L, Vaux C F. Tectonic stresses in the lithosphere. Tectonics, 1983, 2: 315~324.
- 7 Forsyth D, Uyeda S. On the relative importance of the driving force of plate motion, Geophy. J. R. Astron. Soc. 1975, 43: 163~200.