

兰州—民和盆地构造研究 及与新构造运动相关灾害问题讨论^①

赵 桐 张有龙 李麒麟 李 增 齐建宏

(兰州地质矿产勘查院, 兰州, 730050)

摘 要 通过兰州—民和盆地 1: 5 万区调成果及相关资料综合研究, 笔者认为该盆地发生、发展演化严格受基底断裂构造控制, 区域上与青藏高原的隆升关系密切。本文主要就控盆断裂的运动学、力学特征及盆地不同发展演化阶段的充填序列、构造形迹组合等特征进行总结, 并对盆地侏罗纪以来的构造应力场特征加以分析, 讨论了与新构造运动相关的地震、滑坡、泥石流及水土流失等地质灾害问题, 为防患减灾提供地质依据。

关键词 控盆断裂 新构造运动 构造应力场 地质灾害 民和 兰州

兰州—民和盆地地处我国西北地区东部, 位于祁连造山带“中祁连隆起”东段。盆地北迄中祁连隆起北缘断裂, 南至雾宿山、东自皋兰, 西到民和、拉脊山一带。地理坐标: 东经 $102^{\circ}30' \sim 104^{\circ}$, 北纬 $35^{\circ}40' \sim 36^{\circ}50'$ 。该沉积盆地自北东—南西依次由皋兰隆起、永登拗陷、周家台低隆起和巴州拗陷等四个一级构造单元构成 (图 1), 为陇中盆地次级构造—沉积单元 (陇西—静宁、靖远、临夏、兰州—民和盆地) 之一, 系在古生代基底断块 (裂) 基础上发育起来的一个含煤、具油气远景的中—新生代内陆河湖相断陷—断拗结合沉积盆地。

1 兰州—民和盆地构造调查

1.1 盆缘断裂调查

兰州—民和盆地盆缘断裂是控制盆地生成、发展演化的主导构造, 查明其性质及运动学特征是确定盆地成因类型、演化规律的关键。以往研究资料表明, 兰州—民和盆地受 NW—NW 向断褶构造带控制, 总体呈 NW 向展布, 其中盆地北缘断裂带 (北祁连南缘断裂带) 自古生代活动至今, 属岩石圈断裂^[1]。该组断裂带集复杂构造形迹于一体, 新生构造形迹组合对老构造具继承性和依附性, 同时也伴随构造运动旋回而呈现强烈的改造作用。特别是印支运动以来, 特提斯—喜马拉雅构造域发生多次开合作用, 构造应力通过板块间传递效应波及祁连地区, 使造山带刚性陆壳活化, 产生多旋回断裂、褶皱作用, 形成断隆、断盆有序排列。兰州—民和盆地正是在这种区域构造背景下形成、发展演化的。

^① 本文为《通远乡幅》、《苏家峡幅》1: 5 万区调成果之一

收稿日期: 1999-10-27

第一作者简介: 赵桐, 男, 1972 年生, 助理工程师, 毕业于赣州地质学校地质调查与找矿专业, 长期从事野外区域地质调查工作。

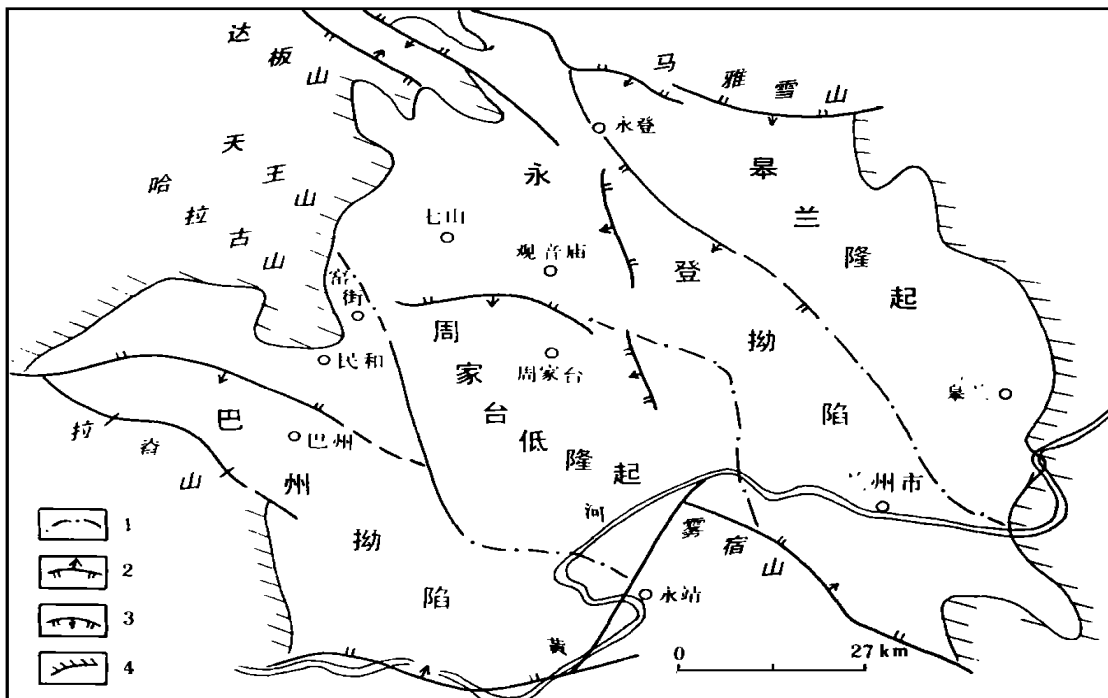


图 1 兰州 - 民和盆地构造单元划分

(据杨虎权等, 1996, 经修改)

1. 构造单元界线; 2. 逆断层; 3. 正断层; 4. 古老变质岩系

区域上, 陇中盆地各次级单元之间的界线以 NW - NE 向两组断裂 (或断隆) 为主, 彼此间沉积面貌相似, 特别是白垩纪地层, 广布整个陇中盆地, 其南界跨至北秦岭北缘断裂带, 北界延及中祁连北缘断裂带。作为陇中盆地次级构造沉积单元之一的兰州 - 民和盆地, 显然是在这两组区域性大断裂夹持下, 受特提斯 - 喜马拉雅构造域开合作用影响下开始断陷沉积的。

1.2 盆地基底构造调查

构成盆地基底的主要为前震旦系古老变质岩系, 见于盆地西缘达板山、哈拉古山一带。马雅雪山南麓为中奥陶世碳酸盐岩、板岩夹玄武岩; 盆地南部雾宿山地区为中 - 晚奥陶世变质安山岩、玄武岩及加里东期中酸性侵入岩体, 几乎毫无例外地沿基底断裂及其交汇处侵入或喷发。

物探资料显示, 兰州 - 民和盆地具明显的 NW 向正异常区 - 负异常区相间排列特征 (图 2), 这一特征与图 1 所示各构造单元划分基本吻合。

综合研究认为, 兰州 - 民和盆地内部各构造单元主要受控于 NWW、NNW 和 NW 向基底隐伏断裂, 被基底隐伏断裂所挟持的断块受水平挤压和垂直差异升降综合作用影响, 形成断隆 - 断盆相间有序排列的构造 - 沉积格局。上述各构造单元方向性明显, 彼此之间界线清晰。新构造期, 大多表现为基底隐伏断裂的强烈再活动。上述各构造单元在盆地发展演化的不同阶段, 既有共性, 又有个性。表明盆地基底构造直接控制着盆地及其各构造单元的发展方向、沉积和迁移规律。

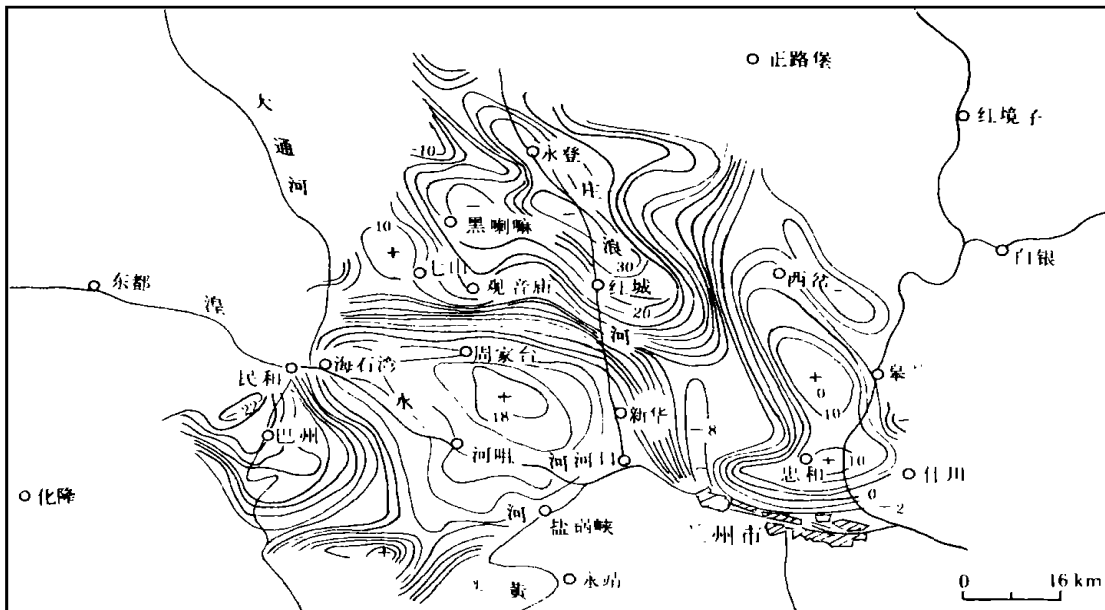


图 2 兰州 - 民和盆地及邻区剩余重力异常图

(据王西文等, 1991)

1.3 盆地构造演化及区域应力场分析

印支运动晚期, 中国大陆形成以贺兰山 - 龙门山 - 横断山脉南北向构造分野^[2], 其中西部受新特提斯洋生成、消亡作用影响, 印度板块向北持续推移、挤压, 最终与欧亚板块发生陆 - 陆碰撞, 使祁连东段古生代末以来构造线由 NW 向逐渐偏转为 NW - NNE 向的弧形。始新世末印度板块与藏滇板块的碰撞, 将祁连地区纳入青藏高原东北部边缘范畴。与此同时, 兰州 - 民和盆地经历了较为复杂的发展演化史, 大体可分为与构造旋回相对应的 3 个沉积阶段, 分述如下。

1.3.1 侏罗纪山间断陷盆地 印支运动的结果, 祁连造山带进入陆内断陷盆地发展阶段。本区侏罗纪沉积局限于 NW 向条状断陷地带, 北东边界为永登 - 兰州一线, 南西边缘为北秦岭北缘断裂带。在盆地内部, 主要分布于永登拗陷、周家台低隆起和巴州拗陷, 皋兰隆起却很少见有沉积。

早中侏罗世, 该盆地由湖盆水下扇水退为陆上河流冲积扇, 后又水进为湖泊, 沉积厚度 350 余米。其中早侏罗世不甚发育, 中侏罗世发育煤层和油页岩^[3], 主要分布于窑街地区。该套沉积地质体构造变形以开阔平缓背向斜为主, 褶皱轴向与盆地长轴基本一致, 为 NW 向, 反映了该期处于北东向主构造压应力状态。

1.3.2 白垩纪张性断陷 - 拗陷盆地 早白垩世, 盆地基本继承了侏罗纪以来的构造格局。盆地性质过渡为受断陷作用控制的张性断陷 - 拗陷盆地, 沉积范围较前迅速扩展, 使先期存在的一些小型断块, 断陷盆地统一于白垩纪盖层。区域上, 广布于整个陇中盆地, 北界位于北祁连南缘断裂带, 南跨至北秦岭北缘断裂带, 与下伏地层角度不整合接触。

就兰州 - 民和盆地而言, 白垩纪河口群沉积旋回性明显, 可解体出砂岩 - 泥岩相间、岩

性单调的 8 个组级非正式岩石地层单位^①，反映了该地质历史时期相对平静，物源、沉积速率周期性变化的特征。

燕山期第三幕构造运动，形成兰州—民和盆地早白垩世 NW 构造形迹组合，其中褶皱类型以平缓开阔直立背向斜为主，少数受局部隆起影响而发育穹隆状短轴背斜。本期断裂构造不发育，主要有 NNE—NW 两组，前者稍晚于褶皱构造形成，多为断面西倾的正断层组，后者多系基底隐伏断层复活，如“周家台隐伏隐层”。

综上所述，反映了 NW—NNE 向为主的区域主构造压应力。

1.3.3 第三纪箕形断拗接合盆地 进入第三纪，兰州—民和盆地沉积局限于相对沉降的永登拗陷、巴川拗陷内。盆地受张扭—压扭作用控制明显，转入压陷盆地演化阶段。以永登拗陷第三纪沉积为例，盆地受控于 NNW—NW 两组基底断层，形成永登—兰州反“S”形拗陷。盆地沉积组合对称性差，相变剧烈，总体北东侧粗、南西侧细，系一个南西缘断裂下陷作用明显的箕形压扭性断拗结合沉积小盆地，大致经历了初始压（拗）陷、湖盆扩展和萎缩闭合等三个阶段。

本期褶皱构造沿袭了白垩纪褶皱的某些特征，形成 NNW—NW 向七山—观音庙短轴向斜。同时，又具备显著的右旋压扭特征，表现为沿上述短轴由斜北东翼形成一系列 NNE—NS 向右行左列“雁行式”褶皱。

基底断裂的复活和老地层对新地层的逆冲是该期断裂构造的主要特征。测区内典型逆冲断层有疙瘩岭逆断层（中晚奥陶世中堡群向南逆冲于第三纪西柳沟组之上）和赵家拐子—白家岩头逆冲断层（早白垩世河口群向北逆推与第三纪西柳沟组接触）。

以上构造形迹组合、断裂特征，反映本区 NW 向主压应力状态下，断块差异升降及水平右旋压扭综合作用构造应力场。

1.3.4 构造应力场来源分析 前已述及，晚三叠世末开始，特提斯—喜马拉雅碰撞山链的发展演化，印度板块向北推移、挤压，最终与欧亚板块碰撞，导致青藏高原隆升崛起。这种巨大的挤压应力通过板间传递效应影响到本区，从而奠定本区构造应力场的作用机制，控制了兰州—民和盆地的发展演化。

2 新构造运动

本文所称新构造运动泛指第四纪以来的构造运动。众所周知，晚更新世以来青藏高原快速隆升。3.0 Ma 以后，高原内部为东西向伸展变形和向东挤出的运动体制^[4]。高原北部阿尔金断裂左行复活，同时，高原东部边界断裂（祁连、海原断裂）发生左行走滑，这是新构造期本区大地构造背景。兰州—民和盆地新构造运动随时间迁移有日益加强和由西向东推进的规律。

2.1 断裂活动

新构造期，盆地北缘活动断裂（如毛毛山—老虎山断裂带）及南缘活动断裂（迭部—舟曲断裂带）为 NW 向左行走滑兼逆倾滑性质^[5]。盆地内部庄浪河活动断裂、赵家拐子—白

^① 1:5 万《通远乡幅》、《苏家峡幅》部分区调成果

家岩头活动断裂 (周家台隐伏断裂)、马家山城 – 地沟活动断层等, 其共同特征是以基底老断层为主的断层系统第四纪以来强烈的活动, 其力学机制既有垂直运动, 又有水平运动。

2.2 新构造分区

在新构造运动时期, 兰州 – 民和盆地断块差异升降作用明显。甘肃区测队 (1959)^① 曾将兰州地区划分出: 微弱上升区、强烈上升区、剧烈上升区和相对下沉区。各分区以断裂或隐伏断裂为界, 呈 NNW – SN 向展布。总体上, 这种断块差异升降作用具西弱东强的特征, 并随时间推进有向东迁移的趋势, 如现今正接受沉积的秦王川断隐盆地。

2.3 夷平面及多级河流阶地

青藏高原周期性快速隆升和高原周边各次级断块脉动式差异升降是形成本区乃至整个祁连地区多级夷平面和多级不对称河流阶地的根本原因。

大约在 1.8 Ma 前后, 本区发生过两次强烈构造抬升。这两次抬升作用形成两级夷平面: 其中 II 级夷平面位于测区赵家拐子 – 白家岩一线以北, 夷平面上下分别为第四纪风成黄土和第三纪柳沟组、野狐城组, 海拔高度 2 300 ~ 2 500 m; I 级夷平面位于赵家拐子 – 白家岩头以南、石板庄 – 白得乃以北, 夷平面之上为第四纪风成黄土, 其下为早白垩世河口群。另外, 在红大板地区, 发育厚达 2 ~ 5 m 的古河道冲洪积砾石层 (古地磁年龄为 1.8 Ma, 可能代表湟水河下切的最初年龄), 该夷平面海拔高度 2 000 ~ 2 200 m。

大约在早更新世后期 (1.4 ~ 1.5 Ma), 在湟水河各地形成六级不对称河流阶地。河谷两岸存在明显差异, 第四至六级阶地几乎全部分布于现代河流北岸, 南岸仅见三级河流阶地 (李长安等, 1998) 表明主河道不断南移, 指示湟水河北岸隆升强度大于南岸。黄河兰州段共发育七级河流阶地, 其中第三级阶地最广阔, 且普遍发育 (朱俊杰等, 1994)。上述特征说明, 兰州 – 民和盆地乃至祁连地区各构造单元的差异升降在新构造期日益加强。

3 与新构造运动相关的地质灾害问题及讨论

新构造运动是现代地貌环境发生变异、引发多种自然地质灾害的重要原因之一。从致灾机理分析, 构造运动强烈、断裂构造发育是导致多种自然地质灾害的主导因素。所以, 加强新构造期各种活动断裂构造及其所控制的地形、地貌等特征的研究和监控, 是十分必要的。本区总体属西北干旱少雨的气候, 种植业依赖灌溉。与新构造运动相关的自然地质灾害比较严重, 主要有地震、滑坡、泥石流、崩塌及水土流失等。其中以地震和泥石流危害最大, 分述如下。

3.1 地震活动

兰州地区历来为地震灾害多发区, 仅解放以来, 兰州及邻区发生的 7.0 级以上地震就达十余次。作为新构造活动的一种特殊表现形式, 地震活动所造成的危害广为人知。本文以区内新近发生的七山地震为例, 剖析其震源机制。

1) 本次地震发生于 1995 年 7 月, 震级 5.8 级, 宏观震中位于七山地区马家山城一带, 主要余震呈北东东向, 震源平均深度 10.3 km, 发震构造为 N10°W 断层系统, 为孤立型浅源地

^① 1: 20 万《兰州幅》地质图说明书

震 (兰州地震研究所, 1995)。

2) 晚更新世以来, 青藏高原东北部边界断裂左行走滑是造成西北地区地震灾害频繁的根本原因。就测区而言, 该次地震位于周家台低隆起与永登拗陷两个一级构造单元接合部位。“周家台隐伏断裂”为本次地震发展构造, 其力学机制可能与本区右旋压扭运动产生的应力积累突然释放有关。NNE向断裂组与 NWW向断裂的后期叠加、复合, 是导致本次地震发生及活动的直接原因 (图 3)。

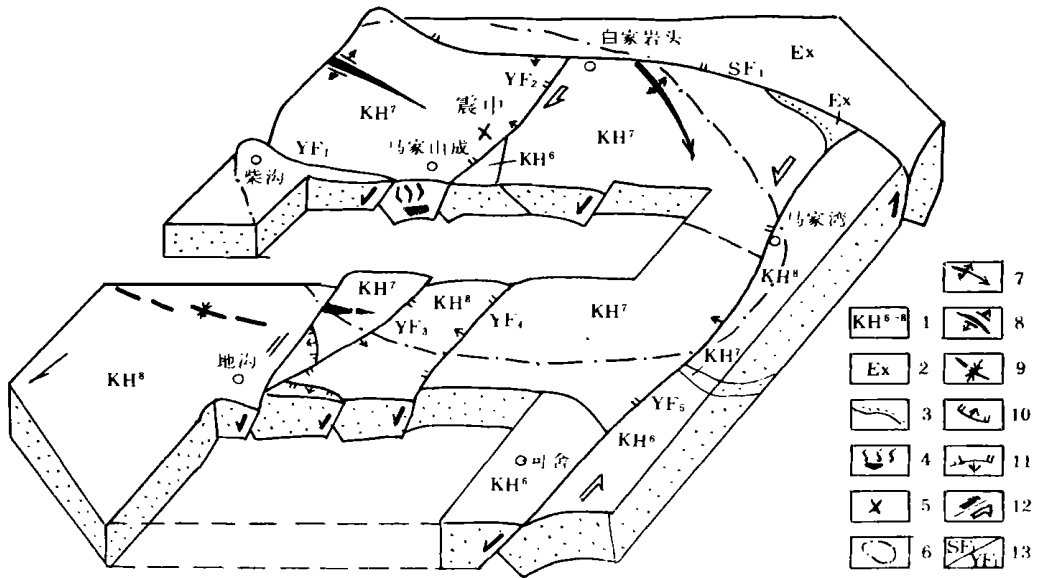


图 3 七山地区马家山一带地震活动块体图

1. 河口群六—八组; 2. 西柳沟组; 3. 角度不整合; 4. 震源体; 5. 宏观震中; 6. 等震线; 7. 倾伏背斜; 8. 复式背斜;
9. 向斜; 10. 实测正断层; 11. 实测逆断层; 12. 断块移动方向 平移断层; 13. 喜山期 燕山期断层及编号

3) 作为一种难以抗拒的自然地区灾害类型, 预防和及时准确的预报显得十分重要。以往的研究及实践经验表明, 震区内民居抗震强度依次为土木结构、砖木结构和砖混结构; 厂矿、工业建筑等则主要以框架结构为主, 黄土区地基必须夯填砸实或灌注整体基桩; 基岩区则必须灌注水泥桩。

据统计, 震源区发生破坏性地震的时间间隔由 12 年至 568 年不等, 多在 2000 年左右, 平静期 120~180 年, 活跃期 228~266 年。可见, 准确预测尚有一定难度, 这就要求当地政府部门及基层密切配合, 加强防震减灾宣传力度, 提高人民群众防震知识和能力, 将地震灾害降低到最低程度。

3.2 滑坡

测区滑坡较为发育, 触发因素为 1995 年七山地区 5.8 级地震。据不完全统计, 该类滑坡约 150 处。根据滑坡所处的位置, 可分为道路型、沟谷型、天然山坡型等种类型, 主要分布于地震强烈活动的黄土区。

研究认为, 上述地震滑坡主要发生于凸形坡面, 地形坡度在 30° 以下的缓坡, 安全系数较

高, 不易产生滑坡; 地形坡度在 $30^{\circ} \sim 39^{\circ}$ 的坡面最易下滑; 地形坡度大于 40° 的坡面, 主要由基岩构成, 不易产生滑坡。地震作用所诱发的滑坡, 主要位于活动断层附近、冲沟两侧及陡崖处, 特别是基岩倾向与上覆黄土层坡向一致时, 最易产生滑坡。

滑坡造成的危害除直接威胁人们的生命财产安全、阻断交通等外, 其对自然生态、植被破坏及加速水土流失均不容忽视。

3.3 泥石流

特殊的地质地貌类型和强烈新构造运动, 是造成本区泥石流灾害频发的主要原因。仅兰州市区, 每年就发生数十起大型泥石流, 造成交通中断, 房屋被毁的严重危害。影响泥石流形成的原因有以下几种。

(1) 测区处于地质构造复杂、断块发育、地震活动频繁的地区, 往往形成切割深、比高大、坡形陡、易垮塌的复杂地形, 加之干旱-半干旱的气候造成强烈的物理风化作用, 为泥石流提供了丰富的物质来源。

(2) 植被稀少、降雨集中, 特别是夏季, 往往因暴雨引发泥石流或稀性泥流。形成水体含量多于固体含量的稀性泥石流, 常伴随山洪暴发, 历时短暂, 来势凶猛, 携带大量泥、砂、砾等物顺沟泻下, 所到之处埋没道路、堵断河流、摧毁房屋, 造成极大危害。对泥石流的防治, 应积极开展植树造林、保护草皮、防止过牧, 辅以修建坡面排水系统、平整山坡, 防止溯源侵蚀, 以减少泥石流的固体物质供给。另外, 尚可酌情修建拦洪坝。

3.4 水土流失

测区地处青藏高原与黄土高原毗邻地区。晚更新世以来, 青藏高原的持续隆升, 对高原本身和包括我国在内的东亚和南亚地区晚新生代的气候演化过程, 产生了一系列重大影响。在此背景下, 本区及邻区处于强烈的差异断块升降状态, 导致侵蚀基准面的下降和沟谷纵比降的加大, 促使地表径流的侵蚀活力增强, 以而造成测区严重的水土流失。据估计, 测区及周边地区向源侵蚀速度为 0.3 m/a , 侵蚀强度为 $1\,000 \sim 5\,000 \text{ t/km}^2$ 。

测区以南大山-台齐岭-主六沟大岭为界, 以西为大通河水系, 以东属湟水河水系。大通河水系冲沟两侧坡长 $0.2 \sim 1.2 \text{ km}$, 沟谷密度 $4 \sim 5 \text{ km/km}^2$, 切割深度 300 m 左右, 坡度 $30^{\circ} \pm$, 多数地区出现陡崖, 每遇暴雨, 极易造成崩塌, 水土流失严重; 湟水河水系冲沟两侧坡长 $0.5 \sim 3.0 \text{ km}$, 沟谷密度 $5 \sim 6 \text{ km/km}^2$, 切割深度 $100 \sim 400 \text{ m}$, 切穿基岩 $300 \text{ m} \pm$, 坡度 $15^{\circ} \sim 20^{\circ}$, 水土流失较弱。

测区大面积水土流失的另一个重要原因, 是分布广泛的第四纪风积黄土抗侵蚀、抗风化能力极差, 岩性松散、孔隙性大、崩解性和湿陷性强。

本区严重的水土流失导致强烈的土地资源破坏, 生态环境日益恶化, 加剧了黄河流域的泥、砂含量的供给, 极大地阻碍了农业、工业的发展。治理水土流失, 必须从提高人们保护环境意识着手, 教育和大力提倡人民群众爱护一草一木, 植树造林, 退耕还山, 积极开展挖反坡梯田、月牙坑种草植树, 提高土壤连接能力和抗侵蚀强度。此外, 制定措施, 做到封山育林, 严禁垦荒毁林, 防止过牧, 从而有效地防止水土流失的日益加剧。

兰州—民和盆地下白垩统研究新进展

李麒麟 张有龙 赵 桐 齐建宏 李 增

(兰州地质矿产勘查院, 兰州, 730050)

摘 要 本文主要从岩石地层和层序地层两方面对兰州—民和盆地早白垩纪地层近年来的最新研究成果进行了简述。根据岩石组合和岩性旋回建立了 4 个组, 并根据对层序界面的研究识别划分出 1 个层序、3 个小层序组、13 个小层序。

关键词 岩石地层 层序地层 下白垩统 兰州—民和盆地

1 地质概况

兰州—民和盆地位于中祁连隆起带上, 北依北祁连地槽褶皱带, 南依南祁连地槽褶皱带。下白垩统是组成盆地盖层最主要的充填沉积物。对盆地内发育的下白垩统的考察工作始于孙健初、王尚文 (1949), 在考察期间, 他们将角度不整合 (或断层) 于侏罗系或基岩之上, 和第三系之下的紫红色、棕红色、灰绿色、蓝灰色组成的一套碎屑岩建造定名为河口群。50 年代, 甘肃区调队开展 1: 20 万 (兰州幅) 区域地质调查时, 根据化石资料将其划归下白垩统, 并划分出 2 个组、4 个非正式填图单位 (表 1)。

80 年代之后, 随着 1: 5 万区域地质调查的相继开展, 以及新理论和新方法的广泛应用, 对盆地内的河口群研究取得了很大的进展。本文从岩石地层和层序地层研究取得的进展方面加以阐述。

2 岩石地层研究进展

盆地内的早白垩世河口群自 1: 20 万《兰州幅》划分为两个组之后, 后人在研究时只作了简单的非正式岩石地层单位划分。1999 年开展《苏家峡幅》、《通远乡幅》、《红古城幅》、

收稿日期: 1995-10-28

第一作者简介: 李麒麟, 男, 1970 年出生, 助理工程师, 从事区域地质调查工作。

参 考 文 献

- 1 潘桂棠等. 青藏高原新生代构造演化. 北京: 地质出版社, 1990
- 2 程裕淇等. 中国大陆的地质构造演化. 中国区域地质, 1995 (4)
- 3 蔡春芳等. 民和盆地中下侏罗统沉积相分析. 青海地质, 1997 (2)
- 4 马宗晋等. 青藏高原三维变形运动学的时段划分和新构造分区. 地质学报, 1998 (3)
- 5 何秀琴等. 甘肃及邻近地区构造应力场特征研究及有关问题的讨论. 甘肃地质学报, 1994 (2)