

文章编号: 1006-544X (2009) 02-0252-10

撞击构造的特征及对贵州息烽县环形构造的成因解释

黄俊¹, 肖龙¹, 李德胜²

(1 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074; 2 黑龙江省有色金属地质勘查局 706 队, 黑龙江 齐齐哈尔 161031)

摘要: 对行星的撞击构造特征进行了总结。地球上的撞击构造, 一般通过地貌以及冲击变质产生的岩石和矿物来确认。对贵州省息烽县境内的疑似撞击构造的环形构造进行了比较研究, 通过对已有地质资料的详细调研、实地仔细的勘测和采样以及对样品的岩相学分析, 并未观察到冲击变质特征, 因此认为此处环形构造并非撞击成因, 而是古老的盆状向斜经历了多期的构造作用形成的涡旋构造。

关键词: 撞击构造; 环形构造; 行星地质; 息烽; 贵州

中图分类号: P691

文献标志码: A

撞击构造是天际外来陨石或彗核之类物质对地球或其他星球表面作快速冲击而形成的构造形迹。撞击过程对太阳系行星的演化和表面的改造起着十分重要的作用。撞击构造是太阳系行星共同经历的地质过程, 其与行星的形成以及演化有着密切的关系^[1]。除了一些天体是直接由太阳系星云的灰尘和气体形成的(如太阳和气态的巨行星)以外, 几乎所有其他的天体都是由早期太阳系的固态物质撞击和增生组成的^[2]。一连串的碰撞和增生, 使得微米级的物体增大到数米至数十米, 继而形成数千米到数十千米的物体, 然后增生成星子, 最终形成各式各样的天体。

20 世纪初, D·M·Barringer 和同事在美国亚利桑那州的 Barringer 进行了地球上撞击构造的首次研究^[3]。对于该撞击坑的研究, 在当时还是存在着相当大的争议。到了 20 世纪 60 年代, 随着小撞击坑及陨石碎片的大量发现, 冲击变质作用便成为解释撞击构造的可靠判据。70 年代行星探测计划执行的结果表明, 撞击现象在太阳系普遍存在, 而地球上撞击构造的研究也给行星撞击记录的解释提供了真实的例证。这些都增加了地学界对撞击构造的接受程度, 但是大家还是普遍认为

撞击过程只与地外行星有关, 在地球的历史中, 没有起到什么作用。80 年代初期, K/T 界面上撞击证据的发现, 改变了人们的认识: 大的撞击作用可以导致环境灾变以致大量生物绝灭^[4]。90 年代以来, 撞击构造的研究进入了一个崭新的时代。出现了一系列和地球起源与演化相关的研究方向, 如撞击周期^[5]、大陆壳生长^[6]、巨大撞击事件在地史中的证据与影响^[7]、太阳系不同行星上的撞击抛射模式^[8]、地球膨胀说的新全球构造观^[9-19]等。

研究撞击构造具有重要的意义, 其对于人们研究撞击坑中心隆起火山活动^[11]、撞击熔融、交代与分异作用^[12-13]、油气和金属矿产^[9]、撞击变质岩石学、矿物学^[14-15]、物理化学计算^[16]、数学模型^[17-18]等问题都能提供十分重要的信息。

近年来, 对撞击构造的研究不断得到重视。在深钻研究、地震测量、撞击熔融岩浆的分异和蚀变作用、地球深部流体、撞击压力计算以及矿物学研究等方面都有许多新的进展, 人们对于撞击构造的认识也逐渐加深^[19]。

我国至今被确认的撞击构造还很少。金黔在线—贵州商报报道(2006-12-16), 贵州省息烽

收稿日期: 2008-11-26

基金项目: 中国地质大学(武汉)国家地质学理科基地人才培养基金资助项目(J0830520)

作者简介: 黄俊(1985-), 男, 硕士研究生, 矿物学、岩石学、矿床学专业。

通讯作者: 肖龙, 博士, 教授, E-mail: longxia@cgug.edu.cn

县附近一个外环直径为 20 km 的“大坑”可能是撞击作用形成的, 数名专家到实地考察, 但都未对其成因作出明确的结论^[29]。搜狐网等多家国内媒体对此进行了转载^[29]。为了探究贵州省息烽县环形构造的成因, 解开诸多的疑问, 笔者于 2007 年 9 月前往实地进行了考察。本文在总结撞击构造的一般特征和简要回顾世界各地已知撞击构造的基础上, 通过对实际考察获得资料的分析, 探讨贵州省息烽县环形构造的成因。

1 撞击构造的特点和识别标志

为了对比说明息烽环形构造的成因, 下面先从形态、撞击过程和岩层产状以及岩石的撞击变质三方面来阐述典型撞击构造的特点。

1.1 撞击构造的形态

1.1.1 撞击构造的形态分类 撞击坑的类型可根据大小或形态来划分^[29]。本文根据形状, 将撞击构造分成 3 种类型, 即简单型撞击构造、复杂型撞击构造和多环盆地。(1) 简单型撞击构造, 由碗形的凹陷和凸出的边部组成(图 1a、1b)。其中包含 2 种较为特殊的撞击构造: 微型撞击构造和拉长型撞击构造。前者直径可以小到 10^{-7} m, 它们主要是由从彗星或者细小的陨石碎片分离的超高速的宇宙尘埃撞击形成, 常见于没有大气环绕的天体(如月球)和人造飞行器的表面(图 1c)。后者的形成, 主要是因为撞击物的入射角度小于 15° (图 1d)。(2) 复杂型撞击构造在太阳系十分常见, 其与简单型撞击构造的区别主要在于中央隆起和塌陷的坑壁(图 1e)。(3) 多环盆地型的撞击构造主要见于月球等卫星的表面, 火星表面也有不少, 目前在地球上还没有发现(图 1f)。

1.1.2 月球和火星撞击构造的特点 太阳系类地行星和多数行星的卫星表面广泛分布着大小和形态各异的撞击构造, 现以月球和火星上的撞击构造作简要描述。二者的表面都有直径从数微米到上千千米的撞击构造。随着尺寸逐渐变大, 简单型的撞击构造就会逐步向复杂型转变。据统计^[29], 在月球上, 当撞击构造的直径大于 15~20 km 的时候, 坑壁就出现塌陷了; 如果直径大于 25~30 km, 就可以产生中心锥; 当直径在 140~180 km 的时候, 就形成了具有中心锥的多环盆地。火星上从简单型转变成复杂型的直径界限是 8~10 km,

而从复杂型到多环盆地的界限大致是 130~150 km。随着半径的增大, 撞击构造的直径与深度比例明显增大, 并且在巨大的撞击构造附近, 常常有飞溅物形成的次生撞击构造。最新的研究表明, 火星北半球可能就是一个巨大的撞击构造, 是由一个大约直径 2 000 km 的天体撞击而形成的。这个撞击构造是迄今为止发现的太阳系最大的撞击构造^[29]。

近年来的研究表明, 分布在月球、火星等天体上的撞击构造主要有两个区别: 1) 溅射模式的不同^[29]。在月球上, 撞击构造通常在其边部的顶端具有连续的圆丘般的溅射物, 紧接着是放射状的隆起区域。它们和次生的撞击构造连在一起(图 1a)。在火星上, 看起来比较年轻的撞击构造的溅射物常常是离散的, 并且有着明显的放射状舌状边缘(图 1e)。它暗示在火星表层以下, 可能含有大量的挥发分, 如干冰或者水冰的存在。2) 在火星、木卫三和木卫四上发现了一种特殊的撞击构造——具有中心凹陷的撞击构造, 这种撞击构造在月球和水星这样的没有大气层的天体上还没有发现^[30]。该类型撞击构造又可以分为坑底凹陷(图 2a)和中央突起凹陷(图 2b)两种类型。它们的形成可能与深部的含挥发分层有关^[30]。

1.2 撞击构造的形成过程

当陨石撞击行星表面时, 它所引起的瞬时高压和高温, 必然可以生成撞击构造并使周围岩石发生变质作用^[32]。由于撞击过程十分短暂, 人类还没有直接观察到自然界撞击作用的发生。通过对已有撞击构造的研究和撞击模拟实验, 撞击一般被分成 3 个过程, 即接触和压缩阶段、挖掘阶段和改造阶段^[33]。下面简要说明撞击构造的形成过程。

1.2.1 接触和压缩阶段 当冲击体和目标体接触并产生压缩时, 冲击体的动能传递给目标体, 并产生强烈的冲击波, 目标体内的冲击波沿着近似半球形的前沿从接触点迅速向外传播, 瞬间压力甚至可以超过 100 GPa, 冲击体迅速发生熔融甚至气化^[34]。在接触的界面处产生粒子的高速喷射, 这些粒子不仅有熔融的目标体, 也有冲击体的碎块和电离气体。因为这些粒子的质量比冲击体小很多, 由动量守恒可知, 喷射物质的速率比撞击体的初始速率高许多倍(图 3a、3b)。

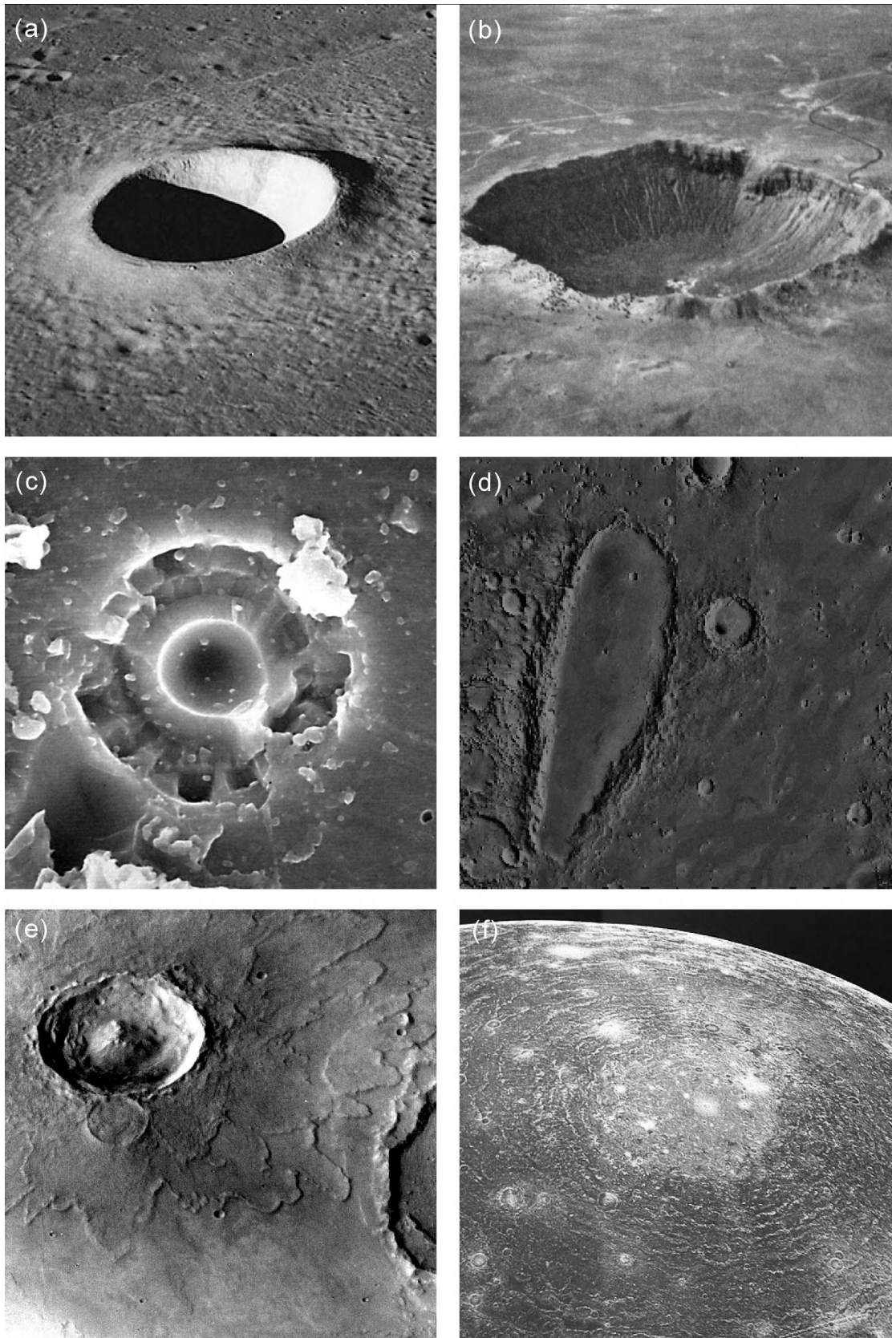


图 1 不同形状的撞击构造

Fig.1 Impact structure in different shapes

a-月球的 Molke 直径约为 7 km ^[23]; b-美国的 Meteor 直径约 1.2 km ^[24]; c-位于 Stardust 飞行器, 直径约 $10 \mu\text{m}$ ^[23]; d-火星的 Orus Patern 长轴约为 380 km ^[25]; e-火星的 Yuti 直径约 18 km ^[27]; f-木卫四的 Valhalla 直径约 3800 km ^[23]

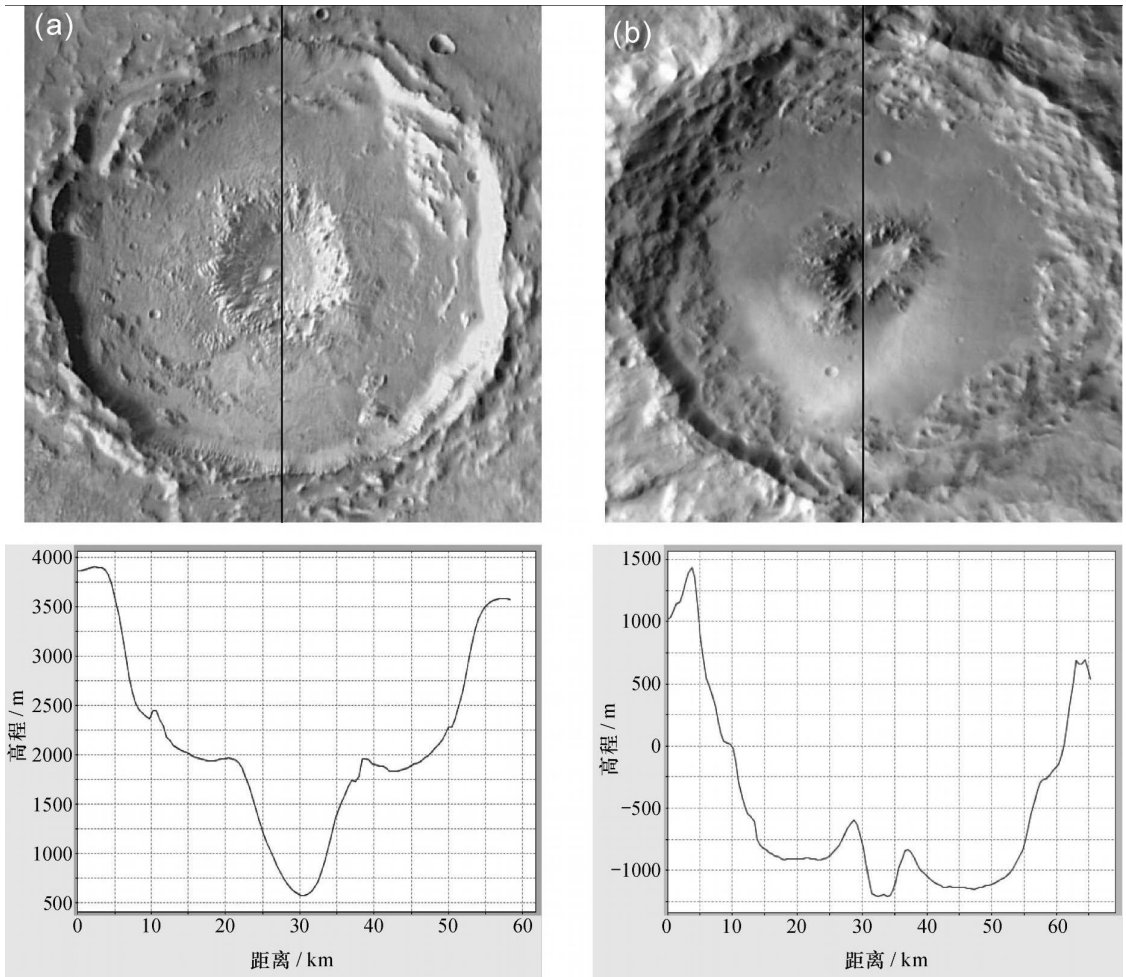
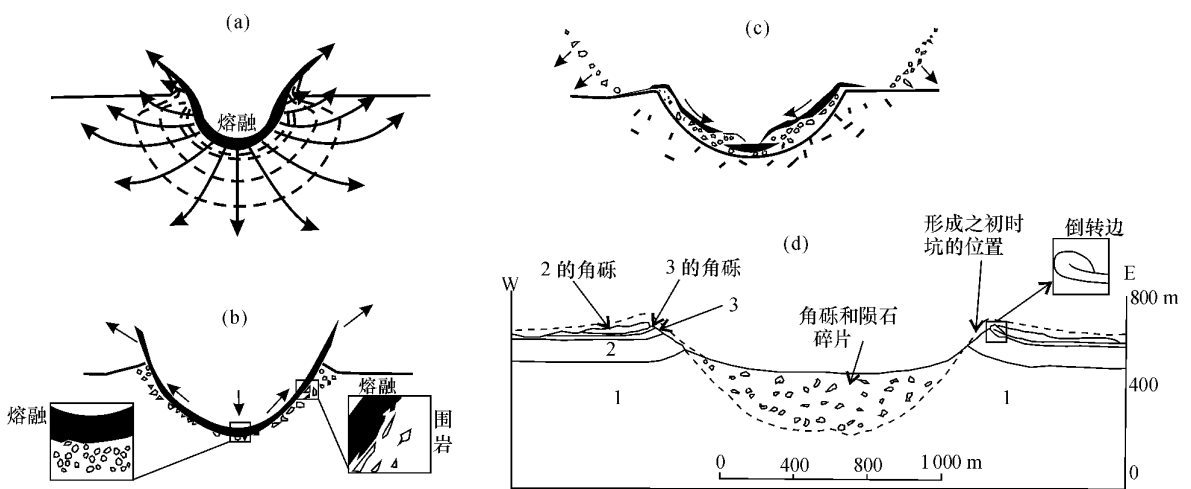


图 2 具有中心凹陷的火星表面的撞击构造及其剖面图 (MARS生成)^[3]

Fig.2 Impact craters with central pits and their sections on martian surface (created by MARS)^[3]

a—位置: 296.312E 17.672S (THEM IS Valles Marineris day IR of THEM IS Mosaics), 凹陷发育在相对较为平坦的坑底;
b—位置: 74.72E 24.66N (THEM IS 2007 Aug 21 01 day IR of THEM IS Mosaic), 凹陷发育在中央突起上



1—Coconino & Toroweap群; 2—Kaibab灰岩; 3—Moenkopi群
美国亚利桑那州 Meteor 撞击坑

图 3 简单撞击过程示意图^[2, 3]

Fig.3 Schematic illustration of the formation of a simple impact structure^[2, 3]

a、b—接触和压缩阶段, a中实线箭头代表冲击波的方向, 虚线为波震面; c—挖掘阶段; d—改造阶段

1.2.2 挖掘阶段 冲击体的动能随着抛射物质动能和热量的增加而减少,当整个系统的压力和速率较低的时候,从胚坑中抛射出的物质质量最大。部分溅射物呈高角度弹道抛射到坑的上面,落下形成松散的碎屑层,铺在坑内;弹道角度较低的抛射物中动能较大的,可以形成二次撞击构造;剩下的便在坑外降落形成溅射毯。大部分溅射物是没有受到冲击熔融的目标体的碎块。冲击体一般会发生气化、熔融,在溅射物中仅保存约10%^[39](图3b、3c)。

1.2.3 改造阶段 包括崩塌以及后期的侵蚀与充填。大型撞击坑一般都可以观察到坑壁的崩塌,以及阶梯状坑壁。由于坑底岩石的非塑性回弹形成中央隆起。后期的各种作用也将改变或掩埋已形成的坑(图3d)。

1.3 矿物的冲击变质作用

在冲击作用的极短暂的时间里,目标体的矿物经历了强烈的变质作用。在压力相对较低的情况下,可以在石英颗粒中见到面状裂隙(PFs)。而在高压下,则可以产生面状变形特征(PDFs)(图4)。除此之外,石英还会转化成柯石英、斯石英甚至焦石英;锆石会转化成斜锆石;原岩会转化成角砾岩甚至冲击玻璃^[39]。

1.4 撞击构造的识别标志

由于撞击构造常常会被后期地质作用所改造,因此它们的识别需要综合岩石、构造以及地球物理的知识。仅从地质方面来看,其识别标志除了上述的形貌和冲击变质作用外,主要如下:

(1) 撞击体的碎片。一般在比较年轻的撞击构造中找到陨石的碎片。通过分选撞击构造中的重组分,经常可以发现铁镍球粒陨石。

(2) 撞击构造边缘倒转的层序。撞击挖掘的抛射物的层序与原始的地层层序相反,形成倒转边(图3d)。

(3) 震裂锥。受冲击作用的岩石破裂面上有明显条纹状的锥形构造^[23]。条纹从锥顶向侧翼分散作马尾状(图5),由冲击锥顶的指向可以判定冲击波发射的中心。

(4) 地球化学特征。由于陨石中富含一些地壳中亏损的元素,因此岩石中的一些特殊元素(如Ir)的异常,可作为撞击成因的有力证据。

2 世界各地撞击构造的研究现状

截至1998年,全球共发现145个大小不一的撞击坑(图6)^[39]。近年来,巴西、蒙古、哈萨克斯坦等国相继发现新的撞击坑^[8,39-40]。

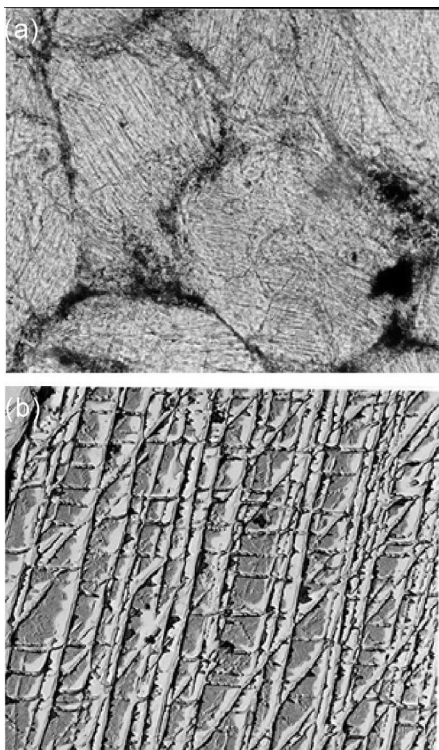


图4 石英面状变形特征^[39]

Fig.4 Planar deformation features in quartz^[39]

a-单偏光下砂岩石英颗粒的面状变形特征; b-电子显微镜下经氢氟酸处理的砂岩石英颗粒,氢氟酸腐蚀了面状变形特征中晶体结构被破坏的二氧化硅



图5 Wells Creek撞击构造的震裂锥
(宽度10 cm左右)^[39]

Fig.5 Shatter cone from Wells Creek impact crater
with width about 10 cm^[39]

图 6 全球已确认的撞击构造分布图^[43]Fig. 6 Distribution map of confirmed impact structures on the earth^[43]

从 20 世纪 70 年代开始, 中国学者已提出多处撞击构造: 太湖区的 16 个岛上及周边曾发现有冲击变质石英, 且在太湖蕨山岛发现了震裂锥^[42]; 河北省涿鹿县东南部的矾山盆地呈棱环形可能是撞击构造^[43]; 沈阳市东南郊区李相镇、姚子户屯镇台子山一带超铁镁质岩可能是一个古陨石的散落区^[44-45]; 香港九龙一带的环状构造也可能是陨击成因的, 在一些碎屑岩块中找到撞击熔融岩、角砾岩和冲击熔岩玻璃^[49]; 内蒙古自治区与河北省北部交界处的多伦县的一个多环盆地被认为是陨击成因, 其具有撞击熔融岩、熔岩席, 冲击角砾岩中的熔融石英液滴成定向排列, 撞击玻璃, 高温石英 (柯石英), 还有地貌、构造等方面的依据。^[47]; 海南白沙也可能存在陨击构造^[48]; 辽宁岫岩县境内罗圈里发现了震裂锥及击变面状页理 (PDFs) 等一系列撞击证据^[49]。

3 贵州省息烽县环形构造地质特征

该环形构造的中心团圆山在县城南西约 3 km 处, 周围的山峰向中心区倾斜, 中心区则相对较为平坦。而团圆山的外围, 所有的山脉环环相连, 看上去就像两个同心圆, 这和撞击构造中的多环

构造十分相似 (图 7)。

由卫星照片 (图 7) 和实地考察可知, 在团圆山内西偏南的唯一豁口处, 耸立着中心区唯一的山峰——插旗山。这座山和撞击构造中常见的中心锥在地貌上有些相似。在离中心区 6 km 的永靖镇联丰村一凹地里, 有一片几百平方米的岩石, 岩石上附着白色的晶体。息烽县有关部门人员认为, 这可能是撞击过程中, 高温熔化地表岩石, 冷却后形成的结果。

3.1 地貌特点

从卫星照片 (图 7) 上看, 息烽县环形构造的内环直径大约是 3 km, 外环直径大约是 20 km, 外环的北东和南西方向有缺口。经过实地考察, 笔者发现内环近西方向, 由于有小溪经过, 地势比较低。环形体的高差为 80~400 m。

3.2 地层特点

根据前人资料^[50]绘制的区域地质简图如图 8 所示。通过对实地的勘测, 笔者发现, 环形构造的中心——团圆山一带的地层都向中心倾斜, 结合实测的产状, 作出该环形构造的示意剖面图 (图 8)。通过剖面图, 可以很清楚地看到, 团圆山附近的环形构造其实是盆状向斜构造, 从该向

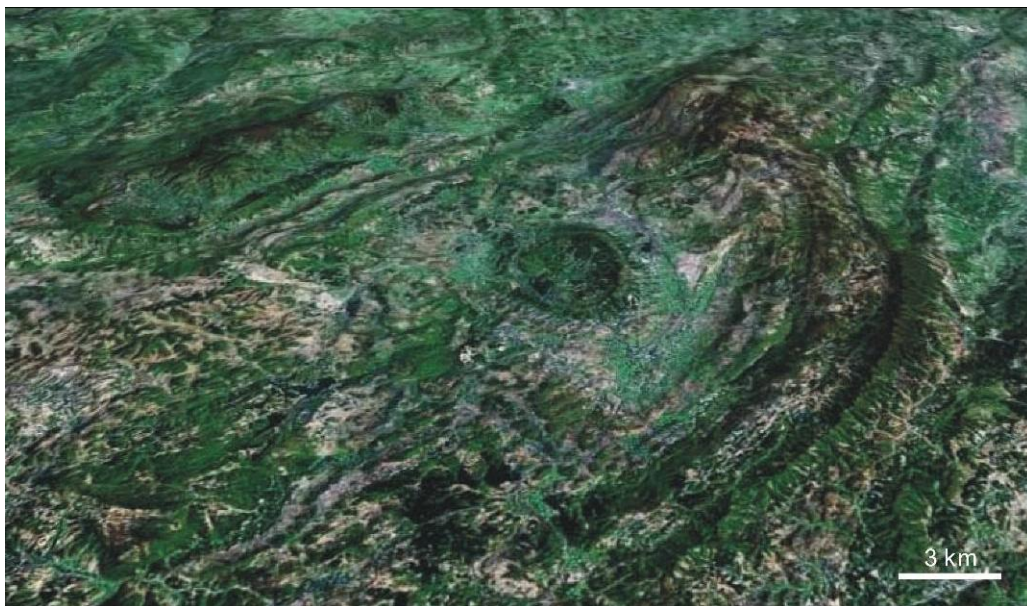


图 7 贵州省息烽县环形构造卫星图像 (据 Google Earth)

Fig.7 Satellite image of the ring structure in Xifeng Guizhou (from Google Earth)

斜的核部到边部卷入的地层依次是：中下侏罗系自流井群第四段石英砂岩粘土岩，中下侏罗系自流井群第一、二、三段石英砂岩、粉砂岩和灰岩，上三叠系二桥组石英砂岩和粘土岩，中三叠系狮子山组内碎屑白云岩和泥晶灰岩。

3.3 岩石变形变质特点

在内环南西的缺口处，耸立着被认为是中心锥的插旗山。经过现场考察以及采样分析，确定组成插旗山地层为侏罗纪自流井群的砂岩，并且没有经历冲击变质。

至于前文提到的，在距环形构造中心区 6 km 的永靖镇联丰村一凹地里的白色晶体，则是普通的方解石脉。

笔者在环形构造的中心小溪边、插旗山和玄武岩采石场中分别采集了 3 个样品。野外产状分别为：(1) 暗红色中层状砂岩，单层厚度在 1 m 左右，产状 $40^\circ \angle 13^\circ$ ；(2) 暗红色中层状砂岩，单层厚度可达 1 m，产状 $35^\circ \angle 15^\circ$ ；(3) 玄武岩和围岩侵入接触，岩墙状产出，岩墙厚度约为 20 m，倾向 186° 。

薄片由俄罗斯著名撞击构造研究者 Dmitry Badyukov 协助鉴定，描述如下 (图 9)。

样品 XF-B-7：玄武岩。灰褐色，杏仁构造，孔隙充填帘石类矿物。杏仁含量 $<10\%$ ，粒径 1~3 cm。镜下可见交织结构，有时可以看到少

量的斜长石斑晶，细小的斜长石微晶呈交织状，表面有绢云母化蚀变，含量 65% 左右。基质含量 30% 左右，由褐色脱玻化的玻璃组成，局部转变成半透明的褐色物质 (可能是皂石)。

样品 XF-B-3、XF-B-5：暗红色长石石英砂岩。发育平行层理。石英颗粒极为细小，在极少数情况下，可以在石英颗粒中看到比较平直的裂纹 (平均每个颗粒中不到一个)，含量 $>75\%$ 。长石表面比较干净，少数颗粒可见绢云母化蚀变，含量 $>20\%$ 。基质中含少量火山物质 ($<1\%$)。

4 结 论

通过对比贵州息烽环形构造示意剖面图 (图 8) 和美国 Meteor 撞击构造的剖面图 (图 3d)，可以看出两者的显著差异：前者地层连续完整；由于区域应力的作用，被卷入的地层变形程度比较一致，而且变形的范围较大，是盆状向斜构造的典型特征。后者在坑的范围外地层基本没有发生变形，并且在坑的周围发育溅射覆盖层和倒转边构造 (图 3d)；因撞击作用的时间极短，不可能在整个区域上形成地层的变形，所以坑内主要是缺失地层。

通过对插旗山、永靖镇联丰乡白色矿物晶体以及其他样品的研究可以看出：(1) 组成插旗山的地层岩石为长石石英砂岩，并没有经历冲击变质，

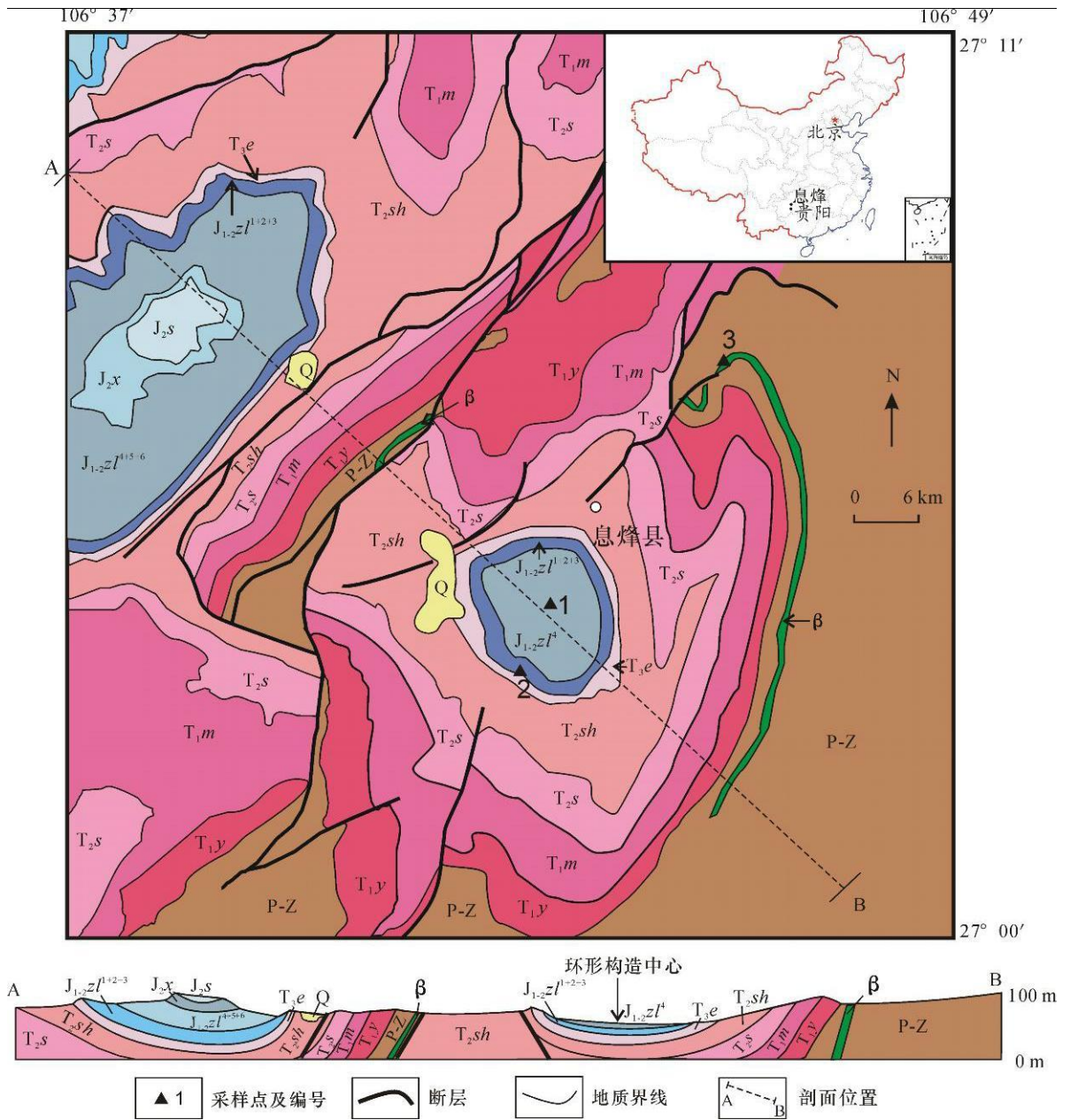


图 8 地质简图^[50]和环形构造示意剖面图

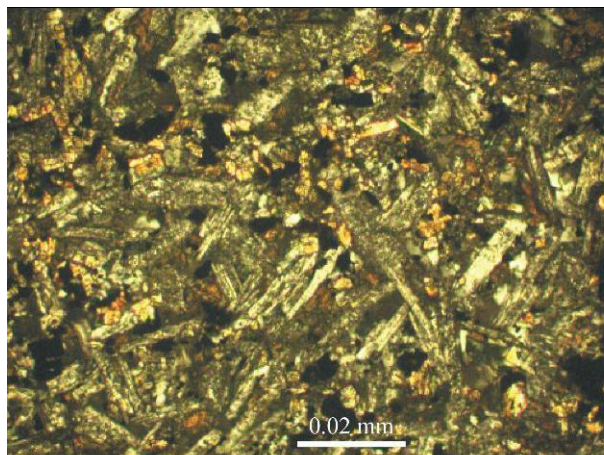
Fig.8 Simplified geological map^[50] and schematic illustration of the ring structure section

Q-第四系；J_{1-2zl}¹⁺²⁺³-中侏罗统上沙溪庙组长石砂岩和粉砂岩；J_{2x}-中侏罗统下沙溪庙组长石砂岩和粉砂岩；J_{2s}-中侏罗统自流井群第四段石英砂岩粘土岩；J_{1-2zl}⁴⁺⁵⁺⁶-自流井群第四、五、六段粘土岩、石英砂岩；J_{2s}¹⁺²⁺³-自流井群第一、二、三段石英砂岩、粉砂岩和灰岩；T_{3e}-上三叠统二桥组石英砂岩和粘土岩；T_{2s}-上三叠统三桥组钙质细砂岩；T_{2sh}-中三叠统狮子山组内碎屑白云岩和泥晶灰岩；T_{1m}-下三叠统茅草铺组泥晶灰岩、白云岩；T_{1y}-下三叠统夜郎组粘土岩夹泥晶灰岩；P-Z-二叠系-震旦系；β-玄武岩；1-环形构造中心小溪边(XF-B-3)；2-插旗山(XF-B-5)；3-玄武岩采石场(XF-B-7)

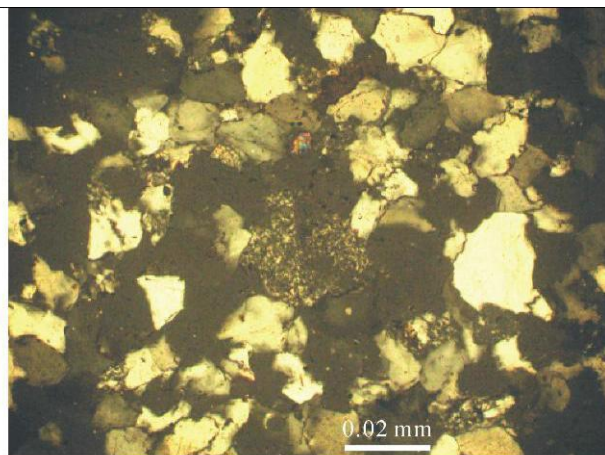
因此不是中心锥；(2)白色晶体为普通的方解石脉，由构造活动产生的裂隙，经过后期热液充填所形成，和撞击过程没有关系；(3)所有样品均没有观察到撞击变质特征，也没有观察到典型的撞击熔融的岩石碎片。在砂岩石英中见到的比较

平直的裂纹，也只是普通构造作用留下的痕迹。

从宏观地质特征和对地形地貌的分析，以及对采集岩石样品的观察，可见息烽环形构造是宽缓的盆状向斜，在区域性直扭应力场条件下，发生旋扭而成^[50]，不是撞击成因的。



(a) XF-B-7, 玄武岩



(b) XF-B-3, 长石石英砂岩

图9 样品薄片正交偏光下的照片

Fig.9 Slices of samples in cross polarization

在野外调查期间赵文瀑先生和息烽县政府给予了大力的支持, Dr.Dm ity Badyukov, Dr.A.T.Basilevsky 和 Dr.RogerMason与笔者进行了有益的讨论, 同学彭迟光一起参加了野外工作, 在此一并表示感谢。

注: 本成果为第一作者本科学习阶段在中国地质大学(武汉)国家地质学理科基地人才培养基金资助下完成的。

参考文献:

- [1] 肖龙, Greeley R, 曾佐勋, 等. 比较行星地质学的研究方法、现状和展望[J]. 地质科技情报, 2008, 27(3): 1—12.
- [2] Weissman P R, Halliday A N, Chambers J E, et al Encyclopedia of the Solar System[C] //McFadden L A, Weissman P R, and Johnson T V. London: Academic Press, 2007, 813—828.
- [3] Barringer D M. Coon Mountain and its crater[J]. Philadelphia Acad Nat Sci Proc, 1906, 57, 861—886.
- [4] Grieve R, Rupert J, Smith J, et al The Record of terrestrial impact cratering[J]. GSA Today, 1995, 5(10): 189, 194—196.
- [5] Javado V M A. About the influence of meteoritic impulses upon the earth crust[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [6] Grieve R, Cintala M J, Theriault A M. Impact basins and crustal evolution[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [7] Panubets N. Evidence suggesting an impact event at Pemo-Triassic Transition[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [8] Ivanov B A. Thermal anomaly formation due to impact cratering on earth and planets[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [9] Kuzovkov G N. The diamond-bearing Uralian tuffites and Brazilian fillites—two impact analogies[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [10] Kuzovkov G N. An impact hypothesis of the Urals' origin as the component part of the new geological paradigm[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [11] Vorontov A K, Pevzner L A, Masaitis V L. Characterization of impact rocks from large ring structures[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [12] Pirajno F. Alkali metasmatism in the Shoemaker impact structure[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [13] Ariskin A A. Calculating phase equilibria for two proposed parental Sudbury magmas[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [14] Stahl V, Gillet P H, Chen M. Natural shock metamorphism of garnet and garnet-bearing gneisses from the Ries Crater Germany[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geological Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [15] Portnov A M. Stable magnetite as an indicator of asteroid impact[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [16] Fel'dman V I, Sazonov L V, Kotelnikov S I. Geobarometers for shock metamorphism—experimental justification[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [17] Shuvalov V V. Radiation effects and atmospheric erosion induced by impacts of large cosmic bodies[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [18] Ivanov B A. Interplanetary comparison and models for impact ejecta deposition around impact craters[C/CD]. Abstracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [19] 覃功炯, 欧强, 常旭. 国内外对天体撞击地球的撞击构造研究的新进展[J]. 地学前沿, 2001, 8(2): 345—352.
- [20] 丁锐. 滑翔伞爱好者偶然发现 欧阳自远院士要来考察 息烽“陨石坑”面纱待揭[EB/OL]. 2006. <http://gzsb.gog.com.cn/system/2006/12/16/001066891.shtml>
- [21] 黄家利, 王太师. 息烽团园山疑似陨石坑地形引起各方关注 专家猜测曾遇“天地大冲撞”[EB/OL]. 2007. <http://news.sohu.com/20070104/n247412340.shtml>
- [22] Bland P A, McBride N, Moore E A, et al An Introduction to the

- Solar System[M] . London: Cambridge University Press 2003, 127—151.
- [23] NASA. Molke Crater[EB/OL] . 2008. <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/art/283752/95003/Molke-crater-a-simple-crater-on-the-Moon-photographed-by#tab=active~checked%20Citans~checked>
- [24] USGS Meteor Crater[EB/OL] . 2008. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cf/Meteor.jpg>
- [25] NASA. Lunar Glass Micrometeorite[EB/OL] . 2008. <http://stand-ust.jpl.nasa.gov/highres/1097899fig4.jpg>
- [26] NASA. Orcus Pater[EB/OL] . 2008. <http://titaro.nasa.gov/projects/bayes-group/Atlas/Mars/VSC/views/mfl5nxxx/mfl5n180.html>
- [27] NASA. Yuti crater[EB/OL] . 2008. <http://www.zngzeg.sulinet.hu/csillag/mars/B36.GIF>
- [28] NASA. Valhalla crater on Callisto[EB/OL] . 2008. http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:Valhalla_crater_on_Callisto.jpg
- [29] Andrews-Hanna J C, Zuber M T, Banerdt W B. The Borealis basin and the origin of the martian crustal dichotomy[J] . *Nature* 2008, 453, 1212—1215.
- [30] Barlow N G, Alzate N. Central pit craters on Mars and Gany- mede: characteristics, distributions and implications for forma- tion model[EB/OL] . 2008. <http://www.lpi.usra.edu/meet- ings/ln2008/pdf/3071.pdf>
- [31] Mars Space Flight Facility at Arizona State University Wel- come to the MARS Wik[EB/OL] . 2008. http://mars.asu.edu/wiki/index.php/Main_Page
- [32] 游振东, 刘嵘. 陨石撞击构造作用的研究现状与前景[J] . *地质力学学报*, 2008, 14(1): 22—32.
- [33] Gault D E, Quaide W L, Oberbeck V R. Impact cratering me- chanics and structures[C] // *A Primer in Lunar Geology*. NASA Ames Research Center 1974, 177—189.
- [34] 李春来, 欧阳自远. 空间化学[M] . 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2005, 145—206.
- [35] Mutch T A. Geology of the Moon: A Stratigraphic View[M] . New Jersey: Princeton University Press 1972, 1—298.
- [36] William J C. Remote sensing tutorial[EB/OL] . 2008. http://www.fas.org/ip/mint/docs/rst/Sec18/Sec18_3.html
- [37] Argon Wells creek impact crater[EB/OL] . 2008. <http://magsfieldguide.blogspot.com/>
- [38] French B M. Traces of Catastrophe: A Handbook of Chock met- amorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures [M] . Washington: Lunar and Planetary Institute 1998, 1—89.
- [39] Khosbayan P, Arimbileg K H, Arimbayar. Impact structures in Mongolia[C/CD] . Abstracts Volume of 31st International Ge- ology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [40] Zeilik S, Nusipov E. Remote sounding and deflection of struc- tures controlling arrangement of mineral deposit[C/CD] . Ab- stracts Volume of 31st International Geology Congress Rio de Janeiro Brazil 2000.
- [41] LPI Geographic distribution of known impact structures[EB/ OL] . 2000. http://www.lpi.usra.edu/publications/slidesets/craters/slide_2.html
- [42] 王尔康, 朱政, 张海祥. 太湖蕨山岛发现震裂锥[J] . *科学通 报*, 1992, 38(24): 2265—2268.
- [43] 邢耶, 杨泽元. 河北矾山棱形环形构造与撞击作用[Z] . *岩 石圈构造与动力学开放实验室 1996年年报*. 北京: 地质出 版社, 1996, 38—44.
- [44] 张海亭. 沈阳古陨石[M] . 沈阳: 东北大学出版社, 1996, 1— 53.
- [45] 张海亭, 阎丽萍. 沈阳古陨石地质特征[Z] . *岩石圈构造与 动力学开放实验室 1996年年报*. 北京: 地质出版社, 1996, 45—49.
- [46] 吴思本. 香港陨石坑的发现始末[J] . *中国地质*, 1997, 6, 48 —49.
- [47] 向缉熙. 陨星撞击地球将是 21 世纪的研究热门[J] . *中国地 质*, 1998, 3, 26—29.
- [48] 王道经. 海南白沙陨石坑[M] . 海口: 海南出版社, 1997, 10 —68.
- [49] 陈鸣. 岫岩陨石坑: 撞击起源的证据[J] . *科学通报*, 2007, 52 (23): 2777—2780.
- [50] 贵州省区域地质调查大队. 1:20万息烽幅区域地质调查报告 及附图 [R] . 武汉: 中国地质大学 (武汉), 2008.

Impact Structure Characters and Genetic Interpretation of the Ring Structure in Xifeng

HUANG Jun¹, XIAO Long¹, LI De-sheng²

(1. Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;

2. No.706 Team of Heilongjiang Nonferrous Metals Geo-exploration Bureau, Qiqihaer 161031, China)

Abstract: Impact structure is a kind of structural features by the quick impact and shock in the process be- tween meteorolite or comet-nucleus-like matter and planets. Impact process plays a vital role in the evolution and the surface-reshaping of planets in the solar system. Generally speaking, morphology and shock metamor- phic rock can confirm impact structures on earth. There is almost no confirmed impact structures in China so far. Comparative research is carried on the impact-structure-like ring structure in Xifeng, Guizhou Province. Based on the study of present datum, field measuring and analysis of the samples, not any shock metamorphism is found in the samples. It is concluded that the ring structure is not an impact structure, but an old basin-like syncline changed into a swirl structure after several periods of tectonism.

Key words: impact structures; ring structures; planetary geology; Xifeng; Guizhou