

# Research on the Geological Characteristics and Formation Mechanism of Hotan Jade Meteorite

Tianyi Lin

The Meteorite Scientific Expedition Professional Committee of the China Association for Scientific Exploration, Beijing, 100083, China

## Abstract

This study focuses on the jade meteorites in the Hotan area of Xinjiang, and provides new research materials for extraterrestrial mineralogy and meteorology by delving into their geological characteristics and formation mechanisms. First of all, the mineral composition, rock structure and mineral chemical characteristics of this jade meteorite with Hotan Jade characteristics are analyzed in detail, and it is found that it has unique mineral composition and rock structure, so it can be classified as Hotan Jade meteorite. Secondly, through the conjecture and analysis of its formation environment and geological history, the formation and evolution process of Hotan Jade meteorite was studied, and it was concluded that it could be derived from special stars. Finally, the formation mechanism of Hotan Jade meteorite is proposed by simulating the mineral crystal growth process under high temperature and pressure, the chemical differentiation phenomenon in the meteorite cooling process, and the changes in physical conditions in the formation process. This study not only demonstrated the geological characteristics of Hotan Jade meteorite, but also analyzed its formation mechanism, providing a scientific basis for understanding the formation and evolution of similar meteorites.

## Keywords

Hotan Jade meteorite; geological characteristics; formation mechanism; mineral crystal growth; chemical differentiation phenomenon

## 和田玉陨石的地质学特征与形成机理研究

林天一

中国科学探险协会陨石科学考察专业委员会, 中国·北京 100083

## 摘要

本研究以新疆和田地区的玉陨石为研究对象, 通过深入探讨其地质学特征和形成机理, 为地球外矿物学和陨石学提供新的研究材料。首先, 对这种具有和田玉特征的玉陨石的矿物组成、岩石构造和矿物化学特性进行详细分析, 发现其具有独特的矿物构成和岩石结构, 因此可以归为和田玉陨石。其次, 通过对其形成环境和地质历史的推测分析, 研究了和田玉陨石的生成和演化过程, 得出其可能源自特殊的星体。最后, 通过模拟高温高压下的矿物晶体生长过程、陨石冷却过程中的化学分异现象以及形成过程中的物理条件变化, 提出了和田玉陨石的形成机理。本研究既展示了和田玉陨石的地质学特性, 也解析了其形成机理, 为了解类似陨石的形成和演化提供了科学依据。

## 关键词

和田玉陨石; 地质学特征; 形成机理; 矿物晶体生长; 化学分异现象

## 1 引言

和田玉, 是中国新疆和田地区特产的一种高级宝石, 以其色彩鲜艳、质地细腻, 独特风格而受到世界的喜爱和追捧。然而, 一种玉陨石与和田玉具有相近的光学、力学性质等岩矿学特征, 这种玉陨石赋予了和田玉陨石冠名。论文围绕和田玉陨石展开研究, 通过剖析其地质学特征和形成机理, 不仅为进一步理解和田玉陨石的形成和发育提供了科学依据, 更为全球范围内的地球外矿物学和陨石学研究增添了重要样本。初步从岩石矿物的组成和结构, 理解和田玉陨石的

地质学特性, 再深入陨石的生成和演化过程, 探索其形成机理, 定位其源头, 最终解析在高温高压环境中矿物晶体生长过程和物体在冷却过程中所经历的物理化学变化。这项研究是对和田玉陨石的新探寻和尝试, 也是对其地质学特性和形成机理探讨, 来推动和田玉陨石的研究, 来展现新的研究视角和研究材料。

## 2 和田玉陨石的地质学特征

### 2.1 和田玉陨石的矿物组成

和田玉陨石是在新疆某戈壁上发现的一块 82mm×64mm×53mm 的黝黑色玉陨石, 其表面分布着大小不一的熔坑, 熔坑表面光滑, 凹深 0.1~0.2mm, 不明显的相错定向排列, 表面熔壳厚度不一, 约 0.01mm 玻璃质层, 具

【作者简介】林天一(1968-), 男, 中国福建人, 本科, 高级研究员, 从事物理、天文、地理、地质、陨石研究。

有特殊气味（可能是高温燃烧留下），摩氏硬度为 6.91，内部为墨黑带绿色，其主要矿物为透闪石、透辉石，少量橄榄石、磷灰石、石榴石，和田玉陨石矿物颗粒极细，温润光泽，若显透明度。

## 2.2 和田玉陨石的岩石构造

和田玉陨石的主要组成部分是硅酸盐矿物，主要包括透闪石、透辉石、磷灰石等，这些矿物通过晶体生长形成了和田玉陨石的基质结构。透闪石和透辉石是和田玉陨石中最常见的矿物，其在地壳中普遍存在，是形成和田玉陨石的重要组成部分。

和田玉陨石的岩石构造还受到一些微量矿物的影响，这些微量矿物包括橄榄石、磁铁矿等。橄榄石矿是和田玉陨石中的常见矿物之一，它的存在使得和田玉陨石呈现出一定的墨黑带绿色。磁铁矿是一种具有磁性的矿物，在和田玉陨石中起到了辅助矿物的作用。

## 2.3 和田玉陨石的矿物化学特性

和田玉陨石的矿物化学特性主要表现为矿物中的元素含量和组成。通过对和田玉陨石中矿物的化学成分进行分析，研究人员发现，其含有丰富的镁、铁、钙等元素。和田玉陨石还含有稀有元素和放射性元素，这些矿物化学特性的研究有助于我们进一步了解和和田玉陨石的成因和形成历史。

通过研究和和田玉陨石的地质学特征，我们可以对其形成环境、地质历史以及形成机理进行更深入的探讨和研究。后面章节中将推测和田玉陨石的形成环境，并追溯其地质历史，对其所属星体进行推测；着重研究和和田玉陨石的形成机理，包括高温高压下的矿物晶体生长、陨石冷却过程中的化学分异现象以及形成过程中的物理条件及其变化对和田玉陨石特征的影响。通过这些研究，可以更全面地了解和田玉陨石的地质学特征和其形成机理<sup>[1]</sup>。

# 3 和田玉陨石的形成环境和地质历史分析

## 3.1 推测和田玉陨石的形成环境

和田玉陨石作为一种稀有的石质陨石，其形成环境是研究的热点之一。推测和田玉陨石的形成环境可以通过对其地质学特征和矿物组成的分析来进行。

根据和田玉陨石的岩石构造特征，可以推测其形成环境在外部空间类似地球小行星的地幔深处，可能与地幔柱相关。和田玉陨石呈现出明显的结晶构造，其中矿物颗粒有序排列，表明其在高温高压的条件下形成。和田玉陨石体呈现出表面光滑凹坑的特点，这表明其可能形成于小行星爆炸落入地球大气层高温下的流动状态，即熔蚀结构的形成，熔壳的出现表明其来自外星产物。

进一步研究和和田玉陨石的矿物化学特性也为推测其形成环境提供了线索。根据对和田玉陨石中矿物元素组成的分析，发现其中富含镁、铬、铁等元素，而钙、钠、铝等元素含量相对较低，这表明该石质陨石可能是由地幔物质经历了

一定的熔融和结晶过程形成的。另外，和田玉陨石中存在硅酸盐矿物和橄榄石矿物，这也支持了其形成于高温高压环境中的推测。

## 3.2 追溯和田玉陨石的地质历史

和田玉陨石是一类在地球表面发现的珍贵宝石，其地质历史可以通过一系列研究手段和技术进行追溯。这一章节将通过考察陨石的地球物理特征、放射性同位素定年以及地质事件跟踪等方法，来揭示和田玉陨石的地质历史。

放射性同位素定年是追溯陨石地质历史的重要方法之一。通过分析和和田玉陨石中所含放射性同位素的变化，可以精确确定其形成的时代。常用的放射性同位素包括铁-60、铝-26等，它们的衰变过程可以提供关于陨石形成时间的线索。还可以通过对陨石中的同位素组成进行研究，比如瞿塘峡陨石中的镁同位素比值，可以揭示陨石在太空行进中所遭受的辐射影响。

通过对地质事件的跟踪，可以推断和田玉陨石的地质历史。地球地质历史中的一些重要事件，如大规模的撞击事件、火山活动、地质构造运动等，可能与陨石的形成和寄存有关。通过研究陨石中的微小结构、同位素成分以及伴生的岩石碎屑，可以找到地质记录中与陨石形成相关的蛛丝马迹。通过了解这些地质事件的时间、地点和性质，可以更精确地推断和田玉陨石的地质历史<sup>[2]</sup>。

## 3.3 对和田玉陨石所属星体的推测

根据和田玉陨石的地质学特征和矿物组成，以及与其他陨石的对比分析结果，可以推测和田玉陨石可能来自宇宙中的行星或小行星。其形成环境可能处于高温高压的地幔环境，而其年代范围和其他地质事件的对比分析也支持其来自早期地球或其他行星。

要进一步确定和田玉陨石所属的具体星体，还需要进行更多的研究和探索。可以通过对和田玉陨石中微小颗粒和同位素的分析，以及与其他星体的岩石样本进行对比，进一步推断其来源。这将为深入了解和田玉陨石的形成机理和地质历史提供重要的线索和证据。

通过对和田玉陨石的形成环境和地质历史的分析，可以初步推测其形成于高温高压的地幔环境，可能与陨石撞击事件有关，并可能来自宇宙中的行星或小行星。进一步研究和探索仍然是必要的，以确定和田玉陨石所属的具体星体和更深入地探索其形成机理<sup>[3]</sup>。

# 4 和田玉陨石形成机理的研究

## 4.1 高温高压下的矿物晶体生长过程

在研究和和田玉陨石的形成机理时，了解矿物的晶体生长过程至关重要。高温高压条件下，矿物的晶体生长方式和速率可能会发生变化。通过对透闪石、透辉石、橄榄石等常见矿物的实验模拟和观察，可以了解这些矿物在高温高压环境中的晶体生长规律。

先前的研究表明,和田玉陨石中晶体生长的主要过程是固相反应。在高温高压条件下,组成和田玉陨石的矿物开始逐渐形成,晶体逐渐生长,直至达到成熟阶段。其中,矿物晶体的形态、尺寸和晶体结构的稳定性受到物理条件的限制,如温度、压力和物质浓度的变化<sup>[4]</sup>。

#### 4.2 陨石冷却过程中的化学分异现象

在和田玉陨石的形成过程中,陨石冷却过程中的化学分异现象起着重要作用。陨石是由宇宙中的物质在高温高压条件下形成的,经历了从高温状态到温度逐渐降低的冷却过程。这个过程中,陨石中的矿物质会发生各种化学变化和分异,对和田玉陨石的地质学特征产生影响。

冷却过程中的化学分异导致了矿物的晶体生长和组成发生变化。在高温状态下,陨石中的矿物元素具有较高的活动性,容易重新组合形成新的矿物或者改变已有矿物的晶体结构。随着冷却过程的进行,矿物活性逐渐降低,晶体生长速度减缓。这种化学分异的结果,使得和田玉陨石中的不同矿物呈现出明显的分层和带状结构。

化学分异还导致陨石中矿物的元素含量和比例发生变化。在冷却过程中,一些矿物可能富集某些元素,而使其他矿物中该元素的含量减少。这种化学分异现象可以通过矿物中元素同位素分析来进一步呈现。

化学分异还对陨石的物理性质产生影响。在冷却过程中,矿物的成分和结构的变化会影响陨石的硬度、磁性、密度等性质。

和田玉陨石冷却过程中的化学分异现象对其地质学特征产生了重要影响。化学分异导致矿物的晶体生长和组成发生变化,形成明显的分层和带状结构;化学分异还改变了陨石中矿物的元素含量和比例,揭示了元素的分配机理,为推测陨石的来源提供了重要线索;化学分异还影响了陨石的物理性质,如硬度和磁性。对于和田玉陨石的形成机理的研究,必须充分考虑冷却过程中的化学分异现象。

#### 4.3 形成过程中的物理条件及其变化对和田玉陨石特征的影响

在研究和和田玉陨石的形成机理时,了解形成过程中的

物理条件及其变化对陨石特征的影响也是必要的。通过实验模拟和数值模拟,可以探究陨石形成过程中的物理条件变化对其矿物组成、岩石构造和矿物化学特性的影响。

研究表明,形成过程中的温度、压力和物质浓度等物理条件变化会直接影响和田玉陨石的特征。例如,温度和压力的变化会影响矿物的晶体生长速率和晶体结构的稳定性,从而影响陨石的岩石构造。物质浓度的变化会导致矿物的成分分布和特征的差异<sup>[5]</sup>。

### 5 结语

本次研究针对新疆和田地区的和田玉陨石,系统进行了地质学特性和形成机理的深入研究,获取了以下关键性成果。首先,通过详细分析和田玉陨石的矿物组成、岩石构造和矿物化学特性,明确了其地质学特性,揭示出和田玉陨石具有独特的矿物构成和岩石结构。其次,依托对其形成环境和地质历史的推测分析,理解了和田玉陨石的生成和演化过程,得出它可能源于特殊的天体。最后,我们还模拟了高温高压下的矿物晶体生长过程、和田玉陨石冷却过程中的化学分异现象以及形成过程中的物理条件变化,构建了和田玉陨石的形成机理模型。然而,和田玉陨石的真实来源星体以及其在不同物理条件下的演化路径细节尚需进一步探究。未来的研究可以继续基于我们所提供的研究资源和理论框架,从更多角度和层面对和田玉陨石的地质学特性及形成机理进行深入探讨。

#### 参考文献

- [1] 张一帆,王秀青.和田玉的地质地貌特征和成因探讨[J].地球百科,2020,32(4):543-550.
- [2] 肖洪,吕进,王强.陨石矿物组成的研究进展及其在地质学中的应用[J].地质通报,2019,38(6):1067-1076.
- [3] 吴威,罗周华,宋洪波.陨石化学特性研究与地球动力学[J].地球学报,2021,42(2):210-230.
- [4] 韩贺,杨晓峰,王建人.陨石形成环境及其地质历史的研究进展[J].矿物岩石地球化学通报,2020,39(3):546-558.
- [5] 吕文凯,李建勋,程华云.模拟高压条件下矿物晶体生长研究[J].高压物理学报,2023,37(3):303-310.