

## 修正的镜质体反射率剥蚀厚度恢复方法

陈增智 柳广弟 郝石生

**摘要** 针对目前用的地层剥蚀厚度恢复镜质体反射率差值法所存在问题,在考察地层沉降、抬升、再沉降埋藏史过程的基础上,根据有机质演化累积性和不可逆性原则,利用经典的有机质成熟度时温关系模型(TTI),建立了修正的镜质体反射率剥蚀厚度恢复方法。该方法不仅考虑了剥蚀界面上下镜质体反射率的相对值,还考虑了各自绝对量,与以往仅考虑镜质体反射率差值相比,有较大改进。

**关键词** 剥蚀厚度恢复 镜质体反射率 抬升再沉降 有机演化

**第一作者简介** 陈增智 男 33岁 博士后 油气地质

### A Corrected Method of Using Vitrinite Reflectance Data to Estimate the Thickness of Sediment Removed at an Unconformity

Chen Zengzhi Liu Guangdi Hao Shisheng  
(University of Petroleum, Beijing 100083)

#### Abstract

Dow(1977) observed that vitrinite reflectance profiles that pass through an unconformity commonly exhibit an offset at the unconformity. And the offset could be used to estimate the amount of missing section. The estimation is accomplished graphically by projecting the pre-unconformity portion of the profile upward to the point where it attains a value equal to the vitrinite reflectance immediately above the unconformity. The vertical distance between this point and the unconformity was presented as the amount of missing section. This method has been widely used since the late 70 ' s. And its inaccuracy is getting more and more apparent through further application. This paper presents a detailed study on the organic maturation of vitrinite during the burying-uplifting-reburying process. An organic maturity modeling, which integrates complete thermal and burial histories, is used. By the principle of reaction kinetics, it is assumed that the maturation process of the section below the unconformity continues during the erosional phase and the reburial phase. During the reburial phase, the sections above and below the unconformity undergo continued maturation (increases in cumulative TTI values) at different reaction rates, and results in a difference of organic maturation between the two sections. So the difference can be used to trace their burial histories of these sections. And then we proposes a corrected method to estimate the thickness of sediment removed at an unconformity using vitrinite reflectance data of the formations blow and above the unconformity. which can get

a more accurate result than Dow's one.

Key words vitrinite reflectance unconformity organic maturation

地层剥蚀是常见的地质现象，是地壳抬升运动的直接结果，它对沉积岩系的埋藏史有着不容忽视的影响。在抬升过程中，沉积物的成岩演化、排液作用、已形成的地温场、压力场等都将发生改变，剥蚀量的大小无疑与这种改变程度密切相关。因此，剥蚀厚度恢复成为盆地分析中地层埋藏史、沉积发育与构造变动研究的重要前提。但由于构造运动的复杂性，使得地层剥蚀厚度恢复有很大难度。为解决这一难题，众多地质家从不同的角度、用不同的方法来进行剥蚀厚度恢复<sup>[1, 2]</sup>。目前较为普遍使用的方法是镜质体反射率差值法<sup>[3]</sup>，但近年来，人们发现该方法存在一些问题使其实用性受到限制。本文将针对差值法存在的问题，对这种方法进行修正，以期较为准确地确定地层剥蚀厚度。

## 1 镜质体反射率差值法

镜质体反射率( $R_o$ )是目前公认的、并得到广泛应用的有机成熟度指标。一般在连续沉降型沉积盆地，其对数与埋藏深度呈线性关系。

Dow<sup>[3]</sup>于1977年发现，镜质体反射率剖面穿过不整合面时，在不整合面上下常常出现一个差值。进而，他提出利用镜质体反射率差值来估算地层剥蚀量的方法，即根据不整合面上下相近地层的镜质体反射率差值估算剥蚀量的大小，并利用图解的形式(图1)来确定。图中，把不整合面以下地层的 $R_o$ 剖面线穿过不整合面向上延伸到 $R_o$ 值与上伏地层底界面 $R_o$ 相等的深度点，那么该点与不整合面的深度差值即为剥蚀量。

该方法一经提出，立即得到广泛响应，国内外众多学者认为它与传统地质推理类比法相比，更具有定量意义、且简便易行，其应用曾成为70年代末到80年代的一个热点。

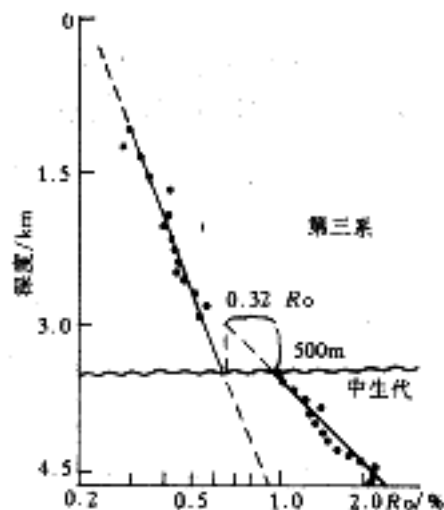


图1 镜质体反射率差值法恢复地层剥蚀厚度示意图(Dow<sup>[3]</sup>)

vitrinite reflectance to estimate amount  
of uplift and erosion (from Dow, 1997<sup>[3]</sup>)

## 2 差值法存在的问题

通过在不同地区的广泛使用，人们发现这种方法存在着许多问题<sup>[4]</sup>，严重制约着方法的应用。最主要的问题是镜质体反射率差值随再埋藏发生“退火”、“消融”(annealing)的现象。即：在遭剥蚀地层再埋藏早期，不整合面以下地层的 $R_o$ 无明显变化，而不整合面之上新沉积地层随埋深增大， $R_o$ 迅速增长。经过一定时间，再埋藏深度接近或超过原埋藏深度时，不整合面上下 $R_o$ 差值减少，趋近于零，即不整合面上下，镜质体反射率剖面近于连接在一起。由此得出的结论是：由该方法所得到的剥蚀厚度应是最小剥蚀厚度，有时甚至根本无法恢复剥蚀厚度而无法应用。从而也就否定了Dow的“镜质体反射率差值图解法求取剥蚀厚度”这一曾广泛应用的方法。

## 3 修正的镜质体反射率剥蚀厚度恢复方法

### 3.1 修正方法的依据

否定上述Dow的方法，并不能否定镜质体反射率在恢复剥蚀厚度、重建地层埋藏史中的重要作用。在连续沉降或剥蚀不明显地区，应用镜质体反射率数值重建地层埋藏史、热演化史等工作所取得的大量成果，充分说明了镜质体反射率热演化指标在记录地层埋藏演化过程方面的可靠性。Dow的方法所出现的问题，不是镜质体反射率这一指标本身的问题，而是在于人们如何利用它的问题。

从理论上讲，镜质体反射率变化是随着有机质演化同时进行的。业已证明，有机质演化热反应过程可用化学动力学一级反应来近似描述，有机质成熟度(镜质体反射率)是时间和温度的函数。较高温度下的短时作用与较低温度下的长期受热可达到同样的成熟度水平，有机质成熟度是全部地热效应的累积，有机质热演化具不可逆性。因此，镜质体反射率能够记录有机质经历的埋藏、演化过程。据此，目前已经建立了许多种镜质体反射率与温度、时间关系的数学模型或理论图解，经典之作当数Lopatin和Waples提出的时间—温度指数(TTI)法<sup>[5]</sup>，目前许多新建的有机质成熟作用模型仍沿用TTI的思路。

### 3.2 镜质体反射率剥蚀厚度恢复方法的修正

前已叙及，镜质体反射率作为有效的热演化指标，能够记录有机质所经历的全部时温效应，即地层埋藏、演化全过程。因此，一定规模的剥蚀定会在镜质体反射率变化上有所记录。根据目前较为常用的镜质体反射率与温度、时间的关系，建立剥蚀厚度恢复模型。首先须对再埋藏有机质演化过程进行考察。

#### 3.2.1 再埋藏过程中有机质演化途径分析

地层沉积埋藏后，遭受抬升剥蚀，尔后又随着沉降作用的发生，剥蚀面以下地层发生再埋藏作用，有机质演化途径也相应有所改变。

图2为地层埋藏史示意图。对于A层而言，经历了先期持续埋藏，遭抬升出露地表，然后随C层沉积发生再埋藏，并超过剥蚀前最大埋藏这一地层埋藏历史。

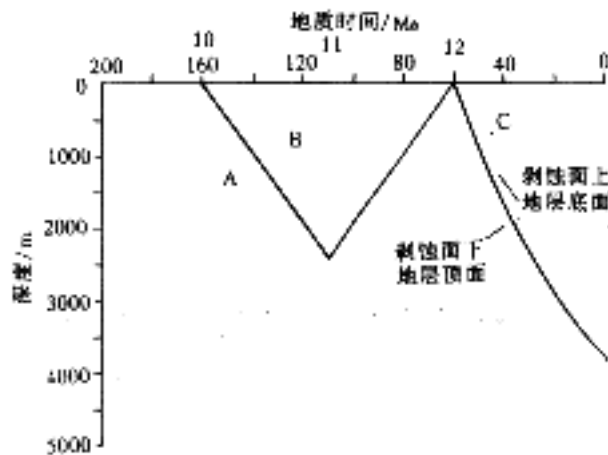


图2 抬升再埋藏型地层埋藏史示意图

Fig.2 Burial history diagram of the uplifting-reburying process

根据有机质演化不可逆性及其累积性原则，考察A层顶面有机质演化，体现如下特点：

自 $t_0$ 至 $t_1$ ，即初次埋藏过程，经历了一次时温效应；

自 $t_1$ 至 $t_2$ ，经历抬升过程，顶面到达地表，埋深为0。尽管温度降低，但也发生时温效应；

自 $t_2$ 至 $t=0$ (即现今)，又经历沉降埋藏作用，再经历一次时温效应。

其有机质演化即为这三次时温效应的累积(三者之和)。

考察C层底面，其有机质演化只经历了自 $t_2$ 至 $t=0$ 的时温效应。

因C层底面与A层顶面实际为同一界面，即不整合面，在 $t_2$ 至 $t=0$ 时间段，两者时温效应相同。

下面用镜质体反射率与时、温关系模型表征上述有机质演化过程。

### 3.2.2 Lopatin-Waples的TTI法

TTI方法以其思想朴素、原理简单、使用方便而得到广泛应用。尽管还存在许多问题须认真研究，但仍不失一种基础的、简单易得的方法。而且，我们认为，合理的假设使问题简单化，对模拟工作是必要的和可行的。

TTI与 $R_o$ 的关系表达式有多种，如单一单对数关系，多段单对数关系等。但从统计关系来看，TTI在连续沉积剖面上随深度(D)的变化近似指数函数，镜质体反射率也正是这样一种函数，即

$$D = a_1 \cdot \ln(TTI) + b_1$$

$$D = a_2 \cdot \ln(R_o) + b_2$$

$$\ln R_o = a \cdot \ln TTI + b$$

设剥蚀界面上下，都遵循同一个 $R_o$ —TTI关系，因此，有：

$$\text{A层顶面 } \ln(R_{oa}) = a \cdot \ln(TTI_a) + b$$

$$\text{C层底面 } \ln(R_{oc}) = a \cdot \ln(TTI_c) + b$$

根据前述有机演化历程分析

$$TTI_a = TTI_c + TTI_b$$

式中TTI<sub>c</sub>为t<sub>1</sub>时该累积TTI值。三式联立，再经变换得：

$$\ln TTI' = \ln TTI_c + \ln \left[ \left( \frac{R_{oa}}{R_{oc}} \right)^{\frac{1}{a}} - 1 \right]$$

$$\ln R_{o'} = \ln R_{oc} + a \cdot \ln \left[ \left( \frac{R_{oa}}{R_{oc}} \right)^{\frac{1}{a}} - 1 \right]$$

此式即剥蚀面在再埋藏前的Ro值Ro<sub>0</sub>与现今剥蚀面上覆地层底面Ro值及其与下伏层顶面Ro值的换算关系。

同样，A层顶面剥蚀前最大埋深时(t<sub>1</sub>时刻)的Ro值(Ro<sub>1</sub>)亦可求取。

根据Guidish, T.M.等〔6〕对埋藏史恢复模型假设之二，剥蚀掉地层的埋藏速率与抬升剥蚀速率一致，即两者所经历的时间一致，因此有：

t<sub>0</sub>至t<sub>2</sub>时期TTI<sub>1</sub>是t<sub>0</sub>至t<sub>1</sub>时期TTI<sub>0</sub>的二倍

即

$$TTI_1 = 2 \cdot TTI_0$$

$$\therefore R_{o'} = R_{oc} \cdot \left[ \left( \frac{R_{oa}}{R_{oc}} \right)^{\frac{1}{a}} - 1 \right]^a \cdot 2^{-a}$$

此Ro<sub>0</sub>值对应的深度值，即为剥蚀厚度值。这可以利用现今镜质体反射率与深度(Ro-D)关系图求得。

## 4 修正后方法的评价和应用

### 4.1 评价

从Ro<sub>0</sub>表达式可以看出，剥蚀厚度不仅与剥蚀界面上、下镜质体反射率比值(Ro<sub>a</sub>/Roc)有关，还与上伏层演化程度(Roc)相关。而Dow的方法仅考虑差值，而没有考虑绝对量，这是其缺陷所在。

该方法中，a,b为经验常数。若对a,b不用经验常数，那么上述方程中包含极其复杂的指数展开。即使有解也是一近似解，因此对这种力求简便的方法是不需要的，使用经验常数即可。实际工作中，不同地区、不同地质条件，a,b常有变化，需要重新确定。

这就是对Dow镜质体反射率差值法求取剥蚀厚度计算方法的更正。当然该方法亦有缺陷：这种方法是基于TTI法，TTI法本身有许多不足〔7〕，这种改正后的方法仍受这些不足的束缚；剥蚀界面上下地层((Ro<sub>a</sub>/Roc-TTI)关系常常不一致，这就需要重新建立、求取关系。现今这一方法建立过程，可以为继续深入的工作起抛砖引玉的作用。

总之，尽管该方法求取的剥蚀厚度仍是一个相对量，但其在计算时考虑的因素相对周全，数值相对准确，与Dow的方法相比有很大进步。

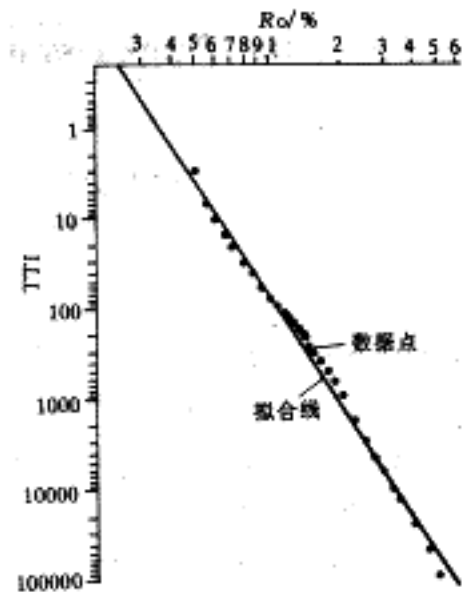


图3 TTI—Ro关系曲线图(数据据Waples〔5〕)

Fig.3 TTI vs.Ro,data from Waples〔5〕

#### 4.2 应用

仍选择Dow〔3〕提供的例图(图1)。

根据Waples〔5〕确定的TTI-(Ro<sub>a</sub>/Ro<sub>c</sub>)相关关系(图3)数据回归得：

$$\ln Ro = 0.243 \cdot \ln TTI - 1.0156$$

$$\text{即 } a = 0.243, b = -1.0156$$

$$\text{则: } Ro^* = 0.845 \cdot Ro_c \cdot \left[ \left( \frac{Ro_a}{Ro_c} \right)^{4.11523} - 1 \right]^{0.243}$$

Dow的图中所示镜质体反射率，剥蚀界面上伏地层底面为0.63%，剥蚀界面下伏地层顶面为0.95%，差值为0.32%，它所反映的剥蚀厚度，按此方法计算应为1 500 m左右，而不是Dow估算的500 m。

#### 5 结论

在地层剥蚀厚度恢复中，以往仅考虑剥蚀界面上下镜质体反射率差值的作法是不充分的。本文从地层埋藏史过程入手，根据有机质演化原则，所建立的全面考虑剥蚀界面上下镜质体反射率的相对值和绝对量的办法，充分考虑了剥蚀前后有机质演化历程，能较真实的反映地层剥蚀情况。该方法依据扎实，计算简便，利于推广应用。

作者单位：石油大学 北京 100083

#### 参考文献

- 1 李伟.恢复地层剥蚀厚度方法综述.中国海上油气, 1996, 10(3): 167 ~ 171
- 2 真柄钦次.石油圈闭的地质模型, 童晓光等译.武汉: 中国地质大学出版社, 1991.201
- 3 Dow W G.Kerogern studies and geological interpretations:Journal of Geochemical Exploration,1977,7(1):79 ~ 99

- 4 Katz B J , Phelfer R N, Schunk D J. Interpretation of Discontinuous Vitrinite Reflectance Profiles, AAPG Bulletin, 1988, 72(8): 926 ~ 931
- 5 Waples D W. Time and temperature in petroleum formation: application of Lopatin's method to petroleum exploration: AAPG Bulletin, 1980, 64(8): 916 ~ 926
- 6 Guidish T M, Kendall C C St C, Lerche I, et al. Basin evaluation using burial history calculation: an overview, AAPG Bulletin, 1985, 69(1): 92 ~ 105
- 7 Tissot B P, Pelet R , Ungerer P. Thermal History of Sedimentary Basins, Maturation Indices, and Kinetics of Oil and Gas Generation, AAPG Bulletin, 1987, 71(12): 1 445 ~ 1 466

收稿日期：1997-10-14 收修改稿日期：1998-02-13

作者: 陈增智 柳广弟 郝石生 Chen Zengzhi Liu Guangdi Hao Shisheng

刊名: 沉积学报   
英文刊名: ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA  
年, 卷(期): 1999, 17(1)  
被引用次数: 44次

## 参考文献(7条)

1. 李伟 恢复地层剥蚀厚度方法综述[期刊论文]-中国海上油气 1996(03)
2. 真柄钦次;童晓光 石油圈闭的地质模型 1991
3. Dow W G Kerogen studies and geological interpretations 1977(01)
4. Katz B J;Phelfer R N;Schunk D J Interpretation of Discontinuous Vitrinite Reflectance Profiles 1988(08)
5. Waples D W Time and temperature in petroleum formation:application of Lopatin' s method to petroleum exploration 1980(08)
6. Guidish T M;Kendall C C St C;Lerche I Basin evaluation using burial history calculation:an overview 1985(01)
7. Tissot B P;Pelet R;Ungerer P Thermal History of Sedimentary Basins, Maturation Indices, and Kinetics of Oil and Gas Generation 1987(12)

## 本文读者也读过(10条)

1. 王彬, 柳保军 潜江凹陷潜江组地层剥蚀厚度恢复研究[期刊论文]-重庆石油高等专科学校学报2004, 6(4)
2. 付晓飞, 李兆影, 卢双舫, 付广 利用声波时差资料恢复剥蚀量方法研究与应用[期刊论文]-大庆石油地质与开发2004, 23(1)
3. 王震, 张明利, 武法东, 王子煜, 王林生, WANG Zhen, ZHANG Ming-li, WU Fa-dong, WANG Zi-yu, WANG Lin-sheng 东海盆地西湖凹陷地层剥蚀厚度研究[期刊论文]-新疆石油地质2005, 26(2)
4. 吴智平, 刘继国, 张卫海, 查明, WU Zhi-ping, LIU Ji-guo, ZHANG Wei-hai, ZHA Ming 辽河盆地东部凹陷北部地区新老第三纪界面地层剥蚀量研究[期刊论文]-高校地质学报2001, 7(1)
5. 单玄龙, 杨亮, 王璞琪, SHAN Xuan-long, YANG Liang, WANG Pu-jun 新疆塔里木盆地东部奥陶系剥蚀厚度计算和平面成图[期刊论文]-新疆地质2006, 24(4)
6. 李荣西, 张锡云, 金奎励 用镜质体反射率重建沉积盆地构造演化特征[期刊论文]-矿物学报2001, 21(4)
7. 佟彦明, 宋立军, 曾少军, 程涛, 危宇宁, Tong Yanming, Song Lijun, Zeng Shaojun, Cheng Tao, Wei Yuning 利用镜质体反射率恢复地层剥蚀厚度的新方法[期刊论文]-古地理学报2005, 7(3)
8. 李平平, 邹华耀, 郝芳, 田建锋, 佟殿君, Li Pingping, Zou Huayao, Hao Fang, Tian Jianfeng, Tong Dianjun 准噶尔盆地腹部白垩系/侏罗系不整合地层剥蚀厚度的恢复方法[期刊论文]-石油学报2006, 27(6)
9. 赵俊峰, 刘池洋, 王晓梅 镜质体反射率测定结果的影响因素[期刊论文]-煤田地质与勘探2004, 32(6)
10. 彭兆蒙, 吴智平, PENG Zhao-meng, WU Zhi-ping 华北地区三叠纪地层发育特征及原始沉积格局分析[期刊论文]-高校地质学报2006, 12(3)

## 引证文献(44条)

1. 田涛, 任战利, 吴晓青, 陈玉林 非洲G盆地南部凹陷热演化史恢复及成藏期次判断[期刊论文]-地质科学 2013(4)
2. 罗媛 地层剥蚀恢复方法适用性概述[期刊论文]-内蒙古石油化工 2010(1)
3. 鲁雪松, 蒋有录, 常振恒, 武晓玲 东濮凹陷东营组地层剥蚀厚度估算及其意义[期刊论文]-地质科技情报 2007(2)
4. 赵力彬, 黄志龙, 高岗, 李君 恢复地层剥蚀厚度的一种新方法--包裹体测温法[期刊论文]-西安石油大学学报(自然科学版) 2006(1)
5. 佟彦明, 宋立军, 曾少军, 程涛, 危宇宁 利用镜质体反射率恢复地层剥蚀厚度的新方法[期刊论文]-古地理学报 2005(3)
6. 赵力彬, 黄志龙, 李君, 薛伟 包裹体测温法在剥蚀厚度恢复中的应用[期刊论文]-新疆石油地质 2005(5)
7. 韩用兵, 王良书, 刘绍文 渤海湾盆地济阳拗陷沙四段和孔店组地层剥蚀厚度恢复[期刊论文]-高校地质学报 2004(3)
8. 蔡永建, 曾佐勋, 赵兰 利用石香肠恢复能干层原始厚度的等面积法[期刊论文]-吉林大学学报(地球科学版) 2004(1)
9. 康恒茂, 许新明, 王志英 用镜质体反射率法恢复渤海湾盆地惠民凹陷沙四段地层剥蚀厚度[期刊论文]-海洋地质动态 2007(5)



10. 佟彦明, 吴冲龙. [Ro差值法恢复地层剥蚀量的不合理性](#)[期刊论文]-[天然气工业](#) 2006(5)
12. 翁望飞, 刘池洋, 赵红格, 王建强, 张蓉蓉, 陈洪, 桂小军. [鄂尔多斯盆地早白垩世剥蚀地层厚度恢复研究](#)[期刊论文]-[地层学杂志](#) 2009(4)
13. 李平平, 邹华耀, 郝芳, 田建锋, 佟殿君. [准噶尔盆地腹部白垩系/侏罗系不整合地层剥蚀厚度的恢复方法](#)[期刊论文]-[石油学报](#) 2006(6)
14. 付晓飞, 李兆影, 卢双舫, 付广. [利用声波时差资料恢复剥蚀量方法研究与应用](#)[期刊论文]-[大庆石油地质与开发](#) 2004(1)
15. 韩用兵. [渤海湾盆地济阳坳陷孔店组和沙四段地层剥蚀厚度恢复](#)[学位论文]硕士 2004
16. 李景坤, 宋兰斌, 刘伟. [松辽盆地北部石炭-二叠系古镜质体反射率恢复](#)[期刊论文]-[大庆石油地质与开发](#) 2007(3)
17. 仲圆. [鄂尔多斯盆地地表剥蚀厚度恢复综述](#)[期刊论文]-[西安文理学院学报: 自然科学版](#) 2011(3)
18. 邱春光. [松辽盆地滨北地区不整合面剥蚀量恢复研究](#)[学位论文]硕士 2004
19. 杨玉平, 钟建华, 段宏亮, 陈红, 高邮凹陷吴堡断裂带南段古近系剥蚀量计算及地质意义[期刊论文]-[新疆石油地质](#) 2012(4)
20. Liu Hao, Wang Yingmin. [Restoration of eroded stratal thickness in key periods of tectonic change in a multi-stage superimposed Tarim Basin in China](#)[期刊论文]-[古地理学报\(英文版\)](#) 2012(2)
21. 陈晓辉, 何幼斌, 王永军, 陈长江, 陈金荣, 刘亚伟. [江陵凹陷荆沙组地层剥蚀厚度恢复探讨](#)[期刊论文]-[长江大学学报\(自科版\)理工卷](#) 2010(4)
22. 曹强, 叶加仁, 王巍. [沉积盆地地层剥蚀厚度恢复方法及进展](#)[期刊论文]-[中国石油勘探](#) 2007(6)
23. 单玄龙, 杨亮, 王璞珺. [新疆塔里木盆地东部奥陶系剥蚀厚度计算和平面成图](#)[期刊论文]-[新疆地质](#) 2006(4)
24. 翁望飞. [鄂尔多斯盆地早白垩世原始地层厚度恢复及后期改造对矿产成矿\(藏\)的影响](#)[学位论文]硕士 2005
25. 余朝华, 肖坤叶, 肖高杰, 张桂林, 袁志云, 胡瑛, 杜业波. [乍得Bongor反转裂谷盆地中生界剥蚀厚度恢复及勘探启示](#)[期刊论文]-[中国石油勘探](#)  
2013(5)
26. 史长林, 纪友亮, 李清山, 刘德宏. [包裹体测温恢复剥蚀厚度新方法在准噶尔盆地车——莫古隆起的应用](#)[期刊论文]-[吉林大学学报\(地球科学版\)](#) 2011(1)
27. 朱锐, 郭建华, 旷理雄. [湘中涟源凹陷镜质体反射率与地层剥蚀厚度恢复](#)[期刊论文]-[地质调查与研究](#) 2009(1)
28. 刘小平, 杨立干, 徐健. [苏北盆地高邮凹陷始新统剥蚀厚度恢复](#)[期刊论文]-[新疆石油地质](#) 2004(2)
29. [断陷盆地剥蚀厚度恢复的构造沉积综合法](#)[期刊论文]-[石油物探](#) 2009(3)
30. 张盛. [鄂尔多斯盆地古地温演化与多种能源矿产关系的研究](#)[学位论文]硕士 2006
31. 陈晓智, 许浩, 汤达祯, 胡晓兰, 尹微. [柴达木盆地花土沟地区地层剥蚀厚度恢复及其地质意义](#)[期刊论文]-[大庆石油地质与开发](#) 2011(1)
32. 佟彦明, 宋立军, 曾少军, 程涛, 危宇宁. [利用镜质体反射率恢复地层剥蚀厚度的新方法](#)[期刊论文]-[古地理学报](#) 2005(3)
33. 王飞飞, 张参, 邓辉, 郭真, 曲少东. [含油气盆地剥蚀厚度恢复研究进展](#)[期刊论文]-[地下水](#) 2013(2)
34. 何江林, 付修根, 郭天旭, 孙涛, 羌塘盆地胜利河油页岩历史最大埋深[期刊论文]-[大庆石油学院学报](#) 2009(6)
35. 朱传庆, 徐明, 单竟男, 袁玉松, 赵永庆, 胡圣标. [利用古温标恢复四川盆地主要构造运动时期的剥蚀量](#)[期刊论文]-[中国地质](#) 2009(6)
36. 席胜利, 李文厚, 李荣西. [烃源岩生烃期次与油气成藏——以鄂尔多斯盆地西缘马家滩地区长7烃源岩为例](#)[期刊论文]-[石油勘探与开发](#) 2008(6)
37. 张树林. [边缘凹陷的构造特征及其油气成藏动力系统——以渤海湾盆地为例](#)[学位论文]博士 2005
38. 袁玉松, 郑和荣, 涂伟. [沉积盆地剥蚀量恢复方法](#)[期刊论文]-[石油实验地质](#) 2008(6)
39. 黄立功. [柴达木盆地昆前-茫崖坳陷构造样式与数值模拟研究](#)[学位论文]博士 2005
40. 黄志龙, 王斌, 张秀硕, 唐振兴, 贺君玲, 逯晓喻. [松辽盆地上古生界烃源岩生气潜力评价](#)[期刊论文]-[地球科学与环境学报](#) 2013(3)
41. 翁望飞, 刘池洋, 赵红格, 王建强, 张蓉蓉, 陈洪, 桂小军. [鄂尔多斯盆地早白垩世剥蚀地层厚度恢复研究](#)[期刊论文]-[地层学杂志](#) 2009(4)
42. 陈春瑞. [三江盆地缓滨坳陷构造特征及对油气成藏的控制](#)[学位论文]硕士 2006
43. 王跃文. [松辽盆地滨北烃源条件评价方法研究及应用](#)[学位论文]博士 2005

44. 郝建荣 叠合盆地构造—热演化研究——以新疆吐-哈、三塘湖盆地为例[学位论文]博士 2006

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_cjxb199901023.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_cjxb199901023.aspx)