

埋藏

作者：有故事的人 来源：范文网 www.wtabcd.cn/fanwen/

本文原地址：<https://www.wtabcd.cn/zhishi/a/16786098108884.html>

范文网，为你加油喝彩！

朱自清散文读后感-上下川岛



2023年3月12日发(作者：出门必备)

文章编号:1001

-

6112(2013)02

-

0133

-

06 doi:10.11781/sysydz20130204

川东北地区埋藏史及热史分析

——以普光2井为例

吴 群

1,2,彭金宁3

(1.西北大学地质系,西安 710069;2.中国石油化工股份有限公司华东分公司,南京 210011;

3.中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所,江苏无锡 214126)

摘要:基于前人研究资料,运用热成熟度指数法(TTI),以普光2井为例,恢复了川东北地区地热史和地层埋藏史,探讨了研究区

烃源岩的热演化和生排烃过程。研究认为:各烃源层的成熟度演化主要定型于白垩纪末期,下寒武统烃源岩生烃期局限在晚二

叠世—晚三叠世;上奥陶统至下志留统烃源岩的快速生烃期为中三叠世—晚三叠世和中侏罗世;二叠系烃源岩的快速生烃期为

晚三叠世和中侏罗世。另外,各烃源岩都经历了至少2次生烃高峰期,包括成熟期的生油(液态烃)高峰期及高成熟期的尚未排

除的残留液态烃进一步裂解生气高峰期。

关键词:热成熟度;时—温指数;埋藏史;热史;烃源岩;普光2井;川东北

中图分类号:TE122.1 文献标识码:A

Burial and thermal histories of northeastern Sichuan Basin:

A case study of well Puguang 2

Wu Qun^{1,2}, Peng Jinning³

(¹Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China;

²East China Company, Nanjing, Jiangsu 210011, China;

³Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China)

Abstract: The thermal maturity index (TTI) was applied in well Puguang 2 to recover the burial and thermal

way, the thermal evolution of source rocks and the hydrocar-

bon maturity of source rock evolved

rocks in the Lower Cambrian gave birth to hydrocarbon only from the Late

Permian. The rocks from the Upper Ordovician to the Lower Silurian gave birth to hydro-

carbon rapidly from the rocks in

Permian gave birth to above-

mentioned source rocks experienced at least 2 hydrocarbon generation peaks, including the oil (liquid hydrocarbon

)

generation during the mature stage and the cracking of liquid hydrocarbon to gas during the high-mature stage.

Keywords: thermal maturity; time

-

temperature index; burial history; thermal history; source rock; well Pu-

guang2; northeastern Sichuan Basin

1 地质概况

川东北地区面积约为2.5

×

10

4 km², 范围包括

广元—南江以南、广元—阆中以东、阆中—达州以

北地区, 东边为盆地边界所限定(图1)。该区在震

旦纪—中三叠世发育海相碳酸盐岩夹碎屑岩沉积,

晚三叠世—早白垩世发育陆相碎屑岩沉积, 晚白垩

世沉积盆地萎缩衰亡, 逐渐进入以抬升剥蚀为主的

构造演化

[1]。该区主要发育有志留系、二叠系及

上三叠统烃源岩

[2

-

3]。而现今高演化烃源岩在地

史中曾发生过生排烃过程,因此必须追溯烃源岩的

埋藏史和受热史,探索烃源岩的生排烃期,这对研

究区烃源条件的动态、综合分析及油气勘探的整体

评价研究具有重要意义。本文利用热成熟度指数

收稿日期:2012

-

06

-

20;修订日期:2013

-

01

-

20。

作者简介:吴群(1963—),男,博士,高级工程师,从事油气勘探开发部署研究与管理。E-mail:cmpyeah@。

基金项目:中国石化科技部项目“四川盆地二叠系烃源岩及其资源潜力研究”(P08007)资助。

第35卷第2期2013年3月

石油实验地质

PETROLEUM GEOLOGY & EXPERIMENT

Vol.35, No.2

Mar., 2013

图1 川东北地区地质略图 Fig.1 Geological sketch map of northeastern Sichuan Basin

法(TTI)恢复研究区地热史和地层埋藏史,探讨了

研究区烃源岩的热演化和生排烃过程。2 方法选择和参数使用

利用镜质体反射率法研究地层的热历史及有

机质成熟度是煤田、油田系统接受最早、应用最广

且资料最为丰富的方法。该方法最早由Lopatin(1971)提出,称之为热成熟度指数法[4]。Waples

(1980)对Lopatin的方法及其应用做了进一步的

阐述,使得这一方法国内外广为接受

[4

-

6]。因此,

本文采用该方法恢复研究区地热史和地层埋藏史,

探讨烃源岩的热演化和生排烃过程。

2.1 TTI法计算公式

$\sum TTI$

=

$\sum y_n \cdot \Delta T$

式中:TTI为热碰撞量(时间—温度指数); y_n 为温

度因子(γ 选定为2; n 为自然整数。在温度间隔100~110℃时, $\gamma n =$

20=

1); ΔT 为某一温度区间所

经历的时间间隔(以Ma计)。

2.2 温度间隔的选取

采用Лопатин(1971)计算TTI值确定的温度间

隔为10℃,即有机质在埋藏过程中化学反应速度(干

酪根降解速度)提高一倍,埋藏温度增加10℃。实际

应用过程中,采用温度间隔10℃进行计算。在埋藏

较浅、埋藏温度不很高的条件下,计算的 $\sum TTI$ 值相应

的R

0

值与实测R

0

值吻合较好;埋藏深度超过3500~4000m,埋藏温度大于150℃以后,随其埋藏温度不

断增高,二者的吻合状况越来越差,出现演化快、演

变高的现象。因此,如何调整温度间隔,在应用地

史分析中是不可忽视的研究内容。Waples(1975)

对世界31口钻井402件样品系统研究后肯定TTI

值应用是可信的,但温度间隔应在埋藏温度达80 以后取15 ,随其埋藏温度增加,温度间隔还应

加大。根据活化能原理,不同地热带中煤化作用反

应速度的温度系数得到的温度间隔如表1所示。

表1 随埋藏温度增大温度间隔取值的变化

Table1 temperature

埋藏温度/ 温度间隔/

50~8015

80~12020

120~17025

170~23030

表2 研究区埋藏温度与温度间隔关系

Table2 Geothermalgradientvs.

burialtemperatureinstudyarea

埋藏温度/ 温度间隔/

50~15010

150~18015

180~22020

220~24525

>24530

参考上述认识,在广泛应用地史分析法中结合

本地区实际,得到表2所示的结果。

应用该组温度间隔数据计算结果比单一用10

有明显改进:(1)在埋藏深、地温高的地热带中显

著遏制演化快、演变高的状况;(2)最终计算的 $\sum TTI$ 值相应的 R_o

值与实测 R_o

值

值更为接近。

2.3 古地温梯度

古地温梯度的求取,采用2种方法,一种是相

对稳定的沉积盆地,有白垩系—第三系地层覆盖。

利用前人研究结论:早古生代古地温梯度相对较低,

为27 /km;晚古生代至中三叠世为29 /km;晚

三叠世至侏罗纪为35 /km;白垩纪至现今取值18~22 /km。使用过程中,根据各计算剖面点的

实测R

0

值,对上述各地史阶段的古地温梯度值做

适当的调整。

另一种是盆地周缘白垩系至第三系缺失区。

燕山运动十分剧烈,侏罗系以下地层不同程度暴

露,古地温梯度的确定主要根据源岩镜质体反射

率,并参考下伏地层的干酪根反射率或沥青等效镜

质体反射率,采用拟合法推算,即在TTI值计算中,

设定古地温梯度(必须高于今地温梯度)进行TTI

计算,计算过程中反复调整古地温梯度,直到计算

的TTI值相应的R

0

值与实测R

0

基本一致。

2.4 剥蚀量的估算

由于扬子地区在不同地质时期普遍存在多期

抬升剥蚀的问题,在不同地区抬升剥蚀程度又不

同,故剥蚀量的估算是否合理直接影响到上覆层的

原始厚度,对烃源岩的热演化及烃类转化、运聚、保

存等都有重要作用。因此,在地史分析中,剥蚀量

· 431 ·

石油实验地质 第35卷

表3 川东北地区地温梯度和大地热流

Table3 owinnortheasternSichuanBasin

井号深度范围/m

地温梯度/($^{\circ}\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$)

1)相关系数

热导率/($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

1 $\cdot\text{K}^{-1}$

1)热流值/($\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$)

2)

川涪823890~501020 $\pm 4.20.9692.4950$

川复692574~400022 $\pm 0.10.9991.9543$

扁11947~600625 $\pm 0.10.9992.2657$

龙4150~555024 $\pm 5.90.9962.2354$

坡22224~411218 $\pm 0.40.9992.4845$

坡13347~459918 $\pm 1.20.9932.2741$

七里233783~543522 $\pm 0.90.9992.3151$

温泉22381~386120 $\pm 10.30.9802.2345$

黄龙43618~432321 ± 0.30.9972.1946

渡43488~524323 ± 6.60.9852.3354

渡14147~474421 ± 2.10.9752.2647

渡51521~467822 ± 0.60.9992.3151 注:表中数据来自文献[7

-

9]。

的合理恢复最为关键,也是最大难题。本文在充分

利用前人成果资料的基础上,主要运用钻井和地表

剖面涉及层位的成熟度R

0

值,结合磷灰石裂变径

迹数据,采用胡圣标

[7

-

9]

等(1999)提出的古温标法

估算相关地层(或不整合面)的剥蚀量,为恢复研

究区地热史和地层埋藏史提供合理数据。3 川东北地区埋藏史和热史

3.1 现今地温场特征

表3列出了川东北地区12口钻井的地温梯

度、岩石热导率 and 大地热流值。其中,地温梯度是

利用各井温度数据,通过线性回归法计算的,现今

地温梯度为18~25 /km,平均21 /km。川东北地

区大地热流值介于41~57mW/m

2

之间,平均值为 (49 ± 5.4) mW/m²。根据郭正吾[1]、卢庆治[10]

等人的

研究,四川盆地现今大地热流值为50~80mW/m

2,平

均55.5mW/m

2;现今地温梯度由东北部的15~25

/km向西南升高至30 /km以上,平均为24.5

/km。显然,川东北地区热流值较全盆地和川西

南地区低,主要是由本区盆地性质、基底构造形态

等因素决定的。如自新生代以来未受到岩浆活动

影响,在晚三叠世—早白垩世由前陆盆地演化为陆

内坳陷盆地,晚白垩世—始新世沉积盆地萎缩衰

亡,开始以抬升剥蚀为主的构造改造。

3.2 古温标分析

3.2.1 Ro

数据分析

川东北地区R

0

值分布在0.4%~3.9%之间。总

体上,随着埋藏深度增加、地层时代变老,R

0

值增大(图2,3),这符合随深度增加 R_o

增大的一般规律。侏

罗系 R

0

分布在0.4%~1.9%之间,处于成熟早期—

高成熟阶段;三叠系 R

0

分布在1.3%~2.9%之间,处

于高成熟—过成熟阶段;上二叠统 R

0

分布在2.2%~2.9%之间,平均为2.5%;中二叠统为1.6%~3.4%,

平均为2.1%,已进入过成熟阶段;下志留统下部 R

0

分布在1.25%~3.33%,平均为2.45%,已达到成熟

晚期—过成熟阶段;上奥陶统 R

0

分布在2.22%~3.59%,平均为2.89%,处于过成熟阶段;下寒武统Ro

分布在2.57%~3.90%,平均为3.04%,处于过成熟

晚期阶段。

从上述镜质体反射率与深度、地层关系图中

可以看出,部分数据偏离总体趋势,表现为异常,

如普光2井上部(J

2)实测Ro

值偏高,而部分井如

川付85井、河坝1井、普光2井下部地层实测R

o

值偏低,可能是受到地层错断或地温异常等因素

造成的。

图2 川东北地区镜质体反射率与深度关系

[10]

Fig.2

innortheasternSichuanBasin

· 531 · 第2期 吴群,等.川东北地区埋藏史及热史分析——以普光2井为例

图3 川东北地区镜质体反射率与地层时代的关系Fig.3 ionageinnortheasternSichuanBasin

表4 川东北地区磷灰石裂变径迹测试结果

Table4 Testresultsofapatitefissiontrack,northeasternSichuanBasin

样品号颗粒数

ρ

s/

(105 · cm-

1)

ρ

i/

(105 · cm-

1)

Chi

-

sqT/MaL/ μ m

To/Ma退火起始

时间/Ma

MB

-

1

-

121

9.762

(812)

21.194

(1763)

29.5

(7.84)

80.3

± 4.7

12.3 ± 1.5

(120)

106.4121.2

XU

-

45

10.996

(191)

25.043

(435)

18.4

(0.1)

74.8

± 12.7

9.6 ± 1.3

(19)

126.9

WD

-

4428

1.618

(153)

5.699

(539)

58.7

(0.04)

47.8

± 7.1

11.5 ± 1.7

(59)

67.779.5

WD

-

27

7.519

(193)

25.206

(647)

60.5

(0)

66.5

± 13.5

66.5

SN

-

11021

1.878

(552)

5.103

(1500)

37.1

(1.14)

66.4

± 5.5

11.5 ± 1.8

(100)

94.2111.5

SN

-

886

2.46

(75)

9.74

(297)

2.0

(85.3)

44.3

± 5.9

10.9 ± 2.8

(11)

66.2

DT

-

5524

3.967

(616)

8.495

(1319)

103.4

(0)

73.0

± 7.8

11.8 ± 1.8

(107)

100.8118.9

DT

-

6028

1.505

(176)

3.625

(424)

34.3

(15.9)

71.8

± 8.6

11.9 ± 1.6

(112)

98.3123.1

DT

-

6123

1.508

(292)

6.251

(1210)

15.8

(82.7)

42.4

± 3.0

12.3 ± 1.8

(109)

56.165.8

DT

-

6526

2.022

(153)

4.349

(329)

19.7

(76.4)

82.0

± 8.7

10.2 ± 2.1

(82)

131.0

WD

-

3417

5.245

(413)

14.033

(1105)

61.2

(0)

59.0

± 7.5

11.5 ± 2.0

(22)

83.6101.2

注: ρ_s 和 ρ_i 分别表示矿物中自发径迹密度和云母外探测器记录的矿物中诱发裂变径迹密度,括号中数据表示所测径迹

数量;Chi

-

sq为统计检验值,括号内数值为Chi

-

sq检验概率(%),T为裂变径迹表观年龄;L为平均径迹长度,括号

内数据为所测径迹条数;To为地层年龄。3.2.2 裂变径迹数据分析

磷灰石裂变径迹表观年龄大致可以反映地层开

始抬升剥蚀的最大年龄。根据前人研究成果

[11

-

13],

对川东北地区部分地表剖面 and 钻井的磷灰石、锆石

样品的裂变径迹参数进行了统计(表4)。

如表4所示,磷灰石样品的表观年龄均小于

地层年龄,大致分布在42~82Ma之间,反映磷

灰石均在一定程度上经历了退火作用,暗示着川

东北地区地层大致在晚白垩世期间开始隆升剥

蚀,与晚白垩世—始新世时期的沉积—构造演化

阶段是一致的。

3.3 重要不整合面剥蚀量限定

根据区域地质资料

[11],川东北地区自寒武纪

以来,经历了加里东期、海西期、印支期、燕山期及

喜马拉雅山期构造运动,形成了志留系—石炭系(二叠系)、石炭系—下(中)二叠统、中二叠统—上

二叠统、中三叠统—上三叠统、上三叠统—侏罗系、

侏罗系(白垩系)—第三系或中生界—新生界间的

不整合面,造成多数层位不同程度的剥蚀,给本区

地史分析带来了极大困难。

近年来,中国石化南方分公司利用毛坝1、普

光1、普光2、川岳84、川付85、双庙1、川涪82、河

· 631 ·

石油实验地质 第35卷

表5 川东北区钻井恢复中—新生界间剥蚀厚度及古热流

Table5 RecovereddenudationthicknessandheatflowinMesozoicandCenozoic,northeasternSichuanBasin

井号川涪82井河坝1井龙4井毛坝1井普光1井普光2井川岳84井川付85井双庙1井

剥蚀厚度/m22021002300

古热流/(mW/m²)

46.744.646.440.241.44242.840.940.6

注:表中数据来自文献[7

-

13]。

坝1、龙4、亭1井等十几口钻井资料对川东地区进

行了大量的热史恢复和剥蚀量估算等地史分析工

作,积累了丰富的基础资料(表5)

[7

-

13]。中—新生

界不整合面的剥蚀厚度在1500~2750m之间,平

均约2100m(除龙4井外),而其它不整合面的剥蚀

厚度为200m左右(表5)。4 普光2井分析

根据上述沉积—构造演化史、地温梯度和剥蚀

量等参数,通过TTI法的计算,就可得到不同层位的

地温史即地层埋藏过程中的T

-

t轨迹,结合镜质体

反射率与温度(R

0-

T)之间的关系(Ro

动力学模

型),可计算出某层位中有机质成熟度随时间(R

0-

t)

的演化,即地层中有机质的热演化史。下面以普光2井为代表来说明该区3套海相烃源岩(

-C1、O3-

S1、

P)成熟度史及生烃史。

普光2井是川东北地区的代表性钻井。该井

位于宣汉—达县区块普光构造,钻揭地层由上至下

依次为第四系、上侏罗统遂宁组、中下侏罗统、三叠

系及上二叠统(缺失中侏罗统顶部—第三系)。普

光2井中生界上部剥蚀地层厚度约2750m,而其它

各不整合面剥蚀量不到200m。从志留纪至早二叠

世古热流逐渐增大,在晚二叠世初古热流达到最大,

其后热流逐渐降低至现今,现今热流约为41.8mW/m²(井底热流)。早古生代古地温梯度为27 /km,

古地表温度取24℃;晚古生代至三叠纪地温梯度为30℃/km,古地表温度取20℃;侏罗纪至现今古地温梯度取值18℃/km,古地表温度取19℃。

该区主要海相烃源岩的热演化史及生烃史(图4)可以表述如下:

(1)

-C1

烃源岩:在加里东晚期中志留世时开始

进入生油门限温度,海西晚期—印支早期(P

3-

T1)

时已达到生油高峰期,由于三叠系的巨厚快速沉

积,使

-

C1

烃源岩的热演化和烃类生成、转化过程明

图4 川东北地区普光2井主要海相烃源岩热演化及生烃史分析Fig.4
Thermal evolution and hydrocarbon generation histories

of main marine source rocks from well Puguang 2, northeastern Sichuan Basin

· 731 · 第2期 吴群,等.川东北地区埋藏史及热史分析——以普光2井为例

显加速,中三叠世末时

-

C1

源岩中尚未排除的残留

原油(或沥青)开始大量裂解,处于高成熟(湿气)

阶段,晚三叠世晚期已达到了过成熟(干气)阶段,

至燕山期晚侏罗世晚期,热演化程度处于生烃“死

亡线”(R

0=

4%)附近,生烃潜力枯竭。

(2)O3-

S1

烃源岩:海西晚期至晚二叠世末时

进入生油门限温度,到印支中晚期(T

2-

T3)处于生

油高峰阶段,燕山早期(J

1-

J2)进入高成熟(湿气)

阶段,中侏罗世达到原油大量裂解生气高峰,中侏

罗世晚期进入过成熟(干气)阶段。(3)P1

-

2

烃源岩:中、上二叠统厚度不大,与P1

-

2

烃源岩成熟度演化相似,在早三叠世晚期进入

生油门限,在印支期基本处于成熟早期,于燕山期

早侏罗世晚期达到生油高峰,在中侏罗世处于残留

原油大量裂解生气、高成熟(湿气)阶段,晚侏罗

世—早白垩世处于过成熟(干气)早期阶段,之后

进入过成熟晚期,生烃枯竭。5 结论

综合分析,川东北地区各烃源层的成熟度演化

主要定型于白垩纪末期。随后由于地层开始抬升

剥蚀,温度降低,使有机质热演化处于停滞状态。

在早三叠世及中、晚侏罗世2个时期,由于地层沉

积厚度较大,各烃源层的热演化也明显变快,经历

了快速生烃过程,致使

-

C1

烃源岩的大量生烃期局

限在晚二叠世—晚三叠世;O

3-

S1

烃源岩的快速

生烃期为中三叠世—晚三叠世和中侏罗世;二叠

系烃源岩的快速生烃期为晚三叠世和中侏罗世。

另外,各烃源岩都经历了至少2次生烃高峰期,

包括成熟期的生油(液态烃)高峰期及高成熟期

的尚未排除的残留液态烃进一步裂解生气高峰

期。与此相应,

-

C1

烃源岩的生烃高峰期是在晚二

叠世—早三叠世和晚三叠世早中期;O

3-

S1

烃源岩

的生烃高峰期是在晚三叠世晚期—早侏罗世早期

及早侏罗世晚期—中侏罗世中期;二叠系烃源层的

生烃高峰期是在早侏罗世晚期—中侏罗世早期及

中侏罗世中晚期。

参考文献:

[1] 郭正吾,邓康龄,韩永辉,等.四川盆地形成与演化[M].北

京:地质出版社,1996:48

-

88.

[2] 龙胜祥,曾涛,李检龙.川东北二叠、三叠系天然气勘探方向[J].

石油与天然气地质,1996,17(2):134

-

139.

[3] 姚雪根.四川盆地天然气成藏条件及其勘探方向[J].海上油

气地质,2002,7(1):13

-

28.

[4] 邱楠生,胡圣标,何丽娟.沉积盆地热体制研究的理论与应

用[M].北京:石油工业出版社,2004:38

-

56.

[5] 卢庆治,郭彤楼,胡圣标.川东北地区热流史及成烃史研究[J].

新疆石油地质,2006,27(5):549

-

551.

[6] SweeneyJJ,tionofsimplemodelofvitrinite

reflectancebasedonchemicalkinetics[J].AAPGBulletin,

1990,74(10):1559

-

1570.

[7] 胡圣标.沉积盆地地热体制的研究方法原理和进展[J].地学

前缘,1995,2(4):171

-

179.

[8] 胡圣标,张容燕,周礼成.沉积盆地热史恢复方法[J].勘探

家,1998,3(4):52

-

54.

[9] 胡圣标.中国大陆地区大地热流数据汇编(第三版)[J].地

球物理学报,2001,44(5):611

-

626.

[10] 卢庆治,胡圣标,郭彤楼,等.川东北地区异常高压形成的地

温场背景[J].地球物理学报,2005,48(5):1110

-

1116.

[11] 赵志东,王炯章,李载沃,等.中国石油地质志第十一卷:

滇黔桂油气区[M].北京:石油工业出版社,1987:81

-

116.

[12] 沈传波,梅廉夫,郭彤楼,等.川东北地区中、新生代热历史的
的裂变径迹分析[J].天然气工业,2007,27(7):24

-

26.

[13] 韩永辉,吴春生.四川盆地地温梯度及几个深井的热流值[J].
石油与天然气地质,1993,14(1):80

-

84.

(编辑 叶德燎)

· 831 ·

石油实验地质 第35卷

更多 在线阅览 请访问 https://www.wtabcd.cn/zhishi/list/91_0.html

文章生成doc功能，由[范文网](http://www.wtabcd.cn/)开发