Advances in Geosciences 地球科学前沿, 2021, 11(11), 1377-1386
Published Online November 2021 in Hans. http://www.hanspub.org/journal/ag
https://doi.org/10.12677/ag.2021.1111133

Hans汉斯

南翼山油田A油组储层微构造特征研究

罗贺元

长江大学，湖北 武汉

收稿日期：2021年10月18日；录用日期：2021年10月29日；发布日期：2021年11月8日

摘 要

含油气区的油气水分布特征在大尺度上受到宏观构造的控制，而开发区块的目的层系中的油水运动规律与微型构造(包括微型圈闭)有更加直接的联系，并且剩余油的分布和油井的产能在一定程度上受微型构造的控制作用更加明显。本次研究从南翼山油田基本构造入手，在充分研究其宏观构造特征的基础上，对南翼山油田A油组的微构造特征进行了详细分析与研究。通过对各个典型储层顶面微构造形态的综合研究分析，认为南翼山研究区主要发育：微高点、微鼻状两种正向微构造和微低点、微沟槽两种负向微构造。

关键词

南翼山油田，正向微构造，负向微构造，油层分布

Study on the Microstructure Characteristics of Reservoir of a Oil Group of Nanyishan Oilfield

Heyuan Luo

Yangtze University, Wuhan Hubei

Received: Oct. 18th, 2021; accepted: Oct. 29th, 2021; published: Nov. 8th, 2021

Abstract

Macrostructure can control the distribution of oil, gas and water in oil and gas bearing areas on a large scale, but the microstructure (including micro trap) has a more direct relationship with the oil-water movement law in the development strata of the development block and has a more obvious control on the distribution of remaining oil and the productivity of oil wells. This study starts from the basic structure of Nanyishan Oilfield, and on the basis of fully studying its structur-

文章引用: 罗贺元. 南翼山油田 A 油组储层微构造特征研究[J]. 地球科学前沿, 2021, 11(11): 1377-1386.
DOI: 10.12677/ag.2021.1111133

al characteristics, the microstructural characteristics of an oil group of Nanyishan oilfield are analyzed in detail. In addition, through the comprehensive study of the top microstructure morphology of each typical reservoir, it is considered that the Nanyishan study area mainly develops two kinds of positive microstructures: micro high point and micro nose, and two kinds of negative microstructures: Micro low point and microgroove.

Keywords

Nanyishan Oilfield, Positive Microstructures, Negative Microstructures, Reservoir Distribution

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

微构造是指在油田总的构造背景上，油层本身的微细起伏变化所显示的顶、底面构造特征和其组合，其幅度和范围均很小，一般来说高度差在 15 米左右。通过油层微型构造研究可以揭示储层的顶底起伏组合形态特征对地下油水运动规律、剩余油分布以及油水井生产的影响，从而利用微型构造模式指导剩余油的挖潜和稳油控水[1]。90 年代初，李兴国将微型构造应用于研究油层剩余油分布这一行为为我国学者在注水开发后期研究剩余油分布这个大难点上提供了新思路[2] [3]。在油田中高含水后期，我们利用微构造精细研究确定剩余油相对富集的部位后，进而培养高效井，可以为在研究区内进一步进行生产动态研究提供依据。

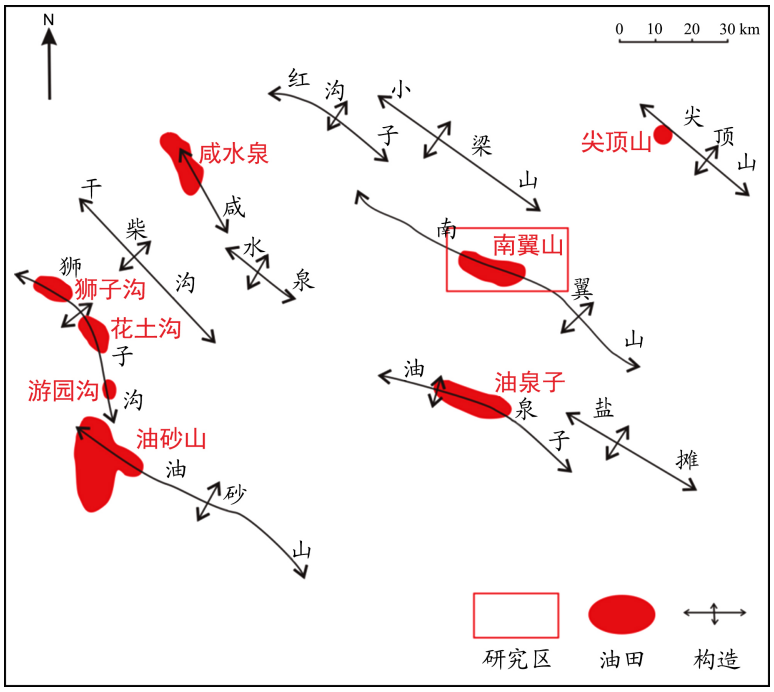


Figure 1. Location of Nanyishan oilfield
图 1. 南翼山油田地理位置

2. 研究区现状

研究区南翼山油田于青海省柴达木盆地西部北区，属于西部坳陷区茫崖凹陷区南翼山背斜带上的一个三级构造。油田地处西北干旱、半干旱区，地貌多为风蚀残丘和戈壁，地面海拔在 2780 m 左右。气候干寒且多风沙，年平均气温 1℃~2℃，属于干燥寒冷气候。油田西北为红沟子和小梁山构造，东北为尖顶山和大风山构造，东南为油墩子和油泉子构造，西南为咸水泉构造[4] [5] (图 1)。

南翼山油藏 A 油组自 2010 年完钻 3 口井试采以来，对油藏和储层的认识不够深入，表现出地层能量下降快、单井产量递减快、注水见效慢、单层突进、注采井网适应性差、层间非均质性强等问题，为了解决以上问题，我们急需开展剩余油分布研究工作。基于油水的差异聚集原理，储层微构造对油水的分布起局部控制作用[6]，所以研究储层微构造对预测南翼山 A 油组的主力油气富集区有重要意义。

3. 构造基本特征

南翼山构造样式为两断夹一隆，下油砂山组(以下称 A 油组)以上沉积层表现为轴部和两翼沉积相对稳定的挤压背斜。主体构造两翼基本对称，略有南陡北缓之势，倾角约 20˚据地面构造细测，长轴走向为北西－南东向，长轴长 35 km，短轴长 7 km，闭合面积 157 km^2，闭合高度 820 m [2]。

3.1. 构造形态特征

1) 南翼山工区内所有钻遇 A 油组的井集中分布在背斜西翼一侧。从平面构造图中分析看出，背斜长轴为北西－南东走向，其中背斜西翼沿长轴方向延伸长度在 9.5 km 左右，翼北和翼南两条边界断层夹持的短轴距离约为 5 km，推测该对称背斜长宽比约为 4:1 (图 2)。

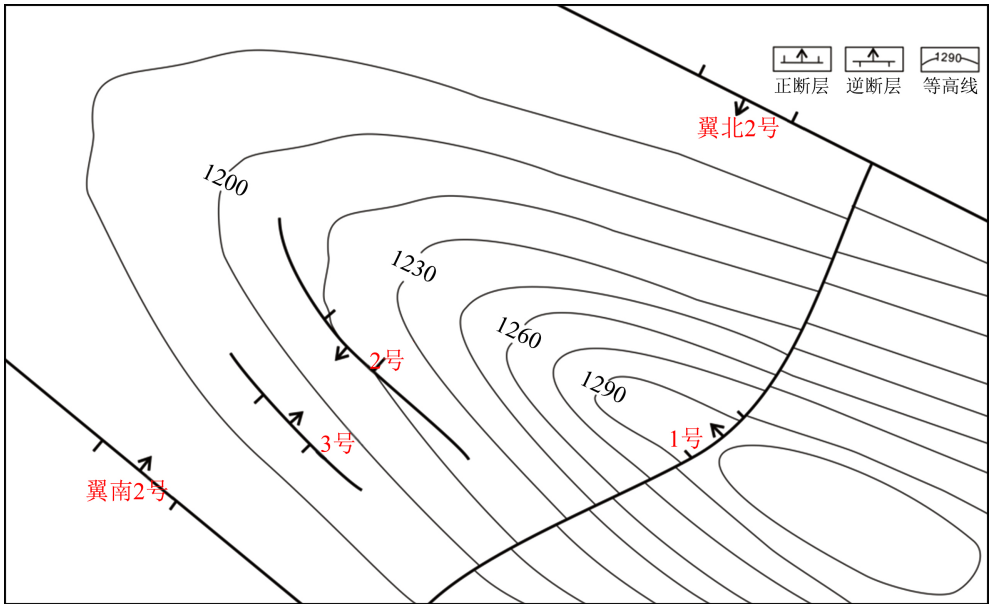


Figure 2. Top structure map of Nanyishan A oil group
图 2. 南翼山 A 油组顶面构造图

2) 从 NW 向构造剖面图中看出，整体呈现 SE 高 NW 低的特征，为挤压背斜的西部侧翼。背斜顶部平缓，侧翼较陡，倾角约为 20˚。受挤压变形影响，在靠近构造核部的位置出现了小规模的地层凹陷。地层厚度分布稳定，轴部略厚于侧翼(图 3)。

3) 从 SE 向构造剖面图中看出，背斜短轴呈现出中心高两侧低的典型特征，短轴方向两侧基本对称，背斜轴部构造坡度平缓(图 4)。

总之，该背斜内部虽存在多条断层，但断层断距多小于 20 米，对构造整体形态破坏不大。真正对该构造起控制作用的是翼北 2 号和翼南 2 号断层，其相向逆冲形成了该构造。利用钻井地层对比数据，结合原构造认识成果，绘制了南翼山 A 油组典型层位的顶面构造图，统计了 K_3 标准层构造要素表(表 1)。

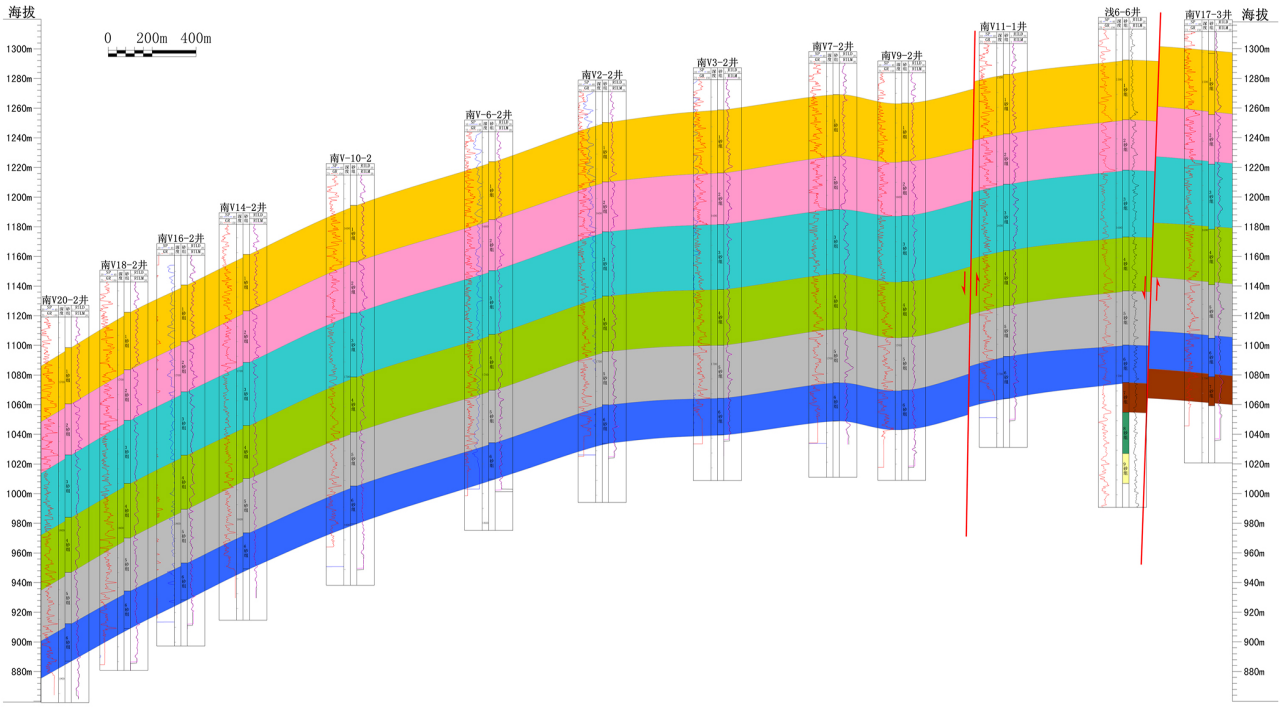


Figure 3. NW-trending structural section of Nanyishan A oil formation
图 3. 南翼山 A 油组北西向构造剖面图

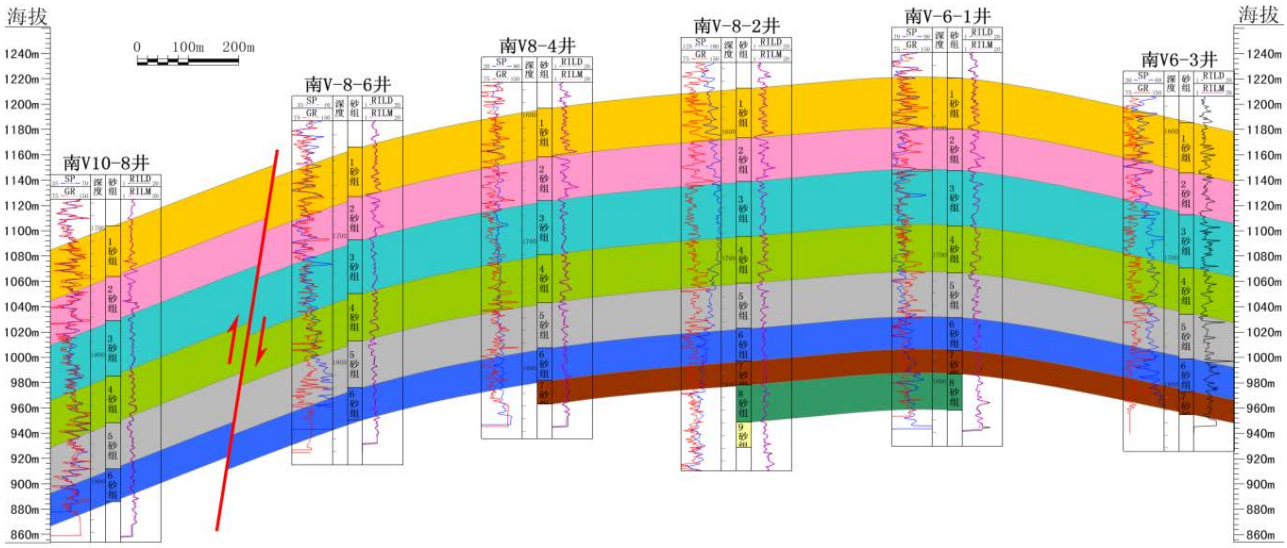


Figure 4. South-east structural section of Nanyishan A oil formation
图 4. 南翼山 A 油组南东向构造剖面图

Table 1. Elements of structural traps on the top surface (K_3) of Nanyishan A oil group
表 1. 南翼山 A 油组顶面(K_3)构造圈闭要素表

圈闭	标准层	西翼长轴(km)	西翼短轴(km)	西翼长短轴比	翼部倾角(˚)
背斜西翼断块	K_3	9.58	5.13	1.87	10
		高点海拔(m)	闭合高度(m)	闭合面积(km^2)	
		1300	260	16.4	

3.2. 断裂特征

南翼山背斜受控于翼北、翼南两组大型断裂[2]，在构造的南北向主要由 2 条走滑性质的正断层横切构造轴线，将该构造切割多个断块。研究区南翼山 A 油组内除发育翼北 2 号和翼南 2 号边界断层外，还发育有 1 条大规模高角度正断层与 2 条逆断层，正断层走向为北北东或北东向，逆断层走向为东南方向(图 3)。各断层构造要素如(表 2)所示。

Table 2. Fault structure element table of Nanyishan A oil group
表 2. 南翼山 A 油组断层构造要素表

断层	性质	断层要素			延伸长度(km)	断距	
		走向(˚)	倾向(˚)	倾角(˚)		水平断距(m)	垂直断距(m)
翼南 2 号	边界逆断层	125	35	>70	>12	0~30	0~50
翼北 2 号	边界逆断层	125	215	>70	>12	0~25	0~40
1 号	走滑正断层	40	320	82	7.3	0~15	0~20
2 号	高角度逆断层	150	240	75	3.3	0~15	0~25
3 号	小规模逆断层	150	240	60	1.4	0~18	0~25

4. 微构造特征研究

4.1. 研究方法

考虑到南翼山 A 油组沉积时期为碳酸盐岩和碎屑岩混合湖相沉积，同时地层研究结果表明储层厚度发育稳定，横向变化不大，故储层顶面微构造图可精确反映研究区局部构造细节特征。

研究微型构造，首先要在储层细分对比的基础上，逐井进行海拔高度、补心高度及井斜校正。海拔高度和补心高度的校正是将测井深度(H)减去补心距(H1)和地面海拔高度(H2)之后，得到海平面至目的层界面(顶或底)高度(h)，$h = H - H1 - H2$，然后以各井点 h 值绘制等值线图[1] [7] [8] (图 5)。

微构造图的关键之一就是线间距的确定，本次在确定这一参数时充分考虑了目的层系的大构造背景，由于研究区南翼山平均井距约为 230 m，背斜构造倾角一般在 7˚以上，平均在 10˚左右，所以按照倾角为 7˚来计算：

$$\Delta H = \Delta L \times \mathrm{tg}\alpha 7^{\circ} = 230 \times \mathrm{tg}7^{\circ} = 28.24\ \mathrm{m}\ 。$$

(注：ΔH——垂向高差；ΔL——井间距；α——构造倾角)故选取等深线的线间距为 5 m 是满足微构造研究要求的。

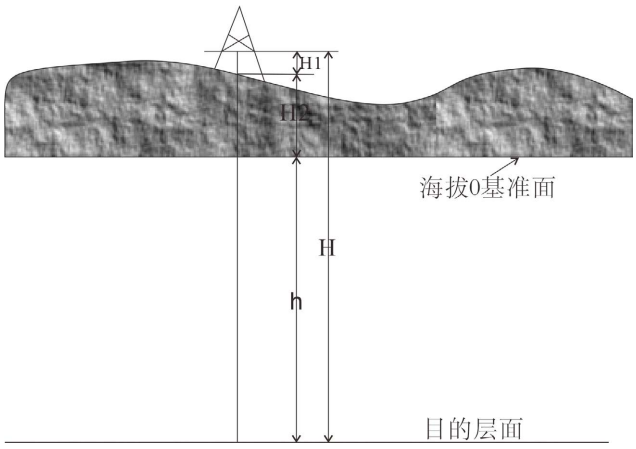


Figure 5. Schematic diagram of altitude and compensation center correction
图 5. 海拔高度和补心距校正示意图

4.2. 研究区微构造类型及特征

关于微构造，根据目前的研究大致可以分为三类：正向微构造、负向微构造和中性微构造。其中，正向微构造主要发育微高点、微鼻状和微断鼻三种构造；负向微构造主要发育微低点、微凹槽和微断洼三种构造；中性微构造主要发育微斜面构造。总体来看，南翼山 A 油组的微构造形态受到宏观大的构造格局的控制，区内背斜不同位置地层的倾角、倾向与大的构造形态基本相同，只是在个别位置出现幅度不大的微正向构造、微负向构造。通过对各个典型储层顶面微构造形态的综合研究，认为南翼山研究区主要发育：微高点、微鼻状两种正向微构造和微低点、微沟槽两种负向微构造[9] [10] [11] [12] [13] (图 6)。

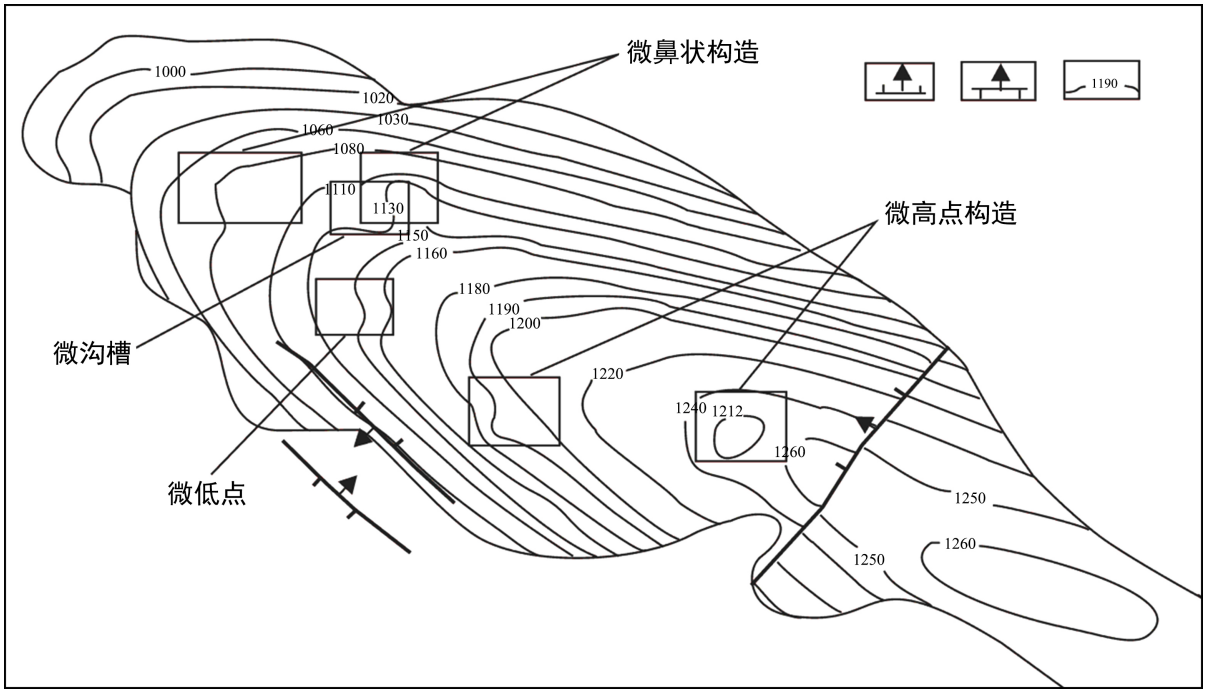


Figure 6. Types of structures on the top surface of Nanyishan A-7 small reservoir
图 6. 南翼山 A-7 小层储层顶面构造类型

1) 微高点

微高点构造指该处地形相对于周围较高，而在平面上又处于闭合状态的小型构造地貌，一般的幅度差在 10~20 m 左右，其构造的闭合面积通常都非常小。在开发过程中由于重力分异作用的影响，这种局部的构造高点有利于剩余油气的富集，这类微构造在研究区主要分布在背斜平缓的顶部附近。

2) 微鼻状

微鼻状构造是指该处地形在纵向上向着某一个方向倾斜，在横向上表现为两翼低轴部高的微构造单元，属于正向微构造的范畴。一般来说，微鼻状构造是不存在闭合高度的，但是如果鼻状构造出现了具有一定的闭合高度的情况，说明在构造上倾方向上受到外界遮挡条件的影响(如储层的岩体尖灭)。此时，由于鼻状构造的鼻轴部分较于两翼部分稍高，所以在开发后期，油气易向轴部运动，形成剩余油气富集区，在研究区该类微构造集中分布在背斜长轴方向的西部侧翼上。

3) 微低点

与微高点构造相反，微低点构造是指该处地形低于周围的微地貌构造。这类微构造属于负向微构造的范畴，一般情况下，在油田开发后期该类微构造不利于油气富集，且十分容易导致水淹，该类微构造在研究区主要分布在背斜平缓的顶部附近。

4) 微沟槽

与微鼻状构造形态特征恰恰相反，微沟槽构造是指在纵向上向着某一个方向倾斜，在横向上两翼高中间低的构造。由于该类微构造的轴部所处地理位置较低，加上受到油水重力分异作用的影响，很容易变成水淹通道，因此在油田开发后期水淹程度普遍相对较高，该类微构造在研究区集中分布在背斜长轴方向的西部侧翼上。

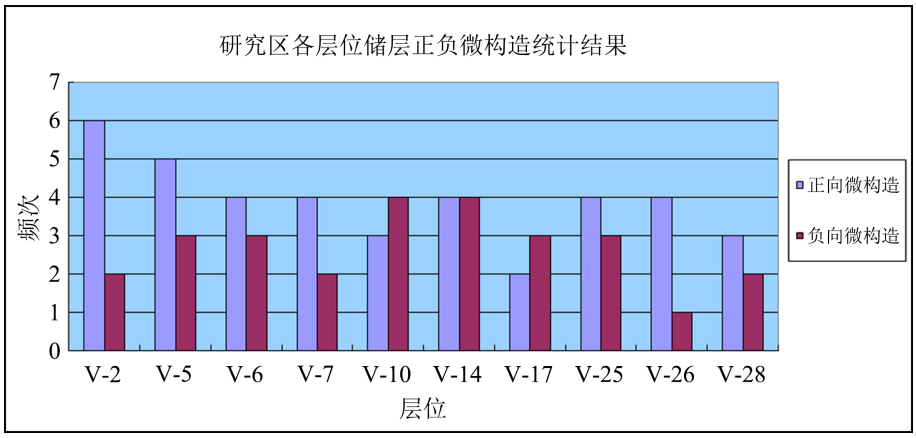
4.3. 研究区微构造分布规律

通过分析统计南翼山 A 油组典型层位储层微构造发育类型，主要取得以下新认识：

1) 南翼山研究区在整体背斜正向构造背景下，区内正向微构造发育程度好于负向微构造，其中，南翼山 A 油组内多数储层顶部正向微构造发育数量多于负向微构造(图 7)。

2) 正向微构造中微鼻状构造最为发育，负向微构造中微沟槽相对较发育。微高点、微低点主要分布在背斜平缓的顶部附近，而微鼻状和微沟槽则集中在背斜长轴方向的西部侧翼上(图 8)。

3) 研究区正向微构造相比负向微构造较为发育，并且具有很好的继承性。特征如下：a) 南翼山背斜属正向构造，本身利于局部正向微构造的发育。b) 微构造易发育在背斜的鞍部和靠近鞍部的侧翼部位，其中微高点、微低点多发育在鞍部，微鼻状和微沟槽多分布在侧翼。



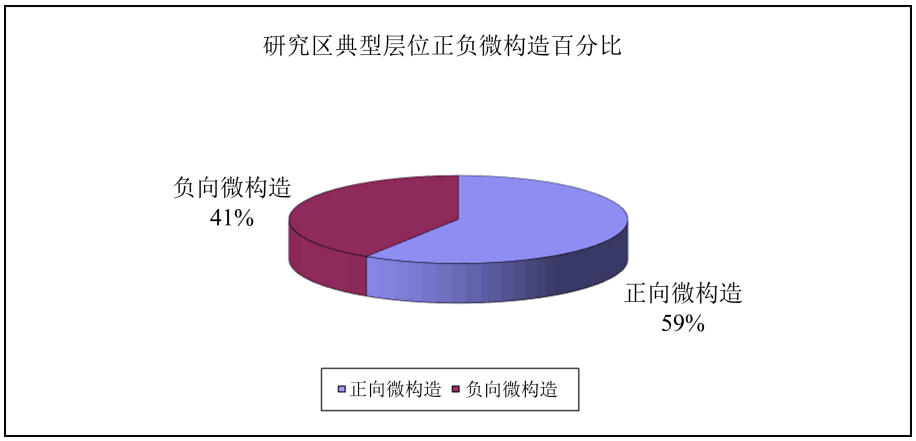
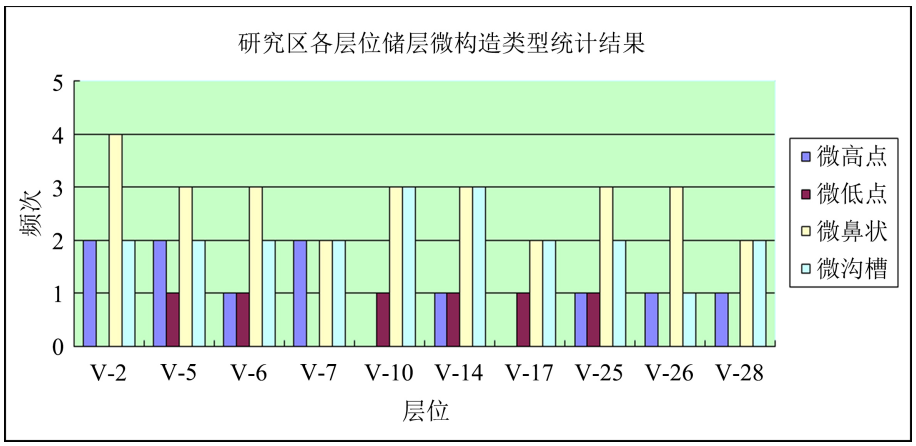


Figure 7. Distribution statistics of positive and negative microstructures in typical horizons of Nanyishan A oil group
图 7. 南翼山 A 油组典型层位正负微构造分布统计



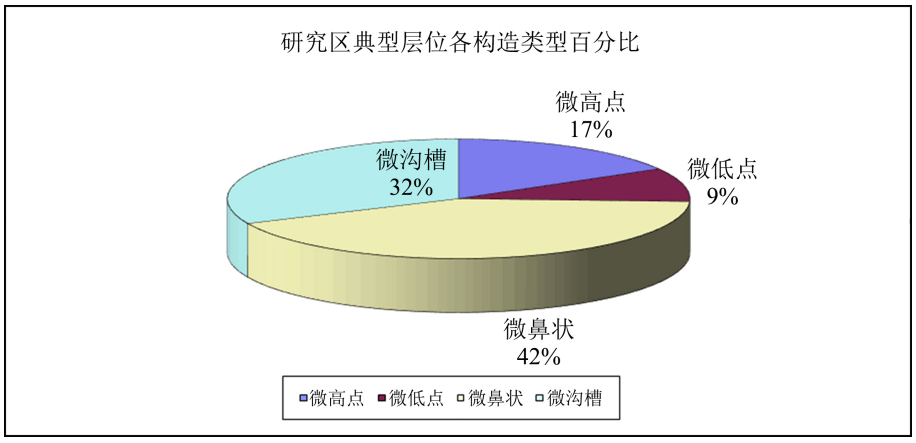


Figure 8. Distribution statistics of various microstructure types in typical formations of Nanyishan A oil group
图 8. 南翼山 A 油组典型层位各微构造类型分布统计

4.4. 研究区微构造与油层分布关系

根据测井解释资料和实际生产资料统计研究区油层与所处的微构造类型的关系，发现微构造类型以

微鼻状、微沟槽、微斜面较多，测井解释 I、II 类含油储层主要分布在微斜面、微鼻状等正向微构造类型中，在局部的微沟槽、微地点等负向构造中分布很少，以干层居多[14] [15] (图 9)。

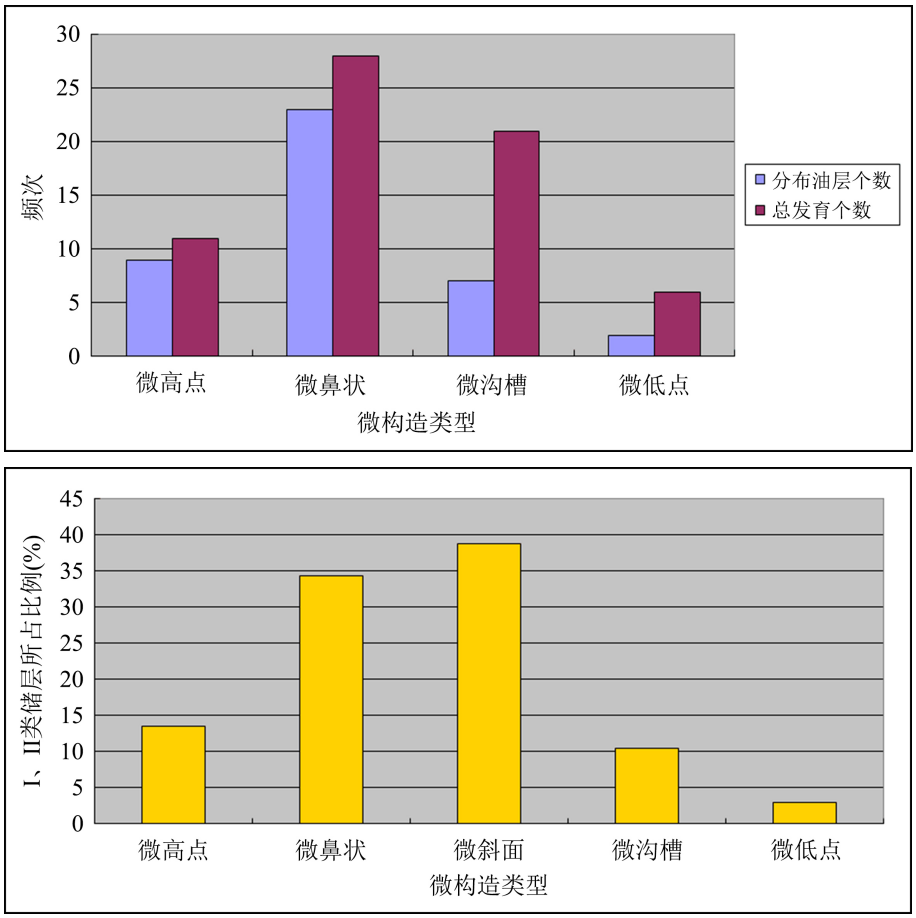


Figure 9. Statistical diagram of the relationship between microstructures and Type I and II oil-bearing reservoirs
图 9. 微构造与 I、II 类含油储层关系统计图

5. 结论

1) 研究区内主要发育微鼻状、微高点等正向微构造和微沟槽、微低点等负向微构造。其中，微高点、微低点主要分布在研究区南翼山背斜平缓的顶部附近，微鼻状和微沟槽则集中在背斜长轴方向的西部侧翼上。

2) A 油组微构造起伏与油藏的分布关系较为复杂，相对来说，除微构造控制，在储层厚、物性好的层段微构造类型对油藏的聚集作用影响较弱，油层易形成连片分布。

3) 南翼山研究区正向微构造发育好于负向微构造，正向微构造中微鼻状构造最为发育，负向微构造中微沟槽相对较发育。综合分析认为，正向微构造相比负向微构造较为发育，并且具有很好的继承性[16]。在研究区内寻找正向微构造圈闭是一种寻找剩余油行之有效的方法。

参考文献

[1] 杨华宾. 微幅度构造识别在葡北油田应用效果分析[J]. 内蒙古石油化工, 2011, 37(22): 123-125.

[2] 李兴国. 应用微型构造和储层沉积微相研究油层剩余油分布[J]. 油气采收率技术, 1994(1): 68-80.

[3] 李兴国. 对油层微型构造的补充说明[J]. 石油勘探与开发, 1993(1): 82-90.

[4] 梁涛. 南翼山 A 油组储层特征及地质[J]. 中国化工贸易, 2015(17): 347-347.

[5] 罗晓兰, 应忠才仁, 白金莲, 杨英. 南翼山浅层油藏储层非均质特征研究[J]. 青海石油, 2010(4): 25-31.

[6] 黄显, 郭卫忠. 单二块稠油油藏特高含水期挖潜途径探讨[J]. 胜利油田职工大学学报, 2006, 20(4): 50-51.

[7] 张会. 微幅度构造研究在 P7 油田开发中的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2015(10): 144-145.

[8] 郭晓明. 平方王砂四上礁灰岩剩余油分布规律研究及下步挖潜方向[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国石油大学(北京), 2011.

[9] 宋丽媛. 高尚堡油复杂断块油藏微构造精细表征[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2011.

[10] 孙继峰. 葡萄花油田北部地区葡 I 油组储层非均质性研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2008.

[11] 袁少民. 下寺湾油田柴窑柴 44 区长 6 油藏精细描述[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2012.

[12] 李辉, 林承焰, 王延章, 于翠玲. 微构造对剩余油分布的影响——以高尚堡油田 104-5 区块为例[J]. 内蒙古石油化工, 2005(1): 120-122.

[13] 何琰, 余红, 吴念胜. 微构造对剩余油分布的影响[J]. 西南石油学院学报, 2000(1): 24-26+35.

[14] 樊中海, 姜建伟, 鲁国甫, 刘新月. 双河油田油层微构造特征对剩余油分布的影响[J]. 河南石油, 1997(5): 9-13+59.

[15] 辛世伟. 辽河油田大民屯凹陷沈 84-安 12 块沙三段微构造特征研究[D]: [硕士学位论文]. 大庆: 大庆石油学院, 2009.

[16] 奥立德. ZW 油田微构造特征研究与应用[J]. 内蒙古石油化工, 2008(13): 106-107.