

[引著格式] 苟红光. 吐哈盆地鲁克沁-玉北地区二叠系油气成藏规律研究 [J]. 石油天然气学报 (江汉石油学院学报), 2015, 37 (5+6): 1~5.

吐哈盆地鲁克沁-玉北地区二叠系 油气成藏规律研究

苟红光 (中国石油大学(华东)石油工程学院, 山东 青岛 266588)
(中石油吐哈油田分公司勘探开发研究院, 新疆 哈密 839009)

[摘要] 鲁克沁-玉北地区二叠系梧桐沟组油藏位于火焰山下盘, 后期勘探接替领域不明, 急需深化二叠系油气成藏规律研究, 明确下步有利勘探方向。从二叠系油藏储盖组合、储层发育规律、微观特征、沉积特征、油源对比和运聚规律等方面深入研究, 明确了断陷控制油源、古构造斜坡控制油气聚集、砂体控制油藏规模、沉积微相控制产量的二叠系油气成藏规律。深化二叠系油气成藏地质条件研究, 综合分析认为台北二叠系生烃凹陷南部, 具有近油源、古鼻隆构造背景、沉积相带发育、埋藏浅的有利地质条件, 是盆地二叠系油气勘探突破的有利方向, 对指导盆地二叠系油气扩展勘探有重要的地质意义。

[关键词] 梧桐沟组; 运移方向; 成藏规律; 扇三角洲; 勘探方向

[中图分类号] TE122.3 [文献标志码] A [文章编号] 1000-9752 (2015) 05+06-0001-05

鲁克沁-玉北地区位于新疆吐鲁番火焰山风景区北侧, 构造位置位于吐哈盆地台北凹陷南缘鲁西凸起上。构造带东西长约40km, 南北宽8~20km, 面积约480km²。1994年在鲁克沁构造带南部台南凹陷钻探的艾参1井, 在三叠系克拉玛依组2155.66~2209.40m井段钻遇大套稠油油砂, 完井试油见到了少量稠油, 该井的重要意义是钻遇二叠系桃东沟群240m烃源岩, 综合评价为好-较好烃源岩^[1], 该地质现象引起了科研人员的高度重视。随后发现和落实了鲁克沁三叠系亿吨级整装油藏, 油层厚度大, 一般在30~80m。2012年在鲁克沁构造带北部玉北地区钻探的玉北1井在二叠系试油获得自喷, 日产40.48m³的工业油流, 盆地首次在二叠系获得工业突破。随着钻探和地质研究的深入, 对鲁克沁-玉北地区二叠系油藏特征、油气成藏主控因素有了深入的认识, 对指导盆地二叠系下步油气勘探具有重要的地质意义。

1 储盖组合特征

玉北地区地层自下而上主要发育二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系和新近系, 地层累计厚度达4000~6000m。该区主要发育二叠系桃东沟群湖相烃源岩, 岩性以深灰色、灰黑色泥岩为主, 目前盆地内仅台南凹陷有10口井、托克逊凹陷有5口井钻遇该套烃源岩, 钻井主要位于盆地南部埋藏较浅的地区, 钻井揭示桃东沟群源岩厚度在30~257m, 而断陷周缘凸起带钻遇二叠系的钻井均缺失桃东沟群。由此表明, 盆地内桃东沟群沉积分隔性强, 湖盆之间水体连通性差, 但统一的古气候环境造就了全盆地桃东沟群较为相似的沉积类型。根据地表露头 and 钻井揭示情况, 结合地震、重磁资料分析, 桃东沟群主要分布在台北凹陷、托克逊凹陷和台南凹陷, 以及哈密坳陷周缘等区块。钻井揭示的桃东沟群烃源岩总有机碳质量的分数均值大于1%, 有机质类型为II₂~III型, 但烃源岩成熟度较低, 镜质体反射率在0.6%~0.8%间^[2], 综合评价为较好烃源岩。北部的台北凹陷由于埋深较大(>5500m), 目前尚无钻井揭示该套烃源岩, 依据露头、邻区二叠系源岩特征及台北凹陷上覆源岩成熟度推测^[3], 台北凹陷内

[收稿日期] 2015-03-09

[基金项目] 中国石油天然气股份有限公司重大科技专项 (2013E-050206)。

[作者简介] 苟红光 (1972-), 男, 高级工程师, 硕士生, 现主要从事区域地质综合研究工作, gouhongguang@petrochina.com.cn。

桃东沟群源岩厚度在 200~400m (图 1), 为成熟烃源岩。油源地化指标对比表明, 玉北地区二叠系梧桐沟组 (P_3w) 原油来自盆地北部的台北凹陷二叠系桃东沟群源岩。

该区二叠系储层主要发育在 P_3w , 为扇三角洲和辫状河沉积砂体^[4]。依据岩性、岩性组合、电性特征可将梧桐沟组纵向上可分为 3 段: 下段的梧桐沟组一段 (P_3w_1) 以扇三角洲沉积为主, 岩性为厚层灰色砂砾岩, 砂砾岩顶

部随着水体能量减弱, 湖盆扩展, 往往发育一套稳定的扇三角洲前缘沉积砂体, 岩性为灰色细砂岩、粉砂岩, 厚度不大, 在 20~30m 间, 但平面分布较稳定, 是一套物性较好、油气显示丰富的有利储层, 上部是梧桐沟组二段 (P_3w_2) 泥岩盖层, 储盖组合匹配关系好; 中段的 P_3w_2 以半深湖相沉积为主, 砂体不发育, 中部发育扇三角洲前缘沉积砂体, 为灰色含砾砂岩、细砂岩、粉砂岩, 可作为储层, 该套储层平面展布范围小, 连通性差; 上段的梧桐沟组三段 (P_3w_3) 以滨浅湖-半深湖相沉积为主, 底部或中部发育扇三角洲前缘、辫状河三角洲前缘砂体沉积, 岩性主要为灰色细砂岩、粉砂岩, 平面展布较稳定, 是一套有利储层, 也是油层发育的有利部位。因此 P_3w 纵向上主要发育 P_3w_1 、 P_3w_3 共 2 套储油层。

2 储层特征

2.1 储层发育特征

鲁克沁-玉北地区二叠系油层埋藏具有“北深南浅”的特征, 从纵向上来看, 油藏主要发育在 P_3w_1 、 P_3w_3 , 平面上二叠系油藏主要位于玉北、英也尔地区。玉北地区 P_3w_1 、 P_3w_3 均发育, 西南部

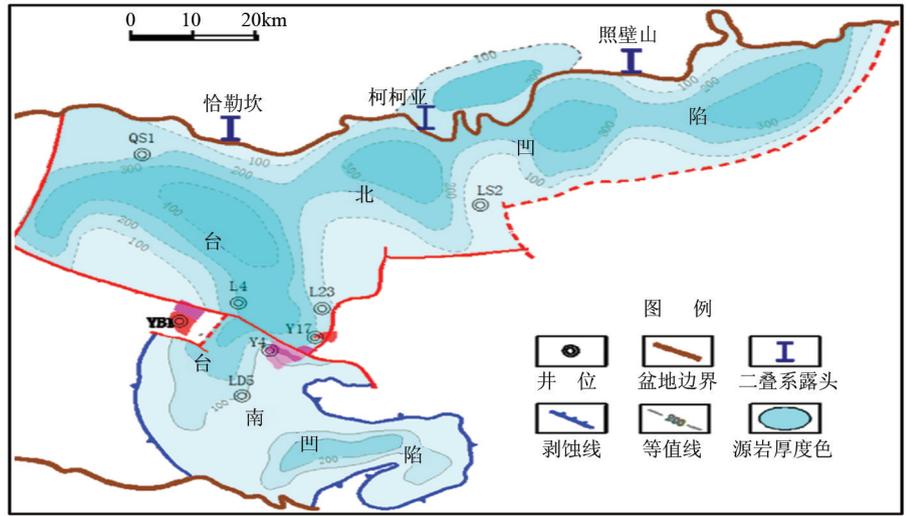
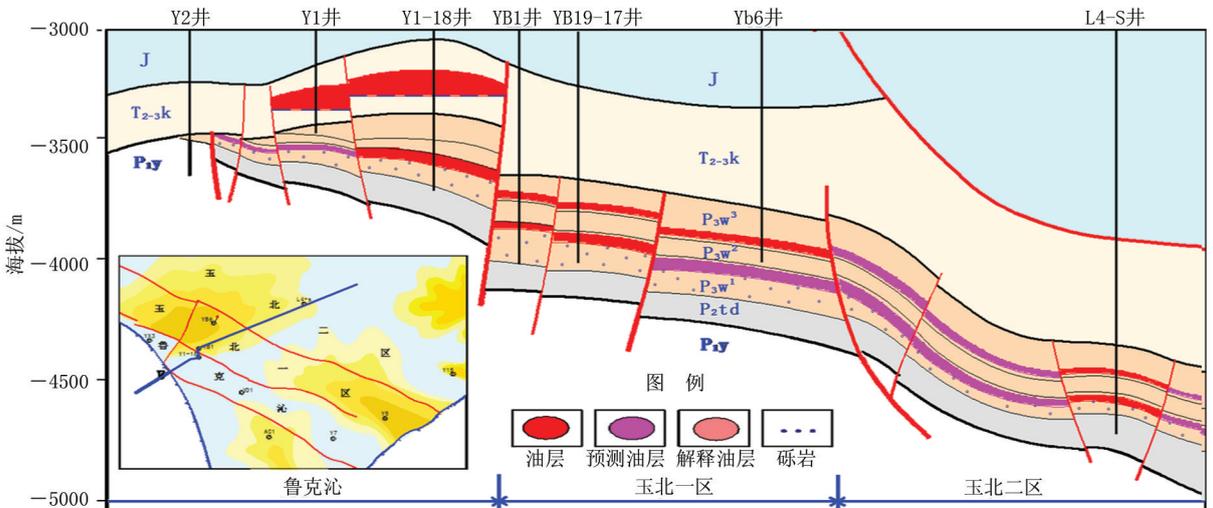


图 1 鲁克沁-玉北地区二叠系桃东沟群烃源岩厚度图



注: P_{1y} 为伊尔稀土组; P_{2td} 为桃东沟群; T_{2-3k} 为克拉玛依组; J 为侏罗系。

图 2 过鲁克沁-玉北地区油藏剖面图

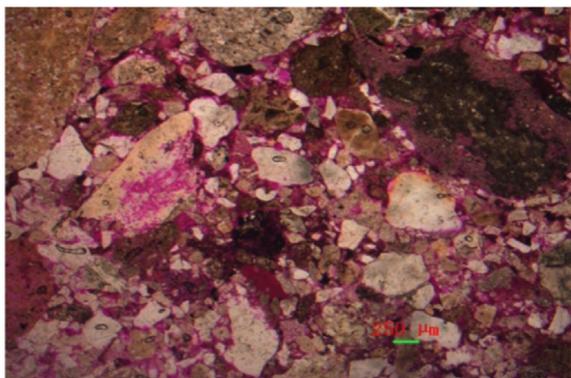
的鲁克沁地区由于地层削失减薄和砂体尖灭, 缺失上部 P_3w_3 , 仅发育下部的 P_3w_1 (图 2)。受燕山期构造挤压运动的影响, 二叠系油藏在垂向油源断裂的沟通下^[5], 油气向上部的三叠系等地层聚集成藏, 形成三叠系克拉玛依组油藏。鲁克沁-玉北地区 P_3w 油藏为层状构造岩性油藏, 展布受 P_3w 沉积砂体控制, 局部受断块、构造控制, 断裂对薄层层状油藏有一定的分割作用, 上部的 P_3w_3 油层厚度在 9~35.8m, 下部的 P_3w_1 油层厚度在 6~43m, 油层平面展布较稳定。油藏埋深较大, 在 3608~4970m, 埋深具有北部深南部浅的特征。

取心井常规岩心分析统计, P_3w 油藏储层物性较差, 孔隙度主要分布在 10.1%~20.8% 间 (平均为 13.78%); 渗透率主要分布在 0.128~420mD (平均 87.56mD), 为低孔、中渗型储层。 P_3w_1 、 P_3w_3 储层孔隙度分布特征相同, 主峰均在 10%~12% 间, 但储层渗透率 P_3w_3 明显优于 P_3w_1 , P_3w_3 渗透率主频在 10~100mD, 而 P_3w_1 渗透率主频仅为 0.1~1mD。总体来看, 鲁克沁-玉北区块储层物性具有东好西差, 上好下差的特征, 储层渗透性决定了储层的含油性及产量。粒度分析表明, P_3w_3 储层岩性以中、细砂岩为主, P_3w_1 顶部岩性以细砂岩为主, 底部岩性以砂砾岩为主, 储层岩性具有下粗上细的正旋回沉积特征, 为水体逐渐变深的湖进体系域。

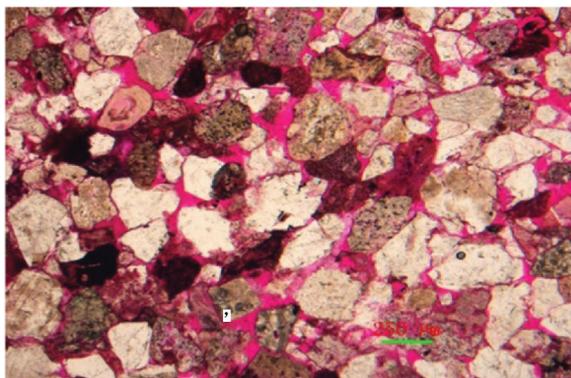
2.2 储层微观特征

岩石薄片鉴定分析表明, 鲁克沁-玉北地区 P_3w 储层岩石类型以岩屑砂岩为主, 其次为长石岩屑砂岩, 石英体积分数为 3.1%~28% (平均 17.97%), 长石体积分数为 2%~17.6% (平均 8.96%), 岩屑体积分数 56.1%~94.9% (平均 73.1%)。碎屑颗粒分选中-差, 磨圆度为次圆状-次棱状, 岩石结构成熟度和成分成熟度均较低。孔隙填隙物以黏土杂基为主, 其次为方解石和沸石, 孔隙型胶结, 矿物颗粒为点-线式接触。储集空间以剩余粒间孔、溶蚀粒内孔为主, 孔隙连通性较差, 这也是 P_3w 储层渗透率差的主要原因。对区内 P_3w 储层岩心进行了 X 衍射全岩黏土矿物和黏土矿物相对质量分数测定^[6,7], P_3w 砂岩储层全岩黏土矿物质量分数较高, 在 12%~34% 之间 (平均为 19.28%)。储层黏土矿物以蒙脱石为主, 质量分数为 40%~97% (平均为 70.55%), 其次为绿泥石和高岭石。由于蒙脱石遇水极易膨胀, 极易降低储层渗透性, 因此储层具有强水敏作用, 玉北 20-14 井储层敏感性试验也证实了这一点, P_3w 水敏储层伤害率达到了 58.2%~79.4% (平均为 74.3%)。通过 P_3w 储层黏土含量与孔隙度、渗透率的关系来看, 储层孔隙度、渗透率均随着黏土 (粒径 $\leq 0.0039\text{mm}$) 含量的增加而降低, 特别是渗透率, 故泥质是影响 P_3w 储层渗透性的主要因素。

铸体薄片分析表明 P_3w 储层孔隙发育一般或较差, 分布不均匀, 储集空间主要为剩余粒间孔, 溶蚀粒内孔, 其次为泥质杂基微孔, 孔隙多被方解石、沸石充填, 储层孔隙的连通性差。 P_3w 储层铸体薄片反映 (图 3), 粒度越粗, 储层中杂基含量越高, 孔隙发育越差、孔隙的连通性也越差, 含砾粗砂岩粒间孔隙连通性明显较细砂岩差, 也就是说储层的沉积微相决定了储层的优劣。



(a) 孔隙发育差含砾不等粒岩屑砂岩, 溶蚀粒内孔、泥质杂基微孔 (玉北 20-9 井, 3816.48~3816.60m)



(b) 孔隙发育一般细中粒长石岩屑砂岩, 剩余粒间孔、沸石充填孔隙 (玉北 1-3 井, 3866.64~3866.86m)

图 3 玉北地区 P_3w 储层铸体薄片图

2.3 储层沉积特征

储层厚度、粒度、重矿物、黏土含量等研究表明,鲁克沁-玉北地区 P_3w 储层围绕西部的鲁西凸起和东南部的库木凸起发育玉北、英也尔 2 大扇体,扇三角洲沉积的前缘水下分流河道砂体、辫状水道砂体、席状砂体为 P_3w 油气成藏提供了较好的储集场所(图 4)。2 大物源区为砂体沉积提供了充足的陆源碎屑物质,奠定了 P_3w 下生上储式岩性油藏的物质基础。下段的 P_3w_1 沉积相主要为冲积扇的扇根-扇中亚相,岩性以厚层(150m)块状砂砾岩为主,顶部发育细砂岩;中段以半深湖相灰色、深灰色泥岩沉积为主,砂体不发育,是 P_3w_1 油层的主要盖层;上段的 P_3w_3 以扇三角洲平原-前缘亚相为主,岩性为厚层紫色、棕红色泥岩夹薄层砂岩、细砂岩, P_3w_3 扇三角洲前缘砂体是主力含油层段,层薄但物性、含油性好,是主要的勘探目的层系。

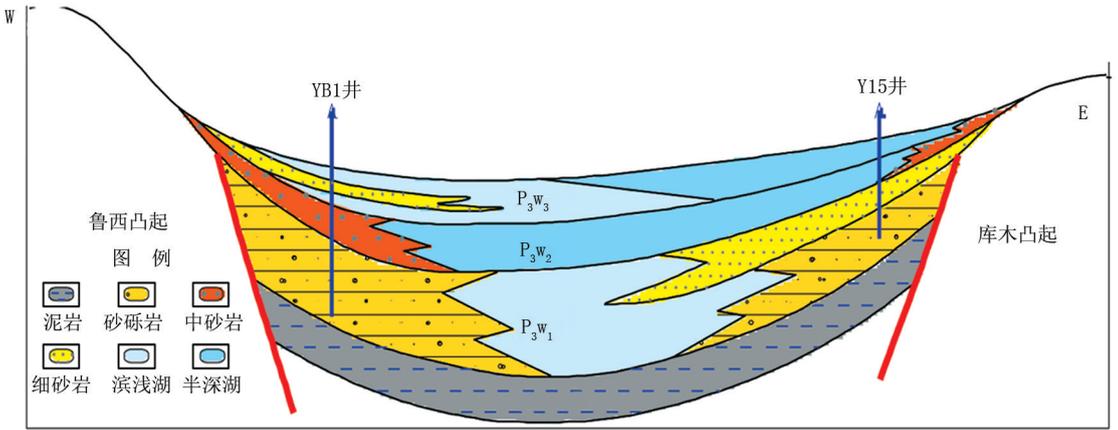


图 4 鲁克沁-玉北地区二叠系沉积模式图

3 原油特征

鲁克沁-玉北地区 P_3w 原油总体具有“四高一中”的特点,即高密度、高黏度、高凝固点、高非烃含量和中等含蜡量。地面原油密度在 $0.90 \sim 0.986 \text{g/cm}^3$ (平均为 0.943g/cm^3);黏度差异较大,在 $34 \sim 214000 \text{mPa} \cdot \text{s}$ 间,属重度重质原油。在地温达到 $90 \sim 100^\circ\text{C}$ 条件下,原油黏度大部分降低到 $500 \text{mPa} \cdot \text{s}$ 以下,基本可以从储层流动到井筒中,为深层稠油井筒掺稀开采提供了有利条件。

油源对比表明,鲁克沁-玉北地区三叠系克拉玛依组、 P_3w 原油油源均来自于二叠系桃东沟群烃源岩^[8],生标特征表现为高 γ -蜡烷,规则甾烷呈“上升”型分布,反映母源为咸水湖相沉积环境。自生伊利石年龄测定表明,来源于桃东沟群源烃岩的油气主要有 2 期成藏:第 1 期为晚印支期,第 2 期为中燕山期。原油甾烷异构体参数也表明,二叠系表现为 2 期成藏。原油质谱图中高丰度的 25-降藿烷表明原油曾遭受中等强度生物降解,而原油总离子流图正构烷烃形态完整,含量较高,表明其正构烷烃来源于后期的“再次充注”。

4 油气成藏规律

盆地演化史研究表明,二叠纪桃东沟期盆地为断陷发育期^[9],鲁西和库木 2 大古凸起同生断层控制了鲁克沁地区桃东沟群和 P_3w 沉积体系展布,奠定了下生上储岩性油藏的物质基础。盆地二叠系桃东沟期断陷控制了油源的平面展布范围,围绕两大古凸起发育玉北扇体和英也尔扇三角洲沉积体系,油气围绕两大扇体前缘砂体聚集成藏。 P_3w 在玉北地区为湖进体系域, P_3w_3 沉积期以滨湖相沉积为主,入湖砂体以中砂、细砂岩为主,展布范围广,分选性较好,杂基含量较低,储层物性好,为油气聚集提供了有利场所,砂体平面分布直接控制着油藏展布,为层状油藏。原油含氮化合物浓度、苯并 [a] 与苯

并咪唑 [c] 比值、原油降解程度等平面变化规律和油源对比表明, 该区二、三叠系原油均来自北部的台北凹陷, 油气由低向高按照分异原理运聚, 古构造背景控制着油气运移方向, 古构造高点和斜坡区是二叠系油气运聚的有利指向区, 斜坡区和油气运移路径上的断裂是油气垂向运聚的重要通道。特别是对于鲁克沁地区三叠系油藏来说, 油藏明显受断块控制, 不同断块油藏的油水界面明显不同, 二叠系油藏为层状油藏, 易受到断层侧向泥岩的封堵, 断层对油藏具有明显的分割作用。无论是二叠系还是三叠系油藏, 由于原油油质均为重质稠油, 储层物性的优劣成为控制油井产量的关键因素, 物性的优劣受沉积微相控制, 主要表现在储层渗透性的差异。 P_3w_3 储层渗透性较好, 其油气产量一般也较高。综上所述, 玉北地区二叠系油气成藏主控因素可概括为: 二叠系拉张性断陷控制了油源分布, 砂体的平面展布控制了油藏的规模, 古构造斜坡背景上的断块控制油藏范围, 储层沉积微相控制了油井产量高低。

5 结论

1) 吐哈盆地二叠系桃东沟群烃源岩主要发育在台北凹陷, 依据台南钻井和露头资料推测, 推测台北凹陷内桃东沟群厚度在 200~400m, 为成熟烃源岩。玉北地区发育 P_3w_1 、 P_3w_3 为储层的 2 套油藏。

2) P_3w 油藏为层状构造岩性油藏, 油藏平面展布受沉积砂体控制, 局部受断块、构造控制。

3) P_3w 储层为低孔、中渗型储层, P_3w_3 储层较 P_3w_1 岩性细、渗透率好, 是玉北地区主要的油层段, 泥质是影响储层渗透性的主要因素。

4) P_3w 原油总体具有“四高一中”的特点, 即高密度、高黏度、高凝固点、高非烃含量和中等含蜡量, 原油物性在平面上表现为从东南到西北变好的特点。

5) 玉北地区二叠系油气成藏主控因素为: 桃东沟群断陷控制了油源分布, 砂体控制了油藏的规模, 古构造斜坡背景上的断块控制油藏范围, 储层沉积微相控制了油井产量高低。

[参考文献]

- [1] 杨晓婕. 吐哈盆地大河沿地区石炭系-三叠系油气成藏条件分析 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
- [2] 柳益群, 冯乔, 周立发, 等. 吐哈盆地二叠系含油结核研究及生油前景分析 [J]. 石油学报, 2002, 23 (5): 40~43.
- [3] 柳益群, 周鼎武, 冯乔, 等. 新疆北部二叠系特征及其与三叠系界线划分 [J]. 西北大学学报: 自然科学版, 2006, 36 (4): 615~622.
- [4] 于珺. 吐哈盆地台北凹陷二叠系-三叠系层序地层学研究 [D]. 青岛: 山东科技大学, 2008.
- [5] 黄福喜, 陈洪德, 王茂显, 等. 吐哈盆地台北凹陷三叠系油气分布主控因素分析 [J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28 (2): 46~52.
- [6] SY/T 6210—1996, 沉积岩中粘土矿物总量和常见非粘土矿物 X 射线衍射定量分析方法 [S].
- [7] SY/T 5163—1995, 沉积岩粘土矿物相对含量 X 射线衍射分析方法 [S].
- [8] 王志勇, 杜宏宇, 靳振家, 等. 吐哈盆地二叠系稠油成因、成藏研究 [J]. 沉积学报, 2007, 25 (5): 787~794.
- [9] 王昌桂, 杨彪. 吐哈盆地二叠系油气勘探潜力 [J]. 新疆石油地质, 2004, 25 (1): 17~18.

[编辑] 邓磊