

超级层系：近源—源内油气运聚系统

杨智，邹才能

中国石油勘探开发研究院，北京 100083

摘要：从超级盆地到超级层系，是油气勘探认识从宏观盆地尺度向富集层系尺度的战略聚焦。烃源岩层系内部及其紧邻或紧接的储集层和圈闭群共同构成“超级层系”，可汇聚超级盆地 80%以上的油气资源，形成“近微油气运聚系统”。在能源转型新形势下，近源常规圈闭群、源内非常规储集层勘探，具有同等重要的战略地位与勘探价值，秉持近(进)源勘探理念，聚焦超级层系内确定性规模性油气资源，可追求更大的发现概率、更快的发现节奏、更大的发现规模与更高的工业价值。研究表明：(1) 超级层系的静态属性与动态演化，从根本上控制着近源层系圈闭群、源内层系储集层的含油气性，决定了油气地质认识的演进方向和勘探实践的主体布局；(2) 回顾近期，鄂尔多斯、四川等超级盆地的系列战略性突破，均是聚焦超级层系、同时并举近源层系圈闭群与源内层系甜点体所成功；(3) 面向未来，深层—超深层近源层系大型圈闭群、中浅层源内层系页岩甜点区、煤系近源层系致密气及源内层系煤层气(煤岩气)，是超级层系内保障更快商业发现、更大规模增储上产的核心领域。坚定推进以超级层系为中心的整体勘探开发，实现近源层系圈闭群和源内层系储集层协同发现、多类型资源立体协同发展，将是后勘探期提升勘探效率与投资回报、实现油气工业可持续发展的有效路径。

关键词：超级层系；近微油气运聚系统；近(进)源勘探；源盖组合；烃源岩层系；共生富集；能源地质学。

中图分类号：P618.13

收稿日期：2026-8-17

Super Sequence: Proximal to/Within Source-Rock-Strata Petroleum Migration-Accumulation System

Yang Zhi, Zou Caineng

Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China

Abstract: The transition from super basin to super sequence represents a strategic focus of oil and gas exploration understanding from macro basin scale to enriched interval scale. The source rock intervals themselves, together with the reservoirs and trap groups immediately adjacent to them, collectively constitute the “super sequence”, which can accumulate more than 80% of the total hydrocarbon resources in a super basin, forming the “proximal-micro hydrocarbon migration-accumulation system”. Under the new circumstances of energy transition, the exploration of proximal conventional trap groups and within-source-rock-strata unconventional reservoirs holds equally important strategic positions and exploration value. Upholding the philosophy of proximal to/within source-rock-strata exploration and focusing on the deterministic and large-scale hydrocarbon resources within the super sequence can lead to greater discovery probability, faster discovery pace, larger discovery scale, and higher industrial value. Systematic research demonstrates that: (1) The static attributes and dynamic evolution of the super sequence fundamentally control the hydrocarbon-bearing properties of proximal-sequence trap groups and within-source-rock-sequence reservoirs, determining the evolutionary direction of petroleum geological understanding and the main layout of exploration practice. (2) Looking back at the recent series of strategic breakthroughs in super basins such as Ordos and Sichuan Basin have all been achieved by focusing on the super sequence and simultaneously pursuing both proximal-sequence trap groups and within-source-rock-sequence sweet bodies. (3) Looking to the future, deep to ultra-deep large-scale proximal-sequence trap groups, medium to shallow within-source-rock-sequence shale sweet intervals, and proximal-sequence tight gas and within-source-rock-sequence coal-bed gas in coal-measures constitute the core domains within the super sequence that will ensure faster commercial discoveries and larger-scale

基金项目：国家高层次人才特殊支持计划和国家重点研发计划项目 (No.2023YFF0804303)。

作者简介：杨智 (1980-)，男，内蒙古五原人，博士，正高级工程师，主要从事常规-非常规油气地质理论和勘探评价的研究与实践工作。E-mail: yangzhi2009@petrochina.com.cn

***通讯作者：**邹才能 (1963-)，男，重庆人，博士，中国科学院院士，正高级工程师，主要从事常规—非常规油气地质学理论与实践、新能源与能源战略等研究。E-mail: zcn@petrochina.com.cn

reserve and production growth. Firmly promoting the integrated exploration and development centered on the super sequence, and realizing the synergistic discovery of proximal-sequence trap groups and within-source-rock-sequence reservoirs with three-dimensional coordinated development of multiple resource types, will be an effective pathway to enhance exploration efficiency and investment returns and to achieve the sustainable development of the oil and gas industry in the later stage of exploration.

Key words: super petroleum sequence; proximal-micro hydrocarbon migration-accumulation system; proximal to/within source-kitchen exploration; source-seal assemblage; source rock sequence; coexistence and enrichment; energy geology.

0 引言

石油工业的每一次跨越，都根植于对油气赋存规律认识的质变。从“背斜理论”到“源控论”，再到“岩性地层油气藏”与“连续型油气聚集”，勘探理念始终围绕“在哪里找到更多更富集油气”螺旋式上升。进入 21 世纪，以北美非常规油气革命为标志，全球超级含油气盆地进入后勘探期，面临能源智能绿色转型、油气资源价值窗口收窄的新形势，剩余海量油气资源，更多赋存于深部近源圈闭群与源内储集层中，亟需勘探认识的创新突破（《中国油气勘探开发发展报告 2026》编委会，2026；李德生，1997；翟光明等，2016；邱中建等，2012；戴金星等，2019；贾承造等，2007；马永生等，2018；孙龙德等，2013；赵文智等，2004；邹才能等，2014；杨智等，2021a，2021b）。

从超级盆地到超级层系，是油气勘探认识从宏观盆地尺度，向富集层系尺度的战略聚焦，理念和实践均发生深刻变化。超级盆地强调盆地尺度常规—非常规油气的整体协同；超级层系则将勘探焦点，精准锁定于烃源层系内部，以及紧邻或紧接的致密储集层和隐蔽圈闭群，汇聚了超级盆地 80%以上油气资源的核心富集区段。这一聚焦意味着勘探目标，从平面“盆地哪里找油”精确到纵向“层系哪里富集”，勘探要素从全要素简化为“生、储、盖”三要素，勘探理念从“找圈闭油气藏”转变为“评甜点区段”，勘探对象从常规圈闭单体，拓展为超级层系整体。近源—源内油气，强调超级层系内烃源层系控制下的油气聚集，侧重描述“在哪里找到油气”；近微油气运聚系统强调源盖组合，控制下的运聚单元及动力场机制，侧重描述“油气如何聚集”，二者紧密关联但各有侧重。秉持近(进)源勘探理念，聚焦超级层系内确定性规模性油气资源，是后勘探期的重要战略选择。

本文系统阐述超级层系的认识框架与勘探实践：首先论述超级层系内近微油气运聚系统的认识框架；继而从近源层系圈闭群、源内层系储集层“双层系”协同视角，阐述其引领超级盆地油气大发现的高效性；最后展望未来重大领域，探讨实现高效勘探的理念转变与战略路径。

1 超级层系：“近微油气运聚系统”认识框架与勘探实践

1.1 从远端到近微：油气运聚系统的勘探转向

石油地质理论经历两个发展阶段：前勘探期，以远端油气运聚系统为核心；后勘探期，转向超级层系内的近微油气运聚系统。该转变决定了勘探认识的演进方向、工业体系的升级路径。

1.1.1 前勘探期：远端油气运聚系统

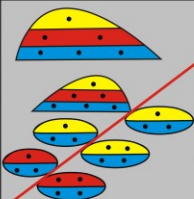
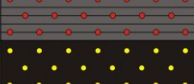
前勘探期，以“背斜论”与“圈闭学说”为指导，勘探家依靠远端油气运聚系统，寻找经历复杂二次运移的圈闭型油气藏，建立了庞大的常规油气工业体系（Emmons, 1921；Levorsen, 1954）。中国特色的“源控论”诞生于大庆等油田的发现，其核心是“定凹选带”，在生油中心周边，优选出具有利储集条件和构造背景的近源圈闭群（胡朝元，1982）。随后，在渤海湾盆地等复杂断陷区，“复式油气聚集区带”理论进一步发展了“源控论”，指出在富油气凹陷

中，不同层系、不同类型的圈闭可以叠加连片（李德生，1997）。岩性地层油气藏的地质理论与勘探技术，强调富油气凹陷斜坡区，近源岩性地层圈闭群是规模增储的主战场（贾承造等，2007）。从“源控论”到“岩性地层油气藏”，勘探视角从单个圈闭，提升到受烃源层控制的近源层系圈闭群。远端油气运聚系统以远源浮力为动力场，资源聚集具有偶然性和单体性，需综合传统“生、储、盖、圈、运、保”全要素，从源岩到圈闭的联结具有多解性和模糊性。

1.1.2 后勤探期：近微油气运聚系统

进入 21 世纪，以北美非常规油气革命为标志，一部分全球超级盆地进入后勤探期，面临能源智能绿色转型、油气资源价值窗口收窄的新形势。页岩革命颠覆了“页岩只生不储”的传统认知，诞生了大面积“连续型油气聚集”理论认识（Smoker, 1995；邹才能等，2014；贾承造，2017），将勘探目标直接推进到超级层系内，近微油气运聚系统的源内非常规储集层中。“陆相源内石油聚集”认识指出，超级层系内陆相湖盆源内层系滞留烃资源潜力巨量，是未来石油勘探的重要接替领域（焦方正等，2020）。“源储共生系统”与常规—非常规油气有序“共生富集”的认识进一步阐明，围绕超级层系内一套优质烃源层及其源盖组合，从源外到源内，有序分布着近源圈闭群和源内储集层，二者在成因上共生、在空间上有序（图 1）（杨智等，2021b，2022；邹才能等，2022）。“全油气系统”理论将含油气系统从“从源岩到圈闭”拓展为涵盖常规—非常规所有资源类型的整体系统（贾承造等，2024）。从“连续型油气聚集”到“源储共生系统”，开辟了超级层系内源内层系非常规储集层的全新领域。

“近微油气运聚系统”的提出，是回应后勤探期时代需求的重要新增量。该系统是超级层系内烃源层系在源盖组合控制下，按动力场差异划分的运聚单元。微运聚系统对应源内油气，以源内滞留或源储压差为动力场；近运聚系统对应近源油气，以源储压差或近源浮力为动力场。与远端油气运聚系统相比，超级层系内的近微油气运聚系统具有 3 个鲜明特征：（1）资源聚集具有确定性和规模性，可汇聚超级盆地绝大多数油气资源；（2）与烃源层系供烃具有更紧密更明确的联结，拥有更明确的源内全覆盖捕获烃概率、更直接的近源通源式烃捕获能力；（3）仅涉及“生、储、盖”三要素的刻画和研判，本质上是源盖组合下储集层规模捕获烃过程。这一认识将勘探焦点，从传统远端油气运聚系统的圈闭型油气藏，拉近到超级层系内近微油气运聚系统的大面积连续型储聚体，具有重要的科学价值和实践意义。

聚系统	资源类型		聚集类型	聚集形态	聚动力	分布特征	资源比例	储量比例	源储属性	勘探对象	开发模式	关键技术	实例
远端油气聚系统	远源油气	圈闭油气	构造油气藏 岩性油气藏 地层油气藏		远源—近源浮力	单体型	15%±	20%±	储集层	常规圈闭群	油气藏 自然产能	二维或三维地震 直井或水平井	松辽盆地白垩系 渤海湾盆地第三系 鄂尔多斯盆地侏罗系 四川盆地古生界 准噶尔盆地中生界 塔里木盆地奥陶系
	集群型					25%±	40%±						
近微油气运聚系统	近源油气	致密油气	致密油		源储压差	连续型	60%±	40%±	储集层	非常规储集体	人工油气藏 人工造缝增能转化	三维地震 多方法监测 水平井体积压裂 “平台式”开采	鄂尔多斯盆地三叠系
			致密气										
		源岩油气	页岩油		源内滞留				储集层				鄂尔多斯盆地三叠系
			煤层(岩)气										鄂尔多斯盆地上古、中生界
			页岩气										四川盆地寒武-志留系
			煤岩转化油气		源内转化				烃源岩			地面干馏/液化 地下原位转化	鄂尔多斯盆地上古、中生界
			页岩转化油气										鄂尔多斯盆地三叠系 松辽盆地白垩系

石油

天然气

源岩油

源岩气

水层

煤层

页岩

遮挡层

常规储层

致密储层

通源断裂

图 1 超级层系近微油气运聚系统与近源—源内油气勘探开发（据邹才能等，2014；杨智等，2021a，修改）

Fig. 1 Super petroleum sequence proximal-micro hydrocarbon migration-accumulation system and proximal to/within source-kitchen oil and gas exploration and development (modified after Zou et al., 2014; Yang et al., 2021a).

以陆相页岩层系为例，阐释近微油气运聚系统的形成机理。页岩层系烃类富集是在超级层系源盖组合控制下，从源内层系向近源层系有序分配的过程，可划分为 3 个阶段（图 2）。（1）微运聚系统原位滞留期。烃类生成后，首先以“溶胀”方式原位滞留在干酪根分子格架中，构成超级层系微运聚系统的最内层。动力场以源内滞留为主，运移距离近乎为零，体现了微运聚系统“源内全覆盖捕获烃”的端元特征。（2）微运聚系统源储共生期。随生烃持续及压力变化，动力场向源储压差过渡，液态烃及运移沥青进入互层的富无机孔隙储层，形成吸附烃与游离烃共存的源储共生型储层。（3）近运聚系统源储分离期。烃类向外围运移进入近源储层，动力场转为近源浮力驱动，形成典型的源储分离型储层，体现“近源通源式捕获烃”端元特征。烃类遵循“溶胀→吸附→游离”垂向演化序列，构成从“原位滞留”到“规模运移”、从“纳米束缚”到“微米可动”的全孔径全粒序近微油气运聚系统。

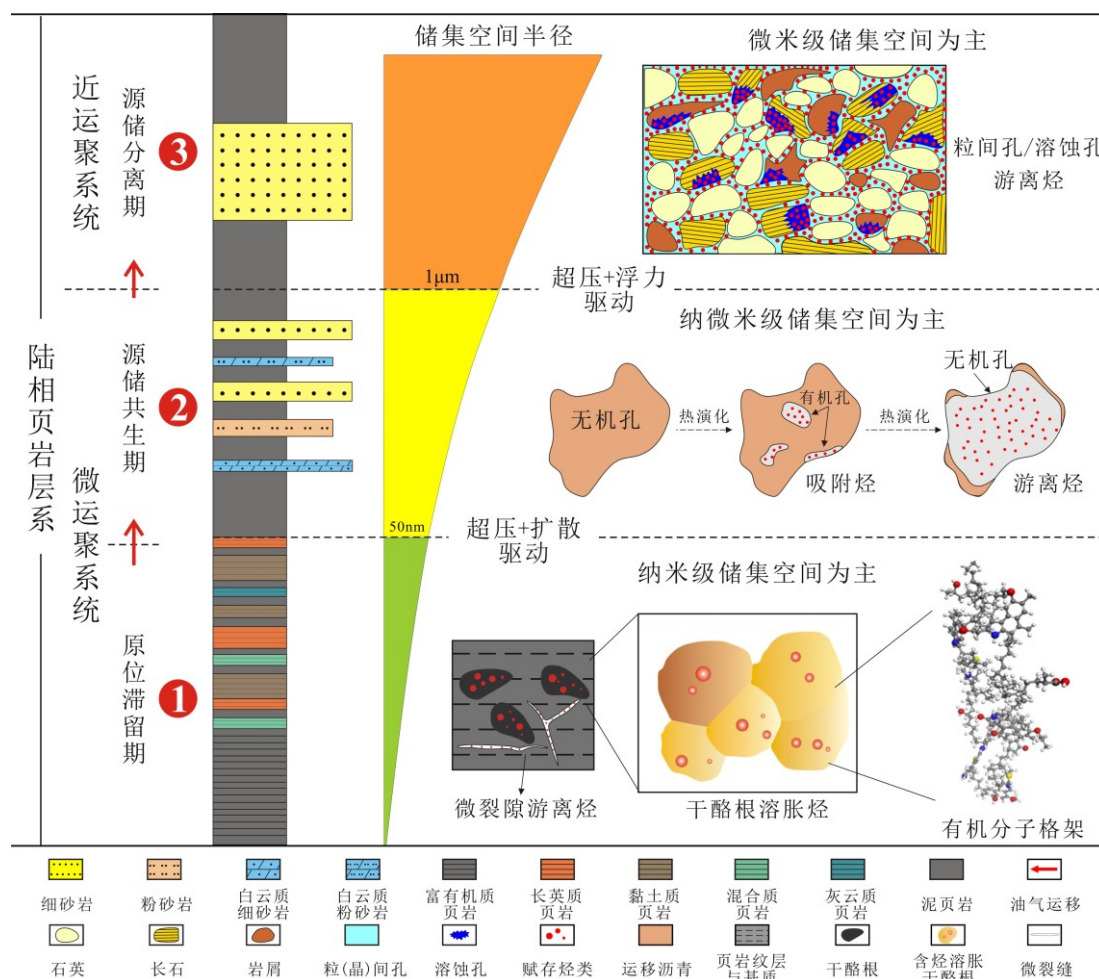


图 2 陆相页岩层系近微油气运聚系统形成机理模式（据范雨辰等，2026，修改）

Fig. 2 Genetic model of the proximal-micro hydrocarbon migration-accumulation system in continental shale strata (modified after Fan et al., 2026).

1.1.3 超级层系：源盖组合控制下的近源—源内油气

超级层系的形成与演化，受到烃源层系的根本性控制。烃源层是油气工业聚集的“一票否决”基础条件（黄第藩等，2005），其核心地位不仅体现在提供物质来源，更体现在对超级层系内近微油气运聚系统的聚集分布、认识基础和勘探方向的全面控制上。源盖组合限定了超级层系内，油气初次运移和就近聚集的范围，油气生成后，首先在烃源层系内部及紧邻或紧接区段，发生初次运移和就近聚集，形成超级层系内“近微油气运聚系统”，汇聚了含油气盆地绝大多数的油气资源，是规模勘探的首选目标。优质烃源层及其源盖组合，是超级层系形成大型油气田的先决条件，超级盆地中，无论是“富油气凹陷”还是“富油气层段”，均是超级层系内烃源层系在源盖组合控制下的勘探区段。“近源层系常规圈闭群”与“源内层系非常规储集层”的勘探，是超级层系内同等重要的组成部分，前者具有近源通源式烃捕获能力，后者具有源内全覆盖捕获烃概率。需要进一步阐述的是，近源“紧邻或紧接”，是一个在地质—地球物理资料或技术上可准确识别的概念，储集层或圈闭群大概率可形成油气层段或油气藏群，具有确定性和规模性，勘探可展开，开发可建产。因此，超级层系概念是：在超级含油气盆地源盖组合控制下，烃源层系内部及其紧邻或紧接的储集层及圈闭群中，所赋存的近源—源内油气（图

3)。

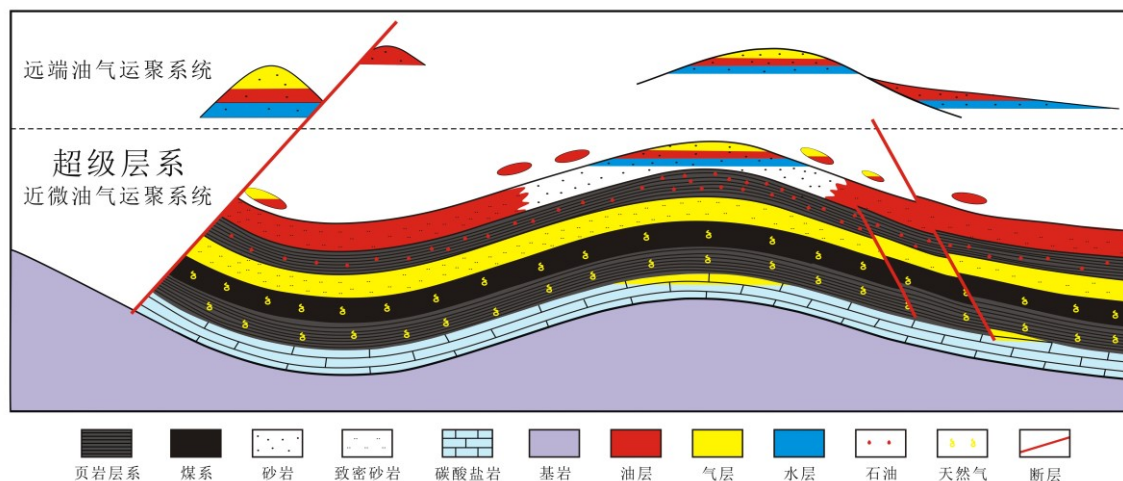


图 3 超级层系源盖组合控制下的近源—源内油气

Fig. 3 Proximal-to/within source-kitchen oil and gas under the control of source-rock-seal assemblages in the super petroleum sequence.

1.2 超级层系：油气勘探战略突破的焦点

国内油气勘探的突破史，也是一部从远端，向近微油气运聚系统战略转移的历史。回顾我国科学探索井 15 年和风险勘探 20 年历程（翟光明等，2016；总论编纂委员会，2023；中国石油天然气集团有限公司，2025），都表明以烃源层及其源盖组合为核心的近微油气运聚系统新区新领域勘探，是超级层系内实现战略突破的有效途径。

1.2.1 超级层系主要源盖组合：控制近微油气运聚系统的平面与纵向格局

近期油气资源发现的平面分布，与超级层系主要烃源层及其源盖组合的展布高度吻合（图 4）。东部盆地围绕白垩系、古近系湖相烃源层及其上覆区域盖层构成的超级层系，形成了著名的富油气凹陷，其内部及周边是发现大型近源构造—岩性圈闭群、源内页岩石油富集区的核心区域。例如，松辽盆地古龙凹陷青山口组源盖组合控制的超级层系内，源内页岩油与近源扶余油层致密油突破，正是聚焦超级层系勘探的成果（中国石油天然气集团有限公司，2025）。中部鄂尔多斯盆地上古生界煤系和中生界延长组长 7 段，两套主力烃源层及其源盖组合构成的超级层系，形成了近源苏里格致密砂岩气田、姬塬—环江等亿吨级油田群，催生了庆城源内页岩层系石油和深层煤层气（煤岩气）的战略突破（中国石油天然气集团有限公司，2025）。西部塔里木盆地库车山前侏罗系煤系烃源层在古近系膏盐岩盖层封盖下，直接控制克拉苏等超深层盐下构造圈闭群的万亿方级储量；台盆区寒武系烃源层在中下寒武统膏盐岩区域盖层，封盖下形成的超级层系，通过断裂沟通形成规模宏大的通源断溶体圈闭群（中国石油天然气集团有限公司，2025）。

纵向上，由源盖组合控制的超级层系序列同样清晰（图 5）。我国主要含油气盆地的产层剖面，几乎都是围绕一套或多套主力烃源层，及其源盖组合构成的超级层系，形成“下生上储”“旁生侧储”的近源圈闭群和“自生自储”的源内储集层组合。四川盆地川中古隆起，围绕德阳—安岳裂陷槽内筇竹寺组烃源层，及其上覆寒武系泥岩盖层构成的超级层系，在其上下的龙王庙组、灯影组发现安岳大气田，并在筇竹寺组自身取得页岩气突破，是超级层系近源—源内序列的经典范例。叠合含油气盆地多勘探“黄金带”（赵文智等，2015），是多套烃源层系及

其源盖组合控制下的多套超级层系富集带在纵向上的叠置。

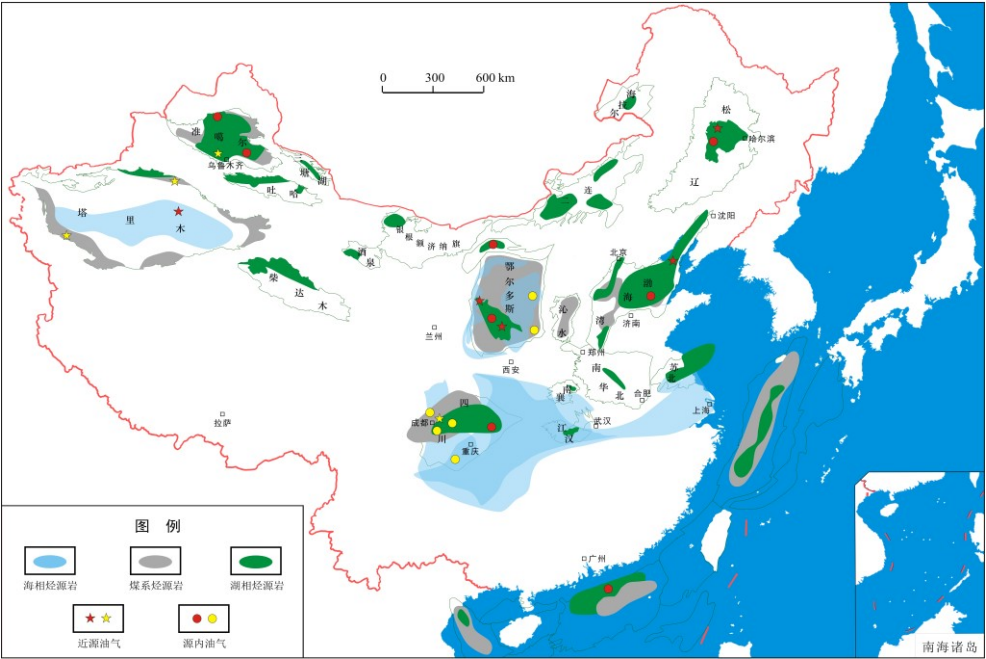


图 4 中国主要烃源层系与近源—源内油气田平面分布示意图（据总论编纂委员会，2023，修改）

Fig. 4 Schematic map showing the distribution of major source rock sequences and proximal-to/within source-kitchen oil and gas fields in China (modified after Editorial Committee of General Introduction, 2023).

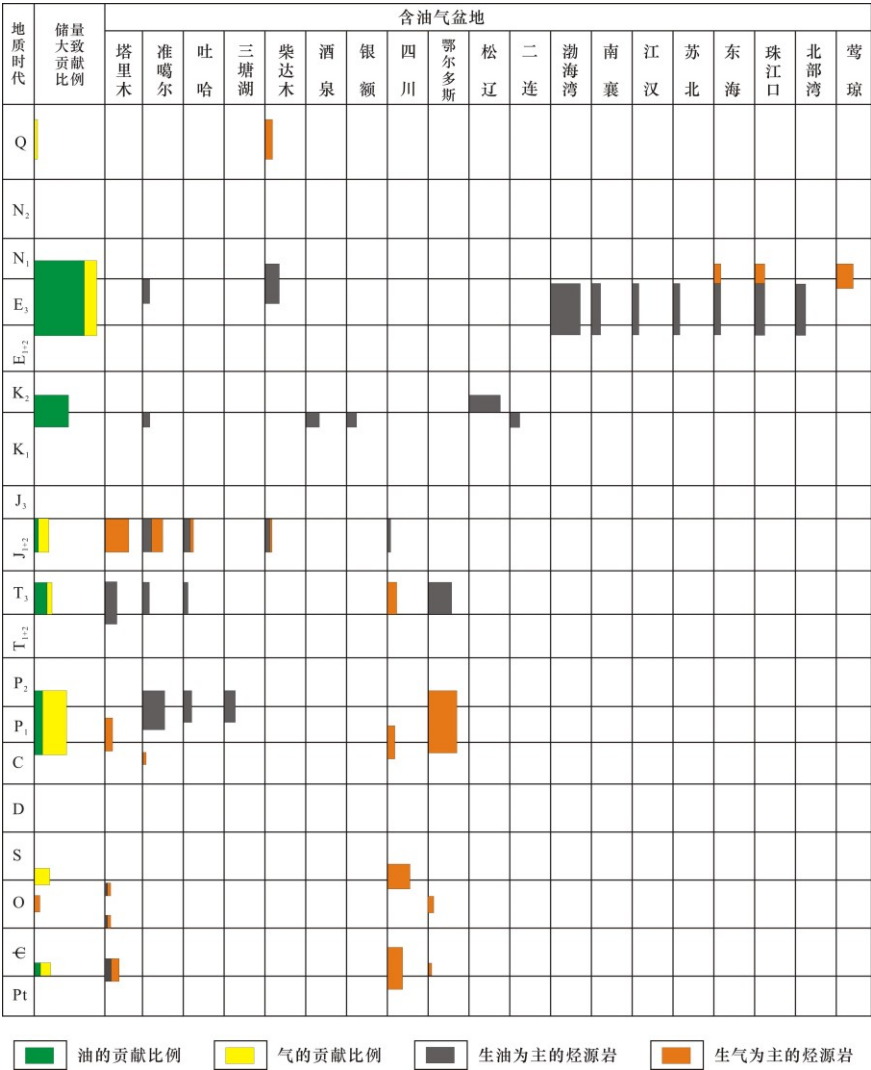


图 5 中国主要含油气盆地烃源层系与储量贡献纵向分布示意图（据总论编纂委员会，2023，修改）

Fig. 5 Schematic column showing major source rock sequences and their contribution to reserves in major petroliferous basins of China (modified after Editorial Committee of General Introduction, 2023).

1.2.2 超级层系风险勘探：高效验证近微油气运聚系统的勘探价值

中国石油 20 年的风险勘探实践，其部署核心逻辑就是围绕潜在富油气凹陷，大胆快速地用风险探井去探索超级层系内，最可能获得效益储量的近源圈闭群和最有商业价值的源内储集层（中国石油天然气集团有限公司，2025）。成功的勘探决策，源于对超级层系内烃源层条件、源盖组合配置关系的深刻把握。如玛湖 1 井（近源砾岩圈闭）、高石 1 井（近源碳酸盐岩圈闭）、沧探 1 井（近源岩性—源内页岩储层）、纳林 1H 井（源内煤岩储层）等成功案例。这些风险探井不仅追求战略发现，更强调一旦突破，能够快速评价、快速探明、快速建产，追求更快的发现节奏和投资回报，这已成为衡量超级层系内，近微油气运聚系统风险勘探成功与否的新标准。我国油气勘探需要新思维，其中最重要的就是坚定地向生烃中心逼近，在超级层系内寻找大突破（邱中建等，2012）。

1.3 超级层系：近源—源内油气是后勘探期的最优解

后勘探期的核心挑战，是如何以可接受的成本，高效地将那些“低品位”的剩余资源转化

为经济可采储量。展望深层、深水、非常规未来理论技术的主要挑战，均与超级层系内的烃源层系密切相关（贾承造，2024）。秉持近(进)源勘探理念和方法，聚焦超级层系近源—源内油气，成为应对这一挑战的最优解，能够带来更大的发现概率、发现规模和工业价值。

（1）更高的发现概率与规模。剩余油气资源主体，赋存于超级层系内近微油气运聚系统区段，具有确定性和规模性，近源层系圈闭群和源内层系储集层，几乎是油气生成的“第一落脚点”，成藏概率远高于远端系统，一旦突破往往是整带整片规模发现。

（2）更快的发现节奏与投资回报。超级层系勘探仅涉及“生、储、盖”三要素，大大简化评价流程。近源层系圈闭群突破一口井，即可沿烃源灶周边快速拓展，源内层系储集层大面积连续分布，使储量升级和产能建设周期远快于传统勘探。

（3）颠覆性技术突破的终极战场。超级层系内的烃源层系本身，是后勘探期颠覆性革命性技术攻关的核心对象。尽管超级层系，可汇聚超级盆地绝大多数油气资源，但其中相当比例以固态干酪根、吸附态或半固态沥青等形式，滞留于源内层系的纳米级孔隙系统中，仅依靠水力物理压裂等“人造渗透率”技术，难以实现规模动用。以原位电力化学转化为代表的颠覆性技术路径如能取得成功，将把超级层系内巨大的“生烃潜力”直接、快速地转化为“工业产量”，从根本上突破后勘探期资源动用的技术天花板。如果说前勘探期，超级盆地依靠构造圈闭，实现了工业体系的建立，那么后勘探期，超级层系将依靠对烃源层系本身的颠覆性改造，开启油气工业的下一个纪元。

2 超级层系：近(进)源勘探是未来油气大发现的有效路径

“超级层系”是“近微油气运聚系统”的物质载体。聚焦超级层系，是后勘探期实现高效勘探的重要战略方向。近十年来国内外重大油气发现，清晰地呈现出超级层系内“双层系”协同的战略态势：“近源层系”持续深化，对常规圈闭群的探索，“源内层系”积极开拓非常规储集层的新领域。“双层系”协同，促成超级层系近源—源内油气的高效勘探。

2.1 超级层系：“双层系”内涵是近源—源内层系的勘探并举

超级层系内“双层系”并不割裂，近源层系油气与源内层系油气，同属近微油气运聚系统，统一于超级层系源盖组合的封盖体系之下，空间上紧密相伴、资源上相互支撑。“近（进）源勘探”绝非偏废一方，而是战略性并举超级层系内的两大层系。一个富油气盆地的全生命周期勘探，是超级层系内“近源层系”与“源内层系”交替进行、协同发展的过程（图6，图7）。

“近源层系”内涵：是指聚焦于超级层系内烃源层系紧邻或紧接的、具有常规或准常规渗流能力的圈闭群中的油气。包括生烃凹陷周边的各类大型斜坡岩性地层圈闭群、古隆起及周缘的构造—地层圈闭群、与通源断裂紧密相关的断层圈闭群或断溶体群。这些圈闭群以源储压差或近源浮力为动力场，具有更直接的近源通源式烃捕获能力，核心是利用较好的储层物性和天然能量，追求单井高产、快速建产和高投资回报率。例如，塔里木盆地富满油田沿走滑断裂带分布的断溶体圈闭群近源油气、鄂尔多斯盆地超级层系延长组三角洲前缘岩性圈闭群近源油气。

“源内层系”内涵：是指将勘探与开发目标直接锁定于超级层系内烃源层系内部的致密储集层，即非常规甜点区段中的源内油气。包括页岩油气、煤层气（煤岩气）、源内致密油气等。这些储集层以源内滞留或源储压差为动力场，具有源内全覆盖捕获烃概率，核心是依靠人工改造技术构建“人造渗透率”，追求大面积、大范围的整体动用和长期稳产。例如，四川盆地超

级层系龙马溪组源内页岩气、鄂尔多斯盆地超级层系长 7 段源内石油、本溪组源内深层煤层气（煤岩气）。

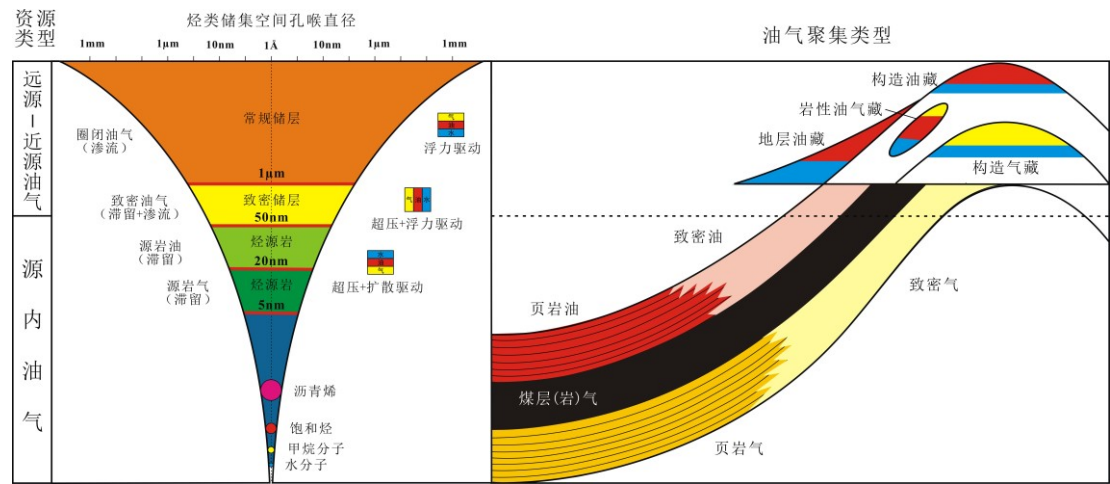


图 6 近源—源内油气聚集机理与分布特征（据邹才能等，2014；杨智等，2021b，修改）

Fig. 6 Accumulation mechanism and distribution characteristics of proximal to/within source-kitchen oil and gas (modified after Zou et al., 2014; Yang et al., 2021b).

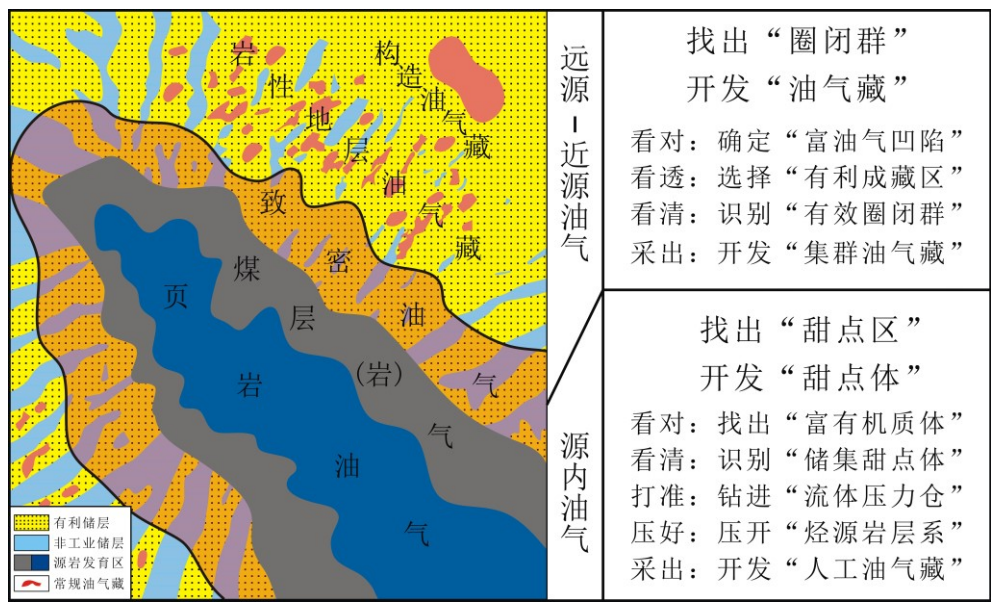


图 7 近源—源内油气平面分布模式与勘探开发路径（据邹才能等，2014；杨智等，2021b，修改）

Fig. 7 Planar distribution pattern and exploration and development pathway of proximal to/within source-kitchen oil and gas (modified after Zou et al., 2014; Yang et al., 2021b).

2.2 超级层系：“双层系”协同驱动超级盆地重大新发现

超级盆地储产量增长，是超级层系内“双层系”协同战略的成功体现（表 1）。北美二叠纪盆地源内立体开发多套页岩层系油气快速增长，国内超级盆地围绕主力源盖组合，构成的超级层系持续取得协同发现（中国石油天然气集团有限公司，2025；张道伟等，2021；窦立荣等，2026；马永生等，2024；李国欣等，2026；张宇等，2026），“近源与源内并举、双层系协同”，支撑了油气产量持续增长。

表 1 典型超级盆地超级层系近源—源内油气新发现统计

(据中国石油天然气集团有限公司，2025；窦立荣等，2026；李国欣等，2026；张宇等，2026)

盆地	超级层系 主力源盖组合	近微运聚 系统类型	重大发现/进展 (2015年以来)	新增可采储量 /产量贡献
二叠纪盆地	上泥盆统-密西西比系及二叠系页岩及其上覆盖层	源内为主，近源为辅	水平井+压裂技术迭代，实现多套页岩层系（源内）和致密层的立体开发，产量倍增。	推动美国石油产量再创历史新高，贡献其绝大部分增量。
鄂尔多斯盆地	上三叠统长7段页岩及其上覆泥岩盖层、石炭-二叠系煤系及其上覆泥岩盖层	近源与源内并重	源内：庆城10亿吨级页岩油田、深层煤层气（煤岩气）突破；近源：多套致密砂岩气万亿方大气区、姬塬-环江十亿吨级油田群。	稳居我国第一大油气区，非常规占比超60%，展现近源—源内“双层系”并行的高效。
四川盆地	下寒武统筇竹寺组页岩与上覆泥岩盖层、下志留统龙马溪组页岩与上覆泥岩盖层	近源与源内并重	近源：安岳万亿方级大气田；源内：长宁-威远、涪陵等万亿方级页岩气区、资阳超深层筇竹寺组页岩气突破，页岩油、煤层气（煤岩气）取得重要进展。	天然气产量超600亿方/年，不断向千亿方级天然气产区目标迈进。
塔里木盆地	下寒武统页岩与中下寒武统膏盐岩盖层、侏罗系煤系与古近系膏盐岩盖层	近源为主，积极准备源内	近源：库车克拉苏-博孜-大北万亿方级气区、塔北-塔中富满、顺北十亿吨级断控缝洞型大油田，塔西南取得重大发现。	石油产量稳步增长，天然气成为西气东输主力气源。
准噶尔盆地	二叠系湖相烃源层及其上覆区域泥岩盖层	近源与源内并重	近源：玛湖十亿吨级砾岩油区；源内：玛湖风城组、吉木萨尔芦草沟组页岩油取得重大突破。	石油储量与产量快速增长，诠释了近源—源内整体勘探。

2.3 超级层系：近源—源内并重带动国内新一轮油气大发现

国内陆上油气田的勘探，围绕松辽、渤海湾、鄂尔多斯、四川、准噶尔、塔里木等常规—非常规油气有序“共生富集”超级盆地，超级层系勘探已成为主导思路，一手抓近源层系圈闭群，一手抓源内层系储集层，并带来了一系列战略性、集群式的大发现。

2.3.1 鄂尔多斯盆地：超级层系“源内”革命与“近源”稳产的协同典范

鄂尔多斯盆地突破是聚焦超级层系勘探的杰出代表。在“源内层系”端，向超级层系长7段烃源层系内部进军，从夹层型到页岩型，实现了页岩层系石油的规模化勘探开发，开创了10亿吨级源内庆城大油田；向超级层系石炭—二叠系深层煤系烃源层进军，从8#煤层到5#煤层，获得大吉、蒙陕等深层煤层气（煤岩气）的战略性突破，同时本溪组和山西组海陆过渡相页岩气也取得重要进展（中国石油天然气集团有限公司，2025）。在“近源层系”端，向超级层系烃源层系上下的致密储层、大面积岩性圈闭群进军，建成了苏里格、大牛地等万亿方级致密砂岩气区，并持续在姬塬、环江、洪德等斜坡区发现亿吨级近源致密—岩性油田（中国石油天然气集团有限公司，2025）。鄂尔多斯盆地“十四五”的勘探开发进展，就是超级层系内“源内层系”与“近源层系”的有机协同，油气产量已突破亿吨级油当量，稳居我国第一大油气区，成为世界级超级盆地。

2.3.2 四川盆地：海相“近源”大气田与“源内”页岩气的“双层系”协同

四川盆地的万亿方级储量发现，同样是聚焦超级层系双层系协同成果。在“近源层系”端，围绕德阳—安岳古裂陷筇竹寺组，源盖组合构成的超级层系，在川中古隆起上发现了安岳万亿方级大气田，随后在北斜坡、川西南部持续扩大近源层系勘探成果（中国石油天然气集团有限公司，2025）。克拉通内裂陷的发现对安岳特大型气田形成的控制作用，正是超级层系近源层系勘探的经典案例。此外，川中茅口组礁滩气新领域、川中—川西须家河组—沙溪庙组致密气等也取得重要近源层系发现。在“源内层系”端，向超级层系龙马溪组和筇竹寺组源岩内部进军，建成了川南万亿方级源内页岩气区，并取得了资阳、威远等地区全球最古老超深层页岩气的战略突破，同时打开了川北开江—梁平海槽等二叠系吴家坪组源内页岩气的新局面。围绕侏罗系陆相和二叠系煤系烃源层构成的超级层系，川中—川东凉高山组页岩层系源内石油实现历

史性突破和规模性增储、川南—川西南及川东龙潭组深层煤层气（煤岩气）钻试工业气流。四川盆地“十四五”的勘探开发进展，呈现出超级层系内“近源层系”与“源内层系”并重、“海相”与“陆相”并举的显著特征，建成“天然气大庆”，不断向千亿方级大气区迈进。

2.3.3 准噶尔盆地：超级层系中的“整体近源—源内”

准噶尔盆地二叠系风城组碱湖烃源层，及其源盖组合构成的超级层系实践，诠释了超级层系内“近源层系”与“源内层系”，在一个源盖组合控制下的协同发展（中国石油天然气集团有限公司，2025）。向超级层系紧邻或紧接烃源层的斜坡区进军，发现了玛湖十亿吨级砾岩大油田，这是典型的近源层系扇控大面积圈闭群勘探；向超级层系烃源层内部进军，连续打出玛页1H、玛51X等探评井部署“组合拳”，证实风城组页岩层系内部整体含油、连续分布，展现出六亿吨级源内层系页岩油大场面。盆地南缘冲断带锁定侏罗系、二叠系源盖组合构成的超级层系，以近源层系下组合构造圈闭群为目标接连取得重大突破。成为同一盆地、超级层系整体勘探的经典战例。

2.3.4 塔里木盆地：超深层“通源断裂”引领的近源圈闭群高效发现

塔里木盆地台盆区是我国聚焦超级层系，近源层系勘探高效发现的典范。寒武系烃源层在中下寒武统膏盐岩区域性盖层封盖下，构成的超级层系，通过深切基底沟通的走滑断裂连接油源与圈闭，寻找受通源断裂控制的断溶体圈闭群成为核心策略，大大提高了塔北奥陶系的勘探效率和成功率（中国石油天然气集团有限公司，2025）。沿着这些通源断裂带，相继发现了顺北、富满等大型—特大型油气田。库车和塔西南山前侏罗系煤系，在古近系膏盐岩盖层封盖下构成的超级层系，以及石炭—二叠系海陆相主力烃源层、及其源盖组合的超级层系近源层系勘探，接连取得重大突破。塔里木盆地“十四五”勘探进展表明，超级层系近源层系勘探模式，极大地缩短了从发现到探明再到建产的周期，诠释了更快的发现节奏和投资回报。

2.3.5 渤海湾盆地与松辽盆地：老油区超级层系“近源—源内并举”焕青春

在勘探程度极高的东部老油区，聚焦超级层系近源—源内协同战略，同样成为实现新突破的优先选择。渤海湾盆地，向超级层系生烃深凹区“源内层系”进军，在沧东、歧口等凹陷孔二段、沙河街组页岩层系中获得突破；向超级层系深潜山“近源层系”进军，在杨税务潜山发现大型天然气藏（中国石油天然气集团有限公司，2025）。松辽盆地，以古龙页岩油为代表，打响了超级层系“进源”的石油革命，“大庆底下找大庆”；向超级层系深层沙河子组致密气领域的“进源”勘探，以及向深部火山岩、基岩潜山等“近源层系”领域的探索，也为老油田稳产开辟了新路（中国石油天然气集团有限公司，2025）。实践证明，老油区的未来，就在其赖以形成的超级层系——即近微油气运聚系统中的近源—源内油气。

3 超级层系：未来油气重大新领域

从前勘探期，到后勘探期，油气勘探的核心已从“去哪里找油”，转变为“如何更快、更省、更大规模，找到并动用超级层系内的近源—源内油气”。基于此，未来重大领域须同时满足更大发现概率、更快投资回报和更大规模潜力两大标准。

3.1 超级层系：巨量资源体量和剩余资源

国内陆上围绕主要源盖组合的超级层系剩余资源依然巨量。主要包含两个层面的巨大潜力：

（1）超级层系近源层系圈闭群中，尚有很多因目标隐蔽、技术受限，而未发现的“漏网之鱼”，

尤其在深层和超深层；（2）超级层系源内层系储集层中，和已发现的经济可采储量与原地资源量相比，前景十分可观，提高采收率的空间极大；而中低熟富有机质页岩、煤岩层系等领域转化资源潜力，或许更是一次颠覆性的真正油气革命。超级层系资源基础坚实，关键在于适用的理念和技术去实现高效升级和转化。

3.2 超级层系：未来重大领域梳理

基于超级层系的风险、规模与回报预期，聚焦更快发现与更大规模，未来可聚力以下 5 大领域，兼顾超级层系内的近源层系与源内层系，实现节奏与规模的统一。

3.2.1 领域 1 “近源层系”：聚焦超深层常规圈闭群，追求高效战略发现

此领域核心，是获取更大单井产量、更快投资回报，实现规模增储与战略发现。（1）四川盆地类似川中古隆起及周缘超级层系：锁定筇竹寺组源盖组合，精细刻画德阳—安岳裂陷槽周缘台缘带及斜坡带深层岩性地层圈闭群，寻找第二个、第三个安岳式近源层系大气田。（2）塔里木盆地库车及塔西南前陆冲断带超级层系：锁定以主力烃源层系为核心的源盖组合，持续攻关 8000 米以深的大型构造圈闭群。（3）塔里木盆地台盆区超级层系：锁定寒武系等源盖组合，沿走滑断裂系统寻找更多、更深、更富集的断溶体圈闭群。（4）准噶尔盆地南缘冲断带超级层系：锁定侏罗系和二叠系源盖组合，评价下组合近源层系构造圈闭群。

3.2.2 领域 2 “源内层系”：聚焦中浅层页岩层系甜点区段，追求更大资源规模

此领域将保障更大发现规模、更稳资源基础，是接替常规油、实现长期稳产的主力。（1）鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 7 段超级层系：在庆城模式基础上，攻关陇东更复杂的页岩型页岩油，拓展姬塬、陕北等新区，巩固全国最大源内层系页岩石油生产基地地位。（2）松辽盆地白垩系青山口组/嫩江组超级层系：以轻质页岩油为核心，突破效益开发瓶颈，支撑百年大庆建设。（3）渤海湾盆地古近系孔店组/沙河街组超级层系：在东营、沧东等富烃深凹区，深化“常非一体”评价，打造东部新的产油中心。（4）准噶尔盆地二叠系风城组/芦草沟组超级层系：聚焦玛湖、吉木萨尔等富烃凹陷优质碱湖/咸化湖相页岩层系，尽快将源内层系储量转化为产量。

3.2.3 领域 3 “源内—近源”：聚焦含煤层系“双层系”协同，打造天然气增长新极

含煤层系，是超级层系天然气勘探的黄金层系，其“近源—源内”协同的潜力很大。（1）源内层系深层煤层气（煤岩气）。以鄂尔多斯盆地为重点，快速复制长水平段+大规模体积压裂模式，建成新的万亿方级源内层系大气区。（2）近源层系致密气与页岩气。围绕超级层系煤系源盖组合，评价其紧邻的致密气（近源层系）和煤系页岩气（源内层系），发展多气合采工艺，实现超级层系立体开发，提升整个煤岩层系的工业价值。

3.2.4 领域 4 “源内原位”：加快地下中低熟页岩与煤岩原位转化，真正实现“两场新革命”

以原位电力化学转化为代表的颠覆性技术路径，正在孕育革命性突破。通过井下电加热直接作用于富有机质页岩、煤岩两大层系，将固态干酪根或煤炭，原位转化为轻质油和气，从“物理造缝”跨越到“化学转化”，实现了从“开采已生成油气”到“人造生油气过程”的范式转换。围绕富有机质中低熟页岩煤岩地下液化气化，加快推进规模化现场先导试验，为超级层系油气供应打开战略大门。该技术路径，或许是可与北美水力物理压裂改造技术，相媲美的革命性突破，有望在中国富有机质陆相中低熟页岩层系、煤岩层系，率先实现规模工业性开发。

3.2.5 领域 5 “超级层系”：聚焦伴生资源协同综合勘探，提升资源利用综合效益

超级层系内烃源层系在沉积和成岩演化过程中，常同时富集多种共伴生矿产资源，包括油

页岩、铀矿、钾盐、锂、镓等固体矿产，以及氦气、氢气等气体矿产，形成多类型资源同盆共存、同层共生的有利格局。从“超级油气层系”，到“超级能源资源层系”的拓展，是后勘探期降本增效、提升资源利用效率的重要方向。例如，鄂尔多斯盆地石炭—二叠系煤系超级层系共伴生高含量氦气及镓、锗等战略性稀散金属；准噶尔盆地二叠系风城组超级层系伴生富锂卤水；四川盆地筇竹寺组和龙马溪组超级层系部分井氦气含量达工业品位。围绕超级层系构建“油气为主、兼顾伴生、综合勘查、协同开发”的资源综合利用体系，实现“一井多产、一层多用”，将有效拓宽超级层系的资源价值维度，为后勘探期油气工业可持续发展提供新的增长点。

3.3 近(进)源勘探：理念转变与战略路径

后勘探期为实现工业体系转型与升级，驾驭好超级层系内“双层系”协同的勘探格局，需完成理念与路径的融合。

3.3.1 近(进)源勘探：三大理念的有机融合

新时期需实现“圈闭群”与“甜点区”评价、“自然开发”与“人造油气藏”构建、向“多类型资源能源”，三大协同发展勘探理念的融合。（1）**目标类型上，从“超级油气层系”向“超级资源层系”拓展。**建立能够无缝衔接、统一评价超级层系内，从源外到源内各类目标的全油气系统评价体系，评价一口井应同时，考虑其钻遇的超级层系近源层系圈闭群、源内层系甜点段，以及共伴生矿产资源的综合价值。（2）**开发方式上，实现“一井多产、一层多用”。**在超级层系开发区块内统筹规划，近源层系充分利用天然能量快速上产，源内层系依靠水平井体积压裂实现整体动用，中后期探索人造能量驱动；对于共伴生矿产，探索与油气协同开发的开采工艺。（3）**发展战略上，做到立体勘探开发和整体协同有序。**打破常规与非常规、油气与固体矿产的矿权壁垒、技术壁垒和管理壁垒，以“一盘棋”思路，实现对富油气凹陷超级层系的整体勘探、立体开发和协同管理。

3.3.2 近(进)源勘探：战略路径与攻关方向

未来的超级层系战略路径为：“锁定富油气凹陷超级层系，近源层系与源内层系协同，主攻核心工程技术，坚持风险探索引领”。（1）**锁定超级盆地的富油气凹陷超级层系。**将力量精准投向已被证实拥有优质源盖组合、剩余资源潜力最大的超级层系。（2）**近源层系与源内层系协同。**全面覆盖超级层系内两大层系，二者不可偏废。（3）**聚力五大战略领域。**超深层近源层系常规圈闭群、中浅层源内层系页岩油、煤系近源—源内天然气、伴生资源协同综合勘探，是当前技术条件下实现快速突破和规模效益增储的现实领域。（4）**主攻核心工程技术。**①万米级超深层超级层系发现与安全钻探技术；②中高熟源内层系源岩油气水力压裂效益开发技术；③源内层系源岩油气颠覆性转化技术，特别是原位电力化学转化技术；④共伴生矿产资源协同勘探与综合提取技术。（5）**坚持风险勘探探索引领。**积极应对超级层系内“近源层系”增效领域、“源内层系”创新领域的诸多新挑战，开辟规模增储建产新领域。

4 结论

（1）从超级盆地到超级层系，是勘探认识从宏观盆地尺度向富集层系尺度的战略聚焦，理念和实践均发生深刻变化。超级层系是烃源岩层系内部、及其紧邻或紧接的致密储集层和隐蔽圈闭群，共同构成的核心含油气资源层系。同时，超级层系内共伴生多种矿产资源，向“超级资源层系”拓展，将进一步提升后勘探期资源利用的综合效益。

(2) 前勘探期,以“远端油气运聚系统”为核心,寻找经历复杂二次运移的圈闭型油气藏。后勘探期,以“近微油气运聚系统”为核心,需实现“圈闭群”与“甜点区”评价、“自然开发”与“人造油气藏”构建、“多类型资源能源”协同发展的理念融合。

(3) 回顾近期,聚焦超级层系勘探是油气大发现的有效路径。主要超级盆地的一系列战略性突破,均是聚焦超级层系、同时并举近源层系圈闭群、源内层系甜点区所取得的成功典范。

(4) 面向未来,超深层近源层系大型圈闭群、中浅层源内层系页岩石油富集区、煤系近源—源内天然气、以及伴生资源协同综合勘探四大领域,是超级层系内追求更快商业发现与更大规模增储的战略接替领域。原位电力化学转化技术,或许是可与北美水力物理压裂改造技术相媲美的颠覆性技术,有望在中国富有机质中低熟页岩煤岩层系率先实现规模工业性开发。

讨论: 中国进入了地下煤炭油气与地上新能源融合发展新阶段,正在创新发展“全能源系统”新理论,亟需为能源地质学科注入新内涵。从超级能源盆地到超级资源层系,超级层系同时关注化石资源高效动用、伴生资源综合勘探和地下空间新型利用,并协同地地下的多能融合新质发展,才能更好地发挥服务能源强国的能源地质核心功能。

致谢: 本文在撰写过程中得到了多位专家的大力支持和帮助,引用了相关油田单位的公开勘探成果,在此一并致谢。

参考文献:

- Emmons W.H. 1921. *Geology of petroleum*. New York: McGraw-Hill.
- Levorsen A. I. *Geology of petroleum*. 1956. San Francisco: Whreeman and Company.
- 杨智, 邹才能, 陈建军, 等, 2021. “进(近)源找油”: 油气地质理论创新与重点领域勘探思考. *石油学报*, 42(10): 1310-1324.
- Yang, Z., Zou, C.N., Chen, J.J., et al., 2021a. “Exploring Petroleum inside or near the Source Kitchen”: Innovations in Petroleum Geology Theory and Reflections on Hydrocarbon Exploration in Key Fields. *Acta Petrolei Sinica*, 42(10): 1310-1324.
- 贾承造, 2017. 论非常规油气对经典石油天然气地质学理论的突破及意义. *石油勘探与开发*, 44(1): 1-11.
- Jia C.Z., 2017. Breakthrough and significance of unconventional oil and gas to classical petroleum geology theory. *Petroleum Exploration and Development*, 44(1): 1-11.
- 翟光明, 胡见义, 赵文智, 等, 2016. 科学探索井历程、成效及意义——纪念科学探索井项目实践 30 周年. *石油勘探与开发*, 43(2): 153-165.
- Zhai G.M., Hu J.Y., Zhao W. Z., et al, 2016. History, achievements and significance of scientific exploration wells: For the 30th anniversary of the “scientific exploration well” program. *Petroleum Exploration and Development*, 43(2): 153-165.
- 胡朝元, 1982. 生油区控制油气田分布: 中国东部陆相盆地进行区域勘探的有效理论. *石油学报*, 3(2): 9-13.
- Hu C.Y., 1982 Source bed controls hydrocarbon habitat in continental basins, east China. *Acta Petrolei Sinica*, 3(2): 9-13.
- 贾承造, 赵文智, 邹才能, 等, 2007. 岩性地层油气藏地质理论与勘探技术. *石油勘探与开发*, 34(3): 257-272.
- Jia C.Z., Zhao W.Z., Zou C.N., et al, 2007. Geological theory and exploration technology for lithostratigraphic hydrocarbon reservoirs. *Petroleum Exploration and Development*, 34(3): 257-272.
- Schmoker J. W., 1995. Method for assessing continuous-type (unconventional) hydrocarbon accumulations[M]//GAUTIER D L, DOLTON G L, TAKAHASHI K I, et al. National assessment of United States oil and gas resources: Results, methodology, and supporting data. Reston, VA: US Geological Survey.
- 黄第藩, 梁狄刚, 2005. 关于油气勘探中石油生成的理论基础问题——与无机生油论者商榷. *石油勘探与开发*, 32(5): 1-10.
- Huang D.F. and Liang D.G., 2005. Basic theoretical questions of oil generation in petroleum plays: discussing with oil inorganic theorists. *Petroleum Exploration and Development*, 32(5): 1-10.
- 杨智, 邹才能, 吴松涛, 等, 2021b. 从源控论到源储共生系统: 论源岩层系油气地质理论认识及实践. *地质学报*, 95(3): 618-631.
- Yang Z., Zou C.N., Wu S.T., et al., 2021. From source control theory to source-reservoir symbiosis system: On the theoretical understanding and practice of source rock strata oil and gas geology in China. *Acta Geologica Sinica*, 95(3): 618-631.
- 《中国油气勘探开发发展报告 2026》编委会, 2026. 中国油气勘探开发发展报告 2026. 北京: 国家能源局石油天然气司公开报告.
- Compilation Committee of China Oil and Gas Exploration and Development Report 2026, 2026. China Oil and Gas Exploration and Development Report 2026. Beijing: Public Report of the Department of Oil and Gas, National Energy Administration.
- 赵文智, 邹才能, 汪泽成, 等, 2004. 富油气凹陷“满凹含油”论——内涵与意义. *石油勘探与开发*, 31(2): 5-13.
- Zhao W.Z., Zou C.N., Wang Z.C., et al., 2004. The intension and signification of “Sag-wide Oil-Bearing Theory” in the Hydrocarbon-rich Depression with terrestrial origin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 31(2): 5-13.
- 邹才能, 陶士振, 侯连华, 等, 2014. 非常规油气地质学. 2 版. 北京: 地质出版社.
- Zou Caineng, Tao Shizhen, Hou Lianhua, et al., 2014. *Unconventional Petroleum Geology*. 2nd ed. Beijing: Geological Publishing House.

- 马永生, 蔡勋育, 赵培荣, 2018. 中国页岩气勘探开发理论认识与实践. 石油勘探与开发, 45(4): 561-574.
- Ma Y.S., Cai X.Y., Zhao P.R., 2018. China's shale gas exploration and development: Understanding and practice. *Petroleum Exploration and Development*, 45(4): 561-574.
- 孙龙德, 邹才能, 朱如凯, 等, 2013. 中国深层油气形成、分布与潜力分析. 石油勘探与开发, 40(6): 641-649.
- Sun L.D., Zou C.N., Zhu R.K., et al., 2013. Formation, distribution and potential of deep hydrocarbon resources in China. *Petroleum Exploration and Development*, 40(6): 641-649.
- 李德生, 1997. 中国石油天然气总公司院士文集: 李德生集. 北京: 中国大百科全书出版社.
- Li D.S., 1997. China National Petroleum Company academy collection: Li Desheng. Beijing: Encyclopedia of China Publishing House.
- 焦方正, 邹才能, 杨智, 2020. 陆相源内石油聚集地质理论认识及勘探开发实践. 石油勘探与开发, 47(6): 1067-1078.
- Jiao F.Z., Zou C.N., Yang Z., 2020. Geological theory and exploration & development practice of hydrocarbon accumulation inside continental source kitchens. *Petroleum Exploration and Development*, 47(6): 1067-1078.
- 杨智, 邹才能, 2022. 论常规—非常规油气有序“共生富集”——兼论常规—非常规油气地质学理论技术. 地质学报, 96(5): 1635-1653.
- Yang Z., Zou C.N., 2022. Orderly “sympiotic enrichment” of conventional & unconventional oil and gas——discussion on theory and technology of conventional & unconventional petroleum geology. *Acta Geologica Sinica*, 96(5): 1635-1653.
- 邹才能, 杨智, 董大忠, 等, 2022. 非常规源岩层系油气形成分布与前景展望. 地球科学, 47(5): 1517-1533.
- Zou C.N., Yang Z., Dong D.Z., et al., 2022. Formation, Distribution and Prospect of Unconventional Hydrocarbons in Source Rock Strata in China. *Earth Science*, 47(5): 1517-1533.
- 贾承造, 庞雄奇, 宋岩, 2024. 全油气系统理论基本原理. 石油勘探与开发, 51(4): 679-691.
- Jia C.Z., Pang X.Q., Song Y., 2024. Basic principles of the whole petroleum system. *Petroleum Exploration and Development*, 51(4): 679-691.
- 范雨辰, 杨智, 辛红刚, 等, 2026. 基于源储配置的陆相页岩层系储层中烃类多尺度多类型赋存机制. 地球科学, 51(7): 2821-2837.
- Fan Y.C., Yang Z., Xin H.G., et al., 2026. Multi-Scale and Multi-Type Hydrocarbon Occurrence Mechanism in Continental Shale Strata Reservoirs Based on Source-Reservoir Configuration. *Earth Science*, 51(7): 2821-2837.
- 中国石油天然气集团有限公司, 2025. 中国石油风险勘探 20 年战例. 北京: 石油工业出版社.
- China National Petroleum Corporation, 2025. 20 years of risk exploration campaigns in PetroChina. Beijing: Petroleum Industry Press.
- 总论编纂委员会, 2023. 中国石油地质志·第二版·卷一: 总论. 北京: 石油工业出版社.
- Editorial Committee of General Introduction, 2023. Petroleum Geology of China (2nd Edition) Volume 1: General Introduction. Beijing: Petroleum Industry Press.
- 赵文智, 胡素云, 刘伟, 等, 2015. 论叠合含油气盆地多勘探“黄金带”及其意义. 石油勘探与开发, 42(1): 1-12.
- Zhao W.Z., Hu S.Y., Liu W., et al., 2015. The multi-staged “golden zones” of hydrocarbon exploration in superimposed petroliferous basins of onshore China and its significance. *Petroleum Exploration and Development*, 42(1): 1-12.
- 邱中建, 邓松涛, 2012. 中国油气勘探的新思维. 石油学报, 33(S1): 1-5.
- Qiu Z.J., Deng S.T., 2012. New thinking of oil-gas exploration in China. *Acta Petrolei Sinica*, 33(S1): 1-5.
- 贾承造, 2024. 中国石油工业上游前景与未来理论技术五大挑战. 石油学报, 45(1): 1-14.
- Jia C.Z., 2024. Prospects and five future theoretical and technical challenges of the upstream petroleum industry in China. *Acta Petrolei Sinica*, 45(1): 1-14.
- 戴金星, 秦胜飞, 胡国艺, 等. 新中国天然气勘探开发 70 年来的重大进展[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(6): 1037-1046.
- Dai J.X., Qin S.F., Hu G.Y., et al., 2019. Major progress in the natural gas exploration and development in the past seven decades in China. *Petroleum Exploration and Development*, 46(6): 1037-1046.
- 张道伟, 2021. 四川盆地未来十年天然气工业发展展望. 天然气工业, 41(8): 34-45.
- Zhang D.W., 2021. Development prospect of natural gas industry in the Sichuan Basin in the next decade. *Natural Gas Industry*, 41(8): 34-45.
- 窦立荣, 黄擎宇, 陈希, 等, 2026. 中国“十四五”油气勘探开发成就与未来 10 年展望. 石油学报, 47(6): 1133-1148.
- Dou L.R., Huang Q.Y., Chen X., et al., 2026. Achievements of China's oil and gas exploration and development in the 14th Five-Year Plan period and future prospects for the next decade. *Acta Petrolei Sinica*, 47(6): 1133-1148.
- 马永生, 蔡勋育, 黎茂稳, 等, 2024. 深层—超深层海相碳酸盐岩成储成藏机理与油气藏开发方法研究进展. 石油勘探与开发, 51(4): 692-707.
- Ma Y.S., Cai X.Y., Li M.W., et al., 2024. Research advances on the mechanisms of reservoir formation and hydrocarbon accumulation and the oil and gas development methods of deep and ultra-deep marine carbonates. *Petroleum Exploration and Development*, 51(4): 692-707.
- 李国欣, 杨雨, 宋永, 等, 2026. 中国石油“十四五”国内油气勘探重大进展与未来发展前景. 中国石油勘探, 31(1): 1-13.
- Li G.X., Yang Y., Song Y., et al., 2026. Major progress in “14th Five-Year Plan” period and outlook of oil and gas exploration of PetroChina. *China Petroleum Exploration*, 31(1): 1-13.
- 张宇, 赵培荣, 刘士林, 等, 2026. 中国石化“十四五”主要油气勘探进展与发展战略. 中国石油勘探, 31(1): 14-27.
- Zhang Y., Zhao P.R., Liu S.L., et al., 2026. Main progress in oil and gas exploration during the 14th Five-Year Plan period and future development strategy of Sinopec. *China Petroleum Exploration*, 31(1): 14-27.