

# 天然气田开发的地质条件与风险评估

白明明 樊成涛

陕西延长石油(集团)有限责任公司气田公司 陕西 延安 716000

**摘要:** 随着全球能源需求的持续增长,天然气因其清洁和高效的特性而受到广泛关注。天然气田的开发涉及复杂的地质条件和多种潜在风险。本文深入探讨了天然气田开发的地质条件,以及与之相关的风险评估,旨在为天然气田的安全、高效开发提供理论指导。

**关键词:** 天然气田;地质条件;风险评估

## 引言

天然气作为一种重要的能源资源,在全球能源结构中占据重要地位。天然气田的开发不仅关系到能源供应安全,还与经济、环境等多个方面密切相关。因此,对天然气田开发的地质条件和风险评估进行深入研究,具有重要的理论和实践意义。

## 1 天然气田开发的地质条件

### 1.1 丰富的气体资源

天然气田的开发,首要的条件就是地下必须蕴藏着丰富的天然气资源。这种资源的丰富性不仅体现在储量的庞大,还体现在其质量和可开采性上。首先,天然气田的储量是评估其开发价值的关键因素。一个具有商业开发价值的天然气田,其储量必须达到一定的规模,以满足长期开采和市场需求。储量的大小直接影响到气田的开发周期、投资回报以及市场竞争力。因此,在天然气田开发的初期,对地下资源的勘探和评价工作至关重要。其次,天然气的质量也是衡量气体资源丰富性的一个重要指标。高质量的天然气含有较高的甲烷含量,同时杂质较少,这样的天然气在市场上更具竞争力,也能为开发企业带来更高的经济效益。因此,在勘探阶段,就需要对天然气的组分进行详细地分析,以确定其质量等级。最后,可开采性也是评估气体资源丰富性的一个重要因素。有些天然气田虽然储量丰富,但由于地质条件复杂或开采技术限制,导致开采成本过高或开采效率低下。因此,在评估气体资源时,还需要考虑其可开采性,包括地质构造、储层物性、开采技术等多方面因素。

### 1.2 适宜的地质构造

在天然气的勘探和开发过程中,对地质构造的深入理解是至关重要的。天然气田通常位于特定的地质构造中,这些构造为天然气的生成、运移和聚集提供了有利的条件。褶皱和断层是两种常见的有利于天然气聚集的

地质构造。褶皱构造,特别是背斜和向斜,可以为天然气提供有效的圈闭空间。在背斜构造中,天然气可以聚集在构造的高点,而在向斜中,则可能聚集在构造的低点。这些褶皱构造通常是由于地壳运动形成的,它们不仅为天然气提供了储存空间,还通过阻止天然气的进一步运移,有助于其长期保存。断层构造则是天然气运移的重要通道。断层可以切割不同的地层,使得深部的天然气能够沿着断层面运移到更浅的地层中聚集。同时,断层也可以作为天然气的圈闭构造,当断层两侧的岩层具有不同的渗透性时,天然气可以在渗透性较差的一侧聚集<sup>[1]</sup>。除了褶皱和断层,还有其他一些地质构造也对天然气的聚集和保存有利,如岩性圈闭、地层圈闭等。这些构造的形成都与地壳运动、沉积环境等多种因素有关。因此,在选址时,对区域地质构造进行详细分析是至关重要的。通过地质勘探和地球物理探测等手段,可以了解地下岩层的分布、构造特征以及天然气的可能聚集区域。这些信息对于后续的开发方案制定、钻井位置的确定以及风险评估都具有重要的指导意义。

### 1.3 良好的储层物性

储层物性是天然气田开发中不可忽视的关键因素,它直接关系到天然气的储量和开采效率。储层物性主要包括孔隙度、渗透率等参数,这些参数对天然气的聚集、运移和产出具有决定性的影响。孔隙度是指岩石中孔隙体积与岩石总体积之比,是衡量储层储气能力的重要指标。高孔隙度的储层意味着更多的空间可以容纳天然气,因此储量相对更大。同时,孔隙度的大小还影响着天然气的流动性能,孔隙度越大,天然气在储层中的流动性就越好,这对于开采过程中的气体产出至关重要。渗透率则是衡量流体在岩石中流动能力的参数,它反映了储层岩石允许流体通过的能力。高渗透率的储层意味着天然气能够更容易地通过岩石孔隙流动,这对于提高开采效率至关重要。渗透率的大小受到多种因素的

影响,包括岩石的颗粒大小、排列方式以及胶结程度等。高孔隙度和高渗透率的储层是天然气聚集和流动的理想场所。在这样的储层中,天然气可以更容易地聚集并形成气藏,同时在开采过程中也能够更顺畅地流动到井口,从而提高开采效率。因此,在天然气田的开发过程中,需要对储层物性进行详细的评价和分析。通过实验室测试、地球物理勘探以及生产测试等手段,可以获得储层物性的准确数据,为后续的开采工作提供重要的参考依据。同时,针对不同类型的储层,还需要制定相应的开采策略和技术措施,以确保天然气的有效开发和利用。

#### 1.4 盖层条件

在天然气田的地质构造中,盖层扮演着至关重要的角色。盖层,顾名思义,就是覆盖在储气层之上的一层或多层岩石,它的主要功能是防止天然气向上逸散,确保天然气能够在储层中有效封存。一个理想的盖层,首先应具备足够的厚度。这是因为厚度足够的盖层能够提供更强大的阻隔作用,减少天然气通过盖层逃逸的可能性。如果盖层过薄,那么天然气就有可能通过裂缝或孔隙穿透盖层,导致资源的损失和浪费。除了厚度,盖层的渗透性也是评价其好坏的重要指标。低渗透性的盖层意味着它对流体的阻隔能力更强,天然气更难通过盖层逃逸。这通常与盖层的岩石类型和结构有关,比如泥岩、页岩等细粒岩石,由于其紧密的颗粒排列和较低的孔隙度,通常具有较好的封隔性能。在实际的地质勘探中,确定盖层的性质和质量是评估天然气田开发潜力的重要环节<sup>[2]</sup>。地质学家会通过各种地质调查和勘探手段,如钻井取心、地球物理测井等,来详细分析盖层的岩石类型、厚度、渗透性等关键参数。此外,盖层的完整性和稳定性也同样重要。如果盖层存在大量的裂缝或断层,那么其封隔性能就会大打折扣。因此,在评价盖层条件时,还需要综合考虑其地质结构和构造特征。

## 2 天然气田开发的风险评估

### 2.1 地质风险评估

在天然气田开发过程中,地质风险评估是不可或缺的一环。地质条件的不确定性往往带来诸多潜在风险,这些风险可能对整个开发项目造成严重影响,甚至威胁到人员安全和环境的稳定。地层压力异常是其中的一个重要风险因素。当地层压力过高或过低时,都可能对钻井和开采过程造成不利影响。高压可能导致钻井过程中的井喷事故,而低压则可能引发钻井液的丧失,进而影响井壁的稳定。因此,在开发前必须对地层压力进行准确评估,并制定相应的应对措施。断层活动也是一个不

可忽视的风险源。断层的存在可能导致地层错位、裂缝产生,从而影响井筒的完整性。在活动断层附近进行钻井作业,需要特别警惕地层错动对井筒造成的破坏。此外,断层还可能成为天然气泄漏的通道,增加开采过程中的安全风险。地层坍塌是另一个重要的地质风险。当地层岩石强度不足以支撑上覆岩层时,就可能发生地层坍塌。这种情况在钻井过程中尤为危险,可能导致井壁失稳、钻井工具被埋等严重后果。因此,在开发前必须对地层岩石的力学性质进行深入研究,确保钻井过程中的安全。为了有效应对这些地质风险,地质调查和勘探工作显得尤为重要。通过详细的地质勘探,我们可以获取地层压力、断层分布、地层岩石性质等关键信息,为风险评估提供数据支持。同时,结合先进的地质建模和数值模拟技术,我们可以更准确地预测潜在的地质风险,并制定相应的防范措施。

### 2.2 工程风险评估

在天然气田的开发过程中,除了地质风险外,还存在着多种工程风险。这些风险与钻井、设备、操作等多个环节紧密相关,一旦发生,可能会对生产、环境乃至人员安全造成严重影响。钻井事故是工程风险中的一大类。在钻井过程中,可能会遇到井壁坍塌、卡钻、钻井液漏失等问题。井壁坍塌可能导致钻井工具被埋,严重影响工程进度;卡钻则可能造成钻具损坏,增加救援难度和成本;钻井液漏失不仅影响钻井效果,还可能对地下水资源造成污染。这些事故都需要及时应对,否则可能引发更大的安全事故。设备故障是另一大工程风险。天然气开发涉及大量复杂设备,如压缩机、泵、阀门等。这些设备在长时间运行过程中可能会出现磨损、老化等问题,导致性能下降甚至完全失效。设备故障不仅会影响生产效率,还可能引发火灾、爆炸等严重后果。因此,对设备的定期检查、维护和更新至关重要。除了钻井事故和设备故障,操作不当也是一个重要的工程风险源。天然气开发过程中涉及大量高压、高温、易燃易爆的介质,操作稍有不慎就可能引发安全事故<sup>[3]</sup>。因此,必须对操作人员进行严格地培训和考核,确保他们具备足够的安全意识和操作技能。为了有效应对这些工程风险,全面的风险评估工作显得尤为重要。评估过程中需要综合考虑各种可能的风险因素,制定相应的预防措施和应急预案。同时,还需要建立健全的安全管理体系,确保各项安全措施得到有效执行。

### 2.3 环境风险评估

天然气田开发对周边环境可能产生的负面影响表现为土壤侵蚀、水资源污染、生物多样性破坏等多种形

式,对生态系统和人类生活构成潜在威胁。土壤侵蚀是一个重要的环境问题。开发过程中的土地清理、道路建设、管道铺设等活动都可能破坏地表的植被覆盖,减少土壤的稳定性,从而导致土壤侵蚀的发生。侵蚀不仅会降低土地的生产力,还可能造成下游水体的淤积和水质恶化。水资源污染是另一个需要关注的问题。天然气开发过程中可能会产生废水、废渣等污染物,如果处理不当,这些污染物可能通过渗透、径流等方式进入地下水或地表水体,造成水质污染。特别是含有重金属、油类和其他有害物质的废水,对水生生态系统和人类健康构成严重威胁。此外,天然气田开发还可能对生物多样性产生影响。开发活动可能破坏野生动植物的栖息地,导致物种迁移或灭绝。特别是对于一些敏感和濒危物种,这种影响可能是灾难性的。为了有效应对这些环境风险,必须进行全面的评估。评估过程中,需要详细调查开发区域的生态环境现状,识别可能的环境风险点,并预测开发活动对环境的潜在影响<sup>[4]</sup>。同时,还需要制定相应的预防和治理措施,如恢复植被、建设污水处理设施、设立生态保护区等,以最大程度地减少开发活动对环境的负面影响。

#### 2.4 经济风险评估

在天然气田开发项目中,经济风险是一个不可忽视的重要因素。这类风险主要涉及市场价格波动和开发成本超支两大方面,它们都可能对企业的财务状况和项目的盈利能力产生显著影响。市场价格波动是经济风险的一个重要组成部分。天然气市场受到全球能源供需关系、地缘政治因素、季节性需求变化等多重因素的影响,其价格波动可能较大。当市场价格低于预期时,企业的收入可能会受到影响,进而影响项目的盈利能力和企业的现金流状况。因此,在项目开始前,对市场价格走势进行准确预测和风险评估显得尤为重要。另一方面,开发成本超支也是经济风险的一个重要方面。天然气田开发项目通常涉及大量的资本投入,包括基础设施

建设、钻井设备采购、人员薪酬等。在项目执行过程中,可能会出现各种预料之外的支出,如地质条件复杂导致的钻井难度增加、设备故障需要紧急维修或更换等。这些额外支出可能会使项目的总成本超出预算,对企业的财务状况造成压力。为了有效管理这些经济风险,企业需要进行全面的经济风险评估。评估过程中,应详细分析历史市场价格数据,了解价格波动的原因和规律,以便更准确地预测未来的价格走势。同时,还应针对项目的各项成本进行细致估算,包括直接成本和间接成本,并考虑到可能出现的额外支出。基于经济风险评估的结果,企业可以制定合理的开发计划和预算。例如,可以设定价格波动的风险阈值,当市场价格低于该阈值时,采取相应的风险管理措施,如调整销售策略、优化成本控制等。同时,通过合理的预算规划,确保项目在执行过程中有足够的资金储备来应对可能出现的成本超支情况。

#### 结语

天然气田的开发是一个复杂而系统的工程,涉及多方面的地质条件和风险评估。只有充分了解和评估这些条件和风险,才能确保天然气田的安全、高效开发。本文的研究为天然气田开发提供了理论支持和实践指导,有助于推动天然气产业的可持续发展。

#### 参考文献

- [1]谈笑哲,程鑫,马元琨,等.天然气开发地质研究[J].化学工程与装备,2019,000(003):124-125.
- [2]王湘君.中国石油天然气开发技术进展及展望探究[J].2021(2016-4):140-140.
- [3]蒲子芳,孙伟博,张大明,等.天然气水合物开采过程中的风险与防控[J].海洋工程装备与技术,2019,006(S01):P.474-477.
- [4]刘瑞.天然气开采过程中的安全措施初探[J].数字化用户,2019,025(001):143.