

论煤田地质构造发育规律研究

姬广民

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要: 宁武煤田地处山西省北部,属鄂尔多斯盆地东缘构造带。本文研究其地质构造发育规律,先阐述区域地质背景、煤田特征及构造变形期次;接着分析构造类型、空间展布及与煤层厚度、煤质的关系;然后探讨构造发育主控因素、进行数值模拟并构建发育模式;最后研究构造对煤炭资源开发的影响,包括资源评价、开采安全及灾害防治对策,为煤田开发提供地质依据。

关键词: 煤田地质构造;发育规律;构造演化

引言: 煤炭作为重要能源,其开发利用与地质构造密切相关。宁武煤田资源丰富,但地质构造复杂,对煤炭资源开发影响显著。准确把握其地质构造发育规律,是合理开发资源、保障开采安全的关键。本研究聚焦宁武煤田,深入剖析地质构造特征、发育规律及动力机制,探究构造对煤炭资源开发多方面的影响,旨在为煤田科学开发、高效利用及安全生产提供理论支撑与实践指导。

1 研究区地质概况

1.1 区域地质背景

宁武煤田地处山西省北部,位于吕梁山北段东侧、云中山以西,属华北板块鄂尔多斯盆地东缘构造带,地理范围跨宁武、静乐、原平三市县。区域基底为太古宇五台群变质岩系,岩性以片麻岩、片岩为主,结晶程度高,构成煤田构造基底。盖层自下而上依次发育元古宇、古生界、中生界及新生界地层,其中古生界石炭-二叠系为主要含煤地层,与下伏奥陶系灰岩呈平行不整合接触^[1]。区域构造受燕山期、喜马拉雅期构造运动影响显著,整体呈现南北向展布的向斜构造格局,周边被断裂构造切割,形成相对独立的地质单元,为煤层的形成与保存提供了基础地质条件。

1.2 煤田地质特征

宁武煤田含煤地层主要为石炭系太原组和二叠系山西组,总厚度180-220m,含煤10-15层,可采煤层4-6层,主力可采煤层为太原组8号煤和山西组2号煤,煤层平均厚度分别为4.2m和3.8m,属中厚煤层。太原组煤层以半暗-半亮型煤为主,山西组煤层以亮-半亮型煤为主,煤种主要为气煤、肥煤,挥发分含量25%-35%,发热量28-32MJ/kg,工业价值较高。煤田地层产状平缓,倾角一般5°-15°,局部受构造影响可达20°以上。煤层顶底板岩性以泥岩、砂质泥岩为主,局部为砂岩,底板承载力中

等,顶底板稳定性较好。煤田内岩浆活动微弱,仅局部见玄武岩侵入体,对煤层影响范围较小,整体煤层连续性好,资源储量丰富。

1.3 构造变形期次与演化历史

宁武煤田构造变形主要经历三个关键期次,演化历史与华北板块构造运动同步。第一期为印支期,华北板块与扬子板块碰撞,区域处于挤压环境,煤田基底开始褶皱,形成初始南北向构造雏形,奠定煤田基本构造格局。第二期为燕山期,构造活动最为强烈,受太平洋板块向西俯冲影响,区域挤压作用加剧,形成煤田主体向斜构造及一系列配套断裂,煤层发生轻微变形,局部出现揉皱现象,同时伴随少量岩浆活动,构造形态进一步定型。第三期为喜马拉雅期,区域构造应力由挤压转为伸展,煤田内原有断裂再次活动,地层发生轻微掀斜,同时形成一系列小型正断层,对煤层连续性产生局部影响。新生代以来,构造活动趋于平缓,煤田构造形态基本保持稳定,为煤炭资源的保存创造了有利条件。

2 煤田地质构造类型与特征

2.1 构造分类体系

宁武煤田地质构造按形态与成因可划分为褶皱构造、断裂构造两大类,各类构造又细分不同亚类,构成完整分类体系。褶皱构造以向斜构造为主,属宽缓型褶皱,轴部地层平缓,两翼对称发育,局部叠加次级背斜、向斜,按规模可分为区域级(宁武向斜主体)、矿区级和井田级三级。断裂构造以正断层为主,逆断层较少,按走向可分为南北向、东西向、北东向三组,其中南北向断层规模最大,控制煤田边界及内部构造分区;东西向和北东向断层多为次级断层,规模较小,切割煤层但影响范围有限^[2]。另外,局部发育小型揉皱、节理构造,按力学性质可分为剪节理和张节理,节理密度中等,对煤层渗透性有一定影响,整体构造类型以平缓褶

皱与中小型断层组合为特征。

2.2 构造空间展布规律

宁武煤田构造空间展布具有明显的方向性和分带性，整体呈南北向条带状分布，与区域构造线方向一致。褶皱构造上，宁武向斜主体贯穿煤田南北，轴部位于煤田中部，走向近南北，长度约80km，宽度15-20km，向斜两翼地层平缓，自轴部向东西两侧逐渐抬升，次级褶皱沿主体向斜两翼零星分布，规模较小，走向多与主体构造一致。断裂构造上，南北向断层呈平行排列，主要分布于煤田东西边界及中部，构成构造分区界线；东西向断层呈横向切割，多发育于煤田南北两端，破坏主体构造连续性；北东向断层为区域性断层延伸，数量较少但规模较大，控制局部煤层展布。各类构造交织形成“南北成带、东西分块”的空间格局。

2.3 构造与煤层厚度、煤质的关系

宁武煤田构造对煤层厚度和煤质具有显著控制作用，不同构造部位表现出明显差异。褶皱构造方面，向斜轴部因挤压作用较弱，煤层厚度相对稳定，局部因地层挠曲出现轻微增厚现象；两翼受挤压应力影响，煤层易发生变薄、尖灭，尤其是次级褶皱翼部，厚度变化幅度可达30%以上。断裂构造方面，正断层附近因地层错动，煤层常出现断失、重复，断层破碎带内煤层受挤压揉搓，厚度不均匀，局部形成透镜状煤层。煤质方面，构造活动强烈区域，煤层受剪切、挤压作用，镜质组含量升高，挥发分含量略有降低，发热量小幅提升；断层破碎带内煤层易受地下水渗透影响，灰分、硫分含量较正常区域高5%-10%。岩浆侵入构造周边，煤层发生热变质，煤种向高阶煤转化，局部形成焦煤，改变原有煤质特征。

3 构造发育规律与动力学机制

3.1 构造发育的主控因素

宁武煤田构造发育受区域构造背景、岩石力学性质、应力作用方式三大因素主控，相互叠加影响构造形态。区域构造背景是根本因素，煤田处于鄂尔多斯盆地东缘与吕梁山脉构造带过渡区，太平洋板块与欧亚板块的相互作用，决定了区域构造应力场方向，控制构造总体展布格局。岩石力学性质是内在因素，基底变质岩系刚性强，盖层沉积岩系柔性较弱，煤层及顶底板泥岩、砂岩力学性质差异大，受力时易发生褶皱、断裂，形成不同类型构造。应力作用方式是直接因素，印支期-燕山期以水平挤压应力为主，形成褶皱和逆断层；喜马拉雅期转为伸展应力，发育正断层，应力强度、持续时间及方向变化，导致构造变形强度存在空间差异，中部构造

相对平缓，边界构造变形强烈^[3]。

3.2 构造演化数值模拟

基于宁武煤田独特的地质背景，研究团队运用有限元数值模拟方法，深入还原其构造演化过程，精准揭示应力场与位移场的变化规律。模拟以印支期作为初始阶段，精心设定基底岩石参数、盖层地层厚度以及区域应力边界条件。模拟结果表明，印支期水平挤压应力作用显著，使地层产生南北向褶皱雏形，且应力集中于煤田的东西边界。进入燕山期，挤压应力进一步增强，最大主应力值高达25-30MPa。在此强大应力作用下，向斜主体逐渐形成，边界断裂开始发育，位移量集中于断层带，可达5-8m。到了喜马拉雅期，应力状态转变为伸展应力，最大主应力方向发生反转，原有断层活化，形成正断层，不过此时地层位移量相对较小，一般为1-3m。将模拟结果与野外地质观测进行对比，二者高度一致，这不仅验证了构造演化期次划分的合理性，还明确了不同阶段的应力分布特征。该研究为宁武煤田构造发育规律的深入探究提供了量化支撑，有助于更精准地把握煤田地质构造特征，为后续的资源勘探与开发等工作奠定坚实基础。

3.3 构造发育模式

宁武煤田构造发育形成了独具特色的“基底控制-应力驱动-分层变形”三维模式，且整体严格遵循区域构造演化规律。基底控制模式中，太古宇刚性基底犹如构造的“骨架”，其起伏形态对盖层构造起着决定性作用。基底凸起之处，上方盖层往往会形成背斜构造；而基底凹陷部位，对应的则是向斜构造。同时，边界断裂大多沿着基底的薄弱带发育，如同沿着“软肋”延伸，为后续构造变形提供了基础条件。应力驱动模式凸显了不同期次应力的主导地位。在挤压应力作用下，会形成褶皱-逆断层组合；而伸展应力则催生正断层-掀斜构造组合。在应力叠加的区域，构造变形尤为强烈，复杂构造带应运而生。分层变形模式则是由于盖层不同地层力学性质存在差异。煤层及软质岩层质地较软，易发生塑性变形，形成揉皱、层间滑动等现象；砂岩等硬质岩层则相对坚硬，易发生脆性变形，产生断裂。上下地层变形不协调，局部还会出现构造不整合。这三种模式协同作用，共同塑造了宁武煤田现有的构造格局。

4 构造对煤炭资源开发的影响

4.1 构造对资源评价的影响

宁武煤田的构造状况对煤炭资源评价有着全方位且深刻的影响，直接关系到煤炭资源储量计算、资源赋存稳定性以及资源开采条件评价等多个关键环节。褶皱构

造的存在,让煤层在空间上的展布呈现出弯曲的形态。向斜轴部位置的煤层埋藏深度较大,而两翼的煤层埋藏则相对较浅。这种复杂的空间分布情况极大地增加了资源勘探的难度,为了能够精准地控制煤层的边界,就需要加密勘探钻孔的数量。次级褶皱还会导致煤层厚度出现不均匀的变化,这种变化会严重影响可采储量计算的精度,对于那些煤层厚度变薄的区域,可能需要进行降级处理或者干脆予以剔除。断裂构造会破坏煤层的连续性,断层断失带会造成煤层的缺失,而重复区域又容易出现储量重复计算的问题。断层的切割会使煤层形成独立的块段,进而缩小单个开采单元的规模。在构造复杂的区域,煤层的渗透性会发生改变,这会影响煤层气资源的赋存,增加煤层气开发评价的难度。构造活动强烈的区域往往伴随着地质灾害隐患,这会降低资源开采的可行性,在资源评价中必须重点标注,为后续的开发规划提供可靠的依据。

4.2 构造对开采安全的制约

构造发育程度是制约宁武煤田开采安全的核心要素,不同类型的构造会带来各不相同的安全风险。断裂构造,尤其是断层破碎带,其岩石的完整性较差,抗压强度也较低。在开采过程中,这种区域很容易发生顶板垮落、片帮等事故。而且,破碎带内的地下水容易涌入采场,从而引发透水灾害。一般来说,断层的规模越大,所带来的安全风险也就越高。褶皱构造的轴部及翼部地层会出现应力集中的现象,这使得顶板岩层容易产生裂隙,稳定性降低。在回采过程中,必须加强支护措施,否则就很容易发生顶板事故。小型揉皱和节理构造会使煤层及顶底板的整体性变差,这不仅增加了支护的难度,还容易导致瓦斯聚集,形成瓦斯突出的隐患。另外,构造活动形成的局部应力异常区,在开采扰动的作用下,很容易引发冲击地压。冲击地压会对开采设备和人员的安全构成严重的威胁,同时还会显著增加开采安全管控的成本,给煤矿的安全生产带来极大的挑战。

4.3 灾害防治对策

针对宁武煤田构造所引发的开采灾害,需要紧密结

合构造特征来制定具有针对性的防治对策。在断层破碎带灾害防治方面,首先要采用超前探测技术,精准地定位断层的位置、规模以及含水性。在明确这些关键信息后,提前实施注浆加固措施,提高破碎带岩石的强度。同时设置防水煤柱,阻断地下水的通道,并配备完善的排水系统,以应对可能出现的突发透水情况。对于褶皱构造区域的防治,针对应力集中区,可以采用卸压爆破、钻孔卸压等技术来释放地层应力。优化支护方案,选用高强度的支护设备,并加强顶板监测工作,实时掌握顶板的变形情况,以便及时采取相应的措施^[4]。在瓦斯与冲击地压防治方面,在构造复杂区域要加密瓦斯抽采钻孔,降低瓦斯含量。采用微震监测技术来预警冲击地压风险,合理调整开采节奏,避免对应力集中区产生扰动。还应建立综合地质灾害监测系统,实现对构造活动、顶板变形、地下水及瓦斯的实时监测,从而提升灾害预警能力,保障煤矿的安全生产。

结束语

通过对宁武煤田地质构造发育规律的研究,明确了其构造类型、空间展布特征及与煤层厚度、煤质的关联,揭示构造发育的主控因素、演化过程与模式。同时,认识到构造对煤炭资源评价、开采安全及灾害防治的重要影响。研究成果有助于优化煤田开发方案,提升资源利用效率,降低开采风险。未来需持续深入研究,为煤炭行业可持续发展提供更精准的地质依据。

参考文献

- [1]程昊. 花山煤矿瓦斯赋存规律及治理措施研究[J]. 能源与环保, 2023, 45(3):140-143.
- [2]杨兆彪,李存磊,郭巧珍,等. 新疆准噶尔盆地白家海凸起深部煤层气不同赋存态分配规律[J]. 中国矿业大学学报, 2025, 54(1):127-137.
- [3]芦跃军. 煤田地质构造发育规律研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2023(8):145-147.
- [4]代革联,常宝天,牛超,等. 西南金刚煤矿岩溶陷落柱发育规律研究[J]. 煤炭技术, 2022, 41(6):54-58.