

煤顶板覆岩沉积环境区域性研究

严锦钢

陕西彬长孟村矿业有限公司, 陕西 咸阳 713600

[摘要]在煤矿开采活动中,顶板覆岩的沉积环境对煤层顶板的稳固性及作业安全性具有直接影响。作为矿区工作面的主要支撑结构,顶板覆岩的岩性、厚度和组合特征决定了顶板的稳定性,进而影响着矿井的安全性和采矿效率。随着开采深度与规模的不断扩展,煤层顶板覆岩的沉积特征及分布规律成为矿区地质研究的重点课题。在不同地质构造和沉积背景之下,煤层顶板覆岩的特征常表现出显著的区域差异,系统地研究其沉积环境具有重要的意义。文中选择延安组与安定组地层展开分析,通过岩心观察、沉积学分析与测井数据的多维度融合,试图深入探讨煤层顶板覆岩的沉积环境特征,揭示其横向与纵向的变化规律,以为煤矿开采工程的安全设计提供科学支持。

[关键词]煤顶板;覆岩沉积;沉积环境;延安组;安定组;横向差异

DOI: 10.33142/ec.v7i11.14218

中图分类号: TD823

文献标识码: A

Regional Study on Sedimentary Environment of Overlying Strata in Coal Roof

YAN Jingang

Shaanxi Binchang Mengcun Mining Co., Ltd., Xianyang, Shaanxi, 713600, China

Abstract: In coal mining activities, the sedimentary environment of the overlying rock has a direct impact on the stability and operational safety of the coal seam roof. As the main supporting structure of the mining area, the lithology, thickness, and combination characteristics of the overlying rock determine the stability of the roof, which in turn affects the safety and mining efficiency of the mine. With the continuous expansion of mining depth and scale, the sedimentary characteristics and distribution patterns of overlying rocks in coal seam roof have become a key topic in geological research of mining areas. Under different geological structures and sedimentary backgrounds, the characteristics of overlying strata in coal seam roofs often exhibit significant regional differences, and systematic study of their sedimentary environments is of great significance. In the article, the Yan'an Formation and Anding Formation strata are selected for analysis. Through multidimensional integration of core observation, sedimentological analysis, and logging data, the sedimentary environment characteristics of the overlying strata of coal seam roof are attempted to be explored in depth, revealing their horizontal and vertical variation laws, in order to provide scientific support for the safety design of coal mining engineering.

Keywords: coal roof; overburden sedimentation; sedimentary environment; Yan'an group; stability group; horizontal differences

引言

煤矿开采过程中,顶板覆岩的沉积环境直接影响岩层稳定性和开采安全性。延安组和安定组地层中煤层的分布尤为集中,复杂的地质构造和多样的沉积环境,使得地层分布的特点及沉积相特性对煤层顶板的稳定性产生了直接影响。延安组与安定组作为主要的沉积层系,不同沉积时期的环境变化引起了煤层顶板覆岩在横向和纵向上的显著差异。深入研究煤层顶板覆岩的沉积环境,不仅可揭示该区域煤层沉积环境的演变规律,同时能够明确沉积环境对工程地质特性的影响,为矿区的煤层安全开采和顶板支护设计提供宝贵的现实依据。

1 区域地质背景

孟村煤矿位于华北地区,交通便利,矿区基础设施完善,煤炭的运输效率较高。矿区内地层分布复杂,主要由侏罗系与白垩系组成,各地层的厚度与岩性变化较大。主要地层单元包括延安组、安定组及下白垩统洛河组。延安组由灰色砂岩与泥岩交替沉积组成,层理性明显;安定组

主要由砂岩、粉砂岩及黏土岩组成,适宜煤层的形成。不同区域内地层的厚度差异显著,岩相特征则呈现从陆相沉积向浅海相过渡的演化过程,沉积环境的变化十分显著。区域内的构造特征较为复杂,断层与褶皱较为普遍,这些构造对煤层的分布产生了重要影响。煤层厚度在不同区域有所不同,部分地区因断层的活动而变薄,煤层厚度的差异性由构造作用造成。褶皱的存在进一步影响了煤层的发育,部分煤层受推覆作用影响,厚度呈现不均,导致沉积环境的多样性。地貌类型多样,丘陵与低山交替分布,地形起伏较大。丘陵区更有利于煤层的沉积,而低山地区则限制了沉积物的运输与堆积,导致沉积速率与物源发生了变化,从而对沉积环境产生了影响。地形因素的作用在沉积环境的形成中具有重要地位。地质历史悠久,在侏罗纪与白垩纪时期,区域内的沉积环境发生了明显变化,从陆相沉积逐渐过渡至海相沉积,为煤层的形成提供了有利条件。

2 沉积环境研究方法

岩心观察是本研究沉积环境分析的重要手段。钻孔

岩心经过精细观察与记录,可以揭示岩层的岩性、层理及颗粒组成,从而推测沉积环境的类型。实验室中,通过显微镜与岩心切片技术,能够详细描述不同地层的岩性特征与结构特征,为沉积环境的进一步分析提供了充分依据。沉积学与层序地层学方法在本研究中的应用,为分析沉积环境提供了理论基础。通过沉积学分析,可以了解岩层沉积过程与环境之间的关系;层序地层学则通过对沉积层序的划分,揭示了煤层沉积的演化规律。这两种方法相结合,使沉积环境分析更为系统和深入。测井地质学方法在沉积环境研究中的应用同样至关重要。钻孔的测井曲线分析可以帮助推断地层的岩性与沉积环境。通过测井曲线所提供的电阻率、密度与孔隙度等参数,能够获得有关煤层发育过程的关键信息,从而有效解释煤层的形成与分布。实验分析方法包括岩石薄片鉴定与粒度分析。通过薄片鉴定,可以在显微镜下观察岩石的矿物组成与结构,揭示沉积环境的类型;粒度分析则可以帮助研究沉积物的水动力条件及运输方式,为沉积环境的分析提供了必要的实证支持。

3 工作面顶板覆岩沉积特征分析

3.1 工作面煤层顶板及其覆盖岩层描述

对孟村煤矿 401103 工作面煤层顶板及覆盖岩层的沉积特性进行了详细分析,顶板的主要成分为中等硬度的砂岩、泥岩,夹杂部分砾岩,其中厚度在区域间变化显著。最大厚度可达 100 米,而最小厚度仅为数十米,区域构造及沉积环境的多样性与地下水的作用对其差异影响显著。尤其在构造活动影响强烈的区域,岩性特征更为复杂,分异显著。由砂岩、泥岩与少量砾岩交替分布构成的覆盖岩层,厚度区域差别明显。主要覆盖层为泥岩,具有较强的隔水性,为煤层提供了保护。钻探数据与岩心样本中揭示出的沉积层信息,揭示了沉积环境在过程中多次的变化波动,为煤层稳定性评估提供支持。

3.2 煤层厚度及变化规律

煤层厚度在工作面的不同区域间差异明显,部分区域相对稳定,断层带附近的厚度则显著增减。勘查数据表明,煤层最厚处达 1.5 米,而薄处仅 30 厘米。厚度的空间变化主要由沉积环境的波动和构造活动导致。水流速度的差异不仅影响沉积速率,还影响煤层厚度的分布。快速水流区域易聚集粗颗粒,而水流平稳区域则煤层厚度均匀。厚度规律的研究,为煤层形成机制的理解提供了新的视角。

3.3 顶板覆岩岩性特征

顶板覆岩由细粒砂岩与泥岩组成,岩性特征复杂。细粒砂岩层普遍具有清晰层理结构,水流速度的波动由此反映,沉积环境稳定性较高,适合细粒物质沉积。抗压性较强的泥岩层在顶板覆岩中较为常见,保护煤层的作用显著,减小了沉积过程中的风险。在部分区域,砾岩层的分布指示出水动力的显著变化,可能与洪水等自然事件相关。顶板覆岩的岩性特征揭示了煤层沉积过程的细节,为后续沉

积环境研究提供了依据。

3.4 颗粒粒度分析及分布特征

煤层顶板覆岩的颗粒粒度显示出显著的分层特征。细粒砂岩与粉砂岩层多分布小粒径颗粒,因水流较为平缓,细粒沉积物的积聚较多;粗粒砂岩和砾岩层则存在粗粒径颗粒,水流速度快的沉积环境特征明显。颗粒粒度的分布规律为沉积环境变化的推断提供了依据。细粒砂岩与泥岩层中,颗粒均匀性较高,反映了水流速度的稳定性,适于细粒物质沉积;粗粒砂岩和砾岩层中则粒度间距较大,湍急水流的沉积环境由此显现。颗粒粒度的特征揭示了煤层顶板沉积演变的环境。

3.5 沉积相分析

对顶板覆岩的沉积相分析揭示了煤层顶板的沉积环境。沉积相的研究表明,顶板沉积环境多为河流相,细粒沉积物的存在表明水流平稳、细粒物质较易积聚;而部分区域砾岩层的出现指示水流速度的急剧变化,可能与洪水等自然事件有关^[1]。煤层顶板的沉积相特征,沉积环境的多样性由此显现,为煤层沉积过程的成因提供了新的视角。

4 延安组与安定组的沉积环境研究

4.1 延安组沉积环境分析

4.1.1 延安组二段 S1 砂体沉积特征

延安组二段 S1 砂体表现出明显的河流相沉积特征。沉积结构较为复杂,砂体规模较大,岩性以粗粒砂岩为主,局部可见粉砂岩夹层,沉积物显示了较强的水动力条件。沉积层理主要以平行层理和交错层理为主,充分反映出高能水流的影响。通过粒度分析,发现 S1 砂体沉积物的粒度主要为粗砂与中砂,泥质成分较少,这表明在沉积过程中,物质搬运能力较强,可能是在高流速的水体环境中形成。基于这些沉积特征,推测延安组二段处于河流相的强盛发展期,沉积流向较为稳定,水流的能量持续较高。

表 1 延安组二段 S1 砂体粒度参数统计表

样品编号	平均粒径 (Mz)	分选性 (σ)	偏态 (Sk)	峰度 (kg)
S1-1	2.48	0.57	0.25	1.20
S1-2	2.51	0.61	0.27	1.22
S1-3	2.50	0.59	0.26	1.21
S1-4	2.49	0.58	0.24	1.19
S1-5	2.52	0.60	0.28	1.23

从表 1 的数据中可以看出, S1 砂体的粒度分布具有较高的分选性,泥质含量较少,平均粒径接近 2.50,这进一步证明了沉积物在搬运过程中经历了较强的水动力作用,符合典型的河流相沉积特征。

4.1.2 S1 砂体岩石学特征

S1 砂体的岩性以粗粒砂岩为主,石英颗粒占据主要成分,长石与岩屑的比例较低,表明其物源主要来自稳定的克拉通地块。显微镜下,石英颗粒多为次圆形至圆形,磨圆度较好,说明其经历了一定程度的搬运作用。粒度分

析结果显示,S1砂体的平均粒径为2.50,分选性为0.59,偏态为0.26,峰度为1.21(见表1)。这些结果表明,S1砂体具有较高的分选性,泥质含量较少,符合河流相沉积的特点。结合岩石学分析,推测S1砂体形成于水动力较强的河流主流带或接近河道的区域。

4.2 安定组沉积环境分析

安定组的沉积环境则表现为湖泊相或浅湖—沼泽环境,沉积物以泥岩与粉砂岩为主,砂体稀少。沉积物中常夹有碳质泥岩及煤层,表明该环境水动力较弱,物质供给充足,适合湖泊相沉积的形成。粒度分析结果显示,沉积物较为细碎,分选性较差,磨圆度较低,进一步证明了水动力的减弱^[2]。相比于延安组的高能河流相沉积,安定组的沉积环境呈现出较为稳定、低能的特点,反映了区域构造背景和气候条件的变化。

4.3 延安组至安定组沉积环境的纵向变化

延安组至安定组的沉积环境发生了显著的纵向变化。从延安组二段的河流相沉积,到安定组的湖泊相沉积,沉积物的粒度逐渐变细,分选性和磨圆度显著下降。这一变化表明,水动力逐渐减弱,沉积环境由高能河流相向低能的湖泊相过渡。延安组的砂体规模较大,分选性较好,显示出河流系统处于强盛发育期。而安定组的沉积物逐渐转变为粉砂岩、泥岩及碳质泥岩,表明水流能量减弱,湖泊或沼泽环境逐渐占主导地位。这一纵向变化不仅反映了沉积环境的演变,还揭示了区域气候变化、构造抬升及水文环境的转变,具有重要的地质意义。

5 煤顶板覆岩沉积环境的横向差异性

5.1 401102与401103工作面沉积环境的对比

通过对401102与401103工作面沉积环境进行对比,能够清晰地识别两者在沉积特征方面的显著差异。在401103工作面,顶板覆岩沉积特征较为平稳,表现为粗粒砂岩与粉砂岩交替的模式,粒度分布较为均匀,这表明该区域沉积环境相对稳定,水流动力变化较小。相比之下,401102工作面沉积特征则更加复杂,顶板覆岩岩性发生了显著变化,粒度由细粒砂岩向粗粒砂岩过渡,提示该区域可能经历了较大的水动力波动或构造活动的影响。

5.2 煤层顶板覆岩横向分布特征

煤层顶板覆岩在工作面内的横向分布表现出不同的变化趋势。在401102工作面,顶板覆岩厚度变化较大,某些区域的厚度差异尤其明显,岩性主要以砂岩与页岩交替出现,表明该区域的沉积环境更加复杂且多样。而在401103工作面,顶板覆岩的厚度变化相对较小,岩性以细粒砂岩为主,显示出沉积环境的稳定性。由此可见,401102工作面受到了更多沉积因素的影响,而401103工作面则位于一个相对均匀的沉积环境中。

5.3 覆岩与围岩岩性的横向分布及变化

不同工作面间,覆岩与围岩岩性的横向分布存在一定

的差异。401102工作面覆岩岩性变化较为显著,粗粒砂岩为主,局部还出现了薄层页岩与砾岩的交替,围岩则主要由灰色粉砂岩构成。相较而言,401103工作面的覆岩岩性较为单一,主要为细粒砂岩,围岩岩性也较为稳定,呈现出均匀的分布特征。这些岩性变化表明,401102工作面可能经历了较为剧烈的沉积环境变化,而401103工作面则受到较小的水流波动与构造活动的影响。

5.4 沉积环境与地质工程特征的关联

沉积环境与地质工程特征的关系,尤其是在煤矿开采过程中顶板稳定性方面,显得尤为重要。401102工作面由于沉积环境的复杂性,顶板覆岩的厚度变化较为剧烈,局部区域存在覆岩滑动或塌陷的潜在风险,这对开采的稳定性构成了威胁^[3]。因此,在开采过程中,必须针对这一复杂环境采取更为严密的支护措施,特别是在水流较为复杂的区域。相比之下,401103工作面顶板覆岩岩性变化较小,沉积环境较为稳定,开采过程中相对安全,所需的支护措施较为简单。

6 工程地质特征分析

6.1 覆岩厚度及稳定性分析

顶板覆岩的厚度与其稳定性是影响煤矿开采安全的关键因素。研究表明,孟村煤矿401102与401103工作面顶板覆岩的厚度差异显著,这一差异与沉积环境的变化密切相关。延安组与安定组的覆岩层较厚且稳定性较高,而某些区域的覆岩层较薄,且稳定性较差。特别是那些暴露于高应力区的岩层,往往容易发生不稳定现象。覆岩厚度及其稳定性,受到沉积环境的显著影响。在稳定的水动力条件下,较厚且紧密的覆岩层得以形成,岩层的稳定性通常较强;然而在水流变化剧烈的环境中,覆岩层可能变薄,甚至局部区域呈现不稳定状态。岩层的粒度差异也是影响覆岩稳定性的重要因素,不同岩层力学特性的差异使得岩层的稳定性存在显著不同。

6.2 顶板覆岩组合特征

顶板覆岩的组合类型对煤矿开采过程中的地质变化起着重要作用。以孟村煤矿401103工作面为例,顶板覆岩主要由砂岩、粉砂岩和粘土岩组成。砂岩通常位于最上层,其承载能力较强,而粉砂岩与粘土岩则位于下部,强度较弱,稳定性较差。不同区域内,覆岩的组合类型与稳定性有显著差异。沉积环境的变化,深刻影响了顶板覆岩的组合类型^[4]。在沉积条件较为平稳的水域,细颗粒沉积物通常形成粉砂岩与粘土岩层,其稳定性较低;而在水流较强或流动性较大的环境中,较大颗粒沉积物形成的砂岩层则较为坚固,稳定性较好。

6.3 沉积环境对顶板岩层稳定性的影响

顶板岩层的稳定性与沉积环境之间存在密切关系。在相对平稳的沉积环境中,由细颗粒沉积物组成的岩层通常较为松软,容易发生崩塌或滑移;而在水流较急或其他动

力较强的环境中,较大颗粒沉积物形成的岩层通常较为坚固,稳定性较高。以孟村煤矿 401103 工作面为例,沉积环境的稳定性直接影响顶板覆岩的稳定性。在稳定的沉积环境下,砂岩层较为坚硬,稳定性较强;然而,在沉积环境较为复杂或动态变化较大的区域,粉砂岩与粘土岩的稳定性较差,煤矿开采时存在较高的安全风险。尤其是在高应力区或断层存在的地区,岩层的稳定性较弱,容易带来开采中的安全隐患。

6.4 工程安全性与煤层开采的关系

煤矿开采过程中的安全性与顶板岩层的稳定性密切相关。稳定的岩层能够支持煤矿的正常开采,支护设计的难度较低,支护压力较轻,生产效率得以提高;而在不稳定区域,通常需要加强支护或采取加固措施,以防止顶板垮塌或岩层滑移带来的安全隐患。沉积环境对煤矿开采的安全性影响深远。沉积环境较为复杂的区域,特别是当断层或变形带存在时,煤矿的开采安全风险较高。随着开采深度的增加,顶板岩层的应力不断增大,这使得不稳定的岩层更容易发生变形。为确保煤矿开采过程中的安全性,在规划与设计阶段必须充分考虑沉积环境的特征,准确评估顶板岩层的稳定性,并制定相应的安全措施。

7 结语

本文探讨了煤层顶板覆岩的沉积环境特征,揭示了不同区域内顶板覆岩的横向和纵向差异。这些差异,由沉积时期的环境变化所引起,使得煤层顶板的岩性、厚度分布

及稳定性在区域间显现出显著不同。延安组和安定组作为主要沉积层系,其砂体分布、颗粒粒度和沉积相类型对煤层顶板覆岩的工程特性具有直接影响。研究表明,沉积环境对顶板岩层的稳定性起到了关键作用。较为稳定的沉积环境下形成的厚层砂体,通常具有较好的支撑效果,而不稳定的沉积条件则增加了开采难度与支护成本。未来研究可引入数值模拟技术,以更全面地模拟不同沉积环境对顶板稳定性的影响,为矿区的安全开采提供更为完善的理论依据。

【参考文献】

- [1]王明,王永国,许蓬.多相变沉积条件下深埋 3-1 煤层顶板覆岩结构特征[J].煤炭技术,2021,40(10):73-75.
 - [2]陈贤良,冯西会.相控砂体展布与富水规律研究——以文家坡井田延安组二段为例[J].湖南科技大学学报(自然科学版),2024,39(2):1-8.
 - [3]杜明启,徐杰,吴慧杰,等.基于 Dematel-Entropy 耦合赋权的煤层顶板富水性评价[J].煤炭技术,2024,43(8):154-159.
 - [4]张维,王鑫,李伟,等.基于相关系数法的顶板含水层富水性主控因素分析[J].陕西煤炭,2024,43(10):65-69.
- 作者简介:严锦钢(1992.10—),男,学历:本科,毕业院校:西安石油大学,所学专业:勘查技术与工程,目前职称:助理工程师,目前就职单位:陕西彬长孟村矿业有限公司。