

山西省大同煤田千井井田地质特征及煤层特性研究

李胜男

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037003

摘要：山西省作为我国重要的煤炭资源基地，其煤炭资源的科学开发与高效利用对保障国家能源安全、推动区域经济发展具有重要意义。大同煤田作为山西省煤炭资源格局中的关键构成，拥有悠久的开采历史和丰富的煤炭储量。本文以山西省大同煤矿集团同生千井煤业为研究对象，系统分析了该井田的区域地质背景、地层发育特征、构造形态、含煤地层分布、可采煤层赋存状态及其煤质特性。通过采用瞬变电磁法结合激电中梯法进行物探，并辅以21个钻孔（其中取芯孔10个）的钻探验证，全面揭示了井田中部采空区及积水情况。研究表明：千井井田共发育6个褶皱、11条断层及2个陷落柱，无岩浆岩侵入，整体构造复杂程度属简单类型；井田内赋存4号、9号和11号三层稳定可采煤层，总厚度达19.20m，煤类均为气煤，具备良好的动力用煤与气化用煤潜力，局部特低灰、特低硫浮煤还可用于炼焦。研究成果为千井煤业后续资源规划、安全高效开采及绿色可持续发展提供了坚实的地质依据。

关键词：大同煤田；千井井田；地质构造；煤层特性；气煤；资源评价

引言

煤炭作为我国主体能源，在一次能源消费结构中长期占据主导地位。随着“双碳”战略目标的提出，煤炭行业正面临由粗放式开发向高质量、绿色化、智能化转型的关键阶段。在此背景下，对现有矿区开展精细化地质调查与资源评估，不仅是提升资源利用效率、延长矿井服务年限的基础，也是实现煤炭清洁高效利用、减少环境扰动的重要前提。大同煤田位于山西省北部，是我国著名的优质动力煤生产基地，其成煤时代主要为石炭—二叠纪，煤质优良、储量丰富、开采条件相对优越^[1]。千井井田地处大同煤田南部，隶属于大同煤矿集团同生千井煤业有限公司。由于历史开采活动频繁、地质构造局部复杂、煤层赋存条件存在显著空间差异，加之部分区域存在采空区与积水隐患，亟需开展系统性地质补充勘查，以厘清资源现状、评估开采可行性、优化生产布局。

1 勘查方法与工程布置

根据对井田地质条件的分析、研究及实地踏勘，结合以往勘查成果，并按照矿方补勘目的及技术要求，确定本次勘查方法选择瞬变电磁法结合激电中梯法探测井田中部勘探区采空及积水情况，再以地质钻探、测井、采样测试等方法进行验证等方法进行综合勘探。

(1) 本区主要可采煤层4、9、11号属稳定煤层。

(2) 网度为线距20m×点距10m，测点平均分布于勘探区，对勘探区进行全覆盖测量。

(3) 全井田地质补充钻探总工程量21个钻孔，其中取芯孔10个，不取芯孔11个。

2 区域地质背景

2.1 构造位置

千井井田位于大同煤田南缘，地处天山—阴山纬向构造带南侧与新华夏系第三隆起带交汇区域。西邻经向构造带的西石山脉，东接大同盆地，南倚洪涛山，整体构造格局受控于北东向的“S”型褶皱体系——由大同向斜与宁武向斜共同构成。大同煤田本身为一开阔的北东向向斜构造，轴向NE，向北东倾伏。南东翼地层倾角较大，一般为20°—60°，局部出现直立甚至倒转现象；北西翼则相对平缓。主干构造线呈北东向，但受东西向断裂或褶皱叠加影响，局部构造形态有所复杂化。

2.2 地层序列

区域出露地层自老至新依次为：太古界集宁群（变质基底）；古生界：寒武系、奥陶系（缺失志留系、泥盆系）、石炭系、二叠系；中生界：侏罗系、白垩系；新生界：新近系、第四系。其中，含煤地层集中于石炭系上统太原组（C₃t）与二叠系下统山西组（P₁s），属华北地台典型的海陆交互沉积。

3 井田地质特征

3.1 地层发育

千井井田内地表被大面积第四系黄土覆盖，仅在沟谷地带可见基岩零星出露，给野外地质调查带来一定困难。然而，通过钻孔揭露与区域地层对比，可以明确井田内地层自下而上依次为奥陶系、石炭系上统太原组、二叠系下统山西组、新近系及第四系。其中，奥陶系作为煤系基底，主要由灰岩组成，未见含煤现象；新近系与第四系则为松散覆盖层，对煤层无直接影响。

3.1.1 石炭系上统太原组 (C₃t)

石炭系上统太原组是本井田最主要的含煤地层,其厚度在85.74米至105.45米之间,平均达92.06米。岩性组合以灰白色至深灰色粉砂岩、粗砂岩、砂砾岩、黑色泥岩及煤层为主,沉积韵律清晰,反映出从曲流河向泥炭沼泽过渡的沉积环境,属于典型的障壁岛—泻湖相含煤建造。该组共含煤5层,编号为4、9、10、11、12号,其中10号和12号煤层因厚度薄、稳定性差,仅零星可采;而4号、9号和11号煤层则全区稳定发育,构成主要可采资源^[2]。值得注意的是,井田北部4号与9号煤层发生合并,形成一层厚煤体,称为“9(4+9)号煤”,在资源统计中归入9号煤层;而在井田东南角,由于地表剥蚀作用,煤层直接出露形成露头,南部4号和9号煤层则遭受风化,形成大面积风氧化带,导致资源损失。

3.1.2 二叠系下统山西组 (P₁s)

山西组为次要含煤地层,厚度相对较薄,岩性以含砾粗砂岩、粉细砂岩、泥岩及薄煤层为主。含3-1号、3-2号煤层,均为不稳定不可采煤层,仅个别点零星见煤。底部以K₃砂岩与太原组分界。K₃砂岩为灰白—黄白色砂砾岩,石英为主,胶结疏松,分选磨圆差,厚5.40—18.63m(平均9.55m),层位稳定,是重要的区域对比标志层,属河道滞流相沉积。

3.2 井田构造

根据本次勘查及历史资料,千井井田共发育:褶皱6个:控制煤层底板形态,多为宽缓褶皱;断层11条:其中落差大于5m者5条,最大落差不足20m,多为小断层;陷落柱2个:规模较小,未穿透主要可采煤层;无岩浆岩侵入。总体而言,构造对煤层破坏程度轻微,不影响采区划分与工作面连续推进。依据《煤矿地质工作规定》,判定该井田地质构造复杂程度为“简单”。

4 可采煤层特征

井田内共赋存3层稳定可采煤层:4号、9号、11号,总厚度19.20m。特征如下:

4.1 4号煤层

4号煤层位于太原组中上部,距离山西组底部标志层K₃砂岩17.60至37.98米,平均26.55米。其厚度变化较大,从0米到8.81米不等,平均为3.89米,呈现出明显的由南向北增厚趋势,最厚点出现在西部32号钻孔,达8.81米。煤层结构较为复杂,含有0至4层夹矸,一般为1至3层,夹矸岩性主要为泥岩及炭质泥岩,厚度在0.08至0.90米之间。顶板以炭质泥岩和粉砂岩最为常见,底板则以粉砂岩和砂质泥岩为主^[3]。在井田北部至中部,4号煤层与9号煤层合并为一层,合并后统一归入9号煤层统计;而在

中部以南,二者分叉,各自独立赋存。目前,4号煤层在井田中部已基本采空,南部则存在露头及大面积风氧化带,导致可采资源受限。尽管如此,其煤质稳定,属气煤,整体仍属大部赋存、赋存区可采的稳定煤层。

4.2 9号煤层

9号煤层位于太原组中下部,上距4号煤层0至30.20米,平均15.22米。其厚度范围为1.20至15.56米,平均7.26米,结构同样复杂,含0至5层夹矸,通常为1至3层,夹矸厚度0.05至0.85米。在井田北部,9号煤层与4号煤层合并,合并区厚度达10.88至15.56米,平均13.58米;而在中部分叉区,9号煤层单独赋存,厚度为1.20至6.34米,平均3.86米。厚度变化规律显著,由南向北明显增厚,最厚点位于井田东北部51号钻孔,达15.47米,而南部因风化作用煤层减薄。顶板以粉砂岩为主,其次为中粒砂岩、炭质泥岩等;底板亦以粉砂岩为主。井田北部和西部存在历史采空区,南部则有大量风氧化带。煤质稳定,属气煤,整体为赋存区可采的稳定煤层。

4.3 11号煤层

11号煤层位于太原组下部,上距9号煤层4.85至16.64米,平均9.00米。其厚度在2.40至8.18米之间,平均5.85米,煤厚变化相对较小,大致呈现西薄东厚的分布规律。煤层结构较复杂,含0至3层夹矸,一般为1至2层,夹矸岩性为泥岩及炭质泥岩,厚度0.02至0.70米。顶板以粉砂岩为主,其次为泥岩;底板同样以粉砂岩为主,兼有泥岩、细砂岩及砂质泥岩。该煤层在井田内基本全区赋存,仅南部存在两处小面积风氧化带。北部和西部存在兼并重组前形成的采空区,而南部采空区则形成于2014年矿井转产之后。煤质稳定,属气煤,因此被评定为全区可采的稳定煤层,是未来开采的重点层位。

5 煤层对比方法

为确保煤层划分与对比的准确性,本次研究采用多种方法综合对比:

5.1 标志层对比法

标志层对比法是本次煤层对比的核心依据。K₁灰岩位于本溪组中上部,为生物碎屑泥晶灰岩,常见于K₂砂岩之下,在本区均有赋存;K₂砂岩位于太原组底部,是本溪组与太原组的分界标志,岩性为灰白色中粗砂岩,厚度稳定,平均2.94米,距11号煤层约23米;K₃砂岩位于山西组底部,距4号煤层约30米,厚度大(平均9.55米)、层位稳定,是区分太原组与山西组的关键标志;K₄砂岩则为下石盒子组底界,厚约8米,用于更高层位的对比。这些标志层层位清晰、岩性特征显著,为煤层对比提供了可靠的地质框架。

5.2 煤层厚度与层间距对比

在缺乏连续标志层的区域,煤层厚度、层间距及顶底板岩性成为重要辅助依据。11号煤层作为太原组最下部的可采煤层,全区赋存、厚度大、层位稳定,被确立为煤层对比的基准层;9号煤层位于其上,厚度特征明显,易于识别;4号煤层虽在南部减薄,但在北部与9号合并,特征突出。此外,10号煤层位于9号与11号之间,12号煤层位于11号之下,均为薄煤层,以11号为基准即可有效识别。山西组的3-1号和3-2号煤层因不可采,主要依据其底板标高及与 K_3 砂岩的相对位置与太原组煤层区分。

5.3 煤质特征对比

煤质特征对比法则作为补充手段。尽管三可采煤层在化学性质和工艺性能上整体相近,但在硫分含量上存在细微差异:4号煤层原煤硫分相对最低,11号煤层最高,9号居中。这一规律虽不足以单独用于煤层识别,但在多解性较强区域可作为辅助判别依据,增强对比结论的可靠性。

6 煤质特征与工业用途

千井井田各可采煤层的宏观煤岩类型以半亮型煤为主,半暗型煤为辅,煤岩成分中亮煤占主导地位,暗煤次之,镜煤呈条带状、线理状或透镜状分布,局部可见透镜状丝炭。显微煤岩类型均属于微三合煤,无机组分以粘土类为主,含有少量硫化铁、碳酸盐及石英。镜质组最大反射率(R_{0max})介于0.63%至0.91%之间,表明煤的变质阶段处于II阶段,相当于气煤。在工艺性能方面,各可采煤层原煤一般为低至高灰、低至中高硫、中高发热量至高发热量,以中粘结性为主^[4]。这种煤质组合使其在工业应用上具有广泛适应性。原煤可直接作为优质动力用煤用于火力发电,也可作为气化原料用于合成氨、甲醇等化工生产。更为重要的是,经过洗选后的

浮煤中,部分样品可达到特低灰、特低硫的标准,具备作为炼焦配煤的潜力,从而拓展了其高附加值利用途径。总体而言,千井井田煤质优良,资源综合利用前景广阔。

7 结语

本研究通过对山西省大同煤田千井井田的系统地质勘查与综合分析,得出以下主要结论:井田地质构造简单,共发育6个褶曲、11条断层及2个陷落柱,无岩浆岩侵入,构造对煤层破坏轻微;含煤地层明确,主要赋存于石炭系太原组,次要含煤层位于二叠系山西组;可采煤层稳定,4号、9号、11号煤层均为稳定煤层,总厚度19.20米,其中11号煤全区可采,4号与9号煤在北部合并;煤质优良,三煤层均为气煤,是优质动力与气化用煤,部分浮煤可作炼焦配煤;在科学规划与风险防控前提下,千井井田具备长期稳定生产的资源基础。本研究不仅为同生千井煤业的安全生产与资源接续提供了科学依据,也为大同煤田南部类似矿区的地质评价与开发模式提供了可借鉴的经验,对推动山西省煤炭产业高质量发展、保障国家能源安全具有积极意义。

参考文献

- [1]汤培庆.山西主要煤田晚古生代煤中战略性关键金属分布与工业利用评价[D].中国矿业大学,2022.
- [2]李娟,杨晓东,王建青.山西山区煤田陷落柱正演模拟分析研究[J].西部探矿工程,2022,34(01):172-175.
- [3]潘换换,吴树荣,姬倩倩,等.山西煤田生态系统服务时空格局及驱动力[J].应用生态学报,2021,32(11):3923-3932.
- [4]王峰.山西沁水煤田龙湾井田煤层地质特征及煤层气概要评价[J].西部探矿工程,2021,33(09):132-136+141.