

# 基于电阻率变化的煤田地质结构研究

刘彩霞

山西省煤炭地质一一五勘查院有限公司 山西 大同 037000

**摘要:** 煤田地质结构研究对于煤炭资源的勘探和开发具有重要意义。本文探讨了基于电阻率变化的煤田地质结构研究方法,包括电阻率数据采集与预处理、电阻率剖面图与地质解释、电阻率反演与地质建模以及验证与校正等关键步骤。通过电阻率测量技术,揭示了煤层的赋存状态、地质构造特征和岩石性质等信息。结合地质理论和勘探经验,构建了地下地质体的三维模型,为煤炭资源的勘探和开发提供了科学依据。同时,通过严格的验证与校正,确保了研究结果的准确性和可靠性,为煤田地质结构的深入研究提供了有力支持。

**关键词:** 电阻率变化;煤田;地质结构

引言:近年来,随着地球物理勘探技术的不断进步,电阻率测量作为一种非侵入性的探测手段,逐渐展现出其在揭示煤田地质结构方面的独特优势。通过利用电阻率变化的信息,深入剖析煤层的赋存特征、地质构造格局及岩石物理性质,为煤炭资源的精准勘探与高效开发提供新的思路和方法。通过综合应用电阻率数据采集、处理与分析技术,期望能够为煤田地质结构的科学认知提供有力支持。

## 1 煤田地质结构概述

煤田地质结构主要由控煤构造和赋煤构造组成。在煤聚集前和聚集过程中,地质构造起着至关重要的作用。它控制着古地理、古气候和古植物群落的分布,进而影响和控制着古沉积条件。这些条件在适合的时间和空间内形成了含煤岩系。煤聚集后,地质构造继续对煤层进行改造。聚煤盆地中的含煤岩系会经历隆起、拗陷、褶皱、断裂、流变、变质以及岩浆侵入等过程。这些改造作用使得已形成的煤层发生变化,并在地壳表层形成新的赋存状态。煤田地质结构可以从不同角度进行分类。根据形成的地球动力学,可以分为挤压应力、引张应力和扭应力作用下形成的构造;根据发生的时期,可以分为聚煤期前的基底构造和聚煤期后的改造变形;根据控制的地域范围,还可以分为区域煤田地质构造和矿井构造等。除此之外,煤田地质结构的研究方法包括数据采集、分析归纳和再现模拟等阶段<sup>[1]</sup>。这些研究有助于了解煤层的分布规律、预测煤层的变化趋势,并为煤炭资源的勘探和开发提供科学依据。

## 2 煤田地质结构电阻率特征分析

### 2.1 电阻率与煤的变质程度

煤的电阻率是指其传导电流的能力,通常以电阻率值来表示。煤的电阻率与煤的变质程度密切相关。在煤

化过程中,随着煤的变质程度加深,其内部结构和化学成分会发生变化,这些变化会直接影响煤的导电性能。变质程度较低的煤,如褐煤,其孔隙度大、湿度高,导致电阻率相对较低。这是因为褐煤中的氧含量较高,而氧的原子量比氢大,使得褐煤的电阻率通常高于烟煤。然而,随着煤化程度的加深,褐煤逐渐过渡到烟煤,其电阻率会显著上升。这是因为烟煤中的芳香原子数量增多,自由基浓度提高,使得煤的导电性能下降,电阻率增大。当煤进一步变质为无烟煤时,其电阻率又会发生急剧下降。这是因为无烟煤中的碳原子排列更加紧密,形成了良好的导电网络,使得电阻率显著降低。因此,煤的电阻率随着变质程度的加深呈现出先上升后下降的趋势。在煤田地质勘探中,利用电阻率测深法可以探测煤层的内部结构、厚度和含煤层位等信息。通过对电阻率测量值的分析,可以推断出地下煤层的变质程度,进而为煤炭资源的勘探和开发提供科学依据。

### 2.2 电阻率与煤岩成分及杂质

煤岩成分对煤的导电性有着显著影响。煤中主要包含凝胶化组分、丝炭化组分和稳定组分等显微组分。这些组分的含量和分布直接影响煤的电阻率。例如,凝胶化组分是煤中最主要的显微组分,其含量越高,煤的导电性通常越好。这是因为凝胶化组分中的木质纤维组织经过凝胶化作用后,形成了导电性能较好的凝胶体。丝炭化组分则通常具有较高的电阻率。这是因为丝炭化组分中的碳原子排列较为松散,导电性能较差。因此,煤中丝炭化组分的含量越高,煤的电阻率通常也越高<sup>[2]</sup>。另外,煤中的杂质也对电阻率产生重要影响。杂质通常指煤中的不纯物质,如矿物杂质、灰分、水分等。这些杂质的存在会影响煤中的电子运动,从而导致电阻率的增加。矿物杂质的存在会引入额外的电阻,使得煤的电

阻率升高。灰分是煤中无机物质的含量，灰分越高，煤的纯度越低，电阻率通常也越高。这是因为灰分中的矿物成分会阻碍电子在煤中的运动，从而降低煤的导电性能。水分对煤的电阻率也有显著影响。潮湿的煤电阻率较低，因为水分能够形成导电通道，使得电子更容易通过。然而，当煤中的水分含量过高时，水分会占据煤中的孔隙，阻碍电子的运动，反而导致电阻率上升。

### 2.3 电阻率与地质构造

地质构造不仅影响煤层的形成和分布，还直接影响煤层的电阻率特征。(1)在煤田勘探中，常见的地质构造包括褶皱、断层和节理等。这些构造使得煤层的连续性、厚度和产状发生变化，从而影响煤层的电阻率分布。例如，在褶皱构造中，煤层的弯曲和挤压可能导致煤层的电阻率发生变化，形成电阻率异常区。(2)在断层和节理发育的地区，煤层容易受到破坏，形成构造煤。构造煤的电阻率通常低于原生结构煤，因为构造煤中的自由基浓度高，小分子含量增加，使得煤的电化学性质发生改变，导电网络更加发达，电阻率减小。(3)地质构造对煤层的电阻率测深结果也有影响。在电阻率测深中，地质构造可能导致电流线的偏转和分散，使得测量得到的电阻率值与实际值存在差异。因此，在进行电阻率测深时，需要充分考虑地质构造的影响，对测量结果进行校正和解释。

## 3 基于电阻率变化的煤田地质结构研究方法

### 3.1 电阻率数据采集与预处理

#### 3.1.1 数据采集技术

电阻率数据采集主要依赖于电法勘探技术，通过人工在地面或井下设置供电电极和测量电极，利用直流或低频交流电建立稳定电流场，观测电流强度和测量电极间的电位差，进而计算得到视电阻率值。在煤田地质勘探中，常用的数据采集方法包括电阻率测深法和电阻率剖面法。前者通过固定测量电极距，逐步改变供电电极距，以研究不同深度的地质体电性分布；后者则保持电极距不变，沿测线移动装置，以获取沿线的地质信息。

#### 3.1.2 数据质量控制

数据采集过程中，需确保电极的接触良好，避免因接触不良导致的测量误差。同时，要监测供电电流的稳定性，以及测量电极间的电位差是否受到外界干扰。采用差分测量结构和信号处理技术，可以提高抗干扰能力，确保数据的准确性，还需定期对仪器进行校准，确保测量结果的可靠性。

#### 3.1.3 数据预处理

数据预处理阶段，首先需要对原始数据进行清洗，

剔除由于仪器故障、操作失误或环境因素导致的异常值。然后，对数据进行标准化处理，消除不同测点间由于电极排列、地质条件等因素导致的测量误差。最后，对数据进行插值和滤波处理，以提高数据的连续性和平滑性，为后续的地质解释提供高质量的数据基础。

#### 3.1.4 数据存储与管理

采集到的电阻率数据需进行妥善存储和管理，以便后续的分析解释。可以采用数据库管理系统，将数据存储于结构化的表格中，便于数据的检索、查询和统计分析。同时，建立数据备份机制，确保数据的安全性和完整性。对于重要的数据，还需进行加密处理，防止数据的泄露和滥用。

### 3.2 电阻率剖面图与地质解释

电阻率剖面图是基于电阻率数据采集和处理后，通过特定的方法绘制出的反映地下地质体电阻率分布特征的图形。电阻率剖面图的绘制根据电阻率数据采集的结果，将各测点的视电阻率值进行整理和统计；然后，选择合适的比例尺和色标，将视电阻率值转换为对应的颜色或灰度等级；最后，利用绘图软件或手工绘制，将各测点的颜色或灰度等级连接起来，形成连续的电阻率剖面图。在绘制过程中，需要注意保持图形的清晰度和准确性，以便后续的地质解释。同时，还需要考虑地质构造和岩石性质对电阻率分布的影响，进行合理的调整和修正。另外，电阻率剖面图的地质解释是根据电阻率分布特征，结合地质资料和勘探经验，对地下地质体进行推断和解释的过程<sup>[3]</sup>。在煤田地质结构研究中，地质解释的主要内容包括煤层分布、地质构造、岩石性质以及地下水分布等方面。通过对电阻率剖面图的分析，可以识别出不同电阻率值对应的岩层或地质体，进而推断出煤层的分布范围和厚度。同时，还可以根据电阻率的变化趋势和异常特征，识别出地质构造如断层、褶皱等的存在和分布。

### 3.3 电阻率反演与地质建模

电阻率反演是煤田地质结构研究中的一项关键技术，它通过对地表或井下观测到的电阻率数据进行数学处理，反推出地下地质体的电阻率分布，进而揭示煤层的赋存状态和地质构造特征。而地质建模则是基于电阻率反演结果，结合地质理论和勘探经验，构建出地下地质体的三维模型，为煤炭资源的勘探和开发提供直观、准确的地质信息。

#### 3.3.1 电阻率反演方法

电阻率反演方法主要包括一维反演、二维反演和三维反演。一维反演是最简单的方法，它假设地下地质体

是水平层状分布的,通过计算各层的电阻率值,可以大致了解地下地质体的电性结构。然而,由于地下地质体的复杂性,一维反演往往难以满足实际需求。二维反演和三维反演则更加复杂,它们考虑了地下地质体的三维分布特征,通过求解复杂的数学模型,可以得到更加准确的电阻率分布图像。其中,三维反演是目前最为先进的方法,它能够提供更加详细和准确的地质信息,但计算量较大,对计算机硬件和软件的要求也较高。

### 3.3.2 地质建模方法

地质建模方法主要包括基于地质统计学的建模和基于物理过程的建模。基于地质统计学的建模方法通过统计分析地质数据,如地层厚度、岩性分布等,构建出地下地质体的三维模型。这种方法简单易行,但可能无法准确反映地下地质体的复杂性和非线性特征。基于物理过程的建模方法则更加复杂,它考虑了地下地质体的形成和演化过程,通过模拟地质过程来构建三维模型。这种方法能够更加准确地反映地下地质体的特征和规律,但计算量更大,对计算机硬件和软件的要求也更高。

## 3.4 验证与校正

在煤田地质结构研究中,基于电阻率变化的方法所得到的结果需要经过严格的验证与校正,以确保其准确性和可靠性。

### 3.4.1 验证方法

验证方法主要包括直接验证和间接验证两种。直接验证是通过钻孔取芯、地质剖面测量等手段,直接获取地下地质体的实际信息,与电阻率反演和地质建模的结果进行对比,以验证其准确性<sup>[4]</sup>。这种方法虽然直观且准确,但成本较高,且受地质条件限制,难以全面覆盖研究区域。间接验证则是利用其他地球物理勘探方法,如地震勘探、重力勘探、磁法勘探等,获取地下地质体的不同物理属性信息,与电阻率结果进行综合分析和对比,以验证电阻率方法的可靠性。这种方法成本相对较低,且能够提供更多维度的地质信息,有助于全面评估

地下地质结构。

### 3.4.2 校正方法

在验证过程中,如果发现电阻率反演和地质建模的结果与实际地质情况存在偏差,就需要进行校正。校正方法主要包括参数调整、模型优化和误差分析。参数调整是指根据验证结果,对电阻率反演和地质建模中的关键参数进行调整,如电阻率值、地层厚度、地质构造形态等,以提高模型的准确性。模型优化则是通过引入新的地质信息或改进模型结构,使模型更加符合实际地质情况。例如,可以引入地质统计学方法,对地质体的空间分布进行更精细的刻画;或者采用更先进的反演算法,提高电阻率反演的精度和效率。误差分析则是对验证过程中产生的误差进行定量评估,包括数据误差、模型误差和解释误差等,以指导后续的校正工作。通过误差分析,可以明确误差的来源和大小,为校正提供科学依据。

## 结语

总之,通过系统的数据采集、处理、反演及地质建模,成功揭示了煤层的空间分布、地质构造细节及岩石电性特征。研究成果不仅丰富了煤田地质勘探的手段,也为煤炭资源的高效开发与环境保护提供了科学依据。未来,随着技术的不断进步,电阻率法在煤田地质结构研究中的应用将更加广泛深入,为煤炭行业的可持续发展贡献力量。

## 参考文献

- [1]王鹏.煤田地质勘察中水文地质问题的危害性分析[J].内蒙古煤炭经济,2019(15):224-225.
- [2]张强,张宏伟,侯懿.工程地质勘察中的水文地质危害分析及对策研究[J].西部资源,2020(03):102-103.
- [3]雷元金.在煤田地质勘察中要加强水文地质的勘测[J].新丝路(下旬),2019(06):69+67.
- [4]周睿.煤田地质勘察中水文地质问题的研究[J].科技资讯,2020,13(01):58-59.