

煤田地质电阻率曲线特征对比分析研究

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：煤田地质勘探是煤炭资源开发和利用的基础，而电阻率曲线作为地球物理勘探中的一种重要方法，在煤田地质勘探中发挥着举足轻重的作用。电阻率曲线通过测量地下岩层的电阻率变化，反映了岩层的导电性能、物性特征和地质构造等信息。本文旨在深入探讨电阻率曲线的基本原理、不同地质体的电阻率曲线特征以及其在煤田地质勘探中的广泛应用，为地质勘探人员提供有力的理论工具和实践指导。

关键词：煤田地质；电阻率；曲线特征；对比分析

引言：电阻率测探是利用地下介质的电性差异探测地下物质的物理方法，本文阐述了煤田地质电阻率曲线原理及应用。首先介绍电阻率概念及表达式，探讨其曲线形成机制，接着分析煤层、围岩、断层和褶皱等不同地质体在电阻率曲线上的特征，揭示曲线与地质体物性的联系。通过对比不同沉积环境、岩性和煤层的电阻率曲线，深化对其地质意义的理解；最后，总结电阻率曲线在煤田地质勘探中的应用，如划分岩层界面、研究沉积环境及确定断层位置等，彰显了其在煤田地质勘探中的关键作用。

1 煤田地质电阻率曲线的基本原理

1.1 电阻率的概念

电阻率，作为电学领域中一个至关重要的物理量，是描述材料导电性能的基石。它以其独特的定义和数学表达式，深刻揭示了材料导电性能的本质特征。电阻率（ ρ ）的具体定义为：在特定条件下，当单位长度（ L ）和单位截面积（ A ）的材料两端被施加单位电压（ U ）时，通过该材料的电流（ I ）的倒数。这一定义通过数学表达式 $\rho = U/(I \times L/A)$ 得以精确呈现，其中， ρ 代表电阻率， U 为施加的电压， I 为通过的电流， L 为材料长度， A 为材料截面积。电阻率的这一公式不仅简洁明了，更蕴含着深刻的物理意义。它清晰地指出了电阻率与材料导电性能之间的反比关系：材料的导电性能越好，意味着电流在材料中流动时遇到的阻碍越小，因此电阻率越低；反之，若材料的导电性能较差，电流流动时遭遇的阻碍则越大，电阻率也相应升高。

1.2 电阻率曲线的形成

在煤田地球物理勘探的广阔舞台上，电阻率曲线以其独特的魅力成为了勘探人员手中的“透视镜”，这一曲线的形成，是地下岩层多种物性特征综合作用的结果。勘探时，我们向地下发射一股电流，这股电流如同

探险者，在地下岩层中穿梭探寻；而精密的测量设备则如同忠实的记录者，时刻捕捉着电流在岩层中的分布与衰减的细微变化^[1]。不同岩层，因其电阻率、密度、孔隙度、胶结程度及地质历史的千差万别，对电流的传播路径和衰减速度产生了显著影响。电流在穿越这些岩层时，仿佛是在与岩层进行一场无声的对话，而电阻率曲线正是这场对话的生动记录，它以其独特的形态和特征，揭示了地下岩层的秘密，为勘探人员提供了宝贵的地下信息，这些形态和特征，就像是一本无字的书，等待着我们去细细解读，去探寻那隐藏在地下的无尽宝藏。

2 不同地质体的电阻率曲线特征

2.1 煤层

2.1.1 高电阻率特征

煤层在电阻率曲线上展现出显著的高电阻率特性，这一特征主要源于煤的化学成分和物理结构。煤主要由碳元素构成，其内部导电通路有限，导致导电性能相对较弱；因此，在电阻率测量中，煤层与周围的砂岩、页岩等围岩相比，电阻率值往往高出数倍乃至数十倍。在电阻率曲线上，煤层对应着明显的电阻率高峰值段，这种显著的电阻率差异为煤层的识别提供了重要依据。例如，在某煤田的电阻率勘探中，当测线穿越煤层时，电阻率曲线会出现一个明显的上升凸起，电阻率值可能高达数百欧姆·米，而围岩的电阻率则通常维持在几十欧姆·米以下。

2.1.2 厚度与电阻率关系

煤层的厚度与其在电阻率曲线上表现出的异常幅度和宽度密切相关，一般来说，煤层越厚，其对电流的阻挡作用就越强，导致电流在煤层上下界面处的分布变化更为显著。这种变化在电阻率曲线上表现为异常幅度的增高和异常宽度的增宽；通过对电阻率曲线异常特征的分析，地质勘探人员可以初步估算煤层的厚度范围，为

后续的煤层开采和资源评估提供重要参考。

2.2 围岩

2.2.1 砂岩

砂岩作为煤层常见的围岩,其电阻率值通常处于中等偏高水平。砂岩的电阻率特性受其孔隙度、胶结物成分和含量等多种因素的影响。当砂岩孔隙度较小、胶结物含量较高且胶结致密时,其电阻率会相应提高;反之,若孔隙度较大、胶结物含量较低或胶结疏松,则电阻率会降低。在电阻率曲线上,砂岩通常表现为相对平缓的中高电阻率段,与煤层的高电阻率异常形成鲜明对比;然而,在某些复杂地质条件下,砂岩的电阻率曲线特征可能与薄煤层或煤层夹层相似,此时需要结合其他地质信息进行综合判断。

2.2.2 页岩

页岩是另一种常见的煤层围岩,其电阻率相对较低,页岩富含黏土矿物,具有较高的吸水性和较低的导电性,这些特性使得页岩在电阻率曲线上常呈现出低电阻率的平稳段或略有起伏的特征。在煤田地质中,页岩常作为煤层的顶底板围岩出现,其电阻率值与煤层的高电阻率形成显著对比,这种对比有助于地质勘探人员准确确定煤层的顶底板位置,为煤层的开采和资源评估提供重要依据。在电阻率曲线上,页岩层对应的电阻率值一般介于几欧姆·米至几十欧姆·米之间,这一特征为页岩层的识别提供了有力支持。

2.3 断层

2.3.1 电阻率突变特征

断层在电阻率曲线上表现出明显的电阻率突变,当测线跨越断层时,由于断层两侧地质体的错动和破碎,导致电阻率发生急剧变化。如果断层一侧为高电阻率的煤层或砂岩,另一侧为低电阻率的页岩或破碎带,那么在电阻率曲线上会出现从高电阻率到低电阻率或反之的突变跳跃。这种突变特征在不同电极布置方式下均能清晰体现,例如在对称四极装置的电阻率曲线上,断层位置会出现电阻率曲线的陡坎状变化;在偶极-偶极装置的电阻率曲线上,则表现为电阻率等值线的密集扭曲和突变^[2]。

2.3.2 破碎带影响

断层破碎带的存在会进一步影响电阻率曲线特征,破碎带中的岩石由于破碎程度高、孔隙度增大、含水量增加等因素,其电阻率通常会明显降低。在电阻率曲线上,断层破碎带对应着低电阻率的异常带,其宽度和电阻率值取决于破碎带的规模和性质。通过分析断层破碎带在电阻率曲线上的表现,可以推断断层的性质(如正断层、逆断层)、断层面的位置以及破碎带的发育程度。

2.4 褶皱

2.4.1 电阻率曲线的弯曲与变形

褶皱构造会使地层发生弯曲和变形,从而在电阻率曲线上表现出相应的特征。在褶皱的轴部,由于地层的隆起或凹陷,岩石的应力状态和孔隙度发生变化,导致电阻率曲线出现弯曲。对于背斜构造,轴部地层往往受到拉伸作用,孔隙度可能增大,电阻率相对较低,在电阻率曲线上表现为轴部的低电阻率凹陷;而向斜构造轴部地层受到挤压,岩石较为致密,电阻率较高,在电阻率曲线上呈现轴部的高电阻率凸起。并且,褶皱两翼的地层倾斜也会使电阻率曲线的斜率发生变化,反映出地层的产状变化情况。

2.4.2 多层褶皱的复合特征

在多层褶皱发育的煤田区域,电阻率曲线呈现出复杂的复合特征。不同层位的褶皱相互叠加和干扰,使得电阻率曲线的变化更加复杂多样。例如,在深部地层的褶皱与浅部地层的褶皱不一致时,电阻率曲线在不同深度段会表现出不同的弯曲形态和变化趋势。通过对多层褶皱复合特征的分析,可以揭示煤田区域的构造演化历史和地层变形规律。

3 煤田地质电阻率曲线的对比分析

3.1 不同沉积环境的电阻率曲线特征

在煤田地质勘探中,沉积环境对岩层的电阻率曲线特征具有显著影响。以深海相沉积与陆相沉积的泥岩为例,两者因沉积环境和形成条件的差异,展现出了截然不同的电阻率和密度特性。深海相沉积的泥岩,由于长期沉浸在高矿化度的海水中,其电阻率相对较低,而密度则较大。这种特性在电阻率曲线上表现为低幅值、平缓的形态,反映了电流在该类岩层中传播时遇到的较小阻碍。相反,陆相沉积的泥岩,由于沉积于淡水环境中,矿化度低,因此其电阻率较高,密度较小,在电阻率曲线上,这类岩层通常呈现出高幅值、变化率较大的特征,揭示了电流在其内部传播时的快速衰减和不稳定状态。

3.2 不同岩性的电阻率曲线特征

岩性的差异同样会在电阻率曲线上留下独特的印记。砂岩与泥岩作为煤田地质中常见的两种岩性,它们在电阻率曲线上的表现截然不同。砂岩因其结构致密、胶结程度高,通常具有较高的电阻率和密度^[3]。在电阻率曲线上,砂岩层往往以高幅值、变化率较小的形态出现,表明电流在其内部传播时相对稳定。而泥岩,由于其孔隙度大、胶结程度低,电阻率和密度相对较小。在电阻率曲线上,泥岩层则表现为低幅值、变化率较大的

特征,反映了电流在其内部传播时的快速衰减。

3.3 不同煤层的电阻率曲线特征

煤层作为煤田地质勘探的核心目标,其电阻率曲线特征同样具有显著的差异性。褐煤、烟煤和无烟煤作为煤的三种主要类型,它们在电阻率曲线上展现出了各自独特的形态和特征。褐煤,作为煤化程度最低的煤种,其电阻率通常较低。在电阻率曲线上,褐煤层表现为低幅值、平缓的形态。随着煤化程度的加深,烟煤的电阻率显著升高。在电阻率曲线上,烟煤层以明显的高电阻率异常而脱颖而出,常常能够清晰地从泥质围岩中划分出来。而无烟煤,作为煤化程度最高的煤种,其电阻率却非常低,甚至只有数个欧姆·米。

4 煤田地质电阻率曲线在煤田地质勘探中的应用

4.1 划分岩层界面

在煤田地质勘探中,准确划分岩层界面是理解地下地质结构、评估煤层资源量的基础。电阻率曲线因其对岩层导电性能的敏感响应,成为了划分岩层界面的有效工具。当电流穿越不同岩性的岩层时,由于各岩层电阻率、密度等物性特征的差异,电阻率曲线上会呈现出明显的形态变化。通常,在高电阻率岩层上,电阻率曲线的极大值点往往对应着岩层的顶界面位置。这是因为电流在遇到高阻岩层时,会受到较大的阻碍,导致电阻率值显著上升,形成极大值点。而当电流穿越至岩层底部,即将进入下一个低阻岩层时,电阻率值会迅速下降,形成极小值点,从而标志着该岩层的底界面位置。

4.2 研究沉积环境

沉积环境是控制岩层形成和演化的重要因素,对煤层的分布和品质具有深远影响。电阻率曲线因其能够反映岩层的物性特征,成为了研究沉积环境的有效手段。不同沉积环境的岩层,在电阻率曲线上会表现出截然不同的特征。以深海相沉积和翻相沉积的泥岩为例,由于沉积环境和形成条件的差异,它们的电阻率和密度存在显著差异。深海相沉积的泥岩,由于长期沉浸在高矿化度的海水中,其电阻率相对较低,密度较大。这种特性在电阻率曲线上表现为低幅值、平缓的形态^[4]。而翻相沉

积的泥岩,由于沉积于淡水环境中,矿化度低,因此其电阻率较高,密度较小,在电阻率曲线上,这类岩层则呈现出高幅值、变化率较大的特征。

4.3 确定断层位置

断层是地质构造中的重要现象,对煤层的分布和厚度具有重要影响,在煤田地质勘探中,准确确定断层位置是评估煤层资源量、制定开采计划的关键。电阻率曲线因其对地质构造的敏感响应,成为了确定断层位置的有效工具,当电流穿越断层区域时,由于断层两侧岩层的物性特征存在差异,电阻率曲线上会出现异常变化。通常,在断层位置,电阻率值会降低,密度也会相应减小,这是因为断层区域往往存在裂隙和破碎带,导致岩层的导电性能增强,电阻率降低;通过对比分析电阻率曲线的异常变化,地质勘探人员可以确定断层的大致位置和性质。

结语:综上所述,煤田地质电阻率曲线在煤田地质勘探中发挥着不可替代的作用。通过对电阻率曲线特征的分析 and 解读,地质勘探人员能够准确划分岩层界面、研究沉积环境、确定断层位置,为煤炭资源的合理开发和利用提供科学依据。随着科学技术的不断进步和地球物理勘探方法的不断创新,电阻率法在煤田地质勘探中的应用前景将更加广阔。

参考文献

- [1]李海洋,付巨德,王庆胜,李明,熊飞.瞬变电磁法探测技术在采空区探测中的应用[J].资源信息与工程,2023,38(02):33-36.
- [2]蒋忠祥,徐杨,艾斯卡尔·吐尔逊,孔繁良,凌飞.等值反磁通瞬变电磁法在煤田采空区探测中的应用[J].工程地球物理学报,2023,20(02):163-170.
- [3]黄鹏.瞬变电磁法在探测煤田采空区积水中的应用[J].华北自然资源,2021,(02):12-14.
- [4]彭赞,李燕,杨淮.瞬变电磁法在积水采空区探测中的应用——以贵州某煤矿为例[J].工程地球物理学报,2019,16(06):849-855.