

# 高精度井下测绘仪器及其应用研究

朱政铨 郝维东 毛富行 闫佳文

锡林郭勒盟山金白音呼布矿业有限公司 内蒙古 锡林郭勒盟 026300

**摘要:** 本文详细阐述了高精度井下测绘仪器的主要类型及其在井下开拓、资源开采和安全保障中的应用。主要仪器包括全站仪、水准仪等多种类型,每种仪器都有独特的测量原理和功能。在井下开拓中,它们为巷道开拓和硐室建设提供精确指导;在资源开采中,用于煤矿煤层厚度测量、采空区监测和金属矿矿体边界确定、巷道变形监测等;在安全保障方面,压力传感器用于地压监测,瓦斯传感器用于瓦斯监测,保障井下作业安全和高效。

**关键词:** 高精度;井下测绘仪器;应用

引言:在井下作业这一复杂且危险的环境中,高精度测绘仪器发挥着不可或缺的作用。它们宛如井下的“眼睛”,帮助工作人员洞察井下的每一个角落,从空间位置到物体特性,从资源分布到安全隐患。这些仪器种类繁多,功能各异,为井下的开拓、资源开采以及安全保障工作提供了精准的数据支持,是现代井下作业顺利开展的关键因素。本文将深入探讨这些高精度井下测绘仪器及其应用。

## 1 高精度井下测绘仪器的主要类型

### 1.1 全站仪

全站仪是一种集测角、测距、测高差功能于一体的高精度井下测绘仪器。它能够在井下复杂的环境中快速、准确地测量出角度信息,无论是水平角还是垂直角,其测量精度都极高。在测距方面,全站仪利用先进的光电技术,可以精确测量出仪器与目标点之间的距离,无论是短距离还是长距离测量都能胜任。而且,全站仪对于高差的测量也十分精准,通过内置的精密测量系统,结合角度和距离数据,能准确计算出两点之间的高差。在井下巷道的掘进、支护等作业环节中,全站仪可以为施工人员提供准确的空间位置信息,确保工程按照设计要求进行。

### 1.2 水准仪

水准仪主要通过建立水平视线,来测定两点之间的高差。井下水准仪具有很高的灵敏度,其望远镜筒内部的光学系统经过特殊设计和调校,能够清晰地观察到水准尺上的刻度。在井下使用时,通过在已知高程点和待测点上竖立水准尺,利用水准仪的水平视线读取尺上的读数,进而计算出两点之间的高差。这种仪器对于保证井下巷道的坡度符合设计要求至关重要,例如在排水巷道的建设中,准确的高程测量可以确保水流能够顺利排出,避免积水问题。

### 1.3 测距仪

井下测距仪采用了先进的激光或红外技术,具有极高的测距精度。测距仪可以在井下狭窄的空间内快速准确地测量出两点之间的直线距离。有些测距仪还具备多种测量模式,如单次测量、连续测量和跟踪测量等。在井下开拓新巷道、确定设备安装位置等作业中,测距仪能够为工作人员提供准确的距离数据,帮助他们合理规划工作空间,提高工作效率,同时也能保证工程的质量和和安全。

### 1.4 伽马射线测厚仪

伽马射线测厚仪利用伽马射线穿透物质时的衰减特性来测量井下物体的厚度。它的放射源发出的伽马射线穿过被检测物体后,由探测器接收剩余的射线强度。通过对射线强度变化的分析,结合特定的算法,就可以精确计算出物体的厚度。在井下,这种仪器常用于测量管道壁厚、矿体厚度等<sup>[1]</sup>。例如在井下输油管道的检测中,伽马射线测厚仪可以及时发现管道因腐蚀等原因导致的壁厚变化,预防泄漏事故的发生,保障井下生产的安全。

### 1.5 激光扫描仪

激光扫描仪通过发射激光束并接收反射光,利用激光飞行时间等原理,精确测量出周围物体表面的点云数据。这些点云数据可以反映出物体的形状、位置和尺寸等信息。在井下,激光扫描仪可以对整个巷道的断面、支护结构等进行全面扫描,生成三维模型。这对于分析巷道的稳定性、检测支护效果以及规划后续的开采作业都有着重要意义,比如可以提前发现巷道变形、支护松动等潜在安全隐患。

### 1.6 井下磁力仪

井下磁力仪对于探测井下磁性矿体、地质构造以及一些含有磁性材料的设备或设施具有重要作用。井下磁

力仪的传感器非常灵敏，能够精确感知微弱的磁场变化。在寻找磁性矿石资源时，磁力仪可以根据磁场异常情况确定矿体的位置和大致范围。同时，在井下有一些依靠磁场工作的设备，如磁力驱动的水泵等，磁力仪也可以用于检测这些设备周围的磁场环境，确保其正常运行。

### 1.7 光纤光栅传感器

光纤光栅传感器利用光纤光栅对温度、应变等物理量的敏感特性，将这些物理量的变化转化为光信号的变化。在井下，光纤光栅传感器可以被安装在巷道的支护结构、岩层等部位。当温度发生变化时，比如井下局部温度异常升高可能预示着火灾隐患，光纤光栅传感器能及时检测到；当支护结构受到压力产生应变时，传感器也能将这一信息反馈出来，从而实现对井下环境和工程结构安全状况的实时监测。

### 1.8 压力传感器

井下压力传感器主要用于测量井下各种压力参数，如液压、气压等。它基于不同的压力敏感元件，如压阻式、电容式等，将压力变化转换为电信号变化。在井下液压系统中，压力传感器可以实时监测液压油的压力，确保液压设备正常工作。在气压监测方面，对于通风系统中的气压变化，压力传感器可以及时反馈数据，保证井下通风良好，防止瓦斯积聚等安全问题。在一些密封的井下空间，如储液罐等周围安装压力传感器，还可以监测内部压力变化，保障设备安全。

### 1.9 瓦斯传感器

瓦斯传感器主要用于检测井下空气中瓦斯的浓度。瓦斯传感器采用了多种检测原理，如催化燃烧式、热导式、红外式等。催化燃烧式瓦斯传感器利用瓦斯在催化剂作用下的燃烧特性，通过检测燃烧产生的热量变化来确定瓦斯浓度；热导式瓦斯传感器则根据瓦斯与空气热导率的差异来测量浓度；红外式瓦斯传感器利用瓦斯对特定波长红外光的吸收特性进行检测。当井下瓦斯浓度超过安全阈值时，瓦斯传感器会及时发出警报，提醒工作人员采取相应措施，防止瓦斯爆炸等重大事故的发生<sup>[2]</sup>。

## 2 高精度井下测绘仪器在井下开拓中的应用

### 2.1 巷道开拓中的应用

在巷道开拓阶段，高精度测绘仪器如全站仪等被广泛应用。全站仪可以快速、准确地测量巷道的角度、距离等参数。工作人员在井下通过设置测站，对巷道的轮廓进行测量，从而为巷道的挖掘提供精确的指导。例如，在某煤矿的新巷道开拓中，全站仪每隔一定距离进行测量，确定巷道的中心线和坡度，使挖掘工作能够按

照设计要求进行。这种精确测量有效避免了巷道偏离设计路线，减少了不必要的返工，提高了开拓效率。同时，测绘数据还可以用于计算巷道的工程量，为成本核算提供依据。

### 2.2 硐室建设中的应用

对于井下硐室的建设，高精度的水准仪和测距仪等仪器起到重要作用。水准仪可以精确测量硐室底面的高程，保证硐室底面平整。测距仪则可以测量硐室各边的长度，确保硐室的尺寸符合设计要求。在一些大型硐室，如井下变电所、水泵房等的建设中，通过这些仪器的多次测量和校准，保证了硐室的结构稳定和空间合理。

## 3 高精度井下测绘仪器在资源开采中的应用

### 3.1 煤矿开采中的应用

(1) 煤层厚度测量。在煤矿开采中，高精度的测厚仪被用于测量煤层厚度。例如，伽马射线测厚仪利用煤层和顶底板岩石对伽马射线吸收程度的不同来测量煤层厚度。这种仪器可以在井下采煤工作面前方进行实时测量，为采煤机的截割高度调整提供依据。通过准确测量煤层厚度，能够避免采煤机过度截割或截割不足，提高煤炭开采率，同时减少矸石混入，提高煤炭质量。(2) 采空区监测。激光扫描技术在煤矿采空区监测中有着重要应用。通过在井下合适位置设置激光扫描仪，可以对采空区的三维形态进行快速扫描。扫描得到的数据可以构建采空区的三维模型，直观地反映采空区的范围、顶板垮落情况等。这对于评估采空区对井下巷道和工作面的影响，制定合理的支护和开采方案具有重要意义。例如，在某煤矿的综放开采中，利用激光扫描技术对采空区进行定期监测，及时发现了顶板大面积垮落的迹象，从而采取了加强支护等措施，保障了开采安全。

### 3.2 金属矿开采中的应用

(1) 矿体边界确定。在金属矿开采中，确定矿体边界是合理规划开采范围、提高矿石回收率的关键步骤，井下磁力仪等高精度仪器在这一过程中发挥着重要作用。对于磁性矿体，井下磁力仪有着独特的优势。井下磁力仪的传感器具有极高的灵敏度，能够精确感知极其微弱的磁场变化。在开采现场，磁力仪通过测量矿体周围的磁场强度和方向来确定矿体边界。由于磁性矿体在周围空间会产生独特的磁场分布，当磁力仪在井下移动测量时，根据磁场强度的变化情况，就可以准确判断出矿体的边界位置。这种精确的矿体边界确定对于金属矿开采具有重要意义。在某铁矿开采中，通过井下磁力仪的测量，准确划分了矿体边界。这使得开采工作能够精

准地针对矿体进行,避免了对矿体周围无用岩石的开采,减少了资源浪费和开采成本。同时,精确的矿体边界确定也有助于提高矿石回收率,确保最大限度地开采出有价值的矿石,提高了矿山的经济效益。(2) 开采巷道变形监测。在金属矿开采过程中,由于地压等复杂因素的影响,巷道经常会发生变形。为保障开采作业人员的安全和开采工作的顺利进行,需要对巷道变形情况进行实时监测,光纤光栅传感器等高精度测绘仪器成为理想的选择。光纤光栅传感器是一种基于光纤光栅的光学传感技术的井下测量仪器。它利用光纤光栅对温度、应变等物理量的敏感特性,将这些物理量的变化转化为光信号的变化。在井下巷道中,光纤光栅传感器可以被安装在巷道的支护结构、岩层等关键部位。当巷道受到地压等因素影响发生变形时,巷道壁会产生应变。光纤光栅传感器能够精确测量这种应变,并通过在巷道不同部位安装多个传感器,形成一个监测网络。这个网络可以实时获取巷道不同位置的变形数据。一旦变形超过安全阈值,系统就会及时发出警报。工作人员在收到警报后,可以迅速采取相应的加固措施,如增加支护强度、调整支护方式等。通过这种实时监测和及时响应机制,有效保障了开采作业人员的安全,减少了因巷道变形可能导致的坍塌等事故的发生。

#### 4 高精度井下测绘仪器在井下安全保障中的应用

##### 4.1 地压监测中的应用

地压监测对于井下安全来说是至关重要的环节,压力传感器被广泛应用于井下巷道壁、硐室周围等关键部位,用于实时测量地压力值。井下压力传感器基于不同的压力敏感元件,如压阻式、电容式等原理工作。这些传感器能够将地压的变化精确地转换为电信号变化。在实际应用中,压力传感器需要适应井下复杂的环境条件,包括高温、高湿度、高粉尘等<sup>[1]</sup>。通过特殊的防护设计和材料选择,确保传感器能够稳定、准确地工作。在某深部矿井中,压力传感器每隔一段时间就会采集地压数据。这些数据通过无线传输技术被传输到地面监控中心。地面监控中心配备了专业的数据分析系统,通过长期的数据采集和分析,可以掌握地压变化规律。当地压出现异常升高时,监控中心能够迅速做出反应,及时通知井下人员撤

离。同时,根据地压变化情况,可以制定相应的支护加固措施,如增加锚杆支护密度、安装锚索等。

##### 4.2 瓦斯监测中的应用

在煤矿等存在瓦斯隐患的井下环境中,瓦斯监测是保障安全的重中之重,高精度的瓦斯传感器是实现这一目标的关键设备。瓦斯传感器采用了多种先进的检测原理,如催化燃烧式、热导式、红外式等。催化燃烧式瓦斯传感器利用瓦斯在催化剂作用下的燃烧特性,通过检测燃烧产生的热量变化来确定瓦斯浓度。这种传感器具有较高的灵敏度,能够在瓦斯浓度较低时就做出反应。热导式瓦斯传感器则是根据瓦斯与空气热导率的差异来测量浓度,其优点是结构简单、稳定性好。红外式瓦斯传感器利用瓦斯对特定波长红外光的吸收特性进行检测,具有精度高、抗干扰能力强等特点。在井下采掘工作面、回风巷等关键位置安装瓦斯传感器后,这些传感器能够实时测量井下空气中的瓦斯浓度。新型的瓦斯传感器凭借其高灵敏度和高精度的特点,一旦检测到瓦斯浓度超标,就会立即启动一系列安全措施。例如,会自动启动通风系统,加强井下空气的流通,降低瓦斯浓度。同时,还会切断相关区域的电源,避免因电气设备产生火花引发瓦斯爆炸。

##### 结束语

综上,高精度井下测绘仪器以其高精度、多样化的测量能力,贯穿于井下生产的各个环节。无论是开拓新的工作区域、开采宝贵的资源,还是保障井下作业人员的安全,这些仪器都功不可没。随着技术的不断发展,相信这些测绘仪器将更加智能化、精确化,从而提升井下作业的效率 and 安全性,为矿业等相关行业的持续发展保驾护航,推动井下作业朝着更安全、更高效的方向迈进。

##### 参考文献

- [1]王卓.测绘新技术在矿山测量中的应用[J].黑龙江科技信息,2017,(11):94.
- [2]梁石钟,钟丽强.测绘新技术在矿山测量中的应用分析[J].科技创新导报,2017,14(11):29-30.
- [3]于建新.浅议矿山工程测量中RTK技术的应用现状及发展[J].科技创新与应用,2017(25)20-25.