

煤矿井下一氧化碳气体的来源分析与便携式检测仪的使用注意事项

赵伟

山西晨华特种设备检验检测服务有限公司, 山西省晋城市, 048000;

摘要: 随着煤炭开采技术的不断发展, 煤矿井下作业环境发生了巨大变化, 瓦斯、煤尘等有害气体不断涌出, 造成井下工作环境中一氧化碳气体的含量越来越高。煤矿井下一氧化碳气体的来源非常广泛, 包括煤炭自燃、爆破作业、机械设备运转与燃料燃烧、瓦斯爆炸以及地层变化等。为有效控制一氧化碳气体浓度, 确保工作人员的身体健康和生命安全, 必须掌握一氧化碳气体的来源分析与便携式检测仪的使用注意事项。本文对煤矿井下一氧化碳气体的来源进行分析, 介绍了一氧化碳气体检测仪的原理与种类, 并提出了使用过程中的注意事项, 可为煤矿井下工作人员提供参考。

关键词: 煤矿井; 一氧化碳气体; 来源分析; 便携式检测仪; 使用注意事项

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 10. 096

引言

随着煤矿开采技术的不断发展, 煤炭资源越来越丰富, 煤炭开采技术也越来越先进, 煤矿井下作业环境发生了巨大变化。煤矿井下的一氧化碳气体作为一种有害气体, 一旦浓度过高, 对人体的危害非常严重。一氧化碳气体进入人体后会造成心血管系统、神经系统、呼吸系统等发生严重的病理变化, 容易引起中毒甚至窒息死亡。

1 煤矿井下一氧化碳气体的危害与管理现状

由于煤矿井下作业环境的特殊性, 一氧化碳气体是造成煤矿井下工作人员中毒和窒息死亡的主要原因之一。为了确保煤矿井下作业人员的安全, 我国相关部门出台了一系列法律法规与管理规定, 并在煤矿井下建立了一套完善的管理体系, 但一氧化碳气体仍然是煤矿井下发生事故的主要原因。在这种情况下, 加强对一氧化碳气体的有效监控是非常必要的。目前我国很多煤矿企业都已经实现了一氧化碳气体实时监测, 但由于受到技术条件限制, 一氧化碳气体检测设备也不能做到随时随地都能检测到一氧化碳气体浓度, 导致无法及时发现一氧化碳气体浓度超标情况, 不利于一氧化碳气体管理^[1]。

2 一氧化碳气体的理化性质及对人体危害

一氧化碳是一种无色无味的有毒气体, 在常温下不会挥发, 对人体有很强的毒性, 吸入量过大会造成严重的中毒现象, 对人体的危害非常大。一氧化碳在空气中的含量是固定的, 但其体积会随时间而改变。空气中一氧化碳的体积分数为 5%~15% 时, 对人体造成危害;

当空气中一氧化碳浓度达到 15%~25% 时, 会导致人发生急性中毒现象; 当空气中一氧化碳浓度达到 30% 以上时, 会造成人体重度中毒, 甚至会导致死亡。此外, 一氧化碳还具有较强的窒息性, 在高浓度 CO 下可使人体组织缺氧。因此在煤矿井下作业时要特别注意一氧化碳气体的监测与控制。

3 煤矿井下一氧化碳气体的主要来源分析

3.1 煤炭自燃及其产生的一氧化碳

煤炭自燃是煤炭开采过程中不可避免的现象, 煤炭在自身的自然条件下, 由于受到氧化作用而发生自热反应, 引起煤炭燃烧, 产生大量一氧化碳气体。此外, 在开采过程中由于机械设备运转等原因, 矿井内的空气湿度和温度升高, 从而加剧煤炭自燃的发生。据调查, 我国煤矿井下自然发火的主要原因是采煤工作面漏风以及采空区自然发火等。采煤工作面漏风是矿井内自然发火的主要原因, 采空区自然发火是造成矿井内瓦斯爆炸的重要原因。采空区自然发火会产生大量一氧化碳气体, 极易引起人员中毒和窒息死亡事故。因此在煤矿井下作业时必须加强对一氧化碳气体的监测与控制^[2]。

3.2 爆破作业过程中产生的一氧化碳

爆破作业是煤矿井下常见的作业形式, 也是造成煤矿井下一氧化碳气体的主要原因。爆破作业会在工作面产生大量的煤尘, 煤尘在自身重力的作用下会沉降到巷道内, 随着时间的推移, 煤尘中含有大量的 CO 气体。当爆破时产生的火花引燃煤尘时, 会造成空气中一氧化碳气体含量迅速上升。此外, 在爆破作业中如果没有对爆破后的巷道进行及时通风, 就会导致煤粉尘在巷道中

积累过多,使一氧化碳气体浓度急剧上升。此外,如果爆破作业后没有对煤尘进行及时处理,就会使煤尘中含有大量 CO 气体。因此在煤矿井下爆破作业时必须加强对一氧化碳气体浓度的控制。

3.3 机械设备运转与燃料燃烧

煤矿井下机械设备运转与燃料燃烧产生的一氧化碳是造成煤矿井下一氧化碳气体含量升高的主要原因之一。在机械设备运转过程中,如果没有对机械设备进行及时维护与保养,就会导致机械设备出现故障,从而产生大量的热能和机械能,并使其转化为其他形式的能量。在机械设备运转过程中,如果不能及时对机械设备进行维修与保养,就会导致机械设备长时间处于超负荷运转状态,从而使机械设备发生故障,进而产生大量一氧化碳气体。此外,在煤炭开采过程中,如果没有对采空区进行及时处理,就会导致采空区内煤炭自然发火或自燃^[3]。

3.4 其他特殊工况(如瓦斯爆炸、地层变化等)

瓦斯爆炸是造成煤矿井下一氧化碳气体含量升高的另一重要原因,煤矿井下瓦斯爆炸会引起空气中一氧化碳气体含量升高。由于瓦斯爆炸产生的高温高压会使煤体发生膨胀,从而导致煤体内气体体积增大。在瓦斯爆炸过程中,煤体内的气体会向外逸散,从而使矿井内空气中一氧化碳含量升高。此外,煤炭开采过程中,如果没有对采空区进行及时处理,就会导致采空区内煤炭自然发火或自燃。此外,如果煤矿井下地层出现变化,就会导致采空区内空气成分发生改变。因此在煤矿井下作业时必须加强对一氧化碳气体的监测与控制,确保煤矿井下工作人员的身体健康和生命安全。

3.5 来源分析总结及防控建议

通过上述分析,可得出以下结论:矿井采区内的采掘作业是导致煤矿井下一氧化碳气体聚集的主要原因,应作为重点防范区域;露天煤矿开采后产生的粉尘会产生大量的一氧化碳气体,应作为重点防范区域;井下掘进施工产生的一氧化碳气体主要来自掘进工作面 and 巷道维护,应作为重点防范区域;其他特殊工况(如瓦斯爆炸、地层变化等)会产生大量一氧化碳气体,应作为重点防范区域。在采取上述防控措施后,仍然无法避免一氧化碳气体聚集的情况时,应及时采用便携式气体检测设备对井下作业人员进行检测,发现异常时要及时采取措施并启动应急预案。

4 便携式一氧化碳监测仪的原理与种类

4.1 检测原理简介(如电化学、红外等)

便携式一氧化碳检测主要是通过检测空气中一氧化碳浓度,并将其转化成电信号,通过信号处理系统对电信号进行处理,并将数据传送到监控中心的系统中。便携式一氧化碳检测根据其检测原理的不同,主要分为电化学、红外、电化学三种。电化学是利用化学反应进行检测,其灵敏度较高,但受环境影响较大;红外检测仪则是利用红外线进行检测,其灵敏度较低,但稳定性较好;电化学检测仪具有较高的灵敏度与稳定性,但检测范围较窄。不同种类的一氧化碳检测在结构上有所不同,其检测原理也不尽相同,但都具有以下共同特点:①使用方便;②安装简单;③灵敏度高;④检测范围广;⑤不受环境影响^[4]。

4.2 检测仪器主要类型及性能对比

目前我国煤矿井下使用最多的是便携式一氧化碳检测,根据其检测原理不同,主要分为电化学、红外两种检测仪器。其中电化学检测仪的检测范围较窄,但灵敏度较高;红外检测仪的检测范围较宽,但灵敏度较低;电化学检测仪的灵敏度最高,但稳定性较差。这三种检测仪器都具有各自的优点,但也存在一定的不足之处。就灵敏度而言,电化学检测仪的灵敏度最高;就稳定性而言,红外检测仪和电化学检测仪都具有较好的稳定性;就检测范围而言,红外检测仪的检测范围最广。因此在进行煤矿井下一氧化碳气体监测时,应根据煤矿井下环境状况选择合适的一氧化碳气体监测仪。

4.3 适用范围及选型建议

目前便携式一氧化碳检测主要是以光学原理、电化学原理及半导体原理为主,是一种气体检测仪器,可广泛应用于煤矿井下、隧道、隧道通风等场所。在选用便携式一氧化碳检测时应根据检测范围来选择仪器,通常情况下,由于煤矿井下工作环境较为恶劣,所以应选择较高性能的一氧化碳检测,其灵敏度、精确度更高。在选择仪器时,还需考虑检测气体的纯度、浓度等因素,因为不同浓度下的一氧化碳检测其检测结果也会存在差异性,所以在选择时应结合实际情况来进行分析。如:煤矿井下一般可以选择 PID 型便携式一氧化碳监测仪。

5 便携式检测仪的现场使用注意事项

5.1 检测前的准备与仪器校准

①在进行便携式一氧化碳检测前,应先对其进行校准。一般来说,便携式一氧化碳检测仪在使用前需要进行校准,通常情况下,校准方法为使用标准气体(如空气)来对仪器进行检测。为了确保测量数据的准确性,可以将仪器连接到标准气体发生器上进行检测。

如：将标准气体发生器连接到便携式一氧化碳检测仪的检测探头上，然后打开仪器开关，进行检测即可。②在检测过程中应注意，由于便携式一氧化碳检测仪的灵敏度较高，所以在对其进行检测时应特别注意周围环境的影响。此外，在对便携式一氧化碳检测仪进行检测时还应注意检测距离的影响，因为不同气体的浓度差异较大。

5.2 检测过程中的操作规范

①仪器开关操作：在开启便携式一氧化碳检测仪前，需要先关闭其电源，然后再打开仪器开关，等到仪器进入正常工作状态后再进行下一步操作。②检测过程：在检测过程中应注意，先将仪器预热1~2分钟，然后打开仪器开关，如果发现仪器在检测过程中有剧烈的振动现象，则需要检查仪器的传感器是否出现损坏或松动。③检测结果：在检测结束后应先关闭仪器开关，然后再关闭电源开关，最后关闭门窗。④记录数据：在检测过程中应注意，首先将便携式一氧化碳检测仪的电池从充电器上取下，然后再取下电池的负极。同时在检测结束后应将数据存储到U盘或电脑中，以便对数据进行处理与分析^[5]。

5.3 检测数据的分析与处理

在对便携式一氧化碳检测仪检测数据进行处理与分析时，应注意以下几点：①仪器检测的数值通常为数字，所以在进行数据处理时应先将其转换成数字。②仪器在进行检测时会产生一定的误差，所以在对数据进行分析与处理时，应先对其进行校准。③检测数值可能存在一定的波动性，所以在对数据进行处理时应先将其进行校正，然后再将其转换成数字。④仪器在检测过程中可能会产生误差，所以应先将其误差扣除，然后再将结果转换成数字。⑤仪器在检测过程中可能会出现“0”或“1”的情况，因此在对数据进行处理时应先将其转换成数字。

5.4 检测仪的维护与定期检修

(1) 仪器使用一段时间后，应及时校准，校准后仍不正常，可送计量部门检测。(2) 仪器应定期由专业技术人员进行检修，如发现故障，及时维修。维修时，应切断电源，并在维修单上注明更换元器件型号及更换的时间。维修人员不得私自拆开仪器。(3) 仪器使用完毕后，应及时清理干净，并保持干燥。(4) 仪器不用时，应及时将电池取出并充电。(5) 仪器不使用时应关闭电源，否则会影响电池寿命。(6) 仪器在使用

中若发现数据丢失或显示异常等故障时，应立即停止使用并送计量部门检测。(7) 仪器必须妥善保管，防止摔、碰、撞及其他破坏现象。

5.5 使用过程中常见误区与安全注意事项

检测作业时，避免长时间在高浓度或低浓度气体环境下检测。使用过程中，要保持仪器清洁，严禁用手触摸传感器。以免发生触电事故。在井下使用便携式检测仪时，尽量远离瓦斯浓度较高的巷道或采空区，要严格遵守相关规定，严禁携带便携式检测仪进入高瓦斯矿井。使用便携式检测仪时，要按照操作规程进行检测作业，严禁在检测过程中进行其他操作。以免出现误报、漏报的现象。便携式检测仪的使用要严格遵守《煤矿安全规程》的相关规定。严禁在检测现场吸烟或用明火进行测试，以免引起火灾事故的发生。杜绝因检测造成的安全事故发生。

6 结语

随着煤矿开采深度的不断增加，煤炭资源日益枯竭，加之高瓦斯、煤与瓦斯突出等矿井灾害的日益加剧，矿井安全形势越来越严峻。在煤炭生产过程中，需要时刻关注井下有毒有害气体的存在情况。因此，相关人员必须要加强对井下有毒有害气体的监测，一旦出现有毒有害气体超标现象，应及时采取有效措施进行治理。目前常用的有毒有害气体检测仪器主要为便携式一氧化碳检测仪、甲烷传感器和甲烷报警仪等。在进行有毒有害气体检测时，应特别注意检测仪器的选择与使用方法，并在日常工作中加强对仪器的维护和保养，以确保便携式气体检测仪能够正常使用。

参考文献

- [1] 司炳文. 影响一氧化碳传感器稳定运行因素分析[J]/OL. 煤炭科技, 2024, (06): 108-111[2025-09-20].
- [2] 司炳文. 影响一氧化碳传感器稳定运行因素分析[J]. 煤炭科技, 2024, 45(06): 108-111.
- [3] 于鹏, 陈小雨, 李志. 煤矿爆破一氧化碳产生机制及控制技术研究[J]. 安徽科技, 2023, (05): 52-55.
- [4] 周效志, 桑树勋, 谷德忠, 等. 煤矿井下CO来源辨识与浓度超限原因研究——以内蒙古串草圪旦煤矿为例[J]. 煤炭科学技术, 2021, 49(02): 138-144.
- [5] 王铭明, 汪晨, 于浩, 等. 不同温度下煤样氧化热解气体产物在煤中吸附特性的实验研究[J]. 煤炭学报, 2020, 45(S1): 284-290.