

管道井气体采样及检测工具

赵南皓 屈永刚 张兆宏 王志强 崔恒瑞

国家矿山应急救援国能神东队

一、研发创意

在煤矿救援行动中，气体采样和检测是保障救援人员安全、制定科学救援方案的基石。但传统检测工具弊病丛生，采气效率仅 36.3%，操作依赖专业人员，购置与维护成本高昂，面对深井、涵洞等密闭空间，因体积与结构限制，难以进入和操作，无法满足紧急救援需求。

在某次涵洞气体中毒事故里，救援小队受阻于传统工具的局限。涵洞空间狭小，传统设备难以进入，操作不便，致使救援人员只能冒险手动采样。这不仅使救援人员直面瓦斯爆炸、缺氧等致命风险，还因采气效率低、操作复杂，严重拖延救援进度，极大地影响了救援效率与人员安全。

针对这些棘手难题，研发人员创新构思，研发手动气囊式气体采样及检测工具。该工具融合抽真空与煤气管道进出气阀原理，打造出高效、便携、精准的气体采样及检测系统，致力于提升采气效率、简化操作流程、降低成本、减少安全风险，为煤矿救援气体检测带来突破性解决方案。

二、成果简介

该工具通过创新的三段式设计，将抽气泵、气囊和检测仪巧妙结合，解决了传统检测装置在密闭空间中采气效率低、操作不便等问题。

在设计初期，队员们通过实地调研和需求分析，发现传统检测装置在微量气体采样中存在效率低、操作不便等痛点。为此，队员们借鉴了抽真空原理和煤气管道进出气阀的设计思路，提出了手动气囊式气体采样及检测工具的创新方案。经过多次试验和优化，最终确定了以 PVC 抽气泵、硅胶软管、橡胶气囊和可视化面板检测报警仪为核心组件的设计方案。

通过对比试验，手动气囊式气体采样及检测工具的采气效率从传统的 36.3% 提升至 98%，远超预期目标。该工具不仅操作简便、成本低廉，而且具备较高的便携性和实用性，能够有效应对煤矿井下复杂的气体检测需求。

具体设计思路如下：

- 模块化设计：**将设备分为抽气泵、气囊、软管和检测仪等模块，便于组装和维护。
- 可视化面板：**通过可视化面板实时显示气体浓度，便于救援人员快速判断气体成分和浓度。

3. 远程采样：通过软管连接气囊和抽气泵，实现远程采样，减少救援人员进入危险区域的次数。

三、技术特点

1. 三段式设计，提升采气效率：手动气囊式气体采样及检测工具采用三段式设计，将抽气泵、气囊和检测仪有机结合。通过抽气泵将气体从密闭空间吸入气囊，再通过检测仪进行实时分析，确保了气体采样的高效性和准确性。相比传统方法，该设计显著提升了采气效率，从 36.3% 提升至 98%。

2. 便携轻便，操作简便：工具采用轻量化材料，如 PVC 抽气泵和硅胶软管，整体结构紧凑、重量轻，便于携带和操作。气囊部分采用橡胶材质，结实耐用且易于操作，适合在煤矿井下复杂环境中使用。操作人员只需简单的手动操作即可完成气体采样和检测，极大提高了工作效率。

3. 可视化检测，实时监控：检测仪部分采用可视化面板设计，能够实时显示气体浓度和成分数据，便于操作人员快速掌握井下气体状况。相比传统的非可视化检测仪，该设计提供了更直观的数据反馈，有助于及时做出预警和决策，提升了检测的准确性和安全性。

4. 模块化设计，易于维护：工具采用模块化设计，抽气泵、气囊和检测仪等部件可独立拆卸和更换，便于维护和升级。这种设计不仅延长了工具的使用寿命，还降低了维护成本，适合在煤矿井下长期使用。

5. 安全可靠，适应性强：工具采用绝缘材料制作，避免了在煤矿井下复杂环境中可能产生的电气安全隐患。同时，硅胶软管和橡胶气囊具有良好的耐腐蚀性和密封性，能够适应井下高温、高湿等恶劣环境，确保采样和检测过程的稳定性和可靠性。

6. 经济实用，成本低廉：工具的整体设计注重经济性，选用的材料成本较低，且制作工艺简单，适合大规模推广使用。相比电动吸气式工具，手动气囊式工具不仅造价低，而且维护成本低，具有较高的性价比。

7. 创新性强，技术领先：该工具结合了抽真空原理和煤气管道进出气阀的设计思路，创新性地提出了手动气囊式气体采样及检测方案，填补了传统检测装置在密闭空间气体采样中的技术空白，具有较强的技术领先性和实用性。

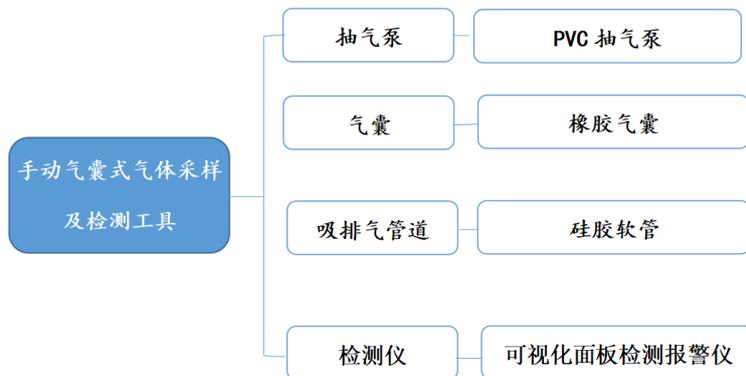


图 研究技术流程图

四、实践应用成效

（一）成果实际运用

自成果研发完成以来，已成功部署在国家矿山应急救援国能神东队的实践中，并取得了显著成效。该套检测工具已广泛应用于该队的日常训练、灾害应急演练和救援任务中。手动气囊式气体采样及检测工具凭借其高效、便携、可视化、模块化等特点，能够有效应对深井、涵洞、密闭空间气体采样和检测的复杂需求，包括瓦斯爆炸、火灾、塌方等灾害情况的应急响应。为煤矿安全生产提供了可靠的技术支持。

（二）对救援的实际帮助情况

1. 快速响应，提升救援效率：手动气囊式气体采样及检测工具具有便携、操作简便的特点，能够在救援现场快速部署和使用。救援人员可以迅速对井下气体进行采样和检测，实时掌握有害气体的浓度和分布情况，为制定救援方案提供准确的数据支持。相比传统检测方法，该工具大大缩短了气体检测的时间，提升了救援的响应速度和效率。

2. 精准检测，保障救援安全：在煤矿事故救援中，井下有害气体的浓度和种类直接关系到救援人员的安全。该工具通过可视化面板实时显示气体数据，能够精准检测出甲烷、一氧化碳、硫化氢等有害气体的浓度，帮助救援人员及时判断井下环境的安全性，避免因气体浓度过高或爆炸性气体存在而引发的二次事故，保障了救援人员的安全。

3. 适应复杂环境，增强救援能力：煤矿事故现场往往环境复杂，存在高温、高湿、高粉尘等恶劣条件。手动气囊式气体采样及检测工具采用耐腐蚀、耐高温的材料设计，能够在这些复杂环境中稳定工作，确保救援过程中气体检测的连续性和可靠性。工具的轻便设计也使得救援人员能够轻松携带，适应井下狭窄、崎岖的作业环境。

4. 提前预警，预防次生灾害：在救援过程中，井下气体环境可能随时发生变化，存在瓦斯爆炸、火灾等次生灾害的风险。该工具能够实时监测气体浓度变化，及时发出预警信号，帮助救援人员提前采取防范措施，避免次生灾害的发生，为救援工作提供了重要的安全保障。

5. 提升救援决策的科学性：通过该工具采集的气体数据，救援指挥人员可以更加科学地评估井下环境，制定合理的救援方案。例如，根据气体浓度分布情况，救援人员可以确定安全的救援路线，避免进入高浓度有害气体区域，提高救援的成功率。同时，工具的可视化数据也为救援指挥提供了直观的参考，增强了决策的科学性和准确性。

6. 降低救援风险，提高成功率：该工具的高效性和准确性使得救援人员能够在最短时间内掌握井下气体状况，降低了救援过程中的不确定性和风险。通过提前预警和科学决策，救援人员能够更加安全、高效地开展救援行动，提高了救援的成功率，最大限度地减少了人员伤亡和财产损失。

7. 增强救援队伍的实战能力：该工具的成功应用不仅提升了救援效率，还增强了救援队伍的实战能力。通过在实际救援中的使用，救援人员熟悉了工具的操作流程和气体检测技术，积累了宝贵的实战经验，为今后应对类似事故提供了技术支持和信心保障。

五、代表性图片



图1 组装图

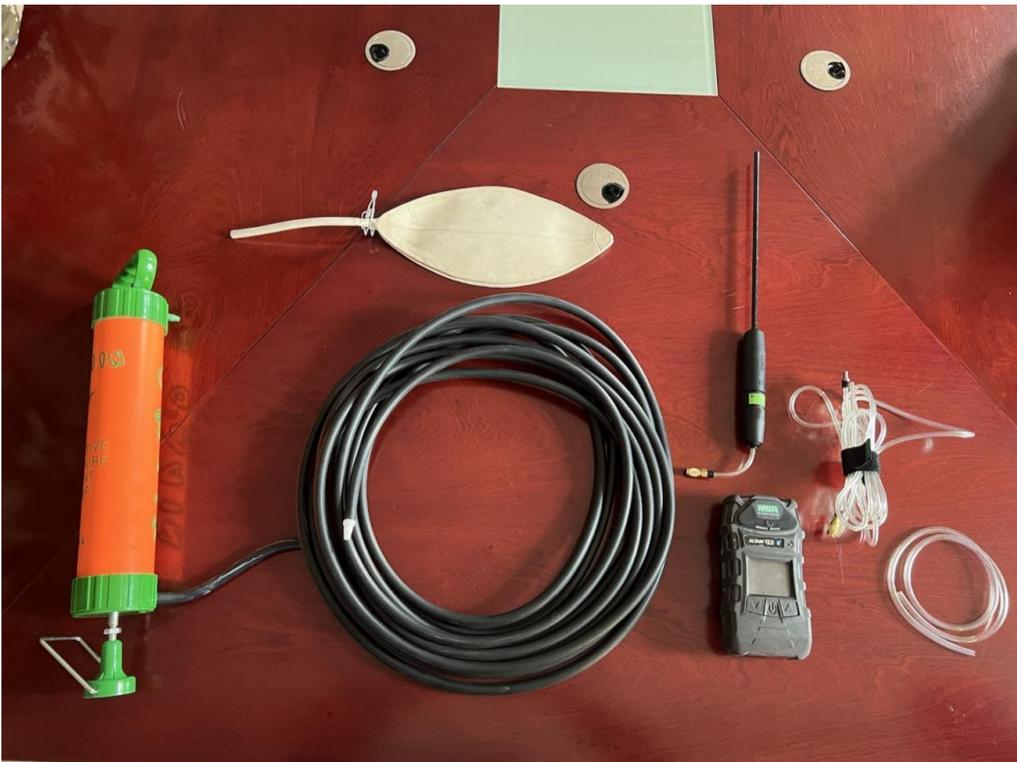


图2 实物图

六、成果联系人

姓名：屈永刚 联系方式：15849773322

地址：内蒙古自治区鄂尔多斯市伊金霍洛旗乌兰木伦镇

