



Vehicle-Mounted Gamma Survey Spectrometer System

Jicheng Shi

Chengdu University of Technology, Chengdu, China

Email: 474851679@qq.com

How to cite this paper: Shi, J.C. (2022) Vehicle-Mounted Gamma Survey Spectrometer System. *Open Access Library Journal*, 9: e9389.
<https://doi.org/10.4236/oalib.1109389>

Received: September 28, 2022

Accepted: November 6, 2022

Published: November 9, 2022

Copyright © 2022 by author(s) and Open Access Library Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The vehicle-mounted gamma patrol spectrometer system is a set of system equipment that places a gamma-ray spectrometer on a vehicle-mounted mobile platform to detect the energy and intensity of gamma rays in the target area, and identify the type and content of radionuclides. The vehicle-mounted gamma patrol spectrometer system is a fast and high-sensitivity measurement method for detecting environmental radioactivity. It is usually used in the field of environmental radiation monitoring and undertakes radioactive survey tasks. The vehicle-mounted gamma inspection spectrometer is composed of large-volume NaI (TI) detectors, Geiger tube counters, Beidou positioning systems, data acquisition and embedded control systems, which can realize rapid inspection of urban radioactive pollution, source item identification and other systems. Comprehensive situation analysis and other functions provide technical support for rapid monitoring, identification and analysis of large-scale urban pollution after accidents, improve work efficiency and protect personnel safety.

Subject Areas

Nuclear Physics

Keywords

Vehicle-Mounted Gamma Patrol Spectrometer System, NaI (TI) Detector, Radioactive Survey, Source Term Identification

1. 研究背景

我国的核仪器在过去三十年中得到迅速发展，并广泛应用于国民经济的各个领域[1]。核科学与核技术自身蓬勃发展，大力的推动了核电子学、核医学、医疗影像学、核化学等学科发展，推动了世界经济的进步。

所谓“放射事故”，按照卫生部与公安部于1995年联合发布的《放射事故管理规定》明确定义的那样：指放射性同位素、射线装置等辐射源失控引起的丢失放射性物质、人员超剂量照射、放射污染等异常事故[2]。放射事故会给人民群众带来严重的影响，因此，做好应急响应，有力控制事件对社会安全和国家正常秩序的破坏是当前阶段的当务之急的任务。车载伽马巡测谱仪系统是当前比较常用且兼具实用性与经济性的一种快速分析和搜寻被盗或遗失放射源的技术手段，当城市发生放射事故时，该系统能够快速进行源项识别和综合态势分析，为事故后续工作开展提供有效支持[3]。

2. 车载伽马巡测谱仪系统总体设计

车载伽马巡测谱仪系统主要由 NaI (TI)探测器、GM 盖革管剂量计系统、北斗 GNSS 测量型天线套件、WiFi 模块、锂电池、管座式数字能谱仪、电源管理系统、主控板、桌面能谱系统程序组成。组成框图如下图 1 所示：

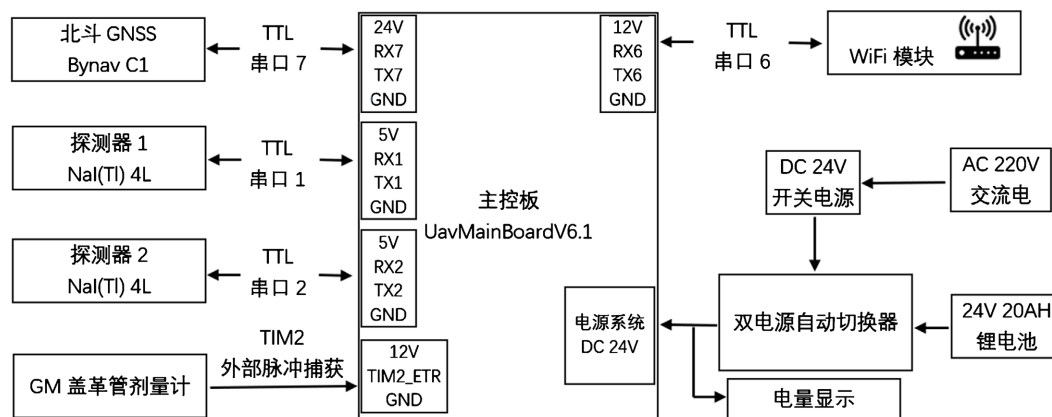


图 1. 车载伽马巡测谱仪系统设计框图

2.1. 硬件系统设计

硬件系统部分包括 NaI (TI)探测器、GM 盖革管剂量计系统、北斗 GNSS 测量型天线套件、WiFi 通讯系统、锂电池、管座式数字能谱仪、电源管理系统、主控板和电量显示。

2.1.1. NaI (TI)探测器

NaI (TI)探测器选用乌克兰 Amcrys 公司的 PMT-R10233 4L 的探测器，尺寸为 $102 \times 102 \times 406$ ，它由被密封在金属容器中的闪烁晶体和可拆卸的光电倍增管(PMT)组成。该 NaI (TI)探测器可用于高灵敏度辐射监测，能够检测到能量范围为 0.1 到 0.4 MeV 的弱伽马流参数，NaI (TI)探测器如图 2 所示。

2.1.2. GM 盖革管剂量系统

盖革计数管选用北京北测精密仪器的 GJ4034 系列高量程能量补偿型盖革计数器和 GJ4010 系列超高量程能量补偿型盖革计数器。其中 GJ4034 高量程能量补偿型盖革管能量测量范围为 48 keV~3 MeV， γ 量程范围为 0.1 mSv/h~10 Sv/h; GJ4010 超高量程盖革计数器 γ 量程范围为 1 mSv/h~100 Sv/h,

GJ4010 和 GJ4034 系列盖革管计数器工作电压为 320 V~370 V。盖革管计数器如下图 3 和图 4 所示：



图 2. NaI (Tl)探测器

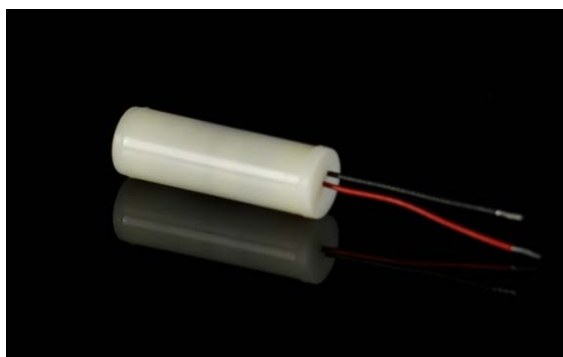


图 3. GJ4034 盖革管计数器



图 4. GJ4010 盖革管计数器

硬件电路方面 GM 盖革管剂量系统由主控板提供+12 V 电源供电，经过高压升压电路后输出+350 V 直流电压给盖革管计数器，电压转换电路如下图 5 所示。

盖革管计数器输出的电流信号经负载电阻 R4 和 R11 转换为电压信号，然后经过比较器电路输出计数方波信号，以供控制板外部 PWM 计数采集并进行计数。盖革管比较器电路如下图 6 所示。

盖革管比较器电路采用单电源供电，供电电压为+3.3 V，由主控板提供+12 V 电源经过降压电路实现，下图 7 为供电电路。

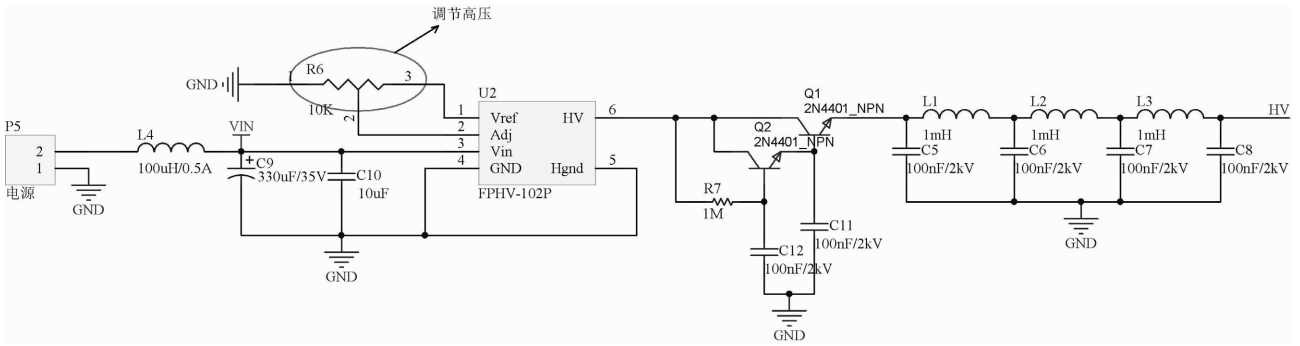


图 5. 盖革管计数器升压电路

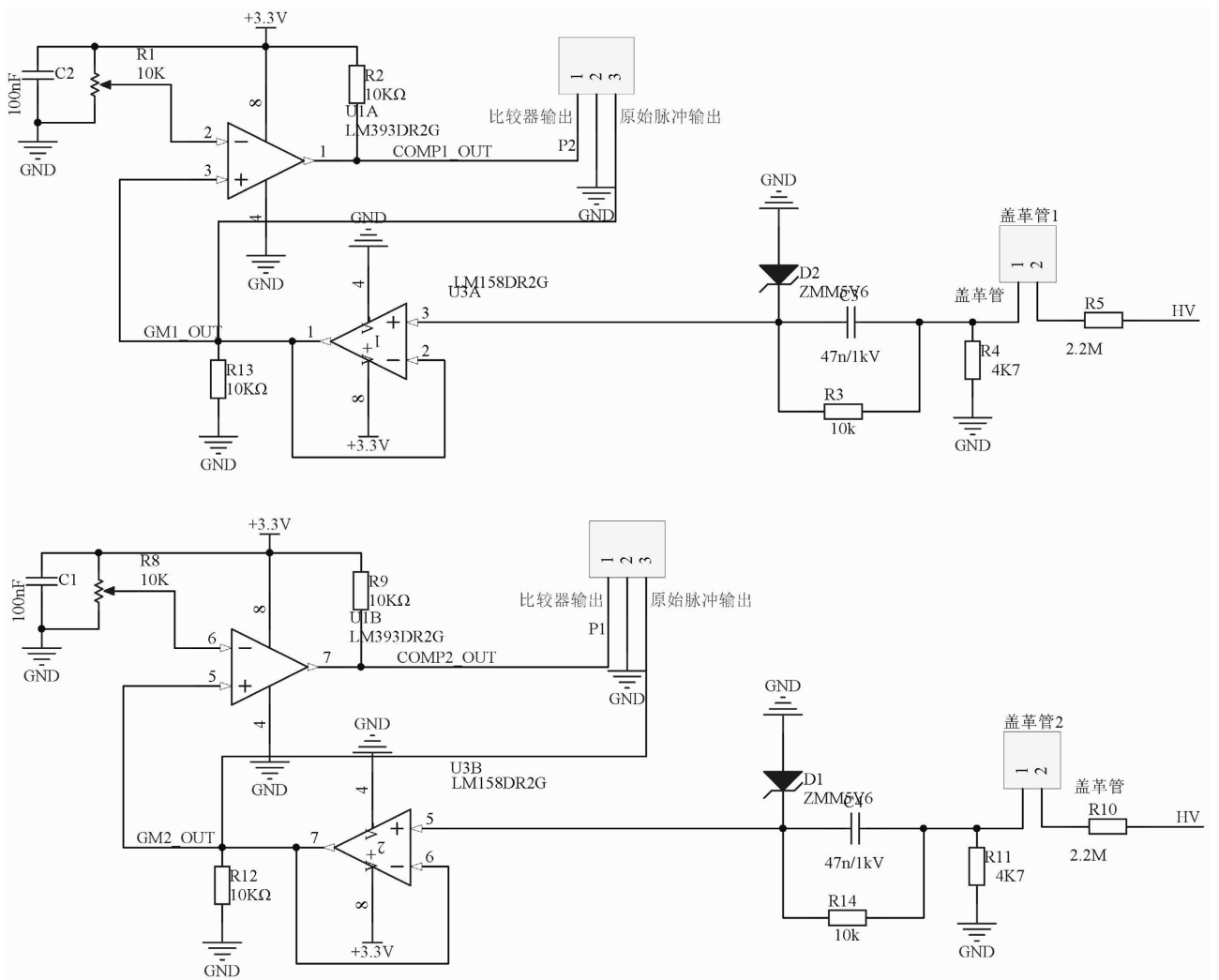


图 6. 盖革管比较器电路

2.1.3. 北斗 GNSS 定位系统

北斗 GNSS 定位系统分为高精度 GNSS 板卡和电源底板两部分组成，高精度 GNSS 板卡采用北云科技新一代 RTK 算法架构的基于 Alita 基带芯片和 Ripley 射频芯片设计，能够实现更智能的算法引擎、更高效的 RTK 解算，能实时提供高精度的位置、速度等导航参数，具有体积小、功耗低、全性能等

优点，稳定工作时电流为 700 mA 左右。GNSS 板卡如下图 8 所示：

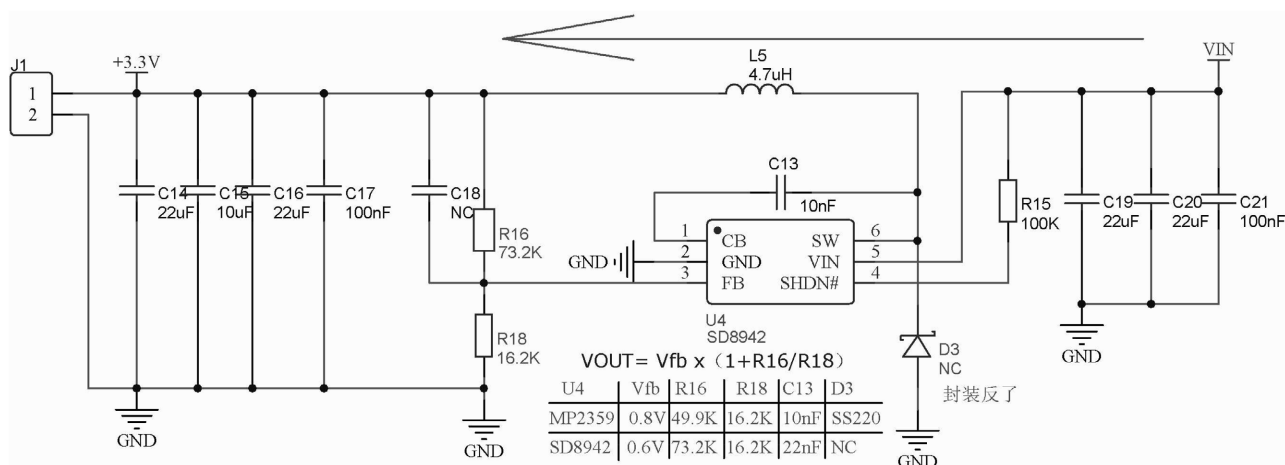


图 7. 盖革管比较器供电电路



图 8. GNSS 板卡

电源底板由主控板提供+24 V 电源供电，选用金升阳 URB2403 系列 6 W 功率的隔离电源，将主控板提供的+24 V 电源降压为+3.3 V 给 GNSS 板卡供电。电路原理图如下图 9 所示，其中 BynavC1 为 GNSS 板卡。

2.1.4. WiFi 通讯系统

WiFi 通讯部分选用卓岚信息科技的 ZLAN7146 系列 WiFi 通讯模块，该 WiFi 模块可以通过串口连接到主控板上进行无限 WiFi 网络通讯。WiFi 支持 STA 模式连接到无限路由器，或者作为 AP 模式让手机等 WiFi 设备连接，在该车载伽马巡测谱仪系统中将 WiFi 配置为 STA 模式，通过异步串口通讯和主控板互传数据。ZLAN7146 WiFi 模块如下图 10 所示。

2.1.5. 主控板系统

主控板系统包括主控电源底板和主控核心板两部分，主控电源底板由外部直流+24 V 供电，然后通过隔离电源将隔离后的+24 V 电压输入到降压稳压电路进行降压，分别通过金升阳 URB2412 降压模块、URB2405 降压模块、URB2403 降压模块将输入的+24 V 电压降压到直流+12 V、+5 V、+3.3 V，其

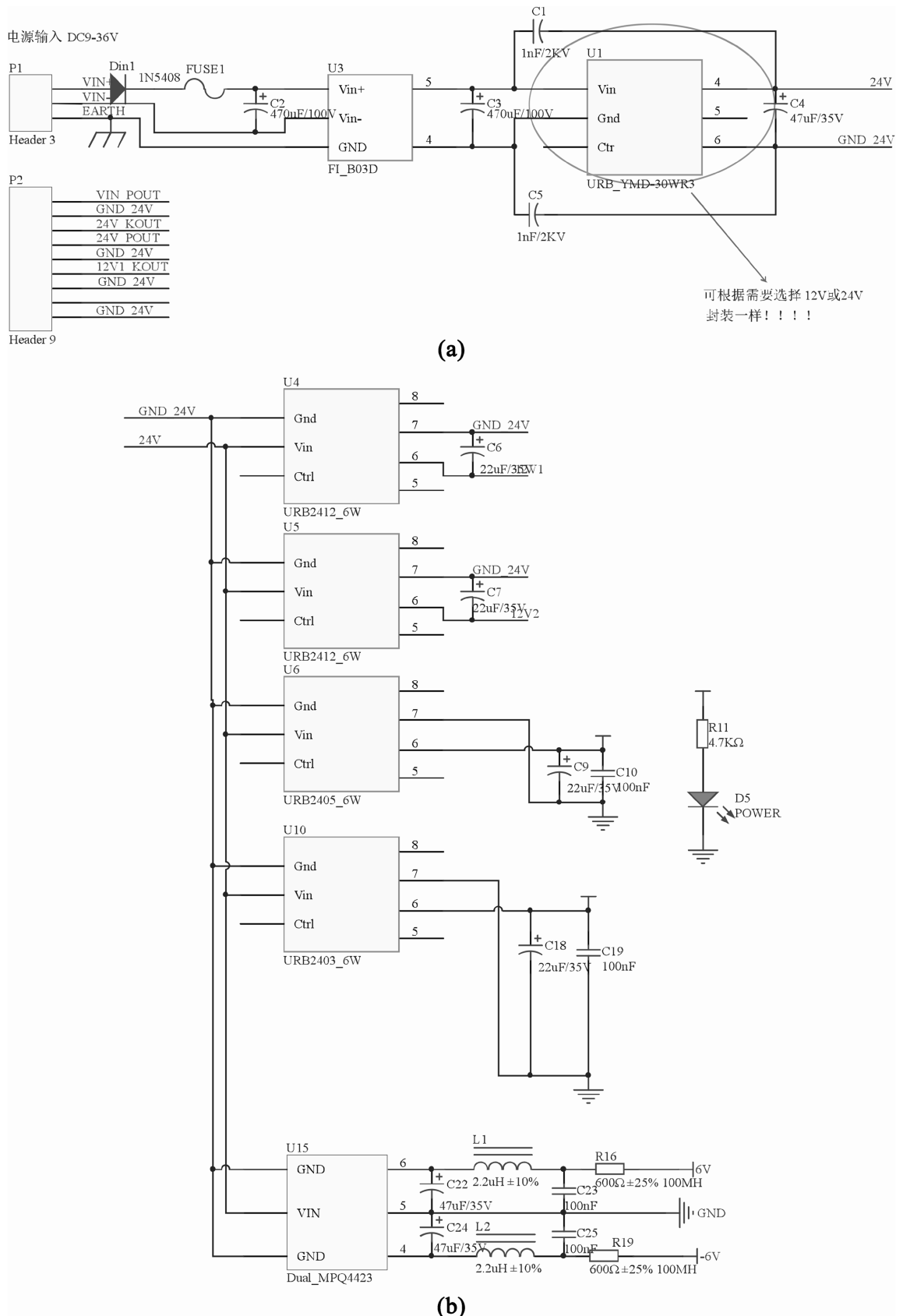


图 11. (a) 主控电源底板电源隔离电路图；(b) 主控电源底板电源降压电路图

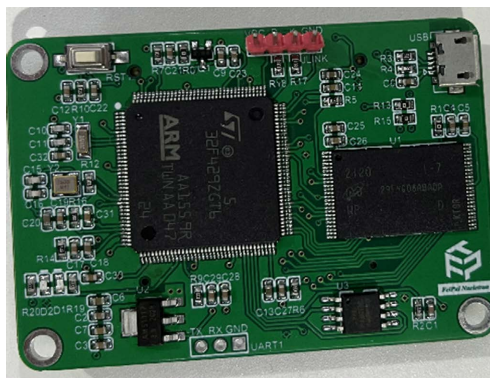


图 12. 主控核心板 PCB



图 13. 直流双电源自动切换器

2.2. 软件系统设计

车载伽马巡测谱仪系统底层硬件通过串口 TTL 通讯与上位机程序进行实时数据传输，上位机程序可实现实时测量、数据回放、数据管理三种数据管理模式。通过硬件 GNSS 定位功能，可在上位机地图中显示当前时间、位置坐标、海拔高度和雷达高度。NaI (Tl)探测器采集到的核信号通过数字多道的串口通讯将数据发送至上位机形成谱线，谱线图能够显示核信号的真时间、活时间、死时间、道址和能量，且通过对核信号数据的提取可计算出伽马剂量率、能谱剂量率等。软件测量数据如下图 14 所示，软件数据回放如下图 15 所示：

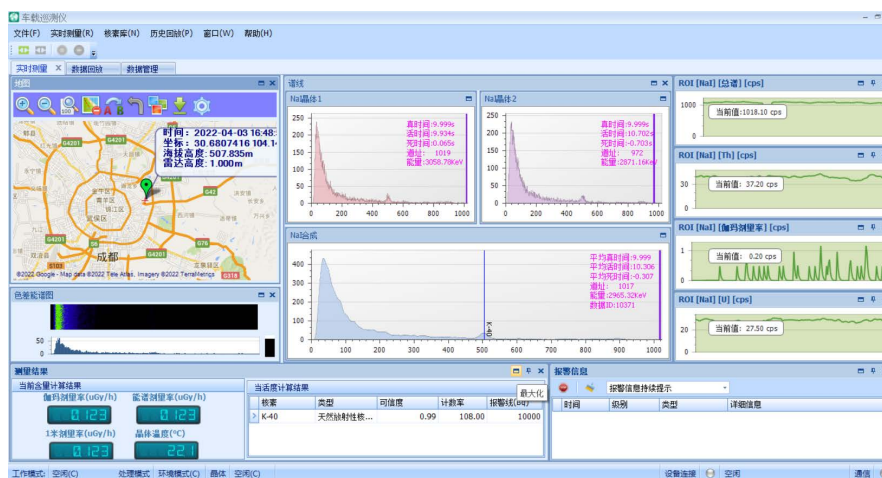


图 14. 车载巡测谱仪系统软件测量数据图

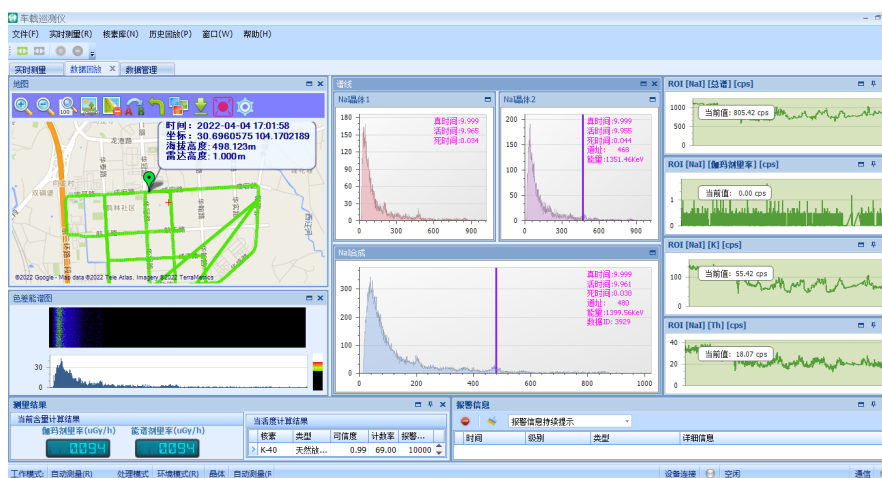


图 15. 车载巡测谱仪系统软件测量数据回放图

3. 数据测试

对系统在自然环境下的部分 GNSS 数据如表 1 所示：

表 1. 车载巡测谱仪系统 GNSS 部分数据

经度	纬度	海拔高度	雷达高度
30.68076	104.1454	511.171	1
30.68076	104.1454	511.18	1
30.68076	104.1454	511.18	1
30.68076	104.1454	511.19	1
30.68076	104.1454	511.19	1
30.68076	104.1454	511.204	1
30.68076	104.1454	511.204	1
30.68076	104.1454	511.207	1
30.68076	104.1454	511.207	1
30.68076	104.1454	511.213	1
30.68076	104.1454	511.213	1
30.68148	104.1458	511.303	1
30.68158	104.1456	511.362	1
30.68158	104.1456	511.362	1
30.68168	104.1455	511.093	1
30.68148	104.1458	511.303	1

对系统在自然环境下的部分谱线数据及各个系数如表 2 所示。

4. 实物

车载巡测谱仪系统成品如下图 16 所示。

表 2. 车载巡测谱仪系统谱线部分数据

NaI_1 米剂量率(uGy/h)	NaI_K (cps)	NaI_Th (cps)	NaI_U (cps)	NaI_伽马剂量率(cps)	NaI_总谱(cps)	NaI_能谱剂量率(cps)
0.097321513	99.80902603	28.94763293	24.92713	0.012449371	877.5756357	0.097321513
0.097553949	101.0354881	28.55132201	23.72575	0.491282761	882.4771288	0.097553949
0.097667479	101.638685	27.94812506	23.92681	0.196513101	887.3027043	0.097667479
0.098038025	101.9197909	27.74148156	24.52508	0.078605242	894.0597045	0.098038025
0.098540975	99.11540008	28.14636108	24.52754	0.031442098	899.1757137	0.098540975
0.098565807	97.80860474	26.035384	24.42702	0.012576839	900.7840772	0.098565807
0.098585009	98.49246231	25.52763819	23.31658	0.005030735	896.6834171	0.098585009
0.098221233	96.56350482	25.22106109	24.61817	0.002012294	895.096463	0.098221233
0.098262256	96.88442211	25.12562814	25.12563	0.000804918	892.160804	0.098262256
0.098218157	94.99396864	24.12545235	24.72859	0.972934008	892.9433052	0.098218157
0.098372738	95.21415644	24.02976071	24.63302	0.389173597	896.1391514	0.098372738
0.098107406	94.60138735	24.02734493	25.13321	0.155669436	889.212828	0.098107406
0.098126702	93.77826917	24.12302744	24.7261	0.062267777	889.3356116	0.098126702
0.097942253	92.06955473	25.02764097	23.922	0.02490711	884.3099809	0.097942253



图 16. 车载巡测谱仪系统成品实物图

5. 结语

车载伽马巡测谱仪系统具有较强自身机动性、自动化程度高、覆盖面宽等优点[4], 平时搭载在车载移动平台上, 作为环境放射性检测领域中的重要仪器设备, 车载伽马巡测谱仪系统能够在城市发生辐射事故时快速到达指定位置, 有效地对大面积区域进行实时监测, 并及时向上级部门发送现场辐射环境状况等信息[5], 给调查事故原因、评价事故后果及采取保护措施提供了技术支持。

基金项目

四川省重大科技专项项目(项目编号: 2020ZDZX0007); 国家自然科学基金青年基金(项目编号: 11905020)。

Conflicts of Interest

The author declares no conflicts of interest.

References

- [1] 朱志虹. 我国核仪器发展现状及展望[J]. 核电子学与探测技术, 1990(5): 288-294.
- [2] 王应欣, 李树清, 李顺福. 辽宁省责任放射性事故的原因浅析与对策[C]//辽宁省疾病预防控制中心. 中华医学会放射医学与防护学会第三次全中国青年学术交流会议论文摘要汇编. 2001: 153-154.
- [3] 余强. 车载 γ 能谱仪的硬件系统设计[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2017.
- [4] 曾国强, 杨剑, 魏世龙, 张开琪, 葛良全, 严磊. 大体积 NaI (TI)数字式车载 γ 能谱仪的研制[J]. 原子能科学技术, 2016, 50(11): 2048-2054.
- [5] 蒋维华, 张宪民. 核事故应急辐射监测系统设计[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(4): 180-182.

Appendix 1. Abstract and Keywords in Chinese

车载伽马巡测谱仪系统

摘要: 车载伽马巡测谱仪系统是一套将伽马能谱仪放置在车载移动平台上探测目标区域伽马射线能量和强度, 并且识别出放射性核素种类和含量的系统设备。车载伽马巡测谱仪系统是一种快速、高灵敏度检测环境放射性的测量手段, 通常应用于环境辐射监测领域, 以及承担放射性勘察任务。该车载伽马巡测谱仪由大体积 NaI (TI)探测器、盖革管计数器、北斗定位系统、数据采集及嵌入式控制等系统组成, 能够实现城市放射性污染的快速巡查、源项识别及综合态势分析等功能, 为事故后城市大面积污染的快速监测与识别分析提供技术支撑, 提高工作效率保护人员安全。

关键词: 车载伽马巡测谱仪系统、NaI (TI)探测器、放射性勘察、源项识别