

RM1000NH
行人放射性物质监测识别系统

技术白皮书



同方威视技术股份有限公司

2024 年 10 月 第 1 版



目 录

1. 概述.....	2
1.1 设备组成及工作原理	2
1.1.1 设备组成	2
1.1.2 工作原理	3
1.2 设备功能及技术特点	6
1.2.1 设备功能	6
1.2.2 技术特点	6
1.3 技术参数	7
1.3.1 探测灵敏度特性.....	7
1.3.2 技术指标	8
2. 配套软件	10



1. 概述

RM1000NH 放射性物质监测设备由同方威视技术股份有限公司自主设计制造，可用于机场、海关、火车站、地铁、体育场馆和大型展会等人员或物资密集流动场合，对行人及其携带的物品的放射性进行监测。设备采用高灵敏度的伽马探测器、中子探测器以及特别设计的算法，可探测 γ 射线和中子源的存在，并识别行人体内或行人携带的 γ 核素种类；设备采用双侧探测形式，门式两侧均有 γ 和中子探测器。非探测面使用有效的屏蔽措施，保证对本底的有效屏蔽。

该设备已在国内外相关行业和单位广泛配置与应用，为有效防范放射性物质的非法运输、或是防范放射性安全事故的发生发挥了重要作用。



同方威视 RM1000NH 行人放射性物质监测识别系统（仅供参考）

1.1 设备组成及工作原理

1.1.1 设备组成

RM1000NH 由放置在行人行进路线两侧、相距 1.5 米左右的两个探测立柱组成，两个探测立柱分别定义为“主柜”和“辅柜”，由横梁连接。

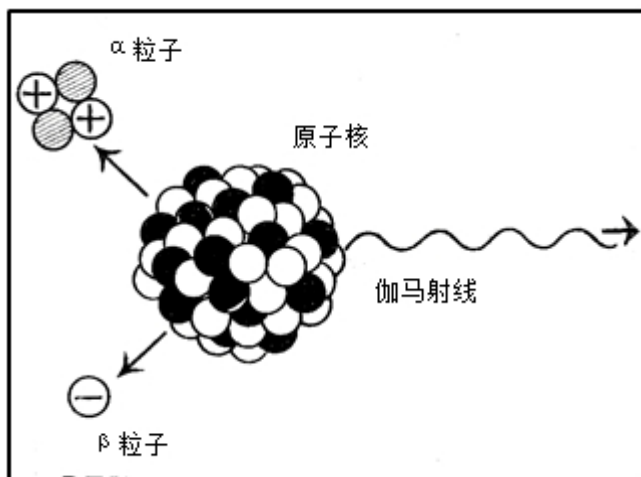
设备由电气控制系统、伽马探测组件、中子探测组件、占用/速度传感器、数据采集模块、数据处理设备、声光报警设备、门控传感器以及机械支撑装置等组成，实现对放射性物质的探测、并在伽马辐射超出设定阈值时报警。其中数据处理设备布置在主柜中。



1.1.2 工作原理

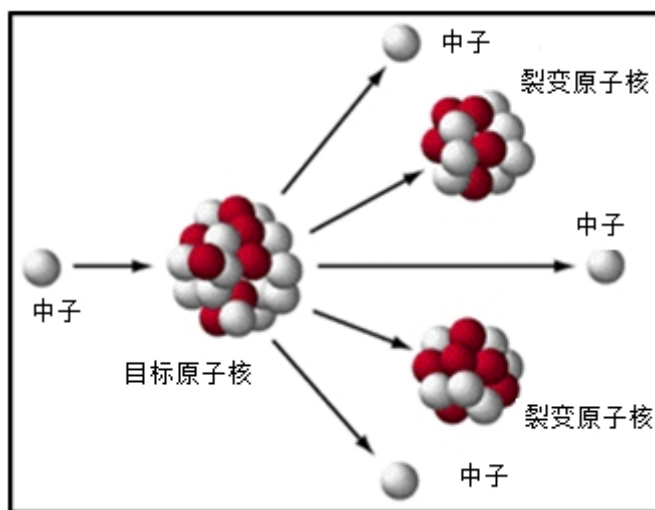
1.1.2.1 放射性原理

具有放射性的物质的原子是不稳定的，它们会不断衰变，同时放射出伽马射线、 α 射线或 β 射线。



放射性衰变

除了放射性衰变外，某些重元素的原子还会发生裂变，即分裂成两个较小的原子。裂变过程经常产生中子和伽马射线辐射。



核裂变

根据国际原子能机构的相关技术标准，通常将国际范围内日常所涉及并需监测的放射性核素分为核材料、医疗、工业和天然放射性物质。

- 特殊核材料 (SNM)：包括 ^{237}Np , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{233}U , ^{235}U , ^{238}U
- 工业放射源: 包括 ^{241}Am , ^{133}Ba , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{192}Ir , ^{75}Se , ^{228}Th , ^{204}Tl
- 医用放射源: 包括 ^{51}Cr , ^{18}F , ^{67}Ga , ^{123}I , ^{125}I , ^{131}I , ^{111}In , ^{99}Mo , ^{103}Pd , ^{153}Sm , ^{89}Sr , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{201}Tl , ^{133}Xe

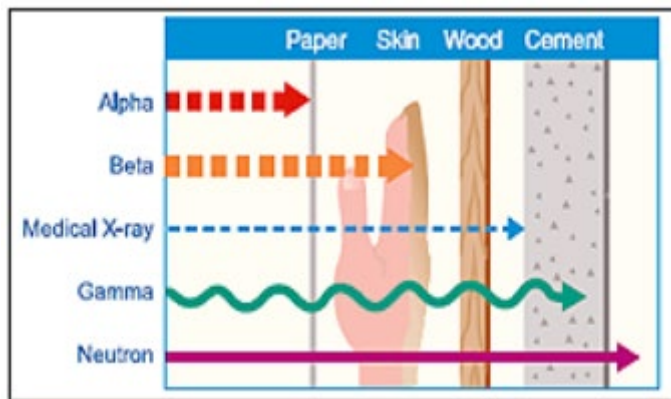


- 天然放射源：包括 ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U (天然)

1.1.2.2 放射性物质探测

对放射性物质的探测或监测需广泛覆盖放射性衰变或裂变所产生的各种形式的辐射。

各种放射性粒子或光子的基本特性如下：



Penetration of various forms of radiation

- α 粒子，带正电荷，质量大，穿透力弱，比较容易阻止，一张薄纸或者 2 英寸距离空气即可将其挡住。
- β 粒子，更轻，速度更快，带负电荷，一层薄薄的材料即可将其挡住。
- 伽马射线不带电，可以穿透大部分材料。
- 中子不带电，可以穿透密度很大的物质。
- 对放射性物质的测量或监测通常以被动探测方式进行，且大部分情况下以伽马射线和中子作为测量对象。

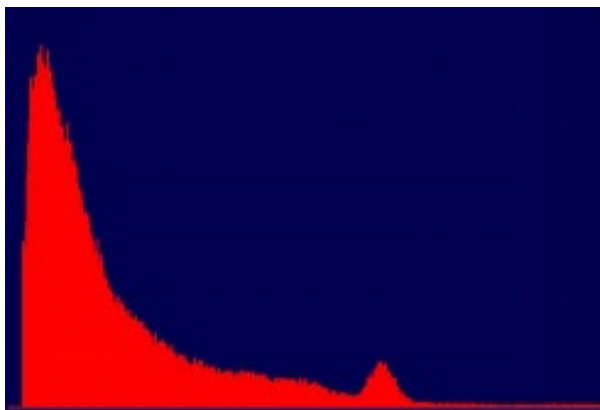
1.1.2.3 RM1000NH 探测原理

放射性物质发出的伽马射线或中子入射到探测器后，射线能量被转化为电脉冲信号输出，不同能量的所转化成的电脉冲幅值不同；所有的电脉冲信号由数据采集模块和数据处理设备进行采集、分析和处理。单位时间内所记录的脉冲数叫做计数率。

除放射性物质发出的射线外，由宇宙射线不断轰击大气而产生的天然放射性也能引起探测器的计数。我们将除放射性物质发出的射线以外的其它粒子引起的计数率叫做本底计数率，而由放射性物质发出的射线引起的计数率叫做源计数率。两者之和为总计数率。

数据采集模块采用多道分析器，可对不同电脉冲幅度的信号分别计数，以 X 轴为道值（能量或幅值），Y 轴为所对应道值所产生的计数率，由此构成坐标系中显示出的图形叫做“能谱”。通常“能谱”只应用于采用 NaI 的探测器的设备。

下图所示为设备的本底参考能谱：

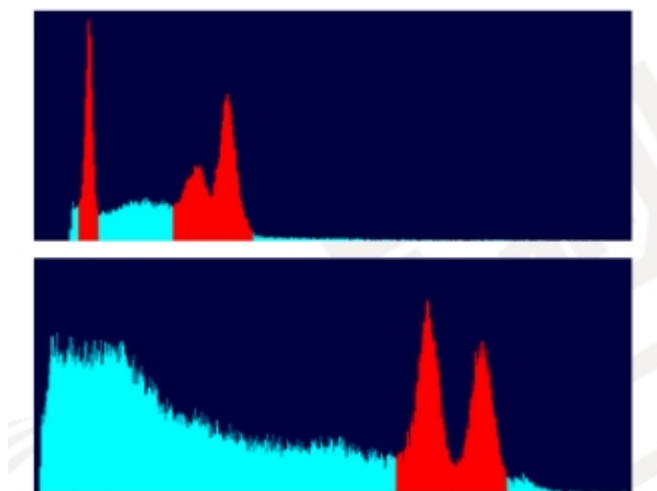


本底能谱

每种核素的伽马射线特征能谱都是不同的，因此可以把伽马射线的特征能谱看成是核素的伽马射线指纹，伽马射线指纹的特征包括：

1. 特征伽马射线的数量和能量
2. 不同能量射线的强度比例

下图为两种核素的能谱图：

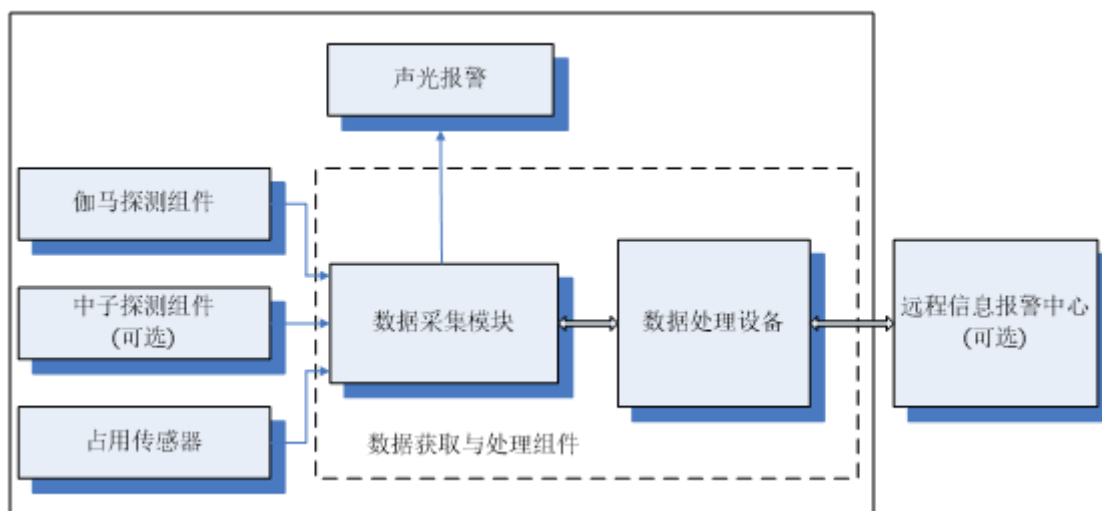


碘化钠 NaI(Tl)探测器的 ^{133}Ba (上) 和 ^{60}Co (下) 能谱

核素识别技术实际上就是利用各种数学方法对探测系统采集的能谱进行分析，以确定被检物中所含核素的名称和种类。

RM1000NH 由 NaI(Tl)探测组件、中子探测组件、占用/速度传感器、数据采集模块、数据处理设备、声光报警设备等组成，实现对放射性物质的探测与报警。

设备的组成框图如下：



组成框图

伽马探测器及中子探测器接收到辐射后，数据采集模块会采集探测器所产生的电脉冲信号，并将其转化成计数率传给数据处理设备，数据处理设备对计数率信息进行分析处理，最终判断放射性水平是否超过所设定阈值并决定是否报警。在确定超过阈值的情况下，设备会发出声光报警。设备的本地数据可传送至远端信息报警中心进行远程监控。

1.2 设备功能及技术特点

1.2.1 设备功能

RM1000NH 设备会对行人行进过程中产生的辐射信号进行综合处理，以获取如下信息并实现相应的目标功能：

- 行人及行李的总体辐射水平；这将有助于消除或防止对公众或特定人员造成的潜在健康威胁。
- 按相关标准分类给出的放射性核素名称；这将有助于快速做出判断，并指导下一步的仔细调查。
- 物体中是否存在 SNM（特殊核材料）；这对履行国际义务、在全球范围内打击核恐怖主义具有重要意义。

1.2.2 技术特点

- 采用高灵敏度 NaI 探测器，非探测面布置屏蔽层以实现探测器的准直，并降低本底计数；
- 可选配高灵敏度、高效率中子探测器；
- 低误报率；



- 实时更新本底数据；
- 独有的能谱漂移修正算法；
- 无人值守自动监测，可实现多点网络布控和远程操作；
- 支持动态监测模式和静态监测模式；
- 模块化设计，方便拆装，易于扩展、定制和维护；
- 抗干扰能力强，能够在恶劣的自然环境下工作；
- 可以集成各种外设，例如抓拍系统、短信报警系统等。设备本身的运行不受外围设备的干扰或影响；
- 支持接入海关相关网络系统；
- 设备的标准配置符合国内外相关标准：

1.3 技术参数

1.3.1 探测灵敏度特性

同方威视® RM1000NH 行人放射性物质监测识别系统可以根据用户对探测灵敏度的具体需求，配置相应数量的伽马探测器或中子探测器。

标准配置的 RM1000NH 的灵敏度指标可以满足《辐射防护仪器 用于探测和识别非法放射性物质运输的基于谱分析的门式检测系统》GB/T 31836-2015 中的要求。

同方威视® RM1000NH 可以实现对以下核素的识别与分类：

- 特殊核材料 (SNM)：包括 ^{237}Np , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{233}U , ^{235}U , ^{238}U
- 工业放射源：包括 ^{241}Am , ^{133}Ba , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{192}Ir , ^{75}Se , ^{228}Th , ^{204}Tl
- 医用放射源：包括 ^{51}Cr , ^{18}F , ^{67}Ga , ^{123}I , ^{125}I , ^{131}I , ^{111}In , ^{99}Mo , ^{103}Pd , ^{153}Sm , ^{89}Sr , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{201}Tl , ^{133}Xe
- 天然放射源：包括 ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U (天然)
- 表 1 中列出了标准配置下 RM1000NH 的探测灵敏度，其测试的环境条件如下：
 - 本底：伽马参考本底 10 $\mu\text{R}/\text{h}$ ，中子本底不大于 2cps (系统计数率)
 - 误报率：不大于 0.1%
 - 源距：放射源距离探测面 0.75 米
 - 源移动速度：1.2m/s
 - 源活度的准确度：+20%

表 1 同方威视® RM1000NH 系统灵敏度

核素	活度 (μCi)	活度(μCi)	活度(μCi)
----	-----------------------	----------------------	----------------------



	裸源	3cm 钢屏蔽	7.62cm 聚乙烯屏蔽
²⁴¹ Am	47	—	—
¹³³ Ba(i)	9	148	—
¹³³ Ba(g)	3	—	—
⁵⁷ Co(i)	15	—	—
⁵⁷ Co(g)	5	—	—
⁶⁰ Co	7	25	—
¹³⁷ Cs	16	85	—
DU	4.5 kg	—	—
⁶⁷ Ga	16	—	94
HEU	237 g	—	—
¹³¹ I	10	—	23
¹⁹² Ir	6	61	—
⁴⁰ K	128	—	—
²³⁷ Np	90 mg (1 cm 钢屏蔽)	—	—
^{99m} Tc	16	—	127
²⁰¹ Tl	10	—	88
²²⁶ Ra	8	—	—
²³² Th	14	—	—
RGPu	1.4 g (1 cm 钢屏蔽)	—	—
WGPu	15 g (1 cm 钢屏蔽)	—	—
²⁵² Cf	20000 n/s	—	—

1.3.2 技术指标

伽马探测器指标:	
伽马探测器	Nal(Tl)探测器+光电倍增管
伽马探测能量范围	20~3000keV
中子探测器指标:	
中子探测器	³ He 正比计数管
中子探测能量范围	热中子~14MeV
其他指标:	
探测器	可探测 γ 射线和中子源的存在, 并识别行人 体内或行人携带的 γ 核素种类; 设备采用双 侧探测形式, 门式两侧均有 γ 和中子探测器。 非探测面使用有效的屏蔽措施, 保证对本底 的有效屏蔽。
误报警率	≤0.1%, 满足 GB/T31836-2015 中的 5.4 条 款。
标准通过速度	1.2m/s



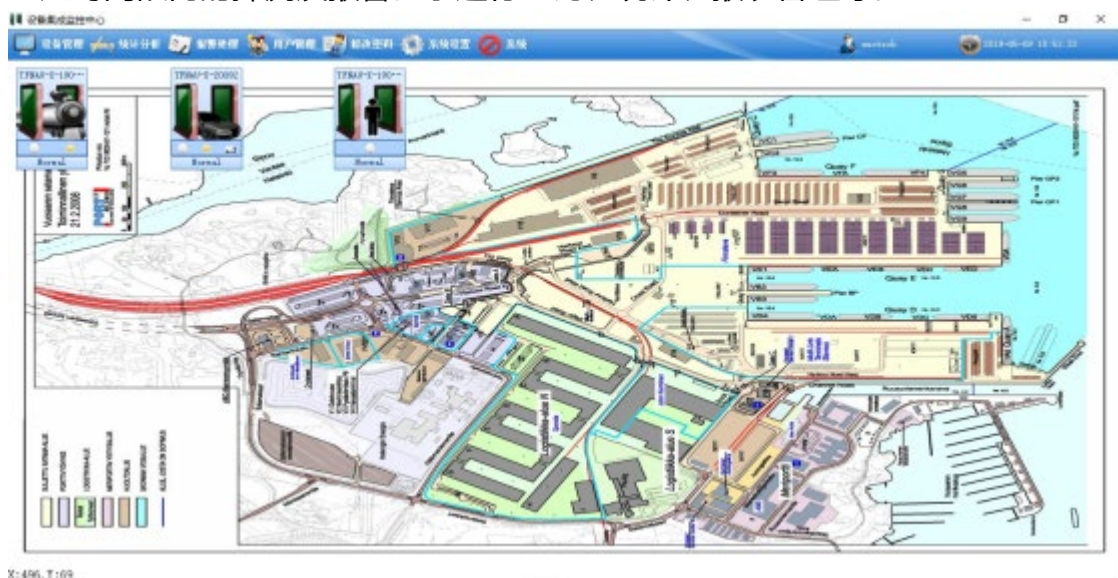
γ 辐射响应	满足 GB/T31836-2015 中的 5.5 条款。
中子辐射响应	满足 GB/T31836-2015 中的 5.7 条款。
核素种类	满足 GB/T31836-2015 中的 5.11.1 条款。
核素识别	单核素识别满足 GB/T31836-2015 中的 5.11.4 条款； 多核素识别满足 GB/T31836-2015 中的 5.11.6 条款； 核素库中没有的核素显示或另外提供指示，如“无法识别”、“未知源”等。
探测区域	探测区域高度为 0~2m，宽度 0~1.5m；
联网功能	设备能接入海关网络，符合《核辐射探测应用辐射探测数据通信传输接口标准》和《辐射探测设备接入海关管理网现场实施指导方案》要求。入网安全符合海关网络安全管理相关规定。
电磁性能	满足 GB/T31836-2015 中的 5.14 条款。
报警功能	满足 GB/T31836-2015 中的 5.6 条款，且报警阈值可调整。
能量范围	20~3000keV，满足 GB/T31836-2015 中的 4.9 条款。
本底监测	实时动态本底监测，确保报警阈值随本底波动动态更新
抓拍系统	对通过监测区域的行人触发报警后进行图像和视频抓拍。
应用软件	(1) 监测系统可实时显示 γ 计数率曲线，中子计数率曲线，详细的报警信息（报警计数率曲线，核素识别结果）可静态显示； (2) 可即时存储本地放射性物质监测系统的监测与报警数据，根据时间查询历史报警记录。可查询的报警信息包括设备信息、报警阈值信息、报警类型、通行时间、抓拍图像（视频）、核素信息等。 (3) 有全中文应用软件及配套的用户手册。



工作环境温度	-30℃~+55℃
工作湿度	0~95%
防护等级	IP65
重量	<600kg

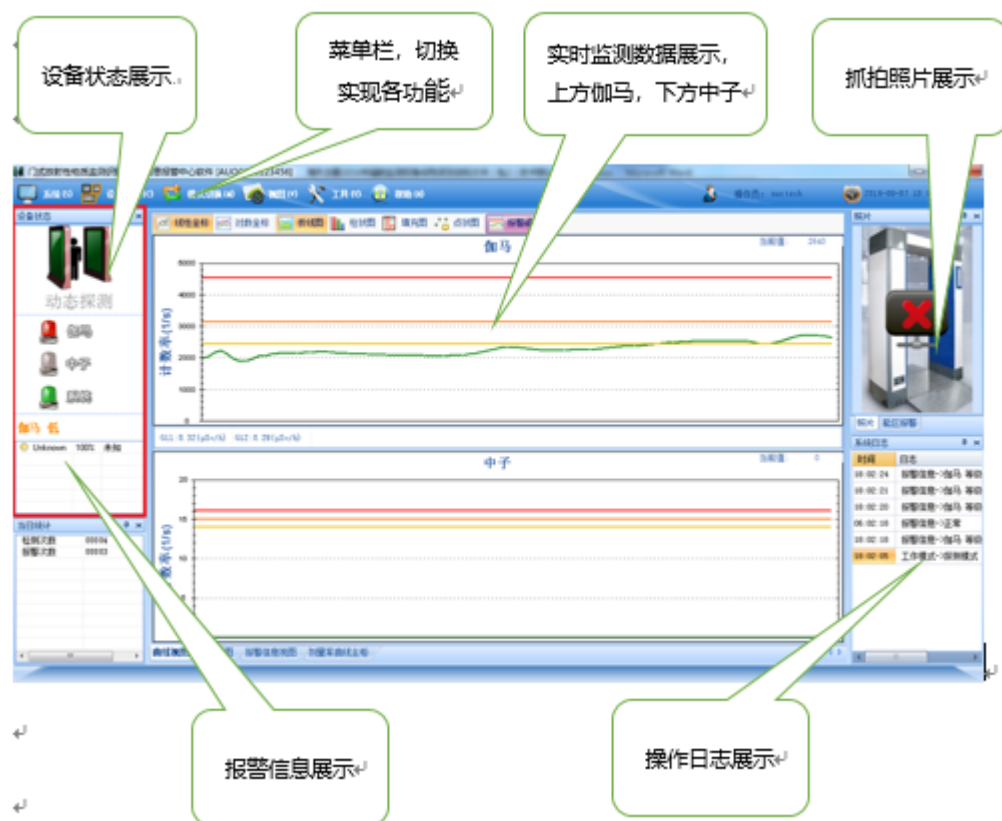
2. 配套软件

系统监控软件主要由实时监控软件及统计分析软件组成。实时监控软件可在线观测设备实时数据、可观察设备实时状态、进行参数设置。统计分析软件可对一定时间段内的探测及报警记录进行查询、统计、报表管理等。



监测软件（图片仅供参考）

实时监控软件可实现设备管理、设备控制、参数设置、实时数据展示、实时操作日志展示、实时状态展示、报警显示、抓拍图片展示等功能。



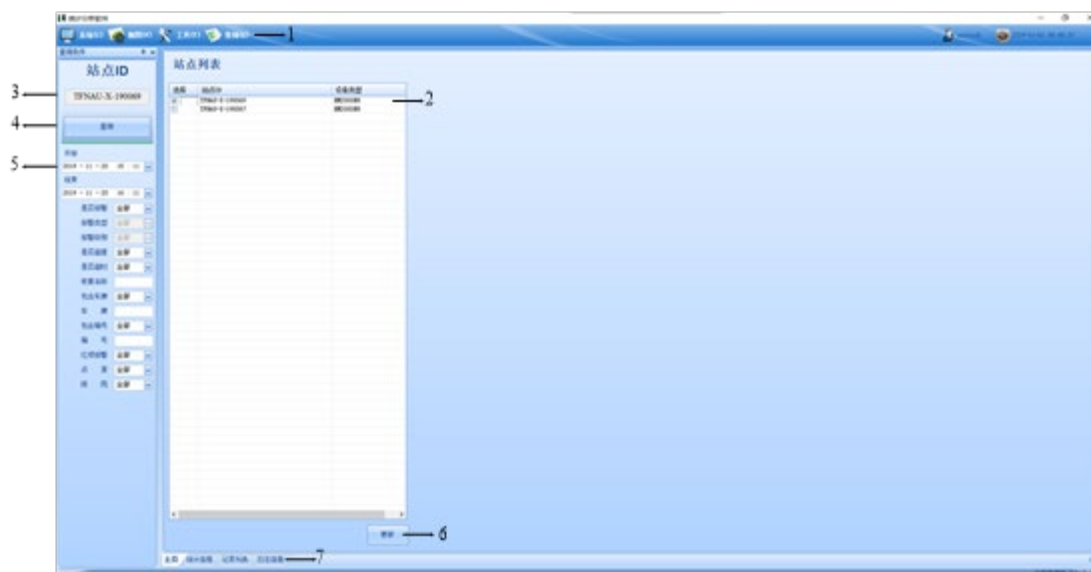
实时数据展示页面（图片仅供参考）

系统设置是指对当前软件的基础设置, 包括语言、站点显示、背景等设置项。

由设备管理设置可实现对监控站点的管理, 可添加、编辑及删除监控站点信息。对某个监控站点添加成功后, 主界面中会显示所添加的站点图标和站点状态。

统计分析是指对历史记录查询与统计, 点击统计分析后会自动打开该监控站点的统计查询界面, 可对该监控站点当前时间前 24 小时内的历史记录进行查询、统计等操作。

进入统计分析界面后, 屏显如下图所示:



统计分析页面（图片仅供参考）

- 1 工具栏，提供功能操作。
- 2 站点列表，展示可供查询的监控站点信息，勾选则对该站点进行统计查询操作，并在站点 ID 处显示当前查询的站点，每次只能对一个监控站点进行统计查询。如果多站点时，打开统计分析默认是勾选第一个站点，如需查其他站点，手动勾选即可。
- 3 站点 ID，显示当前统计查询的站点。
- 4 查询，设置完查询条件点击查询，自动显示查询结果。
- 5 查询条件，提供灵活的查询条件，根据需求自行设置查询条件，点击查询会根据查询条件进行显示查询结果。
- 6 更新，更新站点列表的信息。
- 7 统计查询快捷方式，统计查询支持统计查询、记录查询和日志查询，可以从查询处选择统计查询方式，也可以通过该快捷方式进行切换。