

克孜尔石窟安防系统工程报警技术性能指标的精确实现

赵永升

摘要：开凿于千年前的新疆克孜尔石窟，在自然中会产生不同程度的自然破坏和人为破坏，其中自然破坏（如地震）属于不可抗拒的破坏力，而人为破坏则属于可抗拒、可防范的破坏力。针对人为破坏这种可抗拒、可防范的破坏力，笔者以“新疆克孜尔石窟安防工程报警系统”这一项目为例，论述了如何运用先进技术构建一个以“入侵报警系统为核心，以声音复核、图像复核为辅助手段”的入侵报警系统以及入侵报警系统的技术性能指标是如何精确实现的，为今后同类型项目的建设提供一些依据和支持。

关键词：克孜尔石窟 入侵报警系统 规范 精确实现 技术性能指标 保护文物安全

一、概 况

（一）新疆克孜尔石窟概况

新疆克孜尔石窟位于新疆维吾尔自治区拜城县境内，地理坐标东经 82°27′，北纬 41°47′，是中国开凿年代最早的石窟群，1961 年国务院公布克孜尔石窟为全国重点文物保护单位（图 1）。

新疆克孜尔石窟的洞窟主要开凿在却勒塔格山北麓木扎提河北岸的断崖上，现存有编号的洞窟 236 个，总体走向为东西向。石窟分为四个区域，以中部苏格特沟为界，沟内为谷内区；沟西为谷西区；沟东为谷东区；谷东区东部台地上为后山区，后山区又分为前区和后区。

（二）新疆克孜尔石窟安防系统工程概况

为贯彻实施 GA27-2002《文物系统博物馆风险等级和安全防护级别的规定》，并为申报世界文化遗产创造条件。在国家文物局的关怀支持下，“新疆克孜尔石窟安防系统工程”于 2003 年 9 月正式立项，2004 年 9 月完成设计并通过国家文物局专家组的论证，于 2007 年 5 月 30 日正式开工。

“新疆克孜尔石窟安防系统工程”是由入侵报警系统、声音复核系统、图像复核系统、电视监控系统、通信指挥系统、门禁系统、巡更系统、IP 数字化广播系统、光缆传输系统、中心控制室以及灯光照明、实体防护设施等项目构成。

系统以入侵报警系统为核心，以声音复核、图像复核、电视监控和通信系统为基础组成部分，结合门禁、巡更、有线广播、光缆传输、实体防护等子系统，通过系统集成，将各子系统融为一

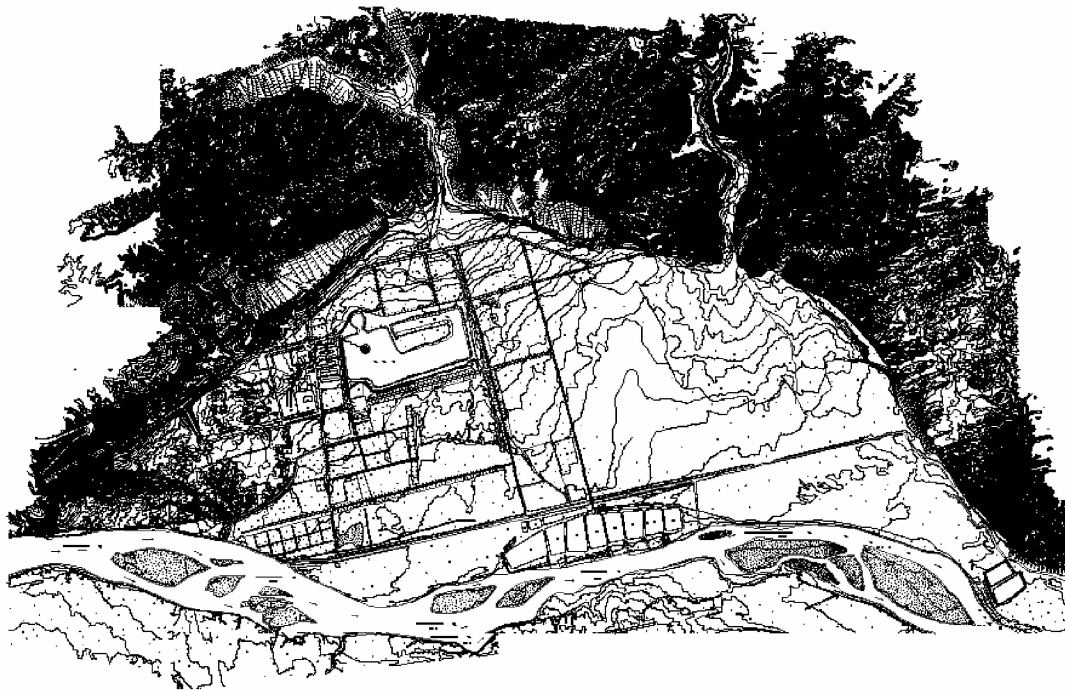


图1 克孜尔石窟总平面图

体, 构成一个自动化、智能化程度高, 防范严密, 功能设置完善, 综合防范能力强, 易于操作与管理的现代化的安全技术防范系统。

二、系统工程技术性能指标的提出

安全技术防范系统工程的设计, 必须遵循相关规范的程序, 有计划、有目的、有步骤的进行, 才能使方案设计实施顺利完成, 其中制定“目标”是至关重要的。

所谓“目标”, 是指工程建成后, 能反映工程总体性能、工程质量和防范效果的“系统工程技术性能指标”。制定该指标的目的在于它为工程设计、施工制定了总体“目标”。目标的制定, 不仅为了从总体上保证工程质量和预期要达到的防范效果, 而且为工程设计、方案审核、工程施工和工程验收提供了依据。

“系统工程”是一个整体的概念, 它涵盖了“技防”、“物防”、“人防”和“科学管理”4个方面。只有从这4个方面全面考虑, 才能把“系统工程技术性能指标”制定完善。

新疆克孜尔石窟安防系统工程就是从这4个方面考虑, 结合设计任务书的要求, 从现场勘察的实际出发, 遵循规范、标准的规定, 经过反复思考和推敲后制定出本工程“系统工程技术性能指标”。

新疆克孜尔石窟安防系统工程指标的内容主要包括:

- (1) 入侵报警系统技术性能指标。
- (2) 声音复核系统技术性能指标。
- (3) 图像复核及视频监控系统技术性能指标。
- (4) 专线对讲系统技术性能指标。

- (5) 巡更系统技术性能指标。
- (6) 门禁系统技术性能指标。
- (7) 公共广播技术性能指标。
- (8) 备用电源技术性能指标。
- (9) 可靠性指标。
- (10) 系统整体功耗。

因为新疆克孜尔石窟安防系统工程是以入侵报警系统为核心，所以我们重点论述入侵报警系统技术性能指标及指标的精确实现。

入侵报警系统技术性能指标的主要指标如下：

- (1) 系统设计输入容量：480 路。
- (2) 系统最大输入容量：512 路。
- (3) 系统漏报警：0。
- (4) 报警探测率（设计值）：100%。
- (5) 系统误报警：日误报次数 ≤ 探测器输入总量的 1%。
- (6) 报警响应时间：≤ 2s。

三、入侵报警系统的构成

(一) 报警系统设备的选择

入侵报警系统设计模式的构成，是以设备选型为基础，各类器材、设备是系统设计模式构成的要素，其质量优劣，直接影响到系统性能指标的精确实现。为确保系统性能指标的精确实现，工程选用美国安定宝公司的 VISTA-1200 报警主机及模块。

4208 总线扩展模块有 8 个入侵报警探测器的输入端子，可接入不同技术类型的探测器（主动红外、被动红外、微波、超声波、磁控、声控、双鉴、振动）8 只。

在每个探测回路都加装一个尾线电阻（精密电阻），如图 2 所示。加装尾线电阻（精密电阻）的目的是区分报警、正常、线路开路、短路 4 种状态，从而具有前端探测器工作状态的监测功能和

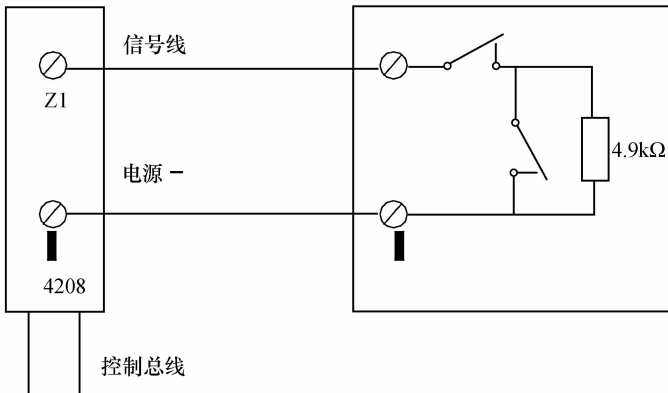


图 2 4208 总线扩展模块

防破坏功能。可对每个探测器进行地址编码，一旦某个探测器被触发报警，终端主机通过地址码判断报警部位。

4208 总线扩展器可在 $-20^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 、湿度 90%（不凝气）的环境下连续 24h 运行，其平均无故障工作时间大于 5000h。

（二）入侵报警系统的构成

1. 理论构成模式

入侵报警系统实际设计中有多种构成模式，但是各种不同的入侵报警系统都有基本相同的理论构成模式，如图 3 所示。

注 1：声光指示、编程装置、信号通信接口可以由分离部件构成，也可以由组合或集成部件构成。

注 2：入侵报警系统中探测器与控制器之间、控制器与远程中心之间的信号传输可以采用有线或无线传输方式。

注 3：入侵报警系统可以包括其他附加装置，但它们均应符合本标准的相关要求。

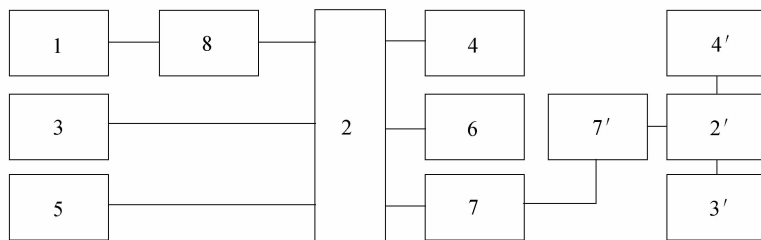


图 3 入侵报警系统理论构成模式

1. 探测器、手动控制装置；2, 2'. 控制设备；3, 3'. 电源；4, 4'. 可视或音响指示设备；5. 由控制设备激发的装置；6. 程序输入装置；7, 7'. 信号通信接口（调制解调器）；8. 传输设备

2. 设计构成模式

新疆克孜尔石窟安全防范工程入侵报警系统的设计构成模式如图 4 所示。

如图可以看出系统采用的是总线制传输方式，多媒体计算机通过 CW2104 串口扩展模块和 4100SM 串口模块与 VISTA-120 报警主机连接。VISTA-120 报警主机与各种模块间采用 RS485 总线连接。VISTA-120 报警主机通过总线对前端控制器发送多种指令，使控制器对报警探测器进行巡检，同时总线对前端控制器进行巡检，接收报警信号，实现各种功能。

3. 报警控制器防护功能分级。

防盗报警控制器按防护功能级别分为 A、B、C 三级。

A 级：为较低功能级；

B 级：为一般防护功能级；

C 级：为较高防护功能级；

图 4 所构成的模式是遵循 GA/T368-2001《入侵报警系统技术要求》和 GA/T367-2001《视频安防监控系统技术要求》这两个标准构建的。其技术要求达到了“C 级为较高防护功能级”的要求。

四、报警系统技术性能指标精确实现的数据分析

(一) 系统设计输入容量：480 路

由现场勘察统计后的数据得出，新疆克孜尔安防系统工程报警系统的总设计输入容量为 480 路。

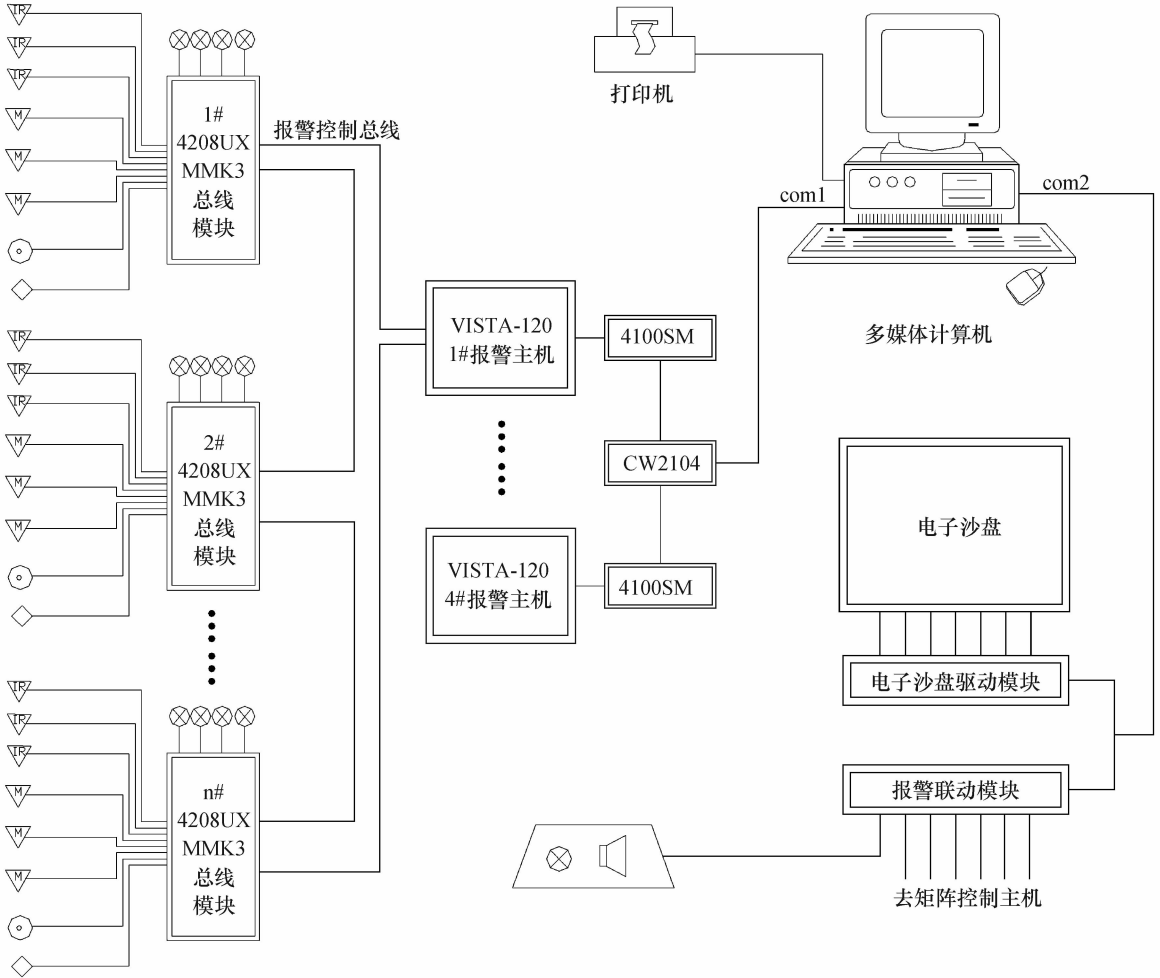


图 4 新疆克孜尔石窟安全防范工程入侵报警系统设计构成模式

(二) 系统最大容量：512 路

新疆克孜尔石窟安防系统工程设计报警系统的总输入容量为 480 路，选择 VISTA-120 作为报警主机，每台 VISTA-120 报警主机可输入 128 路，4 台合计可输入 512 路报警信号，还有余量。

完全达到“系统工程技术性能指标”的要求。

(三) 系统漏报警: 0

实现系统漏报警 = 0 这个指标, 必须解决好两个问题:

- (1) 系统本身不能产生“漏检报警信号”;
- (2) 探测器的探测率必须达到 100%。

“探测器的探测率必须达到 100%”这一指标在第 4 条论述, 这里先谈“不漏检报警信号”的问题。

不漏检报警信号的关键在于, 所选用的 4208 总线扩展器相对于所输入探测器工作状态, 每巡检一周的时间里是否小于探测器报警状态的延迟时间。

4208 八防区扩展器对每个探测器的工作状态进行检测, 其探测器环路响应时间 1#、2#防区为 10ms, 3~8 防区为 45ms。4208 八防区扩展器每巡检一周所需要的时间为 $2 \times 10\text{ms} + 6 \times 45\text{ms} = 290\text{ms}$ 。

依据 GB 10408.1 入侵探测器第一部分: 通用要求: “6.1.1 当探测器产生报警状态时, 该状态至少保持 1s ($1\text{s} = 1\,000\text{ms}$)。”按照这一规定, 任何一路探测器在其处于报警状态时, 可被巡检 3 次 ($1000\text{ms} \div 290\text{ms} = 3.448$) 以上, 换句话说, 任何一个探测器处于报警状态下, 可被 4208 总线扩展器连续巡检至少 3 次。

以上数据分析为 4208 八防区扩展器不产生“漏报警”提供了理论依据, 说明 4208 八防区扩展器的可靠性很高, 完全达到“系统工程技术性能指标”的要求。

(四) 入侵报警探测器的探测率 (设计值): = 100%

“入侵报警探测器的探测率 (设计值): = 100%”这个指标是关系到系统不产生“漏报警”的第二个关键问题。实现这个指标的关键在于:

一方面选好后与安装现场环境相适应的探测器, 另一方面, 在设计探测器的覆盖范围时, 要预留适当的保障系数, 这样, 即使在现场环境温度、湿度和其他因素发生一定的变化时, 仍能保障探测器的探测率达到 100%。这就是保障“入侵报警探测器的探测率 (设计值): = 100%”, 不产生“漏报警”的第二个关键问题。

新疆克孜尔石窟安防系统工程的报警系统对这一指标采取了如下解决方案。

1. 探测器的交叉覆盖

为保证入侵报警系统的“入侵报警探测器的探测率 = 100%”, 在防范区域的探测器布设设计时, 充分利用了不同探测器的工作原理和探测特性, 采用多种探测器交叉布设, 探测区域互相覆盖协同工作, 使每个探测器的探测率都达到 100%, 从而使防范区域的探测器的综合探测率达到 100%, 满足“入侵报警探测器的探测率 = 100%”的指标要求 (图 5 左侧探测器交叉布设图)。

2. 探测器指标的保障系数

为保证入侵报警系统的“入侵报警探测器的探测率: = 100%”, 除了采用多种探测器交叉覆盖布设外, 探测器的技术参数要打出适当的保障系数。即使在现场环境温度、湿度及其他因素发生一定的变化时, 仍能保障探测器的探测率达到 100%。

新疆克孜尔石窟安防系统工程报警系统就是如此：

被动红外探测器选择探测范围 10m × 6m 成 90° 夹角，近似扇形。由于其灵敏度易受环境温度的影响，所以设计的探测器探测范围按其标称值 6m 的 80% 计算，既选择 4.8m 的探测范围为实际使用范围（实践测试经验值）。这样即使在现场环境温度、湿度及其他因素发生一定的变化时，仍能保障探测器的探测率达到 100%（图 5 右侧探测器探测区域图）。

通过以上的方案和分析，为新疆克孜尔石窟安防系统工程报警系统的“入侵报警探测器的探测率 = 100%”指标提供了理论依据，从而论证了本系统的“入侵报警探测器的探测率 = 100%”完全达到指标要求。

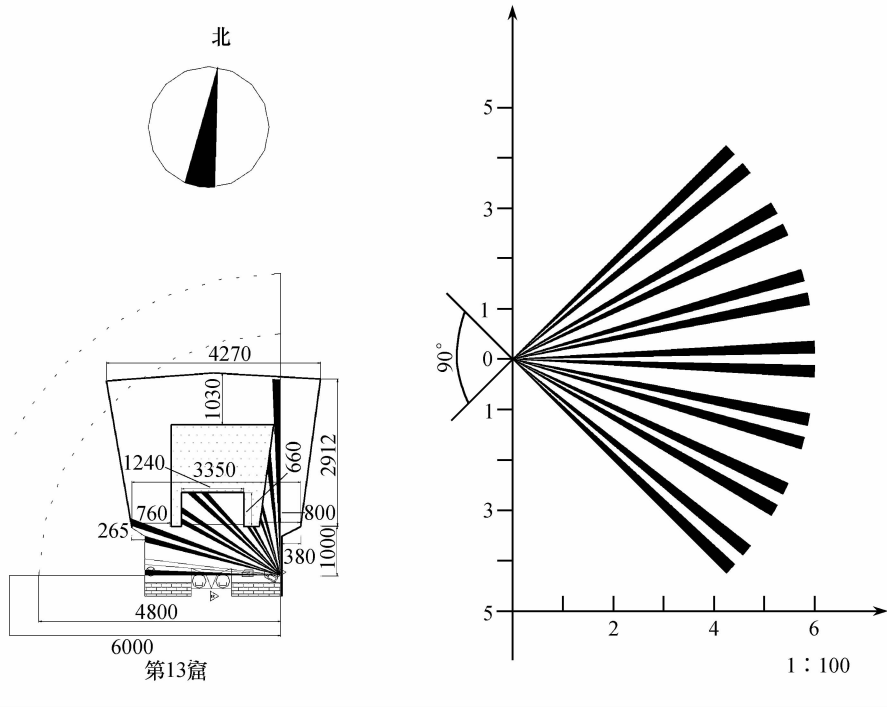


图 5 探测器交叉布设图（左）及探测器探测区域图（右）

（五）系统误报警

日误报次数 ≤ 探测器输入总量的 1%。

系统误报警是报警系统长期存在且一直困扰用户的重要问题，目前一直存在这样一个共识：即系统误报警为零的系统是最好的效果，这是一个误区。

误报警为零，说明系统过于稳定，灵敏度太低，从另一角度看，灵敏度太低会使系统的漏报警增加，这是规范不允许的重大隐患。

同样，误报警过多，说明系统过于灵敏，很容易给值班人员造成“狼来了”的假象，降低了系统的可信度，造成不法分子入侵机会增多的威胁，这也是规范不允许的。

新疆克孜尔石窟安防系统工程报警系统为确保“误报警”这一指标精确实现，采取了如下解决方案。

1. 采用多种探测器协同工作的方式

采用这种方式，通过多种逻辑组合，使得系统具有一定的逻辑判断能力：

当一种探测器发出报警信号时，作为初级预警；当两种探测器发出报警信号时，作为中级预警；当三种探测器同时发出报警信号时，系统报警。

通过这些逻辑判断功能的灵活组合运用，使系统的误报警降到最低，又具有一定的高的灵敏度，从而满足“误报警”技术性能指标的要求。

2. 采用图像复合、声音复合作为报警系统辅助系统的协同工作方式

对于采用多种探测器交叉覆盖布设、协同工作进行防护的部位以及其他防范级别较低，不需采用多种探测器交叉覆盖布设、协同工作进行防护的部位，均采用图像复合、声音复合系统作为报警系统的辅助手段，值班人员的眼睛、耳朵延伸到防范现场。当发生报警时，值班人员可以通过图像复合看见现场图像，通过声音复合听到现场的声音，然后运用人防智慧综合分析三类信息来判断警情的真伪。

3. 采用新型智能探测器

科技发展日新月异，新型智能探测器不断开发研究，为降低“误报警”提供了新的技术支持和选择。如美国微点（MicroPoint）感应振动电缆系统，通过软件自由在连续的电缆上精确设定防区（1.1m 一个防区），多个防区智能互访判断、灵敏度曲线化设定等技术手段，很好地识别和排除雨、雪、风、植物引起的误报警信号，从而过滤误报警，达到“误报警”技术性能指标的精确实现的要求。

通过以上解决方案，为新疆克孜尔石窟安防系统工程报警系统“系统误报警：日误报次数 \leq 探测器输入总量的 1%”指标的精确实现提供了技术支持，完全达到指标要求。

（六）报警响应时间： $\leq 2s$

这个技术指标主要反映探测器一旦被触发报警，其报警信号传输到系统终端，使主机产生声、光报警显示和部位显示所需要的时间。

在整个系统中，报警信号又是联动声音复核、图像复核、电视监控、录音、录像设备及其他外部设备的启动信号源。所以说，联动设备受控于报警响应时间。如果报警响应时间一长，声音复核、图像复核和电视监控的实时性的功能和效果就受到影响。因此，规范强制性的把报警响应时间规定为 $\leq 2s$ ，否则，时间稍一延长，就潜伏着“漏报警”的因素。

新疆克孜尔石窟安防系统工程报警系统的这一指标是否符合要求呢？分析如下：

新疆克孜尔石窟安防系统工程采用 VISTA-120 组成的报警系统，报警响应时间： $\leq 2s$ ，达到了“0.34s”。

“0.34s”是系统巡检时间 + 执行时间。

1. 巡检时间

所谓系统巡检时间，是指报警主机对总线扩展器巡检一周所需要的时间。

VISTA-120 报警主机总线巡检的时序间隔时间为 20ms，一台 VISTA-120 报警主机可在总线上最多挂接 15 个总线扩展模块，这样，VISTA-120 报警主机每巡检一周的时间为

$$15 \times 20 \text{ ms} = 300\text{ms}$$

2. 执行时间

执行时间是指报警主机接到报警信号后，按程序启动声、光报警显示的时间。

本系统的执行时间为 40ms。

3. 报警响应时间

巡检时间与执行时间两者之和： $300 + 40 = 340\text{ms} = 0.34\text{s}$ 。

通过以上数据分析可以得出：VISTA-120 组成的报警系统的“报警响应时间”完全达到“ $\leq 2\text{s}$ ”的指标要求。

五、结 论

通过以上分析可以看出，新疆克孜尔石窟安防系统工程报警系统是针对犯罪分子的狡猾预谋、冒险、不择手段突发作案难以预测的特点，通过采用先进的设备与优化的设计相结合，构建的一套现代化的报警系统，其各项指标均精确实现并超出了“系统技术性能指标”的要求，是一套完整的人侵防御体系。系统达到防入侵盗窃、防内盗、防内外勾结作案、防潜伏作案、防集团化作案、防智能化作案、防暴力抢劫，保护文物安全的目的，为文物安全提供坚实的技术保障。