

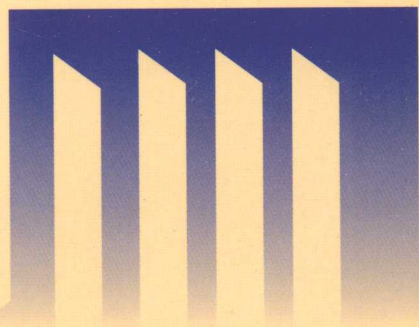


军队“2110工程”建设项目 信息安全技术

# 军用网络电磁 信息安全技术

JUNYONG WANGLUO DIANCI XINXI ANQUAN JISHU

阎 慧 董正宏 韩伟杰 编著



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

军队“2110 工程”建设项目 信息安全技术

# 军用网络电磁 信息安全技术

阎 慧 董正宏 韩伟杰 编著

國防工業出版社

· 北京 ·

## 内 容 简 介

本书主要内容包括:军事网络及其外围相关设备的电磁信息安全防护总体技术;信息泄漏的防护技术和电磁防护方法;军事网络电磁测试技术、设备及相关的测试标准等;军事信息处理设备的电磁泄漏机理及有用信息的提取技术,信息泄漏的阈值效应和电磁泄漏信息的识别技术等。

本书适合军事信息安全技术方面的工程技术人员阅读,也可作为相关专业研究生的教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

军用网络电磁信息安全技术 / 阎慧,董正宏,韩伟杰编著.

—北京:国防工业出版社,2010.4

军队“2110工程”建设项目.信息安全技术

ISBN 978-7-118-06778-1

I. ①军... II. ①阎...②董...③韩... III. ①军事 - 信息网络 - 电磁干扰 - 防护 - 安全技术 IV. ①E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 060858 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

\*

开本 710×960 1/16 印张 11¼ 字数 210 千字

2010 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

装备指挥技术学院“2110 工程”教材(著作)

## 编审委员会

主 任 曲 炜

副主任 封伟书 张 炜 冯书兴 潘 清

委 员 (按姓氏笔画排序)

于小红 王 宇 白海威 由凤宇

李希民 宋华文 张宝玲 陈庆华

陈向宁 陈新华 郑绍钰 赵伟峰

赵继广 耿艳栋 贾 鑫 桑爱群

阎 慧 谢文秀 蔡远文 熊龙飞

装备指挥技术学院信息安全技术教材(著作)

## 编 委 会

主 编 潘 清

副主编 阎 慧 王 宇

编 委 王明俊 韦 群 周 辉 胡欣杰

赵立军

## 序

计算机技术、通信技术、网络技术的发展,给军队指挥自动化系统、综合电子信息系统的建设与发展带来了深刻的影响。未来以电子战、网络战和作战保密等为主要作战样式的信息化战争,离不开信息技术的支撑。武器装备的信息化、网络化加快了信息技术在装备的研制、试验、采购、指挥、管理、保障和使用全过程中的渗透与应用。因此,在军队深入开展军事信息技术学科的建设,加强军事人才信息化素质与能力的培养,是继往开来的一件大事,也是对军事装备学、作战指挥学等学科建设的有力支持。

为了总结梳理装备指挥技术学院军事信息技术学科的建设成果,提升学科建设水平和装备人才培养质量,在军队“2110 工程”专项经费支持下,在装备指挥技术学院“2110 工程”教材(著作)编审委员会统一组织指导下,军事信息技术学科领域的专家学者编著了一批适应装备人才培养需求,对我军装备信息化和装备信息安全工作具有主要指导作用的系列丛书。

编辑这套丛书是我院军事信息技术学科建设的重要内容,也是体现军事信息技术学科建设水平的重要标志。通过系统、全面地梳理,将军队开展信息化建设的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有军事装备特色的军事信息技术知识体系。

本套丛书定位准确、内容创新、结构合理、针对性强,一方面总结了我院军事信息技术学科建设和装备信息化人才培养的理论研究与实践探索的重要成果和宝贵经验;另一方面紧紧围绕我军武器装备信息化建设的需要,以装备全寿命管理的信息化和装备信息保障为主要内容,着重基本概念、原理的论述和技术方法的应用,其编著出版对于推进军事信息技术学科的建设,提高装备人才的培养质量,加快装备信息化建设和军事斗争准备具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

装备指挥技术学院  
信息安全技术教材(著作)编委会  
2009年12月

## 前 言

我国对电子设备电磁防护技术的研究从1990年开始,起步相对较晚。随着信息设备的大量普及,有关部门已认识到电磁泄漏辐射防护的重要性,加大了研发和推广应用的资金投入。从1994年起,国家保密局牵头,联合国内有关部门和科研力量,先后制定颁布了一系列国家保密标准,初步建立了我国的电磁信息防护标准体系,如国家保密委制定的BMB—1、BMB—2。1999年推出了防信息泄漏标准GGBB1—1999《信息设备电磁泄漏发射限值》、GGBB2—1999《信息设备电磁泄漏发射测试方法》,2000年推出了BMB—5《涉密信息设备使用现场的电磁泄漏发射防护要求》等。为了对电磁信息安全防护产业进行科学合理的管理,国家保密局在2001年建立了电磁泄漏发射防护产品检测中心负责相关产品测评。

尽管民用电子设备电磁安全防护有了一定的研究规模,但对于我军信息化的发展目标,建设完善标准的军事网络电磁信息安全还有相当的差距。不过,对于当前国内外的一些研究成果,可以通过系统研究,吸收到对我军事部门的网络电磁信息安全技术的研究之中。

本教材是在总结当前国内外研究成果的基础上,通过系统分析和研究,并结合当前我军网络电磁信息安全现状而撰写的,内容主要涵盖军事网络电磁信息安全技术的理论、工程和管理等各个方面,在技术上涉及电子电路、电磁场、天线、计算机、通信、信号与信息处理、模式识别以及材料等多个领域,主要包括:

- (1) 军事网络及其外围相关设备的电磁信息安全防护总体技术;
- (2) 信息泄漏的防护技术和电磁防护方法;
- (3) 军事网络电磁测试技术、设备及相关的测试标准等,其中,网

络电磁标准是网络电磁设备研制和检测的主要依据,并随着电子信息技术的发展而不断完善更新;

(4) 军事信息处理设备的电磁泄漏机理及有用信息的提取技术,信息泄漏的阈值效应和电磁泄漏信息的识别技术等。

教材内容紧跟国际电磁信息安全技术的最新进展,详细分析阐述了相关军用网络电磁信息的测试技术及测试标准,这对提高我军任职教育和干部培训的网络电磁信息安全的防护水平将起到一定的促进作用。

本教材融知识性、技术性和可操作性为一体,面向任职教育,以我军从事军事装备信息安全和保密管理干部,以及相关技术人员为主要培训对象,以树立良好的网络环境下信息设备的安全防范意识,提高军事网络信息保密的管理水平、技术水平和应用水平为目标,进一步提高受训人员的网络信息安全意识和网络信息保密的实践能力。

本书第1、2、3、5章由董正宏编写,第4、6、9章由阎慧编写,第7、10、11、13章由韩伟杰编写,第8章由王宇编写,第12章由顾晓丹编写,第14章由李洲编写,陈海莲参与了本书的校对工作。由于作者水平有限,不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者  
2009年9月

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| 第1章 绪论 .....                    | 1  |
| 1.1 电磁信息安全的概述 .....             | 1  |
| 1.1.1 电磁信息安全的概述 .....           | 1  |
| 1.1.2 电磁信息安全的作用 .....           | 2  |
| 1.2 电磁信息安全的历史背景和发展 .....        | 3  |
| 1.2.1 历史背景 .....                | 3  |
| 1.2.2 发展概况 .....                | 5  |
| 1.3 网络电磁信息安全主要技术 .....          | 7  |
| 1.3.1 信息电磁泄漏机理研究 .....          | 7  |
| 1.3.2 信息电磁泄漏防护技术 .....          | 9  |
| 1.3.3 信息电磁泄漏侦收技术 .....          | 12 |
| 1.3.4 信息电磁泄漏其他技术 .....          | 12 |
| 1.4 军事网络电磁信息安全研究内容 .....        | 13 |
| 1.4.1 军事网络电磁信息安全研究领域 .....      | 13 |
| 1.4.2 电磁信息安全技术发展趋势和所面临的问题 ..... | 15 |
| 参考文献 .....                      | 16 |
| 第2章 网络电磁信息泄漏基本原理 .....          | 17 |
| 2.1 引言 .....                    | 17 |
| 2.2 电磁信息泄漏基本原理 .....            | 17 |
| 2.2.1 电偶极子 .....                | 18 |
| 2.2.2 磁偶极子 .....                | 21 |
| 2.2.3 面天线的辐射场 .....             | 22 |
| 2.3 计算机系统电磁泄漏分析 .....           | 25 |
| 2.3.1 计算机系统电磁干扰分析 .....         | 25 |
| 2.3.2 计算机系统电磁泄漏分析 .....         | 26 |
| 2.3.3 计算机脉冲信号频谱 .....           | 27 |
| 2.4 网络设备电磁信息泄漏途径 .....          | 28 |

|            |                              |           |
|------------|------------------------------|-----------|
| 2.4.1      | 计算机主板的电磁泄漏 .....             | 29        |
| 2.4.2      | 磁盘存储器的电磁辐射 .....             | 29        |
| 2.4.3      | 光盘驱动器的电磁辐射 .....             | 30        |
| 2.4.4      | 电源的电磁辐射 .....                | 30        |
| 2.4.5      | 计算机机箱的电磁辐射 .....             | 30        |
| 2.4.6      | CRT 显示终端的电磁泄漏 .....          | 31        |
| 2.4.7      | 键盘和鼠标的电磁辐射 .....             | 31        |
| 2.4.8      | PCB 电磁泄漏 .....               | 31        |
| 2.4.9      | 线缆电磁泄漏 .....                 | 32        |
| 2.4.10     | 其他网络器件的电磁泄漏 .....            | 32        |
| 2.5        | 本章小结 .....                   | 32        |
|            | 参考文献 .....                   | 33        |
| <b>第3章</b> | <b>电磁信息泄漏模型研究 .....</b>      | <b>34</b> |
| 3.1        | 引言 .....                     | 34        |
| 3.2        | 瞬态辐射模型 I: 驻波偶极子模型 .....      | 34        |
| 3.3        | 瞬态辐射模型 II: 行波单极子模型 .....     | 36        |
| 3.4        | 单极子模型和偶极子模型等效性 .....         | 38        |
| 3.5        | 信息论模型 .....                  | 40        |
| 3.6        | 本章小结 .....                   | 44        |
|            | 参考文献 .....                   | 44        |
| <b>第4章</b> | <b>开放金属薄板的瞬态散射 .....</b>     | <b>45</b> |
| 4.1        | 引言 .....                     | 45        |
| 4.2        | 时域积分方程 .....                 | 46        |
| 4.3        | 采用矩形贴片模型的时域推进计算方法 .....      | 46        |
| 4.4        | 采用三角贴片模型的时域推进计算方法 .....      | 49        |
| 4.5        | 平面波垂直入射下开放金属薄板的瞬态散射 .....    | 53        |
| 4.6        | 平面波斜入射下开放金属薄板的瞬态散射 .....     | 56        |
| 4.7        | 时域推进计算方法的稳定性问题 .....         | 58        |
| 4.8        | 本章小结 .....                   | 60        |
|            | 参考文献 .....                   | 60        |
| <b>第5章</b> | <b>网络终端 CRT 电磁泄漏分析 .....</b> | <b>61</b> |
| 5.1        | 引言 .....                     | 61        |
| 5.2        | 网络终端 CRT 的泄漏源分析 .....        | 62        |
| 5.2.1      | CRT 成像原理 .....               | 62        |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 5.2.2 CRT 泄漏源分析 .....               | 64        |
| 5.3 电子束行波辐射效应 .....                 | 65        |
| 5.4 电子束加速场 .....                    | 68        |
| 5.5 CRT 的其他辐射源 .....                | 72        |
| 5.6 CRT 泄漏信息的频谱分析 .....             | 73        |
| 5.7 本章小结 .....                      | 76        |
| 参考文献 .....                          | 76        |
| <b>第 6 章 网络时钟信号电磁信息泄漏 .....</b>     | <b>77</b> |
| 6.1 引言 .....                        | 77        |
| 6.2 时钟信号频域特征 .....                  | 77        |
| 6.3 时钟信号辐射特性 .....                  | 78        |
| 6.4 时钟信号辐射带宽的确定 .....               | 79        |
| 6.5 时钟信号的频谱搬移特性 .....               | 80        |
| 6.6 时钟信号辐射强度的确定 .....               | 81        |
| 6.7 结束语 .....                       | 82        |
| 参考文献 .....                          | 82        |
| <b>第 7 章 电磁辐射信息的接收与信息重建技术 .....</b> | <b>83</b> |
| 7.1 引言 .....                        | 83        |
| 7.2 极子天线模型与行同步信号的估算 .....           | 84        |
| 7.3 行同步信号的泄漏分析 .....                | 85        |
| 7.4 硬件电路与软件处理方法 .....               | 87        |
| 7.4.1 行同步信号的提取方法 .....              | 87        |
| 7.4.2 场同步提取方法 .....                 | 87        |
| 7.4.3 平均处理 .....                    | 87        |
| 7.4.4 维纳滤波处理 .....                  | 88        |
| 7.5 视频电磁信息识别的阈值效应仿真研究 .....         | 89        |
| 7.5.1 计算机视频电路泄漏信息的文字识别 .....        | 89        |
| 7.5.2 计算机视频电磁信息识别阈值效应的研究 .....      | 91        |
| 7.6 本章小结 .....                      | 95        |
| 参考文献 .....                          | 95        |
| <b>第 8 章 电磁泄漏接收机总体设计技术 .....</b>    | <b>97</b> |
| 8.1 引言 .....                        | 97        |
| 8.2 TEMPEST 接收机要求 .....             | 97        |
| 8.3 信息设备带宽要求 .....                  | 99        |

|             |                                    |            |
|-------------|------------------------------------|------------|
| 8.4         | 超外差分体系结构 .....                     | 100        |
| 8.5         | 接收框图 .....                         | 101        |
| 8.6         | 接收机系统性能指标 .....                    | 101        |
| 8.7         | 本章小结 .....                         | 101        |
|             | 参考文献 .....                         | 102        |
| <b>第9章</b>  | <b>网络 CRT 电磁信息泄漏侦收系统设计举例 .....</b> | <b>103</b> |
| 9.1         | 引言 .....                           | 103        |
| 9.2         | 侦收系统设计 .....                       | 103        |
| 9.3         | 侦收系统实现 .....                       | 105        |
| 9.4         | 侦收系统工作原理 .....                     | 107        |
| 9.5         | 实验结果及讨论 .....                      | 109        |
| 9.6         | 本章小结 .....                         | 111        |
|             | 参考文献 .....                         | 112        |
| <b>第10章</b> | <b>TEMPEST 收发系统设计举例 .....</b>      | <b>113</b> |
| 10.1        | 引言 .....                           | 113        |
| 10.2        | TEMPEST 收发系统模型 .....               | 114        |
| 10.2.1      | 信源模型 .....                         | 114        |
| 10.2.2      | 信宿模型 .....                         | 115        |
| 10.3        | TEMPEST 收发系统保熵性 .....              | 116        |
| 10.4        | 数字侦收系统抗噪声性能分析 .....                | 118        |
| 10.5        | 相干侦收系统抗噪声性能 .....                  | 122        |
| 10.6        | Soft-TEMPEST 新技术 .....             | 123        |
| 10.6.1      | 视频加密防护 .....                       | 124        |
| 10.6.2      | 字体防护 .....                         | 124        |
| 10.7        | 本章小结 .....                         | 124        |
|             | 参考文献 .....                         | 125        |
| <b>第11章</b> | <b>网络电磁信息泄漏防护技术 .....</b>          | <b>126</b> |
| 11.1        | 引言 .....                           | 126        |
| 11.2        | 抑源法 .....                          | 126        |
| 11.3        | 屏蔽法 .....                          | 127        |
| 11.4        | 滤波法 .....                          | 128        |
| 11.5        | 接地法 .....                          | 128        |
| 11.6        | 分区隔离法 .....                        | 129        |
| 11.7        | 数据压缩法 .....                        | 129        |

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| 11.8 伪泄漏技术 .....                        | 129        |
| 11.8.1 白噪声法 .....                       | 130        |
| 11.8.2 相关噪声法 .....                      | 130        |
| 11.8.3 Soft-Tempest 技术 .....            | 130        |
| 参考文献 .....                              | 132        |
| <b>第 12 章 网络终端 CRT 电磁信息泄漏防护设计</b> ..... | <b>134</b> |
| 12.1 引言 .....                           | 134        |
| 12.2 角形结构的瞬态散射 .....                    | 134        |
| 12.3 CRT 各级屏蔽问题的描述 .....                | 135        |
| 12.4 CRT 设备级屏蔽设计 .....                  | 137        |
| 12.5 CRT 设备级屏蔽箱通风散热结构设计 .....           | 144        |
| 12.6 CRT 电磁泄漏防护案例 .....                 | 148        |
| 12.7 CRT 电磁泄漏防护措施 .....                 | 149        |
| 12.7.1 综合屏蔽技术 .....                     | 149        |
| 12.7.2 滤波技术 .....                       | 150        |
| 12.7.3 接地技术 .....                       | 151        |
| 12.7.4 分区隔离技术 .....                     | 151        |
| 12.7.5 噪声干扰技术 .....                     | 151        |
| 12.7.6 Soft-TEMPEST 技术 .....            | 152        |
| 12.8 本章小结 .....                         | 152        |
| 参考文献 .....                              | 152        |
| <b>第 13 章 军用网络电磁信息防泄漏测试技术</b> .....     | <b>154</b> |
| 13.1 引言 .....                           | 154        |
| 13.2 军用网络电磁辐射测试试验条件要求 .....             | 154        |
| 13.2.1 试验场地 .....                       | 154        |
| 13.2.2 试验环境和平台 .....                    | 155        |
| 13.2.3 测试仪器 .....                       | 156        |
| 13.2.4 测试范围 .....                       | 156        |
| 13.3 电磁辐射测试试验 .....                     | 156        |
| 13.3.1 预备性试验 .....                      | 156        |
| 13.3.2 受试计算机系统的布局和试验 .....              | 156        |
| 13.4 军用网络防电磁辐射泄密的对策 .....               | 157        |
| 13.4.1 抑源法 .....                        | 157        |
| 13.4.2 屏蔽法 .....                        | 158        |

|        |                         |     |
|--------|-------------------------|-----|
| 13.4.3 | 滤波法 .....               | 159 |
| 13.4.4 | 分区隔离法 .....             | 160 |
| 13.4.5 | 数据压缩法 .....             | 160 |
| 13.4.6 | 伪泄漏技术 .....             | 160 |
| 13.5   | 本章小结 .....              | 161 |
|        | 参考文献 .....              | 162 |
| 第 14 章 | 军用网络电磁信息技术安全的管理措施 ..... | 163 |
| 14.1   | 引言 .....                | 163 |
| 14.2   | 军用网络信息设备选型 .....        | 163 |
| 14.3   | 军用网络信息设备检测 .....        | 164 |
| 14.4   | 军用网络信息设备的购置安装 .....     | 164 |
| 14.5   | 本章小结 .....              | 165 |
|        | 参考文献 .....              | 165 |

# 第1章 绪论

随着电子政务、电子商务、军队指挥自动化等一系列网络应用的蓬勃发展,信息已成为影响信息社会进步和国家发展的关键要素之一,计算机网络信息系统将在社会的各个方面发挥越来越大的作用,社会对网络信息的依赖也日益增强。与此同时,网络信息安全问题也日益突出,如何保障信息安全已摆在我们的面前。但在网络信息安全中,人们讨论的重点往往是网络攻击、安全漏洞和计算机病毒等等,而对于网络终端设备在运行过程中由于电磁辐射所造成的信息泄漏问题却重视不够。利用计算机设备的电磁泄漏窃取机密信息,是国内外情报机关获取信息的重要途径。因此,防信息电磁泄漏已成为网络信息安全的重要课题,受到了各国有关部门的重视。

## 1.1 电磁信息安全的概述

### 1.1.1 电磁信息安全的概述

人类社会已经进入信息化的时代。信息与国家、信息与社会、甚至信息与个人的生存与发展之间都有着密切的联系,在现今和将来的世纪中信息将成为必不可少的重要资源。为了得到信息的获取权、使用权和控制权,竞争双方在信息空间展开激烈的对抗和斗争。信息对抗作为争夺信息资源的技术手段在世界范围内被广为关注,与之相关联的信息争夺战、信息防御方法、信息电子设备战等技术都成为当今的热门话题。信息对抗的实质内容是信息的攻击和防御,具体的说就是攻击对方的信息和信息系统,防御己方的信息和信息系统。

信息对抗技术涉及的领域非常广泛,其中包括电磁场辐射理论、计算机电磁兼容技术、网络技术、密码学、电磁信息理论等前沿科学技术。20世纪50年代初,美国军方发现计算机系统杂散的电磁辐射会导致一部分重要的信息泄漏,并认为这将成为信息获取中的一个新领域,由此发展了信息技术设备的信息电磁泄漏防护与侦收(TEMPEST)技术的研究<sup>[1]</sup>。信息泄漏防护与信息侦收技术是电磁对抗的一种形式,是电磁学在信息对抗中的体现。

信息电磁泄漏技术内容包括信息电磁泄漏机理分析、侦收、防护、测试等技

术研究以及相关标准制定诸方面<sup>[2]</sup>。因为信息电磁泄漏的形式与电磁辐射干扰相似,而应用最多的防护措施采用了电磁兼容(EMC)领域的屏蔽技术,所以50余年以来,信息电磁泄漏防护与侦收技术一直作为电磁兼容领域的一个技术分支而发展前进。与一般电磁兼容技术相比:首先,信息电磁泄漏技术侧重于信息技术设备的无意电磁发射导致的信息泄漏以及相关的防护与侦收,而一般电磁兼容技术重点关注的是设备的电磁辐射(或传导)场引起的电磁干扰(EMI);其次,因为信息技术设备数字化水平高,信息电磁泄漏直接与数字信号相关,所以在研究方法上侧重于瞬态电磁场理论的应用;再者,信息电磁泄漏的测试要求也与电磁兼容不同,信息电磁泄漏技术防护与侦收技术要求专门的测试设备、严格的测试环境、规范的测试过程;最后,信息电磁泄漏防护与侦收技术采用的标准与电磁兼容不同,信息电磁泄漏技术防护与侦收技术采用专门的 TEMPEST 标准。总而言之,信息电磁泄漏技术防护与侦收技术机理研究更复杂,防护要求更严格,测试规范更细致,制定标准更苛刻。

### 1.1.2 电磁信息安全的作用

随着信息技术的普及,社会的信息化程度日益提高,经济发展和社会运行对信息安全的敏感程度越来越高,毋庸讳言,信息安全已关系到国家的安危、社会的稳定和个人的发展,而日益激烈的信息对抗形势和日新月异的相关技术研究已经成为这一观点的事实注解。在国际竞争日益激烈的今天,信息对抗的成败直接决定着竞争的结果。信息电磁泄漏及其防护与侦收技术作为信息对抗的重要手段,已成为各国争夺的技术领域,对其进行自主的、系统的、深入的研究具有极其重要的意义,表述如下。

(1) 有利于全面和深刻地认识泄密、电磁泄漏现象。自从泄漏发射问题提出以来,在很多关键课题上还缺乏统一的认识,对某些现象缺乏统一的解释,例如泄漏发射源的模型问题,已经存在数种分析模型,但其应用都受到极大限制,不具备普遍适用性。这一方面反映了各自为政的研究状况,也说明人们对信息电磁泄漏现象的认识尚有待扩展和深化。

(2) 有利于相关技术和学科的发展和应用。信息电磁泄漏技术涉及电磁学、信息论、通信等多个学科,因为问题的特殊性,相关技术和学科知识的应用也必然具有特殊性,它们的深入发展必然能在这项研究中得到有力推动。数字侦收系统的抗噪声性能分析涉及通信理论,但因为侦收系统采取了叠加取平均的特殊处理方法,所以其误码率分析较之一般的接收机更为复杂。

(3) 有利于信息化进程。社会的信息化进程依赖于信息技术设备的应用,但信息安全度限制了这种应用,而且信息技术设备的正常运行对环境的依赖性