



装备科技译著出版基金

АДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ В ИНФОРМАЦИОННОМ КОНФЛИКТЕ

信息战电子系统

[俄] А.И.Куприянов А.В.Сахаров

葛海龙 叶瑞芳 杨启迪 等译

聂 皞 审



国防工业出版社

National Defense Industry Press



装备科技译著出版基金



NUAA2013050696

E869
1059-1

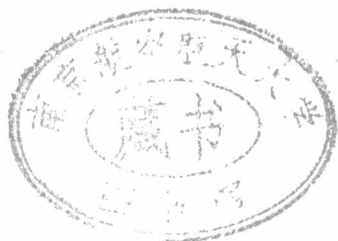
信息战电子系统

РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ
В ИНФОРМАЦИОННОМ КОНФЛИКТЕ

[俄] А. И. Куприянов А. В. Сахаров

葛海龙 叶瑞芳 杨启迪 等译

聂 皞 审



国防工业出版社

· 北京 ·

2013050696

著作权合同登记 图字:军-2009-057 号

图书在版编目(CIP)数据

信息战电子系统/(俄罗斯)库普里扬诺夫,(俄罗斯)萨哈洛夫著;葛海龙等译.

—北京:国防工业出版社,2013.4

ISBN 978-7-118-08129-9

I. ①信... II. ①库...②萨...③葛... III. ①信息战-电子系统 IV. ①E869

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 195642 号

Translation from the Russian language edition: РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ
В ИНФОРМАЦИОННОМ КОНФЛИКТЕ

本书简体中文版由 А. И. Куприянов 授权国防工业出版社独家出版发行。

版权所有,侵权必究。

※

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)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 23½ 字数 443 千字

2013 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 90.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

译者名单

主 审 聂 皞

主 译 葛海龙

翻 译 叶瑞芳 杨启迪 雷 刚 刘 巍

宋颖凤 韩 慧

译者序

信息战已成为现代支撑作战行动的重要手段,在当前和可预见的未来,随着信息战理论、作战方法和新技术、新装备的不断研究应用,信息战必将发展到一个新的历史台阶,显示其更大的威力。在翻译的过程中,我们不时地被书中一些深入浅出的描述所深深吸引,并深受启发。

本书作者 А. И. Куприянов 和 А. В. Сахаров 就职于莫斯科学技术大学(原莫斯科国立航空学院),是信息战资深专家,著作颇丰,出版了多部信息战学术专著,近几年公开出版的有《信息防御基础》(2008 年)、《无线电侦察基础理论》(2010 年)。

本书是作者在原莫斯科国立航空学院 10 年的讲课材料基础上编撰而成,从一个侧面反映了当前俄军对信息战的基本思想和基本观点,其中不乏对新技术和新战法的介绍。全书详细而全面地介绍了无线电电子侦察、无线电电子战、无线电电子反侦察和无线电电子防护等 4 个方面的电子信息系统。

全书共 21 章:第 1 章介绍了无线电电子侦察的设备组成、关键参数、载波频率的测量技术、振幅测向法和相位测向法;第 2 章介绍了三角测量定位法和等差测距定位法;第 3 章介绍了侦察设备的效能评估,包括信号的测量精度和在复杂信号环境下的效能;第 4 章介绍了无线电电子侦察信号截获技术;第 5 章介绍了雷达侦察的设备组成、关键参数;第 6 章介绍了无线电电子战设备的几种分类方法;第 7 章介绍了无线电有源噪声干扰的种类、功率、性能;第 8 章对直接噪声干扰和噪声调制干扰的原理进行了详细论述;第 9 章介绍了无线电回答式连续噪声干扰和回答式脉冲噪声干扰的生成方法;第 10 章介绍了多波束天线阵和相控阵天线噪声瞄准干扰的原理、性能;第 11 章介绍了欺骗干扰的几种分类,并对各自的原理、性能作了分析;第 12 章介绍了无线电电子反侦察的常见技术手段;第 13 章对信号优化及时空处理、电磁屏蔽、减小旁瓣辐射 3 种反侦察技术作了详细介绍;第 14 章介绍了宽带信号以及宽带信号的反侦察技术,包括二进制调相频谱扩展、频率重调频谱扩展、频相键控技术;第 15 章介绍了反雷达侦察技术,主要技术手段有降低散射面积、运用反雷达防护层、降低天线的雷达发现率、反雷达伪装方法的综合运用;第 16 章介绍了无线电介质掩蔽反侦察技术,利用材料的物理效应以及信号在介质中的散射、反射、吸收和折射等装置来改变信号传播介质;第 17 章详细介绍了无线电

接收设备的各种抗干扰技术,包括自动增益调整、限幅器使用、非线性振幅放大器应用、脉压抗干扰技术、人为干扰抑制电路等技术的原理及其工作特性;第18章介绍了雷达的电子防护技术,从探测信号的选择、天线系统的选择、目标距离远近、不同载频雷达联合运行等多个角度进行了讨论;第19章介绍了无线电传输系统的抗干扰技术,包括信息编码和抗欺骗干扰技术;第20章介绍了无线电制导的防护技术,并对其战术方法的协调运用进行了讨论,对作战指挥人员开拓思路非常有益;第21章按信息战的各个阶段,充分讨论了电子对抗设备的效能评估技术,对于评估我军电子设备的效能大有帮助。

根据原文书名应译为《电子战电子系统》,主要是因为当时“信息战”在俄文中未定义,现在中文军事术语中,鉴于“信息战”是“电子战”的延伸,用术语“信息战”而不用“电子战”,因此书名定为《信息战电子系统》。

本书各章自成体系,涉及电子信息系统的面比较宽,对打牢专业基础大有裨益,读者可以根据自己的需要,通读或选读。既可作为高等院校的信息对抗专业的教材和主要教学参考书,也可作为有关科研院所的业务培训教材和参考书,还可以作为信息对抗部队技术军官和研究所的科研人员的业务培训教材。

本书在翻译过程中力求忠实原文,语句通顺,通俗易懂。但是,由于水平所限,对书中有些技术术语难免把握不准,加之一些新概念,中文翻译还存在不尽人意之处,疏漏和差错在所难免,希望广大读者,特别是信息战领域的专家能够不吝赐教,多提宝贵意见和建议,以使我们修改完善。

最后,杨志飞、谈冬兰、胡璟璟参加了本书的统稿和校对工作,对他们付出的辛勤劳动,在此谨致谢忱。

电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室

二〇一二年五月十日于洛阳

作者序

从无线电技术产生以来,克服自然干扰已成为人们发展信息系统(信息发送及接收系统)的主要因素和首要动力。自然界产生的自然干扰是“变化不定,但无恶意”的,它相对于工程师们所构建的信息系统来说是非常微弱的。但如今状况已发生变化,现代信息系统经常受到人类精心策划的对抗,这样就出现并形成了信息对抗,确切地说,是信息空间中的技术系统对抗。应注意的是,无线电系统的对抗并非永远具有对抗的性质,也就是说不一定总是为了破坏其他无线电电子系统的工作为目的。在共用资源(频率、时间、空间)的条件下,大功率干扰会破坏无线电电子设备及其电磁相容性。目前,人为干扰对无线电系统及设备的工作能力,甚至有效性所产生的影响却有着决定性作用。本书的主要目的就是在无线电电子战学科领域内研究、讨论这些因素。显然,战争是无线电电子设备在信息空间进行对抗的最极端的表现形式。因此我们通常把无线电电子设备之间的对抗作用称为无线电电子战,这个名词不是最新的,但也不是最老的。第一本关于信息系统对抗的书将之称为“电子战”,而最近出版的刊物则称之为“信息战”。本书将无线电电子系统和设备之间的对抗归结为无线电电子战,其原因有两个:首先,无线电电子战绝非只发生在战争时期,而且发生在平时时期;其次,“信息战”术语在俄文专业文献中定义还未被明确,因此可理解为非常广泛的概念——从对信息发送与接收的技术系统进行攻击到利用新闻媒体制造丑闻。“无线电电子战”这一术语所涉及的范围非常广泛,同时它又非常具体,足以区别信息领域中各类非技术冲突方面的术语。

本书作为“无线电电子战设备”新专业培训班的教学参考书,共分4个部分:无线电侦察与无线电技术侦察设备的原理、组成和主要性能;无线电电子战设备的原理、组成;保障无线电电子反侦察的方法和技术手段;在受到有组织干扰的情况下,用正确的方法和手段保障己方的无线电电子设备发挥最大的功效,即无线电电子防护设备保护己方免受干扰的方法。

由于一系列已知的原因,有关无线电电子战领域的文献书籍还非常少,不能满足当今社会需求。必须指出的是,在俄罗斯出版的有关无线电电子战理论和技术的主要书籍中,С. А. Вакина 和 Л. Н. Шустова^[2]、А. И. Паляя^[3]、В. А. Варганесяна^[4]的著作已得到无线电系统专家的公认。Ван - Брант 编写并在美国

出版的参考书更为专家们所追捧^[5],这些书籍培育了无线电电子战各个领域的几代专家。这些著作即使现在也未失去其现实性,它们的作者与权威的无线电电子战国立学校持有相同观点,并遵照该校传统编写出版物。本书材料主要基于国内公开出版物,同时也采用了一些国外出版物。其中大部分材料是作者在莫斯科国立航空学院(现为莫斯科技术大学)最后 10 年的讲课材料。

由于无线电电子战综合复杂的特点,根本无法在一本书中详述其方方面面。当然,在当今政治、经济及社会显著变化的条件下,关于无线电电子战领域的课题、任务及技术解决方案逐渐公开,其中很多已在专家和相关人士中公开讨论。但不管怎么说,无线电电子战还存在很多无法在书中详述的微妙问题。作者希望广大读者对此能够谅解,对书中的不足甚至矛盾之处多提宝贵意见。

作者在此对各位专家以及本书编写过程中协助提高内容与形式质量的参与者深表感谢。

前 言

军事百科词典将无线电电子战定义为:按相互关联的目标、任务、地点、时间采用各种措施去发现敌方的无线电电子设备和系统,并对其进行压制,同时采用无线电电子防护来保护己方无线电电子设备和系统免受无线电电子战设备的攻击。无线电电子战的综合概念包括无线电电子侦察和无线电电子反侦察。无线电电子侦察就是侦察敌方的无线电电子设备,为己方的无线电电子战获取所需信息,无线电电子反侦察则是对抗敌方的无线电电子侦察。

对抗双方的相互作用是辩证统一的,就如无线电电子侦察对无线电电子反侦察,无线电电子战对无线电电子防护。正是基于这种动力,使得无线电电子战的设备与方法获得蓬勃发展。无需赘述,对抗双方从多方面决定着现阶段无线电电子学发展的特性。

无线电电子战的特点是范围广、深度深、形式多,所有已知类型的信息系统都可列入对抗的相互关系中:信息发送与接收,无线电控制与无线电破坏。这些系统可运行于目前熟悉的所有频段:从超长波、地壳低频振动到紫外线辐射波,在技术上应用了所有已知的物理场(电磁波、声波、地震波等)。

无线电电子战具有明显的层次结构,它预先规定了不同等级,并组合成一个多层次结构。在这些不同层面上可描述对抗设备的功能以及技术制造原理;描述系统原理的模型设计及组织实施;无线电电子战设备在和平时期及武装冲突不同发展阶段,所采用的战术技巧和战役原理。

信息系统与信息破坏系统的对抗表现形式多种多样,它们既能使制造干扰和抗干扰防护之间的相互关系相当简单,又能采用灵巧的方法制造假情报,还能保障信息的可信性、可靠性和真实性。

要在一本书中讲述无线电电子战课题的所有方面,无异于天方夜谭。为避免这点,本书作者将主要讲述电磁频段范围内的无线电电子战任务。在这一范围内,无线电侦察与无线电技术侦察和无线电电子反侦察发生对抗,无线电信息发送与获取系统将被迫在无线电对抗条件下工作。因此,本书在无线电电子战课题的讨论中只考虑无线电技术系统与设备,不考虑非无线电频率的电磁波以及那些用于其他物理场(非电磁场)的设备。在如此限定的框架内,无线电电子战的分级体系结构如图0-1所示。

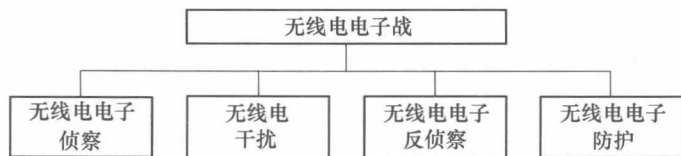


图 0-1 无线电电子战分级结构图

当然,无线电电子战结构还有其他构成方式。图 0-1 是适于本书各部分资料的最佳构成方式。

本书主要分别叙述了无线电电子战设备和系统的构建原理及其设备设计的技术解决方案,同时还对无线电电子战设备的主要技术指标进行了讨论。本书的第一部分为无线电频段的技术侦察设备;第二部分为无线电电子系统和设备对有源干扰的形成和应用原理;第三部分讨论如何保障无线电电子反侦察问题;第四部分则为免受电子对抗干扰的无线电电子防护。换言之,本书结构与图 0-1 完全一致。

众所周知,无论科学论著,还是教科书,我们都不可能从头至尾一气读完,但好在我们可以按不同顺序翻阅这本书。鉴于此,本文作者并未特意对这些材料进行排序,只是使用了不同章节的交叉援引,使所有在叙述过程中出现的问题得以解决。

目 录

第一部分 无线电电子侦察

第1章 无线电侦察与无线电技术侦察	1
1.1 无线电侦察与无线电技术侦察站组成	1
1.2 无线电侦察与无线电技术侦察设备信号频率测量	9
1.3 利用无线电侦察技术的电子系统测向方法	14
第2章 无线电侦察与无线电技术侦察定位系统	19
2.1 三角测量系统	19
2.2 等差测距定位系统	23
第3章 无线电侦察与无线电技术侦察设备效能	28
3.1 复杂信号环境下侦察设备工作	28
3.2 复杂信号环境下无线电侦察与无线电技术侦察 设备探测信号潜在性能	29
3.3 无线电电子系统信号参数测量精度	40
第4章 无线电侦察设备信息鉴别质量	47
4.1 模拟信号截获	47
4.2 脉码调制系统信号截获	60
第5章 雷达侦察	64
5.1 雷达侦察组成和任务	64
5.2 超视距雷达侦察设备使用原则	67
5.3 雷达警戒和远程预警设备	72
5.4 合成孔径雷达侦察设备	78

第二部分 无线电电子战

第6章 无线电电子战集群、系统、设备分类	87
第7章 有源噪声干扰站	92
7.1 有源噪声干扰站一般性能	92

7.2	有源噪声干扰站功率能量	92
第8章	振荡噪声干扰	98
8.1	直接噪声干扰	98
8.2	噪声调制干扰	102
第9章	回答式噪声角度拦阻干扰	107
9.1	回答式连续噪声干扰	107
9.2	回答式噪声脉冲干扰及其产生方法	113
第10章	回答式噪声角度瞄准干扰	118
10.1	多波束天线阵	118
10.2	“阿塔网”相控天线阵有源干扰站	121
第11章	有源模拟干扰站	124
11.1	回答式模拟干扰	124
11.2	回答式模拟干扰效率	125
11.3	假目标发生器(回答式脉冲干扰)	127
11.4	距离信道干扰	132
11.5	速度信道干扰	137
11.6	对线性扫描测角通路组合干扰	140
11.7	锥形扫描角测量通路混合干扰	149
11.8	应用单脉冲侧角信道复合干扰	156
11.9	空间分布式干扰站	168
11.10	外部模拟干扰	177
11.11	与空间传播干扰相对应压制方法	194

第三部分 无线电电子反侦察

第12章	无线电电子设备反侦察	203
12.1	无线电电子反侦察总体特点	203
12.2	反侦察水平参数特征	206
第13章	无线电反侦察方法	211
13.1	信号优化及时空处理	211
13.2	电磁屏蔽	219
13.3	减小旁瓣辐射被发现率	225
第14章	宽带信号无线电反侦察	228
14.1	宽带信号测定和应用	228
14.2	宽带信号分类	231

14.3	宽带调频信号	234
14.4	二进制调相频谱扩展	234
14.5	频率重调频谱扩展	239
14.6	频相键控信号	241
第15章	降低雷达发现率	243
15.1	目标的弱反射形状可降低有效散射面积	243
15.2	反雷达防护层的运用	247
15.3	降低天线系统雷达发现率	252
15.4	反雷达伪装综合运用	255
第16章	介质掩蔽效果	258
16.1	信号传播介质改变	258
16.2	偶极子干扰	259
16.3	等离子体信号反侦察	270
16.4	信号空间改变—假目标	274

第四部分 电子战设备无线电电子防护

第17章	无线电接收设备的抗干扰	282
17.1	无线电接收干扰种类和抗干扰方法	282
17.2	抗干扰方法	285
17.3	信号选择方法	286
17.4	无线电接收机抗干扰自动增益调整	289
17.5	限幅器使用	292
17.6	非线性振幅放大器应用	294
17.7	脉压抗干扰技术应用	295
17.8	射频接收机抗干扰性	296
17.9	各种人为干扰抑制电路	299
第18章	雷达电子防护	302
18.1	探测信号选择和处理方法	302
18.2	雷达天线系统选择	303
18.3	干扰情况显示和分析	308
18.4	对距离拖引干扰防御	309
18.5	对极化干扰防御电路图	310
18.6	转播干扰防御	311
18.7	对其他干扰对抗	311

18.8	可提高抗扰性雷达集成	312
第 19 章	无线电信息传输系统抗干扰性	313
19.1	无线电信息传输系统抗干扰性	313
19.2	信息传输抗干扰系统中编码	315
19.3	含回馈的无线电信息传输系统	328
19.4	抗模拟干扰与抗欺骗干扰	332
第 20 章	无线电制导电子防护	346
20.1	导弹制导系统无线电防护	346
20.2	带无线电自动导引头导弹	350
20.3	无线电电子系统防御反雷达导弹	351
第 21 章	无线电电子战设备效能	353
21.1	无线电电子战设备作战和技术效能	353
21.2	对抗防空拦截设备作战效能计算方法	354
21.3	作战条件下无线电压制设备技术效能评估	357
21.4	电子战战术侦察设备作用	358
结束语		360
参考文献		361

第一部分 无线电电子侦察

第1章 无线电侦察与无线电技术侦察

通常,无线电侦察是通过对敌方无线电设备等辐射源进行搜索、探测、定位,截获其无线电信道和通信网来获取敌方的情报^[1]。无线电技术侦察则是获取敌方无线电电子设备的空域—时域信号参数,对这些信号进行分析以确定无线电电子设备的类型和任务^[1]。显然,要完成无线电侦察与无线电技术侦察任务,其相同之处要多于不同之处,因此,不必分别研究这些技术侦察的物理和技术原理。把无线电频段中的无线电电子侦察划分为无线电侦察和无线电技术侦察并非最佳选择。根据其他分类法,无线电电子侦察可划分为战略侦察、战术侦察以及无线电电子战直接支援的无线电技术侦察。有关无线电侦察与无线电技术侦察设备和系统分类特征的详细论述可参见文献[4,6],也可参见其他原始资料(专门就技术侦察设备的应用进行论述,不涉及其生产),这里不再作专门论述,图1-1所示为无线电侦察与无线电技术侦察方法和手段的分类。

同时,无线电电子设备、生态监测系统、地球自然资源研究、履行国际条约的监察手段等问题都与在侦察设备的生产和应用过程中出现的技术问题紧密相连。

1.1 无线电侦察与无线电技术侦察站组成

根据无线电技术侦察的各种方法与手段,无线电侦察与无线电技术侦察站的组成如图1-2所示。

无线电侦察与无线电技术侦察站的天线系统应为宽带系统,目的是能工作于所有侦察频段,并确保能对侦察的辐射源进行精确定位。此外,无线电侦察与无线电技术侦察站的天线还应具有最小旁瓣,并确保能与其他无线电电子系统具有良好的电磁兼容性,从而排除对信号源的虚假测向定位。仅利用一套天线系统根本无法满足所有需求,所以通常使用若干套天线系统,它们覆盖了所有的侦察频段。

无线电侦察与无线电技术侦察站的接收装置有以下几个基本参数:



图 1-1 无线电侦察与无线电技术侦察方法和手段的分类特征

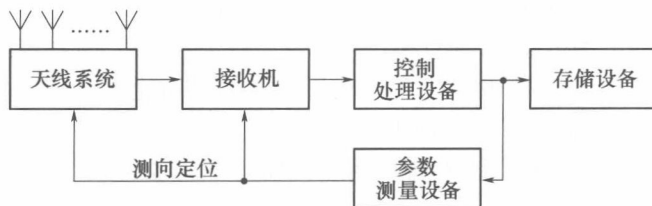


图 1-2 无线电侦察与无线电技术侦察站框图

- ◆ 侦察频段 δf ;
- ◆ 扫描时间 T , 可说明 δf 频段内的侦察反应能力;
- ◆ 灵敏度;
- ◆ 分辨力 Δf ;
- ◆ 侦察目标载频信号的搜索方式及其探测概率。

侦察接收机最重要的技术特性是其频段范围, 在此范围内可对被侦察信号进行搜索和探测, 一部侦察接收机要覆盖尽可能宽的频段范围。

无线电侦察与无线电技术侦察设备所执行任务的多样性, 决定了所用接收装置类型也应不同。毕竟, 无线电电子战直接支援的某些系统只有在需要无线电技

术侦察探测敌方正工作的无线电电子设备时才工作(如为了通报机组人员有关雷达辐射的信息)。在这种情况下可使用单信道、宽频带接收机,该接收机通过频带可覆盖所侦察目标的无线电电子系统的所有工作频段。使用带有窄带接收信道的装置,即扫描与多信道接收机,可执行更周密的侦察任务。

扫描接收机(图1-3)可通过编程在所有侦察频段范围内进行扫描。通常,扫描程序可为侦察频段 δf 内所有频率连续扫描(循环的、连续的频率分析),但也可能是其他的工作算法。例如,带有多段的频带扫描,无线电电子系统即在该间段范围内进行侦察。便携式扫描接收机能够在 $\delta f \in (100\text{kHz} \sim 2\text{GHz})$ 的频带范围内进行侦察^[8]。对于无线电技术侦察接收机而言,这一频带范围比较宽,因为它覆盖了所有可能的雷达站工作频率,也就是说,在毫米波频带范围可扩展至30GHz,甚至更高。

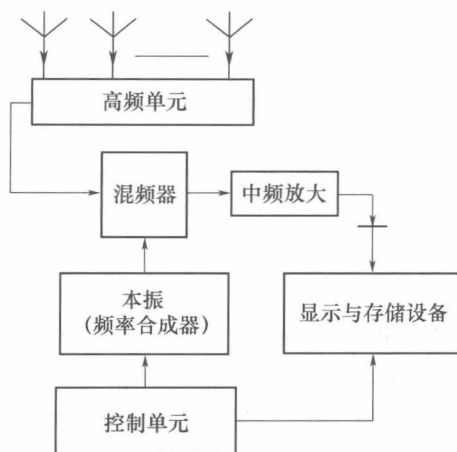


图1-3 无线电侦察与无线电技术侦察扫描接收机

接收机的分辨力 Δf 可由窄带滤波器的带宽来确定,也可取决于被侦察频带的信号情况(要求频率测量精确度)、被侦察信号的频谱宽度(同样取决于调制指标和类型)以及分析时间 T 。 δf 、 Δf 和 T 的关系可用图1-4加以说明,图中假设对侦察频带进行匀速扫描。

图1-4中的每一信号都有相应的不定性曲线图^[7]。不定性曲线图就是随机信号在频率—时间平面上的函数投影图。横坐标轴上的长度为信号脉冲长度,纵坐标轴上的长度则为其频谱宽度。连续信号的持续时间大于图1-4所得的横坐标线段长度。显然,在所有时间 T_{load} 期间,接收机可对连续信号进行探测。如果脉冲重复周期大于 T_{load} ,那么接收机就可能漏失脉冲信号。这是快速频率扫描的一种情况。当然,与信号周期(长度)相比较还可得出频率分析速度。

对于能够快速频率循环扫描接收机来说,谐振系统的通过频带与扫描速度之间有着相互联系。扫描速度的提高将导致分辨力和灵敏度的降低。根据扫描速度