

浅谈Link-4A数据链及其干扰技术

李 成¹ 穆晓斌² 舒轶昊¹

(1. 91001部队 北京 100086)

(2. 海装驻北京地区第四军事代表室 北京 100086)

【摘 要】Link-4A数据链是美国发展最早、应用时间最长的数据链系统，其主要用于美国海军对舰载飞机的指挥引导，具备实用性强、协议简单等特点。本文对Link-4A数据链进行了简要介绍，对其特点进行了分析，重点对其抗干扰能力及干扰实现进行了分析，希望对读者有一定的参考意义。

【关键词】Link-4A；数据链；性能；干扰

1. Link-4A数据链概述

Link-4A数据链是用于对飞机进行自动化控制的非保密数据链，Link-4A是北约的名称，美国则将其称为TADIL-C，Link-4A数据链工作在UHF频段，信号采用FSK调制，信道间隔为25kHz，数据传输速率可达5kb/s，可用于地-空、空-地与空-空的战术通信，其最大传输距离为200n mile，而海上控制站与受控飞机间的全向视距覆盖范围最大距离为170n mile。Link-4A数据链是目前为止应用最为成熟的数据链之一，主要供航空母舰上的舰载飞机使用，传输和交换战术信息数据。最早引入Link-4A数据链的设计初衷是用来代替战术飞机控制的音频通信，但其独特的技术设计使之具有独特的引导功能，能直接支撑航母自动着舰系统(ACLS)、惯性导航系统(CAINS)和地面控制轰炸系统(GCBS)，还同时支持空中交通管制(ATC)、空中拦截控制(AIC)和攻击控制(STK)等使命任务。由于Link-4A的波形设计具有较强的应用针对性，因而到目前为止，其他数据链路包括Link16在内，尚不能完全替代Link-4A。

Link-4A链路既可以作为单向链路，也可以作为双向链路，作为单向链路工作时，控制台（如舰艇、预警机等）采用广播方式向受控飞机（如F-14战斗机等）发送控制信息，而受控飞机则只接收信息，不发送响应消息，Link-4A数据链采用这种工作模式时可支持的任务包括空中交通管制、航母自动着舰、引导对地攻击以及航母惯性导航系统的校准等，这时控制站发送的消息可以包含航向、速度、高度等指令以及目标数据等。作为双向链路工作时，要求控制站和受控飞机都具备发送和接收能力；采用的是半双工模式，它利用时间分割在一条信道上实现双向通信，每32ms为一个消息传送周期，其中前14ms是控制平台发射，受控飞机接收；而后18ms是控制平台接收，受控飞机发送；控制平台根据需要向受控飞机发送控制消息，而受控飞机则用应答消息作为响应；受控飞机所发送的应答消息中可以包含飞机的位置、燃料、武器状况以及自身传感器跟踪数据等信息，Link-4A数据链双向通信主要用于执行空中拦截控制任务。

Link-4A数据链控制站可以通过控制分配给每架受控飞机的传输时间来实现网内的时分复用通信，在消息发送周期内，控制站在为其分配的发送时间内首先发送含有飞机地址的控制消息，而收信飞机也要在为其分配的发送时间内发送相应的应答消息，并且受控飞机只有在收到控制消息之后才发送应答消息。相反，如果没有收到控制消息，则不发送应答消息。在实战环境中，一个Link-4A数据链控制站可以根据任务的需要，同时控制多个不同的Link-4A数据链“子网”，或者说是多个工作频

率（Link-4A数据链链路中，每个任务如拦截控制要占用一个频率），如一艘航母可以同时控制多个工作频率，以支持空中拦截控制、惯性导航系统等任务的频谱需求。但是一架受控飞机不能同时在两个Link-4A数据链任务子网中进行通信。因为每个任务子网采用的频率不同，作战飞机从一个任务子网转入另一个任务子网的同时，必须将频率也调到相应的频率上才能正常工作。Link-4A数据链具有有限的数据吞吐量，只能满足有限数量的参战者（最多达8个）。然而，它却是第一条把战斗机组网为指挥控制单元提供战术信息传输路径的通信链路。

2. Link-4A数据链系统组成及特点

2.1 系统组成。Link-4A地面系统框图如图1所示，主要由数据通信设备、无线电设备以及收发天线组成，并与战术数据系统（TDS）较链。

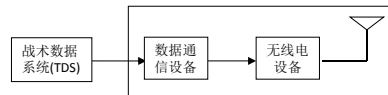


图1 Link-4A地面系统组成图

战术数据系统是应用层的设备，侧重于战术层面，可以将其作为战术数据链的信源和信宿。Link-4A系统中，TDS由多台计算机设备组成，包括战术应用软件、信息处理软件和战术数据库。TDS接收多路传感源数据，融合处理后显示区域态势，并定期更新数据库；人机交互软件处理形成格式化的战术信息报文。

数据通信设备与TDS以串行接口方式连接并通信。数据通信设备具有码元交换功能，它将战术数据转换成适合信道传输的数字信号，或将接收到的数字信号码元转换成原始数字脉冲。同时，数据通信设备也具有检错功能，它对战术数据进行奇偶校验码编码，并采用ARQ方式传送信息。

无线电设备具有收发功能，为控制台和受控飞机间提供无线通信链路。与普通话音无线电设备的要求不同，其主要区别包括调制方式、发射与接收转换时间、主线路接口和自动增益控制（AGC）启动时间等。

Link-4A的机载系统组成框图如图2所示，一般由天线、无线电设备、数据通信设备、控制器或显示器等组成，并与其他机载设备交联。

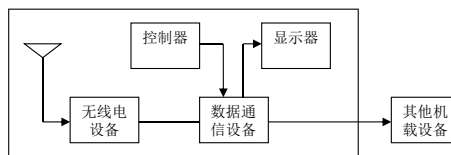


图2 Link-4A机载系统组成框图

Link-4A机载系统的基本组成和功能与地面系统相近，但由于飞机是主要的作战攻击平台，应用层对应的

系统更多。地面系统发射的战术数据被无线电设备接收并经数据设备处理后,根据信息类型将这些信息传送到交联的其他机载设备,如火控系统、显示系统、告警系统等任务系统。

2.2 特点分析。Link-4A数据链性能特点主要体现在:一是使用维护和可靠性好,Link-4A易于操作和维护,其可靠性得到了广泛认可,从未出现过严重的问题和长时间的通信中断,除此之外,还具有连接时间短等优点,采用较易实现的移频键控调制模式,可以降低设备成本,便于推广应用。二是采用简明的链路控制协议,Link-4A采用严格控制发送时间的寻址呼叫协议,只有惟一的网控站具有寻址呼叫权,其余从站只能针对本站的呼叫进行应答。Link-4A用于单个站点寻址呼叫的时间为32ms,报文发速率为31.25次/s。三是信息刷新频率快,Link-4A没有引入差错控制和数据加密,客观上提高了系统传输效率,从而保证系统有较高的信息刷新率。如果引导4个站点,信息刷新率接近8次/s,这样高的信息刷新率足以支持完成多种战术任务。四是抗干扰能力不强,Link-4A数据链信号只对发送数据进行了加密,在射频信号发射方面并未采取抗截获和反侦察措施,且Link-4A数据链为连续通信数据链,射频信号在空中暴露时间长,增加了被侦收的几率。

3.对Link-4A数据链的干扰

3.1 信号识别。Link-4A链路信号的特征比较明显,采用搜索接收机侦收到信号后,通过信号分析接收机进行分析处理,提取工作频率、调频方式、信号带宽、消息格式和传输速率等特征信息,就很容易识别判断出Link-4A信号,然后根据其使用的2FSK调制方式,可以采用鉴频法、过零检测法及差分检通过波法进行解调。

3.2 干扰方式。Link-4A数据链终端的收发转换速度较快,对其进行干扰要求实施方反应速度快,所以一般采用压制方式实施干扰,在一定条件下也可以采取效果更好的欺骗干扰。

3.2.1 压制干扰:当侦收到Link-4A特征信号后,立即开启干扰机在该频点上发出压制干扰。当截获的敌方信号信噪比很低,无法进行有效解调时压制干扰是一种很有效的方法。压制式干扰采用噪声调频信号,为了提高干扰效果,要求干扰信号的频谱尽量平坦。

3.2.2 欺骗干扰:在对敌信号进行快速截获及解调的基础上,可以对其实施欺骗式干扰。欺骗干扰有两种方法:一种是在收到控制站发出询问信号情况时,通过发射应答信号来欺骗受控站;另一种是在收到受控站发出应答信号情况时,通过发射询问信号来欺骗控制站。

受控站攻击:首先进行接收,侦察全部活动的信息以获得数据链网络内站点的数目及其使用的地址;及时调整自身地址来窃取控制站和受控站间发送的战术信息,引用未加密的信息,对加密的信息进行破译;对某受控站进行测向定位,对之实施干扰或消灭,冒充该受控站向控制站发送响应信息,以假消息欺骗对方,达到攻击目的。

控制站攻击:首先信息的活动情况,然后以控制站身份向受控站发送信息,如果仍然没有得到任何受控站的响应,则换频再试,直到有受控站响应,然后假冒控制站进行控制。如果有控制站存在且一直工作,对其进行测向定位,干扰或火力消灭,然后取代其控制受控站。

3.3 干扰效果。Link-4A数据链在单一信道上使用定频模式通信,波形也未做抗干扰处理,因此抗干扰能力

不足。不同干扰信号的干扰效果如下图3所示。

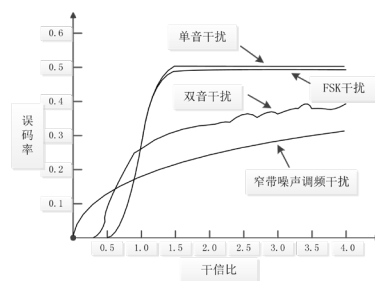


图3 不同干扰信号干扰效果分析图

由图1可知,Link-4A数据链系统接收端的误码率随接收机干信比增大而增大,要使干扰信号能有效干扰数据链通信,即系统误码率达到0.2,噪声调频干扰最小干信比为1.5,单音干扰最小干信比为1,移频键控(FSK)干扰最小干信比为1,双音干扰最小干信比为0.8。

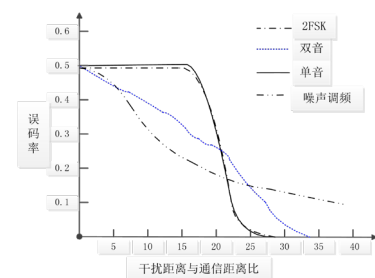


图4 不同通信距离与干扰距离比的干扰效果图

由图4可知,假设发射机功率为50W,干扰机功率为20kW,Link-4A数据链系统接收端的误码率随干扰距离与通信距离比值(R_c/R_j)增大而减小,要使干扰信号能有效干扰数据链通信,即系统误码率达到0.2,噪声调频干扰的 R_c/R_j 为18,单音干扰、移频键控(FSK)干扰的 R_c/R_j 为22,双音干扰的 R_c/R_j 为24.6。当飞机编队内飞机之间的距离为5km时,干扰源需要在接收飞机的90km~100km的范围内才能有效施加干扰。

3.4 结论分析。Link-4A的抗干扰能力不足一直被认为是其软肋,这一方面与当时的技术水平有关,但另一方面可能与其使用模式有关,因为Link-4A主要用于舰-机之间的视距引导通信,干扰方较难就近实施压制干扰。实际战场环境下应灵活选用干扰方式或者组合使用多种干扰方,以实现Link-4A数据链的有效干扰。

4.结语

Link-4A数据链是美国标志性的数据链系统之一,是美海军航母遂行作战主要依赖的一种通讯手段,如能对其施加有效的通信干扰,破坏其通信效果,对我完成对抗任务将起到巨大的作用。对Link-4A数据链抗干扰的研究也可以指导我军相关数据链的建设发展和战法研究,具有一定的借鉴意义。

参考文献:

- [1]冯锦春.Link-4A数据链最佳干扰技术研究[J].通信对抗,2000.
- [2]王国民,蔡啸,郝二伟.Link-4A数据链及其对抗方法研究[J].舰船电子工程,2007.
- [3]骆光明,杨斌等.数据链—信息系统连接武器系统的捷径[M].北京:国防工业出版社,2008.
- [4]相征.数据链技术与系统[M].北京:西安电子科技大学出版社,2014.