

浅谈工业设计在某便携式战场侦察雷达中的应用

郭黎 卢德辉

(中国电子科技集团公司第38研究所 安徽 合肥 230031)

摘要: 在现代战场上, 战场侦查雷达是不可或缺的侦查设备, 而战场环境的特殊性对战场侦查雷达提出了较高的要求。文章针对某便携式战场侦察雷达轻小型化、多功能、便携性和使用环境复杂等特点, 通过工业设计围绕整机外观造型、功能结构划分及人机工程等方面开展并行融合设计, 满足了产品出口的优化改进设计要求, 是工业设计在军用电子装备设计模式创新的一次有益探索。

关键词: 工业设计; 便携式; 侦察雷达; 外观造型; 人机工程

0 引言

战场侦察雷达主要应用在复杂的地杂波环境和各种天气条件下, 全天候对地面运动目标(如行人、运动车辆等)和低空飞行的目标(如直升机)等进行探测和识别, 完成重点区域活动目标的探测和警戒任务, 是现代战场上不可缺少的侦察装备。本文介绍的是某便携式战场侦察充分发工业设计思想, 在整机外观造型、人机工程等方面开展的设计改进, 从而使得整机便于单兵携带和操作, 整机外形简洁美观。

1 改进原则

战场侦察雷达的改进原则基于以下几点:

- (1) 在形态上, 需体现战场侦察雷达的特点: 轻小型化、多功能性及高生存性, 重点考虑天线头部形状与支撑架之间的造型呼应;
- (2) 在便携性上: 要求将质量控制在合理范围内, 配有扶手, 方便搬移, 操作方便, 不需要任何辅助工具;
- (3) 在功能性上, 保证天线尺寸形状约束及内部各设备的安装接口及散热要求。

2 方法概述

便携式战场侦察雷达主要由天馈单元、电子设备单元、终端显控单元和电池单元等设备组成(图1)。本文重点通过以工业造型设计引导结构设计, 以结构工艺的实现性修正造型设计, 兼顾人机工程设计、轻量化设计等手段, 通过多理念并行融合设计实现了工业设计造型与系统结构的融合设计(图2)。

3 关键技术

3.1 整机外观造型设计

在调研了国内外主流的MSTAR、SQUIRE和10所



图1 便携式战场侦察雷达设备组成图

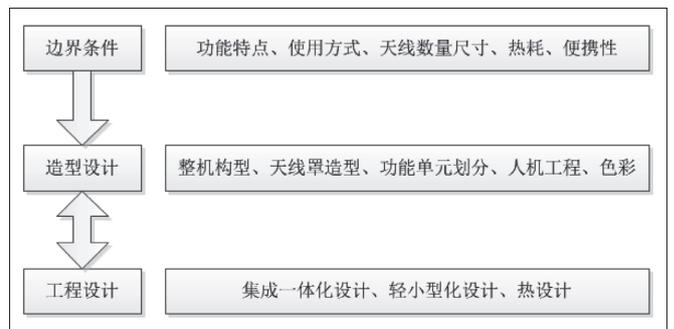


图2 总体思路图

312等几款便携式雷达的基础上, 综合国内外战场侦察雷达的技术特点, 其形态正朝着轻小型化、多功能化、便携性、高可靠性和高生存能力等方向发展。该型雷达整机造型采用沙漠蜘蛛造型仿生设计, 雷达天馈单元为“蜘蛛的头部”, 雷达稳定支脚为“蜘蛛的肢脚”, 雷达的转台为两者衔接的部分, 整体色彩为沙漠迷彩。

其设计理念主要是: 蜘蛛是一种节肢蛛形动物, 躯

体主要由头胸部、腹部和肢脚三部分组成。多数蜘蛛以蛛网为捕猎工具，平常隐藏在附近以逸待劳，待猎物被网粘住筋疲力尽后再将其吞噬。沙漠中的蜘蛛以其攻击性、隐蔽性著称，如骆驼蜘蛛、黑寡妇等。该战场侦察雷达以沙漠中的蜘蛛形态进行仿生设计（图3）。根据其构造特点、攻击形式、环境色和天线形状等元素进行演变而成。

3.2 人机工程设计

3.2.1 整机设计思想

该便携式战场侦察雷达要满足单兵携带和背负的特点，需重点考虑整机运输单元的合理划分，以及整机在工作状态时的可使用性。从而使得各单元质量控制在合理范围内，方便携带运输，且在使用时不需要任何辅助工具进行拆装维护。整机运输总共分为四个携带单元，分布示意图见图4。

其中，单兵携带质量小于30kg，满足GJB 2667-96要求，质量分配见下表。

表 整机质量分配表

人员	设备名称	质量 /kg	总质量 /kg	
步兵 1	天线背包	9	23.8	
	背包	电子设备机箱		10
		加固笔记本		3.8
		电缆		1
步兵 2	背包	三脚架	3	14.4
		转台	3.4	
		电池机箱	7	
		电缆、GPS	1	
合计			38.2	

在整机可使用性方面，需重点考虑以下几个方面（图5）：

(1) 最佳人机尺寸匹配：根据人员的站姿操作的尺度高度，决定操作平台离地高度为960mm，

$h=0.61H-70$ ， H 为人身高，取平均1700mm计算， $0.61H$ 为人手肘高度；

(2) 侧面开设维修视窗实现天线姿态可视，两侧增加可搬移把手；

(3) 天馈单元开设背部维修窗，实现内部天线单元等电子设备可维可达。

品质和成本设计贯穿整个产品设计过程，本产品在设计总体控制范围内除必须自己加工的零部件外如天线、收发机箱和转盘等，其他设备尽量采购商品化的外购产品。因商品化的产品专业性强、人机工程好、价格便宜（量产），同时也满足国军标使用要求。

3.2.2 轻量化设计

随着新材料新工艺技术的发展，多种材料的结合运用成为了新的趋势。单一材料的运用无论在性能上还是形式感上都受到一定限制，很多时候无法达到理想的效果，而多种材料相互结合，取长补短，可以利用不同的性能形成互补，不同材质也使得形式感更加丰满，多种材料的结合必然成为了一种趋势。便携式雷达因其为单兵携带，雷达每一部分的质量控制都特别严格，因此，本系统各单元的设计尽量采用各种轻质材料如铝件、复合材料等。

3.3 快速连接设计

为了满足整机设在战场侦察使用和运输时的便携性和高机动性，各单元之间的快速连接设计也是设计时需考虑的重点，主要从以下几个方面考虑：

(1) 天线的安装和拆卸是通过滚花销轴和两个十字手轮螺钉实现的，无需使用其他辅助工具进行拆装；

(2) 天线俯仰角度的调节靠调节螺钉组实现，通过旋转其中间的螺套，可以改变其机构的长短，从而实现天线的俯仰；

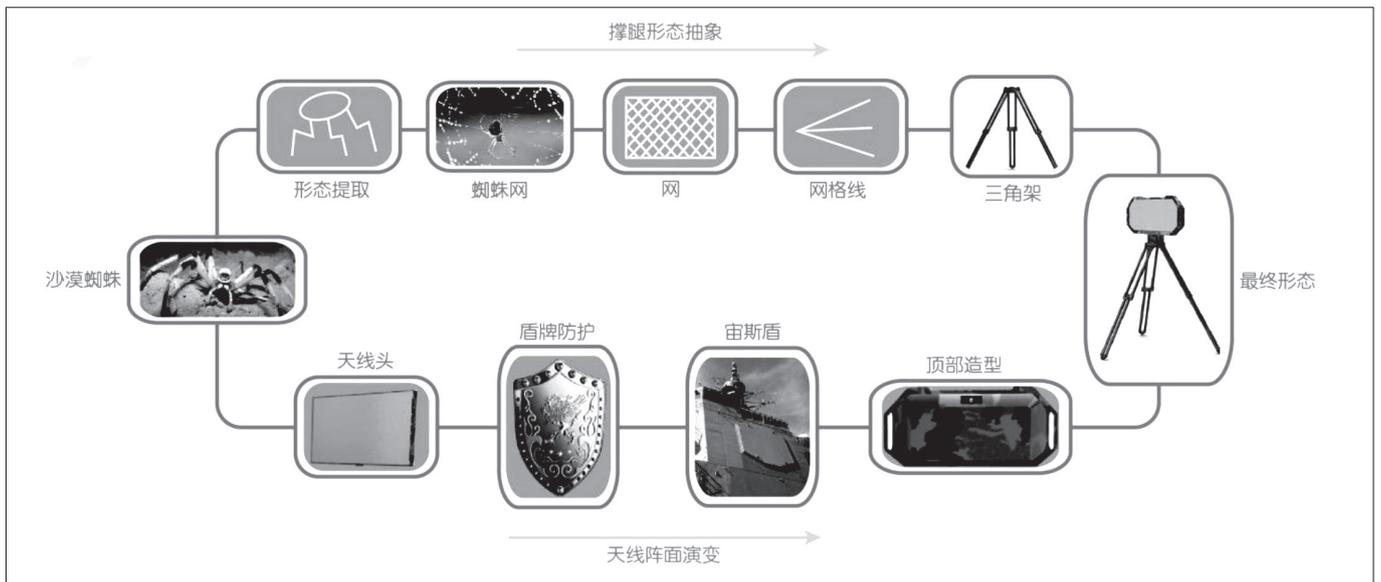


图3 仿生造型设计



图4 运输单元示意图

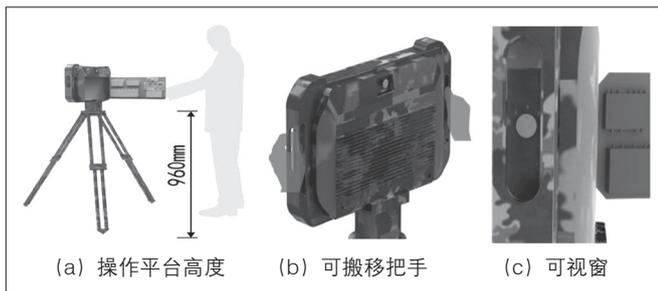


图5 重点考虑部位

(3) 转台和三角架的连接采用原三脚架和相机连接的接口，直接把转台在三脚架上拧紧固定。

3.4 可使用性设计

本套设备由于是单兵便携式雷达，所以在结构设计上对可使用性进行了分析论证。虽然为了携带运输的方便及避免使用人员干扰的影响，运输单元个数较多，但是各个单元的安装连接都非常便捷，保证了雷达的可使用性。

3.5 三防设计

结构上采用防水密封设计，连接器采用密封防水型，连接器插座与盒体间采用密封圈/垫密封；结构表面形状应简单，过渡光滑、合理；零件边缘处使用圆角，以利于获得厚度适当，附着牢固的油漆涂层；零件材料尽可能使用防腐性能好的材料，紧固件采用不锈钢材料；选择合理的涂覆系统；对印制板及组件表面涂覆三防漆。

3.6 可维修性设计

本套设备各个工作单元在结构上是分离的，互不干涉，另外，各个单元内的小模块的安装方式也都比较方便拆卸，所以本设备具有较好的维修性。

3.7 稳定性校核

当设备在生存风速下时校核系统的稳定性，此时设

备的迎风面积约 $0.3m^2$ ，最大风阻力系数取 $C_x=1.4$ ，风速 $v=15m/s$ 。三脚架高度可调（350 ~ 1650mm），且三支脚与中心线夹角也分几档可调，平时工作状态使转台处于最佳可调节位置。以人身高平均 1.7m 计算，转台所处的最佳高度应该在 1.2m 左右。因此，当在大风状态下，如保持最佳工作高度，应尽量扩大支腿跨距，此时三脚架垂直高度约 1m，腿与垂线夹角约 60° ，天馈系统自身重力包含天线自重、转台自重、三脚架自重和电子设备机箱（大风时挂在三脚架下方增加三脚架稳定性）：

$$G=G_s+G_z+G_t+G_d=80+34+30.4+100=244.4N$$

天线所受风力大小为：

$$F_{风}=C_x \rho v^2 A_{天线}=1.4 \times \frac{(1.4 \times 15)^2}{16} \times 0.36 \times 10=139N$$

风力所产生的倾覆力矩为：

$$M_{风}=F_{风} \times 1.2=166.7Nm$$

重力相对于支腿的重力矩为：

$$M=G \times 0.866=244.4 \times 0.866=211.7Nm$$

因重力矩大于风力矩，即：

$$M > M_{风}$$

所以，三脚架满足稳定性要求。

4 结语

该便携式战场侦察雷达为了满足产品出口的设计改进要求，通过工业设计引导工程设计，在整机外观造型和人机工程方面有了较大的提升。同时，通过合理的功能单元划分，快速连接设计等手段使得产品的稳定性和可靠性得到了保证，实现了该产品出口订单的新突破。该便携式战场侦察雷达自交付用户以来，整体性能稳定，各项指标满足用户要求。

参考文献：

[1] 薛澄岐，裴文开，钱志峰，等．工业设计基础 [M]．南京：东南大学出版社，2018.
 [2] 邱成梯，赵悼爻，蒋全兴．电子设备结构设计原理 [M]．南京：东南大学出版社，2001.
 [3] 陈小宁，魏汉军．全密封机箱的热设计研究 [J]．电子产品可靠性与环境试验，2004(05):50-51.
 [4] 童时中．布局设计中受限空间的考虑 [J]．电子机械工程，2000(6):11-12.
 [5] 丁玉兰．人机工程学（第三版）[M]．北京：北京理工大学出版社，2005.

作者简介：郭黎（1981-），男，汉族，江苏淮安人，硕士研究生，高级工程师，研究方向：结构设计。