

某大型地面雷达结构总体设计要点

常继根

(南京电子技术研究所, 南京 210013)

摘要: 在分析了某大型地面雷达结构特点的基础上, 归纳了该型雷达的结构设计要点, 给出了总体布局的原则, 提出了控制天线场区电磁环境、消除环境温度对装备的影响、综合布线以及系统防雷等方面的解决方案。结果表明, 以上措施经济、有效, 达到了预期效果。

关键词: 大型地面雷达; 总体布局; 电磁环境; 环境温度; 防雷

Structural System Design of One Large Ground-based Radar

CHANG Ji-gen

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210013, China)

Abstract: From the analysis of structural characteristics of one large ground-based radar, this paper summarized the main points of structural design of this radar. The principle of system layout was given and the methods for was advanced controlling of electromagnetic environment in the antenna field, elimination of the effect of the environmental temperature on the equipment, laying of the wires and prevention of the lightning strike are suggested. The result indicated that these measures are effective and economical, and achieved the anticipated effect.

Key words: large ground-based radar; system layout; electromagnetic environment; environmental temperature; prevention of lightning strike

0 引言

某大型多基地地面雷达由发射站、接收站及多个辅助站点组成。与常规雷达相比, 该雷达在结构上有以下显著特点: (1) 多站形式, 雷达分布范围广; (2) 雷达对电磁环境要求严格; (3) 天线口径大, 环境温度对设备影响明显; (4) 站内电缆种类繁多、数量众多。

针对以上特点, 结构设计中需重点解决以下问题: 一是充分重视总体布局, 既要满足产品性能要求, 又要考虑经济性及安装、维护的方便; 二是既减小场区周边电磁环境对装备的影响, 又要减少装备对周边环境的影响; 三是消除环境温度变化对天馈线的影响; 四是解决场区电缆敷设、信号相互干扰现象; 五是解决大面积天线场区的防雷问题。

下面着重就以上几个问题进行探讨。

1 总体布局原则

该雷达由多个不同功能的站点组成, 跨度达几千公里, 站址的选择好坏直接影响到建站成本、雷达的安装架设周期以及寿命周期内的运行和维护成本。

本着降低成本、缩短周期的目的, 雷达系统布站需遵循以下原则:

首先, 站点的布置要满足战术性能的需要;

其次, 各站原始电磁环境基本满足使用要求, 经过适当改造后可满足要求;

三是站点尽可能选择在交通干线附近, 降低施工、架设以及雷达运行费用;

四是雷达场地相对平整, 减少基建工程量;

五是发射阵附近电磁场干扰区内居民数量少, 减小拆迁、移民数量。

站内布局需从整体美观性和经济实用性两个方

面入手。美观性是指站内布局大气、协调；经济实用性是指既满足性能要求，又要降低基建和设备费用。

2 结构设计要点

2.1 对电磁环境的控制

各站对电磁环境的需求不同，对电磁环境的控制也需采取不同的对策：接收场区要求工作在良好的电磁环境下，需采取主动防护措施；发射场区对外辐射电磁能量，存在对场区内电子设备及工作人员的电磁伤害的危险，需采取被动防护措施。

接收站内电磁环境要求达到宁静乡村级，对该站的电磁环境从两个方面进行控制：一是控制周边环境对场区的影响，二是减小场区内电子设备的电磁辐射。对有电磁辐射的设备及辅助设施均需作电磁屏蔽处理，场区内采用无辐射的照明灯具。在采取了各种屏蔽措施后，接收场区的电磁环境满足装备的使用要求。

发射站发射的电磁波对天线场区及其周边地区均有不同程度的电磁污染，该站电磁环境控制主要从人员和设备防护两方面入手。在发射场区电磁环境超过安全限值的区域，对设备均进行电磁防护，在工作人员活动区域设置屏蔽房，确保工作人员及设备工作在安全区域。经实测，电磁防护区域内的电磁场强度均满足相关国家标准规定的要求。

2.2 温度的影响

该雷达天线口径大，馈线长，温度变形对其影响较为明显。

每付天线由多个天线单元及水平馈线组成，天线单元固定在地面上，单元间通过馈线形成电气连接，天线外形如图 1 所示。

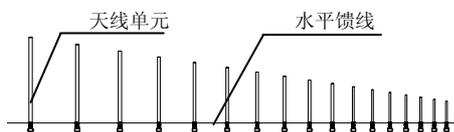


图 1 天线外形示意

天线单元与水泥基础固定连接，其中心距不会随温度变化而变化；水平馈线为刚性馈线，其长度会随温度变化而变化，变形量由下式给出：

$$\Delta L = \Delta T \cdot \delta \cdot L$$

其中： ΔL 为馈线的温度变形值； ΔT 为温度变化值； δ 为温度变形； L 为长度。

根据上式，馈线的相对变形量达 60 mm 以上。

针对以上天线单元间无相互位置变形，而馈线却存在变形的特点，采取了天线单元与馈线间采用软连接的技术措施，既保证了天馈线的有效电连接，又避免了温度变形对馈线产生破坏。天馈线连接方式如图 2 所示。

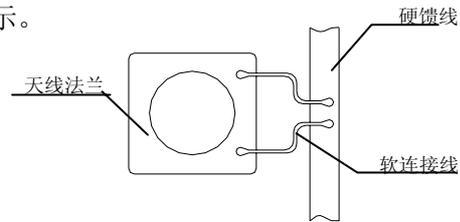


图 2 天馈线的连接方式示意

发射信号通过长达数百米的馈线传导至天线，馈线铺设要求是：与大地绝缘且馈线需架空一定距离。根据以上温度变形公式，馈线变形达几百毫米，此温度变形产生的应力较大，极易导致馈线局部破坏。温度变形是客观存在的现实，在室外环境下，无法消除，只有通过合理的支撑才能使其免遭损坏。通过比较，选定了用既经济又有效的支撑方案：用混凝土支座与复合材料撑杆相结合，使馈线在轴向及径向均有自由度，不限制其变形。馈线支撑如图 3 所示。

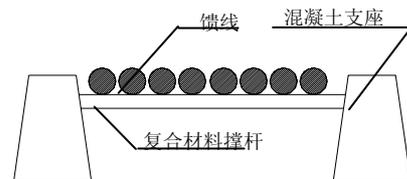


图 3 馈线支撑示意

2.3 防雷设计

该雷达天线阵分布范围较广，天线阵面非常容易遭受直接雷击。年雷击损坏次数按下式计算：

$$F = [N_d P_h + N_d P_t (P_1 + P_2 + P_3 + P_4) + N_d (P_2 + P_3)] + [N_n P_3 (1 + P_t) 2 P_t \sum N_k P_k]$$

式中： F 为年损坏次数； N_d 为天线阵每年遭受直击雷次数（次/年）； N_n 为天线阵每年遭受间击雷次数（次/年）； N_k 为引入设施的落雷数（次/年）； $P_1 \sim P_k$ 为各种可能的损坏概率。

依上式, 如果不采取防雷措施, 天线阵每年遭受雷击次数 0.98 次, 因此, 必须采取有效的防雷措施。

雷达的防雷设计主要从天线阵防雷及线路防雷几个方面入手。

天线阵防雷采取了如下措施: 天线阵内布置提前放电避雷针(见图 4), 每个天线单元上安装放电间隙避雷器(见图 5)。

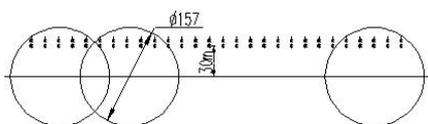


图 4 避雷针布置

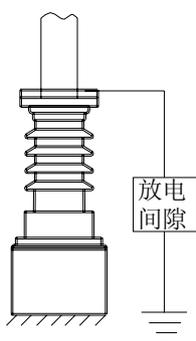


图 5 天线单元避雷器布置

防雷电感应及雷电波侵入的基本措施是加装浪涌保护器 (SPD), 主要对电源线、馈线等分别安装 SPD 进行保护, 其中电源采取 3 级保护措施。馈线加装 SPD (见图 6), 电源加装 SPD (见图 7)。

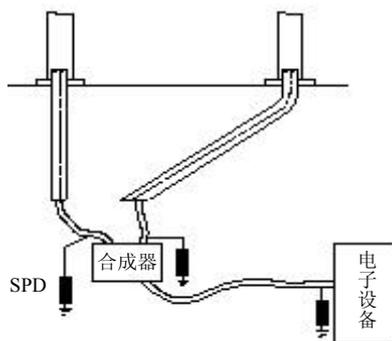


图 6 馈线加装 SPD

经计算, 采取避雷措施后的年损坏次数: $F=0.02$ 次/年。

2.4 综合布线

相控阵雷达的特点之一是连接电缆多, 该雷达有多达几千根相互交叉的室外电缆, 主要有电源线、高功率传输线、信号线、控制线等, 选取合理的布线方

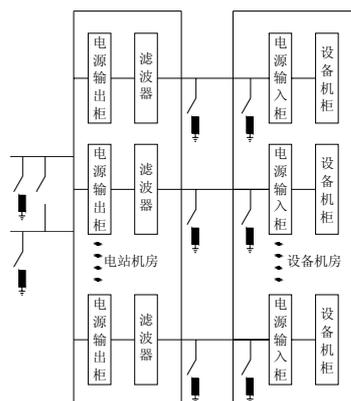


图 7 电源加装 SPD

式对减少信号干扰、降低线缆损耗、提高维修性非常重要。

根据该雷达的实际情况, 采取了如下布线形式: 信号线与电源线经由不同的电缆沟铺设, 在两者交叉处, 电源线通过电缆井布线, 信号线从地面电缆沟布线, 采用电缆沟敷设电缆可有效地提高电缆的寿命, 各种类型电缆铺设在不同的电缆沟中可有效地减小信号相互干扰问题; 高功率馈线采用分层铺设, 提高了电缆的维修性。

3 结束语

总体布局、防雷设计、温度变形对设备的影响是该雷达结构设计中需重点考虑的问题, 通过总结, 分析结构设计中存在的重点、难点并提出解决方案, 供同类产品参考。

参考文献:

- [1] GB50057-94, 建筑物防雷设计规范[S]
- [2] GB50343-2004, 建筑物电子信息系统防雷技术规范[S]
- [3] 王 雁. 地面雷达结构维修性探讨[J]. 电子机械工程, 2007, (1): 28-30
- [4] GB13618-1992, 对空情报雷达站电磁环境防护要求[S]
- [5] 郭月霞. 空中交通管制雷达的场地工艺设计[J]. 电子机械工程, 2005 (4): 14-15
- [6] 叶 菁. 一种相控阵雷达的布线设计[J]. 现代雷达, 2005, (27): 45-47

作者简介: 常继根(1968-), 男, 高级工程师, 1994年毕业于南京航空航天大学, 一直从事雷达结构总体设计工作。