

新一代天气雷达 系统环境及运行管理

主编：刘志澄 副主编：李柏 翟武全

气象出版社

内容提要

本书系统地论述了中国新一代多普勒天气雷达站建设、站址选取、雷达业务运行和管理,以及多普勒天气雷达产品应用等多方面的内容。全书共分为十八章。第一章至第六章论述了中国新一代天气雷达在建设过程中所遇到的选址规划、净空保护、电磁环境、防雷设计、雷达载体谐振分析等技术问题,第七章至第九章系统地介绍了新一代天气雷达的主要技术指标、工作方式和功能,第十章至第十五章详细地阐述了新一代天气雷达业务运行的观测规定、设备维护、资料存储和业务值班规章制度,第十六章至第十八章概括地介绍了新一代天气雷达的主要产品以及各种产品在天气预报中的应用。本书可供气象、大气探测、天气预报等研究和技术人员以及大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

新一代天气雷达系统环境及运行管理/刘志澄 主编.

北京:气象出版社,2002.7

ISBN 7-5029-3401-4

I. 新… II. 刘… III. 多普勒雷达-应用-天气预报

IV. P45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 044178 号

新一代天气雷达系统环境及运行管理

主编 刘志澄 副主编 李柏 翟武全

责任编辑:俞卫平 张婉佩 终审:周诗健

责任校对:杨波平 责任技编:吴庭芳

气象出版社 出版发行

(北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮编:100081)

中国电影出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:9.125 字数:200 千字

2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月第一次印刷

印数:1~1500

ISBN 7-5029-3401-4/P·1209

定价 40.00 元

主 编：刘志澄

副 主 编：李 柏 翟武全

编写成员：李 柏 冯皖平 边富昌 陆大春
周 昆 吴林林

序

随着社会经济的发展,我国气象现代化建设不断取得突破,从“九五”起,我国大规模地进行新一代多普勒天气雷达(CINRAD)监测网的布点建设。由于新一代天气雷达采用了目前世界先进的雷达技术、多普勒技术、计算机技术、微电子技术等高新科技成果,从而使其具有以往雷达所不具备的先进功能。全天候的探测能力和十分丰富的各种雷达产品,大大加强了新一代天气雷达对中小尺度天气系统的探测及预警能力,并为开展短时灾害性天气系统的监测和预报奠定了坚实基础。

美国实施下一代天气雷达(NEXRAD)发展计划,从20世纪80年代开始研制,1988年定型为WSR-88D雷达,到1996年为止已完成了在本国布设168部雷达的工作。美国在建设NEXRAD雷达网的同时,着手组建了WSR-88D雷达网的业务运行支持中心ROC(Radar Operational Center),负责对全国的WSR-88D雷达日常运行业务进行监控管理。对于我国来说,由于新一代天气雷达刚刚处于起步阶段,投入业务运行的时间很短,因此学习国外的先进经验,结合我们自己的实践,不断探索如何科学、规范、合理地建设、使用和管理新一代天气雷达,使其充分发挥在防灾减灾方面的作用是一项十分必要而又十分紧迫的工作。

合肥CINRAD-SA天气雷达是我国第一部试点建设并通过业务验收的新一代天气雷达。经过1999年、2000年和2001年的业务试运行和业务运行。安徽省气象局的同志们全力以赴、艰苦攻关、敢为人先、不断前进,在新一代天气雷达建设、管理和实际应用方面积累了丰富的经验,在我国新一代多普勒天气雷达监测网的建设中发挥了率先示范的作用。

现在,新一代天气雷达布网建设工作正在全国大规模地全面展开,他们又精心组织,认真归纳总结编写出《新一代天气雷达系统环境及运行管理》一书,为新投入这项巨大工程的单位及有关人员提供了有益的指导。本书深入浅出、全面细致,可读性可操作性强,可供我国新一代天气雷达的建设、运行管理和业务应用借鉴。

衷心感谢安徽省气象局的同志们做了一件十分有意义的事,也殷切希望他们要再接再厉,百尺竿头,更上一层楼!

李黄

2002年3月11日

目 录

序

第一编 新一代天气雷达运行环境的建设

第一章 气象条件对新一代天气雷达探测影响分析	(3)
§ 1.1 大气折射对雷达探测的影响	(3)
§ 1.2 地球曲率对雷达探测的影响	(4)
§ 1.3 地形对雷达探测的影响	(4)
§ 1.4 天气气候对雷达探测的影响	(4)
第二章 新一代天气雷达站选址规划分析	(5)
§ 2.1 雷达站选址的依据	(5)
§ 2.2 选址方案评优程序	(6)
第三章 新一代天气雷达净空保护办法和措施	(7)
§ 3.1 控高方案的设计	(7)
§ 3.2 净空保护的法律法规	(8)
第四章 新一代天气雷达电磁环境条件分析	(9)
§ 4.1 雷达电磁环境分析与计算方法	(9)
§ 4.2 电磁干扰的影响评估	(9)
§ 4.3 电磁辐射的安全状况评估	(10)
第五章 新一代天气雷达防雷系统分析与设计改进	(12)
§ 5.1 雷达站址与雷电灾害	(12)
§ 5.2 合肥 CINRAD-SA 雷达站防雷接地系统的设计改进	(13)
§ 5.3 合肥 CINRAD-SA 雷达系统防雷电网的实施及测试结果	(15)
第六章 新一代天气雷达承载体技术分析	(16)
§ 6.1 CINRAD-SA 雷达谐振技术分析	(16)
§ 6.2 合肥 CINRAD-SA 雷达承载体固有频率的计算结果及结构优化方案	(16)
§ 6.3 CINRAD-SA 雷达天线机座结构谐振频率测试与分析	(17)

第二编 CINRAD-SA 雷达技术简介

第七章 CINRAD-SA 雷达技术指标及功能	(21)
§ 7.1 CINRAD-SA 雷达总体性能	(21)
§ 7.2 雷达系统的基本组成	(22)
§ 7.3 用户等级	(24)
§ 7.4 雷达数据分类	(24)

§ 7.5 雷达功能概括表	(24)
§ 7.6 雷达对工作环境的技术要求	(26)
第八章 CINRAD-SA 雷达工作方式简介	(27)
§ 8.1 雷达 VCP 参数设定	(27)
§ 8.2 雷达工作方式	(28)
第九章 CINRAD-SA 雷达数据文件格式	(33)
§ 9.1 CINRAD-SA 雷达二级文档	(33)
§ 9.2 其它种类的数据格式	(34)

第三编 CINRAD-SA 雷达运行管理

第十章 雷达观测规定	(45)
§ 10.1 总则	(45)
§ 10.2 观测时次	(45)
§ 10.3 观测环境	(46)
§ 10.4 观测方式与观测模式	(47)
§ 10.5 雷达参数测量与标校	(47)
§ 10.6 雷达开关机注意事项	(48)
§ 10.7 雷达开关机步骤	(49)
§ 10.8 资料整编	(50)
§ 10.9 表簿	(50)
§ 10.10 附录	(50)
第十一章 雷达硬件系统管理制度	(52)
§ 11.1 雷达运行值班制度	(52)
§ 11.2 雷达巡检制度	(52)
第十二章 雷达参数测量和标校	(56)
§ 12.1 发射机参数测量和标校	(56)
§ 12.2 接收机参数测量和标校	(60)
§ 12.3 系统相干性	(65)
§ 12.4 信号处理器	(66)
§ 12.5 雷达业务验收及性能参数测试	(70)
第十三章 应用中的几点改进	(79)
§ 13.1 雷达站局域网的结构及改造	(79)
§ 13.2 雷达实时监控报警系统	(80)
§ 13.3 雷达图像产品数据格式的转换	(82)
§ 13.4 雷达资料存储方式的改进	(83)
第十四章 短时预报规章制度	(84)
§ 14.1 短时预报工作任务	(84)

§ 14.2 短时预报岗位职责	(84)
§ 14.3 短时预报工具	(84)
§ 14.4 短时预报业务流程	(85)
§ 14.5 短时预报业务质量考核办法	(86)
第十五章 雷达主要故障分析	(88)
§ 15.1 电源部分	(88)
§ 15.2 发射机部分	(89)
§ 15.3 天线伺服系统	(90)
§ 15.4 接收机部分	(90)
§ 15.5 软件部分	(91)
§ 15.6 其它故障	(91)
§ 15.7 使用中的其它问题	(92)
 第四编 CINRAD-SA 雷达业务应用简介	
第十六章 主要气象产品及用途简介	(95)
第十七章 判断雷达资料的可靠性	(102)
§ 17.1 雷达回波可靠性检查内容	(102)
§ 17.2 检查的主要方法	(102)
§ 17.3 雷达回波资料可能出现的问题	(102)
第十八章 新一代天气雷达在天气预报中的应用	(105)
§ 18.1 对大尺度天气系统的监测	(105)
§ 18.2 对中小尺度天气系统的识别	(110)
§ 18.3 在定量测雨方面的应用	(118)
§ 18.4 在识别特殊下垫面中的应用	(121)
参考文献	(123)
附录 新一代天气雷达系统业务验收规定(试行)	(124)
附件一:雷达系统故障定义说明	(127)
附件二:新一代天气雷达系统情况登记表	(128)
附件三:新一代天气雷达系统配套设备情况登记表	(129)
附件四:新一代天气雷达主要工作仪表、设备情况登记表	(130)
附件五:雷达性能参数测试项目及测试记录表	(131)

第一编 新一代天气雷达 运行环境的建设

第一章 气象条件对新一代天气雷达探测影响分析

§ 1.1 大气折射对雷达探测的影响

由于地球上的大气层是不均匀的,所以电磁波在其中传播会出现明显的弯曲现象,这种现象称为大气折射。新一代天气雷达由于探测距离远,大气折射所产生的影响就特别显著,因此,在新一代天气雷达站址的环境建设中,必须考虑大气折射所带来的影响。

大气折射指数随大气的温、压、湿的变化而变化。根据大气折射指数的不同通常把大气折射分为五种情况(如图 1.1):

1. 标准大气折射。射线传播路径的曲率介于直线和地球的曲率之间,传播路径是微微向下弯曲的。由于地球是球形的,所以标准大气折射增大了雷达对高为 H 的目标物的最大探测距离。

2. 临界折射。射线的绝对曲率与地球表面的绝对曲率相同,电磁波将环绕地表面在一定高度上传播而不与地面接触。当雷达作水平探测时,其探测不受地球表面曲率的影响。

3. 超折射。射线的绝对曲率大于地球表面的绝对曲率,因此射线将弯向地面,经地面反射后继续向前传播,这种过程的多次重复,使射线在地面和某一大气层之间辗转地向前传播。当出现超折射时,雷达可以探测到以前探测不到的目标物,增加雷达探测的极限距离。但超折射会增加雷达探测误差,特别是测高误差。因此在工作中最好使用 1 度左右的仰角以避开超折射层。

4. 负折射。射线传播路径的绝对曲率小于零,射线是向上弯曲的。它使雷达可探测的极限距离减小,因此,应避免雷达在负折射条件下工作。但是负折射出现的机会很少,所以对雷达探测的影响是很微弱的。

5. 零折射。射线传播路径的绝对曲率等于零,电磁波直线传播。产生零折射的条件是大气是均质的。通常实际大气不会是均匀的,所以不可能产生零折射。

综合以上所述,可以看到在标准大气折射、临界折射这两种情况下,雷达都可以正常工作,对雷达探测影响最大的是超折射。

根据气象学可知,容易出现超折射的气象条件是:

(1)大陆上晴朗夜晚,由于地面降温强烈而形成辐射逆温,特别当地面潮湿时,由于逆温存在使水汽不能向上输送,而使水汽压随高度急剧减少,这时就易发生超折射现象。按其生成原因,可称为辐射超折射。

(2)当暖而干的空气层移到冷水面上时,低层空气冷却,同时湿度有所增加。在这种情况下,会产生平流超折射。它常在大陆上干燥而炎热的空气吹向海面时发生。

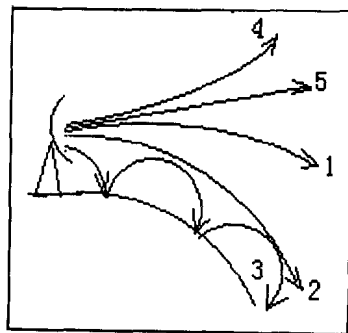


图 1.1 大气折射的 5 种情况

1 标准大气折射线;2 临界折射;

3 超折射;4 负折射;5 零折射

(3)雷暴消散期,其底部下沉辐散气流造成地面层附近几百米高度处逆温,从而形成超折射,习惯上称它为雷暴超折射。因为雷暴是一种具有强烈垂直混合的不稳定天气现象,故低层稳定的垂直递减率存在时间短促,大约为30分钟到1小时。仔细监视雷达荧光屏,根据地面目标物数目的突然增加与减少以及探测范围的扩大与缩小,可以发现超折射传播条件的建立和破坏过程。

了解了产生超折射的气象条件,我们在站址选取时就应当尽可能地避开易产生超折射的气象条件,例如:在一些盆地上空极易出现半永久性的逆温层。新一代天气雷达为避免超折射对雷达探测的不利影响,站址高度必须选择在较高的山上,从而避开因逆温层所造成的超折射对雷达探测的不利影响。

§ 1.2 地球曲率对雷达探测的影响

当雷达天线作水平探测时,地球曲率会引起雷达波束中心轴线随距离增加而逐渐远离地面。若地球上无大气或大气是均质的,当地面雷达作水平探测时,对高为 H 的目标物的最大探测距离为 $R=\sqrt{2R_m H}$, R_m 为地球半径。在标准大气折射情况下,这种探测距离为 $R=\sqrt{2R'_m H}$ 。此时 $R'_m=\frac{4}{3}R_m$,所以由于地球曲率的存在,在标准大气下,雷达对高为 H 的目标物的探测距离反而比零折射条件下的探测距离大。

高架雷达作俯视探测时,对高为 H 的目标物的最大探测距离为 $R=\sqrt{2R'_m}(\sqrt{H}+\sqrt{h})$,表明雷达天线位置越高,探测距离越大。如果不能作俯视探测,那么最大探测距离为 $R=\sqrt{2R'_m}\sqrt{H-h}$ 。这时雷达探测距离反而比雷达天线架设在地面上时还要小。因此,新一代天气雷达站址选取时不能只追求雷达站站址的高度,还应当根据新一代天气雷达的实际功能,来确定雷达站的高度。

§ 1.3 地形对雷达探测的影响

某些特殊地形易形成某种天气现象,对雷达探测产生影响。如盆地,常有逆温层产生超折射。又如,在高山建站,应建在最高处,否则会受周围高山的阻挡,而且最好可以作俯视探测,增加最大探测距离,但俯视探测又要认真考虑地物回波的影响及其消除。

§ 1.4 天气气候对雷达探测的影响

中纬度地区的气象要素随高度分布的平均情况与标准大气相近,高纬地区湿度年变化范围不大,基本接近标准大气,适宜建雷达站。低纬地区湿度年变化范围大,易出现超折射、负折射,不利于雷达观测。另外,在中纬度西风带地区,天气系统一般都自西向东移动,在选取站址时,应当考虑到天气系统的来向,如:在城市附近建站,就应当考虑在城区的西南侧或西北侧建站,以便及时准确地探测天气系统。

第二章 新一代天气雷达站选址规划分析

§ 2.1 雷达站选址的依据

在确定雷达站址时,除了要考虑自然、经济、技术、后勤等诸多因素外,还必须符合国家、地方等有关法规。为此在站址选取时,我们以如下法规作为雷达站建设的法规依据:

《中华人民共和国环境保护法》

《中华人民共和国城市规划法》

建设部、国家计委《建设项目选址规划管理办法》

《中国气象局雷达站选址技术规定》

实际选址依据的条件如下:

1. 净空要求。雷达净空遮挡,仰角 1° 其方位角遮挡角 $\leq 0.5^\circ$, 仰角 0.5° 其方位角遮挡角 $\leq 2.5^\circ$, 并按此要求测算、比较雷达天线在各方案中的架设高度和相应的盲区是否符合要求。由此,选址应优先考虑,区域自然制高点、周围开阔地带。

2. 城市规划。必须符合城市规划与建设的要求以及进行远期预测。因此,选址应优先考虑城市边缘或外部、城市发展限制区和文物、风景保护区。

3. 基础设施。完善的基础设施条件不需要征用土地将为整个工程节省资金和缩短工期,从而也避免了由于征地涉及的土地、规划、城建、乡、镇、农户等方面的工作和政策问题。故应优先考虑原有基础设施条件。

4. 微波干扰。应尽量避免雷达接收机干扰源,对微波间的交互干扰应做检测和论证。

5. 总投资。主要包括土建投资(包括相关的设备与装饰),基础设施投资(如电力、电讯、道路、供水等)。总投资应以负担能力及节省为原则。

根据上述条件,雷达站址主要考虑如下地区:

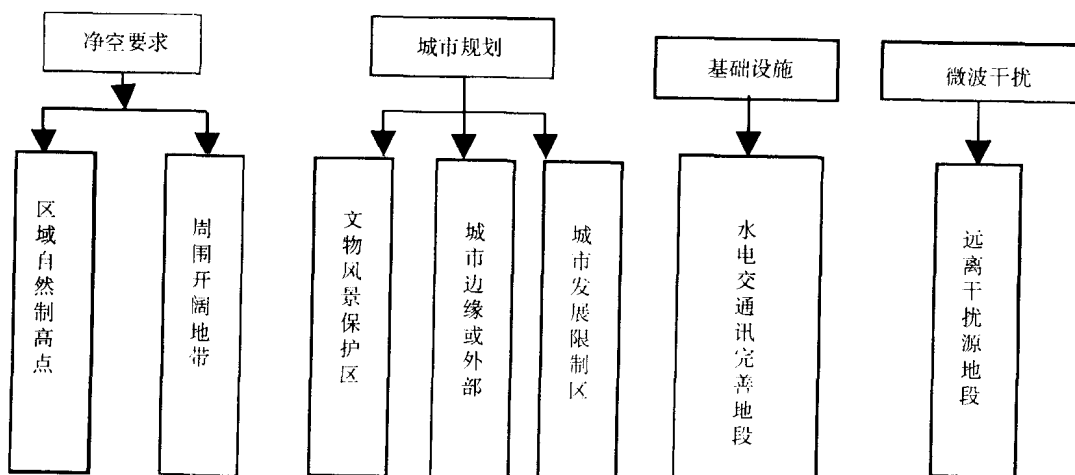


图 2.1 雷达站址选择的主要依据

§ 2.2 选址方案评优程序

为了使选址评优工作客观化,根据净空要求、城市规划、微波干扰、总投资、工程工期五个方面,我们设计了一套选址方案评优程序,该评优程序流程依据相对重要性排序,框图如图 2.2 所示:

以合肥雷达站为例,合肥雷达站通过选址技术程序首选确定了五个预选站址方案,我们对预选站址的地理位置、建设环境、基础设施、交通、通信、供电等状况做了大量的调研工作,走访了二十多个单位、部门。在获得大量资料的基础上,通过评优程序确定西郊观测站为最佳方案。

该雷达站地处合肥市西郊,占地 120 亩^{*},地势开阔,有数十年的建设基础,基础设施如水、电、道路、通信条件完备;该站址西、北面有合肥市两大水库,是城市一百万人口的重要水源,受规划严格控制和保护,属于市建设中的控制区,有利于雷达的净空保护;由于西郊观测站方案有一定基础,可有效地控制投资并与地方政府计划投资相吻合;该站址不需征地,在西郊观测站建设雷达站,将促进这块大面积土地的开发利用,为实现气象业务一体化提供了有利的客观环境,满足地方政府提出的雷达站建设与合肥市现代化城市建设相适应,成为新的科技景点的要求。

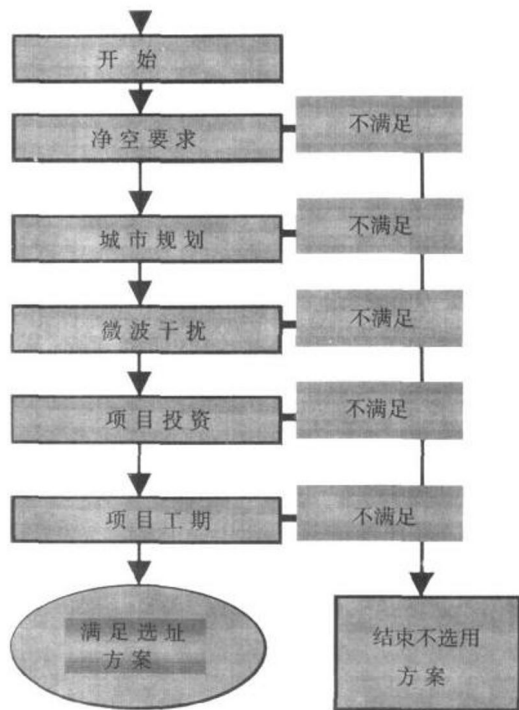


图 2.2 选址方案评优程序

* 1 亩=666.6m²

第三章 新一代天气雷达净空保护办法和措施

§ 3.1 控高方案的设计

雷达的净空条件是指雷达在以零度仰角探测时,在其有效的探测范围内,没有对雷达电磁波造成阻挡的障碍物,如地形、山脉、建筑物等障碍物,它是雷达正常工作必须满足的条件。而大的地形、山脉不可能对其进行控高。因此,主要控制的净空条件就是建筑物。

建筑物对电磁波的阻碍主要和它的高度和宽度有关,就高度而言,我们必须控制建筑物的高度小于探测高度,在不考虑大气折射,只考虑地球曲率对雷达电磁波传播影响时,探测高度可以由下面的示意图 3.1 计算。(图中 h 为天线高度, δ 为最低仰角, R 是斜距, H 为探测高度, R_m 为地球半径)由图可以求得,在 $\triangle OCB$ 中,有:

$$(R+R_m)^2 = (R\cos\delta)^2 + (R_m+h+R\sin\delta)^2$$

$$\frac{H^2}{2R_m} + H = \frac{(R\cos\delta)^2}{2R_m} + \frac{h^2}{2R_m} + \frac{(R\sin\delta)^2}{2R_m} + h$$

$$+ R\sin\delta + \frac{h\sin\delta \cdot R}{R_m}$$

因为 $h \cdot H \ll R_m$, 所以得出:

$$H = R\sin\delta + \frac{R^2}{2R_m} + h$$

当 R 很大时,由于地球曲率的影响,探测的高度要比不考虑曲率的时候要大。当 R 很大时,即 $R \geq H$, 可以不考虑建筑物高度,只需考虑近距离的探测高度;当 R 较小时,忽略地球曲率,则上式变为

$$H = h + R\sin\delta$$

根据上述方法,以合肥雷达站为例,可得出以下控高方案:

表 3.1 距离高度对应表 单位:(m)(其中 $h=168\text{ m}$, $\delta=0.5^\circ$)

距离	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
高度	169.74	171.48	173.22	174.96	176.7	178.44	180.18	181.92	183.66	185.4

另外,当在规定距离内高度超过上述限制时,还必须控制它的宽度范围不得大于 0.5° 方位角(雷达波束水平宽度的一半),可得如下公式:

$$W = \frac{\pi}{180} \times \frac{\theta}{2} \times R$$

其中 W 为水平宽度, R 为水平距离, θ 为雷达波束水平宽度。根据上式,可计算出合肥雷达站水平控制方案如表 3.2 所示($\delta=0.5^\circ$)。

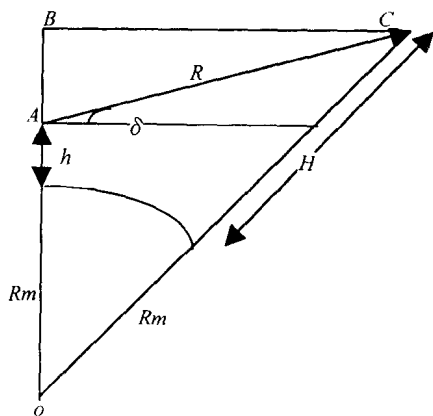


图 3.1 距离高度示意图

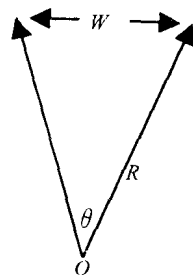


图 3.2 距离宽度示意图

表 3.2 距离宽度对应表

单位: (m) (其中 $\delta=0.5^\circ$)

距离	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000
宽度	1.74	3.48	5.22	6.96	8.7	10.44	12.18	13.92	15.66	17.4

§ 3.2 净空保护的法律法规

雷达建设投入较大,若建成后迁址,在规划、技术等方面存在巨大困难,因此在必要时,以法律或政府规章的形式保证其探测环境免遭破坏是必须的。为确保合肥雷达在建成后发挥防灾减灾作用,保障投资安全,安徽省政府制定并发布实施了《合肥市多普勒天气雷达站探测设施和探测环境保护办法》。

第四章 新一代天气雷达电磁环境条件分析

环保部门认为S波段雷达站的建设,主要环境问题是雷达的电磁波辐射,其影响有两个方面,一是可能由辐射造成的对人体影响,二是对周围地区电磁环境的影响。城区和郊区雷达站尤其要注意电磁波辐射的安全问题。合肥雷达站选址后,对上述两方面进行了重点分析。在雷达站建设之前,用理论的计算来分析解决电磁波辐射的安全问题,是较为简便可行的方法。

§ 4.1 雷达电磁环境分析与计算方法

设在城郊结合部的CINRAD雷达,其电磁环境兼容性问题较为突出。经分析研究,从气象雷达方程出发,根据电波传播理论特性及方程边界条件,将方向函数取最大、有关衰减取最小,空气粒子等效散射截面参数取有效接收面积的极值,得到“最恶劣环境”的辐射功率计算方法,该方法可用于对无线电通信干扰和辐射评估。由气象雷达方程:

$$\overline{P_r} = \frac{G^2 \lambda^2 k}{(4\pi)^3} \int_0^\infty \frac{P_t(R)}{R^2} dR \int_0^{4\pi} f^2(\theta, \varphi) d\theta d\varphi \int_0^\infty \sigma N(\sigma) d\sigma \quad (4.1)$$

推导出距该雷达 R 处的辐射功率为:

$$\overline{P_r} = \frac{P_t G^2 \lambda^2 k}{(4\pi)^3 R^2} \int_0^{4\pi} f^2(\theta, \varphi) d\theta d\varphi \int_0^A g(\sigma) d\sigma \quad (4.2)$$

在极端电磁干扰条件下,有关参数为: $f(\theta, \varphi) = 1, k = k_1 \times k_2 \times k_3 \dots$

$$\int_0^A g(\sigma) d\sigma = A_r \quad (A_r \text{ 为对无线电设备干扰时,接收天线最大有效面积})$$

$$\overline{P_r} = \frac{P_t G A_r k}{4\pi R^2} \quad (4.3)$$

$$\int_0^A g(\sigma) d\sigma = A_m \quad (A_m \text{ 为对环境辐射影响时,最大有效接收面积})$$

$$\overline{P_m} = \frac{P_t G A_m k}{4\pi R^2} \quad (4.4)$$

由上述理论分析并采用“最恶劣环境”算法可对电磁环境的兼容性进行评估。该算法实用、精度高。

对任意一点 R 处的雷达辐射的微波功率密度为

$$\overline{P_v} = \frac{P_t G_{\max}}{4\pi R^2} A \cdot F^2(Q) \cdot k \quad (4.5)$$

式中 P_t 为发射功率, $G_{\max}$ 为最大天线增益, A 为有效接收面积, R 为目标距雷达站距离, $F^2(Q)$ 为天线方向函数, k 为衰减因子。

§ 4.2 电磁干扰的影响评估

新一代天气雷达的电磁环境条件包括两个方面,一是新一代天气雷达对周围的电磁

环境是否构成影响;二是周围的电磁环境是否影响新一代天气雷达的正常工作。

在合肥市区内,与 CINRAD-SA 雷达工作频率接近的有两个无线电微波通信中心,其一工作频率为 3.4~4.2 GHz,天线高程 231 m,距 CINRAD-SA 雷达直线距离为 7 km;另一个工作频率为 1.2~2.7 GHz,天线高程 100 m,距 CINRAD-SA 雷达直线距离为 3.5 km。

CINRAD-SA 雷达的工作适用频率为 2.83 GHz,假定被干扰的接收天线增益为 40 dB,则在最恶劣干扰情况下(取两个天线方向彼此对准),从式(4.3)得到计算干扰电平公式:

$$\begin{aligned} \text{干扰电平} = & \text{发射峰值功率} + \text{发射天线增益} - \text{频偏损耗} - \text{系统传输损耗} \\ & - \text{自由空间传输损耗} + \text{接收天线有效接收面积} \end{aligned}$$

计算表明:

1. 对第一微波通信站的

$$\text{最恶劣干扰电平} = 88.5 + 45 - 130 - 1.6 - 87.9 + 9.5 = -76.5(\text{dBm})$$

2. 对第二微波通信站的

$$\text{最恶劣干扰电平} = 88.5 + 45 - 120.5 - 1.6 - 81.9 + 9.5 = -61(\text{dBm})$$

根据上述计算结果,即使在最恶劣的干扰情况下,干扰电平也已低于一般微波接收机的灵敏度,考虑到实际情况下雷达天线将以 $>0.5^\circ$ 的仰角旋转工作,故这两个天线的方向彼此不可能对准,干扰电平还应远小于此值,所以,CINRAD-SA 雷达对上述二单位的微波通信不会构成干扰。合肥地区其它无线电微波通信频率远离 CINRAD-SA 雷达的工作频率,更不会产生干扰问题。

§ 4.3 电磁辐射的安全状况评估

我们在电磁辐射对人体影响方面有针对性地做了评估,电磁辐射的功率密度可按式(4.4)计算:

$$\text{辐射功率密度} = \text{发射峰值功率} + \text{发射天线增益} - \text{系统传输损耗} - \text{自由空间传输损耗}$$

受新一代天气雷达辐射影响最大的人员应是在距该雷达最近且高度相当的高楼作业场所内的工作人员。对于合肥 CINRAD-SA 雷达在最恶劣的辐射下(即新一代天气雷达天线水平扫描),由上式算得该作业场所接收的瞬时功率密度为 $62883 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ 。在新一代天气雷达不连续工作的月份内,按 8 次/d 开机,每次 15 分钟计算,则新一代天气雷达每日工作时间为:

$$8 \text{ 次/d} \times 15 \text{ 分钟} \times 60 \text{ s/min} = 7200 \text{ s/d}$$

若单人的受辐射照射宽度为 0.5m,则该作业场所单人平均受照射时间为:

$$7200 \text{ s/d} \times 0.5 \text{ m} \div (2\pi \times 1400 \text{ m}) = 0.4 \text{ s/d} = 1.14 \times 10^{-4} \text{ h/d}$$

因此,在最恶劣情况下,该作业场所单人平均日剂量为:

$$62883 \mu\text{W}/\text{cm}^2 \times 1.14 \times 10^{-4} \text{ h/d} = 7.2 \mu\text{W h}/\text{cm}^2$$

当新一代天气雷达连续工作时,根据以上的算法得出,该作业场所单人平均日剂量为 $86.4 \mu\text{W h}/\text{cm}^2$ 。