

# 磁控管设计手册



国防工业出版社

## 内 容 简 介

《磁控管设计手册》是进行磁控管工程设计的实用参考书。

本手册着重介绍了以普通脉冲磁控管为主，包括连续波磁控管、同轴磁控管及电压调谐磁控管等的设计。对各类磁控管的工作原理、典型结构、主要的冷测试验方法及热测中常见的问题也作了介绍。

设计计算中所采用的计算公式、图表、曲线、数据等都在总结实践经验和分析现有设计资料的基础上，经过了整理、验算及核对。列举的设计实例，进一步说明设计计算的有关选择考虑和步骤。

本手册主要供从事磁控管设计、试制和生产的人员阅读，也可供微波管专业的师生和使用磁控管部门的人员参考。

## 磁 控 管 设 计 手 册

电子管设计手册编辑委员会 编

\*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

上海商务印刷厂排版 国防工业出版社印刷厂印装

\*

850×1168 1/32 印张 18 5/8 插页 2 489 千字

1979 年 8 月第一版 1979 年 8 月第一次印刷 印数：0,001—9,500 册

统一书号：15034·1651 定价：2.80 元

(限国内发行)

## 序 言

《磁控管设计手册》是从磁控管工程设计的实际需要出发，总结了磁控管科研、生产、使用和教学等方面的经验而编写的。手册中对现有的磁控管设计资料进行了收集、整理和分析；对设计计算中所采用的公式、图表、曲线进行了验算核对；较为详细地介绍了磁控管的基本工作原理、总体设计考虑、零部件设计计算、结构设计、测试应用等各方面的内容。正文共分十四章。第一章简要地介绍了磁控管的发展及水平，提出了设计思想、总体设计方案考虑及发展动向。第二章简述了磁控管的基本工作原理。第三章到第九章，按照脉冲磁控管工程设计的一般过程，对互作用空间、谐振系统、能量输出器、阴极组件、磁路、调谐机构及冷却系统的设计计算进行了较详细的介绍。计算公式只给出结果，推导大多从略。各章末尾列有设计举例，以便尽快了解、掌握设计方法。第十、十一章为脉冲磁控管主要参数的冷测和热测，除介绍测试方法外，对常见的一些现象也作了初步分析。第十二、十三、十四章分别叙述连续波磁控管、同轴磁控管和电压调谐磁控管的设计。附录中列出了国外磁控管典型产品参数、常用材料的性能数据、某些计算公式的推导及常用单位换算等，以便查阅参考。

关于磁控管的制造工艺，没有专门叙述，只将某些特殊结构工艺分别在有关章节中介绍。

手册中如与部颁《脉冲磁控管总技术条件》、《脉冲磁控管测试方法》等标准有出入，则以部标为准。本手册不作为具体管型的考核标准。

在手册的设计计算中，采用 MKS 实用单位制。为了计算上的方便，结构尺寸的单位用厘米，谐振腔的等效电感、电容单位也用厘米，磁通密度的单位用高斯。有关插图中的结构尺寸单位为毫米。

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
§1.1 概述 .....	1
§1.2 磁控管的分类和性能 .....	1
§1.3 磁控管的设计考虑 .....	4
1.3.1 设计任务分析 .....	4
1.3.2 通常的设计考虑 .....	6
1.3.3 长寿命和高可靠问题的设计考虑 .....	8
§1.4 磁控管的发展与展望 .....	11
第二章 基本工作原理 .....	15
§2.1 概述 .....	15
§2.2 磁控管中电子和场相互作用的定性分析 .....	16
§2.3 磁控管的谐振系统 .....	20
§2.4 磁控管的阳极电压 .....	28
2.4.1 截止电压 .....	28
2.4.2 门槛电压 .....	29
2.4.3 工作电压与伏安特性曲线 .....	32
§2.5 磁控管的效率 .....	35
§2.6 磁控管的工作特性和负载特性 .....	38
2.6.1 工作特性 .....	38
2.6.2 负载特性 .....	39
第三章 相互作用空间的设计计算 .....	41
§3.1 概述 .....	41
§3.2 选择谐振腔数目 $N$ .....	42
§3.3 选择阴-阳极直径比 $\sigma$ .....	43
§3.4 确定阳极工作电压 $U_0$ .....	45
§3.5 确定电子效率 $\eta_0$ .....	46
§3.6 确定工作磁通密度 $B$ .....	47
§3.7 确定阳极直径 $d_a$ .....	51
§3.8 确定阴极直径 $d_k$ .....	52

§ 3.9	确定阳极工作电流 $I_a$ .....	52
§ 3.10	确定阴极工作电流密度 $J_K$ .....	53
§ 3.11	确定阴极的有效高度 $h_K$ .....	55
§ 3.12	确定阳极高度 $h_a$ .....	55
§ 3.13	选择阳极叶缝比 $\mu$ .....	56
§ 3.14	阳极电压的核算 .....	58
§ 3.15	电子效率的核算 .....	60
§ 3.16	模拟法 .....	62
§ 3.17	设计举例 .....	67
<b>第四章</b>	<b>谐振系统的设计计算</b> .....	<b>74</b>
§ 4.1	概述 .....	74
§ 4.2	谐振系统特性阻抗的选择 .....	77
§ 4.3	谐振系统结构尺寸的计算 .....	79
4.3.1	孔槽形谐振腔参数的计算 .....	82
4.3.2	扇形谐振腔参数的计算 .....	86
4.3.3	槽形谐振腔参数的计算 .....	89
4.3.4	扇槽形谐振腔参数的计算 .....	90
4.3.5	异形谐振腔参数的计算 .....	93
4.3.6	封闭式扇形异腔系统参数的计算 .....	96
§ 4.4	隔模带电容 $C_s$ 的计算 .....	97
4.4.1	孔槽形系统双端单环矩形截面隔模带电容 $C_s$ 的计算 .....	98
4.4.2	扇形系统双端单环矩形截面隔模带电容 $C_s$ 的计算 .....	99
4.4.3	孔槽形系统双端双环矩形截面隔模带电容 $C_s$ 的计算 .....	99
4.4.4	扇形系统双端双环矩形截面隔模带电容 $C_s$ 的计算 .....	100
4.4.5	孔槽形系统双端双环圆形截面隔模带电容 $C_s$ 的计算 .....	101
4.4.6	叶片中间穿孔隔模带电容 $C_s$ 的计算 .....	103
§ 4.5	模式分隔的计算 .....	104
4.5.1	频率分隔度 .....	104
4.5.2	电压分隔度 .....	108
§ 4.6	固有品质因数 $Q_0$ 的计算 .....	110
4.6.1	隔模带同腔谐振系统 $Q_0$ 的计算 .....	111
4.6.2	异腔谐振系统 $Q_0$ 的计算 .....	112
§ 4.7	外观品质因数 $Q_e$ 的计算 .....	113
§ 4.8	回路效率 $\eta_0$ 的计算 .....	114

§ 4.9	磁控管的电气强度 .....	115
§ 4.10	关于端部空间尺寸的影响 .....	116
§ 4.11	频率热漂移 .....	117
§ 4.12	设计举例 .....	118
<b>第五章</b>	<b>能量输出器的设计 .....</b>	<b>129</b>
§ 5.1	概述 .....	129
§ 5.2	同轴型阻抗变换器 .....	131
5.2.1	引入电阻的计算 .....	132
5.2.2	耦合环的设计计算 .....	135
5.2.3	同轴线阻抗变换段的设计 .....	137
5.2.4	大平均功率耦合环结构 .....	140
§ 5.3	同轴-波导型阻抗变换器 .....	140
5.3.1	柱形天线同轴-波导转换结构设计 .....	142
5.3.2	圆锥形天线同轴-波导转换结构设计 .....	143
5.3.3	门钮式同轴-波导转换结构设计 <sup>[24]</sup> .....	144
5.3.4	同轴线介质支撑的设计 .....	147
§ 5.4	波导型阻抗变换器 .....	148
5.4.1	阶梯式阻抗变换器 .....	148
5.4.2	工字形波导阻抗变换器 .....	149
§ 5.5	其它结构形式的阻抗变换器 .....	154
5.5.1	指数式阻抗变换器 .....	155
5.5.2	环形阻抗变换器 .....	157
5.5.3	工字形-圆弧复合阻抗变换器 .....	160
5.5.4	变态工字形阻抗变换器 .....	160
5.5.5	圆波导工字形阻抗变换器 .....	160
§ 5.6	输出窗的设计 .....	161
5.6.1	同轴型输出窗 .....	162
5.6.2	波导型输出窗 .....	166
5.6.3	输出窗的介质材料 .....	177
5.6.4	输出窗的热耗与冷却 .....	178
5.6.5	大功率输出窗损坏原因及解决措施 .....	184
§ 5.7	传输线击穿功率的核算 .....	184
§ 5.8	设计举例 .....	187

第六章 阴极及其组件的设计 .....	192
§ 6.1 概述 .....	192
§ 6.2 磁控管阴极的工作特点 .....	193
§ 6.3 磁控管常用阴极介绍 .....	194
6.3.1 普通氧化物阴极 .....	194
6.3.2 镍海绵阴极 .....	194
6.3.3 钨海绵阴极 .....	198
6.3.4 钽类阴极 .....	204
6.3.5 纯金属阴极 .....	207
6.3.6 碳化钽钨阴极 .....	207
§ 6.4 阴极及其引出结构 .....	211
6.4.1 阴极结构 .....	211
6.4.2 阴极引出结构 .....	214
§ 6.5 阴极加热功率的计算和热丝的设计 .....	217
6.5.1 阴极加热功率的计算 .....	217
6.5.2 热丝的设计 .....	221
第七章 磁路设计 .....	229
§ 7.1 概述 .....	229
§ 7.2 对磁路的基本要求 .....	230
§ 7.3 极靴形状和尺寸的考虑 .....	231
§ 7.4 常用磁钢的结构形式 .....	234
§ 7.5 永磁材料的选择 .....	236
§ 7.6 磁路设计 .....	237
§ 7.7 改善磁路性能的其他措施 .....	245
§ 7.8 设计举例 .....	245
第八章 调谐机构的设计 .....	249
§ 8.1 概述 .....	249
§ 8.2 一般的机械调谐 .....	251
8.2.1 电感调谐 .....	251
8.2.2 电容调谐 .....	265
8.2.3 叶片调谐 .....	268
8.2.4 外腔调谐 .....	271
§ 8.3 快速机械调谐 .....	277

8.3.1	液压调谐	278
8.3.2	旋转调谐	280
8.3.3	颤抖调谐	284
§ 8.4	机械微调	288
第九章	冷却系统的设计	291
§ 9.1	概述	291
§ 9.2	阳极温度的计算	294
9.2.1	连续波磁控管的阳极温度计算	294
9.2.2	脉冲磁控管的阳极温度计算	296
§ 9.3	阳极散热器的计算	297
9.3.1	计算公式的说明	298
9.3.2	计算举例	304
第十章	冷测	320
§ 10.1	概述	320
§ 10.2	谐振频率、品质因数及耦合度的测量	323
10.2.1	快速扫频法	323
10.2.2	测量线法	336
§ 10.3	场分布特性的测量	346
10.3.1	测场仪法	346
10.3.2	微扰法	350
§ 10.4	能量输出器特性的测量	351
10.4.1	输出窗频率特性的测量	351
10.4.2	同轴型能量输出器匹配的测量	353
10.4.3	阻抗变换器截止波长 $\lambda_c$ 的测量	356
10.4.4	阻抗变换器端部效应的测量	357
10.4.5	耦合环变换系数的测量	359
§ 10.5	谐振腔等效电容及特性阻抗的测量	361
§ 10.6	阴极腿泄漏功率的测量	363
第十一章	热测及常见现象分析	365
§ 11.1	概述	365
§ 11.2	基本电参数的测量	366
11.2.1	热丝电压 $U_f$ 与电流 $I_f$ 的测量	367
11.2.2	阳极脉冲电压 $U_a$ 的测量	367
11.2.3	振荡频率或调谐范围的测量	368



11.2.4	输出功率的测量	369
11.2.5	频率牵引 $\Delta f_{OL}$ 的测量	370
11.2.6	频率温度系数 $\Delta f_{OT}$ 的测量	371
11.2.7	电子频移 $\frac{df}{dI_{aM}}$ 的测量	371
11.2.8	频率可重调性 $df$ 的测量	372
11.2.9	脉冲特性的测量	373
11.2.10	脉冲前沿抖动的测量	375
§ 11.3	基本特性的测量	376
11.3.1	工作特性的测量	377
11.3.2	负载特性的测量	380
11.3.3	调谐特性的测量	383
11.3.4	加热特性的测量	385
§ 11.4	常用调制器和调制脉冲特性	386
11.4.1	磁控管常用的两类调制器	386
11.4.2	调制脉冲特性及其对磁控管性能的影响	387
§ 11.5	频谱的测量与分析	391
11.5.1	频谱的概述	391
11.5.2	频谱的测量	395
11.5.3	热测中常见的频谱形状与初步分析	396
§ 11.6	工作稳定性的测量与分析	401
11.6.1	工作稳定性的定性检查	401
11.6.2	打火及漏脉冲测量	403
11.6.3	磁控管寄生振荡的测量	404
11.6.4	打火原因的分析	405
<b>第十二章</b>	<b>连续波磁控管的设计</b>	<b>408</b>
§ 12.1	概述	408
§ 12.2	使用特点及设计要求	410
§ 12.3	互作用空间及谐振腔的计算	414
12.3.1	谐振腔类型的选择	414
12.3.2	谐振腔数目 $N$ 的选择	414
12.3.3	阴-阳极直径比 $\sigma$ 的选择	415
12.3.4	确定峰值阳极电压 $\hat{U}_a$	415
12.3.5	确定管子的总效率及电子效率	416
12.3.6	磁通密度 $B$ 的确定	416

12.3.7	确定阳极直径 $d_a$ .....	417
12.3.8	确定阴极直径 $d_K$ .....	418
12.3.9	确定阳极高度 $h_a$ .....	418
12.3.10	确定阴极高度 $h_K$ .....	418
12.3.11	确定直热式螺旋形阴极结构并核算阴极发射电流密度 .....	418
12.3.12	初步确定叶缝比 $\mu$ 和扇槽形腔的叶片根部宽度 $\tau'_a$ .....	421
12.3.13	特性阻抗的计算 .....	421
12.3.14	选定隔模带结构及隔模带电容 $C_s$ 与谐振腔总电容 $C_\Sigma$ 之比 $\frac{C_s}{C_\Sigma}$ .....	422
12.3.15	确定谐振腔直径 $D_a$ .....	423
12.3.16	确定隔模带尺寸 .....	424
12.3.17	计算模式分隔和固有品质因数 $Q_0$ , 校验电气强度 .....	424
§ 12.4	能量输出器的设计 .....	424
§ 12.5	阴极的设计 .....	433
12.5.1	阴极类型及结构的选择 .....	433
12.5.2	加热电流及电压的计算 .....	434
12.5.3	屏蔽帽 .....	435
12.5.4	阴极结构 .....	438
§ 12.6	设计举例 .....	438
第十三章	同轴磁控管的设计 .....	452
§ 13.1	概述 .....	452
§ 13.2	内腔设计计算 .....	456
13.2.1	无缝内腔 $\pi$ 模谐振频率 $f_i$ 的选择 .....	456
13.2.2	内腔参数的计算 .....	458
§ 13.3	外腔设计计算 .....	460
13.3.1	同轴谐振腔电磁场方程的解 .....	460
13.3.2	外腔有关尺寸的计算 .....	467
13.3.3	调谐活塞设计 .....	472
13.3.4	频温系数的计算 .....	473
§ 13.4	内外腔耦合隙缝的设计 .....	474
§ 13.5	引入阻抗 $R_{in}$ 的计算 .....	476
§ 13.6	冷测 .....	477
13.6.1	模谱和调谐行程的测量 .....	477
13.6.2	储能比 $\alpha$ 的测量 .....	478

§ 13.7	结构工艺及特殊材料 .....	482
§ 13.8	设计举例 .....	486
第十四章	电压调谐磁控管的设计 .....	500
§ 14.1	概述 .....	500
§ 14.2	基本工作原理 .....	502
§ 14.3	阳极组件的设计 .....	509
14.3.1	相互作用空间的设计 .....	509
14.3.2	阳极结构其它尺寸的选择和等效电容的计算 .....	515
§ 14.4	外回路和输出耦合结构的设计 .....	519
14.4.1	几种常用的外回路 .....	520
14.4.2	输出耦合的考虑 .....	524
§ 14.5	电子注入系统的设计 .....	525
14.5.1	电子流的注入方法 .....	525
14.5.2	注入系统的设计 .....	527
§ 14.6	电调管的特性 .....	529
§ 14.7	电调管的冷测 .....	532
§ 14.8	电调管的热测 .....	533
§ 14.9	电调管的有关工艺 .....	539
§ 14.10	设计举例 .....	545
附录一	常用物理常数和单位换算 .....	550
附录二	主要电工量及其单位 .....	551
附录三	美国雷达频段划分及代号 .....	552
附录四	分贝与电压、功率的关系 .....	553
附录五	常用谐振腔的输入导纳和等效电容的计算公式 .....	554
附录六	传输线方程一览表 .....	560
附录七	常用同轴线参数表 .....	561
附录八	矩形波导尺寸 .....	562
附录九	同轴腔特征方程根值表 .....	563
附录十	真空器件中常用焊料性能表 .....	565
附录十一	某些焊料的蒸气压 .....	569
附录十二	国外典型的普通磁控管电参数表 .....	570
附录十三	国外典型的信标磁控管电参数表 .....	572

附录十四	国外典型的微波加热连续波磁控管电参数表 .....	574
附录十五	国外典型的非加热用连续波磁控管电参数表 .....	575
附录十六	国外典型的脉冲同轴磁控管电参数表 .....	576
附录十七	国外典型的频率捷变同轴磁控管电参数表 .....	580
附录十八	国外典型的电压调谐磁控管电参数表 .....	581

# 第一章 绪 论

## § 1.1 概 述

磁控管是一种重入式谐振型正交场振荡器，是微波技术中的一种高功率源。它最主要的特点是效率高和低工作电压，其次是由于结构简单而带来的体积小、重量轻、使用方便、工作可靠和成本低等特点。现在磁控管不仅用于军事上，而且在工业、农业、医疗卫生等方面也获得了广泛的应用。

我国磁控管的试制工作开始于1956年，尤其从无产阶级文化大革命以来，发展更加迅速。目前磁控管已成为我国微波电子管生产中，品种较多，数量较大，应用较为普遍的管型之一。

磁控管的工作机理比较复杂，在设计过程中，需要经过调查研究，提出设计方案，进行设计计算，试制实践，然后再修改设计，经过多次的实践，才能得到预想的结果。

设计磁控管应从实际出发，全面考虑管子的性能、结构、工艺、材料和使用等方面的具体情况，既要技术先进，又要经济上合理。在性能上满足使用要求的前提下，管子结构应确保牢固可靠，简单紧凑，易于加工。要采用新技术、新工艺。选用材料应合理可靠，立足于国内，降低产品成本。在整个设计过程中，要考虑设计系列化、标准化、通用化，不断缩短研制周期，提高产品质量。

## § 1.2 磁控管的分类和性能

磁控管的品种繁多，按工作状态可分为脉冲磁控管和连续波磁控管。脉冲磁控管主要用于各种雷达、导航设备、信标发射机等，而连续波磁控管主要用于微波加热、理疗等方面。按频率是否可调，可分为固定频率磁控管和频率可调磁控管。频率可调磁控

管按工作原理、结构特点又可分为一般机械调谐磁控管、快速调谐磁控管和同轴、反同轴磁控管。至于电压调谐磁控管，在原理上、结构上都与一般磁控管有很大区别，可自成一类。毫米波段的磁控管在结构上与普通磁控管及同轴、反同轴磁控管并无原则区别。下面讨论几种主要的磁控管类型。

### 一、普通磁控管

普通脉冲磁控管在全部磁控管中占很大的比重，其主要性能范围如下：

- (1) 脉冲功率——从几十瓦到十兆瓦。
- (2) 工作频率——从 250 兆赫到 120 千兆赫以上，即相当于工作波长从 1.2 米到 2.5 毫米以下。
- (3) 效率——高达 70% 左右。
- (4) 调谐范围——采用机械调谐一般为 3~12%。
- (5) 脉冲宽度——从 0.004 微秒到几十微秒。
- (6) 寿命——从几百到几万小时。

现有脉冲磁控管的阳极工作电压为 500 伏到 75 千伏。脉冲电流一般为几百毫安到几百安。工作磁通密度为几百高斯到 7~8 千高斯，在毫米波段可达 2 万高斯以上。

### 二、同轴磁控管和反同轴磁控管

同轴磁控管是在普通脉冲磁控管的基础上加以改进演变而来的，它除了具有与普通磁控管相类似的腔体作为内腔外，还有一个同轴外腔，改变同轴外腔的高度，可以达到调谐频率的目的。反同轴磁控管则是将同轴磁控管内外腔的相对位置互换，即阴极在外，阳极在内。

同轴与反同轴磁控管较好地解决了普通磁控管中效率与工作稳定性之间的矛盾，使得磁控管在性能上产生了一次飞跃。与普通磁控管相比，其优点是输出功率大、效率高、调谐范围较宽、频率稳定性好（频率牵引系数和电子频移系数约小 3~10 倍）。并且由于相互作用空间的高频场弱，打火几率减少，加之阴极负荷轻，从而延长了管子的寿命。同轴和反同轴磁控管，虽造价较高，但寿命

长, 每小时的平均费用还是较低的。

目前, 同轴磁控管国外的生产水平是, 输出功率在 S 波段达 3 兆瓦、X 波段达 1.4 兆瓦。

由于同轴和反同轴磁控管体积大, 因此适宜在 S 波段以下运用。反同轴磁控管由于阴极面积大, 可以工作在更高频率, 但因它的结构和输出装置都比较复杂, 所以没有得到广泛的应用。同轴磁控管主要用于抗干扰性能强的新型雷达及对飞行器轨迹的精密测量雷达上。

### 三、连续波磁控管

连续波磁控管早期用于电子对抗。六十年代以来, 微波加热在工、农业生产, 理疗以及日常生活上的广泛应用, 为连续波磁控管的生产展示了宽广的前景。

微波加热用的连续波磁控管一般可分为三类:

- (1) 300 瓦以下的供理疗用;
- (2) 400~1000 瓦的供微波炉作烹饪用;
- (3) 1000 瓦以上供工、农业使用。

为了避免对通信、雷达、导航等信号的干扰, 规定了微波加热用的频率, 现在最常用的是 915( $\pm 25$ )兆赫和 2450( $\pm 50$ )兆赫, 已达到的最大输出功率, 在 915 兆赫方面实验室水平为 100 千瓦, 生产水平为 30 千瓦, 效率在 80% 以上。在 2450 兆赫方面, 实验室水平为 25 千瓦, 生产水平为 10 千瓦, 效率超过 70%。

### 四、电压调谐磁控管

电压调谐磁控管(简称电调管)是一种改变阳极电压得到频率变化的宽频带振荡器件, 其特点是, 采用注入电子注、交叉指形阳极和在重负载下运用, 即具有低的品质因数。它是利用普通磁控管中的电子频移效应来实现频率调谐的。

电调管的优点是, 调谐速度快、线性度好、调谐范围宽(毫瓦到瓦级的约为 2:1~3:1, 10 瓦级的约为 30~50%, 而百瓦级的约为 10~40%)、重量轻、效率高及体积小。大功率电谐管目前已达到的水平是: S 波段输出功率为 500 瓦, C 波段为 200 瓦, X 波段为

150 瓦。

电调管主要用于电子对抗、通信和遥测、港口和机场的导航，以及扫频信号源。

## § 1.3 磁控管的设计考虑

### 1.3.1 设计任务分析

按照磁控管各种应用的具体要求，可以初步明确设计磁控管时所需要的一些原始数据，而这些数据通常是由技术条件规定的，主要包括下列各项：

- (1) 振荡中心频率  $f_0$  及调谐范围；
- (2) 输出功率  $P_0$ ；
- (3) 脉冲宽度  $\tau$  和工作比  $D_u$ ；
- (4) 频率稳定性(频率推出系数、频率牵引系数、频率温度系数、漏脉冲及频谱宽度等)；
- (5) 寿命；
- (6) 阳极电压  $U_a$ ；
- (7) 磁通密度  $B$  及磁钢结构方面的要求；
- (8) 总效率  $\eta$ ；
- (9) 热丝电压  $U_f$  或加热功率  $P_f$ ；
- (10) 外部传输线结构及尺寸；
- (11) 重量与体积；
- (12) 机械结构性能方面的要求(耐冲击、振动、加速度等)；
- (13) 使用环境条件等方面的要求(温度、湿度、气压及冷却方式等)；
- (14) 阴极预热时间的要求。

对机械调谐磁控管还有调谐速率、频率可重调性和整个频带内允许的功率波动等要求。对电压调谐磁控管还有调谐线性度要求。

以上各项数据和要求并不是对每个管子都重要。一般来说，



振荡频率、调谐范围、阳极电压、输出功率、脉冲宽度、工作比是最基本的电参量。对非包装式磁控管一般给出磁通密度 $B$ 值,对于包装式磁控管,一般给出磁钢结构与重量方面的要求。脉冲宽度和工作比只适用于脉冲磁控管。

实际应用中,有些场合要求雷达轻而小,这就要求磁控管体积小、重量轻、效率高和工作电压低。用在机载雷达中的磁控管,对这些要求就更严格。

为了提高雷达的抗干扰能力,要求磁控管不仅输出功率大,而且能在宽的频带范围内快速调变频率。

对于应用在宇宙飞行中的磁控管,还要求它能耐飞行中的高加速度、高振动、高冲击以及耐高温、耐辐射。

在无线电信标或动目标显示雷达及精密测量雷达中(如利用多普勒效应测速)用的磁控管,对频率稳定性要求高,对脉冲前沿抖动和漏脉冲数要求小。

对于加热用的连续波磁控管,在频率稳定性方面要求不高,一些更为突出的要求为:工作电压尽可能低,抗负载变化能力强,效率高(至少在50%以上),输出功率大,供电电源简单,寿命长,结构简单,价格便宜,微波功率泄漏小等。

显然,对各项技术指标和要求往往是难以全部同时满足的。在许多情况下,一些要求是互相牵制的。如要求高的效率和低的阳极电压之间的矛盾,高的频率稳定性和高的输出功率、高的效率之间的矛盾,高的输出功率和宽的调谐范围之间的矛盾等等。所以必须针对具体情况抓住主要矛盾,正确处理每个参数之间的关系,以便得出最佳设计方案。有关设计任务的分析举例如下:

**高功率磁控管** 除了要求高的效率外,散热问题也比较突出,阴极回轰大,易产生高频打火,高频泄漏也较大。在设计时对叶片及管壳温度要仔细核算,以免超过规定值。通常作用空间的高频场应选取弱一些,避免打火,而且有利于提高电子效率。阴极应能耐轰击,耐高温,设计时应仔细考虑阴极的散热及能量泄漏问题。对能量输出器结构,也要注意散热、防止打火,耦合适当紧一些,以