

高等学校教学用书

无线电发送设备

WUXIANDIAN FASONG SHEBEI

上册

钱篤治 编

264

人民教育出版社

高等学校教学用书



无 綫 电 发 送 設 备

WUXIANDIAN FASONG SHEBEI

上 册

錢 篤 治 編

人 民 教 育 出 版 社

无线电发送设备

上册

钱 篤 治 編

人民教育出版社出版 高等学校教学用书编辑组
北京宣武门外大街恩寺7号

(北京市书刊出版业营业许可出字第2号)

人民教育印刷厂印装

新华书店科技发行所发行

各地新华书店经售

统一书号 15010·1083 开本 787×1092³/₁₆ 印张 21

字数 431,000 印数 0001—4,600 定价(7) 2.00

1961年9月第1版 1961年9月北京第1次印刷

上册目录

緒論	1
第一章 发射电子管的特点及其折綫分析法基础	9
1.1 发射电子管的静态特点与类型	9
1.2 发射电子管的阴极	13
1.3 发射电子管的极限参量	16
1.4 发射电子管的額定輸出功率	19
1.5 发射电子管的静态特性曲綫与計算参量	20
1.6 折綫分析法基础	25
第二章 高频功率放大器	36
2.1 基本原理	36
2.2 电子管工作状态的理論分析	43
2.3 理想化工作状态与实际工作状态的比較	58
2.4 工作状态与負載的依从关系	63
2.5 高频功率放大器的設計	67
2.6 倍頻器	76
第三章 高频功率放大器綫路	80
3.1 放大器的饋电綫路	80
3.2 板极輸出回路	87
3.3 級間耦合綫路	100
3.4 电子管的并联与推挽运用	107
3.5 放大器的調諧与調整	114
3.6 中和	117
3.7 共栅极綫路	130
第四章 自激振蕩器	137
4.1 自激振蕩器的原理	137
4.2 振蕩頻率穩定的原理	147
4.3 頻率不穩定因素及穩頻方法	155
4.4 自激振蕩器綫路	164
4.5 石英晶体振蕩器	183
4.6 自激振蕩器的設計与計算	197
4.7 頻率拖曳現象	208
4.8 寄生振蕩	215
第五章 調幅	223
5.1 調幅的一般問題	223
5.2 栅偏压調幅	229
5.3 已調波放大	237
5.4 板极調幅	241
5.5 自动板調	250
5.6 四、五极管的調幅	255
5.7 单边带发送	257
5.8 調幅发射机的失真和减小失真的方法	266

5.9 电报工作.....	270
第六章 調頻	275
6.1 基本原理.....	275
6.2 直接調頻法和电抗管綫路.....	278
6.3 电抗管調頻的质量分析.....	284
6.4 提高电抗管調頻器頻穩度的方法.....	291
6.5 电抗管調頻器的設計.....	293
6.6 間接調頻法.....	295
6.7 調頻电报.....	302
第七章 发射机的結構与設計	305
7.1 发射机的技术指标.....	305
7.2 发射机的結構.....	305
7.3 发射机的附属設備.....	308
7.4 发射机的設計.....	312
7.5 結語.....	321
参考文献	323
附录: A II. 貝尔格表	324

緒 論

自从1895年5月7日偉大的俄罗斯科学家 A. C. 波波夫第一次在世界上表现了无线电的工作, 又于次年3月24日在俄罗斯物理化学学会时公开表演了无线电报以来, 六十余年間无线电事业的发展非常迅速。目前不仅在地面上、海洋上、高空中、深海中进行着无线电通訊、无线电定位、以及无线电遙远控制。而且由于苏联于今年4月12日首次在人类史上实现人类进入宇宙空間的航行, 无线电通訊事业已发展到星际空間。

1. 无线电发送设备簡史

正如整个无线电技术一样, 无线电发送设备的理論研究与制造技术亦随同发展起来。无线电发送设备是用来产生高频振荡电能, 从天綫发射出去, 以便接收机收听。为要傳遞訊息, 发送设备所发出的振荡电能, 必須作某些量的变化, 才能使接收机辨别出来。

波波夫发明的第一架无线电发送设备示于图0-1中, 它包含这些主要部分: (1) 蓄电池电源, (2) 电磁振动开关, (3) 升压变压器, (4) 接在变压器次級綫圈中的放电火花隙, 以及 (5) 与火花隙并联的天綫。除了这些部件之外, 还在变压器初級綫圈与电源串联的电路中接入一只电报键, 以发送电碼。

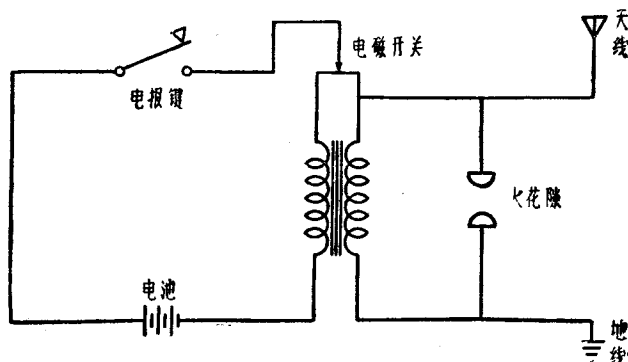


图0-1. 全世界第一部电报发射机, 苏联 A. C. 波波夫发明。

这一綫路的工作原理如下: 当电报键按下之后, 电磁振动开关迅速地将变压器初級綫圈接通与断开, 因而在次級綫圈中感应高电压脉冲。当每个脉冲开始时, 高压电能把天綫电容充电, 而儲积为靜电场能。直到跨火花隙中的电场太强时, 火花隙被击穿, 而将天綫放电。这时火花隙中的电阻降到很低, 把由天綫所組成的振荡回路接通。因此在天綫回路中产生了高频衰减自由振荡电流。这些振荡电流具有脉冲包迹, 每次振动开关断开时, 产生一次脉冲振荡电流。这些脉冲具有振动开关的頻率重复着, 因此在电报键按下的全部時間内, 天綫幅射出一連串脉冲式的电磁波。当电报键松开时, 沒有电磁波发出, 即代表着电碼中的休止符号。

可以注意, 波波夫的这第一部发射机早已采用了:

- (1) 超短波发送, 与
- (2) 脉冲工作

这些特点都在有些最新发射机中广泛地被采用着。

在二十世紀初,与依靠一系列很快衰减的高頻脉冲而工作的火花式发射机发展的同时,出現了工作在非衰减波的連續振蕩的电弧式发射机和高頻发电机。它們适用于大功率和极长波长上工作,在1917—1919年間达到了相当完善的程度,开始应用于远距离的电报通信。

由于1906年出現了可作放大、振蕩与調制的三极电子管,在第一次世界大战期間(1914—1918),开始利用电子管制成了小功率的单級无綫电发射机,1919—1920年苏联M. A. 蓬奇勃魯也維奇首先制成了用电子管的无綫电话发射机。当时为了提高发射机的功率,在很多国家中进行了对大功率电子管的研制工作。M. A. 蓬奇勃魯也維奇在制造大功率振蕩管方面具有特出的貢獻。他在1923年第一个制出了35千瓦的大功率水冷电子管;又在1925年制成了100千瓦的大功率水冷电子管。

20年代中,由于电子管发射机可以实现高質量語言傳送的幅度調制,这就促使无綫电广播事业的蓬勃发展,开始是用长波和中波的,而后进入了短波工作。1928年苏联在A. И. 閱茲的领导下开始在莫斯科建設命名为“共产国际”的100千瓦广播电台;至1933年于莫斯科建成了500千瓦的广播电台。在卫国战争时期,苏联又建成了1,200千瓦的巨型无綫电广播电台。这些电台都是当时世界上最强力的电台。

在20年代末和30年代初,在很多国家里加强了提高发射机頻率穩定度的研究工作。这个問題是和短波的掌握,电台数目的迅速增加有着密切的关系。晶体振蕩器的研究和应用就是这方面的巨大成就。同时还研究出了提高具有振蕩回路的自激振蕩器頻率穩定度的許多方法。

在发射技术发展的同时,还对电子管发射机的理論和計算方法进行了研究和探討。其中如苏联的A. И. 貝尔格在1932年发表的折綫法及其計算图表,为发送設備振蕩与調制方面的設計計算,提供了完整的簡便的一套計算方法。

在30年代末,超高頻振蕩器的研究,得到了广泛的发展。起初是米波,然后进入了分米波和厘米波。这些新波段的掌握,是与无綫电发射机在电视、雷达、导航和无綫电中繼通訊等方面的应用相伴出現的。这时,使无綫电发送設備的技术和理論发生了根本性的变化。出現了各种新型的振蕩系統(短波长綫,空腔諧振器等),制出了适用于米波段和分米波段工作的超高頻三、四极管。

1932年苏联在實驗室中制造了基于控制电子束的速度的工作的速調管。于1939年才出現了能够产生分米波和厘米波的速調管振蕩器。在1940—1941年間,苏联又首次制成了工作于厘米波段的反射速調管。在30年代中,苏联在M. A. 蓬奇勃魯也維奇的领导下,由H. Ф. 阿列克謝也夫和Д. Е. 馬耶洛夫制成了第一个高效率的厘米波多腔磁控管。

与发展超高頻振蕩的同时,还掌握了一些新的調制方法。其中特別值得提出的是調頻和調相的发展。不久之后,还出現了发射探测脉冲的脉冲方法和发射矩形訊号的各种脉冲調制。

随着速調管的改进,出現了大功率的双腔与三腔速調管。1946年制成了用电子束和慢波进行連續相互作用的微波电子管——行波管,它的主要优点是頻帶很寬。而目前对行波

管的研究工作是在于如何提高它的功率和效率。近来还出現一种新型的行波管,即返波管。用返波管做成的微波自激振荡器,可以依靠改变它的电压在很寬的範圍內改变其振荡頻率。

在振荡和放大的技术中,半导体放大器和振荡器具有寬闊的前途。几年以前,它們只能用于低頻弱信号的場合,可是目前已經增大了它們的輸出功率和工作頻率。可以相信,由于今后半导体技术的繼續发展,将会使无綫电发送設備获得一种新型的重要器件。

2. 无綫电发送設備的分类

无綫电发送設備的目的已很明了,是用来傳遞訊息。由于所要傳遞訊息內容的不同,傳遞有远有近,因此要求发射机具有不同的調制方式、輸出功率、以及不同的工作頻率。从这一观点来看,发射机的分类應該首先从用途来进行分类。当然也可按照工作頻率、輸出功率,以及发射机的安装地点来分类。

現在先按发射机的用途来分类如下:

(1) 电报发射机 目前作远距离^①通訊用的无綫电发报机都工作于短波波段。傳送电碼的方法可用幅度鍵控或頻率鍵控。前者又可分为等幅波傳播或調幅波傳播。調幅波发送方式只有在小功率发射机中采用,而作近距离通訊之用。等幅波发送方式直到最近为止是远距离大功率无綫电报通訊的标准方式。由于調頻波的抗干扰性强,近年来远距离大功率电报发射机大多数已采用頻率鍵控,称为移頻电报。因此发报速度大为提高,可以采用快速度的电傳发报机来发送电碼,每分鐘可发送几百个字碼。远距离电报发送机的功率約从几千瓦到几十千瓦。近距离則为几百瓦。

(2) 电话发射机 目前作远距离电话通訊用的无綫电发射机也都工作于短波频段。实际上这些发射机都是报話两用式,借开关的换接可以发报或发話。电话发射机的調制音頻寬度可以比广播发射机的窄些,因为在通話两端通常都經過市内电话局在使用者住处所装設的电话机,而它們的音頻寬度一般在200~3500赫范围的緣故。

(3) 广播发射机 广播发射机目前主要在三个波段中应用;(a)中波,在535~1605千赫範圍內,(b)短波在从3900~26100千赫範圍內的9个窄频段中,以及(c)超短波在645~730兆赫範圍內。在中波与短波广播中采用幅度調制,調制音頻范围在中波約为30~10000赫,在短波約为50~8000赫。超短波广播采用頻率調制,調制音頻范围約为30~15000赫。中波与短波广播一般采用大功率发射机,功率約为100~300千瓦,并且时常采用若干同型号发射的并机工作,以增加功率輸出。調頻发射机的功率約为1~50千瓦。

(4) 电视发射机 电视发射机通常包含两部发射机,一为发送图象、一为发送声音。前者称为图象发射机,后者称为伴音发射机。图象发射机采用幅度調制,伴音发射机則为頻率調制。电视在下面三个連續波段中使用,(甲)48.5~56.5兆赫,(乙)58~100兆赫,(丙)174~230兆赫。每个电视訊道寬度为8兆赫,图象調制頻率范围为0~6兆赫。电视发射机

^① 由于电报傳播的特点,通常以400公里以下作近距离,400公里以上为远距离。

的功率約为几百瓦到几十千瓦。

(5)雷达发射机 雷达发射机的用途很广。目前不仅在軍事方面作为偵察目标之用,在民航方面可作为飞机与船舶的导航之用。在气象与天文方面可作为高空中云雨观察以及宇宙間天体的发现之用。雷达发射机一般采用脉冲工作方式。脉冲功率从几百千瓦到几十兆瓦。使用頻率从米波段到厘米(甚至毫米)波段。

(6)多路通訊发射机 利用一个高频訊道,来同时傳遞几十路几百路乃至几千路的电话或其他待測訊号,目前应用得最广泛的有二种型式,即时分多路通訊和頻分多路通訊,这种发射机具有比較寬闊的調制頻帶,工作頻率視其性質不同,可以分別工作在米波,分米波以至厘米波波段。

发射机也可按照輸出功率的大小而分为:

(1)小型发射机 通常輸出功率在 100 瓦以下者属于这一类。它們大都是可移动式,以便在汽車或卡車內裝用。其最小者如所謂“步談机”,可由一人攜帶而使用。

(2)中型发射机 輸出功率在 100 瓦到 3 千瓦范围者,属于这一类型。它們大都是作近距离报話通訊,小規模电视或声音广播之用。

(3)大型发射机 輸出功率在 3 千瓦到 100 千瓦范围之内者属于这一类型。它們大都是作为远距离报話通訊,大規模电视与声音广播之用。

(4)特大型发射机 功率在 100 千瓦以上到 1000 千瓦者属于这一类型。它們大都作为短波与长波远距离声音广播,以及某些长波特殊用途。

按工作波段可以把无线电发送設備作如下的分类:

- (1)长波发射机 工作波长大于 2000 米者;
- (2)中波发射机 工作波长在 200~2000 米之間者;
- (3)中間波发射机 工作波长在 50~200 米之間者;
- (4)短波发射机 工作波长在 10~100 米之間者;
- (5)米波发射机 工作波长在 1~10 米之間者;
- (6)分米波发射机 工作波长在 1~10 分米之間者;
- (7)厘米波发射机 工作波长在 1~10 厘米之間者;
- (8)毫米波发射机 工作波长在 1~10 毫米之間者。

发射机也可按照安装地点来分类为:

(1)固定发射机 一般都是大功率发射机。发射机本身占用很大房屋面积。其附属的天綫設備,饋綫系統,电源变电站,水冷系統的噴水池等又占广大地面。所以必須是固定裝置。

(2)空用发射机 通常是中小型报話通訊发射机,或者为空用而設計的厘米波雷达系統。

(3)船艙发射机 通常也是中小型报話通訊发射机,以及船用的分米波与厘米波雷达系統。

(4) 汽車发射机 通常是小型发射机, 用来与固定电台通訊, 例如森林区的保卫工作, 或市区公安車輛与公安局聯絡之用。

(5) 攜帶式发射机 这是最小型发射机。它时常与接收机共同安装在一只小匣內, 連同干电池电源, 以便在行进之中可与固定或另一移动的电台通訊。

另一方面, 我們也可将整个无綫电頻率范围分成两大类: 1) 即通常称之为长、中、短波的高頻頻段, 和 2) 从米波到毫米波的超高频頻段。但是必須指出, 两者之間的界限却不是那么精确和肯定的。

发射机的工作波段, 对于它的結構和产生在发射机中的振荡以及調制过程的特性, 都有严重的影响。

在高频(长、中、短波)的领域中, 可以利用这样的三、四、五极管来作为发射机的振荡管, 在这些电子管中, 电子从阴极飞到其他各电极的飞越时间, 是远小于振荡周期的。同时总是利用由电感綫圈和电容器組成的回路, 作为发射机高频振荡的电磁系統。

可是在超高频领域中, 极大部分都采用管内电子飞越时间接近或超过振荡周期的电子管, 作为发射机的振荡管。其中, 除了特殊結構的超高频三、四极管外, 經常采用的还有: 速調管, 磁控管, 引波管和其他一些管子。这时作为振荡系統的是双綫傳輸綫(短路长綫), 环型和同軸式閉路振子(空腔諧振器)。在极短波段中, 有时还利用各种結構特殊的慢波系統。超高频振荡器的突出特点, 就是电子器件和电磁振荡系統, 随着工作頻率的提高而越来越明显地合而为一。

从調制设备方面看, 长、中、短波发射机和超高频发射机之間也有很大的区别。前者主要是用作电报鍵控和調幅電話; 而后者采用着各种脉冲調制。

3. 发射机的技术指标

由于每种发射机都具有一定用途, 即是說要在某些条件下完成通訊任务。那末发射机必須具备某些一定技术性能, 使所发射出去的无綫电波能够克服某些自然与人为的困难, 而被接收机滿意地收到。这些技术性能就称为发射机的技术指标。这些技术指标主要在两个方面表現出来: 1) 电气方面, 与 2) 使用方面。

現在先将电气方面的主要技术指标提出如下:

- (1) 輸出功率;
- (2) 波长或波段;
- (3) 訊号类型;
- (4) 頻率穩定度和准确度;
- (5) 諧波輻射量;
- (6) 发射机的負載阻抗;
- (7) 电源供給方式;
- (8) 发射机总效率。

使用方面的重要技术指标可以提出如下:

- (1) 使用的安全与可靠性;
- (2) 調諧与調整的便利性;
- (3) 檢修与掉換部件的方便性;
- (4) 裝拆与携带的方便性;
- (5) 重量与尺寸;
- (6) 对于不同气候, 温度, 湿度, 以及大气压力的适应性。

現在再对于以上各項指标加以概要的說明如下:

首先討論电气指标:

(1) 发射机的輸出功率为达到远距离(通訊)或广大面积(广播)所必要的。由于电波在空中傳播时所受到的衰耗随波长的不同而各异, 通常长波与中波需要功率大, 短波需要功率小。

(2) 虽然目前对于各种用途的发射机的波长或波段的选择已很明确, 而通常是由国家邮电部門所指定。但它們的选择观点也該追溯到电波在空中的傳播特性。通常远距离用长波与短波, 近距离用中波与超短波。

(3) 訊号类型是指載波的調制方式, 例如发送电报或电话, 广播或电视, 調幅波或調頻波, 連續波或脉冲波等等。

(4) 頻率穩定度与准确度关系到无綫电頻譜的充分利用与否, 因为每一类型的訊号电波必須具有一定頻帶寬度。如果发射机的載波頻率准确而且穩定(附带条件, 不产生过調制), 那末每一訊道的寬度只須等于所傳訊号的頻帶寬度, 因而无綫电頻譜得到充分利用。但若发射机的載波頻率不准确或不穩定, 必然干扰上下两邻訊道的通訊。所以发射机的載波頻率必須滿足一定穩定度的国际技术指标(見第四章)。

(5) 由于无綫电頻譜目前在全世界范围内广泛地被应用着, 每一頻率都有无綫电台在使用。因此, 如果某一无綫电台不將它的諧頻能量抑制而从天綫輻射出去, 將干扰那些工作于这一电台載波頻率的諧頻上的无綫电台。所以发射机必須抑制諧波輸出, 以符合于国际技术指标。(見第三章)

(6) 发射机的負載阻抗必須明确規定, 以便使用者可以設計或选配相应的天綫以及饋电綫来合理使用。

(7) 发射机的电源供給方式亦应明白規定, 以便使用者能从电力厂得到合适的电力供应或者选配相应的电池組。

(8) 发射机的总效率是一个有关經濟的技术指标。总效率高, 可以节省电力, 对于节省国家資材是有重要意义的。

現在繼續討論使用上的指标:

(1) 发射机必須能够安全使用。这“安全”两字的意义包括对工作人員的人身安全, 以及对发射机的各部分的工作安全。这一保安任务在发射机的設計与制造中是由保安与控制电

路来保证的。除了采用保安与控制电路来保证发射机的安全工作外,零件的耐压与耐流强度高,机械结构的坚固与耐震,都是为提高发射机的可靠性的重要因素。

(2)在短波发射机使用时,经常需要调换波长。所以短波发射机一般是波段发射机。因此对于换波长时各级回路的调谐与电子管工作状态的调整都希望快速而准确。所以调谐与调整的便利性是发射机的一个重要使用指标。

(3)检修与掉换部件的方便性关系到发射机的使用寿命。如果检修与掉换部件方便,则维护便利而可以保养优良,可以延长发射机的有效使用时期。

(4)对于移动电台来讲,装拆与携带的方便性也是发射机的一个重要使用指标。

(5)显然,发射机的重量与尺寸也是使用与经济上的一个重要指标。它们对于移动电台,更为重要,因为必须考虑装载它们的车或船的载重量与空间位置。

(6)如果发射机必须在热带或沿海地区工作,那里的温度高,湿度大,发射机的主要部分必须密封,零件表面以及连接导线等都必须涂敷防潮剂以资保护。对于高空工作的发射机,必须保护零件,勿使受到大气压力的降低而改变性能。

以上所提出的各项指标,都是一般发射机所应共有的。特殊用途的特殊指标,将不胜枚举。我们将在第七章举例提出可以作为设计其他用途发射机时的参考。

4. 无线电发射机的方块图

现在以短波通讯调幅发射机为例,来说明无线电发射机的主要组成部分。通讯发射机为满足频率稳定度与输出功率的主要指标,通常具有多级结构,其方块图如图 0-2 所示。这种发射机可以分为高频、音频、整流三个部分。发射机的高频部分是用晶振、缓冲、倍频、以及功率放大四个方块来代表。音频部分用音放与调幅两个方块来代表。各级所需的直流电源由三个整流器分别供给。

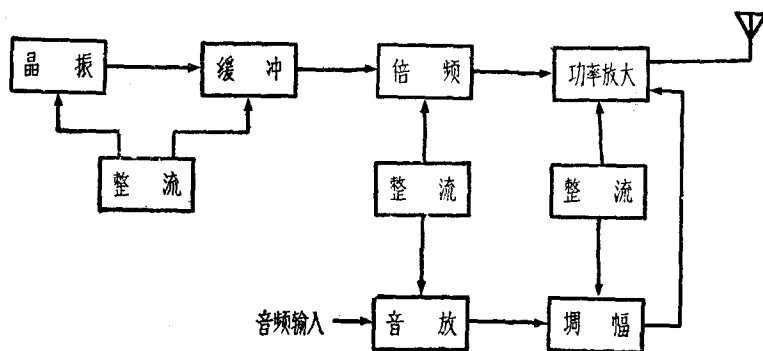


图 0-2. 短波通讯调幅发射机的方块图。

晶体振荡器是发射机中产生高稳定度载波频率的根源。为避免受到发射机高频末级天线负载变化的影响,或受到由调幅器调制而产生的影响,通常用一个缓冲级来隔离它们的影响。由于缓冲级工作在无栅流的情况下工作状态,它只需激励电压而无需激励功率。所

以随后各級中的任何功率变化，不会反映到晶体振荡器中来。因而晶体振荡器的高频率稳定度得以保持。除了采取緩冲級的措施之外，将石英晶体装置在恒温箱內以及用高压整流电源(整流 1)来供給晶体振荡器及緩冲級，都是提高晶体振荡器频率稳定度的重要措施。

通常短波发射机的工作频率，远高于晶体振荡器的振荡频率，因此必須采用多級的倍频器(图中只用一个方块来代表)。在频率倍增到工作频率后，乃用多級高频功率放大器(图中也只用一个方块代表)进行功率的放大，末級功率放大器的直流板压受到調幅器的調制，因而产生受音频訊号調制的調幅波，从天綫发射出去。

音频訊号通常由电话机的話筒发出，經過綫路放大器送到发射机的音频輸入端。再經過多級音频放大器(图中只用一个方块代表)放大后送入調幅器。

图中整流器 2 是用来供給中等功率的高频与音频放大电子管板极与帘栅极直流电流之用。整流器 3 供給高频最后一級或兩級，以及音频最后一級或兩級功率放大电子管(通常是三极管)板极直流电源之用。

至于发射机中的其他附属設備留待第七章中討論。

我們对于无綫电发射机有了一般的了解，便可以在以后各章中对发送設備的主要組成部分，进行深入的分析 and 討論。

第一章 发射电子管的特点及其 折綫分析法基础

电子管是发射机中极重要的元件。发射机的功率与频率指标，主要由所采用的电子管来保证。为要达到大功率目的，发射电子管必须在高频率下充分发挥效用。因此对于发射电子管的正确认识与使用，成为发送设备的使用者与设计制造者的首要任务。这一章目的是将发射电子管的特点作一概括性介绍，从而引出其折綫分析法基础，以作以后各章对于发射电子管工作状态计算的依据。

1.1 发射电子管的静态特性与类型

发射电子管最明显的特点是电压高，功率大；因而结构庞大，需要特殊冷却方式。从使用观点来看，发射电子管的工作方式与接收电子管或低频放大电子管的工作方式相比较，亦有很大差别。接收电子管（特别在检波以前的高放与中放级电子管）时常作为弱信号的电后放大管，工作在静态特性曲线的较小范围，而且不需功率输出，所以虽然电子管的尺寸小，而电子管的工作却很轻松，不易损坏。低频功率放大电子管为要减小非线性失真，时常工作在静态特性曲线的直线部分，因而功率低输出功率小。但在发射电子管，特别在高频率功率放大器工作情况下，为要在高效率下得到大的高频输出功率，电子管必须工作在远远超出静态特性曲线的直线部分，而且必须板流角小，板流脉冲高。在这样方式下工作，电子管的阴极发射电流得到充分利用，而电子管的输入功率大，板极上的损耗功率亦大，电子管易于损坏。因此，在发送设备课程中，对于电子管的工作状态必须加以深刻研究，并导出各种计算方法，以得到电子管充分利用，并保证其使用寿命。

发射电子管的型式很多，可以按照不同观点来分类。主要可以按照功率大小与用途不同来分类。由于不同功率的发射电子管需要不同冷却方式，所以按照冷却方式分类即可代表按照功率分类，而前者有更明显的实用意义。按照冷却方式可以分为：（1）自然冷却发射电子管；（2）风冷发射电子管；（3）水冷发射电子管。现在分别叙述如下。

1. 自然冷却发射电子管

额定输出功率在 1000 瓦以下的发射电子管通常采用玻泡结构形式，利用热辐射与空气对流作用得到自然冷却。由于集射四极管与五极管比三极管有许多优点，目前在这一功率范围内一般都采用前者而不用后者。图 1-1 表示一额定功率为 800 瓦的自然冷却五极管的外形。

2. 风冷与水冷发射电子管

电子管额定功率增大时，自然冷却方式不再适用，必须改用强迫风冷或强迫水冷方式。这时电子管的结构形式变成倒置，玻泡下部熔接的铜管是板极，并且与玻泡共同组成为真空

密封的外罩。銅管中安裝燈絲與柵極，它們的引綫向上，通過玻璃而伸到外面，如圖 1-2 所示(Γ-431，額定功率 30 千瓦)。通常額定功率在 15 千瓦左右或以下者，採用強迫風冷(最高可用到 50 千瓦)。這時銅質板極之外，套上一個銅質散熱器，然後用鼓風機將有壓力的空氣



圖 1-1. ΓY-80 五極管外形。

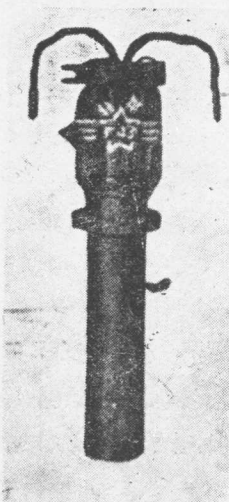


圖 1-2. Γ-431 水冷管外形。

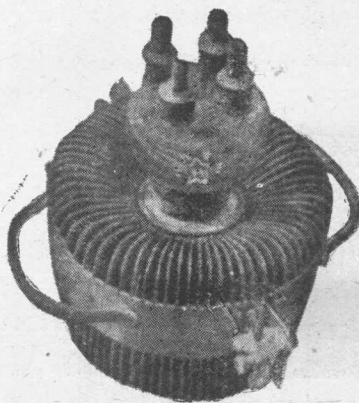


圖 1-3. ΓY-89B 強迫風冷管外形。

通過管道，而吹向散熱器以冷卻之，如圖 1-3 所示(ΓY-89B，額定功率 10 千瓦)。額定功率在 10 千瓦以上到幾百千瓦都用強迫水冷方式。這時銅質板極之外，裝上黃銅水套，通常用水泵將蒸餾水打入水套而冷卻板極，這蒸餾水又用空氣或二次水(自來水或河水)冷卻後，再作冷卻板極循環之用。由於風冷設備簡單，故在功率不太大情況下，通常採用強迫風冷。風冷電子管的散熱器由電子管工廠裝上，連同出售。水冷管的水套必須由使用者自行製造安裝。水冷管除需要水冷板極外，尚須強迫風冷玻璃與銅質板極的熔器，以及燈絲引綫通過的玻璃芯柱。

以上所述水冷管和風冷管大都是三極管，有些大功率集射四極管也是風冷的(例如 ΓY-27B，額定功率 1000 瓦)。

在有些特大功率(額定功率約 200 千瓦以上)的發射電子管，採用可以拆卸的結構形式。在使用時與真空泵連接，以維持高度真空。當電子管內部件損壞時(例如燈絲或柵絲燒斷)；可以拆開調換，繼續使用，節省國家資材。

發射電子管亦可按照不同用途來分為：(1)高頻振蕩管；(2)調制管；(3)脈沖振蕩管；(4)脈沖調制管等。現在分別討論如下。

1. 高頻振蕩管

發射電子管的基本用途是作為產生高頻振蕩功率的電子管。高頻振蕩可以自激產生，或由它激產生。前者稱為振蕩器或主振器，後者稱為高頻功率放大器。主振器是普通電極或電話發射機的第一級，用以產生高穩定度的載波頻率，通常用小功率發射電子管做成。主振器以後各級都是高頻功率放大器，振蕩功率逐級增大。高頻功率放大器可以放大未調制

的載波功率,或放大已調幅,或已調頻的已調波功率。它可以适用于长波、中波、短波以及超短波范围。适用于长波与中波的高頻振蕩管的結構最为普通,如图 1-1 与 1-2 所示。为要适用于栅极接地綫路,大功率短波三极管时常将其栅极引綫做成圓盘形式,减小其引綫电感。

介質損耗随頻率的升高而增加,所以超短波振蕩管的結構与較低頻率者比較頗有不同。目前在米波段应用者大都为集射四极管,功率一般在 1000 瓦以下。在这种电子管中各个电极不用絕緣支架,而直接支持于玻泡,以減少介質損耗。各级引綫也从玻泡直接伸出管外,不用底座,以減少引綫长度,并减小极間电容。图 1-4 示一只双集射四极管 1Y-29 的外形。它的額定功率为 87 瓦,最高可用頻率为 200 兆赫。

頻率更高时(分米波与厘米波段),必須考虑电子飞越時間,这时电子管的电极間距离必須减小。关于这种电子管,以及应用其他原理而工作的新式超高频电子管将在以后討論。

在高频电炉(感应加热器),高频电疗机,水声发射机,与雷达发射机等中;时常采用单級振蕩器直接饋給負載。这种振蕩器采用大功率高频振蕩管,接成自激振蕩器綫路,而給出大的高频振蕩功率。

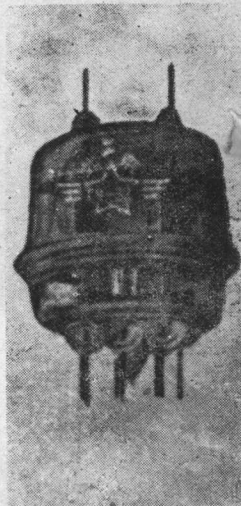


图 1-4. 双集射四极管 1Y-29 外形。

2. 調制管

专作調制管用的发射电子管,实际上是大功率低频功率放大管。它們的靜态特性曲綫形式(參閱本章第五节),以及使用方式,完全与低频功率放大管一样。

現代大功率調幅发射机中,为了减少电子管的不同类型,时常采用与末級被調高频功率放大器(板极調幅)同一类型的高頻振蕩管作調制管。在作調幅管使用时,为了不产生大的非綫性失真,高频振蕩管的低频(即音頻)功率輸出小于它在作高频功率放大器时的高頻輸出功率。

3. 脉冲振蕩管

在雷达发射机与水声发射机中都采用脉冲发射方式。在短的脉冲時間內,高频振蕩器在工作,在发射功率。在长的間隔時間內,高频振蕩器是在休止状态。因此作为这些发射机的高頻振蕩管是工作于脉冲状态,从而被称为脉冲振蕩管。

因脉冲振蕩管只在短促時間內工作,管內产生的热量可在脉冲間隔時間內散发,所以按脉冲功率来講,管子的尺寸可以做得小。由于一切絕緣物質在短脉冲(0.2—20 微秒持續時間)下工作时,可以承受比在連續工作时較高(約高半倍)的直流电压,所以脉冲振蕩管的板压在同样真空程度下可用得比較高,这就一方面可以增加振蕩管的輸出功率,而另一方面也相应地提高了电子管的最高可用頻率,因为电极电压高了,电子飞越時間可以縮短的緣故。

要得到大的脉冲振蕩功率,除必須采用高的直流板压外,电子管的阴极必須具有大的发射电流。在产生短脉冲的振蕩管中都采用氧化物阴极,但在产生长脉冲(100—400 微秒)的

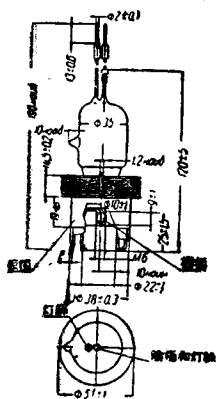


图 1-5. ГН-17 短脉冲
三极振荡管。

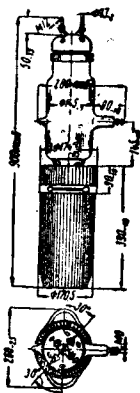


图 1-6. ГН-18Б 长脉
冲三极振荡管。

振荡管中只能采用炭化敷钍钨丝作阴极，因氧化物阴极在长时间过负载下使用时很容易损失。

脉冲振荡管通常是三极管，也可能是四极管与五极管。

图 1-5 示 ГН-17 短脉冲高频振荡管的外形。它可输出 50 千瓦脉冲振荡功率(最高振荡频率 500 兆赫)，最长脉冲持续时间 5 微秒，采用间热式氧化物阴极。图 1-6 表示 ГН-18Б 长脉冲高频振荡管，它可输出 300 千瓦脉冲振荡功率，振荡频率 300 千赫，最长脉冲持续时间 300 微秒，最小脉冲间隔度 70，

采用直热式炭化敷钍钨阴极。

4. 脉冲调制管

脉冲调制管通常用在电容储能的脉冲发射机(雷达)线路中。它的作用似一开关，将缓慢地从直流电源储积于储能电容器中的高压电能，在短促时间内迅速通过调制管向脉冲振荡管放电，产生脉冲高频振荡电能而发射。由于在电容器中缓慢地储积的电能在短促时间内迅速放电，通过调制管的电流是很大的，因此脉冲调制管必须能承受高的直流电压，能通过大的直流脉冲电流。在这些方面，它与脉冲振荡管的情况一样，所以脉冲调制管也必须具有大发射电流的阴极。唯一不同的就是它不需要产生高频振荡，因而在它的结构方面不考虑高频损耗因素。

脉冲调制管实际上是一只大功率脉冲功率放大器，通过它的大的脉冲板流是受加到栅极上的激励脉冲所控制，所以必须具有大的跨导 S 。新式脉冲调制管都是四极管，就是这个缘故。

现将苏联发射电子管的标号标准抄录如下，以作参考。各电子管型号前面都有二个或三个俄文字母，它们的意义如下：

ГК——长波和短波振荡管，25 兆赫以下；

ГУ——超短波振荡管，25—600 兆赫；

ГС——厘米波振荡管，600 兆赫以上；

ГМ——调制管；

ГН——脉冲振荡管；

ГМИ——脉冲调制管。

字母之后那两个数字表示工厂中的生产序号。对于水冷管，则在号码之后再加一字母 А；风冷管再加一 В 字，例如 ГУ-10А 表示超短波水冷振荡管，ГУ-10В 则是超短波风冷振荡管。苏联在采用上述国家标准标号以前所制造的某些电子管仍保留旧编号，例如 Г-433 等，但这