

作者序言

本書第四版的目的与以前三版相同，就是提供一本教本兼參考書，它用淺显文字綜述了电子及無綫电工程师基本工具的原理与技术。为了符合現代科学的趨勢，本書特別強調电子学的一般技术，但并不一定考虑它們在無綫电系統中的应用。这个变化反映在新的書名“电子学与無綫电原理”中，它比旧書名“無綫电工程”更能真实地代表这一版的主要內容。

這書的主旨是对于每一問題有較完整的敘述，使讀者不需讀完全書內容就可以研究任何特殊問題，敘述的水准尤其是数学水准仍保持未变。所以这一版对于旧版的爱好者仍是一本滿意的教本和參考書。

为了与迅速进展的技术相配合，差不多在每一章中增加了新材料。一半以上的圖表是新的，它們都按照新的圖形标准重画过，新增有关微波电子管的一章，第一次用簡單文字說明了行波管和返波管的工作原理。在寬頻帶視頻和調諧放大器的敘述中，我們着重討論了上升時間；上冲及下垂，因为这許多特性比用振幅和相位对頻率的函数的旧方法更能說明它們的运用情况。关于非綫性波形和脉冲技术的材料也已大大增加，使电子学的这一方面重要知識得到更完整的闡述。电视一章已全部修正，并且簡單扼要地說明了美国的标准彩色电视系統。書中对电波在对流層傳播的現象也增加了篇幅。

特別重要的是关于晶体三極管和相关的半导体器件的一章，这是本書最長章节之一。在这里簡明地說明了关于晶体管內發生的基本現象及这些現象如何形成外端特性。这些說明大学生們都能看懂，同时这一章也是很完整和基本的，它为讀者繼續研究这一門新穎而重要的科学奠定了一个坚固的基础。

本書特別注意教师的需要。由于电子学的發展，將所有重要問題全部包括在一学年的課程中已不再可能了。“电子学与無綫电原

理”一書为教师提供一个挑选的机会，他們可以挑选自己要強調的一些章节，同时給学生提供一本綜合性的参考書。本書分成下面显明不同的三个部份：一部份章节討論綫路（元件，諧振迴路，傳輸綫，波导和空腔諧振器），另一部份章节討論电子工程基本概念（真空管，晶体管，放大器，振盪器，調制器，檢波器，非綫性波形等等），这是本書的心臟。最后一部份章节討論無綫电工程和無綫电系統（天綫，傳播，發射机，接收机，电视，雷达导航）。所以如果教师需要的話，可以集中注意在电子学基础教材方面，而其余題材可留作学生的备用材料，如果学生將來需要扩展知識的話。此外，教师也可以選擇一系列的專題如波导、寬頻帶系統、脈冲綫路、电视等等。另一个可能性是集中講授关于主要無綫电系統方面的材料。当然，此外还有其他可能的組合。

对于教师还有一个重要特点就是本書中有 1250 个習題和問題。內中很多有数字計算，但半数以上是思考性的問題，需要学生在本書知識基础上作进一步考虑。这許多習題可以巩固和扩展学生已有的知識，也可以建議作为測驗題用，由于習題及問題数目極多，所以同一个題目在二年或三年之內不致于重复出給学生。

本書的协作者对这一版有重大的貢獻。电离層傳播各节是海利威博士写的而斐梯博士是晶体管及半导体一章的主要編写人。行波管及返波管的内容是华特金博士写的。威廉拉木堡准备了重編雷达部份的原始材料。最后应感謝协助制作圖表的斯丹福大学研究生 B.H. 华地亞博士等。

F.E. 特尔曼

1

36, 21 A

1/2370

.....	1
.....	1
.....	2
1-3 射頻.....	4
1-4 無線電訊号的接收.....	5
1-5 調制波的性質.....	6
1-6 分貝.....	8
第二章 电路元件	10
2-1 电感.....	10
2-2 永久磁鉄.....	15
2-3 互感量与耦合系数.....	18
2-4 綫圈与导体在無線电頻率的集膚效应.....	20
2-5 电容器与介質.....	23
2-6 用在电子学中的电容器.....	26
2-7 諧振电路用的綫圈.....	29
2-8 磁場和靜电場的屏蔽.....	35
第三章 集中常数电路的性質	43
3-1 串联諧振.....	43
3-2 并联諧振.....	50
3-3 磁感耦合电路; 理論.....	58
3-4 若干簡單磁感耦合电路的分析.....	60
3-5 諧振的初次級电路系統的特性.....	64
3-6 常用的几种耦合电路.....	72
3-7 戴凡宁定理.....	75
3-8 阻抗匹配.....	77
第四章 傳輸綫	82
4-1 射頻傳輸綫上电压和电流的行波表示法.....	82

4-2	用行波来说明传输线方程式的意义	85
4-3	传输线常数	89
4-4	传输线上的电压和电流分佈的例子	90
4-5	衰减对电压和电流分佈的效应——無損耗线	96
4-6	驻波比	98
4-7	传输线中阻抗与功率因数的关系	100
4-8	传输线图——斯密斯图	102
4-9	利用驻波比测量阻抗	106
4-10	传输线用作谐振电路和电路元件	108
4-11	传输线的阻抗匹配	110
4-12	仿真线	115
4-13	方向耦合器	118
4-14	传输线的其它方面	121
第 五 章	波导与空腔谐振器	130
5-1	波导——一般概念	130
5-2	矩形波导	132
5-3	矩形波导中的高次模式	139
5-4	矩形波导中电波传播的物理概念	144
5-5	圆形波导	147
5-6	波导中反射波、入射波、场分佈及驻波比	151
5-7	波导的阻抗关系	152
5-8	波長大于截止值时的波导特性	153
5-9	波导的其它方面和性質	161
5-10	空腔谐振器	165
5-11	空腔谐振器的耦合	171
第 六 章	电子管的基本性質	176
6-1	电子管	176
6-2	电子、离子、与它們的运动	176
6-3	热电子放射	179
6-4	二次电子放射	183
6-5	二極管——空間电荷效应	186

DH63/23 08

6-6	三极管——控制栅极的作用	188
6-7	三极管的系数	193
6-8	五极管	198
6-9	帘栅管（四极管）	205
6-10	电子注管	208
6-11	五极管、帘栅管与电子注管的系数	211
6-12	电子管特性曲线的数学表示法	214
6-13	剩余气体和它对高真空度电子管特性的影响	217
6-14	常用电子管的特殊联接	219
6-15	二极管、三极管与五极管中的渡越时间效应	220
6-16	特高频电子管	228
6-17	热阴极充气管	231
第七章	电子光学和阴极射线管	240
7-1	电子光学——静电透镜	240
7-2	磁透镜	244
7-3	均匀密度和高电流密度的电子注	247
7-4	阴极射线管的基本特点	252
7-5	阴极射线管——特殊考虑	259
第八章	音频电压放大器	266
8-1	电子管放大器	266
8-2	放大器中的失真	270
8-3	电子管放大器的等效电路	272
8-4	电阻耦合放大器	274
8-5	帘栅极和偏压旁路不完善的电阻耦合放大器	280
8-6	电阻耦合放大器的设计	283
8-7	变压器耦合电压放大器与输入变压器	290
8-8	直流（直接耦合）放大器	296
第九章	视频电压放大器	304
9-1	视频（宽频带）电压放大器	304
9-2	视频放大器的高频补偿	309
9-3	视频放大器的低频缺点	319

9-4 視頻放大器低頻缺点的补偿	326
9-5 分佈放大器	331
第十章 放大器的失真, 功率放大器和放大系統	337
10-1 放大器中波幅失真的原因	337
10-2 确定电阻負載的放大器波形和失真的圖解法	340
10-3 放大器波幅失真与交叉調幅的数学分析	346
10-4 設計为大輸出电压用的电阻耦合放大器和視頻放大器	353
10-5 甲类功率放大器	355
10-6 甲类放大器中的輸出变压器	360
10-7 甲类推挽放大器	368
10-8 乙类和甲乙类功率放大器	373
10-9 陰極耦合放大器	378
10-10 多級音頻和視頻放大器中的再生作用	381
10-11 音頻和視頻放大器的音量控制	385
10-12 在音頻和視頻放大器中的交流噪声和微音效应	388
第十一章 放大器的負反饋	396
11-1 反饋放大器	396
11-2 反饋放大器免除振盪的条件	399
11-3 从振盪观点出發的反饋系統的設計	401
11-4 設計原則的实际应用	408
11-5 反饋放大器——其它方面	412
11-6 伺服机件	418
第十二章 調諧电压放大器	422
12-1 調諧电压放大器	422
12-2 單調諧放大器	423
12-3 双調諧放大器	428
12-4 調諧放大器其它問題	431
12-5 寬頻帶調諧放大器	435
12-6 單調諧寬頻帶放大器	437
12-7 双調諧寬頻帶放大器	439
12-8 參差調諧放大器	441

12-9	多級調諧放大器的再生作用	445
12-10	三極管放大器的輸入導納	447
12-11	电子管放大器輸入導納的中和——柵極接地系統	451
12-12	五極管, 电子注管与帘柵管的輸入導納	456
12-13	电路与电子管噪声	459
12-14	訊号噪声比与噪声系数	464
第十三章	調諧功率放大器	472
13-1	丙类調諧放大器	472
13-2	丙类放大器的計算与設計	485
13-3	三極管丙类放大器的实际調整方法	491
13-4	关于电子注管, 四極管以及应用类似电子管的 丙类放大器的一些特殊考虑	496
13-5	諧波發生器	500
13-6	直綫(乙类調諧)放大器	505
13-7	寬頻帶訊号的綫性放大	508
13-8	丙类放大器以及同一类型的放大器在超高頻 工作时的一些特殊考虑	510
第十四章	电子管振盪器	518
14-1	振盪器綫路	518
14-2	电子管振盪器的工作情况	520
14-3	功率振盪器的設計和調整	522
14-4	振盪器的頻率及頻率穩定	523
14-5	电子耦合振盪器	525
14-6	特高頻振盪器	526
14-7	用电阻电容調諧的振盪器 (<i>R-C</i> 振盪器)	530
14-8	負阻振盪器	532
14-9	寄生振盪	533
14-10	压电石英晶体	536
14-11	晶体的諧振頻率	541
14-12	晶体振盪器的綫路	546

第一章

無線電通訊系統的基础

1-1 無線電波

散播到自由空間的電能以電磁波的形式存在着。此項電磁波通常稱為無線電波，它的行進速度與光速相同，波中包含磁場與電場，兩場互相垂直，並各與行進的方向垂直。如果我們肉眼能夠看得見磁力綫與電力綫，則波的形像如圖 1-1 所示。波內電能的一半以靜電電能形式存在着，其餘一半為磁能形式。

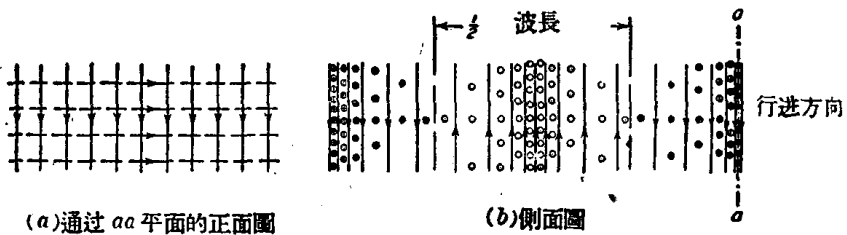


圖 1-1 垂直極化波的正面和側面圖。實綫表示電力綫虛綫及小圓表示磁力綫

無線電波的主要性質是頻率、電場強度、行進方向和極化平面。由於交變電流所產生的無線電波的強度按電流的頻率而變化，所以它的數值正負交互變化如圖 1-1(b) 所示，這種交流波全週所佔的距離等於波的速度被每秒鐘發出的週數除，稱為波長。波長 λ 米與頻率 f (每秒鐘週數又稱赫) 的關係為

$$\lambda = \frac{300,000,000}{f} \quad (1-1)$$

300,000,000 為光的速度的單位為每秒鐘米數，頻率常以千赫 (簡作 KC) 及兆赫 (簡作 MC) 表示。從公式 (1-1) 可見低頻率波相當於長波，高頻率波相當於短波。

無線电波的强度常用它在空間的靜电电場所發生的电压应力來計量，并且常用每米多少微伏作單位。因任何一点上由交流波所产生的实际应力既随時間作正弦变化，所以我們常拿强度的有效值代表实际电压应力，有效值等于每週內最大值的70.7%。用每米多少微伏來量測的空中电波的場强，就等于这一电波的磁力綫用光的速度扫过1米長的导体时导体中所感应的电压。

要使电波接收滿意，要求的最小場强决定于許多因數，例如頻率、訊号型式和存在的干扰。在某种情况下訊号强度低到每米0.1微伏（簡作 μV ）的無線电波还是有用的，但有时为了保証在任何時間都得到滿意的接收，要求訊号强度超过每米1000 μV 。在大多数情况下，最低的有用訊号强度处在两个極端范围之間。

和互相垂直的电力綫与磁力綫相平行的平面称为波前。电波行进方向永远与波前相垂直，但究竟是向前或向后行进，要看电力綫和磁力綫相互方向而定。不論磁力綫还是电力綫变换方向，則行进方向也随着变换，但假使两种力綫的方向同时变换，則行进方向保持不变。

电力綫的方向称作波的極化方向。如电力綫是垂直的如圖1-1，則电波就是垂直極化的，当电力綫是水平的，那末电波是水平極化的。

不同頻率电波的傳播 当無線电波从出發点向各方行进时，它的强度便衰減或变弱。原因之一是电波随距离而扩展。

此外，电波能量可能被大地所吸收，也可能被大气上層游离化区域称为电离層的所吸收；电波又可能被电离層，大气下層或大地所反射或折射。总的状态非常复杂，不同的頻率大不相同，表1-1总结了不同种类电波的情况。

1-2 电能的輻射

每一个载有交流电流的电路必然輻射出一部份电磁波能量，但除非电路的各个尺寸接近于一个波長的数量級，这样輻射出的能量非常小。例如，綫距20呎的60赫交流电力傳輸綫实际上不輻射能

量，因为相当于 60 赫的波長超过 3000 哩，而与 20 呎比較起来可以忽視。另一方面，直徑为 20 呎載有 2000 千赫电流的綫圈其輻射能量是很可观的，因为 20 呎和这个無線电波的波長 150 米是可以相比的。根据这些理由，显然可見所需要的輻射体的尺寸与頻率成反比。所以高频电波可以用一个輻射体發射，而低频电波为了有效的輻射需要一个巨大的天綫系統。

無線电波的分类

表 1-1

类别	頻率范围	波長范围	傳播特性	典型应用
甚低频 (VLF)	10— 30KC	30,000— 10,000米	全年全日衰減低微， 特性極可靠。	長距离点与点間通訊
低频 (LF)	30— 300KC	10,000— 1,000米	夜間傳播与 VLF 相 似，但較不可靠，白天 吸收比 VLF 为大。	長距离点与点間通 訊，海軍，导航用。
中頻 (MF)	300— 3000KC	1,000— 100米	夜間衰減小，白天衰 減大。	广播，海軍通訊，航 行，海港電話，等等。
高频 (HF)	3— 30MC	100— 10米	長距离發射，完全依 靠电离層，所以每天每 季以及頻率变化都很劇 烈。	各种型式的中距离与 長距离通訊。
甚高频 (VHF)	30— 300MC	10—1米	与光波相似，基本上 是直綫傳播；电离層無 影响。	短距离通訊，电视， 調頻，雷达，飞机导航。
超高频① (UHF)	300— 3000MC	100— 10厘米	与光波相似，基本上 是直綫傳播；电离層無 影响。	短距离通訊，雷达， 中繼系統，电视等等。
極高频 (SHF)①	3000— 30000MC	10—1厘米	与光波相似，基本上 是直綫傳播；电离層無 影响。	雷达，中繼通訊，导 航。

① 高于 2000 兆赫的頻率常称为微波。

每一輻射体都有方向性，因此輻射体發出的电波在某些方向比其它方向强。利用天綫的方向性可对准需要傳播的那一点集中輻射或者对于来自某一方向的电波加强接收。

1-3 射頻功率的产生与控制

現在無線电發射机所需要的射頻功率几乎完全由真空管振盪器或放大器供給，真空管可把直流变成交流，頻率范围从最低直到30,000兆赫或更高，在大多数情况下，变换效率約在50%左右或更高一些。在頻率高达1000兆赫以上，真空管能連續产生的功率可达数瓩。

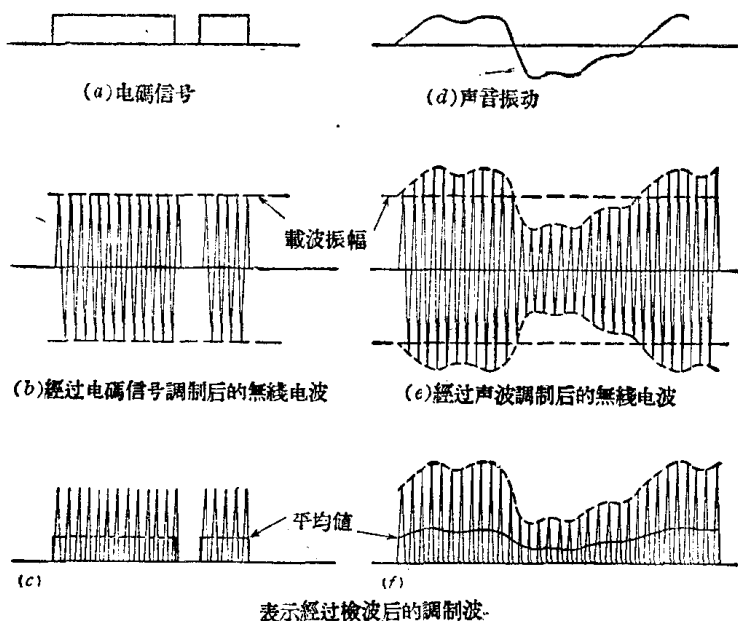


圖 1-2 說明怎样通过調制無線电波的振幅把訊号發射出去，和怎样經過檢波把原来訊号恢复，为了显明起見，圖上的無線电波頻率远比实在适用者为低。

調制 假使用無線电波傳遞訊息，电波的某一特点必須按所要傳遞的訊息加以变化。方法之一称为**振幅調制**簡称**調幅**，即改变輻射波的振幅，在發無線电报时，这方法就是将發射机按照电碼的点与划开閉如圖1-2(b)。傳送無線电话时，無線电波的振幅按照声音的压力变化如圖1-2e所示。同样在傳送圖片时，輻射波的振幅任何时候都与正在傳送的圖片某一部份的光的强度成正比。

除变化振幅以外，还可以用其它方法傳遞訊息。例如可以維持振幅不变，而按照訊息改变輻射波的頻率，得出**頻率調制**，簡稱調頻。調頻后調頻波如圖 1-3b，這可以和圖 1-3a 中相应的調幅波比較。調頻波現在广泛地应用在甚高频通訊系統。

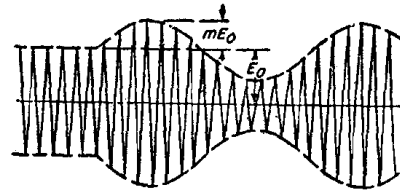
1-4 無線電訊号的接收

在接收無線電訊号时，必須將通过接收点的無線電波能量吸收下来。任何能够輻射电能的天綫必然也能吸收通过電波的能量，这是因为電波的电磁力綫在切割天綫导体时，在天綫內感应出电压，这电压随時間的变化的情況与輻射天綫上的电流完全一样，这个感应电压和它所产生的电流代表由过路電波中吸收的能量。

因为每一种經過接收天綫的電波在天綫导体內都能够单独感应出电压，故接收設備必須能够將需要的訊号从許多不要的，但同样在天綫內感应电压的訊号中区分出来，这种区分作用是各个發射台的頻率各不相等。訊号的

区分利用諧振迴路来完成，这种迴路对于某一頻率特別有利。鑑別頻率不同的各种電波的能力称为**選擇性**，使迴路調整到所要訊号的頻率的步序称为**調諧**。

虽然仅仅利用从接收天綫获得的能量也能把無線電訊号从几千哩外的發射机中接收下来，但若將接收后的能量加以放大，則接收情况更为滿意。这种放大可以加在檢波以前，称为高频或射頻放大，或者加在檢波以后，放大已被整流的电流，称为音頻放大。利用放大可以使本来太微弱不能变成声音的電波訊号做到滿意的接



(a) 調幅波



(b) 用調頻波傳遞的同一信息

圖 1-3 調幅与調頻所产生的電波的性质，两种情况都用正弦波調制。为了簡明起見圖內的射頻頻率比实在使用的低得多。

收。到現在为止唯一能滿意放大無線电訊号的方法是利用真空管与晶体管。在發明真空管以前可供無線电接收用的能量仅仅是从接收天綫上吸收来的能量。

檢波。訊息發出后从被調制射頻电流中，將調制波在接收机重复出来的步序称为**檢波**，有时称作**反調制**。調幅波的檢波是使無線电频率的电流整流，从而产生一个和接收电流的調制方式一样的电流。例如圖 1-2c 所示的調幅波被整流后，同圖 *f* 所示的結果电流的平均值可以看出是按照原来訊号的振幅变化的。在用無線电傳送电碼訊号时，整流后电流重复产生电碼訊号的点与划如圖 1-2c，它可使一个电报音响器工作。当需要用电話听筒直接收听电报訊号时，必須將点与划变成音頻，这样才可以得到一个听得見的訊号，因为否則电話听筒只能給出一系列的不能辨認的克啦音。

調頻波的檢波包含两个步序，首先，电波經過一个电路，其输出电压决定于頻率。从这个电路出来的电波变成調幅波，因为当振幅恒定的輸入波的頻率变化时，输出电压的振幅將随頻率而改变。最后再將这調幅波加以整流。

1-5 調制波的性质

正弦波由于它簡單地一次又一次重复，不能帶來什么訊息。当一电波被調制后不論是調幅或調頻，它就不再是一个簡單正弦波，而是若干不同頻率的波疊加起来的一个混合波。調制波的实际性質可以写出它的公式，用数学分析它的結果，例如圖 1-3a 的簡單正弦波調幅波中，射頻振盪的振幅是 $E = E_0 + mE_0 \sin 2\pi f_s t$ ，內 E_0 代表平均振幅， f_s 代表振幅变化的頻率， m 代表从平均值的變化值对平均值的比值，称为**調制系数**。所以調幅波的方程式可以写作

$$e = E_0(1 + m \sin 2\pi f_s t) \sin 2\pi f t \quad (1-2)$$

內 f 代表射頻振盪頻率，將公式(1-2)右項乘开，可得

$$e = E_0 \sin 2\pi f t + m E_0 \sin 2\pi f_s t \sin 2\pi f t$$

用三角公式將上列方程展成角的和与差的函数，則簡單正弦調幅波

的公式最后可写作

$$e = E_0 \sin 2\pi ft + \frac{mE_0}{2} \cos 2\pi (f - f_s) t - \frac{mE_0}{2} \cos 2\pi (f + f_s) t \quad (1-3)$$

式(1-3)說明一个正弦調幅波包含三个不同的波,其中 $E_0 \sin 2\pi ft$ 所代表的称为載波,它的振幅与是否有調制無关,等于波的平均振幅。另外两个波的振幅是相同的,但其中一个波的頻率比載波頻率超出了一个調制頻率,另一个波的頻率比載波頻率低了一个調制頻率。这两个波称为边帶頻率,它代表所要傳輸的訊息。边帶頻率与載波頻率的差决定于調制頻率,边帶成分的振幅决定于外加訊号的振幅,也就是决定于調制系数。

当調制比圖 1-3a 的簡單正弦調幅更复杂时,結果为引入更多的边帶成分。例如一个無線電話發射机被包括 1000 及 1500 赫的組合音波所調幅,則已調波中将包含一对 1000 赫的边帶分量和一对 1500 赫的边帶分量。

調頻波的分析比較复杂,但可以得出相似的结果,主要区别在于調頻波不仅包含相当于調幅波的同样边帶分量,并且包含更高次的边帶分量。例如某波的頻率被每秒鐘 1000 次的頻率所調制,最后的調頻波不仅包含一对 1000 赫的边帶分量,并且包含一对 2000 赫的边帶分量,也可能再有一对 3000 赫的边帶分量等等。这許多对边帶分量的振幅决定于頻率变化的速度与程度。

边帶成分的重要性。載波和边帶分量的存在并非数学上的幻想而是实际上存在的,因为一个調制波的各个頻率分量可以用适当的濾波綫路互相分开。边帶分量可以看作波在变化时所产生,它們只有在波正在被变化时才存在,它們的頻率和振幅决定于調制的性質。

很明显地可以看出傳遞訊息需要一个頻帶,而不是一个頻率。标准广播業務發出的質量良好的講話和音乐中包含从 100 赫到 5000 赫的頻率分量,当調制載波时,全部頻帶寬度將达 10000 赫。假定

这个頻帶在空中不能均匀傳播，及調制波所必須通过的發射机与接收机也同样不能均匀傳輸，那末那許多衰减大的边頻分量便不能在接收設備里重复出現，接收的質量要受到損失。电報訊号所需要的頻帶比較窄，因为振幅每秒鐘仅变化几次，但是仍旧需要一定寬的頻帶。假使电碼訊号的一部份边頻分量沒有傳輸，收到的点与划便有变成圓角及併在一起的趋势，有时甚至不能分辨。

1-6 分 貝

分貝（簡写 *db*）是电訊工作中的一个对数性單位，表示功率比。假使相比的功率是 P_1 与 P_2 ，則

$$\text{分貝} = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1} \quad (1-4)$$

分貝数的符号表示那一个功率比較大；例如負号表示 P_2 小于 P_1 。

分貝的意义除公式(1-4)所示者外，沒有其他意义，因此假使用分貝表示放大的增益，仅仅說明通过放大后将輸出功率增加了这許多分貝。又如在許多場合下相对功率是与电压 E （或电流 I ，場 B 等等）成正比，在这种情况下。

$$\text{分貝} = 20 \log_{10} \frac{E_2}{E_1} = 20 \log_{10} \frac{I_2}{I_1} = 20 \log_{10} \frac{B_2}{B_1} \text{ 等等} \quad (1-5)$$

但应用这些关系时要小心，因为只有在与 E_2 （或 I_2 ，或 B_2 ）有关的电阻和与 E_1 （或 I_1 ，或 B_1 ）有关的电阻相同时才准确。

分貝的实际价值是由于它有对数性質。这样容許在通訊工作上不需要用巨大的数目的分貝数来表示大范围的功率，同时表示小比率也还方便。举例說，一个分貝代表約为 5:4 的功率比，而 60 分貝代表 1,000,000:1。分貝的对数性質使复杂綫路的輸入对輸出功率比可以用級联綫路間各部份的輸入对輸出功率的等效分貝的和数表示。

(a) 指定分貝值的功率比, 电压比及電流比。 表 1-2

分貝 (db)	電流及电压比		功率比		分貝 (db)	電流及电压比		功率比	
	增益	損失	增益	損失		增益	損失	增益	損失
0.0	1.00	1.000	1.00	1.000	10	5.16	0.316	10.00	0.100
0.2	1.02	0.977	1.05	0.955	12	3.98	0.251	15.8	0.063
0.4	1.05	0.955	1.10	0.912	14	5.01	0.200	25.1	0.040
0.6	1.07	0.933	1.15	0.871	16	6.31	0.158	39.8	0.025
0.8	1.10	0.912	1.20	0.832	18	7.94	0.126	63.1	0.016
1.0	1.12	0.891	1.26	0.794	20	10.00	0.100	100.0	0.010
1.5	1.19	0.841	1.41	0.708	25	17.8	0.056	3.16×10^2	3.16×10^{-3}
2.0	1.26	0.794	1.58	0.631	30	31.6	0.032	10^3	10^{-3}
2.5	1.33	0.750	1.78	0.562	35	56.2	0.018	3.16×10^3	3.16×10^{-4}
3.0	1.41	0.708	2.00	0.501	40	100.0	0.010	10^4	10^{-4}
3.5	1.50	0.668	2.24	0.447	45	177.8	0.006	3.16×10^4	3.16×10^{-5}
4.0	1.58	0.631	2.51	0.398	50	316	0.003	10^5	10^{-5}
4.5	1.68	0.596	2.82	0.355	60	1000	0.001	10^6	10^{-6}
5	1.78	0.562	3.16	0.316	70	3160	0.0003	10^7	10^{-7}
6	2.00	0.501	3.98	0.251	80	10,000	0.0001	10^8	10^{-8}
7	2.24	0.447	5.01	0.200	90	31,600	0.00003	10^9	10^{-9}
8	2.51	0.398	6.31	0.158	100	100,000	0.00001	10^{10}	10^{-10}
9	2.82	0.355	7.94	0.126	120	1,000,000	0.000001	10^{12}	10^{-12}

(b) 功率比, 电压比, 電流比的等效分貝值

比值	等效分貝		比值	等效分貝		比值	等效分貝	
	功率	电压或電流		功率	电压或電流		功率	电压或電流
10^{-9}	-60.00	-120.00	1.2	0.79	1.58	10	10.00	20.00
10^{-5}	-50.00	-100.00	1.4	1.46	2.92	12	10.79	21.58
10^{-4}	-40.00	-80.00	1.6	2.04	4.08	14	11.46	22.92
0.001	-30.00	-60.00	1.8	2.55	5.10	16	12.04	24.08
0.003	-25.23	-50.46	2.0	3.01	6.02	18	12.55	25.10
0.005	-23.01	-46.02	2.5	3.98	7.96	20	13.01	26.02
0.01	-20.00	-40.00	3.0	4.77	9.54	25	13.98	27.96
0.03	-15.23	-30.46	3.5	5.44	10.88	30	14.77	29.54
0.05	-13.01	-26.02	4.0	6.02	12.04	40	16.02	32.04
0.10	-10.00	-20.00	4.5	6.53	13.06	50	16.99	33.98
0.15	-8.24	-16.48	5.0	6.99	13.98	60	17.72	35.56
0.20	-6.99	-13.98	5.5	7.40	14.81	80	19.03	38.06
0.30	-5.23	-10.46	6.0	7.78	15.56	100	20.00	40.00
0.40	-3.98	-7.96	6.5	8.13	16.26	10^3	30.00	60.00
0.50	-3.01	-6.02	7.0	8.45	16.90	10^4	40.00	80.00
0.60	-2.22	-4.44	7.5	8.75	17.50	10^5	50.00	100.00
0.80	-0.97	-1.94	8.0	9.03	18.06	10^6	60.00	120.00
1.00	0.00	0.00	9.0	9.54	19.08	10^7	70.00	140.00

第二章

电路元件

2-1 电 感

电流在一电路内流通时，便發生与电流交連（即环繞）的磁力綫，这磁力綫的效应可以用电路的一种性質称为**电感**的来表示。

电感的定义是每單位电流所产生的磁力綫交連，即

$$\text{电感 } L(\text{亨}) = \frac{\text{磁力綫交連}}{\text{产生磁力綫的电流(安)}} \times 10^{-8} \quad (2-1)$$

每个磁力綫交連代表每根磁力綫环繞电路电流一次，例如在圖2-1

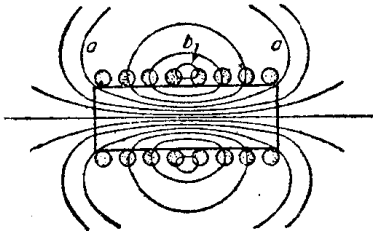


圖 2-1 單層空心电感綫圈的磁力綫和电流分佈，电流密度用陰影密度表示。

中磁力綫 a 对綫圈电感有 8 个磁力綫交連，因它环繞綫圈中电流 8 次。另一方面，同一綫圈的磁力綫 b 只对綫圈电感有半个磁力綫交連，因它仅环繞着綫圈内电流的半数一次。

电感的計算

計算电路内电感的方法是先假定一适量的电流流

过电路，再决定此电流所产生的磁力綫，最后求电路内的磁力綫交連的总数，把这磁力綫交連总数乘以 10^{-8} 并以电路电流除即为电感量，其單位为亨。

人們已經將各种常用的空气心綫圈的电感公式推导出来^①。有此以后我們可以不必依綫圈的匝数和大小来猜測其电感了。例如圖

① 这类公式可見 F. E. Terman, "Radio Engineer's Handbook" (無綫电工程手册), 48-64 頁, McGraw-Hill Book Company, INC. New York 1943.