

树木对中波的电磁感应和检波现象

杨 高 润

(宁波市科委)

无线电技术的日益发展,广播、电讯的广泛应用,使人们所处的周围空间成了电磁波的海洋,地面的树木也生长在这样的环境中。人们研究植物利用光波能量的过程,已有二百多年的历史,提出了各种模型^[1,2]。但未看到关于树木与中、低频电磁波相互作用的研究报道。作者在一次偶然的机会中发现树木对中波具有电磁感应及检波作用后,作了初步的观察和检测。现将结果简要介绍如下。

一、器材、仪器和方法

(一) 金属电极的制作^[3]

铜电极 采用直径 3mm 长 4cm 铜电焊条,尖端磨成圆锥形。

铁电极 用一寸铁钉,去锈。

不锈钢电极 采用中医针灸用“银”针,直径 0.4 mm,长 4cm。

(二) 检测器件和仪表

耳机 青年 636 型,直流阻抗 $800 \pm 20\%$ 欧姆,交流阻抗 $3000 \pm 20\%$,频率响应 200—3000Hz,灵敏度 100 微巴/伏。

晶体管毫伏表 DA-16 型,经宁波市计量管理部门校正,测量误差和频率响应误差均小于 $\pm 3\%$,用于

交流电信号测量。信号输入采用屏蔽线。

通用示波器 SBT-5 型,用于观察交流信号的波形。信号输入用屏蔽线。

数字式电阻电容测定仪 RC-1 型。

半导体电阻温度计。

(三) 测量方法

装置如图 1 所示。树体交流电信号取自相距一米的 A、O 两点间,测量时用铜电极在此两点刺入韧皮层, O 为零电位和接地参考点, OD 间距 0.5 米。B、C 两点接负载(如耳机等)。

二、结果及分析

(一) 各种树木对中波感应及检波能力的检测

把两个同种金属电极刺入活树的韧皮层后,接上耳机检听,自 1979 年以来,于宁波,绍兴和杭州市的市、郊区,在各种气候条件下对各种树木,以及同种和同株树的不同部位进行检听。在接收条件较好环境下(无高大建筑物阻挡),约有 10 种树能用耳机直接听到广播节目。若在两电极间并接一只 2AP9 二极管作检波器,25 种以上树木检听结果,明显地感觉到耳机中的声音响度提高;有的树种能同时听到 2—3 个电台(主要是宁波、浙江、上海或舟山台)的广播(见表 1)。

检测还发现,市郊的树木对中波的接收能力和灵敏度,与发射台的距离和树种有关,而与季节和气候变化无关。但树木的检波效果却受季节和气候的变化,韧皮层的组织结构、以及电极与韧皮组织的接触状况等影响。如栋树、悬铃木在冬季检波效果差,基本上无声,夏季则相反。女真树在冬季的检波效果比夏季好。在相同环境条件下,同种树其树干青绿裂痕浅的检波效果好,而老树干粗糙裂痕纵深的效果差。对于同棵树,即使两电极间距离不变,插在相同部位的不同点,检波效果也不一样,广播声时有时无,而且有声时也强弱多变。

此外,还用铜电极、铁电极和不锈钢电极分别对插在同株树干的相同接点上,进行反复试验,发现效果相同。这表明电极的材料及大小并不影响检波效果,同时可以排除铜或铁的金属氧化物起检波作用的疑点。

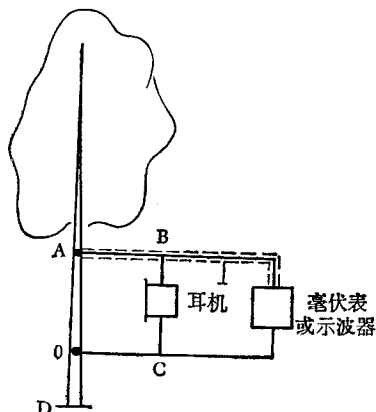


图 1 测量树体感应电动势及耳机端电位差的示意图

表 1 常见树种对中波感应及检波能力比较

树 种	未接 检波 器	接 检波 器
银杏 <i>Ginkgo biloba</i> L.	—	++
雪松 <i>Cedrus deodara</i> (Roxb.) Loud	++	+++
黑松 <i>Pinus thunbergii</i> Parl.	+	++
水杉 <i>Metasequoia glyptostroboides</i> Hu et Cheng	—	++
扁柏 <i>Platycladus orientalis</i> (L.) Franco	—	+
玉兰 <i>Magnolia denudata</i> Desr.	—	+++
樟树 <i>Cinnamomum camphora</i> (L.) Sieb	++	+++
悬铃木 <i>Platanus hispanica</i> Muenchh	+	++
朴树 <i>Celtis Sinensis</i> Pers.	—	++
构树 <i>Broussonetia papyrifera</i> (L.) L'Her. ex Vant	+	++
枫杨 <i>Pterocarya stenoptera</i> DC.	+	++
梧桐 <i>Firmiana Simplex</i> (L.) W. F. Wight	—	++
白杨 <i>Populus</i> sp.	—	+
垂柳 <i>Salix babylonica</i> L.	+	+++
枇杷 <i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl.	—	+
桃树 <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch.	—	+
梨树 <i>Pyrus</i> sp.	—	+++
乌桕 <i>Sapium Sebiferum</i> (L.) Roxb.	—	++
楝树 <i>Melia azedarach</i> L.	++	+++
鸡爪槭 <i>Acer palmatum</i> Thunb.	—	++
女真 <i>Ligustrum lucidum</i> Ait.	+	++
泡桐 <i>Paulownia fortunei</i> (Seem.) Hemsl.	—	++
梓树 <i>Catalpa Ovata</i> Don.	+	++
珊瑚树 <i>Viburnum odoratissimum</i> Ker.	—	+
棕榈 <i>Trachycarpus fortunei</i> (Hook.) H. Wendl.	—	+

注：“+”，“++”，“+++”分别表示能同时听到1,2,3个电台。“—”表示无声或噪声。

(二) 树体交变电信号的测量

定性检查发现几乎所有常见树木都能对中波电磁波发生感应,其中部分树种还有检波能力,因此可不用检波器,用耳机能直接收听电台广播。多数树种则需要在耳机端并联 2AP9 晶体管进行检波后才能听到。为了比较上述情况,对几种树干感应交变电信号的相对强弱,按图 1 所示进行测量,结果列表 2。

表 2 为常见树种中交变电位差变化与检波效果的相对值。其中悬铃木和棕榈在测定时耳机检听不到广播节目,代表无检波作用的树种,未接检波器时虽然耳机两端电位差较高,它却是噪声而听不出广播声。

为了比较同种树与广播电台距离不同时的交变电信号差异,选择不同地点树冠高度大致相似的三株垂柳进行测量,结果列于表 3。在距宁波台 15 公里的平原地带不用加接二极管检波,也能听到广播声,测得交变信号电压也不低。

表 4 为女真树上相同测点间耳机端电位差的昼夜变化情况。其变化趋势与水平漆包线天线的感应电动势相对应。(天线高度与树冠相似,约 5 米高,20 米长)也有差异。如在 10 时和 22 时以后女真树的电压指示虽大但听不到广播声,而耳机两端电位差却较大。这种现象除了环境因素干扰外,可能还与生理状态的昼夜变化等因素有关。14—16 时两者信号都小,可能是广播电台休息所致。夜间信号都较强,至 22 时后噪音很大,树体 AO 间噪音掩盖了广播声,但水平天线的电噪声并不影响广播节目的收听。

此外,还在女真树体 AO 两点间接上电阻电容测定仪,观察 AO 间导电性能,并在此两点中间插进半导体温度计,其结果列于表 6。参照有关文献^[7,8],用 $P = R \cdot \Delta S / L$ 计算 AO 间电阻率,ΔS 估计为 0.05cm²,

表 2 几种树干感应交变电信号的电平比较表

树 种	地 点	月 份	AO 间毫伏表指示的读数 (mV)	AO 间并耳机后毫伏表指示的读数 (mV)	AO 间并 2AP9 毫伏表指示的读数(mV)	AO 间并 2AP9 后接耳机的毫伏表指示的读数 (mV)
雪 松	祖关山	12	158~163	27~28(++)	145~150	23~27(++)
		4	125~130	72~74(+)	115~125	62~64(++)
樟 树	祖关山	12	120~130	31~32(++)	100~110	32~33(++)
		4	44~45	35~36(+)	44~46	32~33(++)
棕 榈	祖关山	12	205~210	37~38(—)	178~180	35~36(+)
		4	170~175	52~54(—)	150~155	47~49(++)
女 真	小沙街	12	145~150	23~24(+)	113~115	21~22(++)
		4	71~72	42~45(+)	70~71	41~42(++)
悬铃木	小沙街	12	189~190	12~14(—)	190~197	12~14(+)
		4	160~161	54~60(—)	135~140	60~64(++)

注: 1. 五种树皆同株同测点 2. (+)、(++)分别表示耳机能听到一或二个电台节目;(—)表示无声或噪声。3. 测定时间中午 11~12 时,晴。

表 3 不同地点垂柳树中文变电信号与检波效果比较

地 点	与宁波台的距离 (公里)	AO 间毫伏表指示的读数 (mV)	AO 间并接耳机后毫伏表指示的读数 (mV)	AO 间并接2AP9后毫伏表指示的读数 (mV)	AO 间并接 2 AP9后接耳机的毫伏表指示的读数 (mV)
小 沙 街	3	27~28	17~18(+)	27~28	18~19(+)
江北弯头	5	38~39	7.2~7.4(+)	35~37	7.0~7.1(+)
半浦前洋	15	24~25	5.6~5.7(+)	20~21	7.5~7.6(+)

注 测定时间 1981 年 12 月 25~27 日上午 11 时到 12 时,晴。

表 4 女真树体中文变电势差及检波效果的昼夜变化

时间		6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00	20:00	22:00
项目										
树 体	广播声	(+)	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(-)
两点间	耳机端电压 读数 (mV)	8.1~8.2	8.7~8.8	17~18	23~24	4.8~4.9	4.7~4.8	20~21	17~18	16~16.2
天线接	广播声	(+)	(+)	(++)	(++)	(-)	(-)	(++)	(++)	(+)
二极管	耳机端电压 读数 (mV)	30~31	26~27	44~45	54~55	0.8~0.9	1.4~1.5	58~60	51~52	51~52

注 测定时间 1981 年 12 月 30~31 日,晴。

表 5 女真树体 AO 间电阻值随温度的昼夜变化

时间	18:00	20:00	22:00~8:00		10:00	12:00	14:00	16:00
项目								
环境气温(℃)	9	8	7	7	9	11	11	9
皮层温度(℃)	13	11	9	6	10	13	12	11
电阻值 (KΩ)	34	38	42	46	40	35	34	36

注 测定日期 1982 年 2 月 24—25 日,晴。

L 为 100cm, 则其平均电阻率为 19Ωcm, 温度升高 1℃ 平均电阻率下降 7%, 都介于绝缘体和导体之间^[6]。表明女真树体 AO 间具有与半导体相类似的温度系数。

(三) 树体交变电信号的波形观察

按图1所示将示波器接于 BC 两点间,观察了雪松和樟树树干 AO 两点输出信号波形。波形十分复杂。这是在 50Hz 交变信号上迭加上载波信号、音频信号和其他干扰噪声,变成的复杂波形。若示波器加接地线屏蔽,把 50Hz 交流信号大部滤去,则可看到以调幅波为主迭加上 50Hz 的残余的波形,其调幅波的上下包络线不协调,仍受 50Hz 等电噪声干扰。此时用耳机监听,除广播声外还有交流声等干扰。

上述结果表明,多数活的树木都有感应其周围空间电磁波的能力。若把一棵树当作一种组合天线,树

冠、树干和树根就是伞形-杆形-接地的天线组合体系。在交变电磁场作用下,这种天线对本地或外地较高的感应电动势,在特定条件下不必放大就可用耳机收听到。由于树木对空间电磁波都能起吸收、过滤和屏蔽作用,这对环境保护、广播通讯和绿化造林等,都有一定的影响。

三、讨 论

据报道 C. Baxter 在 1966 年发现天南星科植物在环境条件极小变化时,其体内能产生相应电信号变化^[10]。J. Laurte 曾报告植物“唱歌”的现象^[11]。近年来还发现了植物会“说话”会“叫渴”等现象^[12,13]。作者的观察表明,在植物体表层还存在一种对周围空间电磁波起感应及检波作用所产生的声音,这是一种电磁污染的环境电噪音(如广播电台的广播声、50Hz 交

流声及电器设备噪声等等)。因此研究植物生理过程产生的声音时,必须对研究对象进行适当的屏蔽,以排除其周围空间电磁波污染所造成的干扰。

关于树体韧皮层检波作用机理问题,若从女贞树韧皮层电阻随温度变化这一现象出发,可以假定韧皮层具有某种半导体特性,当金属电极插入韧皮层并构成紧密接触时,形成类似肖特基势垒二极管(SBD)的结构,产生单向导电现象^[9]。

此外,作者还在龙舌兰(*Agave americana* L.)叶片上。盆栽大叶黄杨(*Euonymus japonicus* Thunb)和桔树(*Citrus deliciosa* Tenore)的枝条上测检到音频电流及广播声。这表明植物检波作用是一种普遍现象。叶片和枝条比树干韧皮层有较多的叶绿素,而叶绿素是一种具有半导体结构的晶体^[1,2]。

植物是一个复杂的整体,它与电磁波的相互作用的生物电磁效应^[9]的作用机理,无论细胞、器官和整体水平都不清楚。这是有待今后探讨的一个问题。

树木分类承宁波市园林管理处陈泽亥工程师协助。特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 郁祖湛:《自然杂志》,1979年,2卷,10期,634—635。
- [2] 殷宏章:《自然杂志》,1979年,2卷,4期,202—207页。
- [3] 多纳逊著:《生物学研究用的电子仪器》,科学出版社,456—461页,1973年。
- [4] 上海植物园编:《上海园林植物图说》,上海科学出版社,1980年。
- [5] 黄昆等著:《半导体物理基础》,科学出版社,198—220页,1979年。
- [6] 华中工学院《半导体电路基础》编写组编:《半导体电路基础》,中国工业出版社,3—5页,1970年。
- [7] 祝宗岭等:《植物生理学通讯》,1982年,第1期,54—58页。
- [8] 唐友林:《植物生理学通讯》,1982年,第2期,7—10页。
- [9] 李国栋:《生物化学与生物物理进展》,1978年,第3、4期。
- [10] 朱铮等:《科学画报》,1981年,第8期。
- [11] 毛延年:《自然杂志》,1981年,4卷,2期,151页。
- [12] Kingsley, W.: *Science Digest* 2, 1981.
- [13] Milbum, J.: *New Scientist*, Vol. 91, No. 1263.

[本文于1982年11月3日收到]

会议简讯

生物物理教学工作座谈会

今年一月廿一日到廿三日中国生物物理学会教育工作委员会在北京召开了全国高等学校生物物理教学工作座谈会。会议由委员会正副主任林克椿、程极济主持,到会代表50余人,包括综合大学10所、工院校3所、师范院校4所、医药院校13所、农院校3所。高教部、人民教育出版社的同志到会并参加了讨论。

会议目的在于交流国内外生物物理教学与干部培养的经验教训,并讨论我国各类学校专业设置、课程内容、教学方法以及加速生物物理师资培养提高等有关问题,以适应这门学科日益发展的需要。

会上首先由一些到国外工作学习过的同志介绍了各国生物物理的教学状况。从这门学科还在形成、发展以及和许多学科交叉的特点出发,目前各学校多半根据师资条件着重研究生物物理学不同领域,既培养大学生、也培养研究所、而又以后者为主。在教学组织上,既有专门的生物物理系或分子生物物理系,又有与其它学科结合的系,如生理与生物物理系、生化与生物物理系、辐射生物与生物物理系等。还有不设系而由有关各系教授组成专业组培养研究生等各种办法。他们在课程内容的选择、教学方法讲得少而精、加强讨论课、学生独立自学及参加部分讲课等方面都有可借鉴之处。

在国内情况介绍中,大家回顾了我国从1958年以来这门学科发展的过程,一致认识到必须根据我国的实际情况,结合各类学校的特点稳步发展,不能再重现

过去一哄而起一哄而散的局面。参加这次会议的33所院校中,从五十年代末创建而又坚持下来的单位,目前基本上已摸索出自己的发展方向,在教学与科研方面做出了不少成绩。例如上海第一医学院生物物理教研室联系医学实际,在血液流变学方面做了不少工作,并在临床上得到了应用。目前一个可喜的现象是从1978年以来,在将近10所院校中新建了生物物理专业或教研室,其中南开大学、吉林大学都设在物理系,清华大学、华中工学院等工院校也积极开展这门学科的研究和教学。大家认为更多的物理专业教师加入这一队伍,必将促使本门学科更快发展。新建单位逐渐增多,也反映了对生命科学的深入了解和在科学技术现代化中发展生物物理学的必要性已被越来越多的人所认识。

会议讨论了大家共同关心的几个主要问题。一是专业学生毕业分配的困难。造成这一现象的因素很多,多数同志建议除较有基础的少数院校外,当前不宜办得太多,并且应积极和有关部门联系,对学生的出路做到心中有数。二是普通生物物理学课程的设计是多数院校目前迫切需要解决的问题,除各校自己努力外,希望几个有基础的学校带头做出榜样,三是师资培养亟待解决。会议决定今年暑期由教育部主办一期生物物理讲习班,由学会推荐教师,结合最近出版的试用教材“生物物理学”讲授讨论,为期三周,已在积极筹备之中。

[程伯基]