

中国电力科学研究院
科技专著基金资助



人后电力电磁环境

张文亮 何万龄 等 编
崔鼎新 吕英华

RENJU DIANLI DIANJI HUANJING



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

中国电力科学研究院
科技专著基金资助

人后

张文亮 何万龄 等 编
崔鼎新 吕英华

电力电磁环境

RENJU DIANLI DIANJI HUANJING



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是面向大众的科学普及读物,内容编排上深入浅出,语言通俗易懂。主要内容包括电磁的发现与发展、自然电磁环境、人为电磁环境、电能的产生与输送、电力设施的工频电场和工频磁场、静电感应、工频电场和工频磁场与人体健康、工频电场和工频磁场的限值、无线电干扰和可听噪声、输变电工程建设环境监管等。

图书在版编目(CIP)数据

人居电力电磁环境 / 张文亮等编. —北京: 中国电力出版社, 2009

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8286 - 9

I. 人… II. 张… III. 居住环境: 电磁环境 IV. X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 206216 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: //www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 4 月第一版 2009 年 4 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 6 印张 69 千字

印数 0001—3000 册 定价 30.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

《人居电力电磁环境》

编写委员会

名誉主任委员 何万龄

主任委员 张文亮

委 员 林 雄 于永清 徐晓东 薛更新
邬 雄 陆家榆 肖 兰 梁志成
夏 泉 吕英华 何金良 崔鼎新
瞿雪弟

编 写 人 员 崔鼎新 瞿雪弟 吕英华 何金良
夏 泉 陈水明 吴桂芳 韩 辉



序 言

电力是清洁方便的二次能源，在城市和乡村等人类活动的一切场所都需要电能。不可设想，在当今社会如果没有电力将会变成什么样子！由于物质文化生活水平的提高，人们对生活质量越来越关注。家用各种电器设备需要电，供给这些电器设备的电源线上有 220V（伏特）的电压、有几到几十安培的电流。这些电能是从远方的发电厂经过多级输电线路、变电站送到城市乡村的千家万户的。高电压大电流的输变电设施要通过乡村或深入到居民区，人们自然会联想到这些高电压大电流输变电设施，在周围产生的工频电场和工频磁场对附近居民的生活和身体健康是否有影响？这不仅是人们关心的热点问题，也是电力建设的重要问题。

我国早在 19 世纪 70 年代就有了电灯，进入 20 世纪后电力工业有了一定发展。新中国成立后得到了迅速发展，特别是改革开放以后发展更加迅速。20 世纪 80 年代出现 500kV 交流和 $\pm 500\text{kV}$ 直流超高压输电，至 20 世纪末以超高压输电为骨干的区域电网逐步形成。我国的电力负荷中心主要分布在东、中部，水力、煤气油等资源主要分布在西、北部，按照“西电东送、南北互供”，发展长距离大容量 1000kV 交流和 $\pm 800\text{kV}$ 直流及以上电压级的特高压输电，才能适应当前和未来全国联网及大容量长距离输电需要。

百年电力发展历程的实践表明，输变电设施在其附近产生的电磁环境，



只要遵守有关法规、标准的规定,采取有效措施,就不会影响人的身体健康。本书编写的目的就是向广大读者介绍电力电磁环境的初步知识,旨在使读者对电力电磁环境有个初步的了解,消除不必要的疑虑和误解,为共建资源节约型、环境友好型的和谐人居电磁环境尽微薄之力。

经过 2005 年酝酿和征求意见,2006 年中国电机工程学会批准立项,委托电磁干扰专业委员会组织本书的编写工作,并得到了中国电机工程学会科普基金和中国电力科学研究院科技专著基金资助。电磁干扰专业委员会为编写本书成立了编写委员会,由专委会部分成员单位的知名专家、教授和青年科技工作者组成。本书主要是面向关注电力电磁环境的广大读者,在内容编排上力求深入浅出,在语言叙述上尽量通俗易懂,在表示方法上多用图表曲线,非常用的专用术语也尽量用熟悉的术语来代替。本书在电磁的发现与发展、自然电磁环境、人为电磁环境部分,首先向读者介绍了一般电磁环境问题;然后在电能的产生与输送、电力设施的工频电场和工频磁场、静电感应、工频电场和工频磁场与人体健康、工频电场和工频磁场的限值、无线电干扰和可听噪声、工程建设环境监管各章,专门介绍了电力电磁环境的有关知识。

本书在中国电机工程学会支持下,在电磁干扰专业委员会组织下,得到了清华大学、北京邮电大学、北京电力设计院和中国电力科学研究院领导、专家的大力支持,得到了中国电力出版社的热诚帮助。本书由编写委员会部分成员集体编写。

最后在此谨向各有关单位和参加编写的各位专家学者表示衷心地感谢。鉴于编写科普读物《人居电力电磁环境》尚属初次尝试,如有不当之处,恳请读者批评指正。

张文亮

2009 年 1 月于北京



目 录

序言

1 电磁的发现与发展	1
2 自然电磁环境	10
2.1 地球的自然电磁环境	10
2.2 电磁场是一种物质	11
2.3 地球的大气	12
2.4 地球的磁场	12
2.5 太阳的活动	15
2.6 雷电	15
3 人为电磁环境	18
3.1 电场	18
3.2 磁场	18
3.3 电磁场和电磁波	19
3.4 频率与波长	19
3.5 电磁辐射	20
3.6 电的应用与电磁环境	21



3.7	家居电磁环境	21
4	电能的产生与输送	26
4.1	电能的产生	26
4.2	电能的输送	27
4.3	高压输电	30
5	电力设施的工频电场和工频磁场	32
5.1	工频电场	32
5.2	工频磁场	32
5.3	三相输电线路工频电场和工频磁场	33
5.4	影响架空输电线路电场、磁场的主要因素	41
5.5	建筑物对工频电场和工频磁场的屏蔽作用	42
5.6	变电站的工频电场和工频磁场	43
5.7	国内外邻近输电线路室内工频电场和工频磁场的测量	43
6	静电感应	46
6.1	什么是静电感应	46
6.2	人体接触金属物体为什么会有麻电感觉	49
6.3	通过人体感应电流的限值	52
6.4	降低静电感应电压、电流的措施	53
7	工频电场和工频磁场与人体健康	56
7.1	工频电场和工频磁场对人体影响的机理	56
7.2	工频电场对人体影响	56
7.3	工频磁场对人体影响	58
7.4	世界卫生组织的结论	61
8	工频电场和工频磁场的限值	65
8.1	确定限值的原则及依据	65



目 录

8.2	国际上工频电场和工频磁场的限值	66
8.3	我国工频电场和工频磁场的限值	70
8.4	电场和磁场标准的发展趋势	70
9	无线电干扰和可听噪声	71
9.1	无线电干扰	71
9.2	可听噪声	75
10	输变电工程建设环境监管	79
10.1	输变电工程建设程序	79
10.2	电磁环境的工程设计及施工管理	80
	参考文献	83
	后记	84



1

电磁的发现与发展

人居电力电磁环境是指电力设施正常运行时，在居住区域（室内外人们经常活动的场所）形成的电磁环境。显然，在电力应用之前，居住区域只存在自然电磁环境，直至电力的应用才出现电力电磁环境。

现代科学证实，宇宙年龄大约为 130 多亿年，宇宙是由物质、能量……组成的。英国生物学家赫胥黎在《进化论与伦理学》中曾述：“天上的列星和地上的万物都是宇宙物质的部分过渡形式”。人类是宇宙物质的部分过渡形式之一，处在宇宙的浩瀚环境之中，承受着各种物质的作用 and 影响。电磁现象不例外也是宇宙物质的部分过渡形式之一。在宇宙中存在着宇宙背景辐射，各种宇宙射线不间断地射向地球，太阳的磁暴骚扰着地球，地球上的雷电时刻在发生……

至少在两千五百年以前希腊人知道，如果人们摩擦一个琥珀，它会吸起许多纤维和小片粉尘，发生这种现象的原因就是琥珀带电。我国是用文字记载电磁现象最早的国家之一。早在公元前 16~15 世纪，殷商时代的甲骨文中就有“雷”字；西周时代的青铜器上发现刻有“电”字。西汉末年，《春秋纬·考异邮》中有“玳瑁吸”的记载，它告诉人们经过摩擦的玳瑁，能够吸引微小的物体。大约在公元前 200 年，中国人就发明了指南针，并



人居电力电磁环境

最早将指南针应用于航海。

18 世纪中期之后，人们对电磁的认识从定性阶段迈入定量的新阶段。1785 年库仑通过试验测得两个静止点电荷相互作用力与距离的平方成反

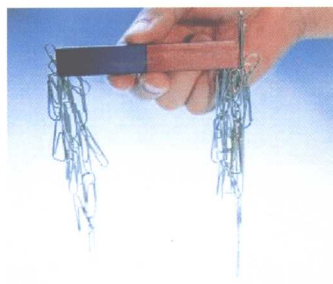


图 1-1 磁铁吸引铁针

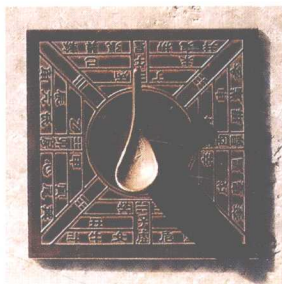


图 1-2 司南——被称作指南针的始祖，大约出现在战国时期。静止时勺柄指向南方



图 1-3 指南鱼——古代民间用薄铁叶剪裁成鱼形，鱼腹略下凹，磁化后浮在水面可指南北

比、与电量乘积成正比的定律。1786 年伽伐尼发现了电流。1820 年丹麦科学家奥斯特（Oersted）发现电流能够产生磁场。1831 年英国科学家法拉第（Faraday）发现电磁感应现象。1862 年麦克斯韦（Maxwell）预言存在电磁波，1865 年建立了电磁场理论。1888 年赫兹（Hertz）通过实验证实了电磁波的存在。



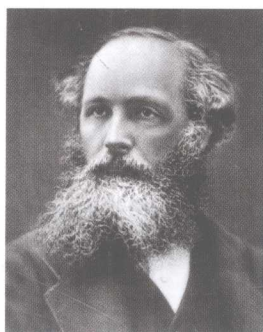
查尔斯·奥古斯丁·库仑
(1736—1806)



1 电磁的发现与发展



迈克尔·法拉第
(1791—1867)



詹姆斯·克拉克·麦克斯韦
(1831—1879)

图 1-4 电流产生磁场, I 为电流,
 B 为磁感应强度, 箭头指向为方向

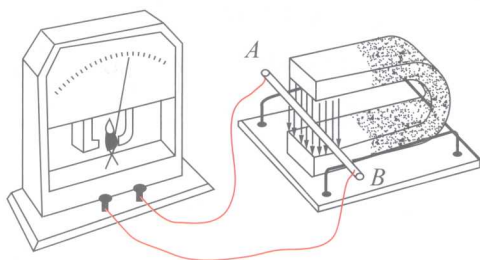
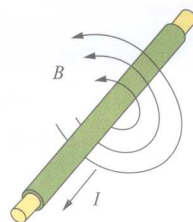


图 1-5 电磁感应现象,
在磁铁附近移动导体可
以产生电流



人居电力电磁环境

电的应用首先从通信开始。大约在 1830 年开始有电报，1838 年莫尔斯电报注册专利，同年，伦敦附近出现了一条铁路电报线路。1850 年敷设了第一条海底通信电缆。1871 年电气工程师学会(当时叫电报工程师学会)成立。1876 年贝尔(A.G.Bell) 获电话发明专利。1886 年世界范围的电报线

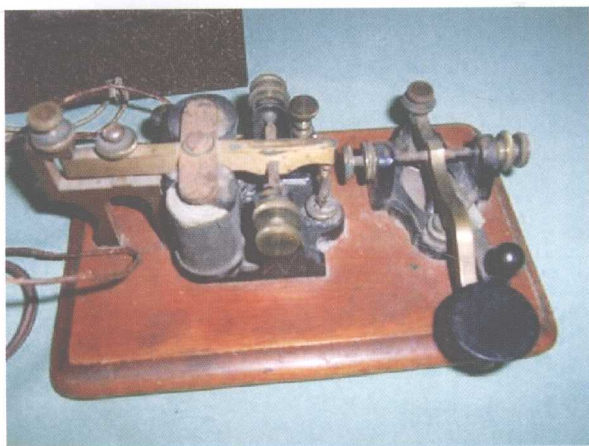


图 1-6 早期电报



图 1-7 贝尔电话

和电缆以及相当长的一些电话线路的网络已形成。1901 年马可尼传送横跨大西洋的无线电报获得成功。一系列的发明创造使电气设备得到广泛应用，人类从蒸汽时代进入电气时代。20 世纪中期，微电子技术的发展，使得有线和无线通信、无线电广播和电视广播、计算机和自动化、雷达和测控、遥感和卫星、光缆和因特网等得到大发展，人类进入信息时代。

电力公共事业的开始比电报约晚 50 年。国际电力发展经历年表见表 1-1。



1 电磁的发现与发展

表 1-1

国际电力发展历年表

年 份	事 件
1831	法拉第创建了发电机原型
1834	德国雅可比发明直流电动机
1867	比利时格拉姆制成改进型交流发电机
1879	爱迪生发明了白炽灯
1882	出现了 1500 ~ 2000V 直流输电线路, 长 57km
1883	特斯拉制造了第一台感应电动机
1885	帕诺斯基等三位匈牙利工程师发明了变压器
1891	德国 13.8kV 输电线路第一次将交流电力输送到远方
1896 ~ 1899	特斯拉实现了 200kV 架空高压输电线路, 长 57.6km
1908	美国建成第一条 110kV 输电线路
1923	美国建成第一条 220kV 输电线路
1952	瑞典建成 380kV 输电线路
1954	美国建成 345kV 输电线路
1964	美国建成 500kV 输电线路
1965	735kV 输电线路在加拿大投入运行
1969	美国的 765kV 输电线路投入运行
1985	苏联建成 1150kV 交流特高压输电线路, 经过了 6 年商业运行考验



我国早在 1879 年上海公共租界就有了电灯，1882 年创办了上海电气公司开始发电，7 月 26 日试装电灯（弧光灯）15 盏。中国输电发展年表见表 1-2。



图 1-8 1887 年矗立在上海
外白渡桥上的一盏电弧灯



1 电磁的发现与发展

表 1-2

中国输电发展年表

年 份	事 件
1908	云南建成 22kV 线路
1921	北京建成 33kV 线路
1933	辽宁抚顺建成 44kV 线路
1934	吉林延边建成 66kV 线路
1935	抚顺电厂至鞍山 154kV 线路建成
1954	丰满至李石寨 220kV 线路建成
1972	刘家峡至关中 330kV 超高压线路建成
1981	姚孟至武昌 500kV 超高压线路建成
1989	葛洲坝至上海 ± 500 kV 超高压直流输电线路建成
2005	西北 750kV 超高压输电线路建成
2009	1000kV 交流特高压示范工程投入运行

由于我国水力资源主要分布在西南，煤气油资源主要分布在西北，需要远距离大容量特高压输电，1000kV 交流和 ± 800 kV 直流特高压输变电工程正在建设。为此，2007 年建成 1000kV 交流和 ± 800 kV 直流特高压试验线段（见图 1-9、图 1-10）。2009 年 1 月，1000kV 交流特高压示范工程投入运行（见图 1-11）。随着电力负荷的增长，输电容量和规模的扩大，在跨省（区）500kV 电网基础上，将可能逐步形成以特高压为主的骨干电网。



人 居 电 力 电 磁 环 境



图 1-9 2007 年 2 月, 1000kV 交流试验线段在武汉建成

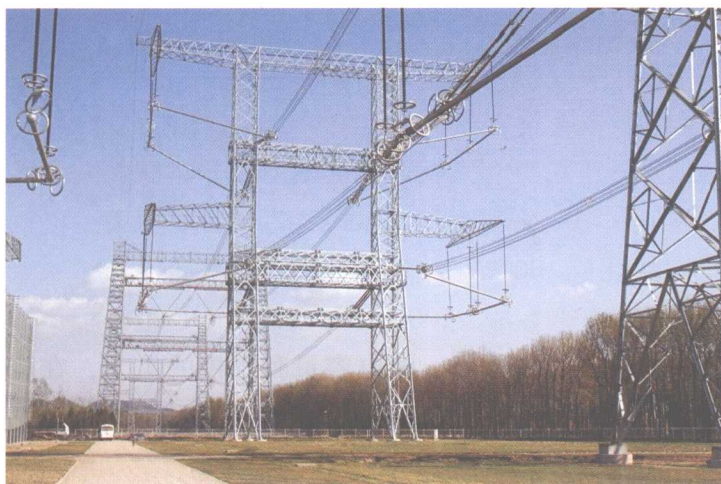


图 1-10 2007 年 6 月, $\pm 800\text{kV}$ 直流试验线段在北京建成