

20558

美国邦维尔电力管理局生态研究工作组著

输电线路的电效应和生态效应

评 述

水利电力部电力科学研究院

PDG

输电线路的电效应 和生态效应

评 述

美国邦维尔电力管理局生态研究工作组著

Jack M. Lee, Jr. (组长)

John H. Brunke

Gerald E. Lee

Gerald L. Reiner

Fay L. Shon

邵方殷 付宾兰 译
张顺福 李顺元

水利电力部电力科学研究院

北京 清河

一九八七年四月

译者的话

本书是美国邦维尔电力管理局（BPA）于1974年着手开始编辑，并随着研究工作的进展先后几次修改，于1982年最后修改定稿的。书中简要地总结了BPA和其它国家关于输电线路产生的电场和磁场对人、动物和植物是否有生态影响的研究成果，以及其他方面效应。还介绍了输电线路电晕有关方面效应。关于工频电场对人是否有影响的问题，近十几年来一直为国内外所关注，各国对这一课题的研究已花费了巨大的资金和投入了大量的人力。为了更好的利用国外对该课题研究已取得的成果，为我国电力建设服务，为了使人们对输电线路产生的电场和磁场的有关影响有一较为全面的认识，消除某些不必要的疑虑，我们翻译出版了这本书。

本书是由水利电力部电力科学研究院高压所邵方殷、付宾兰、张顺福、李顺元四位同志翻译，刘长浥同志校阅。

限于译校者水平，错误之处在所难免，请广大读者批评指正。

译者

1986年11月

目 录

前言	1
提高	2
绪言	8
交流输电	12
基本概念	12
电场	14
感应电流和电压	20
电场的生态效应 短时影响	21
电场的生态效应 长时影响	24
背景	24
文献综述	26
植物	27
昆虫	31
野生动物	33
家畜	36
实验室动物	38
人	49
电场标准	52
磁场	57
磁场的生态效应 短时影响	59
磁场的生态效应 长时影响	59
电场影响 几个特例	62
心脏起搏器	63

可燃物·····	64
灌溉设备·····	65
栅栏/ 金属构筑物·····	67
电晕效应·····	67
可听噪声·····	68
无线电和电视干扰·····	73
臭氧·····	75
直流输电·····	78
技术特征·····	78
耦合电流和电压·····	82
生态效应·····	86
地下输电·····	91
附录A：有感应电压的物体的接地标准·····	93
附录B：电磁场对生态影响的文献摘要·····	96
参考文献·····	103

前 言

这本小册子是由BPA的工程师和环境专家们在1974年开始建立的工作组起草的，它汇集了电力线路对植物、动物和人的影响的有关资料。我们工作组感谢过去的成员们以及参加这本小册子抄写、编辑、打印、制图和印刷的BPA其他人员所做的贡献。七十年代早期公众对新的超高压（EHV）线路主要是500kV和750kV的关注日益增长，为答复这种关注，我们积累了有关资料，并陆续发表，人们的关心集中于电场、磁场、可听噪声和臭氧的可能影响。

1975年当这本小册子的第一稿完成时，关于超高压线路的生态影响的研究还进行得不多，但是并没有证据表明这些线路存在有害的生态影响。1977和1978年对这本小册子作出两次修改时，世界上对这一问题最初的研究已有了结果，这些研究都进一步证明在高压线路附近人们可以安全地工作和生活。

到1982年为止，生态研究工作组已经审阅了几百篇研究报告，并和许多国家的研究人员进行了会晤。而且美国和其他国家相继建设的500kV和750kV线路也都在运行，所有这些研究结果和运行经验都说明担心输电线路对健康有潜在的长期影响是没有根据的。

然而，对许多人来说超高压线路仍是新事物，在计划建设超高压线路时，常常会出现许多问题。仍然有一些关于电场生态效应的研究在进行，在这些研究中一些报道认为有害影响，一些认为没有，还有一些没有结论，因此这本小册子又作了修正，使它能包括最新的研究成果。

BPA是美国唯一具有超高压交流和直流输电线路的研究和运行经验，又有一条1100kV交流试验线路和一条 ± 600 kV试验线段的单位。这本小册子主要取材于使用上述设备得到的运行和研究结果，以及一直在进行的文献审阅所获得的资料，还有和同广大研究人员的通信。

生态研究工作组欢迎对这本小册子提出批评或建议，来信请寄美国俄勒冈州波特兰市97208，邮政信箱3621，邦维尔电力管理局，环境规划部，生态研究工作组组长收。

提 要

本书的任务是介绍交流和直流输电线路的电气特性以及它对植物、动物和人的影响。该资料主要适用于345kV及以上电压等级的输电线路，所讨论的电气特性是指电场、磁场和电晕。

交 流 电 场

特性

在导线上加电压后，导线周围会产生电场，输电线路在地面附近的电场是指两点间（通常为1m）的电位差。例如BPA的500kV线路走廊内地面附近的最大电场小于9kV/m（每米间电压为9kV）。与此相比电热毯附近的电场在0.24kV/m至10kV/m之间，前者指离电热毯30cm处，后者指直接靠近电阻丝处，输电线路的电场强度随着离开线路的距离增加而迅速减小。

生态效应

电场能在人和物体上感应出电压，在强电场中，对地绝缘的人（例如穿橡胶底鞋）接触接地物体（例如金属栅栏）会有能感觉到的电流流过人体或出现恼人的火花放电。后者和人走过地毯接触门把手产生的火花放电类似。然而，在BPA的500kV线路走廊内通常的电场作用下，人们接触接地物体时很少有任何电击感觉。

人们更关注的是处于地电位的人接触对地绝缘的物体（例

如干木支柱上的栅栏线) 这种情况, 如果该物体体积大, 释放的能量可能会导致疼痛的电击。因此按照BPA的规定和国家电气安全导则要求 (见附录A), 靠近输电线路的栅栏和其他大型金属物体通常是接地的。

虽然由电场引起的电击为人们清楚地了解, 并能适当的控制, 但当前的问题是电场是否会产生长期的生态影响。输电线产生的电场能在人和物体内部感应出微弱的电流和电场, 虽然这一电流和电场已小到感觉不出来, 但一些科学家仍认为有潜在的危险。为了获得有关这一课题的资料, 在全世界已进行了数百项研究。

根据20多年来的研究, 大量的科学证据表明输电线路的电场对健康没有有害的影响。但由于某些研究者曾发现了一些影响, 而且从科学上还不可能下长期受电场作用绝对没有危险的结论, 因此这一课题仍然是有争论的。

交 流 磁 场

特性

电流流过导线就会产生磁场, 和家用电器的局部磁场相比, 输电线下的磁场是很弱的。例如500kV输电线下最大磁场约为0.05mT (0.5高斯), 而彩色电视机或电炊具附近磁场约为0.5至1.0mT (5至10高斯)。

生态效应

交变磁场能在生物体和物体内部感应产生电流和电场, 然而, 输电线磁场在体内感应的电流和电场甚至比由输电线电场产生的还要微弱。磁场也能在靠近输电线路附近的物体上感应出电

压,并引起使人烦恼的电击。采用和防护电场相同的接地方法,也能有效地减轻由磁场感应引起的电击。

由于输电线路磁场幅值很小,相应的可能有长期生态效应的担心也就少得多。因此对工频磁场没有象对电场那样进行很多研究。

电场：特别事例

心脏起搏器

在某些情况下来自汽车点火系统和家用电器的感应电压和电流可以影响心脏起搏器,还没有见到输电线路对装有起搏器的病人产生严重影响的报道,然而研究结果已表明高压输电线路的电场有可能影响某些类型的起搏器的工作。对指令型起搏器最可能的影响是反转到非同期工作状态,亦即按一定规律送给心脏脉冲。翻转基本上是一种安全状态,不一定是有害的。

易燃材料

由感应电压引起的火花放电有可能引燃象汽油蒸汽等易燃混合物。可能导致引燃的情况是很少的,到目前为止BPA输电线路附近还没有发生过这类事件。

灌溉设备

靠近输电线路的金属灌溉设备,因为体积大而且有时对地绝缘,存在潜在的电击危险。然而采取基本的预防措施后,危险即可消除。主要的预防措施有接地和使管路和其他设备远离导线。

电 晕 效 应

当导线上的凸出部分场强十分集中时会出现电晕（紧靠导线的空气击穿），最常见的凸出物是水滴，故恶劣天气时500kV和更高电压的线路电晕是最引人注目的。电晕可以产生可听噪声，无线电和电视干扰，它还发光并产生微量臭氧。

若干年来，线路设计已有所发展，大大地减小了可听噪声水平。现在已运行的500kV线路，很少接到有关噪声的抱怨，尽管无线电和电视干扰的问题还时有发生，BPA的方针要求认真调查这类问题，如和BPA的装置有关就要设法排除。在500kV和765kV线路，以及1100kV试验线路上的研究表明，输电线产生的臭氧量在平均的背景水平下，一般是探测不到的。

直流输电线路

特性

美国目前只有三条高压直流输电线路，BPA经营着北美第一条直流线路，长1361km ± 400kV的太平洋联络线的俄勒冈州的部分。对较长的距离来说，直流线路会比交流线路更经济。

交流线路有三组（相）导线，而双极性直流仅有两组（极）导线。和交流线路不同的是，电晕时直流线路产生的空间离子是离开导线而去的。直流线路的电场是由导线上的电荷和空气游离产生的空间电荷两者共同生成的。风对直流线路附近的电场有很大影响。

和相应等级的交流线路相比，直流输电线路的电晕效应（可听噪声，电视干扰）一般较小。

生态效应

靠近直流线路而且对地绝缘的物体上会积累电荷。典型的情况是,离子流经过空气进入人和物体,但这一直流电流要比由交流线路感应的电流小几个数量级,在 $\pm 400\text{kV}$ 直流线路附近使人烦恼的电击要比在交流 500kV 线路附近轻。在这两种情况下事先接好地都能有效地减轻电击。由于产生磁场的电流是单方向的,而不是交变的,因此直流线路不会产生电磁感应。

运行经验和研究工作没有任何证据说明太平洋直流联络线对人、畜和植物有危害。而且并非专门针对直流线路做的关于离子流和直流电场的大量研究也说明该条线路不太可能有不良影响。

绪 言

多年来人们建设输电线路,采用的工作电压也在不断升高。每次电压升高,都使更多的能量能通过容量更大的架空线路更有效地送出。表 1 给出了BPA不同电压级线路投运的时间和相应的输送能力。

表 1 BPA不同电压输电线路的投运时间和输送能力

线路额定电压	投入年份	每回输送能力 (MW)	回路·公里 1981年 9 月	典型走廊宽度 m
230kV	1939	200	7390	27 ~ 38
345kV	1955	450	917	43
500kV	1967	1500 - 2500 ^{*1}	5765	32 ~ 50
± 400kV	1970	1600	425	41
1100kV 试验线段	1977	10000	2.1	64 ~ 72 ^{*2}

* 1. 500kV和1100kV输送能力适用于有串补长240km的线路

1 MW = 1000000W

* 2. 今后工业用的1100kV线路输送能力为10000MW, 走廊宽如表所示。

BPA出售西北部联合水电规划提供的电力，它的输电线路将近20900km（见图1）^{*}，其中输电电压为230kV，345 kV和500kV的线路约占70%，。

BPA有5600回路·公里500kV系统，它是世界上最大的系统之一。此外，BPA经营着在北美建设的第一条 ± 400 kV直流线路的一部分。图2给出了不同电压等级线路的典型杆塔形状。

在采用345kV线路前，输电线路最引人注目的影响是和其他土地使用者的冲突，以及景观的改变。当超高压线路（345kV及其以上）投运以后，附加的效应已很明显。345 kV线路的投入运行，使邻近线路的住户的无线电接收设备受到一些影响。随着500kV和765kV线路的投入运行，又增加电视接收的干扰、可听噪声、电场和磁场的影响。

随着更高级电压线路的采用，这些影响导致出现和线路有关的某些问题。若干年来BPA和公用事业单位通常都改进了设计和架线工序，使这些效应都大大减少。

通常称为特高压（UHV）的下一级电压（1000kV及其以上）可以设计成使上述效应与超高压线路没有实质的差别。BPA在俄勒冈州里昂（Lyons）的1100kV试验性线路从1977年以来已开始运行并用它进行了研究工作。该级电压的线路可能需要1990年出现。

虽然BPA极少收到来自输电线路附近居民的抱怨和反应的问题，然而在拟建新线路时，仍会出现许多问题，其中很多涉及这些线路的电气特性。

这本小册子的目的是要介绍输电线的电气特性，以及对植物、动物和人的影响，也讨论了减小和限制这些不希望有的影

^{*} 图1 为BPA输电系统和计划附加的设备，因复制缩小后看不清，考虑与本书内容无直接关系故省略。

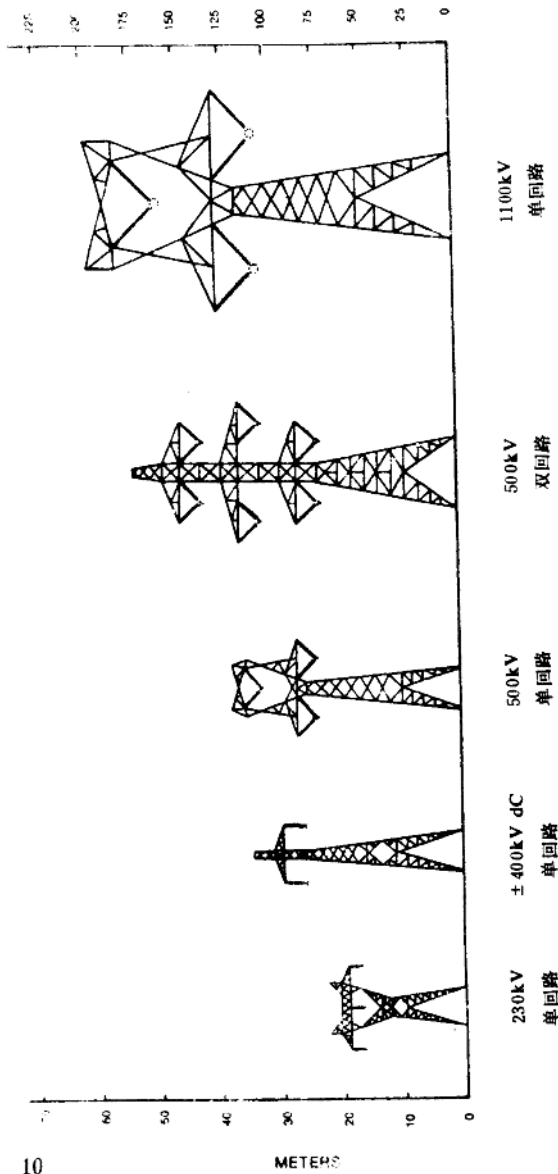


图2 典型的BPA输电线路铁塔外形

所给高度是指平坦地区平均高度，实际高度主要取决于环境和工程需要

响的办法。输电线的其他效应如线路走廊的构成和清理，线路的出现对景观的影响不在本书的范围以内。有关输电线路全面效应的资料可在其他地方找到（Arner和Tillman 1981）

输电线的电效应可分为两大类：（1）电场效应，（2）电晕效应。交流和直流线路的这些效应虽有类似之处，但仍有某些重大差别，因此本书单独分出一节讨论直流输电。

交 流 输 电

基本概念

美国交流输电的频率为60Hz（每秒60周），也就是说导线上的电压和电流两者的大小和方向都是连续变化的。电压是使导线中产生电流（即电子移动）的电力。为了比较，给出下列频率：电视发射机的工作频率为55—890MHz（MHz = 每秒兆周），微波是指1000MHz及其以上。微波波长小于30cm，而输电线路60Hz工频波长为5000km（图3）。

高频电场（短波长）可被生物体吸收，微波可以产生热量（如微波电炉），游离辐射（例如X射线）所具有的高能量可以从分子中分离出电子。与此相反，60Hz的特长波仅有微小的能量转移给尺寸和人体积相同的物体。据估计处在60Hz工频电场中体积和人体相当的物体吸收的功率仅为从相同功率强度的60MHz电视频率电场中吸收的亿万分之一（IITRI, 1979: 5—17）。

输电线路是很糟的60Hz发射“天线”，和高频电视和无线电发射台不同，低频功率发射不出去，这点在下一节将要解释。输电线路的电场和磁场强度随着离线路距离的增加很快地减小。

交流输电线路由三相组成（每相由一根或多根导线束组成），每相都输送功率，三相构成一个回路。对60Hz频率来说，每相是同步的，相互间相位差为120°电角度。

不同等级的输电线路可用称为额定电压的电压水平表示。额定电压通常小于在一定范围变动的运行电压。可用两种方法