

电 工 基 础

上 册

王 子 香 著

本 學 院 力 出 版 社

內 容 提 要

本书是作者根据在浙江大学講授过的“电工基础”講义改写而成，內容是按照高教部批准的教学大纲安排的。

全书分三部分：(一)电工的物理基础；(二)交流电路的理論；(三)电磁場的理論；分上、下两册出版。上册包括緒論、靜电場、直流电路、磁路及电磁感应等电工的物理基础部分；还包括复量运算、四端网络、耦合电路、多相制等交流电路的部分理論。

本书可供高等工业学校电机系或动力系用作教学参考书。也可供工程技术人員参考。

电 工 基 础 上 册

王 子 香 著

*

865D246

水利电力出版社出版 (北京西郊科学路二里沟)

北京市书刊出版业营业許可証出字第105号

水利电力出版社印刷厂印刷 新华书店发行

*

787×1092 $\frac{1}{4}$ 开本 * 17 $\frac{1}{2}$ 印張 * 385千字 * 定价(第10类)2.40元

1957年10月北京第1版

1959年7月北京第4次印刷 (8,091—13,170册)

目 录

緒 論

第 1 节 我国古代在电磁方面 的貢獻	1	第 4 节 电工基础的發展	6
第 2 节 我国电气工業的建設	2	第 5 节 苏联及俄罗斯人民在电 工技术方面的貢獻	8
第 3 节 我国的水力資源 和 水 力电站	4	第 6 节 苏联的原子能 电站 和 原子能电站的前途	9

第一部分 电工的物理基础

第一章 靜电場的基础

第 1 节 能量的变换	12	第 7 节 电位和电压	30
第 2 节 核子和电子	13	第 8 节 电偶子的电位	33
第 3 节 MKSA 的合理制	17	第 9 节 导体上电荷分佈的 概念	34
第 4 节 庫倫定律	18	第 10 节 帶电球体的电位 和 电 場强度	35
第 5 节 电場强度和电通密度	22		
第 6 节 高斯定理	26		

第二章 电容和極化

第 11 节 平行板电容器	38	第 17 节 电場的力量	56
第 12 节 同心球电容器	41	第 18 节 边界上的压力	60
第 13 节 同心管电容器	43	第 19 节 电容的串联和并联	64
第 14 节 介質的極化	46	第 20 节 电容的充电和放电	65
第 15 节 边界条件	51	第 21 节 强电性介質和非純性 电容器	69
第 16 节 电場的能量	53		

第三章 直 流 电 路

第 22 节 电势和电場强度	73	第 27 节 位移电流	83
第 23 节 欧姆定律	74	第 28 节 电流的連續性	86
第 24 节 电位圖	76	第 29 节 电阻和溫度	89
第 25 节 傳导电流	79	第 30 节 楞次-焦耳 定律	91
第 26 节 对流电流	81		

第四章 直流电路的计算

第 31 节	基尔霍夫第一定律	94	第 41 节	等效电源	118
第 32 节	基尔霍夫第二定律	95	第 42 节	等效发电机定理(戴维南定理)	123
第 33 节	受电器的串联	97	第 43 节	星形与三角形的互换	127
第 34 节	受电器的并联	98	第 44 节	节点电压法	130
第 35 节	受电器的混联	99	第 45 节	各种计算法的比较	135
第 36 节	直流传输	101	第 46 节	非线性元件	136
第 37 节	支路电流法	104	第 47 节	非线性电路的图解法	138
第 38 节	环路电流法	108	第 48 节	非线性电路的计算	141
第 39 节	叠加定理	112			
第 40 节	倒易定理	115			

第五章 电磁和永磁

第 49 节	中国最早的应用	145	第 57 节	安培定律	168
第 50 节	存在的问题和处理的方 法	146	第 58 节	全电流定律	170
第 51 节	畢-薩力式	149	第 59 节	磁的欧姆定律	172
第 52 节	罗倫茲合力	152	第 60 节	磁化和磁化曲线	175
第 53 节	質譜仪	155	第 61 节	磁滞迴线	180
第 54 节	各种加速器	156	第 62 节	磁路的基尔霍夫定律	185
第 55 节	畢-薩定律	163	第 63 节	试探法和图解法	187
第 56 节	畢-薩定律的应用	165	第 64 节	永磁铁的计算	189
			第 65 节	磁场的边界条件	192

第六章 电 磁 感 应

第 66 节	法拉第定律	194	第 74 节	互感计算的示例	211
第 67 节	楞次定律	196	第 75 节	电流的升降	213
第 68 节	发电机原理	198	第 76 节	磁场的能量	216
第 69 节	电动机原理	200	第 77 节	电磁体系的力和功	218
第 70 节	自感系数	201	第 78 节	电磁力之应用于仪表	220
第 71 节	螺环的自感	203	第 79 节	电磁铁的起重力	224
第 72 节	共軸電纜的自感	205	第 80 节	附录(冲击电流计的测定 磁通与电荷)	226
第 73 节	互感系数	207			

第二部分 交流电路的理论

第七章 交流电路的基础

第81节 交流电势的产生	230	第85节 电阻电路	239
第82节 相角、週期、频率	232	第86节 电容电路	241
第83节 交流电路的参数	235	第87节 电阻和电感电路	243
第84节 有效值和平均值	236	第88节 R, C, L 串联电路	243

第八章 符号运算法

第89节 复数对交流的功用	253	第96节 复量功率	264
第90节 直角坐标的复量	254	第97节 受电器的串联	266
第91节 直角坐标复量的运算	256	第98节 受电器的并联	268
第92节 極坐标的复量	258	第99节 受电器的混联	272
第93节 極坐标复量的运算	259	第100节 电力的傳輸	274
第94节 算符 Re 与 Im	260	第101节 最大功率和傳輸效率	275
第95节 复量的应用	261		

第九章 电路的共振

第102节 共振的概念	278	第108节 能量的振盪	289
第103节 串联共振	278	第109节 串并联共振	291
第104节 共振曲綫	281	第110节 通用共振	294
第105节 最大电压	283	第111节 簡單圓圖	296
第106节 并联共振	286	第112节 圓圖的应用于串并联	
第107节 功率因数的提高	287	电路	299

第十章 交流网络

第113节 基尔霍夫定律	301	路試驗	315
第114节 計算复杂电路的通論	302	第119节 特性阻抗和傳播常数	318
第115节 阻抗电桥	304	第120节 鏈型網絡	322
第116节 交流的环路电流法	306	第121节 T形与 π 形網絡	324
第117节 四端網絡的方程式	311	第122节 理想濾波器	328
第118节 四端網絡的空載和短			

第十一章 空芯和铁芯变压器

第123节 簡史和功用	337	路	354
第124节 趋膚效应的概念	338	第131节 理想变压器	358
第125节 渦流損耗	340	第132节 铁芯变压器的电压式	360
第126节 磁滯損耗和铁芯損耗	343	第133节 铁芯变压器的电流式	363
第127节 互感的正負和綫圈的 極性	345	第134节 铁芯变压器的矢量圖	364
第128节 漏磁系数和耦合系数	348	第135节 铁芯变压器的等效电 路	368
第129节 空芯变压器	351	第136节 自耦变压器和抗流綫 圈	370
第130节 空芯变压器的等效电			

第十二章 多相交流电路

第137节 多相制的起源	373	分量	410
第138节 多相制的电源和相序	373	第150节 电势不对称的三相电 路	413
第139节 对称的三相制	376	第151节 电源和負載都不对称 的三相电路	415
第140节 对称制与平衡制	378	第152节 不对称三相电路的功 率	419
第141节 电源与負載的联接	380	第153节 短路电流的計算	420
第142节 功率的測定	383	附录一 合理MKSA 制与 靜电，靜磁兩制的換算表	424
第143节 对称三相电路的計算	387	附录二 三角函数的基本 公式	427
第144节 不对称三相电路的計 算	391	附录三 双曲綫函数的基 本公式	428
第145节 輸电制的比較	396	附录四 近似值的公式	429
第146节 異步电动机的运轉原 理	399		
第147节 同步电动机的运轉原 理	403		
第148节 相序的測定	405		
第149节 不对称三相制的对称			

緒 論

第 1 节 我国古代在电磁方面的貢獻*

呂氏春秋的精通篇有“慈石召鉄，或引之也”句。漢高誘註云：“石，鉄之母也，以有慈石，故能引其子，石之不慈者，亦不能引也”。管子地數篇，“上有慈石者，下有銅金”。不但明了天然磁石的吸力，而且曉得各種礦藏的联系。

王充論衡亂龍篇，“頓牟掇芥，磁石引針”；郭璞山海經圖贊，“磁石吸鉄，璚璫取芥”。兩文都同時表出電的作用力和磁的作用力。

韓非子有度篇，“故先王立司南，以端朝夕”；王充論衡是應篇，“司南之杓，投之于地，其柢指南”。對磁鉄的探求，已從性質的明確，進而作定向的應用了。

宋朱或萍洲可談，“舟師識地理，夜則觀星，晝則觀日，陰晦觀指南針”。這樣不但用作陸地的定向，且已用于航路的指針了。明初鄭和的七下西洋，西至紅海口的亞丁，比哥倫布和達伽馬都要早半世紀，磁針的指向是不無幫助的①。

宋武經總要，“魚法以薄片剪裁，長二寸，闊五分，首尾銳如魚形，置炭火中燒之，候通赤，以鉄鈴鈴魚首出火，以尾正對子位，置水盆中，沒尾數分則止，以密器收之。用時置水碗于無風處，平放魚在水面，令浮，其首常向午也”。這種人造磁石的方法，非常合于近代科學的原理。

宋沈括（存中）夢溪筆談，“方家以磁石磨針鋒，則能指南，然常偏東，不全南也。水浮多蕩搖，指爪及盪唇皆可為之，轉運尤速，但堅滑易墮，不若縷懸為最善。其法取新纈中獨蠶縷，以芥子許蜡，綴于針腰，無風處懸之，則針常指南，其中有磨而指北者，余家指南北者皆有之”。不但簡便地制成人造的磁針，而且精密地測出地磁的

* 參考清華大學的油印資料和浙江師範學院的油印資料。

① 參考旅行家，1955年第12期，向達的“三寶太監下西洋”。

偏角。

明遺臣刘献廷 广陽杂記，卷一，“磁石吸鉄，隔碍潜通，或問余曰：「磁石吸鉄，何物可以隔之？」犹子阿孺曰：「唯鉄可以隔之耳」。其人去而复来曰：「試之果然」。余曰：「此必然之理也」。則已深知磁無絕緣体，且能構成磁的屏蔽了。

第2节 我国电气工業的建設*

除原子能發電以外，發電大致可分为水力發電和火力發電兩種。我国的水力和火力的自然資源，都有很丰富的蘊藏量。解放以前，由于帝国主义的殘酷掠夺，由于反动政府的严重破坏，已開發的資源，不及蘊藏量的几百分之一。电机电器等的制造工業，都处于半殖民地的癱瘓状态，不能發展。

解放以后，在共产党和中央人民政府的正确领导下，在偉大的苏联和各人民民主国家的支援下，广大的工人和技术人員，發揮了高度的積極性和創造性，电气工業已有了很大的成就。我国的总发电量，在1952年，已超过历史上的最高水平。1954年，在东北的原野上，并已完成了超高压輸电綫的建設，距离达370公里，电压到22.5万伏，完全是現代的标准了。

到1952年，我国已胜利地完成国民經济的恢复工作，而进入高度的建設阶段。党和政府依据国家过渡时期的总任务，編制了1953—1957年的第一个五年計劃，在1955年7月6日的第一届全国人民代表大会第二次會議上一致通过。这个計劃的主要部分，是进行工業建設，建立我国社会主义工業化的初步基础。

为着适应工業建設的需要，必須努力發展电力工業，建設新的电站和改造原有的电站。五年內电力工業在限額以上的建設單位共有107个，其中电站有92个，輸电工程和相应的变电工程共有15个。在这92个电站中，有69个为中心电站，22个为地方电站，一个为流动的列車电站；其中属于苏联帮助設計的有24个。

* 参考中华人民共和国發展国民經济的第一个五年計劃(1953—1957)，1955年，人民出版社出版。

92 个电站的设计能力为 376 万千瓦，加上限额以下的建设单位，全部设计能力为 406 万千瓦，为 1952 年全国发电能力的 2 倍。五年内可完成建设的电站有 54 个，属于苏联帮助设计的有 9 个。这些建设单位五年内增加发电能力 174 万千瓦，加上限额以下的建设单位，共增加发电能力 205 万千瓦，为 1952 年的全国发电能力的一倍。

在 92 个电站的建设单位中，有火力电站 76 个，水电站 16 个。这些火力电站都是根据工业和燃料的分布，运用现代化的技术和自动化的标准来设计的。其中有 32% 是采用大型 高温高压的锅炉的；有 47% 是建设为热电站的^①。这些热电站是热力和电力的联合生产，既能供应电力，亦能供应蒸汽和热水，这种热电站共有 19 个。

除 92 个电站中的 16 个水电站以外，根据已有的资源条件，按照综合利用的原则，计划建设一万千瓦以上的水电站 7 个、小型水电站 8 个。因此，水力发电能力在五年内将有很大的增长，它在全国发电能力中所占的比重，将由 1952 年的 9.3%，提高到 1957 年的 17.1%。

第一个五年计划规定以较大的区域电站（水力发电站或大型热电站）为主，在全国各地区内，组成大小不同的高压电力网 10 个，从而加强各电站之间的电力的相互调度，增进水电站同火力电站的经济配合，扩大电力供应的区域范围，并改善发电和供电的安全。

上述电站的建设和电力网的敷成，将在主要的经济区域内，初步地奠定动力基地，逐步地使各该地区的工业，得到安全的、廉价的、充分的电力供应。

为电力服务的机器制造业，主要的建设单位，有新建的锅炉厂、汽轮机厂和发电厂各 2 个；电机厂、电线电缆厂、电表仪器厂和炭刷厂各一个；改建的电机厂一个；低压开关厂和变压器厂各一个。这些单位将分别在 1955 年到 1961 年相继建成。全部建成后，按照设计的能力，将可年产火力的和水力的发电设备 80 万千瓦，其中包括 1.2 万千瓦，2.5 万千瓦以及 5.0 万千瓦的全套发电设备。

① 请参考光明日报，1955 年 12 月 19 日，谢焕章的“热电站”。

1957 年的計劃年產量比 1952 年的產量所增長的狀況：發電量從 72.5 億度增加到 159 億度，增長 1.2 倍。發電機的台數從 746 台增加到 2938 台，增長 2.94 倍；容量從 2.97 萬瓩增加到 22.7 萬瓩，增長 6.7 倍。電動機的台數從 91 147 台增加到 135 515 台，增長 0.49 倍；容量從 63.9 萬瓩增加到 104.8 萬瓩，增長 0.64 倍。變壓器從 116.7 萬千伏安增加到 261 萬千伏安，增長 1.24 倍。

到 1957 年，在全國發電總量 159 億度中，中央國營佔 87.2%；地方國營佔 3.12%；公私合營佔 9.14%；合作社營佔 0.01%；私營佔 0.01%。計劃規定 1957 年工業和運輸業用電比 1952 年增長 129%，公用事業和居民用電增長 79%。

五年內，新建和加掛長途電報、電話綫路約 6.3 萬公里，增設北京到瀋陽、漢口、西安、包頭、上海等主要干綫的載波電路。重視和利用無線電通訊。適當地配備主要城市和邊遠地區的無線電設備。

第 3 節 我國的水力資源和水力電站*

中國的水力資源特別豐富，過去大家常估計為 1.5 億瓩，這是解放以前的數字，當時資料不足，估計顯然偏低。現在電力工業部所屬水力勘測設計部門，根據所掌握的資料，重新作了一個粗略的估算。所估算的範圍，是包括較大的河流共有 1598 條，河道的總長度約為 22.6 萬公里，年總水量約為 26800 億立方公尺。按河流的平均流量計算，我國水力資源理論上的蘊藏量約為 5.4 億瓩。先進的蘇聯水電設計院規定利用係數為 0.5 到 0.6，引用這個係數，我國可能利用的水力資源約為三億瓩左右，實為一巨大的數字。由於資料的不足，這一估算只能說明一個輪廓或趨勢；有關數據還待今後長期工作中積累的資料加以修正。

這些蘊藏量在全國的分佈狀況大致是這樣：

* 1. 人民日報，1955 年 12 月 12 日，電力工業部部長助理李銳的“中國水力資源和建設水電站的優越條件”。

2. 水力發電雜誌，1955 年第 12 期，李銳的“蘇聯水力發電建設的基本情況和主要經驗”。

水 系	佔总量的百分数
長江水系	40.0
西藏水系	21.5
西南国际水系	16.7
黄河水系	6.0
珠江水系	5.2
东南沿海水系(包括台灣和海南島)	3.8
东北水系	3.3
甘青新内陆水系	3.2
华北海河, 滦河水系	0.3

以長江水系为最大, 它的河口平均流量为 32 500 秒公方, 年总水量超过一万亿立方公尺, 干流的总落差为 5000 公尺, 可利用的水力资源为 1.2 亿瓩, 比资本主义国家所公佈的水力资源都要大得多。因为它们数字是: 美国为 8500 万瓩, 加拿大为 5700 万瓩, 挪威为 2000 万瓩, 法国为 890 万瓩, 意大利为 600 万瓩。長江三峡的水力资源, 实在是世無匹敌的。

次为西藏水系, 雅魯藏布江为西藏的大河, 经过崎嶇的山嶺, 蘊藏丰富的水力。仅以大河灣一段而論, 就有 3000 万瓩的功率。这一段位于昌都地区西南, 从高原驟然降到平原, 落差特大, 約有 1900 公尺, 为世界上突出的水力地址。

再次为西南的国际水系, 包括怒江、瀾滄江、伊落瓦底江和紅河等, 都在横断山脉区域, 由北而南, 分別流入緬甸、越南等国。坡度既大, 雨量又多, 即以在我国一段的怒江而言, 水力资源亦已超过整条的黄河。

对黄河水系已作綜合的规划, 在青海貴德以下的水力, 就可发电 2300 万瓩, 每年發出电能 1100 亿度, 相当于 1954 年发电量的十倍。大多数的水电站的造价, 都比其他地方低廉, 发电成本可低到目前我国火力发电成本的十分之一左右。

在西南水系中, 珠江流域大部分处于雨量丰富的地区。西江源出云貴高原, 上游的一段, 有很多峡谷急灘, 水力资源为东江和北江的十倍。东南沿海的水系、河流虽然短促, 雨量却很充沛。水力资源以

閩江為最豐富，在 300 萬瓩以上。東北水系大致可分為二個系統，一為向北流的，以松花江為主；一為向南或偏南流的，以遼河和鴨綠江為主。雨量比華北多，冬季一般都有積雪，上游且多原始森林，所以流量比較均勻，變化不很劇烈。至於西北內陸水系，情況尚少了解，正在進行查勘工作。

我國的水力資源，不但蘊藏了巨大的數量，而且具備了優越的條件。由於這些條件的優越，就可很快地開發，廣泛地應用，以充裕國民經濟，加強國防力量。

由於具備了自然的優越條件——儲量豐富，分佈適宜，地形優美，氣候溫和，再加上人為的優越條件——人力充沛，覺悟提高，生活儉樸，工作勤勞，因而相對的造價，就可十分低廉。把水庫的淹沒損失除開，一般水电站的總投資：土建約佔 $\frac{2}{3}$ ，機電約佔 $\frac{1}{3}$ ；火電站則反之：土建約佔 $\frac{1}{3}$ ，機電約佔 $\frac{2}{3}$ 。我國土木工程相對造價，經過換算之後，比蘇聯的相對單價要低好幾成。一般五萬瓩的中型水电站，單位造價比同容量的火力電站多出半倍之數，個別的可相等，三門峽、劉家峽等的大型水电站，則比同容量的火電站還要低些。蘇聯水电站一般比火電站要貴三、四倍，但是目前在西伯利亞安加拉河上修建的水电站，容量在 300 萬瓩以上，造價也比火力電站要低。

第 4 節 電工基礎的發展*

在俄國，電氣方面最初的研究工作，應歸功於俄國科學院士 M. B. 洛蒙諾索夫。他創立了解釋北極光的新穎學說，首先想到了電與光的聯繫，並發現了質量和運動不滅定律。

洛蒙諾索夫在他自己的著作中，發展了宇宙可認識論、發展了宇宙由物質構成論，特別是電氣由物質構成的學說。他用唯物的見解，解決基本的科學問題。這種看問題的方法，成為先進的俄國科學家的傳統，這種傳統是他們在科學和技術方面有驚人成就的源泉。

洛蒙諾索夫特別注意大氣中的電氣研究，在這一方面的工作，是

* 本節和下節都以卡爾達羅夫和森孟合著的“電工學的理論基礎”為依據，以克魯格著的“電工原理”為參考。

和科学院士 Г. Б. 李赫孟共同进行。不幸于某一試驗中，李赫孟为閃电所襲击而殉身于科学。

俄国科学院士 Ф. 爱皮努斯是和洛蒙諾索夫同时代的人，他首先發現热电現象和靜电感应現象。于 1758 年在科学院中，以“論电与磁的同一屬性”为題的报告，尤合于現代科学的理論——电的現象和磁的現象存在着不可分割的联系。

庫倫于 1785 年，首先公佈电荷間的作用力对距离的关系及磁極間的作用力对距离的关系。他在当时已注意于电荷与磁質之間，存在着本質上的差別。这种分別可由試驗中得出，陽电荷和陰电荷容易分开来，而正磁質和負磁質永远分不开。

1819 年，奥斯特在进行实验时，發現电流对磁針的作用力。1820 年，安培在进行实验中，証实載流綫圈之間的作用力。安培并說出他的思想，永磁鉄的磁性，也由电流而产生，这些电流是在磁鉄內沿着單元輪廓而流动。这种思想在現代的学說中，已有明确的表达式。按近代的概念，永磁鉄的磁場，是由磁鉄內部的單元电流而引起，不是由磁鉄中磁質所發出，磁質是不存在的。

1831 年，法拉第报导了电磁的感应作用，于綫圈对磁鉄移动时，或綫圈对另一載流綫圈移动时，这綫圈上都發生了电流。这样就証实，电的現象也可由磁的变化而产生。

1838 年，俄国科学院士楞次对感应电流方向的确定，創立了非常重要的規律。这規律表出了电磁慣性的原理，奠定了机电互換的法則。

1873 年，麦克斯韋初次出版“論电与磁”的名著，他用数学的方法，闡明法拉第的概念，創立了严密而完整的电磁場理論。

在拥护电磁現象的唯物观点的斗争中，俄国科学院士米特开維奇的功績極大，在他的許多著作中，用最明确的論据，揭露了所謂超距作用观点的唯心本質。

赫志在 1887—1889 年間实验成功电磁波的傳播，証实麦克斯韋的理論。1895 年，П. Н. 列別捷夫用实验的方法，完成超短波的發生和傳播。他在 1900 年到 1910 年間，并用实验証明光底压力的經典式工作。

1895年，列宁格勒电工学院教授 A. C. 波波夫創制了第一架無線电發射器和接收器，其后并在波罗的海艦队的船只之間，設立了無線电的通訊設備，从此奠定了無線电工程的基础。

第5节 苏联及俄罗斯人民在电工技术方面的貢獻

列宁格勒軍医学院教授 B. B. 彼得罗夫制成一种电池，这电池是电 4200 个銅片和鋅片組成。他应用这种电池，于 1802 年，首先發現了电弧，并且指出这个發現有应用于照明、焊接和金屬熔化的可能。由于电弧在工程上是非常重要的工具，所以彼得罗夫就被称为电工技术的創始人。

1876 年，П. H. 雅勃洛契可夫發明了电燭，并且加以实际的应用，他有第一次应用电弧作为照明的光荣。

1885 年，H. H. 白拿尔篤斯和 H. Г. 斯拉維揚諾夫首次应用电弧，以为焊接金屬之用。1873 年，A. H. 洛迪琴創制了白熾电灯，并加以实际的应用。

1834 年，B. C. 俄国科学院士雅可比創造第一具适合于实际应用的电动机。1838 年，他用电动机推动小船，航行于列宁格勒的涅瓦河上。1836 年，雅可比又發明了电鑄术，把电流的化学作用，应用到实际工作中去。1832 年，П. Л. 希陵發明有綫电报，并由雅可比加以改善。

特別值得提出的，是俄国学者在电力方面的勞績和优先的地位。1877 年，Ф. A. 皮罗次基在彼得堡的原野上，进行長距离的电力傳輸試驗，并發表了“論以水为原动力的电能，作長距离的傳輸”的論文。在他的試驗中，發电机是以水輪帶動的。

1880 年，卓越的电气工程师拉契諾夫，在“电气”雜誌的創刊号中，發表了“电气机械的功能”的論文。1881 年，M. 台普萊發表了“長距离的电功傳輸”的論文，彼此含有相同的看法。1882 年，台普萊建立了一个輸电綫，距离为 57 公里，电压为 1500 到 2000 伏，功率为 2 馬力，所用为直流。

馬克思和恩格斯都知道了台普萊的工作。在恩格斯給貝恩斯坦的

信中,有“这一个发现彻底地解除了地方条件加在工业上的一切限制,使利用最遥远地方底水力成为可能,而如果它在开始时仅有利于城市,以后它必然会变成消灭城乡间对立的最有力的关键。十分明显,由于这一发现,生产力将要无限增长,使资产阶级愈来愈无法控制这种生产力……”(马克思和恩格斯选集,俄文版,第27卷,第289页)。

雅勃罗契可夫在1876年,和乌沙金在1882年,发明了固定变压器,乌沙金在莫斯科的工业展览会上指出,变压器可用作各种负载的电源,包括电动机在内。

第一个用三相交流线路来输送电能,是由多利佛-多勃罗佛尔斯基在1891年实现的。在这个三相输电线上,电压为15 000伏,功率为150千伏安,距离为175公里。他建议并制成三相变压器。他同时还享有发明三相交流电动机的重要功绩。

第6节 苏联的原子能电站和原子能电站的前途*

苏联的科学家,在1954年6月27日,开辟了和平利用原子能的新时代。在这一天,世界上的第一座原子能电站,已经开始发电了。发电一年半以来,输出了二千多万度的电能,供给周围的工厂和农庄;发出许多暖气,供给附近的工厂和住宅。自发电以来,工作都很平衡而安全,从未发生过严重的损坏事故。

这原子能电站的功率是五千瓩。同样功率的火力电站,一般说来,每昼夜约需煤一百吨,而这原子能的电站,每昼夜只消费0.03公斤的“燃料”,这种“燃料”是含有5%的铀235的浓缩铀。由于原子能的电站,不以煤炭为燃料,所以在这电站里面,既听不到加煤的噪声,也看不见飞扬的烟塵。

火力电站的发电过程,先以煤燃烧锅炉,锅炉发生蒸汽,蒸汽推动涡轮,涡轮带动发电机,发电机就发出电来。原子能电站产生热量的处所是反应堆,产生热量的泉源是铀235的分裂。

* 参考人民日报,1955年12月28日,苏联工程师柏·安东诺夫“原子能为和平服务”,以及浙江日报,1955年12月24日,“原子能电力站”。原子能的原理可参考:赵忠尧、何泽慧、杨承宗主编,“原子能的原理和应用”,科学出版社,1956年3月。

把具有速度的中子，冲到鈾 235 的核上去，鈾被分裂为两个“碎片”，每个“碎片”各形成新的原子核。在分裂的同时，飞出一些中子，放出两种射线。这新生的中子，又引起其他鈾核的分裂。如此辗转扩张，可能引起爆炸，也可加以适当的控制，使分裂作用维持不断，形成所谓链式反应。

反应堆中的热量，由一回路里的流水引导出来。水的温度是 270 度，但并不沸腾，因为水的压力为一百大气压。这高温高压的水，环流于闭合的回路中。这回路通过反应堆，叫做第一回路。

第一回路中的热量，传给第二回路。第二回路的压力为 12.5 大气压，蒸汽的温度可达 260 度。蒸汽进入“原子热量”用的涡轮（目前进入普通涡轮第一级的蒸汽的压力，一般为一百多大气压），涡轮再带动普通的发电机。

为了控制热量和防止爆炸起见，在反应堆中装有“自动调节棒”和“紧急保护棒”。这些棒都是由碳化硼构成，因为硼是很能吸收中子的。把棒伸入反应堆中，中子就被吸收，反应的作用下降；反之，则作用增加。在苏联的原子能电站中，反应堆的全部管理都是自动的。这仅是苏联原子能电站的起点，目前苏联正在设计更大的原子能电站。

1955 年 8 月 8 日^①，在日内瓦开和平利用原子能的国际会议，参加的有 70 余国，论文有 1100 余篇。各方对和平利用原子能的研究结果，已有百分之七十公开了。大家一致认为原子能原料的蕴藏量是很丰富的，分佈是很广阔的。全世界地下所蕴藏的铀和钍的能量，已比全世界的石油和煤的能量，要大 20 倍。全世界所蕴藏的铀和钍，约为一千万吨，以每年发电 2.3 万亿度而论，若铀分裂的能量全部可被利用，那末每年只需九百吨的铀就够了。

将来氢原子的合并，如果能够控制自如，可以和平利用的话，那末原子能的原料，更是用之不尽，取之不竭了。据估计，海水里面的重氢，几乎是永世用不完的（6000 分海水中有一分重水）。

^① 科学通报，1955 年，第 12 期，涂长望的“关于日内瓦和平利用原子能国际会议报告”。

据約里奧·居里的估計^①，原子能电站的开办費，要比火力电站高一倍，而所用的燃料，却便宜得很多，每度的成本，只为火力电站的一半之数。涂長望的报告指出：“肯定的說，十年以后，原子能电站要比火力电站便宜許多”。

如此原子能的原料，蘊藏既極丰富；原子能的成本，比較又很低廉。而且几乎不要运送燃料，也完全沒有灰塵。和平利用原子能的前途，确实是光輝燦爛。

① 約里奧·居里，1954年7月，Atomes 雜誌。