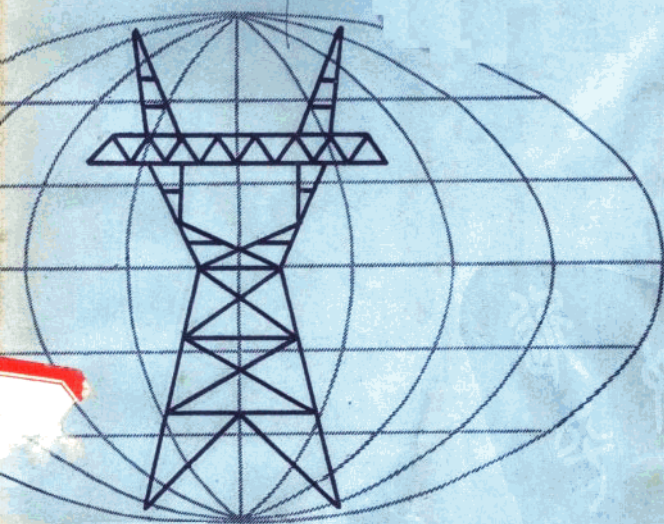


第16屆世界大電網會議論文輯要

現代超高压輸电實踐簡述

許懋淳編



電力工業出版社

前 言

現代電力工業在電力輸送方面，已進入了超高压輸電的時代。

最近幾年來，有些國家的電力工業，由於電能需要的增長和電機製造技術的進步，已開始採用超高压作為輸電電壓。超高压輸電技術，通過幾年來的實踐，已有了顯著的進展：現代交流輸電電壓已到了40萬伏（如蘇聯的古比雪夫-莫斯科綫所採用的電壓），60萬伏以上電壓的交流輸電系統也將實現；高压直流輸電，雖然還是比較新的技術，但在目前運行中的系統的最高電壓，也已達到20萬伏（蘇聯的喀希拉-莫斯科綫），80萬伏電壓的輸電系統也已在研究設計中；在長距離輸電和水下輸電方面，直流輸電方式比交流輸電方式已顯示出顯著的優越性，因而把這兩種輸電方式，在輸送一定的功率條件下，從經濟性上進行比較，作出結論，成為確定今后的輸電技術和輸電設備製造技術的研究和發展方向的一項重要因素了。本文主要根據第16屆世界大電網會議（1956年）中有關各國在這方面的報告，從以下三方面綜合簡述現代超高压輸電的技術實踐：

- 一、交流超高压輸電；
- 二、直流超高压輸電；
- 三、交流和直流超高压輸電的經濟比較。

一、交流超高压输电

現代超高压交流輸电系統，一般是指采用高于 23 万伏交流电压为額定电压的輸电系統。但超高压輸电系統的額定电压还没有在国际范围内标准化。虽然国际电工技术委员会(International Electrotechnical Commission)在 1954 年年会中推荐了 27.5 万伏和 38 万伏两种电压为标准額定电压，实际上，現代各超高压輸电系統所采用的額定电压，大致上可以归納为下列三个級別：

額定电压(万伏)	最高运行电压(万伏)
27.5.....28.75	28.75.....30
33.....34.5	34.5.....36.2
38.....40	42

除了美国在 1936 年建成的电压为 28.75 万伏的波德堪 (Boulder-Dam)-洛杉矶 (Los Angeles) 輸电系統外，近十年中，已經有好几个国家建成或正在建設或已在筹建超高压輸电系統。

在美国，除了上述的 28.75 万伏綫路外，美国煤气与电气公司 (American Gas and Electric Company) 和俄亥俄电气公司 (Ohio Valley Electric Corporation) 的联合电力系統的第一条 33 万伏綫路，在 1953 年 10 月后陸續投入运行，長 1070 公里；第二条 34.5 万伏綫路在 1956 年中投入运行，長 280 公里，为鮑納維电气公司 (Bonneville Power Administration) 电力系統的一部分。截至 1956 年底为止，美国有回路長度約 4000 公里的 33—34.5 万伏綫路，和約 1600 公里的 28.75 万伏綫路；在繼續建設中的有：鮑納維电气公司將在 1959 年內完成的兩条 34.5 万伏綫路，总長將达 500 公里；太平洋西北电力公司 (Pacific Northwest Company) 將建設的長为 462 公里的綫路；地特列安迪生公司 (Detroit Edison Company) 建設的長度为 67 公里的綫路，这些都計劃在 1958 年內完成。在今后一段時間內，34.5 万伏电压似乎將成为美国超高压輸电系統的标准电压。

瑞典在 1952 年 3 月建成了第一条标称电压为 38 万伏、最高运行电压为 40 万伏的线路。在以后几年中，除了把这条线路延长一段外，又增加了两条同电压的线路，最高运行电压也改为 42 万伏；这三条线路自北向南并列运行，可输电功率达 200 万千瓦。至 1956 年底为止，超高压线路全长达 2710 公里。

日本采用的超高压输电电压为 27.5 万伏。第一条双回路全长 320 公里，分两期投入运行：第一期在 1952 年 7 月开始运行；第二期在 1954 年，全线设计容量为 27 万千瓦。1956 年又建成了第二条双回路，长 266 公里，设计容量为 24 万千瓦。除此以外，另有三条线路各长 158、40.3、45.3 公里，目前还按 15.4 万伏电压运行，将陆续自 1957 年起升压。目前这些线路都各自分别运行，将来也许联络起来成为一个 27.5 万伏输电系统。到 1960 年，预计 27.5 万伏线路总长将达 3500 公里。

西德在 1952 年 10 月间，把一条在 1922 年间按 38 万伏电压设计建设的、后来一直按 22 万伏运行的线路中的一段，长约 255 公里，升压为 30 万伏运行。1954 年起，西德开始建设一条 38 万伏环路，把南部水电厂、东北部烧褐煤的火电厂和西北部的用电中心（鲁尔工业区）联系起来，在环路内还包括了上述 1929 年建成的那条线路，它将在 1957 年间首先升压为 38 万伏。环路的最高运行电压为 42 万伏；线路总长将达 1150 公里，全部为双回路。

英国组成 27.5 万伏电力系统的第一段线路，在 1953 年 7 月投入运行，长约 65 公里。到 1956 年初，已陆续建成了 546 公里，都暂按 13.2 万伏电压运行。预计到 1960 年，这个超高压系统的第一阶段规划可以全部实现。共有线路 3950 公里（回路长度），联络现有的八个 13.2 万伏地区电力系统。系统最高运行电压为 30 万伏。一部分干线是按 38 万伏的规格设计，便于将来升压。

加拿大在 1954 年末建成了一条长 80 公里、标称电压为 27.5 万伏、最高运行电压为 30 万伏的线路。另外，还建成一条按 34.5 万伏设计的长约 108 公里的线路，现在暂按 23 万伏电压运行。还有一条 625 公里长的双回路的 30 万伏电压的线路也在建设中。

在苏联，1956年11月投入运行的古比雪夫-莫斯科綫路，是在运行着的现代超高压輸电綫路中电压最高和距离最長的綫路；其标称电压为40万伏，最高运行电压为42万伏。这是一条双回綫，南綫長815公里，北綫長890公里，兩回綫共輸送功率115万千瓦。目前在建設中的还有同样电压、長1000公里的双回綫，斯大林格勒-莫斯科綫路。这两条綫路，是苏联在第六个五年計劃中計劃完成的40万伏电压欧洲統一动力系统的一部分。

法国自1952年以来，已建成了約1190公里(回路長度)按38万伏电压設計的綫路，但都按22.5万伏电压运行。在1957年內，其中578公里的綫路將升压，按原設計电压运行，輸送功率55万千瓦。預計在1960年，將共有回路長度达2370公里的38万伏电压綫路投入运行。其中765公里建成后，即按38万伏电压运行；另415公里將先在22.5万伏电压下运行。这些38万伏电压綫路的最高运行电压为42万伏。

芬蘭也在建設一条38万伏电压的綫路，長約650公里，最高运行电压为42万伏，預計可以在1958年按設計电压运行。另外，还將計劃敷設一条并列运行的、長度相仿的38万伏电压綫路。

澳大利亞也在計劃建設超高压綫路。在澳大利亞东南角將建設一个33万伏电压的輸电系統，其中第一期工程約800公里的33万伏电压綫路，將在1959年投入运行；綫路总長最后將达2400公里。另外，在南部沿海地区还將建設一条長約300公里的27.5万伏綫路，預計也將在1959年投入运行。

除以上这些国家外，瑞士和意大利也都建成了按38万伏設計的綫路，但目前均以22万伏电压运行；南非罗地西亞也在建設一个33万伏的电力系統。

現代超高压輸电系統的建設，都是为了适应輸送大量电力的需要；一般在以下几种情況下使用：

一种是：在动力資源离用电中心較远的情況下，用来解決長距离大功率輸电問題。这样的动力資源多半是水力資源，必須依靠电气輸

送。例如：苏联把远离莫斯科约1000公里的两个巨型水力电厂——古比雪夫水电厂（总容量为210万千瓦）和斯大林格勒水电厂（总容量为231万千瓦）所产生的大部分电能向莫斯科输送，这就构成了长距离大功率的输电问题。此外，由于苏联历史上形成的条件，88%的动力资源是在乌拉尔以东（80—85%的煤蕴藏量、50%的水力资源——折合年发电量9000亿度——都在西伯利亚），但是，80%的燃料和电能全使用于苏联欧洲部分；所以，在1960—1970年间，还将建设西伯利亚系统（在第六个五年计划中开始建设）和乌拉尔系统之间的联络线，把西伯利亚部分动力资源约200万千瓦，输送到2000—2500公里以外的苏联欧洲部分统一动力系统去。这里就提出了更复杂的长距离大功率输电的任务，苏联现在已开始进行关于60或70万伏为输电电压的研究工作（见书末插图）所示。

在瑞典，全国动力资源中99%为水力资源，其中85%都分散在北部，但用电中心和85%的人口都远在南部。这样，根据目前估计，北部可开发的水力资源约合800亿度，必须作纵跨全国1500余公里的电力输送；这里也产生了远

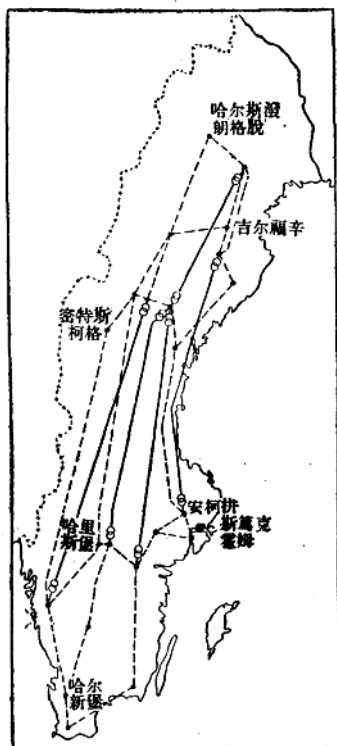


图2 拟议中的瑞典65万伏输电系统
(实线为65万伏输电綫，虚线为40万伏输电綫)

距离大功率的输电问题。瑞典现在运行中的 38 万伏系统,包括三条并列的南北向输电线路,最大输电距离达 1335 公里。1953 年北部南送的电量达 70 亿度,最大功率为 154 万千瓦;预计到 1960 年,最大输电功率可能达 300 万千瓦。由于近年来隧洞爆破和筑坝技术的进展,以及燃料价格的上涨,瑞典国家电力委员会认为继续开发北部水力资源是经济的。在未来的二十五年中,总共可开发约全年电量 700 亿度的水力资源。其中向南输送量将达 450 亿度、功率为 800 万千瓦。因此,瑞典已在研究采用 50 万伏或 65 万伏为输电电压的问题。图 2 所示即为拟议中的 65 万伏系统。

在长距离输电中,提高输电系统中同期电机并列运行的稳定性,对增加超高压输电线路的输电能力和经济性有决定性的影响。瑞典的超高压系统,如图 3 所示,采用了以下一些措施:

(1) 在发电机方面:把发电机的暂态电抗降低到 20—25%,同步电抗为 60—65%,并且安装了根据磁性放大器原理制成的快速励磁调整装置;

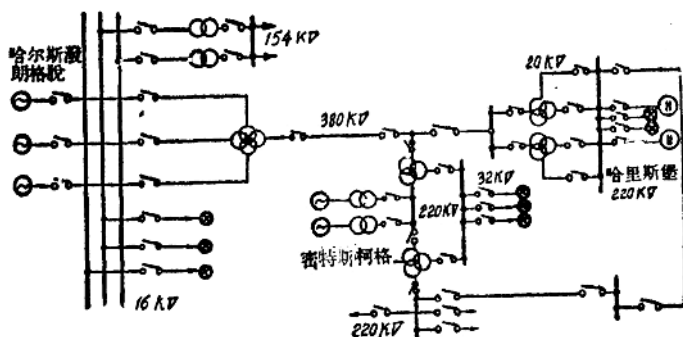


图 3 瑞典的 38 万伏电压系统的一部分
(哈尔斯登—哈尔斯堡)

⊗ 并联电抗器; ⊕ 同期调相器。

(2) 变压器方面: 把发电厂中的升压变压器的电抗降低到 8—10%, 在受电站采用自耦变压器 (电抗值为 5%) ; 从联接区域的电力系统到主系统上去时, 避免采用两次变压;

(3) 在线路方面: 采用两根导线的线束代替单根导线, 降低了线路电抗; 还采用串联补偿电容器, 补偿线路电抗 40% ;

(4) 采用大型同期调相器和并联电抗器 (电抗器在系统故障时立即切断) ;

(5) 采用遮断时间为了周波的断路器和动作时间为 1 周波的继电保护装置; 在主要线路上还装设了自动重合闸装置。

瑞典的经验认为: 在线路上装用串联电容补偿装置, 是提高输电能力的最经济的措施。在他们的系统上已装设了三组电容器, 其中二组分装在密特斯柯格-哈里斯堡 (Midskog-Hallsberg) 线路的 $\frac{1}{3}$ 和 $\frac{2}{3}$ 处, 各补偿线路电抗值 20%, 定额容量各为 10.5 万千乏。另一组装在吉尔福辛-安柯拼 (Kilforsen-Enköping) 线上, 在离线路南端 $\frac{1}{3}$ 处, 补偿线路电抗值 30%, 定额容量为 9.5 万千乏。1958 年, 在离这条线路北端的 $\frac{1}{3}$ 处, 还要装设第二组同样的电容器。从图 4 上可以看到补偿程度对瑞典输电线路输电能力的影响: 当线路补偿至 60% 时, 输电能力可以提高到 80 万瓩。

在苏联的古比雪夫-莫斯科输电系统上也采取了相似的措施。古比雪夫水电站的发电机的暂态电抗为 18—20%, 同步电抗为 55%。在输电线路上, 苏联用了三根导线的线束, 线路上的串联补偿电容器装在线路的中间, 补偿电抗 40%。此外, 由于古比雪夫-莫斯科线为双回线, 所以还设置了三个中途开关站, 把全线分为四段, 如图 5 (见书末插图) 所示。这些措施的综合效果, 使单回线的输电能力提高到 60 万瓩, 原来需要六回较低电压的线路, 现在只要用两回 40 万伏线了。

另一种是: 在电力系统尚未发展的地区, 一方面有需用巨量电力的工业; 另一方面, 不远处又有丰富的水力资源, 在这种情况下, 就可采用超高压输电线路来联接这用电工业和水力资源。例如: 在加拿大西南部英属哥伦比亚地方的水力开发和建设炼铝厂的规划中, 水力资源在记曼诺 (Kemano), 约有容量 128 万瓩, 一年中绝大部分时期还可

达到 167 万千瓦。鍊鋁厂在吉地麦(Kitimat), 在兩者之間的一部分地区是拔海約1500公尺的高原; 建設在这样的地理环境下的輸电系統, 在保証不間断供电的条件下减少綫路回数是有必要的。因此, 这个系統采用 30 万伏为最高运行电压 (送端电压为 301 万伏, 受端电压为 27.5

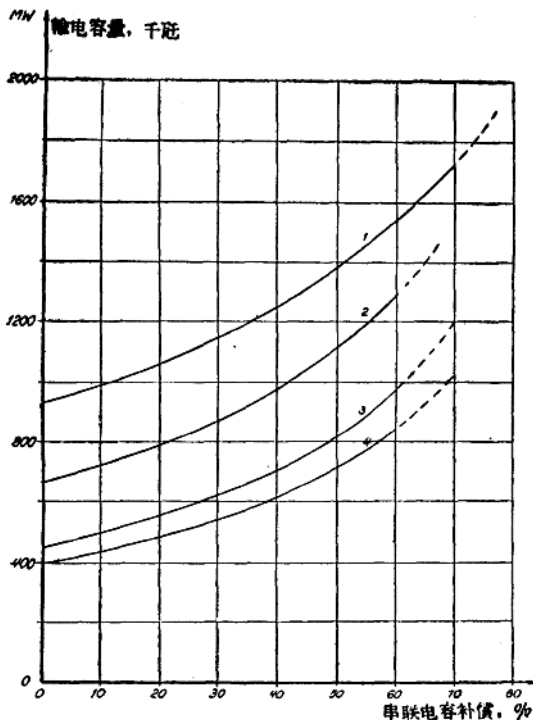


圖 4 串联电容补偿和成束导綫对綫路輸电能力的影响
1—65 万伏綫路, 4×593 平方公厘鋼芯鋁綫, 40/65 万伏自耦变压器; 2—50 万伏綫路, 3×593 平方公厘鋼芯鋁綫, 40/50 万伏自耦变压器; 3—40 万伏綫路, 3×593 平方公厘鋼芯鋁綫; 4—40 万伏綫路, 2×593 平方公厘鋼芯鋁綫。

万伏)。自发电厂到离厂 14.5 公里处建设两条双回线路,随后即进入海拔 1500 公尺的高原,从这里起建设了二条单回线路,各长 17 公里。这以后又是二条双回线路长 48.5 公里,直达吉地麦。线路设计时,已考虑到在最后一段的二条双回线中,如断开一条双回线,能够维持输送功率 160 万千瓦的问题。这个系统目前已安装了三台 10.6 万千瓦伏安的机组;全部建设完畢时,装机容量为 $16 \times 10.6 = 169.6$ 万千瓦安。

还有一种是:在动力资源分布较广、人口和用电中心比较分散的国家(或地区),全国形成几个比较集中的动力资源和用电中心,但两者又不一定同在一地或同在一个地区电力系统中;因此,在地区电力系统之间发生经常的大量电力交换;在这样情况下,超高压输电系统便用来解决地区电力系统之间互相联络调剂的问题。

英国的超高压电力系统,是这种类型中的最典型的例子。英国原来有八个 13.2 万伏电压的地区电力系统,平时这八个系统分开运行,它们彼此之间虽然有联络线,但原先都是按检修维护的需要来设计的。在第二次世界大战时,由于军事的需要促使这八个系统并列运行,使联络线担负了较重的任务。在战后年代里,由于电厂的增加,机组的容量增大(平均每台机组容量为 38 000 瓩),原设计容量为 90 000 瓩的联络线就不能胜任了。估计到 1960 年,全国发电能力将达到 2316.4 万瓩,地区电力系统之间的交换量将大大提高,最高的可能达到 178.3 万瓩。这样大的需要,自然远非现有南北之间双回 90 000 瓩的联络线所能担负的。解决的方法有三种:恢复分区运行;增加原来电压的联络线回数;建设较高电压的联络线。恢复分区运行,就需要在电力不能平衡的地区内增加发电设备,这显然是不经济的。根据计算,这要比建设一个新的联络系统投资要高六倍左右。增加新的 13.2 万伏的联络线,则由于英国人口密度很高,不容易获得很多的线路通道。所以,经过经济比较,英国最后采用了第三种方法,即建设额定电压为 27.5 万伏和最高运行电压为 30 万伏的新的联络输电系统,如图 6 所示。由于英国的煤源在北部和中部比较丰富,南部比较少,而经过经济比较,距离在 72 公里以上时,电力输送就比铁路运煤发电要经济;所以,自中部向南的联络线还需满足输送大量电力的任务。因此,对这

些线路就按将来升压为 38 万伏运行的标准来设计。1960 年规划中的新系统将包括 26 个和 13.2 万伏系统的联结点，13.2 万伏系统将分为 26 个大小约为 100 万瓩的系统，每个联结点的容量为 24 万千伏安。27.5 万伏的联络线，绝大部分长度不超过 113 公里，最长的是 193 公里，平均为 83.5 公里。

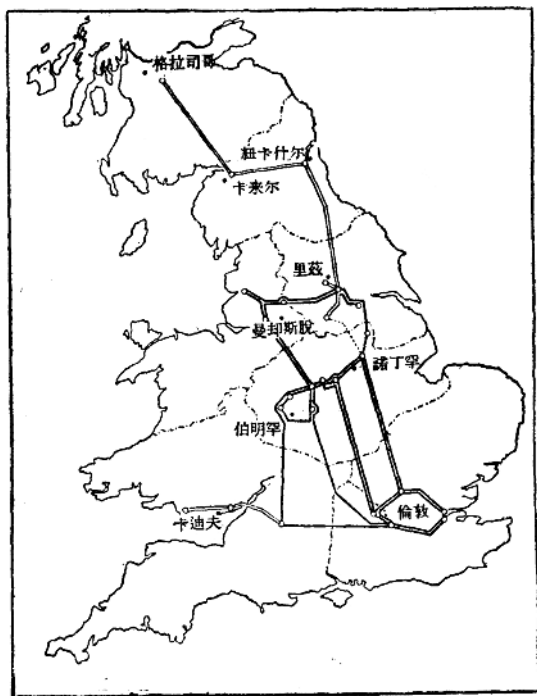


圖 6 英国超高压电力系统第一期规划

虚线：采用 2×180 平方公厘钢芯铝绞线束的单回线；
 双实线(细)：采用 2×180 平方公厘钢芯铝绞线束的双回线；
 双实线(粗)：采用 2×410 平方公厘钢芯铝绞线束的双回线
 (单线表示初期先架一回线的双回线路)。

从以上那些不同的情况中可以看出：輸送功率随輸电电压的平方成比例地增加，而輸电綫路回数随輸电电压的平方成比例地减少。这一特点得到广泛的使用。在長距离輸送大功率的情况下，輸电綫路本身的造价变得很高，在保证供电安全的条件下，綫路回数愈少愈是經濟。为了实现这一原則，必須同时克服輸电系統中同期电机併列运行的稳定性对輸电能力的限制，使每一回綫的輸电能力提高到輸送自然功率水平以上。因此，最大的經濟在于：提高系統稳定性的措施所增加的投资和减少綫路回数而节省的投资，兩者相抵后的投资，为获得最大可能的輸电能力的最低的总投资。圖7中可以看到瑞典的長距离輸电的最經濟的条件。在联络地区系統交換电能的情况下，或在特殊地区的短距离輸电情况下，采用超高电压来降低綫路回数的现实意义，在于这些地区內不易得到、或不易在經濟条件下得到綫路通道；另一方面，采用超高电压，降低了有功和無功功率損失，这对短距离輸电綫路和系統中联络性的輸电綫路的輸电能力的提高，有極重要的影响。

从高压技术观点来看，提高輸电电压首先要考虑的問題，是設備絕緣水平的确定和电量的处理。現代超高压輸电的實踐已在这兩方面提供了一些經驗。

1. 关于設備的絕緣水平問題。

在38—40万伏电压級輸电系統方面，各国所采用的冲击絕緣水平的基准值不尽相同，一般为145—150万伏(苏联、西德、法国、瑞典)；在33—34.5万伏电压級的系統方面，一般为117.5万伏，但計划中的澳大利亞东南部的系統初期采用130万伏；在27.5万伏电压級的系統方面，除了二十年前建設的美国波德堪-洛杉磯系統采用130万伏外，一般都采用105万伏。表1中列举了各国超高压輸电系統采用的絕緣水平。

現代超高压輸电系統，在爭取降低絕緣水平上，采用了以下一些措施：

系統接地方式，無例外地采用了变压器中性点直接接地方式。事

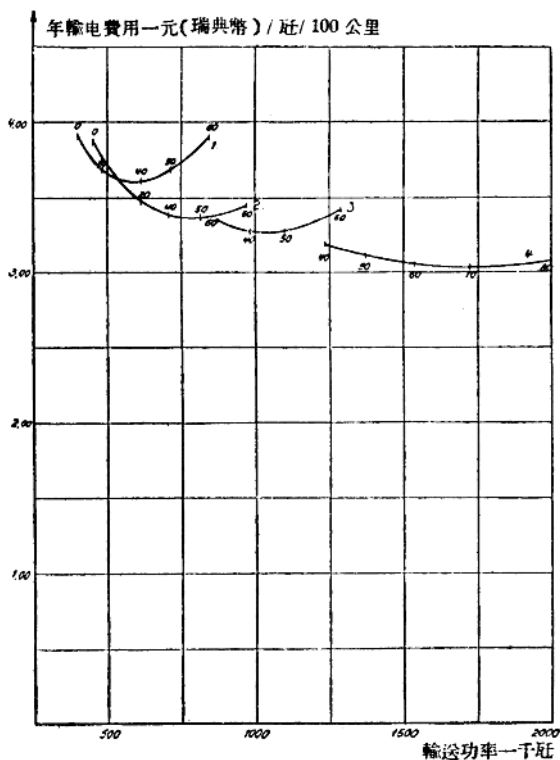


圖 7 長距離輸電綫路的輸電能力和輸電費用的关系

1—40 伏綫路採用 2×593 平方公厘綫束；

2—40 伏綫路採用 3×593 平方公厘綫束；

3—50 伏綫路採用 3×593 平方公厘綫束和 40/50 千伏自耦變壓器；

4—65 伏綫路採用 4×593 平方公厘綫束和 40/65 千伏自耦變壓器

(曲綫上的數字表示串聯電容補償度)。

超高压系统冲击绝缘水平(千伏)

表 1

电 压 级	国 别	最高运行电压	避雷器 冲击保护水平	变压器 冲击绝缘水平	线路 冲击绝缘水平
38—40	苏 联	42	126	150	180—200
	西 德	42	128	145	—
	法 国	42	120	145	165
	芬 兰	42	—	165	159
	瑞 典	42	126	150	158
33—34.5	美 国(B.P.A)	36.2	—	117.5	—
	加 拿 大	36.2	—	117.5	—
	美 国(A.G.E)	34.5	94.5	117.5	135
	澳 大 利 亚	34.5	—	130	—
27.5	英 国*	30	82	105	150
	日 本	28.75	85	105	142.5

* 该国用棒形间隙代替避雷器。

实际上由于系统的扩大，残余接地故障电流超过了200安时，消弧线圈已经不可能迅速而正确地消除接地故障产生的电弧；因此，中性点通过消弧线圈接地方式的优点就没有了。西德、瑞典、日本等国的22万伏系统，原来都采用消弧线圈接地方式；但在新的超高压输电系统中，都采用了直接接地方式（瑞典并已把22万伏系统和一部分13万伏系统改为直接接地方式）。

控制操作过电压，以降低变电所内阀型避雷器的保护水平。在38—40万伏电压级系统中，阀型避雷器的冲击保护水平一般限制在120万伏或稍高的电压。美国煤气与电气公司的33万伏电压的系统为94.5万伏（当雷电流为5000安时）。日本的佐久间27.5万伏电压的系统为85万伏（当雷电流为5000安时）。为了维持这样的冲击保护水平，操作过电压最大值一般控制在不超过系统最高运行相电压峰值的300%。

在线路上采取了全线装设架空地线的措施，并保持较高的冲击绝

絕水平，以防止直击雷，并制止危險进行波侵入变电所。但各国在实行这些措施上都是因地制宜(参阅表2)。在对架空地綫保护角和塔基接地电阻的规定上，苏联趋向于采用小于 30° ($15-20^{\circ}$)的保护角和小于10欧的接地电阻；瑞典虽然也采用了小于 30° (25°)的保护角，但接地电阻是較大的，一般要达到30欧，最高的甚至到70欧；美国采用的保护角大于 30° (35°)，但接地电阻都很低(6.5欧)。綫路冲击絕水平一般都比变压器冲击絕水平高，但瑞典的早期做法和芬蘭的現在做法却是例外。根据美国的33万伏系統运行經驗来看，采取高于变压器冲击絕水平的綫路冲击絕水平和很低的塔基接地电阻，雷击閃絡事故还是超过設計时的預計。美国目前正在研究加設一根架空地綫，以减小保护角。

超高压綫路直击雷保护数据

表 2

国 别	綫路額定电压 (万伏)	地 綫 根 数	保 护 角	路基接地电阻 (欧)
苏 联	40	2	$15-20^{\circ}$	10以下
西 德	38	1	36°	—
法 国	38	2	35°	—
芬 蘭	38	2	30°	10—85
瑞 典	38	2	25°	30—70
美国(A.G.E)	33	1	35°	6.5
澳 大 利 亚	33	2	22°	—
英 国	27.5	1	$40-42^{\circ}$	—
日 本	27.5	2	$13-23^{\circ}$	15—20

除上述各点外，在原来系統規模比較小的某些国家中，开始建設超高压系統时，一般采用較高的絕水平。随着系統扩大，短路功率增加，降低了断开帶負荷綫路后所引起的工頻过电压的升高值，这对降低系統絕水平有很大关系。如瑞典的第一条38万伏綫路投入运行时，和已存在的22万伏系統併列运行，当时系統的短路功率为100万千伏安，綫路長953公里，系統冲击水平的基准值为177.5万伏。随着系統的扩大、系統短路功率的增加和系統划分为較多較短的綫段后，

系統的冲击絕緣水平基準值就降低为 150 万伏(以 700 公里長的綫路和 170 万千伏安的系統短路功率为基础)。最近根据綫段長 600 公里和系統短路功率为 250 万千伏安的条件, 冲击絕緣水平基準值可更进一步降低为 130 万伏。芬蘭在建設中的 38 万伏超高压系統目前采用 165 万伏的冲击絕緣水平, 以及澳大利亞在計劃中的 33 万伏系統目前采用 130 万伏的冲击絕緣水平, 都是考虑了初期工程中綫路較長、系統短路功率較低的因素。西德、法、英、美等国的情况正相反, 它們的系統中的綫段較短, 与超高压系統併列运行的低一級电压的系統規模都較大, 所以, 短路功率也大, 在初期工程中也有条件采取較低的冲击絕緣水平。苏联的情况也大致相似, 古比雪夫-莫斯科綫、斯大林格勒-莫斯科綫联接了中部、南部和烏拉尔区的电力系统; 这两条綫虽然長达 900 余公里, 但由于采用了串联电容补偿措施, 补偿了綫路电抗, 采用并联电抗器, 补偿了充电电流, 所以相应地縮短了綫路的电气長度, 因而系統的冲击絕緣水平仅为 150 万伏, 并且还有可能作为 50 万伏輸电系統用。

瑞典在研究中的 50 万伏和 65 万伏的輸电系統, 拟采用冲击絕緣水平 160 和 200 万伏; 对于在受电端的互感器、断路器和刀閘等設備, 采取比基準值高出 15% 的冲击絕緣水平; 50 万伏电压新綫路的冲击絕緣水平为 160 万伏。在决定上述絕緣水平

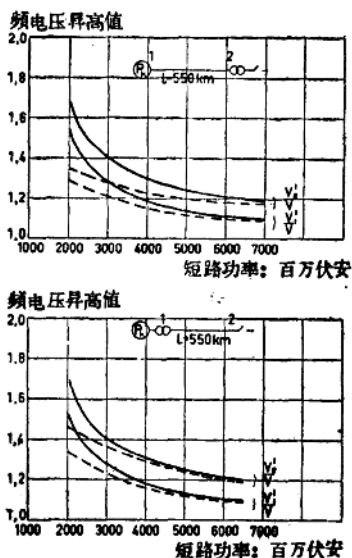


圖 8 利用飽和变压器措施来降低切斯帶負荷綫路所引起的工頻电压升高值

时,考虑了以下一些措施:

(1)变压器中性点直接接地;

(2)利用饱和变压器的措施,以降低切断带负荷线路所引起的工频电压升高值。圖 8 表示瑞典在这方面的研究结果。圖中实线表示当切断一条长 500 公里带负荷的线路时,不考虑变压器饱和的作用的结果;虚线表示在同样情况下考虑了变压器饱和的作用。在 65 万伏系统中,变压器高压侧不装开关,以便在切断线路时,变压器可以留在线路中起饱和变压器的作用;

(3)采用有下列特性的断路器,以降低切断空载线路时所引起的操作过电压(表 3 中所列过电压系数,是指线路断开后的对地电压最大峰值和断开前相电压的峰值之比):

实 测 过 电 压 系 数

表 3

切 断 对 象	实 测 最 高 过 电 压 系 数			
	气 冲 断 路 器 (带有阻尼电阻)		省 油 断 路 器 (無阻尼电阻)	
	送 电 侧	切 断 侧	送 电 侧	切 断 侧
空载线路	1.2	1.3	2.5	2.6
线路带有空载变压器	1.2	1.5	2.0	2.3
线路带有变压器及电抗器	1.3	1.5	1.6	1.7
空载变压器	1.1	1.7	1.1	1.5
带有电抗器的变压器	1.6	2.1	1.8	2.9

苏联的 60 万伏输电系统中,将采用如下一些措施来降低絕緣水平:

(1)采用新式的断路器,以限制操作过电压在相电压峰值的 200% 以内;

(2)在线路终端接装与电压互感器同型的饱和电抗器;

(3)采用目前已有可能制成的内部过电压放电器;

(4)使串联电容器的保护間隙正确动作;