

電力建設勘测設計技術革命資料選編

繼路部分

高壓輸電綫路設計經驗介紹

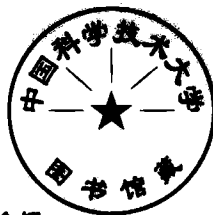
水利電力部電力建設總局編

水利電力出版社

內 容 提 要

本書介紹了全國各省設計院的高壓輸電綫路設計的經驗，其中包括：
全國電力建設勘測設計現場會議綫路專業總結、輸電綫路升壓問題、鋼芯
鋁綫使用綜合應力問題、武漢1722公尺檔距長江大跨越設計特點、利用通
訊綫測量大地導電率、屏蔽地綫的試驗和應用等。

本書可供全國各省市設計單位和水利電力部所屬各電力設計單位參考
之用。



高壓輸電綫路設計經驗介紹

水利電力部電力建設總局編

*

1983D566

水利電力出版社出版（北京西郊科學路二里內）

北京市書刊出版業營業許可證出字第105號

水利電力出版社印刷廠排印 新華書店發行

*

787×1092 1/32 開本 * 3 1/2 印張 * 71 千字

1959年6月北京第1版

1959年6月北京第1次印刷(0001—4,090冊)

統一書號：15143·570 定價(第10類)0.44元

目 录

I. 全國電力建設勘测設計現場會議綫路专业總結.....	2
II. 全國電力建設勘测設計現場會議 对某些問題的看法.....	10
III. 輸電綫路升压問題.....	15
IV. 330 千伏唐山—錦西輸電綫路.....	24
V. 鋼芯鋁綫使用綜合应力問題.....	29
VI. 武汉 1,722 公尺档距長江跨越設計特点.....	37
VII. 利用輸電綫零序电抗确定大地导电率.....	60
VIII. 利用通信綫測量大地导电率.....	68
IX. 屏蔽地綫的試驗和应用.....	73
X. 电力系统通信設計內容.....	84

I. 全国电力建設勘测設計 現場會議綫路专业总结

在1958年召开的电力建設勘测設計現場會議中，总结了送电綫設計方面过去工作的成就，指出了薄弱环节，也提出了一些今后发展的方向，現摘要綜述于下。

一、杆 塔

几年来，我們在110千伏送电綫路上广泛采用II形离心式鋼筋混凝土电杆，比鉄塔节约不少鋼材。以后，結合我国情况，在非直綫杆及直綫杆上推广使用拉綫，进一步降低了结构的重量。例如220千伏上望綫和330千伏唐錦綫由于采用了打拉綫克里美亚型鉄塔，就比过去广泛使用的酒杯形塔少用鋼材30~50%。上望綫每公里只用鋼材7.8吨，唐錦綫每公里只用鋼材9.5吨，在世界上亦屬罕見。大跃进以来，又提出110千伏鋼筋混凝土单杆的设计方案。这种电杆比II型杆少用一根主柱，所以要经济得多。每基单杆采用三根拉綫，电杆的受力因而得以改善，电杆的刚度也可以增加。为了减少断导綫时对电杆的扭力，各电力設計院先后試驗成功轉动橫担；这样在断綫时，橫担的个别部件先被破坏也不致把电杆扭坏。采用拉綫与轉动橫担的单杆比II形鋼筋混凝土杆，可使鋼材消耗量由每基600~700公斤降低到400~450公斤，每基电杆的总重量也由过去的5,500公斤減輕为2,000公斤。节约价值很显著。

打拉綫杆塔的经济指标吸引了設計者的注意是很自然的，

但是如果因而放松了不打拉綫杆塔的研究工作，显然也是不妥当的。拉綫杆塔在施工和运行上究竟还有许多問題需待解决，在山区及城郊地区使用也受到限制，目前鋼絞綫供应不足，而且拉綫对于农业机械化及土地深耕均有妨碍，因而是否采用拉綫杆塔應該根据具体情况，視具体地区加以抉擇。

預应力鋼筋混凝土电杆不但能节约鋼材，还能減輕构件体积，并防止构件出現裂紋。我們曾設計过110、220、330千伏的預应力电杆，和非預应力电杆比較，大大的节约了鋼材。例如330千伏預应力电杆采用单柱每基用鋼量仅1.2吨，每公里用鋼量仅3.0吨。这些預应力电杆有的已經試驗，有的正在試驗；但預应力电杆还没有在具体工程上使用过。今后，除繼續进行預应力电杆的研究工作外，还應該注意創造預应力电杆的使用条件和做好推广工作。虽然目前高强度鋼絲供应尚有困难，預应力电杆制造較为复杂，其造价有的可能还比較高，但是我們應該积极克服困难爭取为新技术創造发展的条件。

鋼筋混凝土及預应力鋼筋混凝土是送电綫电杆的主要材料，但不应看做是唯一的材料。在目前鋼材水泥供应紧张，各地区鋼筋混凝土电杆制造厂尚未普遍建立起来的时候，如何就地取材建設送电綫路是面临的一个大問題，此外还应对新型代用材料，如玻璃鋼、塑性、竹材等应繼續进行研究。

鋼筋混凝土电杆重量大，运输困难是一大缺点，如何推广使用輕質混凝土也是需要早日解决的。

在杆塔基础的設計方面，几年来虽然有些改进，但計算方法还不尽合理，如何正确提供和使用地質資料还没有得到很好地解决。

桩式基础用在沼泽地区，由于减少大量的土方量及水中作业，能大大加快施工速度；同时也可能利用桩基础作为杆塔接

地裝置。上海電力設計院早在1954年就採用過套筒式鋼筋混凝土電杆基礎。近兩年，北京電力設計院也在天津-唐山及北京-良鄉兩綫路採用了法蘭式對接形式的樁基礎。今後應在已有的經驗基礎上研究改進，以便擴大其使用範圍。

二、設計條件

設計條件是否選得合理，直接關係到綫路的安全性與經濟性。整風運動以後，曾修訂了若干原設計條件，如直綫杆事故時氣象條件的降低，避雷綫拉力差按杆塔兩側覆冰或風速的不同計算，不一律採用最大拉力之半驗算等，這樣就使占杆塔總數80%以上的直綫杆塔的重量可以合理地減輕。又如規定相分裂導綫綫路在事故時直綫杆只斷一相中的一根綫，非直綫杆只斷一個整相，與單導綫綫路設計條件有所區別也是合理的。此外，為了使斷綫張力不再成為直綫杆塔設計的控制條件，各電力設計院先後試驗成功轉動橫担，也是一項重大的成就：與固定橫担相比，它可在鐵塔綫路上節省鋼材15~20%，鋼筋混凝土電杆綫路節省鋼材20~30%，並且為山區使用單柱鋼筋混凝土電杆創造了條件。目前轉動橫担已有螺栓剪切及構件壓屈等幾種形式。各有其特點，以後還可根據運行經驗加以改進。

在設計條件方面還存有許多值得研究的問題，現在舉幾個例子如下：

1. 影響風壓的因素，除風速之外，還與受風面形狀、屏蔽情況、風帶寬度等有關，現在計算風壓的辦法不能反映實際情況，偏於保守，這方面資料還很少，應立即着手搜集或進行試驗。

2. 現在綫路正常情況負荷條件採用每五年發生一次的最大風速，同時杆塔設計應力又採用限度 I，是否保守？值得分析

研究。

3. 綫路杆塔和基础的設計，最好也象建筑結構設計那样采用极限状态計算方法，以便材料能得到最合理的使用。我們應該在这方积极进行研究，为普遍推广极限状态的計算方法創造条件。

三、导綫、架空地綫及絕緣子

1. 导綫：

1) 目前有色金屬的供应情况更趋緊張，以前对不同电压等級的綫路，并未考虑导綫占綫路总投資数的不同，一律使用一种經濟电流密度的数值，也不尽合理。因此現行經濟电流密度有必要适当加以研究或修訂。

如果修訂全国适用的經濟电流密度尚有困难，可以提出計算原則与方法，并規定目前适用的各类常数，以便各地区可以按具体情况自行計算。

2) 目前由于鋼絞綫不足，鋼芯鋁綫的供应发生困难。1958年国内已开始生产鋁合金导綫，并已在个别綫路上使用。鋁合金导綫的强度高，重量輕，耐蝕性能好。但首批产品中还存在不少严重缺点：如造价太高，制造长度短，松股，断头，金鈎太多，单股焊接質量不好，容易折断等，必須加以改进。此外，还須积极研究导綫的防震措施，以便能够提高鋁合金导綫的使用应力，充分發揮其优点。

在缺乏鋼芯鋁綫时，除了用鋁合金綫之外，还应研究其他的办法，如鋼芯鋁綫的芯子用鉄綫代替的問題，全鋁导綫的使用范围問題，以及降低現行鋼芯鋁綫的鋼芯截面問題，試制玻璃絲鋁綫的問題等。

在超高压綫路上，导綫大小，一般由电暈条件决定，因此

也应推动制造填充导线或空心导线以节约有色金属。

我们认为导线的品种应该多样化，以便设计人员有所选择。

2. 架空地线：

1) 架空地线应根据具体情况考虑是否架设。目前钢绞线供应紧张，在这方面更应加以注意。在轻雷地区，或者在建设第二回线时，可以考虑不架设架空地线。如果把握不大，也可以保留杆塔上的架空地线支架。此外，全线路可以分段架设架空地线。在门型杆塔上也可以只挂一根架空地线，加大对一侧导线的保护角。在没有架空地线保护的线路上，除使用自动重合闸之外，还可考虑装用管形避雷器或去游离器等，并观察其防雷效果。

2) 架空地线的截面，目前是按导线截面的大小规定的，虽然已经酌量减小，但还不尽合理。我们应该根据热稳定、防震、断导线时架空地线支持力以及可靠性、经济性等，结合运行经验定出一套比较合理的办法来。

3) 架空地线与导线在档距中央的间隔，按照“过电压保护导则”的规定不得小于档距的2%。这项规定是以雷电流陡度为50千安/微秒的雷电击中档距中央不发生闪络为计算根据的，要求未免过高。应收集以往设计的线路运行情况，并结合经济与安全，适当降低上述规定。

3. 绝缘子：

1958年生产的C-105、C-108型悬式绝缘子是综合了III-4.5和C-5型绝缘子的优点设计的，它与III-4.5相比，湿闪电压由41千伏提高到50千伏，尺寸及重量反而减小，价钱也比较低。目前在若干线路设计中已经采用。

棒式绝缘子现在已由大连、南京等电瓷厂试制成功。其电

气性能优良，施工维护方便，又能节省钢材，所以应积极推动厂家正式生产供应。应选择几条线路试用以取得经验。目前棒式绝缘子长度还可缩短，应与电瓷厂联系改进。

为了提高棒式绝缘子的抗拉强度，以使用在超高压线路上，电力建设研究所及长春电力设计院提出了用玻璃丝承受拉力的办法，应该加紧进行研究与试验。

玻璃悬式绝缘子机械强度高，制造过程简单，很有发展前途，也应积极推动试制。

此外，清华大学高压教研室正在研究高压立式绝缘子，这样，可以提高导线悬挂点，可以减小线间距离，对降低线路造价将有很大意义。

在绝缘子方面，我们也主张产品多样化，以便根据具体条件选择采用。

其次，在线夹方面，我们也要研究试验轻型耐震式的线夹，材料可考虑用铝合金或塑料，以便减少涡流损耗。

四、线路升压提高出力

大跃进后电力负荷增长很快，升压是一个以少量投资提高线路输送能力的好办法。送电线无论在绝缘、线间距离和对地距离各方面均有若干裕度，如果加以利用并采取一些必要的措施（如增加绝缘子，改变绝缘子悬挂方式，收紧导线等）升压，一般是没有什么问题的。110千伏线路升压154千伏，每公里仅需400~700元，而新建154千伏线路需10,000元以上；220千伏线路升压330千伏，每公里仅需2,000元（如增挂一根导线，约需20,000元），而新建330千伏线路每公里需40,000元，其经济价值显而易见。变电所方面可用串联升压器升压，原来变压器仍可利用，所以花钱不多。

在綫路升压方面，我們目前只有154千伏升到220千伏和77千伏升到110千伏方面的經驗，还需研究35千伏升到110千伏，110千伏升到154或220千伏以及220千伏升到330或400千伏的可能性。

此外，也应研究綫路加装串联电容器提高輸送容量的問題。

五、送电綫对弱电綫路影响的問題

1. 技术上的几点成就：

1) 利用良导体架空地綫及在通信綫路上装設屏蔽地綫来降低輸电綫路对通信綫路的电磁危險影响。

在选择綫路走徑时，往往由于对弱电綫路电磁危險影响过大或者要在弱电綫路上安装超过規程允許数目的放电器，不得不改道，因而增加綫路长度和投資。在城市近郊或狹隘走廊地带，由于地理条件的限制，綫路走徑更为困难。为此长春电力設計院和辽吉电管局結合撫順地区工程的需要在沈阳地区进行了屏蔽綫效能的試驗。并邀請了邮电、鉄道两部共同参加这个工作。試驗初步明确了以下几点，为今后(采用屏蔽綫)打下了基础。

(1) 以良导体 (AC-185) 做架空地綫可得到的屏蔽系数范围，閃絡故障时为0.5~0.72，断綫故障时为0.6~0.9；

(2) 在通信綫上装設屏蔽地綫 (A-25 鋁絞綫) 屏蔽系数为0.79~0.95；

(3) 架空地綫沿輸电綫路各接地点的接地电阻的大小，不影响屏蔽效用，但屏蔽綫两端的接地电阻，要愈小愈好。

2) 利用通信綫路測試大地导电率。过去經邮电、鉄道和电力部協議，測量大地导电率时，应使用ЭП1型电位計，这种方

法延迟时日，消耗人力、物力，所得結果与实际通电流試驗所測得者，还有很大的誤差。上海电力設計院提出了以 220 伏 50 周交流电源在通信綫路上測出互感阻抗，从而計算大地导电率的方法，且与江西省邮电管理局协作，正式使用此法，所得的結果誤差較 9П1 型电位計为小，为今后測量大地导电率开辟了另一条新的道路。

2. 有待研究的問題：

1) 110 千伏輸电綫路可否采用两綫一地制的问题。这是一个很有經濟意义的送电方式。应由一个負責单位邀請有关部門参加，共同測試其对通信干扰的程度，并結合已有較低电压的两綫一地制綫路运行經驗，判断使用条件，期能推广。

2) 通信干扰的标准及驗算公式的訂正及其驗証性的試驗工作，应会同有关部門，进行研究試驗。

3) 通信綫路上保护器具的改善与革新，亟待配合有关制造厂家，进一步創制出各型保护設備。

4) 大地导电率的測量方法，除上海电力設計院的工頻互感法以外，应更进一步研究，如改以 1,000 周交流电源在通信綫上測試等。然后就已有各种方法，进行分析比較，做出各种方法的修正系数，以期能遍地开花，早日編出专为綫路設計使用的全国大地导率图表。

5) 在大地导电率很坏的山区地带，輸电綫路对弱电綫路的危害很严重，选綫时要离开弱电綫路很远。这样不仅增加了修路和运输費用，并且运行困难，是否可以采用 110 千伏消弧綫圈接地系統的问题也有研究的必要。

以上所述，系綫路設計工作中的几个主要方面，其他如大跨越、山地接地装置、两綫一地制送电等问题也需要我們研究。以前綫路設計工作者，在杆塔結構研究方面，已有比較显

著的成績，今后还应繼續努力。同时我們認為綫路設計的其他方面問題也需要我們加强研究，把整个綫路設計工作全面抓起来，来一个更大的跃进！

II. 全国电力建設勘测設計現場會議 对某些問題的看法

一、經濟电流密度問題

对于不同电压等級的綫路，由于导綫占綫路投資比例的不同，也应该采用不同的电流密度数值，因而建議对經濟电流密度，如果一时无法訂出全国适用的經濟电流表，希望能够提出計算的原則与方法，并規定各項常数，以便各地区可以根据具体情况自行計算。

在超高压綫路上，导綫的大小常需考虑电量的因素，應該推动試制填充导綫等以節約有色金屬。

二、关于高压送电綫路上使用新型絕緣子問題

过去在我国送电綫路上采用的絕緣子除針式外，悬式有III-4.5, C-5和10吋等三種型式。大連电瓷厂新生产了C-105, C-108的悬式絕緣子和CH-110型棒式絕緣子。南京电瓷厂生产了110千伏綫路上使用的VKL75/14型和VKL85/14型的棒式絕緣子，以及在空气污秽地区使用的VKNL75/27型和VKLS75/21型的耐霧防尘棒絕緣子，其中C-105, C-108型已正式供应。

大連电瓷厂生产的C-105, C-108型絕緣子是綜合了III-4.5和C-5型絕緣子的优点制造的，它的湿閃电压由41千伏提升

到50千伏，尺寸和重量均减小。长春电力设计院设计的330千伏唐錦綫已經采用。

棒式絕緣子对我國來說，是新型的絕緣子，它是整根瓷棒制成的，瓷棒的两端用两个圓錐型的鉄帽胶合成的，瓷棒的直徑是按瓷質抗張溫度來決定的。

棒式絕緣子有很多優良的电气性能，因為它是整根瓷棒制成的，中間沒有任何金具，所以对电气方面來說，是完全有效的，比懸式不易老化，不易击穿。它的最大优点是：湿弧閃絡电压高，漏泄距离大，可以适用高海拔地区和一般空气污秽地区（严重污秽地区可以用VKNL型VKLS型的）。还有它的电压分布均匀，耐弧性能比懸式好，施工方便，运行維護簡單，不需要定期檢查。同時在經濟意义上能节省鋼材，每100公里送電綫可以节省用鋼量約10吨，节省鋅約1.0吨。

棒式絕緣子的缺点是：瓷棒一旦遭受意外折断，就会产生事故。它要求有很高的制造技术，每支制成品均需要經超声波探伤檢查。由于絕緣子更換时需要換掉一根，所以运行备料比懸式多一些。

在这次技术革命中，电力建設研究所和长春电力设计院提出棒式絕緣子的瓷杆中心用玻璃絲綫綫來加强抗張强度的办法，这对棒式絕緣子在机械强度上可以得到很大的提高，为解决500~660千伏超高压送电上的高强度絕緣子創造了条件。不过这方面还需繼續进行研究。

在高压送電綫上使用棒式絕緣子的同时，发展玻璃懸式絕緣子也是一个方向，玻璃絕緣子电气击穿强度較瓷質差，但它的机械强度高，尺寸小，重量輕，制造过程簡單。

經過討論認為C-105，C-108比III-4.5，C-5型有較好的性能，可以推广。

对棒式絕緣子的意見，認為此种型式絕緣子在电气方面有优良的特性，价格低廉又节省金屬，还可用于高海拔地区，目前可以在几条綫路工程中試用，以便早日取得經驗。

玻璃絕緣子制造設備和制造过程簡單，一般玻璃厂将来也可制造，很有发展前途。希电瓷厂能早日試制成功，以便試用。

三、关于选用架空地綫牌号問題

选择地綫牌号应根据防雷、防震、热稳定問題，安全性和經濟性以及結合气象資料和运行經驗統一考虑。选用架空地綫牌号可以比旧有規定的降低。可按下列一些原則参考使用：

1. 220~330千伏电压級綫路最小可采用C-50；
2. 110千伏綫路最小采用C-35；
3. 110千伏以下綫路最小采用C-25。

四、取消架空地綫問題

結合下列因素可以取消架空地綫：

1. 輕雷区不采用；
2. 多回路平行时，可只有一回綫有地綫；
3. 根据雷击选择情况和变电所进出綫的需要实行分段架設地綫；
4. 門型塔也可只用一根地綫。

五、关于鋁合金导綫的問題

1. 鋁合金导綫的优点：

- 1) 强度高。其股絲的瞬时破坏强度30公斤/平方公厘。所以有使用較高的应力而减小弧垂，放大档距或减低杆高。比重与

鋁相同為2.7。故較鋼芯鋁綫為輕；

2) 抗腐性能較鋼芯鋁綫為優。

2. 鋁合金導綫的缺點：

1) 導電率比鋁約低10%；

2) 製造過程較為複雜。

3. 鋁合金導綫的接續：

可用普通鋼芯鋁綫用的鋁質鉗接管，而改用水壓機壓接的辦法接續，經試驗機械強度與電阻比均合格。但沒有運行經驗，還需研究其他的接續方法。

4. 今後方向：

鋁合金本身有很多優點，但也有一定缺點，在某些條件下，有一定的發展前途，特別是在缺乏高強度鋼絲的時候或用在氣象條件比較嚴重的地區更為合適。但須解決下列問題：

1) 降低造價。據悉目前造價不能代表正常的生產價格，將來可以降低；

2) 研究解決防震問題以提高使用應力，才能發揮其強度高的最大優點；

3) 廠家應提高製造工藝水平，使每軸綫加長，減少以致消滅各種製造的缺點。

六、110千伏綫路採用經消弧綫圈接地制的問題

隨着電網的日益發展，在綫路密集的地帶或大地導電率較差的山區送電綫路與通訊綫間之電磁危險影響常常迫使送電綫路遠棄交通綫而架設（在通訊綫路上安裝保護設備有一定的限制），不需要大量的增加投資，而且對於綫路的施工、運行、維護均極不便。

將110千伏綫路之直接接地運行方式改為經消弧綫圈接地

运行以后，除了对半自动閉塞的铁路訊号装置給予考虑而外，可以根本解决上述之矛盾。

采用 110 千伏經消弧綫圈接地系統，在国外是有运行經驗的，我国东北也有 154 千伏經消弧綫圈接地运行的經驗，証明情况良好。

此外采用 110 千伏經消弧綫圈接地还有以下的几个优点：

1. 可以考虑在綫路上取消架空地綫以节约鋼絞綫及降低杆塔造价。并可以节约接地装置，特别是在大地导电率差的地区，接地装置这个难以解决的问题将不再存在；

2. 为綫路分相檢修創造了条件。

采用經消弧綫圈接地以后有以下缺点：

1. 增加消弧綫圈設備，但这项設備費用是不很大的；

2. 操作过电压較直接接地时为大，因此設備及綫路的絕緣水平需要高些，但是照設備性能及綫路的絕緣配合情况看来，还不难滿足这一要求；

3. 对繼电保护装置要求較高的選擇性，因此比直接接地系統增加了复杂性。

110 千伏綫路采用經消弧綫圈接地，其主要优点是某些地区可以改善对通訊綫的电磁危險影响，由于这项措施影响到系統运行方式，繼电保护問題，及設備制造問題，因此尚需与有关部门进行研究。

III. 輸電綫路升壓問題

長春電力設計院

隨着工業的躍進，用電負荷激增，電力系統中電網的輸送容量已感到滿足不了供電的要求。因此對如何提高網絡中送電綫的輸送容量，在目前是一個很重要的問題。我國東北地區首先出現了這種情況：遼吉西部的154千伏電網，為了滿足供電的要求，在1959年就需要新建約530公里的154千伏綫路。黑龍江西部地區110千伏電網也是同樣情況，需要增設新綫路。

對提高舊有送電綫的輸送容量的問題，不少國家已廣泛採取了綫路升壓運行的辦法。法國近几年來曾將班奧—莫尼斯脫勞，留耶爾—安華爾，聖·維克多—戈定等數條150千伏綫路升壓至220千伏運行。最近蘇聯將古比雪夫—莫斯科的400千伏送電綫也升至500千伏運行。

1954年東北地區的李鞍綫也是由154千伏升壓至220千伏運行。根據我國目前供電情況以及從各國電力系統發展過程來看，如將舊有綫路用升壓運行的辦法來提高輸送容量是一項經濟而有效的措施。

遼吉電管局和長春電力設計院對東北電力系統的舊有綫路如何升壓運行的問題，進行了分析和研究，據初步估計，若將遼吉地區154千伏綫路升壓至220千伏運行，不但可提高輸送容量一倍，並能節約架設新綫路的投資費用1,800萬元，還可以在盡短時間內投入運行。

由於電網升壓涉及到變電所和綫路的改建，需要改進的面較廣，不可避免會遇到很多具體問題。下面就設計中遇到的一