

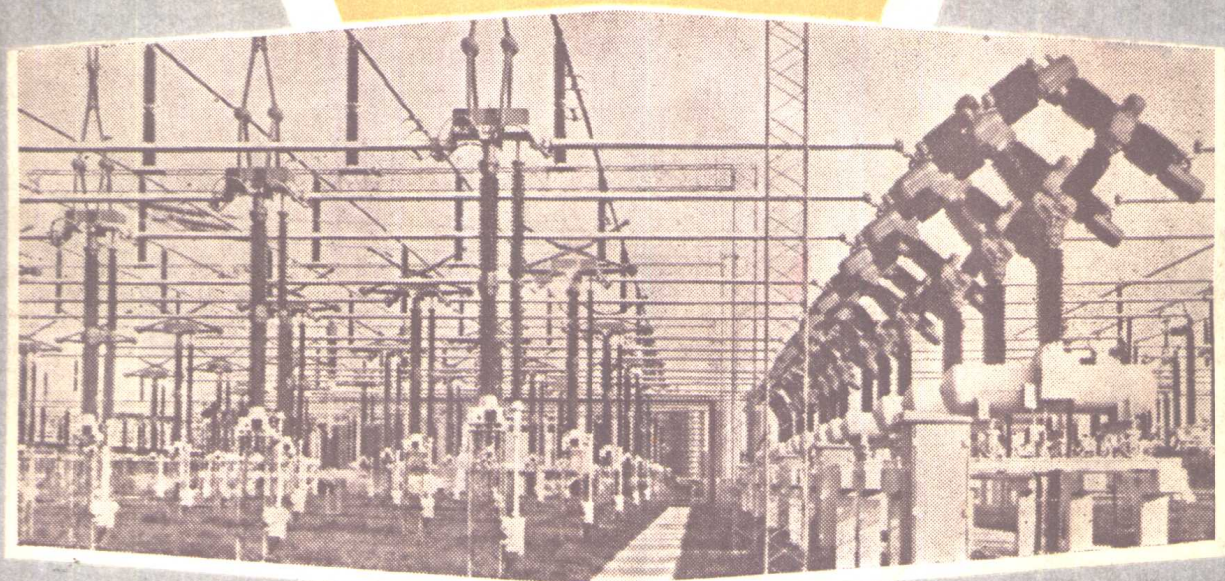
知识

35~500

千伏

管母线配电装置

蓝增珏 袁达夫



35~500千伏
铝管母线配电装置

蓝增珏 袁达夫

电力工业出版社

内 容 提 要

本书系统地总结了我国对铝管母线及其配电装置的试验研究成果,借鉴国内外大量文献资料,对铝管母线配电装置的设计标准、原则和计算方法做了完整的论述,对在运行中遇到的微风振动、带电作业、抗震等问题进行了专题讨论,并较全面地介绍了各级电压铝管母线配电装置在国内外的应用情况。

本书可供从事发电厂变电所电气设计、施工及运行的工程技术人员阅读。

35~500千伏铝管母线配电装置

蓝增珏, 袁达夫

*

电力工业出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 $17\frac{1}{4}$ 印张 392 千字

1982年9月第一版 1982年9月北京第一次印刷

印数 0001—5630册 定价1.40元

书号 15036·4347

前 言

铝管母线高压配电装置具有占地少、构架简单、节省钢材和基础工程量、布置清晰、维护方便、母线电晕对无线电干扰小、临界电晕电压高、通流容量大等一系列优点，而其造价和同规模的软母线配电装置基本相同。因此，它在工业发达的欧、美等地区的高压及超高压配电装置中得到广泛的应用。在我国，随着对铝管母线高压配电装置研究工作和工程实践的逐步开展，自七十年代以来，这种配电装置已越来越多的在工程中得到应用。

1973年11月我国设计出第一个220千伏铝管母线配电装置，并在京津唐电网的一些220千伏变电所工程中采用。1974年我国的一些科研、设计、施工单位联合组成了“铝管母线科研小组”，并建立了铝管母线配电装置的屋外试验场。在国内，首次对220~330千伏支持式铝管母线配电装置中大跨度铝管母线截面的选型、微风振动、最小空气间隙、绝缘配合、带电作业等一系列问题进行了比较系统地研究，经过近四年的工作，取得了一批科研成果。同时，又在220千伏铝管母线配电装置中进行了中间试验，并将这些成果应用于我国220~330千伏铝管母线配电装置的工程设计中。

1976年7月唐山大地震后，我国对地震区的一批110~220千伏铝管母线配电装置进行了震后实地考察，研究了铝管母线配电装置的地震振动特性，并在实验室振动台上进行了母线支柱绝缘子的振动特性试验，积极研制抗震型支柱绝缘子。

1980年为了进行500千伏配电装置的设计，我国又开展了500千伏悬吊式铝管母线以及分裂结构铝管母线力学和电气特性的研究工作。为了获得更准确的试验结果，采用了1:1的真型结构，使铝管母线的试验研究工作更深入一步。

本书较系统地介绍了我国的上述科研成果，借鉴国内外有关文献资料，对35~500千伏铝管母线配电装置的设计标准、原则和计算方法做了较完整的论述；对铝管母线高压配电装置在实际运行中遇到的微风振动、带电作业、抗震问题进行了专题讨论，并较全面地介绍了各级电压铝管母线配电装置在国内外的应用情况。

本书的第一、二、五、六、八章及第四章第四节由袁达夫同志编著，第三、四（一、二、三节）、七、九章由蓝增珏同志编著，全书由蓝增珏同志统稿。

本书在编著过程中得到张大文、杨济川、姚宗干、王海期、吴明友、李淑芳、蔡思贤、何兵等同志的热情指导和帮助，在此一并致以衷心感谢！

作 者

一九八一年十月

目 录

前 言

第一章 铝管母线配电装置的特点	1
第一节 缩小敞开式配电装置占地面积的主要因素	1
第二节 配电装置采用软母线与管母线的比较	4
第三节 铝管母线配电装置的一些特点	6
第二章 支持式铝管母线	12
第一节 铝管母线选择的一般条件	12
第二节 铝合金的物理性能	13
第三节 铝管母线载流量的计算	14
第四节 铝管母线短路电动力的计算	27
第五节 铝管母线的机械计算	42
第六节 铝管母线临界电晕电压的计算	60
第七节 铝管母线电晕对无线电干扰的计算	63
第八节 支柱绝缘子抗弯强度的计算	68
第三章 悬吊式铝管母线	70
第一节 悬吊式铝管母线的特点	70
第二节 悬吊式铝管母线的选择计算	72
第三节 悬吊式铝管母线位移、拉力计算	76
第四节 悬吊式铝管母线的力学试验	83
第四章 铝管母线配电装置的电气特性	93
第一节 真型铝管母线配电装置的电气试验	93
第二节 绝缘配合等电气问题	101
第三节 铝管母线配电装置的最小安全净距	108
第四节 母线接地器安装间距的确定	120
第五章 微风振动	127
第一节 微风振动的起因及特点	127
第二节 铝管母线自振频率及振型	137
第三节 微风振动的消减	147
第四节 动力消振器的设计	161
第六章 带电作业	166
第一节 气象条件	166
第二节 带电作业的安全距离	166
第三节 220千伏铝管母线配电装置的带电作业	168
第七章 铝管母线配电装置的抗震	174
第一节 铝管母线配电装置的震害调查	174
第二节 铝管母线的振动特性及耐震试验	177

第三节	抗震型棒式支柱绝缘子的研制	183
第四节	铝管母线的抗震设计	188
第八章	铝管母线的安装及金具	193
第一节	铝锰合金管的焊接	193
第二节	安装伸缩节跨数的选择	195
第三节	支持式铝管母线的金具	196
第九章	35~500千伏铝管母线配电装置的应用	200
第一节	35~110千伏铝管母线配电装置	200
第二节	220千伏铝管母线配电装置	210
第三节	330~400千伏铝管母线配电装置	223
第四节	500千伏铝管母线配电装置	234

第一章 铝管母线配电装置的特点

第一节 缩小敞开式配电装置占地面积的主要因素

敞开式配电装置的占地面积，大致与电压等级的平方成正比。例如，在主接线形式及进出线回路数相同的情况下，500千伏配电装置面积约为220千伏的4倍。所以，在高压、超高压配电装置设计中，如何缩小占地面积就成为一个十分重要的问题。因为，这不仅是为了满足变电所设计技术规程规定“不占或少占农田”的要求，减少土地征收、平整场地与建造围墙的费用，而且，由于面积的缩小，使母线、控制通讯电缆、电缆沟、断路器压缩空气管道等的长度均可显著缩短。同时，由于受力情况的改善（因缩小占地面积，从而间隔尺寸缩小，导线的跨度缩短），可以采用较轻型的构架，使钢材和混凝土的用量也得到降低。因而使配电装置的总投资大为减少。

另外，由于配电装置面积的缩小，投运后的年运行费用和维护工作量也相应减小。

为了弄清高压配电装置中所采用的设备型式与布置间的关系，找出缩小占地面积的主要矛盾是很有意义的。现将：①电压为220千伏，主接线为双母线带旁路，管母线配用单柱隔离开关（图1-1）与软母线配用双柱隔离开关（图1-2）中型布置的配电装置的出线间隔；②电压为500千伏，主接线为一台半断路器，软母线配用悬吊式隔离开关（图1-3）及软母线配用双柱隔离开关（图1-4）中型布置的配电装置的出线间隔分别加以剖析说明。出线间隔中每台设备占地面积的大小列于表1-1中。

表 1-1 不同设备占地面积大小的比较

电压 (千伏)	方 案	项 目	主旁母线	主旁隔离 开 关	断 路 器	电 压 互 感 器	出线隔离 开 关	电 流 互 感 器	道 路	间 隔 总 面 积
220	软 母 线	单项面积 (米 ²)	413 (29.5×15)	252 (18×14)	95.9 (6.8×14)	42 (3×14)	102 (7.3×14)	33.6 (2.4×14)	147 (10.5×14)	1085 (77.5×14)
		单项面积 间隔面积 (%)	38	23.3	8.5	3.8	9.6	3.7	13.1	100
	管 母 线	单项面积 (米 ²)	358 (29.9×12)		94.8 (7.9×12)	42 (3.5×12)	96 (8×12)		122.2 (10.2×12)	713 (59.5×12)
		单项面积 间隔面积 (%)	50.3		13.3	5.9	13.5		17	100
500	双 柱 隔 离 开 关	单项面积 (米 ²)	1942.4 (60.7×32)		1776 (55.5×32)	672 (21×32)	3328 (104×32)	480 (15×32)	2102.4 (65.7×32)	10300 (321.9×32)
		单项面积 间隔面积 (%)	18.9		17.2	6.5	32.3	4.7	20.4	100
	悬 吊 式 隔 离 开 关	单项面积 (米 ²)	123.2 (44×28)		1470 (52.5×28)	420 (15×28)	1092 (39×28)		490 (17.5×28)	4704 (168×28)
		单项面积 间隔面积 (%)	26.2		31.3	8.9	23.2		10.4	100

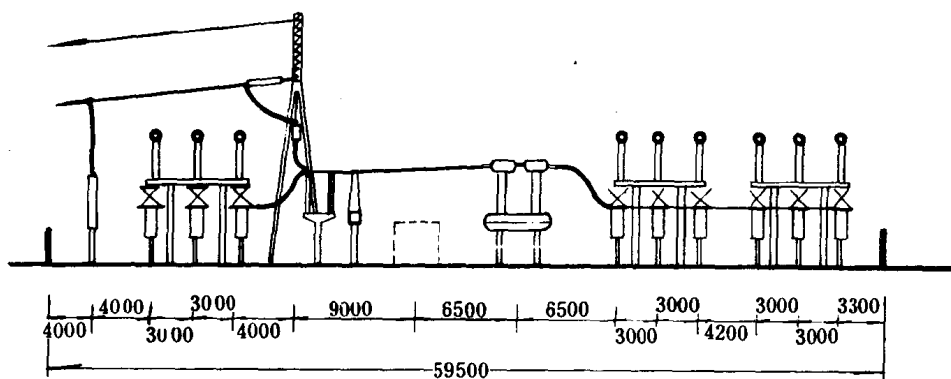


图 1-1 铝管母线(上布置方案)配用单柱式隔离开关
出线间隔断面(间隔宽度12米)

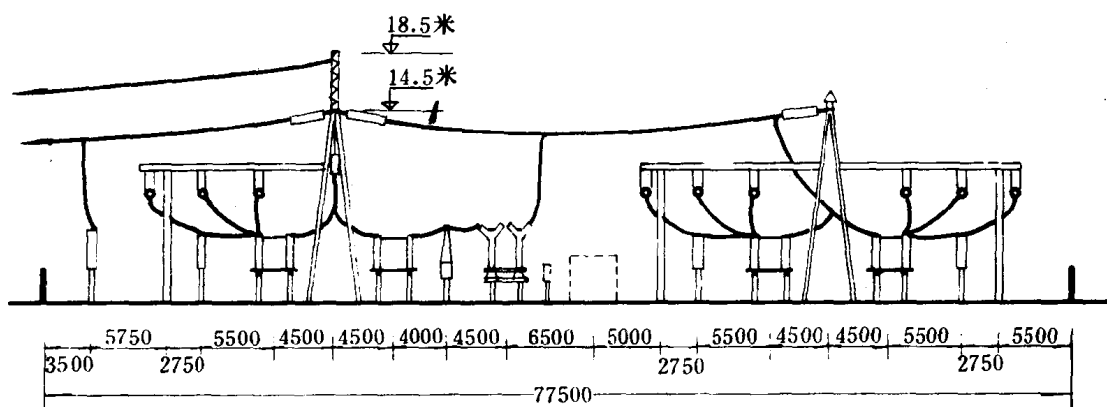


图 1-2 软母线配双柱隔离开关出线间隔断面(典型设计, 间隔宽度14米)

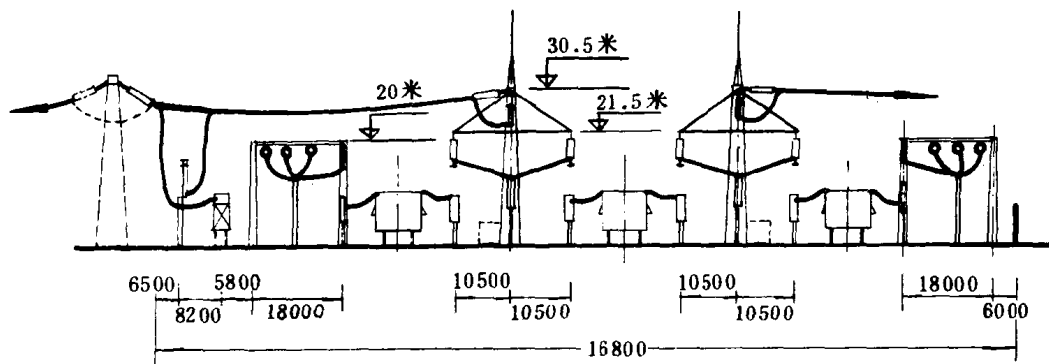


图 1-3 500千伏屋外配电装置采用悬吊式隔离开关进出线间隔断面

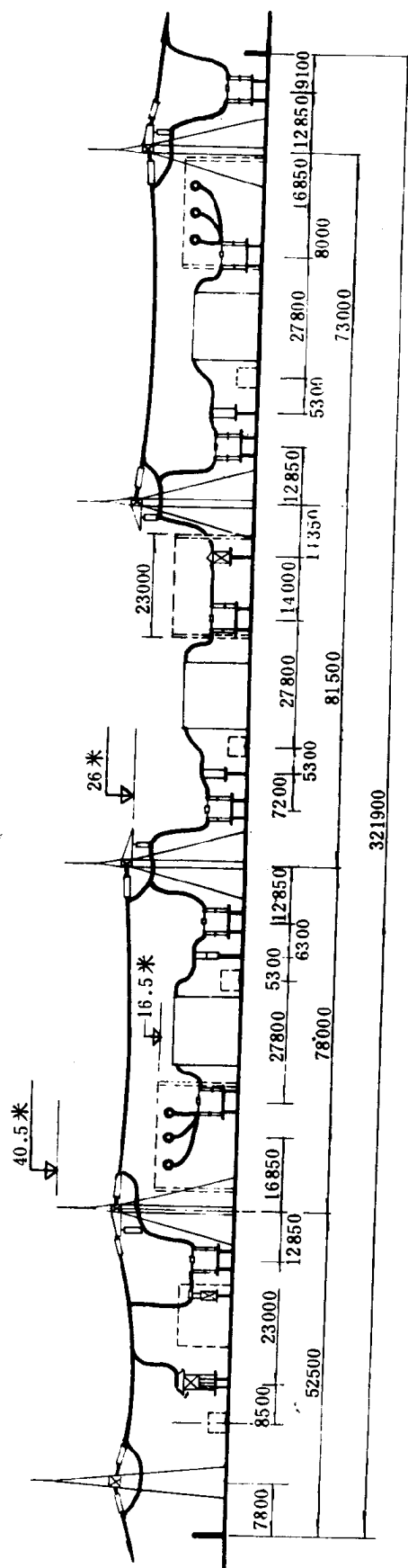


图 1-4 500 千伏屋外配电装置采用双柱式隔离开关进出线间隔断面

从表可知：①在同一主接线下，由于选用隔离开关及母线型式不同，变电所的占地面积有很大差别。如在 220 千伏配电装置中，软母线方案占地面积为管母线方案的 1.52 倍。500 千伏配电装置中双柱隔离开关方案占地面积为悬吊式隔离开关方案的 2.19 倍；②当主接线采用双母线带旁路时，高压配电装置中主母线、旁路母线及隔离开关的占地面积为整个高压配电装置总面积的 50 ~ 60 % 左右，数量相当可观，这是缩小高压配电装置占地面积的主要因素，而其它电气设备，如断路器，电流、电压互感器等在缩小占地面积上潜力不大。为此，合理地选择和改进母线及隔离开关的型式已成为缩小高压配电装置占地面积的头等重要的问题，在多母线接线的高压配电装置中尤其如此。

第二节 配电装置采用软母线与管母线的比较

这里所探讨的软母线高压配电装置系指采用钢芯铝绞线或扩径导线配双柱或三柱水平旋转隔离开关的中、低型布置方式。管母线高压配电装置系指用铝锰合金管作母线，母线隔离开关选用垂直断口的单柱式，出线隔离开关选用水平旋转的双柱、三柱式隔离开关或组合电器的中、低型布置方式。

根据对国内已投入运行的 110 千伏、220 千伏管母线变电所的调查和参阅国内外有关资料，并结合多年来科研设计工作的体会，可以看出，管母线高压配电装置比软母线高压配电装置有以下主要优点：

1. 缩小占地面积

管母线与软母线相比，在风力和电力作用下的弧垂摇摆现象很微小。铝管母线的外径一般比软母线用的钢芯铝绞线的外径大 2 ~ 5 倍，因此，布置尺寸可按设备允许的最小距离来决定，并且不因电晕和无线电干扰条件的影响而加大相间距离。单柱式隔离开关可直接置于母线下面，与双柱、三柱式隔离开关相比不需要另占地方，这样就缩小了高压配电装置的占地面积。

2. 节省钢材与基础工程量

采用上布置方式的铝管母线（图 1-1）是用支柱绝缘子支持，其弧垂很小，母线热胀冷缩时，可在绝缘子顶上的金具内自由滑动，正常情况（无风、无冰）下，施加于绝缘子的水平力只有摩擦阻力，因此，构架可大为简化。至于采用下布置方式的铝管母线（图 1-5），因为用单柱式隔离开关作为铝管母线的支柱，故无需另立母线构架。由于母线构架高度的降低，进出线构架的高度也随着降低，以单列式布置的 220 千伏配电装置为例：软母线布置的母线构架高 10 米，出线构架高 14.50 米，进线构架高 21.50 米；而在管母线布置中，母线构架高 6.30 米，进、出线构架高为 13 ~ 14 米。由于构架高度降低和其所受的力减小，既利于安装又可节省钢材和基础工程量。

选用单柱式隔离开关没有设备引下线，不但减少了工作量，也节省了铝材，这一优点在超高压变电所中更为突出。

3. 布置清晰，运行维护方便

管母线配用单柱隔离开关，与母线的断、合指示清楚，直观性强。单柱隔离开关无设备引下线，使变电所布置清晰。与软母线配用单柱式隔离开关相比，可避免弧垂随气候条

件变化而上下伸缩及左右摇摆的现象，因此，隔离开关的动静触头相对位置变化不大，运行安全可靠。

母线用支柱绝缘子支持，悬式绝缘子串大为减少，加以整个配电装置的构架较低，便于维护管理及清扫绝缘子。

4. 母线电晕对无线电干扰小、临界电晕电压高

在使用铝管母线时，为满足机械强度和载流量的要求，其外径一般均较大（大于6厘米），这对改善电晕条件，降低母线的表面场强大有好处，从而减少了对无线电通讯、广播的干扰。而软母线为了使导线表面场强不超过允许值，特别是在超高压配电装置中，不得不采用结构复杂的分裂导线。

管母线配用单柱式隔离开关的配电装置虽有上述优点，但也存在如下不足之处：

（1）圆形铝管母线，在一定的条件下将会产生微风振动，必须采取防振措施，而软母线可不考虑微风振动。

（2）管母线由一段一段的铝管焊接而成，金具的配置较软母线复杂，增加了安装工作量。异型管母线安装工作量增加得更多一些。

铝管母线本身及其配套金具的造价虽比软母线高，但采用管母线可压缩配电装置的占地面积，减少了构架所耗的钢材，从整个造价上看，特别是采用支持式的管母线，比同规模的软母线配电装置略低。现将某电厂220千伏配电装置铝管母线和软母线方案的经济比较列于表1-2。

表 1-2 某电厂220千伏配电装置铝管母线方案经济指标比较

项 目			铝 管 母 线 配 用 GW 6-220型隔离开关	软 母 线 配 用 GW 4-220型隔离开关
占 地 面 积	面 积 (米 ²)		15800	23500
	宽	× 长 (米)	60.5 × 262	77.5 × 304
	百 分 数		100%	149%
绝 缘 子	悬 垂 串 (组)		34	165
	造 价 (万元)		1.05	5.1
	支 持 绝 缘 子 (组)		68	21
	造 价 (万元)		9.1(6.1)	2.8
钢 材	用 量 (吨)		79	155
	造 价 (万元)		15.8	31
铝 材	母 线	用 量 (吨)	9.0	7.5
		造 价 (万元)	6.3	2.6
	设 备 引 线	铝 合 金 管 (吨)	1.7	
		钢 芯 铝 绞 线 (吨)	3	7.7
		造 价 (万元)	2.2	2.7
	铝 材 用 量 (吨)		13.8	15.2
	铝 材 造 价 (万元)		8.5	5.2
	总 造 价 (万元)		34.9(31.9)	44.2

注 1. 括号内数字为用瓷横担时造价；
2. 估算中所用的经济指标是：悬垂串310元/组，支持绝缘子1350元/组，瓷横担900元/组；钢材2000元/吨，铝锰合金管7500元/吨，钢芯铝绞线3500元/吨；
3. 比较中未计及场地平整、围墙、电缆沟、控制电缆、通讯电缆等相同部分的费用。

第三节 铝管母线配电装置的一些特点

铝管母线由于配用隔离开关的型式不同，其布置方式可分为两个类型，即：①配用垂直断口的单柱式隔离开关；②配用水平断口的双柱或三柱及组合式隔离开关。

铝管母线配用单柱式隔离开关的布置方式由于母线放置的位置不同，又可分为铝管母线上布置方式（即用支柱绝缘子支持铝管母线，单柱隔离开关的静触头悬挂在母线上，间隔内的设备连接支线在母线下面，连接支线可采用铝管，也可用软导线，见图1-1）和铝管母线下布置方式（以单柱隔离开关的支柱绝缘子支持母线，设备连接支线在母线上面，静触头悬挂在间隔内的软导线连接支线上。见图1-5）。

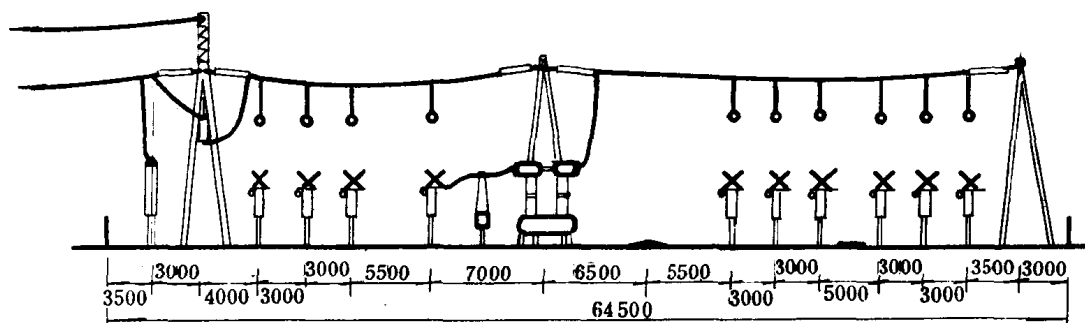


图 1-5 铝管母线(下布置方案)配用单柱式隔离开关出线间隔断面(间隔宽度14米)

一、各种布置方式的特点

1. 铝管母线上布置方式

如前所述，这种布置方式由于没有大跨度的软导线，故占地面积最小，单柱隔离开关的动静触头相对位置，在一年四季中变化不大，运行安全可靠；铝管母线对单柱隔离开关的相对独立性比较强，如在运行中发现隔离开关的支柱绝缘子有裂痕和损伤需要更换时，母线不一定停电或只需要短时停电。此外由于采用支柱绝缘子支持母线，既降低了构架，又减少了悬式绝缘子。因此，不仅节省钢材和基础，运行维护也比较方便。

这种布置方式的缺点是，母线跨中不易增加支柱，特别是在多母线的配电装置中尤其如此；而配电装置的间隔宽度是随着电压等级的提高而增加的，一般 220 千伏间隔宽度为 12 米，330 千伏为 18 米，500 千伏为 27 米。因此，当采用圆铝管母线而在跨中又不能增加中间支柱时，为了满足机械强度、刚度的要求，只好将外径和截面加大，这样就造成铝管母线单位长度重量的较大增加。此时，往往采取多分裂结构铝管和倾斜悬吊式铝管来弥补这个缺点。

2 铝管母线下布置方式

该布置方式的最大优点是，在跨中可任意增加支柱，而不影响电气布置。这样，在超高压配电装置中，当采用圆管母线时可依据电气要求来选择母线截面，而机械强度、刚度将不成为控制条件，从而使铝管母线单位长度的重量大大减轻，故在国外超高压变电所中得到应用。该布置方式存在的问题是：①由于母线是靠隔离开关的支柱绝缘子支持，铝管

母线对单柱隔离开关的依赖性很强，因此，当隔离开关发生上述永久性故障时，将使母线较长时间停电；②单柱隔离开关的静触头悬挂在软导线上，且软导线的跨距又大，要保证把单柱隔离开关动、静触头相对位置的变化限制在许可的范围内，对软导线的承力构架往往要采取复杂的措施，因此，这种布置方式在我国很少使用。

3. 铝管母线配用组合电器布置方式

从图 1-6 可看出，这种布置方式除母线不同外，其他与软母线的布置方式基本一致，占地面积有所缩小，但其优点并不突出。

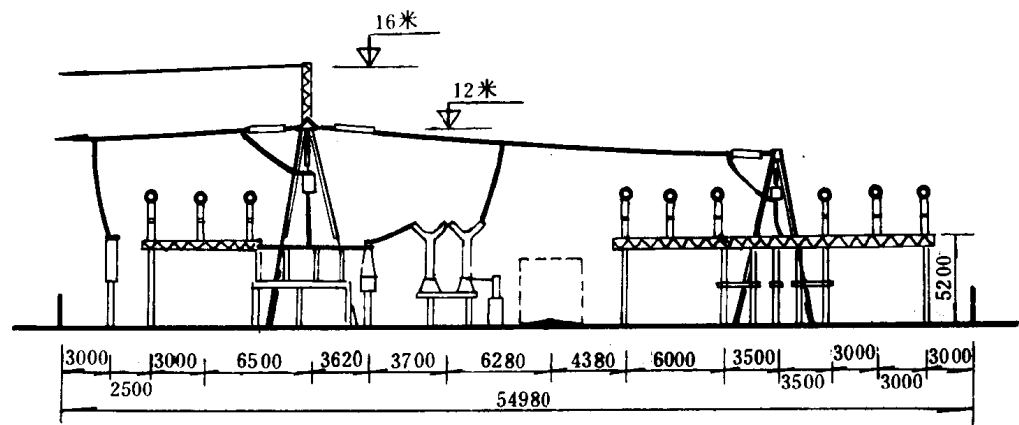


图 1-6 铝管母线(组合电器方案)出线间隔断面(间隔宽度12.5米)

二、铝管母线的型式

铝管母线按其结构不同，可分为支持式和悬吊式两种。从减小母线跨度、防止微风振动出发，支持式铝管母线又可分为带长托架和不带长托架两种，但由于长托架式铝管母线给安装带来不便，一般使用较少，不带长托架的支持式铝管母线则使用较多，而悬吊式铝管母线一般在超高压配电装置且考虑地震的地方才予采用(见图1-7)。

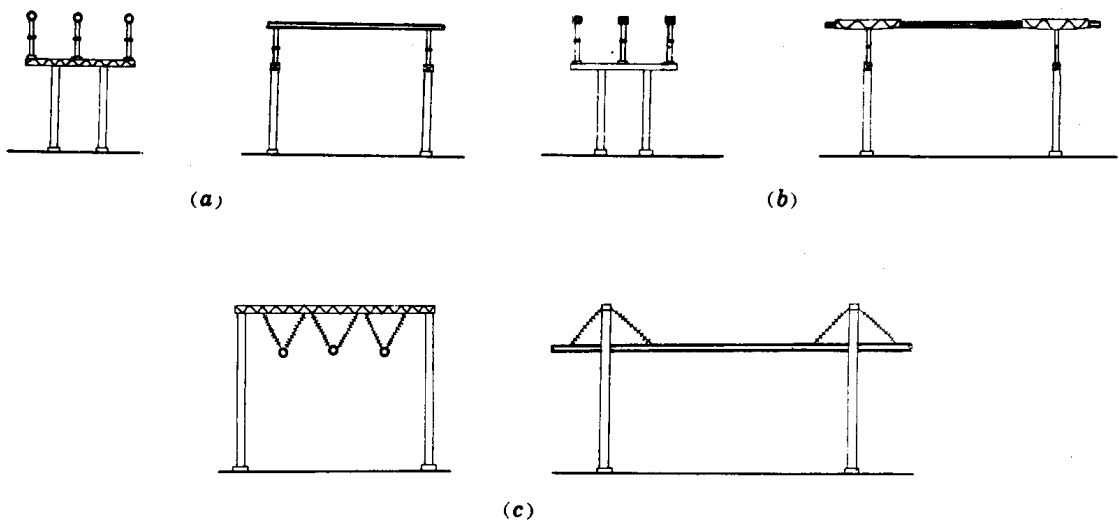


图 1-7 不同结构的铝管母线

(a) 支持式铝管母线；(b) 托架式铝管母线；(c) 悬吊式铝管母线

铝管母线按其截面形状不同可分为圆管型、异型和分裂型三种(见图 1-8)。前面两种都是单根铝管, 后一种是多分裂铝管。现分述如下:

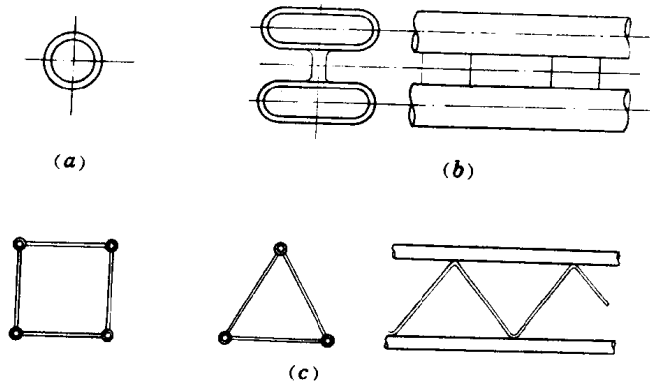


图 1-8 不同断面形状的铝管母线
(a)圆铝管母线; (b)异形铝管母线; (c)三、四分分裂结构铝管母线

1.圆管铝管母线

这种母线制造、安装简单, 造价较低, 因此, 不论是支持结构的还是悬吊式结构的都得到广泛的应用。但是, 采用圆管铝管母线要满足机械强度、刚度的要求, 因而对跨度的限制较大, 特别是支持式铝管母线更加突出。表 1-3 列出了220~500千伏高压配电装置中圆铝管母线在满足刚度要求下单位长度所需的重量。从表中数字可以看出, 330千伏及以上电压等级采用圆铝管母线, 如不设法减小跨度, 则耗费的铝材太多, 在工程设计中往往是行不通的。因此, 在跨距大的超高压配电装置中, 常在跨中增加支柱绝缘子或采用“V”型绝缘子串倾斜悬吊铝管母线的方法来减小母线的跨度(当然采用“V”型倾斜悬吊母线的原因不仅如此), 尽量做到按载流量的要求来选择铝管母线截面, 以减小不必要的铝材消耗。另外, 圆管母线在微风中还会产生卡曼涡列, 因此, 在设计中还必须考虑消除微风振动的措施。

表 1-3 220~500千伏圆管铝管母线满足刚度要求单位长度所需的重量

电 压 等 级 (千伏)		220	330	500
计 算 件 条 件	跨 距 (米)	12	18	27
	跨 数	3	2	1
	跨 中 集 中 荷 载 (公斤)	7	20	40
特 性	管 型 尺 寸 (厘米)	$D = 10, d = 9$	$D = 18, d = 16$	$D = 30, d = 27$
	轴 惯 性 矩 (厘米 ⁴)	168.5	1936.5	13677.3
	截 面 积 (厘米 ²)	15.1	53.4	134.3
参 数	挠 度 (厘米)	5.76	6.7	28.4
	单 位 长 度 重 量 (公斤/米)	4.2	15	37.6

注 D 为外径, d 为内径。

2.异形铝管母线

为了节省铝材, 又能提高铝管母线的刚度, 人们在生产实践中提出了图 1-8 b 所示的

异型铝管母线。采用这种截面形状比较经济的原因可用图1-9所示的工字钢加以说明。铝管母线截面上各点应力的分布,与该点到中性轴的距离成正比,离中性轴越远,应力越大,在上下两边缘处的应力达到最大值。因此,离中性轴较近的材料,就没有充分得到利用,如图1-9中虚线所示的矩形截面。如把离中性轴较近的部分材料,移至靠近截面两上下侧的边缘处去,使变成图中实线所示的工字形截面。这样在相同的截面积下,材料就可以得到充分利用。因为母线的截面积,即单位长度的重量虽没有增加,但由于截面的轴惯性矩 J 和抗弯矩 W 增大,从而提高了承载能力。

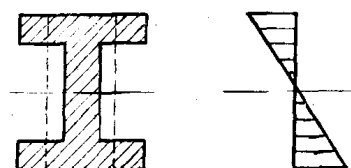


图 1-9 截面的经济形状

选用异型管时,对水平方向轴惯性矩(J_x)和垂直方向轴惯性矩(J_y)两者的比例应选择适当,如 $J_x \gg J_y$,即铝管母线的高宽比过大,在安装起吊时不仅铝管母线容易翻转,且水平方向的承载能力太小,稍受外力干扰,就会产生左右摇摆,根据我们的试验证明,铝管母线的高宽比应该控制在小于或等于2为宜。另外,在异型铝管母线的筋板中,适当开孔,就能减少卡漫涡产生的干扰力,从而防止了微风振动,这一问题将在第四章详细论述。异型管虽有上述优点,制造厂也可成批生产,但是制造工艺复杂,造价太贵(一般比圆管贵一倍以上),故在使用上常常受到限制。这种管型在国内还未采用过,在国外一些特殊地区,如西德某变电所采用过。

3. 分裂结构铝管母线

这是在超高压配电装置中发展起来的能适应大跨度要求的新型铝管母线,如图1-8c所示的三、四分裂结构的铝管母线。其截面可按载流量要求选择,不受机械刚度、强度的控制,如在500千伏超高压配电装置中,跨度27米,采用圆管(中间不加支持),单位长度耗铝量37.6公斤/米,采用三、四分裂结构铝管,单位长度耗铝量约9.6公斤/米,后者约为前者的1/4,十分经济。另外,分裂结构铝管母线对提高电晕临界电压和减少对无线电通讯干扰也带来了很大好处。其造价虽然比圆管贵,但比异型铝管母线却要便宜得多。我国正在建造中的几个500千伏屋外配电装置中有的采用了三、四分裂结构铝管母线。美国田纳西公司已建成采用四分裂结构铝管母线的500千伏变电所。

还应指出,这种分裂结构的铝管母线,加工工作量大,焊接工艺要求高,因此,只适用于加工能力较强的超高压、大跨度铝管母线中。

三、隔离开关的选型

如前所述,隔离开关的选型是影响高压配电装置占地的主要因素之一,因此,国内外都一直在精心研制新型的隔离开关,以便不断改进高压配电装置的布置,压缩占地面积。

从我国近几十年来采用的型式看,早期常用的破冰式GW2型隔离开关(图1-10a),要求的场地大,构架又较高。后来出现了水平旋转式的GW4、GW7型隔离开关(图1-10b, c),采用这种型式的隔离开关,变电构架的高度虽有所降低,占地面积也能缩小一部分,但布置不很清晰。因此,近年来进而开始研制占地面积小、便于布置的垂直断口的单柱式隔离开关(图1-10d, e)。

在我国使用单柱式隔离开关是最近几年的事。这种垂直断口隔离开关由于结构上的活动关节较多，静触头是悬挂在母线或跳线上，且动静触头是通过点接触导电，因此，设计人员在采用这种隔离开关时，往往有几种担心：①活动环节多，在屋外使用天长日久，风吹雨淋，运行操作时会不会发生故障；②当静触头挂在软母线上，在刮大风时操作，动静触头能否正常合上；③点接触的通流容量能不能得到保证。为此，我们在屋外试验场装设了一组平行四边形结构的单构隔离开关(如图1-10 e)，反复进行试验研究和运行考核。在安装过程中，对这种隔离开关还进行了“解剖”分析。试验证明，这种开关的结构能保证活动环节在运行操作时不会发生卡住故障，经过几年来的考验，在很少维护的条件下操作也很灵活，安装调试都方便。但由于该型单柱隔离开关活动臂的运动轨迹不是一条直线，在合闸过程中，往往对铝管母线产生侧向的附加力。为了消除这种现象，并从安装调试方便、保证动静触头接触压力、指示明确出发，沈阳高压开关厂又研制了一种将平行四边形结构改为对称剪刀型结构(见图1-10 d)的单柱隔离开关。

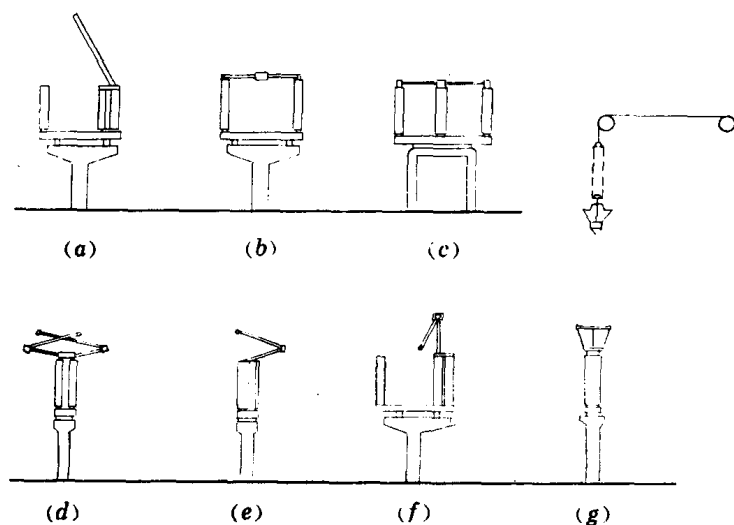


图 1-10 不同型式隔离开关

(a)破冰式；(b)双柱式；(c)三柱式；(d)单柱剪刀式；(e)垂直伸缩式；(f)水平伸缩式；(g)悬吊式

最近国内又在研制悬挂隔离开关和六氟化硫封闭垂直断口隔离开关(见图 1-10 g)，它们和 GW6 一样，具有垂直断口。悬挂式隔离开关的动触头用绝缘子串悬挂，它能进一步减少屋外配电装置占地面积和节约投资。这种悬挂式隔离开关是 1938 年德国人提出的。苏联在 1960 年开始研制，并用弹簧钢制造，使它能破冰、自洁和消除动能。1967～1968 年开始采用，1974 年介绍有七个这样的 500 千伏屋外配电装置经受了 5～8 年的运行考验，例如，在大风 25 米/秒下曾准确地进行一系列操作切换，涂油钢丝绳不需要任何维护等。苏联电站部科学技术委员会 1975 年决议指出：采用悬挂式隔离开关，除提高了配电装置的可靠性之外，还降低造价 20%，压缩占地面积 40%，减少瓷绝缘数量 30%，缩短母线长度 40%。悬挂式隔离开关特别适用于一台半断路器接线三列式布置的超高压配电装置。六氟化硫封闭垂直断口隔离开关所占空间尺寸小，用作母线隔离开关时，它同时可起到支持铝

管母线的作用，这样可节省母线构架和支柱绝缘子，但这种隔离开关的造价较贵，没有明显的断口，缺少运行经验。

此外，对早期常用的破冰式 GW2 型隔离开关，为了降低构架的高度，将活动的闸刀改成折叠式(如图1-10 f)，并尽量缩小纵向尺寸。这种隔离开关和三柱水平式（GW7）一样，可与其他电器组合构成组合电器。

上面介绍了不同类型的隔离开关，在采用铝管母线的高压配电装置中，一般母线隔离开关选用垂直断口单柱式；而进出线用的隔离开关，从检修方便出发，要求隔离开关的两侧都需要接地刀闸，同时，为了同电流互感器构成组合电器，压缩配电装置的占地面积，因此，进出线隔离开关选用三柱水平式（GW7型）和改进的GW2隔离开关。

综上所述，要设计好采用铝管母线的高压配电装置，依据主接线形式、电压等级、所在位置的地形和环境条件等具体情况，合理地选择铝管母线的支持方式、截面形状和隔离开关型式等就成为头等重要的问题。