

美国埃塞克斯(ESSEX)公司

市内电话电缆技术座谈小结

对美技术座谈小组

邮电部邮电工业标准化研究所

一九七九年元月

貴州省圖書館
TN916.2

对美技术
邮电部邮电工
一九七

埃塞克斯(ESSEX)公司 通信电缆技术座谈小结

五月二十五日，邮电部科技局组织邮电部五一四厂、五〇二厂、上海电缆厂、上海电缆研究所、四机部六〇九厂、总参、通信兵部所属的埃塞克斯公司电信产品部，进行了全塑市内通信电缆制造及敷设安装的技术座谈。座谈是在北京饭店内进行的。座谈前，有关同志认真搜集并熟悉了该公司的有关产品目录和资料，讨论并拟定了“全面”的座谈方案，学习了有关外事方针和规定。大家认为，通过这次座谈进行的有关通信电缆方面的技术座谈，我们应该积极地多方面向国外先进企业学习，了解其制造和敷设安装水平及其发展趋势。本着“洋为中用”的方针，从中获益，以改进我国通信电缆的制造及建设。

为了充分利用美方专家的时间，这次座谈是分制造及安装两个组同时进行的，分别由该公司电信产品部付总裁兼总经理弗里德里克·M·津世尔及电信产品部总工程师詹姆森·S·泰勒博士担任主讲。

这次座谈，美方人员表现是友好的，特别是津世尔先生，由于他在埃塞克斯公司工作的时间较长，熟悉各方面的情况，知识比较全面，对问题的分析也较中肯。美方人员曾多次表达了美国人民的友谊，并提出愿意为我国加速四个现代化作出积极地合作与贡献，我方人员亦本着实事求是，不卑不亢的精神，表达了我们对美国人民的友谊。

通过这次座谈，大家一致认为，座谈涉及的技术领域是广泛的，我们不仅了解到了美国埃塞克斯公司的通信电缆制造及敷设安装的情况及水平，而且就某些技术和管理问题，也交换了意见，开阔了思路，增加了见识，对我国全塑市话电缆的制造和敷设安装，将会起借鉴作用。圆满地完成了预案中规定的各项任务。

为了学习外国先进技术为我所用，现将座谈的有关技术问题，加以归纳总结，以供我国全塑市话电缆的制造及敷设安装的参考。但由于我们的水平有限，在总结中难免有疏漏，甚至错误之处，请批评指正。

目 录

一、概况

二、市话电缆的设计与制造

〈一〉市话电缆的品种、规格与特性

1. 品种及规格
2. 型号及结构
3. 特性及色谱

〈二〉电缆的设计与测试

1. 电缆的设计
2. 美国市话电缆的发展过程
3. 电缆的测试

〈三〉市话电缆的材料规格及要求

1. 铜杆
2. 绝缘和护套用高聚物树脂
3. 金属带
4. 石油膏填充物

〈四〉绝缘线芯的制造

1. 铜杆的拉制及韧炼
2. 绝缘线芯的挤出
3. 电容测试、火花检验和收线

〈五〉绞制——填充石油膏——护层

1. 对绞与星绞
2. 成缆及填充
3. 护层

〈六〉其他

1. 护层中的铝带及钢带
2. 冷却用水

三、电缆的敷设和接续

〈一〉地下管道设计和埋式电缆的敷设

1. 电缆管道的敷设
2. 直埋电缆的敷设

〈二〉塑料绝缘电缆芯线的接续

1. 芯线接续的基本要求

2. 接线器的类型和构造

3. 电缆接头盒

四、体会与建议

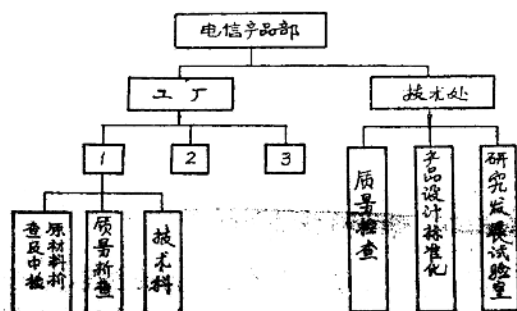
〈一〉 电缆制造方面

〈二〉 电缆的敷设与接续方面

一、概 况

埃塞克斯公司始创于1930年。1974年并入美国联合技术公司成为其一子公司，美国联合技术公司是一综合公司，包括飞机、宇航通讯设备、电力设备、电线电缆等六个公司，共有178个工厂。

埃塞克斯公司是美国生产电线电缆的一家较大的公司，公司内有电信产品部、电气动力部、控制部、金属和塑料生产部等十个部。埃塞克斯公司的电信产品部，下设有三个电话电缆厂，三个厂共有职工约600人。其组织机构如下：



三个工厂的简况为：

1. DECATUR CLLINOCIS 为最早的电缆厂，厂房面积为26800米²，设有管理处，发展实验室等，主要生产塑料绝缘非填充电话电缆；

2. CHESTER SOUTH CAROLINA 厂房面积21400米²，主要生产夹心塑料绝缘石油膏填充电话电缆。和其他工厂一样，设有质量检验实验室，测

量原材料、半成品和成品的物理性能和电气性能；

3. HOISINGTON KANSAS 是1974年新建的，厂房面积22300米²，除生产泡沫塑料绝缘石油膏填充电话电缆外，还与其他工厂联合生产多种电缆，全厂人员180人，投资1050万美元，年产120万对公里，计划在三年内将年产量提高到160万对公里，据介绍该厂采用了世界上最先进的设备。

以上三个厂的生产能力各约为120万对公里。

三个工厂的维护部门有电气技术员6人，机械技术员8人，辅助人员10人，他们负责维护设备的正常运转及改装设备；在日常生产中设工程师10人担任技术班长，下有质量控制工程师1人，标准化工程师1人，加工工艺工程师4人（分别负责绝缘、绞制、护套、测试），绘图员1人，材料员1人。由于生产自动化程度较高，工厂的质量检查与控制人员约占全厂人员的25%（其中半成品检验及成品检验人员之比为2:1），在电信产品部设有设备工程师1人，加工工程师1人，调度工程师1人，负责日常工作。

据介绍，在电话电缆生产方面，该公司在美国曾有过三次领先。第一次是1965年首先生产塑料绝缘电缆（PIC），当时能生产3300对PIC电缆供美国电话管理公司使用。第二次领先是1968年制造石油膏填充塑料电缆，并于1970年设计加工出制造这种电缆的专用设备，解决了直埋电缆的防水问题；第三次领先是1974年生产6000对泡沫塑料绝缘填充电缆，由于这种电缆采用低密度聚乙烯代替金属护套，因而体积小、重量轻，造价低。又因其防水防蚀性能好，可以取消充气维护，使维护费用大大降低。

美国目前有1亿4千万部电话机,其中80%系ATT(贝尔系统)管。主要集中在大城市,服务面积为美国的1/3,另外的2/3的面积主要是城镇和农村,由1500个独立的公司经营,其中所需电缆的20%由埃塞克斯公司供应。该公司还向利比亚、马来西亚、沙特阿拉伯等第三世界输出电缆。

二、市话电缆的设计与制造

(一) 市话电缆的品种规格与特性

1. 品种及规格:

Essex 公司制造的市话电缆系列,品种齐全。导线直径有0.32mm, 0.4mm, 0.5mm, 0.64mm及0.9mm等规格,制造电缆的最大对数,0.32mm线径可达6000对,0.9mm线径可达1000对。

从绝缘形式来看,有实心、泡沫及带皮泡沫(Foam/skin)三种,实心绝缘材料为聚乙烯,泡沫绝缘采用聚丙烯(实际为丙烯乙烯共聚物,其中乙烯成份占15%,牌号为HERCULES),带皮泡沫绝缘中发泡层材料及外皮层材料均为聚乙烯。三种结构设计的电气性能相同,因而相同对数电缆的尺寸不同。

各种绝缘形式的缆芯都有填充和不填充石油膏两种方式。填充石油膏的电缆,由于其防潮性能优越,适用于直埋。而不填充的电缆则仅用于架空或管道。(该公司口头介绍仅用于架空)。

这些电缆设计的电气性能见表2—1

根据不同的屏蔽和防护要求。屏蔽和外护层的形式有很多种。一般用0.2mm厚度轧纹铝带纵包(ASPIC型电缆)或铝带加0.15mm厚轧纹钢带纵包屏蔽(ASPIC型电缆)形式。铝带有两面粘结聚乙烯薄膜(SEAL型)及不粘结聚乙烯薄膜两种形式。该公司认为对于填充石油膏的电缆,不粘结聚乙烯的铝带纵包,已足够满足防潮要求。轧纹铝带采用重叠纵包,如图2—1,而在铝带加钢带的屏蔽形式中,则铝带纵包后具有间隙,如图2—2,以防止在制造过程中由于钢带侧边与铝带接触而使铝带损伤并保持重叠处不致厚度太厚。由于钢带重叠纵包,虽然铝带有间隙,仍保持良好的屏蔽性能。

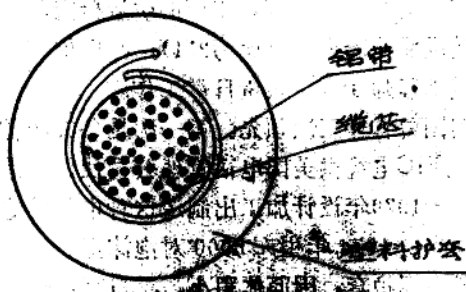


图 2—1 轧纹铝带纵包屏蔽

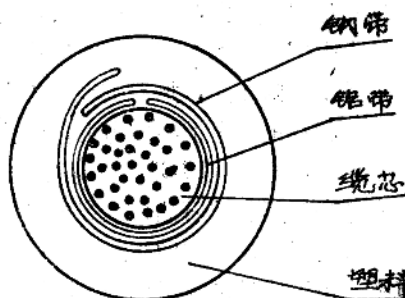


图 2—2 铝带加钢带的屏蔽

在不填充石油膏的电缆中，钢带重叠处采用焊接密封方式，以增加其防潮性能。

(STALPIC型)

在腐蚀性严重，鼠咬，虫害多或需增加机械强度的环境中埋设的电缆，可以采用下列结构型式代替 ALPIC 的铝带纵包：① 厚度 0.15~0.25mm 的皱纹铜带纵包形式，称为 CUPIC 型，② 厚 0.15mm 的高强度改性皱纹铜带屏蔽，称为 GOPIC 型。③ 0.15mm 或 0.18mm 厚度的皱纹铜钢复合带重叠纵包，称为 BIPLC 型。

在直埋电缆中，为了加强防护，也可采用双层塑料护套形式。即在缆芯包带外面，金属屏蔽层的内部增加挤压一层塑料护套，在电缆型号后加 2 字来表示这种结构。

各型电缆都可进一步加强机械强度，即再加一层皱纹钢带纵包并挤塑料护套，在电缆型号后加 M 字来表示这种结构。

各型电缆都可在缆芯中间增加铝带屏蔽，如图 2—3 形状，这样将缆芯中的线对分为两部分，它们之间的近端串音在 772KHz 时，都可达到 90dB/km，因此满足 PCM24 路系统的要求。在电缆型号后加 HFS，以表示这种结构。

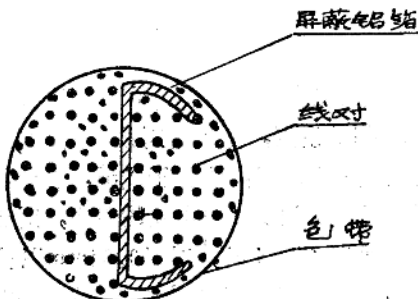


图 2—3 铝带屏蔽

如果需要进一步降低电容和电阻不平衡，以改进通信质量，该公司可生产附加 PQ 字样的电缆，这种电缆尺寸公差要求及工艺控制十分严格。因此保证了电缆的特性指数。表 2—1 也列出这种电缆的电气特性。可与一般电缆性能相比较。

2. 型号及结构：

—屏蔽形式—

- AL 0.2mm (0.008") 厚铝带屏蔽
 AS 0.2mm (0.008") 厚铝带内层屏蔽，0.15mm (0.006") 厚钢带外层屏蔽。
 BI 0.15mm (0.006") 厚铜与不锈钢复合双金属带屏蔽。
 Cu 0.13mm (0.005") 厚铜带屏蔽。
 Go 0.15mm (0.006") 厚 #194 合金高强度改性铜带屏蔽。
 SEAL 0.2mm (0.008") 厚粘结聚乙烯铝带屏蔽。
 STAL 0.15mm (0.006") 厚钢带 (重叠并焊接) 外层屏蔽，0.2mm (0.008") 厚铝带内层屏蔽。

—绝缘材料—

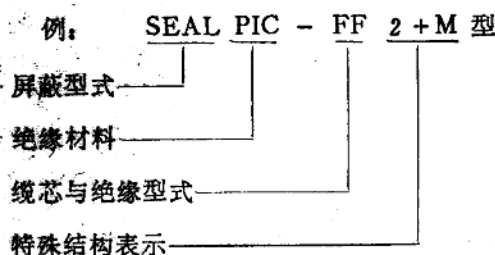
- PIC 塑料绝缘导体

—缆芯和绝缘型式—

- 实心绝缘，无填充。
 F 实心绝缘，缆芯填充。
 FF 泡沫绝缘，缆芯填充。
 FSF 带皮泡沫绝缘，缆芯填充。

—特殊结构—

- 10 0.25mm (0.010") 厚铜带屏蔽。
- 2 表示双层护套结构。
- 84 表示“8”字形自承式电缆，带有 $\frac{1}{4}$ "直径的支承钢绞线。
- HFS 表示高频屏蔽电缆。
- +M 在电缆上加以0.15mm (0.006") 厚的钢带屏蔽及聚乙烯总护套以加强机械保护。
- PQ 表示优质电缆。



各种型号电缆的用途范围见表 2—2。

Essex 公司制造的电缆绝大多数是对绞结构，星绞为极少数。该公司认为对绞结构电容不平衡较星绞结构容易做得小些，特别考虑到PCM的发展，应采用对绞结构，缆芯结构一般由几个单元组成。小对数的电缆，由25对组成一个单元，为便于成缆，有的将25对的单元再分成8、8、9或12、13的次单元再成缆。例如100对电缆的组成，对于线径为0.4mm，0.5mm的可用4个25对的单元成缆（见图2—4a），对于0.64mm以上的线径可以用12、13等次单元组合成缆（见图2—4b）。在很大对数的电缆中，往往用50对的超单元（称S单元），100对的超单元（称SD单元）150对的超单元（称SC单元）或200对的超单元（称SB单元）等组合成缆。图2—4c及图2—4d举出1200对电缆组合的例子。其中在0.4、0.5mm的小线径电缆，用100对的超单元组合成缆，0.64mm线径则用50对的超单元成缆。

对于用在PCM的HFS型电缆，其单元组成方式与一般电缆相同。在成缆时加入屏蔽铝带，其单元排列方式可以稍有变化，图2—5表示出50对，100对，150对及1200对HFS型电缆的缆芯单元组合方式的例子。

Essex公司制造的25对单元中，25个线对的色谱均不相同，表2—3列出线对色谱表，在每个单元外，绕以标志本单元的色谱的塑料丝带，表2—4列出各基本单元的规定色谱。50对以上的超单元，由几个25对的基本单元组成。外面再绕以该超单元的标志色谱塑料丝带。表2—5及表2—6分别列出50对及100对的超单元的标志色谱。

各单元或超单元进行成缆时，外面重叠纵包以聚脂，薄膜带，再绕以塑料丝带，就成为完整的缆芯。

电缆交货的长度，可以按用户要求长度的 $\pm 10\%$ 交货，也可按用户要求长度的整倍数 $\pm 10\%$ 交货，在塑料护套外面，对于美国国内订货，每隔2呎，国外订货，每隔1米，印有长度的标志。

3. 特性及色谱, 缆芯组成图表:

表 2—1

泡沫绝缘填充电缆 FF 型与 FF-PQ 型电气特性													
导体尺寸 (mm)		0.32		0.4		0.5		0.64		0.90			
型 号		FF		FF		FF		FF		FF		FF	
线对间电容不平衡 PF/km	少于12对, 个别最大	—		—		181		145		181		145	
	12对及大于12对, 最大的方根	45.3		45.3		45.3		36.2		45.3		36.2	
线对地不平衡电容 PF/km	个别最大	2625		2625		2625		2625		2625		2625	
	12对及大于12对, 最大均方值	656		656		656		656		656		656	
3秒直流高压	导线间	1500		2400		3000		3600		4500		4500	
	导线对屏蔽*	10000		10000		10000		10000		10000		10000	
试验(V)	导线对屏蔽**	20000		20000		20000		20000		20000		20000	
	最大平均 %	2.5		2.0		1.5		1.4		1.5		1.5	
电阻差	个别最大 %	6.0		5.0		5.0		4.5		4.0		3.2	
	导线直流电阻, 20°C/Ω/km	240		150		96		58		30		30	
工作电容偏差, 最大均方根 %		3.0		3.0		3.0		2.0		3.0		2.0	

泡沫绝缘填充电缆 FF 型与 FF-PQ 型电气特性

平均工作电容 nF/km	FF-52±4, FF-PQ-52±4										
	FF-52±2, FF-PQ-52±2										
远端串音衰减, 150KHz20°C, dB/km	少于 18 对										
	18 对及 18 对以上										
	最少均方根值	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8	67.8
	个别最少值	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8	57.8
近端串音衰减 长度大于 305 米	13 对或少于 13 对—56, 18 对及 25 对—60, 13 对以下 相邻对—65, 25 对相邻对—66, 所有不相邻对—81										
绝缘电阻, 20°C, 兆欧—公里最小	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000	16000

* 指单护套电缆

** 指双护套电缆

产品应用范围

表2—2

型 号	架 空	管 道	直 埋	防 鼠
ALPIC	× ×	×		
SEALPIC	×	×		
STALPIC	×	×		
CLIC 25			×	
GOPIC 2			×	×
SEALPIC 2			×	
STALPIC 2			×	
ALPIC8 4	×			
SEALPIC 84	×			
ALPIC F			×	
SEALPIC F			×	
CLIPIC F			×	
ASPIC F			×	×
GOPIC F			×	×
SEALPIC F2			×	
CUPIC F2			×	
GOPIC F2			×	×
ALPIC FF	×	×	×	
SEALPIC FF	×	×	×	
CUPIC FF		×	×	
ASPIC FF			×	×
GOPIC FF			×	×
ALPIC FSF	×	×	×	
SEALPIC FSF	×	×	×	
CUPIC FSF		×	×	
ASPIC FSF			×	×
GOPIC FSF			×	×

×表示可以应用

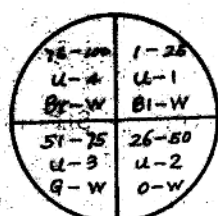
表 2—4

表 2—5

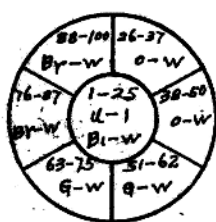
线对编号色					基本色及线对编号			
对线号编	第 1 根	第 2 根	第 3 根	第 4 根	元色谱	蓝	红	黑
1	白			1	蓝—白	S—1	S-13	S-25
2	"			2	橘—"	1—50	801-850	1201-1250
3	"			3	绿—"	S—2	S-14	S-26
4	"			4	棕—"	61-100	651-700	1151-1300
5	"			5	灰—"	S—3	S-15	S-27
6	红			6	蓝—红	101-150	701-750	1301-1350
7	"			7	橘—"	S—4	S-16	S-28
8	"			8	绿—"	151-200	751-800	1351-1400
9	"			9	棕—"	S—5	S-17	S-29
10	"			10	灰—"	201-250	801-850	1401-1450
11	黑			11	蓝—黑	S—6	S-18	S-30
22	"	橘		12	橘—"	251-300	851-900	1451-1500
13	"	绿		13	绿—"	S—7	S-19	S-31
14	"	棕		14	棕—"	301-350	901-950	1501-1550
15	"	灰		15	灰—"	S—8	S-20	S-32
16	黄	蓝		16	蓝—黄	351-400	951-1000	1551-1600
17	"	橘		71	橘—"	S—9	S-21	S-33
18	"	绿		18	绿—"	401-450	1001-1050	1601-1650
19	"	棕		19	棕—"	S—10	S-22	S-34
20	"	灰		20	灰—"	451-500	1051-1100	1651-1700
21	紫	蓝		21	蓝—紫	S—11	S-23	S-35
22	"	橘		22	橘—"	501-550	1101-1150	1701-1750
23	"	绿		23	绿—"	S—12	S-24	S-36
24	"	棕		24	棕—"	551-600	1151-1200	1751-1800
25	"	灰						

表 2—6

基本单元色谱	SD 超单元色谱及线对编号				
	白	红	黑	黄	紫
蓝—白	SD—1 1—100	SD—7 601—700	SD—13 1201—1300	SD—19 1801—1900	SD—25 2401—2500
橘—"					
绿—"					
棕—"					
灰—白	SD—2 101—200	SD—8 701—800	SD—14 1301—1400	SD—20 1901—2000	SD—26 2501—2600
蓝—红					
橘—"					
绿—"					
棕—"	SD—3 201—300	SD—9 801—900	SD—15 1401—1500	SD—21 2001—2100	SD—27 2601—2700
灰—红					
蓝—黑					
橘—"					
绿—"	SD—4 301—400	SD—10 901—1000	SD—16 1501—1600	SD—22 2101—2200	SD—28 2701—2800
棕—"					
灰—黑					
蓝—黄					
橘—"	SD—5 401—500	SD—11 1001—1100	SD—17 1601—1700	SD—23 2201—2300	SD—29 2801—2900
绿—"					
棕—"					
灰—黄					
蓝—紫	SD—6 501—600	SD—12 1101—1200	SD—18 1701—1800	SD—24 2301—2400	SD—30 2901—3000
橘—"					
绿—"					
棕—"					



100对



100对

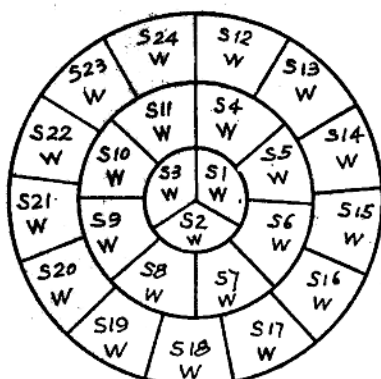
MM	0.9	0.64	0.5	0.4
实心无填充		X	X	
实心填充				
泡沫填充				

还可以充作大对数电缆的单元

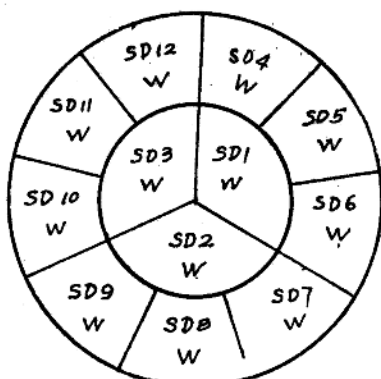
(a)

MM	0.9	0.64	0.5	0.4
实心无填充		X		
实心填充	X	X	X	X
泡沫填充	X	X	X	X

(b)



1200对



1200对

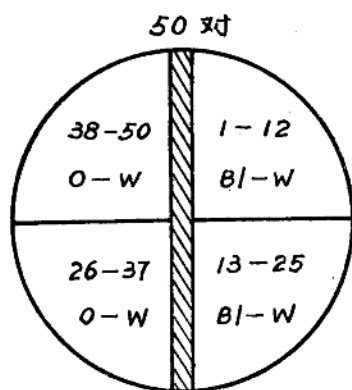
MM	0.9	0.64	0.5	0.4
实心无填充		X		
实心填充		X		
泡沫填充		X		

(c)

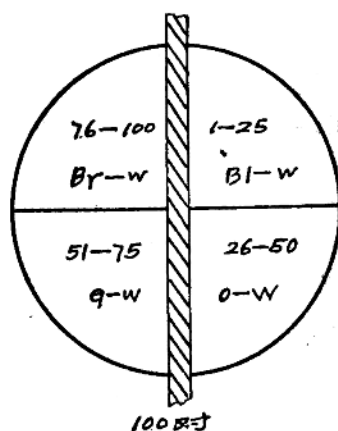
MM	0.9	0.64	0.5	0.4
实心无填充		X	X	
实心填充		X	X	
泡沫填充		X	X	

(d)

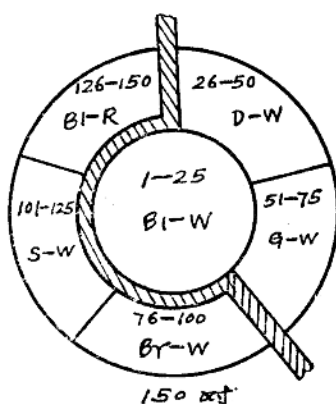
图 2-4 缆芯的组成



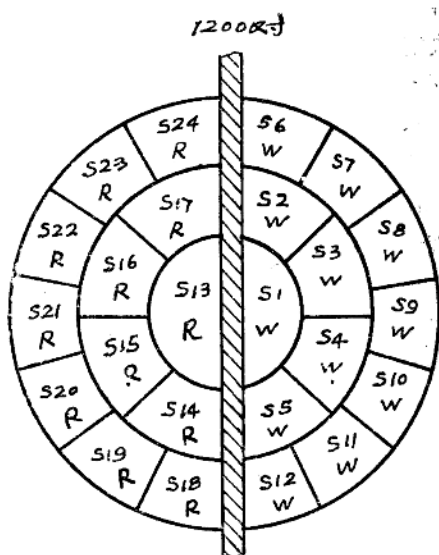
M	M	0.9	0.64	0.5	0.4
实心无填充	x	x	x	x	x
实心填充	x	x	x	x	x
泡沫填充	x	x	x	x	x



M	M	0.9	0.64	0.5	0.4
实心无填充	x	x	x	x	x
实心填充	x	x	x	x	x
泡沫填充	x	x	x	x	x



M	M	0.9	0.64	0.5	0.4
实心无填充	x	x	x	x	x
实心填充	x	x	x	x	x
泡沫填充	x	x	x	x	x



M	M	0.64	0.5	0.4
实心无填充	x	x	x	x
实心填充	x	x	x	x
泡沫填充	x	x	x	x

B1—蓝色
 O—橘色
 G—绿色
 Br—棕色
 S—灰色
 W—白色
 R—红色

图 2--5 缆芯组成

(二) 电缆的设计与测试

1. 电缆的设计

Essex 公司在进行对称型电缆设计时, 参照了以下的关系式:

$$C = \frac{k \cdot \pi \cdot \epsilon \cdot 10^9}{\log \frac{DOD}{d}} \quad \dots\dots\dots 2.1)$$

式中, C —线对电容 nF/km

d —导线直径 mm

ϵ —绝缘材料的介电常数

DOD —绝缘线直径 mm

k —由周围介质和电容单位决定的一个常数 nF/km

当已知的线对电容 C 及直流电阻 R (可算出 d) 选定了绝缘材料 (即决定了 ϵ) 后, 式中就剩下 k 和 DOD 为未知值。

DOD 的值是经过几次试验反复调整其尺寸, 使测得的 C 符合要求后决定的。当 DOD 决定后, 通过反算, 所求得周围介质的 k 值, 如保持周围介质不变, k 值亦不变。这样则可计算该种周围介质, 不同芯绝缘材料与不同规格的绝缘线外径 DOD 值了。

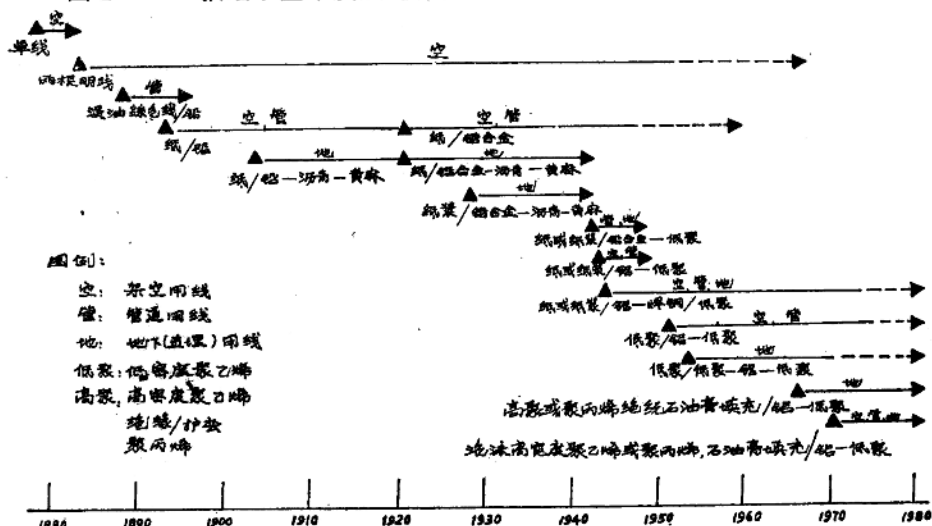
如: 当决定 $C = 52 \text{ nF/km}$ $R = 27 \Omega/\text{km}$ 选定聚乙烯实心绝缘无填充电缆后 (即已知 $d = 0.9 \text{ mm}$ $\epsilon = 2.3$) 经过反复试验证明 $DOD = 1.6$ 最合适

即可求得 $k = 0.0159 \text{ nF/km}$

而对石油膏填充 $k = 0.018 \text{ nF/km}$ } (注: 数值可能有误)

2. 美国市话电缆的发展过程

图 2—6 描绘了整个发展过程。



1940 年中期纸绝缘铅包电缆在架空或管道中都还是一种标准结构。

1950 年低密度聚乙烯实心绝缘皱纹铝带低密度聚乙烯护套电缆 (LDPE/AL—LDPE) 开始发展, 它比纸绝缘电缆具有更多的优点, 但它仍无法抵抗水的侵入, 因此只适用于架空线路。

1969 年 Essex 公司发展了高密度聚乙烯或聚丙烯实心绝缘石油膏填充电缆 (HDP-E or PP JELLY FILLED/AL—LDPE) 改用高密度聚乙烯主要取决于它与石油膏的相容性好。由于石油膏的 $E = 2.2$, 故使 k 值增加。要求达到同样的标称电容值必然增大 DOD 值。随着电缆结构的增大, 重量增加, 同样管道内的埋设对数减少, 导致生产成本和安装费用的增高。然而, 当时认为增加价格却换得了降低复杂的维护, 极大地提高电缆的防水性能是值得的。这可以通过以下试验得到证实。

试验是將有无石油膏填充的二个实心塑料绝缘电缆进行对比。先测出它们的电容和衰耗值, 每隔 30cm 搞一个直透到缆芯的小孔, 然后同时浸入水箱中, 定期测试电容和衰耗值。其结果如图 2—7 及图 2—8

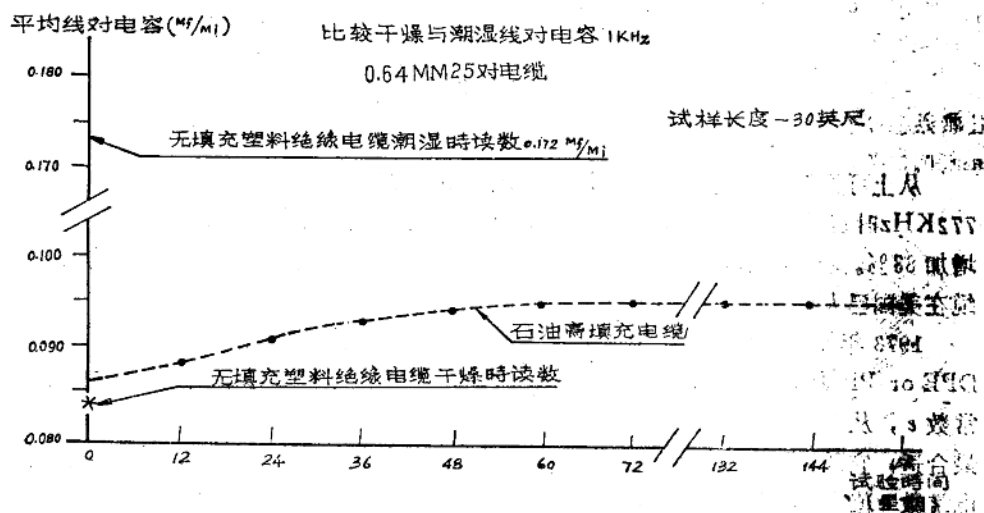


图 2—7