

# 电线电缆手册

第一册

机械工业出版社

《电线电缆手册》共分三册，汇集了电线电缆产品的设计、生产与使用中所需的有关技术资料。

本册（第一册）为电线电缆产品部分，内容包括：裸电线与裸导体制品、电磁线、电力电缆、通信电缆和电气装备用电线电缆等五大类产品的品种、规格、型号、用途、技术指标、性能要求和计算、设计、试验方法与测试设备等；同时对电缆护层的结构、性能、受力计算，以及护层的性能试验也作了详细的介绍。

本书可供电线电缆生产、科研、设计和使用部门的广大工人、技术人员、干部参考使用，也可供学校有关专业的师生参考。

## 电 线 电 缆 手 册

### 第 一 册

《电线电缆手册》编写组 编

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 850×1168<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张 36<sup>3</sup>/<sub>4</sub>·插页 2·字数 968 千字

1978年 5 月北京第一版·1978年 5 月北京第一次印刷

印数 00,001—37,000·定价 3.95 元

\*

统一书号：15033·4380

# 前 言

解放以来，在毛主席无产阶级革命路线指引下，我国电线电缆工业，从无到有，从小到大，迅速发展起来。目前，大、中、小型电线电缆厂遍及全国，已形成一个具有一定规模的工业部门，电线电缆产量、品种不断增加，质量不断提高，在科研、设计、生产中新成果不断涌现，呈现出一派欣欣向荣的景象，形势一片大好。

为了适应我国电线电缆工业迅速发展的形势，满足电线电缆制造部门和有关使用部门广大工人、技术人员和干部在电线电缆产品的科研、设计、生产及使用中的需要，我们编写了这本《电线电缆手册》。

本手册分三册出版，内容包括：电线电缆产品的品种、规格、性能与技术指标，产品的设计计算，性能试验与测试设备；电线电缆生产用原材料的品种、规格与性能指标，产品的结构与材料计算；电线电缆产品的选用、安装敷设及运行维护等。

本手册以总结和介绍国内的经验、资料为主。同时遵循毛主席关于“洋为中用”的教导，也适当引用了一些国外资料。为了更好地为广大工农兵读者服务，在手册中除提供了一些常用的图表、数据、计算公式之外，对于有关电线电缆专业的一些基本概念、理论及发展趋向等，也作了必要的介绍。

参加本手册编写的单位有：上海电缆研究所、上海电缆厂、西安交通大学、上海交通大学、哈尔滨电工学院和北京邮电学院等。

我们在手册的编写过程中，曾得到全国各有关单位的大力支持。为了编好本书，他们及时地提供了大量资料，积极参加编审工作，在此一并致以深切的谢意。

#### IV

由于我们对马列主义、毛主席著作学习得不够，专业知识和工作经验有限，书中一定存在不少缺点，甚至错误，请同志们随时提出意见，批评指正。

《电线电缆手册》编写组

# 目 录

前 言	
概 论	1

## 第一篇 裸电线与裸导体制品

第一章 裸电线与裸导体制品的品种规格及技术指标	9
1-1节 圆单线	9
一、圆铝线	9
二、圆铜线	12
三、镀锡圆铜软单线	13
四、铝合金单线	14
五、铝包钢单线	16
六、铜包钢单线	16
七、圆单线规格重量表	18
1-2节 裸绞线	23
一、铝绞线及钢芯铝绞线	23
二、扩径空心铝钢绞线	28
三、硬铜绞线	30
四、铝合金绞线	31
1-3节 软接线	33
一、铜电刷线	34
二、裸铜天线	35
三、裸铜软绞线	36
四、铜编织线	40
1-4节 型线	42
一、扁铜线、铜母线及铜带	43
二、扁铝线	53
三、铝母线	54

四、梯形铜排	57
五、异形铜排及铜带	58
六、空心导线	61
七、电车线	64
第二章 裸电线与裸导体制品的性能试验	66
2-1节 导体电阻	67
一、导体电阻的基本概念	67
二、导体直流电阻的计算	70
三、导体交流电阻的计算	73
四、导体电阻的测量	75
2-2节 架空导线载流量的计算	76
一、载流量的计算公式	76
二、有关常数	77
2-3节 机械强度	77
一、基本概念	77
二、试验方法	79
2-4节 弹性系数	80
一、基本概念	80
二、导线弹性系数计算	80
三、弹性系数的测定	81
2-5节 线膨胀系数	82
一、基本概念	82
二、绞线线膨胀系数的测定	83
2-6节 抗弯曲性能	83
一、铜、铝圆单线的弯曲试验	84
二、铜、铝扁线及母线的弯曲试验	85
2-7节 扭转	85
一、基本概念	85
二、线材扭转试验	86
2-8节 硬度	87
一、基本概念	87
二、布氏硬度的测定	88

2-9节 架空导线的振动与疲劳 .....	90
一、振动的原因及影响 .....	90
二、疲劳特性 .....	94
三、振动试验 .....	94
四、疲劳试验 .....	95
2-10节 蠕变 .....	96
一、基本概念 .....	96
二、蠕变试验 .....	97
2-11节 金属腐蚀 .....	97
一、金属腐蚀现象 .....	97
二、影响金属腐蚀的因素 .....	99
三、防止架空线腐蚀的方法 .....	100
四、耐腐蚀试验及其设备 .....	101
2-12节 镀锡层连续性 .....	102
一、铜线镀锡的作用 .....	102
二、试验方法 .....	103

## 第二篇 电 磁 线

第一章 电磁线的品种规格和技术指标 .....	106
1-1节 普通漆包线 .....	107
一、产品品种 .....	107
二、聚酯、彩色聚酯、缩醛、彩色缩醛、聚氨酯漆包圆铜(铝)线 .....	109
三、聚酯漆包扁铜(铝)线、缩醛漆包扁铜(铝)线 .....	119
四、聚酯亚胺、环氧漆包圆铜线 .....	126
五、油性漆包线 .....	132
1-2节 耐高温漆包线 .....	136
一、产品品种 .....	136
二、聚酰亚胺漆包圆铜线 .....	137
三、聚酰胺酰亚胺漆包圆铜线 .....	138
四、聚酰亚胺、聚酰胺酰亚胺漆包扁铜线 .....	140
1-3节 特种漆包线 .....	146
一、产品品种 .....	146

## Ⅷ

二、自粘直焊漆包线(QAN) .....	147
三、环氧基、缩醛基、聚酯基自粘性漆包线 .....	149
四、无磁性聚氨酯漆包圆铜线 .....	151
五、耐冷冻剂漆包圆铜线 .....	153
1-4节 无机绝缘电磁线 .....	154
一、产品品种 .....	154
二、氧化膜铝圆(扁)线 .....	155
三、氧化膜铝带(箔) .....	156
四、玻璃膜绝缘微细线 .....	157
1-5节 纤维绕包绝缘电磁线 .....	158
一、产品品种 .....	158
二、纸包线 .....	159
三、玻璃丝包线和玻璃丝包漆包线 .....	165
四、丝包电磁线 .....	168
1-6节 特种电磁线 .....	171
一、产品品种 .....	171
二、换位导线 .....	172
三、聚酰亚胺薄膜绕包线 .....	174
四、缩醛漆包线聚氯乙烯绝缘潜水电机绕组线 .....	175
五、中频绕组线 .....	175
六、高频绕组线 .....	177
七、扁绕组软电线 .....	178
第二章 电磁线的性能和测试方法 .....	179
2-1节 绝缘厚度的测定 .....	180
一、测试目的 .....	180
二、测试工具与试样准备 .....	180
三、测试步骤与计算 .....	181
2-2节 漆包线的机械性能 .....	181
一、漆膜的耐刮性 .....	182
二、漆膜的弹性 .....	186
三、漆包线的伸长率 .....	189
四、漆包线的柔软度 .....	193
五、漆膜的附着力 .....	196



2-3节	漆包线的电性能	197
一、	漆包线的导线电阻	198
二、	漆膜的耐电压性能	199
三、	漆膜的介质损耗	201
2-4节	漆包线的热性能	202
一、	漆膜软化击穿性能	203
二、	漆膜的热冲性	206
三、	漆膜的热老化性能	208
四、	漆包线热寿命的评定	213
2-5节	漆包线的化学稳定性	226
一、	漆膜的耐溶剂性	226
二、	漆膜的耐化学药品性	232
三、	漆膜的耐油性	233
四、	漆膜的耐冷冻剂性	235
2-6节	漆包线的其他性能	237
一、	漆膜的针孔	237
二、	漆膜的自粘性和直焊性	238
三、	漆膜的耐寒性	241
四、	漆膜的湿裂性	242
五、	无磁性漆包线比重磁化率的测定	242
2-7节	纤维绕包绝缘线的性能	245
一、	绕包绝缘层的耐卷绕弯曲性能	246
二、	玻璃丝包线绝缘层的机械性能	247
三、	玻璃丝包线绝缘层的耐热性	248
四、	玻璃丝包线绝缘层的耐电压性能	248
五、	纸包线绝缘层的耐电压性能	251
2-8节	玻璃膜绝缘微细线的性能	252
一、	玻璃膜绝缘微细线线径和线芯的测量	252
二、	玻璃膜绝缘微细线的电性能	255
三、	玻璃膜绝缘微细线的机械性能	258
四、	玻璃膜绝缘的针孔试验方法	260

### 第三篇 电力电缆

第一章 电力电缆品种、结构和技术指标 .....	264
1-1节 粘性浸渍纸绝缘电力电缆 .....	266
一、品种规格 .....	267
二、产品结构 .....	276
三、技术指标 .....	286
四、油浸纸绝缘电力电缆连续负荷允许载流量 .....	291
1-2节 橡皮绝缘电力电缆 .....	303
一、品种规格 .....	303
二、产品结构 .....	306
三、技术指标 .....	30
1-3节 聚氯乙烯绝缘电力电缆 .....	310
一、品种规格 .....	310
二、产品结构 .....	315
三、技术指标 .....	317
四、聚氯乙烯绝缘及护套电缆长期连续负荷允许载流量 .....	320
1-4节 交联聚乙烯绝缘电力电缆 .....	326
一、品种规格 .....	326
二、产品结构 .....	329
三、技术指标 .....	331
四、交联聚乙烯电缆长期连续负荷允许载流量 .....	334
1-5节 充油高压电力电缆 .....	335
一、品种规格 .....	335
二、产品结构 .....	336
三、技术指标 .....	339
四、充油高压电缆长期连续负荷允许载流量 .....	341
第二章 电力电缆的电性能计算 .....	344
2-1节 电缆的电场强度 .....	344
一、交流电工作状态的电缆 .....	344
二、直流电工作状态的电缆 .....	353
2-2节 绝缘设计 .....	358
一、交流电用单芯电缆 .....	358

二、直流电缆 .....	367
2-3节 电缆的绝缘电阻 .....	367
一、绝缘电阻 .....	367
二、绝缘电阻的计算方法 .....	369
三、几何因数计算 .....	369
2-4节 电缆的电容 .....	371
一、电容的概念 .....	371
二、电容的计算 .....	372
三、多芯电缆的工作电容 .....	375
四、电容充电电流的计算 .....	376
2-5节 电缆的介质损耗 .....	376
一、介质损耗的概念 .....	376
二、介质损耗角正切的计算 .....	377
三、油浸纸绝缘介质损耗角正切的特性 .....	381
2-6节 电缆绝缘的老化及寿命 .....	385
一、绝缘的老化及寿命概念 .....	385
二、交流电压下电缆绝缘的老化及寿命 .....	386
三、冲击电压多次作用下油纸绝缘的老化 .....	389
四、直流电压下油纸绝缘的老化及寿命 .....	390
2-7节 电缆的电感及电磁力的计算 .....	391
一、电缆电感的计算 .....	391
二、电缆护套的电感 .....	391
三、电磁力的计算 .....	399
四、电缆的电抗、阻抗及电压降 .....	399
2-8节 金属护套的感应电压及电流 .....	399
一、金属护套感应电压的来源及影响 .....	399
二、正常工作情况下电缆护套感应电压的计算 .....	400
三、外部短路故障时护套的感应电压 .....	407
四、过电压在电缆金属护套上引起的感应电压 .....	409
第三章 电力电缆的热性能计算 .....	411
3-1节 电缆的热场与热路 .....	411
一、热场方程式 .....	411
二、单芯电缆绝缘层中的热场与等值热路 .....	413

三、电缆的等效热路 .....	416
3-2节 电缆的损耗 .....	418
一、电缆损耗的种类 .....	418
二、导体损耗的计算 .....	419
三、介质损耗的计算 .....	421
四、护套损耗的计算 .....	421
五、铠装损耗的计算 .....	425
3-3节 电缆的热阻 .....	428
一、热阻及热阻系数 .....	428
二、电缆热阻的计算 .....	429
3-4节 电缆允许连续载流量的计算 .....	438
一、电缆的载流量 .....	438
二、电缆允许连续载流量的计算方法 .....	439
三、电缆的最高允许长期工作温度 .....	440
四、环境温度 .....	441
五、电线电缆载流量的图解法 .....	442
3-5节 电缆的热稳定性分析 .....	446
一、电缆的热稳定性概念 .....	446
二、电缆的散热曲线 .....	448
三、用解析法求电缆的发热曲线 .....	449
四、用介质分层法计算发热曲线 .....	450
3-6节 电力电缆的人工冷却 .....	451
一、电缆人工冷却的方式 .....	451
二、介质损耗对载流量的影响及提高传输容量的途径 .....	452
三、人工冷却时允许载流量的计算 .....	456
四、冷却管道中压力降落的计算 .....	461
3-7节 电缆的暂态发热计算 .....	461
一、电缆的热暂态 .....	461
二、空气中敷设电缆暂态发热的近似计算 .....	464
三、地下电缆暂态发热的计算方法(分区法) .....	465
四、电缆暂态发热的数学分析法 .....	468
3-8节 电缆允许短期过载、周期性负载及短路电流的计算 .....	463
一、电缆允许短期过载的计算 .....	468

二、周期性负载允许载流量的计算 .....	471
三、允许短路电流的计算 .....	472
3-9节 充油电缆需油量及暂态油压的计算 .....	474
一、需油量的计算 .....	474
二、压力箱数目的计算 .....	476
三、暂态压力的计算 .....	476
第四章 电力电缆的性能测试 .....	479
4-1节 导线直流电阻的测试 .....	481
一、测试目的 .....	481
二、导线电阻指标的表达式 .....	482
三、测试方法 .....	486
4-2节 绝缘电阻的测试 .....	488
一、测试目的 .....	488
二、绝缘电阻与泄漏电流 .....	488
三、测试中电压与时间的选择 .....	489
四、测试方法选择 .....	490
五、测试绝缘电阻的直流比较法 .....	491
六、绝缘电阻温度换算系数 .....	495
4-3节 电缆介质损耗角正切( $\text{tg } \delta$ )值的测试 .....	497
一、测量介质损耗角正切( $\text{tg } \delta$ )值的意义 .....	497
二、测试电压的选择 .....	499
三、 $\text{tg } \delta$ 的测试方法 .....	500
四、影响测量结果的因素及防护措施 .....	506
五、测试实例的质量分析 .....	508
4-4节 交流电压试验 .....	511
一、试验类型与目的 .....	511
二、交流耐压试验方法 .....	514
4-5节 直流耐压与泄漏电流的测试 .....	517
一、测试目的与要求 .....	517
二、试验装置 .....	519
三、试验中技术要求及注意事项 .....	520
4-6节 冲击电压试验 .....	521

## XIV

一、试验目的 .....	521
二、试验装置及冲击电压的测量 .....	522
三、试验方法 .....	524
4-7节 电缆的老化试验 .....	526
一、试验目的 .....	526
二、试验线路 .....	527
三、试验中的电条件 .....	527
四、试验中的热条件 .....	528
五、老化试验中的测量 .....	528
4-8节 电缆绝缘局部放电的检测 .....	529
一、测试目的 .....	529
二、局部放电测试原理 .....	530
三、测试回路及测量仪器 .....	531
四、测试中的校正 .....	535
五、外部干扰 .....	541
六、局部放电测试方法 .....	542
4-9节 载流量试验 .....	543
一、试验目的 .....	543
二、试验内容 .....	543
三、试验方法 .....	544
四、用探针法测量土壤的热阻系数 .....	548
4-10节 电缆结构检查与理化试验 .....	550
一、结构检查 .....	550
二、机械性能试验 .....	552
三、理化性能试验 .....	554

## 第四篇 通信电缆

第一章 通信电缆的品种规格及技术指标 .....	557
1-1节 市内电话电缆 .....	563
一、纸绝缘对绞市内电话电缆 .....	563
二、自承式聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套市内电话电缆 .....	568
1-2节 长途对称通信电缆 .....	570

一、星绞低频通信电缆 .....	570
二、低频综合长途通信电缆 .....	574
三、纸绳纸绝缘高频对称通信电缆 .....	581
四、铝护套高低频综合通信电缆 .....	589
五、铝芯铝护套单四线组高频对称通信电缆 .....	593
1-3节 同轴通信电缆 .....	595
一、小同轴综合通信电缆 .....	595
二、中同轴综合通信电缆 .....	609
1-4节 电话设备用电线电缆 .....	616
一、聚氯乙烯绝缘和护套配线电缆和局用电缆 .....	617
二、电话软线 .....	618
1-5节 一般通信线 .....	620
一、农村用直埋式铝芯聚氯乙烯绝缘通信线 .....	620
二、聚氯乙烯绝缘铁芯通信线 .....	621
三、聚氯乙烯绝缘通信线 .....	622
第二章 通信电缆的电性能与设计计算 .....	624
2-1节 通信电缆的基本概念 .....	624
一、电缆通信线路的传输概念 .....	624
二、通信电缆的等效电路 .....	625
三、均匀电缆的基本方程式 .....	626
2-2节 一次传输参数 .....	627
一、有效电阻 .....	627
二、电感 .....	633
三、电容 .....	635
四、绝缘电导 .....	641
2-3节 二次传输参数 .....	643
一、衰减常数 .....	643
二、相移常数 .....	644
三、波阻抗 .....	644
四、电磁波波长和传播速度 .....	646
2-4节 串音 .....	648
一、串音和干扰参数的概念 .....	648

二、对称电缆回路的串音 .....	651
三、同轴对间的串音 .....	662
2-5节 波阻抗不均匀性 .....	667
一、波阻抗不均匀性的概念 .....	667
二、波阻抗不均匀性的种类和原因 .....	668
三、波阻抗不均匀性的表示方法 .....	669
四、反射波对输入阻抗的影响 .....	669
五、波阻抗偏差与结构上偏差的关系 .....	670
六、伴流量 .....	672
2-6节 屏蔽 .....	673
一、屏蔽的一般概念 .....	673
二、同轴对的屏蔽 .....	677
三、对称电缆的屏蔽 .....	679
2-7节 电缆的设计和计算 .....	682
一、对称电缆的设计计算 .....	682
二、同轴电缆的设计计算 .....	687
第三章 通信电缆的电性能测试 .....	689
3-1节 工作电容的测试 .....	690
3-2节 电容耦合与电容不平衡的测试 .....	690
一、测试仪器 .....	690
二、测试步骤 .....	691
三、利用串音衰减测试器测试电容耦合 .....	691
3-3节 电缆一、二次传输参数的测试 .....	692
一、开短路测试法的基本原理 .....	693
二、开短路测试法所使用的仪器 .....	694
三、开短路法的测试步骤 .....	695
四、开短路测试数据的规律性 .....	695
五、有关开短路测试法准确性的几点说明 .....	699
六、其他一些测试电缆一、二次传输参数的方法 .....	700
3-4节 同轴电缆衰减(固有衰减)的测试 .....	701
一、高频阻抗电桥(或导纳电桥)谐振法 .....	701
二、双电压表谐振法 .....	704
3-5节 衰减温度系数的测试 .....	706



一、定义和计算公式 .....	706
二、在制造长度上测试衰减温度系数 .....	707
三、电缆温度的测定 .....	707
3-6节 串音测试 .....	708
一、测试串音衰减和串音防卫度的仪器 .....	708
二、对称电缆串音衰减及串音防卫度的测试 .....	708
三、同轴电缆的串音测试 .....	710
四、影响串音测试的仪器上因素 .....	713
3-7节 脉冲回波法测试同轴电缆的波阻抗和波阻抗不均匀性 .....	715
一、脉冲回波测试法的基本原理 .....	715
二、国产脉冲回波测试器M-693型的简介 .....	719
三、国产脉冲回波测试器的测试步骤 .....	721
四、 $p-l$ 校正曲线的绘制 .....	724
3-8节 防护作用系数(工频屏蔽系数)的测试 .....	726
一、防护作用系数的测试原理 .....	726
二、测试设备和接线 .....	727
3-9节 测试仪器 .....	728

## 第五篇 电气装备用电线电缆

第一章 电气装备用电缆品种规格与性能指标 .....	733
1-1节 产品系列与结构 .....	733
一、产品系列 .....	733
二、导电线芯结构 .....	733
三、绝缘层的设计 .....	741
四、护层的设计 .....	745
1-2节 橡皮、塑料绝缘电缆 .....	749
一、产品品种 .....	750
二、生产规格 .....	752
三、结构尺寸 .....	754
四、性能指标 .....	762
五、使用要求与结构特点 .....	768
1-3节 橡皮、塑料绝缘软线 .....	769