

# 矿山供电与井下照明 安全技术实用全书

主编:王振华



## 目 录

## 第一编 矿山供电与井下照明概论

第一章 矿山供电概述 .....	(3)
第一节 概述 .....	(3)
第二节 电力系统的基本概念 .....	(5)
第三节 矿山电网 .....	(8)
第四节 矿山供电的电压等级 .....	(16)
第二章 矿井供电系统 .....	(19)
第一节 负荷的分级 .....	(19)
第二节 井下供电环境的特点及供电要求 .....	(19)
第三节 矿井供电系统 .....	(22)
第三章 矿山变电所 .....	(29)
第一节 矿山地面变电所 .....	(29)
第二节 井下中央变电所 .....	(33)
第三节 采区变电所 .....	(35)
第四节 综采工作面供电与工作面配电点 .....	(39)
第四章 矿山井下照明概述 .....	(43)
第一节 照明技术的基本概念 .....	(43)
第二节 电气光源 .....	(46)
第三节 矿用照明灯具 .....	(49)
第四节 井下照明灯的选择 .....	(52)
第五节 矿井照明设备及照明线路 .....	(55)

第六节 可控硅直流变压器 .....	(65)
第七节 矿灯及充电设备 .....	(66)
<b>第五章 矿井信号与通讯 .....</b>	<b>(70)</b>
第一节 概 述 .....	(70)
第二节 井下信号设备 .....	(71)
第三节 采区信号系统 .....	(74)
第四节 提升信号系统 .....	(77)
第五节 井下电机车运输信号 .....	(83)
第六节 矿山电话通信 .....	(85)

## 第二编 矿山供电系统的设计

<b>第一章 供电线路电力负荷的计算 .....</b>	<b>(99)</b>
第一节 电力负荷及计算 .....	(99)
第二节 功率因数的改善 .....	(109)
第三节 电力线路 .....	(113)
第四节 导线截面的选择 .....	(132)
<b>第二章 变配电所设备布置 .....</b>	<b>(148)</b>
第一节 概述 .....	(148)
第二节 屋外布置 .....	(150)
第三节 屋内布置 .....	(157)
第四节 6/0.4-0.23kV 变电所(亭) .....	(181)
第五节 有关变配电所设计的土建资料 .....	(209)
<b>第三章 变电所设备选型计算 .....</b>	<b>(212)</b>
<b>第四章 矿山电气试验 .....</b>	<b>(246)</b>
第一节 导体和绝缘体的电特性 .....	(246)
第二节 非破坏性试验 .....	(251)
第三节 耐压试验 .....	(260)
第四节 直流电阻的测量 .....	(264)

第五节 绝缘油试验及气相色谱分析 .....	(267)
第六节 电气设备的试验项目、周期及其标准 .....	(268)
<b>第五章 矿山节电及电气化指标</b> .....	<b>(289)</b>
第一节 矿山节电 .....	(289)
第二节 功率因数及其补偿 .....	(296)
第三节 电费计算法 .....	(306)
第四节 主要电气化指标 .....	(308)
<b>第六章 井下供电设计计算</b> .....	<b>(310)</b>
第一节 概 述 .....	(310)
第二节 变电所及配电点位置的确定 .....	(313)
第三节 负荷统计及变电所容量选择 .....	(314)
第四节 采区供电系统的拟定 .....	(319)
第五节 高压配电装置及电缆选择 .....	(322)
第六节 井下低压电缆选择 .....	(330)
第七节 低压电器设备选择 .....	(343)
第八节 过电流保护装置整定计算 .....	(345)
第九节 变电所硐室设备布置图和供电系统图的绘制 .....	(362)

### 第三编 矿山供电设备与变配电所管理

<b>第一章 矿井供电设备概述</b> .....	<b>(369)</b>
第一节 矿用变压器 .....	(369)
第二节 矿用隔爆型高压配电箱 .....	(372)
第三节 低压配电开关 .....	(376)
第四节 矿用隔爆型移动变电站 .....	(382)
<b>第二章 矿用电气设备</b> .....	<b>(392)</b>
第一节 概 述 .....	(392)
第二节 矿用隔爆型高压配电箱 .....	(396)
第三节 矿用隔爆型低压自动馈电开关 .....	(409)

第四节	矿用隔爆型磁力起动器 .....	(415)
第五节	矿用变压器 .....	(431)
第六节	KSGZY 型矿用隔爆组合式移动变电站 .....	(435)
第七节	矿用电缆 .....	(438)
<b>第三章</b>	<b>高低压地面供电设备选择 .....</b>	<b>(447)</b>
第一节	概 述 .....	(447)
第二节	母线的选择 .....	(460)
第三节	母线支柱绝缘子及穿墙套管选择 .....	(482)
第四节	高压开关设备与熔断器的选择 .....	(487)
第五节	限流电抗器的选择 .....	(492)
第六节	电流互感器的校验 .....	(495)
第七节	低压电器的选择 .....	(506)
第八节	高海拔地区电气设备的选择 .....	(519)
第九节	计算举例 .....	(522)
<b>第四章</b>	<b>矿用电缆 .....</b>	<b>(529)</b>
第一节	矿用电缆的型号和用途 .....	(529)
第二节	矿用电缆的选择 .....	(533)
第三节	电缆的连接、敷设、维护和检查 .....	(537)
第四节	电缆故障的原因及判定 .....	(540)
<b>第五章</b>	<b>矿井变(配)电所的运行管理 .....</b>	<b>(543)</b>
第一节	变(配)电所必须配备的安全绝缘用具和安全设施 .....	(543)
第二节	变(配)电所应建立的各种规章制度 .....	(544)
第三节	变(配)电所应具备的各种技术资料、图纸及记录 .....	(551)
第四节	对变(配)电所的环境管理及值班人员的要求 .....	(552)

## 第四编 矿山供电安全技术概论

<b>第一章</b>	<b>矿山供电安全技术概述 .....</b>	<b>(557)</b>
第一节	触电的危险及预防 .....	(557)

第二节	漏电保护装置 .....	(561)
第三节	保护接地与接零 .....	(568)
第四节	煤电钻的综合保护装置 .....	(573)
<b>第二章</b>	<b>电气安全保护 .....</b>	<b>(577)</b>
第一节	保护接地和接零 .....	(577)
第二节	过电压及其保护 .....	(588)
第三节	触电的危害及其防护 .....	(605)
<b>第三章</b>	<b>电工测量 .....</b>	<b>(625)</b>
第一节	电流与电压的测量 .....	(626)
第二节	功率与电能的测量 .....	(630)
第三节	万用表的使用 .....	(637)
第四节	钳形电流表和兆欧表的使用方法 .....	(641)
<b>第四章</b>	<b>电气安全与触电急救 .....</b>	<b>(645)</b>
第一节	触电电流对人体的影响 .....	(645)
第二节	井上变(配)电所的安全工作 .....	(647)
第三节	架空输电线路的安全工作 .....	(656)
第四节	其它电气安全工作规定 .....	(664)
第五节	井下供电的安全工作 .....	(666)
第六节	电工安全用具 .....	(674)
第七节	触电的急救 .....	(679)

## 第五编 矿山地面供电安全技术

<b>第一章</b>	<b>矿山地面接地与接零 .....</b>	<b>(691)</b>
第一节	接地与接零 .....	(691)
第四节	接地装置的敷设 .....	(727)
第三节	特殊电气设备的接地 .....	(739)
<b>第二章</b>	<b>矿山地面供电线路概述 .....</b>	<b>(753)</b>
第一节	电力线路 .....	(753)

第二节 导体截面的选择 .....	(778)
<b>第三章 矿井地面变(配)电所电气设备的运行和维护 .....</b>	<b>(801)</b>
第一节 变压器的运行和维护 .....	(801)
第二节 互感器的运行和维护 .....	(831)
第三节 隔离开关、断路器和母线的运行和维护 .....	(834)
第四节 电力电容器的运行和维护 .....	(848)
第五节 避雷器的运行和维护 .....	(854)
第六节 直流系统的运行和维护 .....	(865)
<b>第四章 矿井地面变(配)电所主要电气设备的预防性绝缘试验 .....</b>	<b>(881)</b>
第一节 电力变压器试验(包括消弧线圈及油浸电抗器试验) .....	(881)
第二节 油断路器试验 .....	(891)
第三节 空气断路器试验 .....	(897)
第四节 互感器绝缘试验 .....	(898)
第五节 套管绝缘试验 .....	(901)
第六节 支柱绝缘子和悬式绝缘子绝缘试验 .....	(904)
第七节 隔离开关和母线绝缘 .....	(909)
第八节 电力电缆绝缘试验 .....	(911)
第九节 阀型避雷器试验 .....	(916)
第十节 电力电容器绝缘试验 .....	(926)
第十一节 干式电抗器绝缘试验 .....	(930)
第十二节 绝缘油试验 .....	(931)
第十三节 绝缘保安用具试验 .....	(934)

## 第六编 井下供电与照明安全技术

<b>第一章 井下供电 .....</b>	<b>(939)</b>
第一节 井下供电系统 .....	(939)
第二节 井下中央变电所 .....	(942)
第三节 采区变电所 .....	(943)

第四节	井下高压网路设备的选择计算 .....	(945)
第五节	采区供电计算 .....	(949)
<b>第二章</b>	<b>井下安全供电技术概述</b> .....	<b>(975)</b>
第一节	井下供电系统的特点 .....	(975)
第二节	煤矿井下电气事故危害及预防措施 .....	(975)
第三节	关于井下变压器中性点禁止接地问题 .....	(978)
第四节	煤矿井下保护接地 .....	(983)
第五节	煤矿井下漏电保护 .....	(990)
第六节	煤矿井下低压电网过流保护 .....	(1006)
<b>第三章</b>	<b>井下安全供电及保护装置</b> .....	<b>(1048)</b>
第一节	概述 .....	(1048)
第二节	过流保护装置 .....	(1048)
第三节	漏电保护装置 .....	(1068)
第四节	井下保护接地装置 .....	(1092)
第五节	煤电钻综合保护装置 .....	(1101)
<b>第四章</b>	<b>井下电气保护</b> .....	<b>(1112)</b>
第一节	概述 .....	(1112)
第二节	低压电网的电流保护和电压保护 .....	(1113)
第三节	采区低压电网的漏电保护 .....	(1121)
第四节	井下电网的保护接地 .....	(1126)
第五节	JDB 电动机综合保护器 .....	(1131)
<b>第五章</b>	<b>井下低压电网可能造成的危害及预防</b> .....	<b>(1133)</b>
第一节	井下电气设备的工作条件 .....	(1133)
第二节	煤矿井下低压电网可能造成的危害及预防方法 .....	(1133)
<b>第六章</b>	<b>井下保护接地</b> .....	<b>(1135)</b>
第一节	保护接地的作用 .....	(1135)
第二节	井下保护接地网 .....	(1136)
第三节	井下单个接地极的接地电阻计算 .....	(1139)
第四节	局部接地极并联接地的接地电阻计算及效果分析 .....	(1140)
第五节	井下接地装置的安装 .....	(1145)
第六节	接地装置的检查和试验 .....	(1150)
<b>第七章</b>	<b>矿井下电网的漏电保护</b> .....	<b>(1153)</b>



---

---

第一节	概述 .....	(1153)
第二节	井下低压电网安全条件分析 .....	(1155)
第三节	检漏继电器 .....	(1190)
第四节	井下低压电网选择性漏电保护系统及装置 .....	(1219)
第五节	安装、运行与维护 .....	(1240)
第六节	矿井低压电网对地绝缘电阻值和电容值的测量 .....	(1246)
<b>第八章</b>	<b>井下过流保护</b> .....	<b>(1255)</b>
第一节	井下低压电网短路电流计算 .....	(1255)
第二节	低压熔断器及其选择计算 .....	(1345)
第三节	低压过电流继电器的整定计算 .....	(1366)
第四节	热继电器及其整定计算 .....	(1372)
第五节	电子式过电流保护装置 .....	(1376)
第六节	高压配电箱的过电流继电器整定计算 .....	(1406)

式中  $\alpha$ ——非线性系数；

$U_1、I_1$ ——1.0 倍试验电压及该电压下的电导电流；

$U_2、I_2$ ——0.5 倍试验电压及该电压下的电导电流。

按上式可计算出单个元件的非线性系数  $\alpha$ ，其值一般应在 0.3~0.45 之间。然后将各元件的  $\alpha$  值进行比较，即两个和两个以上元件组合时，其非线性系数差值不能大于 0.05 ( $\alpha_1 - \alpha_2 \leq 0.05$ )。

为了便于现场使用， $\alpha$  系数还可以根据试验结果从表 4-57 中查得。

为使串联组合元件电压分布均匀，单凭非线性系数  $\alpha$  差值不大于 0.05 还不够。因为在测量  $\alpha$  系数时所加电压的  $I_g U_1 / U_2$  为一常数，在 0.5 倍和 1.0 倍试验电压下，若两节避雷器的  $I_1、I_2$  对应成规律变化，则  $\Delta\alpha$  值有可能等于“0”。如上节避雷器  $I_1 / I_2 = 300 / 60 = 5$ ，而下节避雷器  $I_1 / I_2 = 200 / 40 = 5$ ，则核算后  $\alpha$  差值  $\Delta\alpha = 0$ ，但这两节避雷器电导电流却相差 33%，这样两个元件在相同的冲击电流下电压分布必然不等。所以  $\Delta\alpha = 0$  只能说明两个避雷器伏安特性规律一致，而并不表明避雷器的伏安特性相重合。因此要求两个元件以上串联组合使用的避雷器除  $\Delta\alpha \leq 0.05$  外，同一相内的电导电流  $I_1$  和最小电导电流  $I_2$  之差与最大电导电流  $I_1$  之比的百分数，也不能超过规程规定值

计算公式如下：

$$\Delta I\% = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \times 100\% \quad (I_1 > I_2)$$

如 FZ-20 型避雷器两节组合使用时，其电导电流如下：

上节 20kV 300 $\mu$ A 10kV 40 $\mu$ A

下节 20kV 440 $\mu$ A 10kV 76 $\mu$ A

求两节的非线性系数差值  $\Delta\alpha$  和电导电流差值  $\Delta I\%$ 。

因为电导电流比上节是  $\frac{300}{40} = 7.5$ ，下节是  $\frac{440}{76} = 5.78$

表 4-57 非线性系数  $\alpha$  计算表

$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$
3.10	0.612	4.04	0.496	4.74	0.446	5.62	0.402	6.94	0.358	9.70	0.305
3.20	0.596	4.06	0.494	4.76	0.444	5.66	0.400	6.98	0.357	9.80	0.304
3.30	0.581	4.08	0.493	4.78	0.443	5.70	0.398	7.02	0.356	9.90	0.302
3.40	0.566	4.10	0.491	4.80	0.442	5.74	0.397	7.06	0.355	10.00	0.301
3.42	0.564	4.12	0.489	4.82	0.441	5.78	0.395	7.10	0.354	10.10	0.299
3.44	0.561	4.14	0.488	4.84	0.439	5.82	0.394	7.14	0.353	10.20	0.298
3.46	0.558	4.16	0.486	4.86	0.438	5.86	0.392	7.18	0.352	10.30	0.297
3.48	0.556	4.18	0.485	4.88	0.437	5.90	0.391	7.22	0.351	10.40	0.296
3.50	0.553	4.20	0.483	4.90	0.436	5.94	0.389	7.26	0.350	10.50	0.295

续表

$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$	$I_1 I_2$	$\alpha$
3.52	0.551	4.22	0.482	4.92	0.435	5.98	0.388	7.30	0.349	10.60	0.294
3.54	0.548	4.24	0.480	4.94	0.434	6.00	0.387	7.34	0.348	10.70	0.292
3.56	0.546	4.26	0.478	4.96	0.433	6.02	0.386	7.38	0.347	10.80	0.291
3.58	0.544	4.28	0.477	4.98	0.432	6.06	0.385	7.40	0.346	10.90	0.290
3.60	0.541	4.30	0.475	5.00	0.431	6.10	0.383	7.50	0.344	11.00	0.289
3.62	0.539	4.32	0.474	5.02	0.430	6.14	0.382	7.60	0.342	11.20	0.287
3.64	0.536	4.34	0.472	5.04	0.428	6.18	0.381	7.70	0.339	11.40	0.285
3.66	0.534	4.36	0.471	5.06	0.427	6.20	0.380	7.80	0.337	11.60	0.283
3.68	0.532	4.38	0.470	5.08	0.426	6.22	0.379	7.90	0.335	11.80	0.281
3.70	0.530	4.40	0.468	5.10	0.425	6.26	0.378	8.00	0.333	12.00	0.279
3.72	0.528	4.42	0.467	5.12	0.424	6.30	0.377	8.10	0.331	12.20	0.277
3.74	0.525	4.44	0.465	5.14	0.423	6.34	0.376	8.20	0.329	12.40	0.275
3.76	0.523	4.46	0.464	5.16	0.422	6.38	0.374	8.30	0.327	12.60	0.274
3.78	0.521	4.48	0.462	5.18	0.421	6.42	0.373	8.40	0.326	12.80	0.272
3.80	0.519	4.50	0.461	5.20	0.420	6.46	0.372	8.50	0.324	13.00	0.270
3.82	0.517	4.52	0.460	5.22	0.419	6.50	0.370	8.60	0.322	13.20	0.268
3.84	0.515	4.54	0.459	5.24	0.418	6.54	0.369	8.70	0.320	13.40	0.267
3.86	0.513	4.56	0.457	5.26	0.417	6.58	0.368	8.80	0.319	13.60	0.265
3.88	0.511	4.58	0.455	5.30	0.416	6.62	0.367	8.90	0.317	13.80	0.264
3.90	0.509	4.60	0.454	5.34	0.414	6.66	0.366	9.00	0.316	14.00	0.263
3.92	0.507	4.62	0.453	5.38	0.412	6.70	0.364	9.10	0.314	14.20	0.261
3.94	0.505	4.64	0.452	5.42	0.410	6.74	0.363	9.20	0.312	14.40	0.260
3.96	0.503	4.66	0.451	5.46	0.408	6.78	0.362	9.30	0.311	14.60	0.259
3.98	0.502	4.68	0.449	5.50	0.407	6.82	0.361	9.40	0.310	14.800	0.257
4.00	0.500	4.70	0.448	5.54	0.405	6.86	0.360	9.50	0.308	15.00	0.256
4.02	0.498	4.72	0.447	5.58	0.403	6.90	0.359	9.60	0.306		

查表 4-57 得 上节  $\alpha_1 = 0.344$ , 下节  $\alpha_2 = 0.395$ , 所以  $\Delta\alpha = 0.051$

$$\Delta I\% = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \times 100\% = \frac{440 - 300}{440} \times 100\% = 31\%$$

经验证明：电导电流试验是检查运行中有并联电阻的阀型避雷器重要项目之一。避雷器电导电流大于  $650\mu\text{A}$  者，一般是说明内部受潮；而小于  $300\mu\text{A}$  者，一般说明并联电阻变质或阀片接触不良，严重的则有断裂缺陷。避雷器内部受潮大部分是由于密封不严或瓷套存在缺陷。避雷器受潮后，引起火花间隙氧化，产生铜绿，放电距离减小；固定间隙用的瓷套或分路电阻受潮以后，电压分布不均匀，容易引起误动作或灭弧能力下降；阀片受潮以后，非线性系数增大，通流能力降低，结果续流增加，间隙不能灭弧。同时残压增加使被保护设备绝缘得不到应有的保护，所以避雷器受潮是较严重的缺陷。

运行中带并联电阻的避雷器，若电导电流逐年下降特性不稳定，其原因是由于并联电阻制造工艺和原料等缺陷造成。电导电流下降到一定限度需解体检修。

#### 4. 工频放电试验

一般只对无并联电阻的阀型避雷器做此项试验，它是检查避雷器性能的主要试验项目。试验时的接线如图 4-11 所示。

避雷器工频放电电压有一定的分散性。经工频放电试验后的避雷器必须再次测量绝缘电阻，如与工频放电前有显著差别应查明原因。

测量工频放电电压，最好用静电电压表在高压侧直接测量。如无静电电压表，也可用电压互感器接在高压侧进行测量，如图 4-12 所示。这两种方法都较准确。

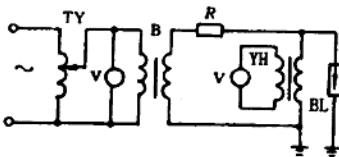


图 4-11 阀型避雷器  
工频放电线路图

TY—调压器；V—交流电压表；  
B—试验变压器；R—保护电阻；  
V—静电电压表；BL—避雷器

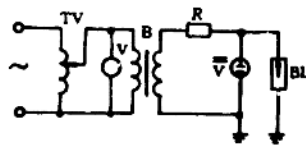


图 4-12 用电压互感器  
直接测量工频放电电压

TY—调压器；B—试验变压器；  
YH—电压互感器；R—电阻；  
BL—避雷器；V—电压表

若上述条件不具备，也可在试验变压器低压侧用电压表测量出低压侧电压  $U_2$ ，然后乘以变比  $K$ ，换算到高压侧，即  $U_1 = KU_2$ 。

这种测量方法不如上述两种方法准确，但只要变压比准确，其误差完全允许的。因为避雷器电容量很小，放电前变压器近于空载状态，限流电阻压降很小。由于这种测量方法简单，在现场使用较受欢迎。

对工频放电电压应做正确分析，工频放电电压值偏高可能多属下列缺陷造成；如安装的弹簧压力不够，搬运后间隙位移；粘合的云母垫圈膨胀分层，增大了间隙距离；间隙电

极与云母片粘合处松脱，位置不准；固定间隙瓷筒破碎，间隙电极位移等等。如工频放电电压偏低，可能由于间隙受潮，电极腐蚀，绝缘垫圈及固定间隙瓷筒绝缘下降，使电压分布不均匀；因多次放电，电极灼伤产生毛刺，组装不当，部分间隙短接；弹簧过长，内部压力加大，间隙距离缩小等原因造成。

做避雷器工频放电试验时应注意以下几点：

(1) 工频放电试验时升压要均匀，其速度要控制在：10kV 以下的避雷器 3 ~ 5kV/s；20 ~ 35kV 避雷器在 15 ~ 20kV/s。工频放电试验要做三次，每次之间的时间间隔应大于 1min，以使间隙内部去游离。取三次试验的平均值做为试验结果。

(2) 保护电阻要选择适当：如果保护电阻过大，限制了避雷器保护间隙中放电过程的发展，即避雷器开始放电，还不能造成稳定击穿，需更高的电压才能使击穿稳定，结果测得的放电电压值偏高；如果过小起不到保护作用。

(3) 注意试验变压器输出波形的影响。试验变压器输出电压波形，在接近额定电压时，由于铁芯的饱和或调压器漏抗的增大，有可能发生畸变现象，对试验质量有一定影响。如果试验电压的测量是使用反映有效值的电压表，而避雷器工频放电却发生在电压幅值，则其间的关系  $\frac{U_m}{U} \neq \sqrt{2}$ ，而往往大得多，如仍依原关系换算，易造成误差。因此，在实用中应预先对变压器输出电压波形用示波器进行检查分析，当有严重畸变时应采用相应的措施改善波形。例如在试验变压器的高压侧并上适当的电容器，使高次谐波电流有一个低阻抗分路，或用幅值电压表直接测量幅值电压等。

### (三) 避雷器试验标准

#### 1. 绝缘电阻试验标准

(1) 带并联电阻的避雷器不做规定，主要应检查并联电阻通、断和接触情况。其绝缘电阻值应与本产品前次测量值或同类型产品的测量值进行比较，应无明显差异。

(2) 不带并联电阻的避雷器，其绝缘电阻值：新装时应大于 2500MΩ；运行中应大于 2000MΩ。

#### 2. 测量电导电流及串联组合元件非线性系数时的直流试验电压标准

测量电导电流及串联组合元件非线性系数的直流试验电压标准见表 4-58。

#### 3. 电导电流标准

国产 FZ、FCZ 及 FCD 型避雷器电导电流标准见表 4-59。

表 4-58 测量电导电流及串联组合元件非线性系数时的直流试验电压标准

元件额定电压 (kV)		3	6	10	15	20	30	40
试验电压 (kV)	$U_2$				8	10	12	16
	$U_1$	4	6	10	16	20	24	32

表 4-59 国产 FZ、FCZ 及 FCD 型避雷器电导电流标准

避雷器型号	元件试验电压 (kV)							电导电流 ( $\mu\text{A}$ )	备注	
FZ-2-220	96							400~600	西安电瓷厂产品	
FZ-3-220								450~650	西安电瓷厂产品	
FCZ <sub>1</sub> -110-220								550~750	抚顺电瓷厂产品	
FCZ <sub>2</sub> -110-220								400~600	西安电瓷厂产品, 云母间隙	
FCZ <sub>3</sub> -220J								250~450		
FCZ-330	160 (100)							550~750 (80~160)	括号内数字为原规定测试电压及电导电流	
FCD-2-15	额定电压 (kV)	2	3	4	6	10	13.2	15	西瓷 FCD <sub>1.3</sub> <10 抚瓷 FCD <sub>2</sub> 及 FCD 50~100	额定电压为 2 及 4kV 者用于发电机中性点保护
	试验电压 (kV)	3	4	4	6	10	13	15		

对于国产 FZ、FCZ、FCD 型避雷器 (在运行中电导电流小于  $400\mu\text{A}$ ) 及 1963 年以前国内生产的仿苏阀形避雷器 PBC 及 PBBM 型, 有些电导电流较小可按下列办法处理:

(1) 电导电流为  $300\sim 400\mu\text{A}$  的避雷器及元件, 可以继续使用。但当元件串联使用时, 应满足第 (3) 条要求。

(2) 电导电流为  $200\sim 300\mu\text{A}$  者, 应解体检查并联电阻是否有断裂或接头松脱现象, 若无异状并满足下述第 (3) 条要求者, 可以继续使用。

(3) 电导电流为  $300\sim 400\mu\text{A}$  的避雷器元件串联使用时, 电导电流为  $200\sim 300\mu\text{A}$  的元件的各对并联电阻及元件串联使用时, 各元件 (或元件的各对并联电阻) 的非线性系数差值及电导电流差值应满足表 4-60 的要求。

表 4-60 阀型避雷器非线性系数差值及电导电流差值 (%) 标准

元件额定电压 (kV)	3~10		15		20	30
	1962 年前	1960 年前	1961~1962 年	1962 年前	1962 年前	
非线性系数差值	0.05	0.035	0.05	0.05	0.05	
电导电流差值 (%)	30	25	30	25	30	

#### 4. 非线性系数差值的要求

同一相内串联组合元件的非线性系数差值: 新装及运行中的阀型避雷器均不得大于 0.05。

#### 5. 工频放电电压标准

FS 型避雷器的工频放电电压标准见表 4-61。

1963年以前出厂的国产FS型避雷器如达不到表4-61的要求标准时，允许将放电电压上限放宽，但不得超过表4-62的规定标准。

表4-61 FS型避雷器工频放电电压标准

额定电压 (kV)		2	3	6	10
工频放电电压 (kV)	新装及大修后	5~7	9~11	16~19	26~31
	运行中	5~8.5	8~12	15~21	23~33

表4-62 避雷器（老产品）放宽后的工频放电电压标准

避雷器额定电压 (kV)	3	6	10
工频放电电压 (kV)	13	22	33

## 第十节 电力电容器绝缘试验

### （一）试验项目和试验周期

电力电容器的试验项目和试验周期见表4-63。

表4-63 电力电容器的试验项目和试验周期

试验项目	试验周期	备注
绝缘电阻测定	新装及大修后	
电容值测量	新装及大修后	
交、直流耐压试验	新装及大修后	

### （二）试验方法

运行中的电容器，对以上三项绝缘试验可根据需要自行规定

#### 1. 绝缘电阻测量

测量电容器的绝缘电阻，应使用2500V兆欧表。绝缘电阻测量应对极间和两极对地分别测量。测量时为得到稳定的数值，摇动兆欧表速度要均匀，测量极间绝缘电阻时应加限

流电阻, 否则在停止兆欧表转动前, 必须先断开高压引线。测量前后极间和对地都要经过电阻进行充分放电。

绝缘电阻试验, 用提高直流试验电压的方法, 可提高查出缺陷的灵敏度。但对由多个元件串联组成的高压电容器, 有些元件常因受潮而使绝缘电阻降低, 按电阻值分布的直流电压将主要施加在没有缺陷的元件上, 这样可能导致良好元件击穿, 因此试验时要慎重。

同样, 用测量绝缘电阻的方法, 也不易检查出多个串联元件电容器的个别缺陷。只有当电容器整体受潮时, 可与以往记录或同类型电容器相比较并作初步判断。

## 2. 电容器电容值测定

测定电容器电容值的目的是检查电容值变化情况, 因为电容器介质受潮、断线和元件短路以及存在严重缺油缺陷时, 电容值均有明显变化。

电容值的测定可用  $QS_1$  型交流电桥进行测量, 也可用电流、电压表法进行测量。

用电流、电压表进行测量时, 应使用 0.5 级以上的仪表。试验接线如图 4-13 所示。

测得的电容值可按式进行计算:

$$C_x = \frac{I_c \times 10^6}{2\pi f U} \quad (\mu F)$$

式中  $I_c$ ——电流表电流值;

$U$ ——电压表电压值;

$f$ ——频率。

对于三角形和星形接线的三相电容器, 基本与单相电容器的测量方法相同。

如接线方式为三角形接线时可分别测量三次, 求出每相电容值。其接线和电容值计算见表 4-64。

$$\text{计算出总的电容量} \quad C_N = C_1 + C_2 + C_3 = \frac{1}{2} (C_A + C_B + C_C)$$

星形接线的三相电容器依单相测量方法计算出每相电容。测量时先测出每两相串联电容值  $C_{12}$ 、 $C_{23}$  和  $C_{13}$ , 再分别求出每相电容值。其接线和电容值计算见表 4-65。

无论单相或三相电容器, 在求得总的电容值后, 可按下式计算误差值:

$$\Delta C\% = \frac{C - C_N}{C_N} \times 100\%$$

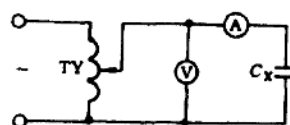


图 4-13 电流、电压表法  
测量电容器电容量接线图  
TY—调压器; V—0.5 级以上电  
压表; A—0.5 级以上电流表;  
 $C_x$ —被测量电容器

表 4-64 测量三相三角形接线的电容器电容值时的接线方法和计算方法

测量次数	接线方式	短路的 接线端子	测量的 接线端子	测得的 电容值	电容的计算
1		2、3 端子短路	1—2、3	$C_A = C_1 + C_3$	$C_1 = \frac{1}{2} (C_A + C_C - C_B)$



续表

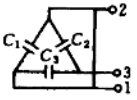
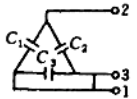
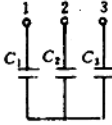
测量次数	接线方式	短路的接线端子	测量的接线端子	测得的电容值	电容的计算
2		1、2 端子短路	3—1、2	$C_B = C_2 + C_3$	$C_2 = \frac{1}{2} (C_B + C_C - C_A)$
3		3、1 端子短路	2—1、3	$C_C = C_1 + C_2$	$C_3 = \frac{1}{2} (C_A + C_B - C_C)$

表 4-65 测量三相星形接线电容器电容值时的接线方法和计算方法

测量次数	接线方式	测量接线端子	计算方程式	计算式
1		1—2	$\frac{1}{C_{12}} = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_2}$	$C_1 = \frac{2C_{12}C_{31}C_{23}}{C_{31}C_{23} + C_{12}C_{23} - C_{12}C_{31}}$
2		3—1	$\frac{1}{C_{31}} = \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_1}$	$C_2 = \frac{2C_{12}C_{31}C_{23}}{C_{31}C_{23} + C_{12}C_{23} - C_{12}C_{31}}$
3		2—3	$\frac{1}{C_{23}} = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{C_3}$	$C_3 = \frac{2C_{12}C_{31}C_{23}}{C_{12}C_{23} + C_{12}C_{31} - C_{31}C_{23}}$

式中  $\Delta C\%$ ——电容器的误差的百分值；

$C$ ——实测电容值；

$C_N$ ——额定电容值。

### 3. 交、直流耐压试验

为了检查电容器的抗电强度，根据电容器的类型和电压等级，应按规程规定进行耐压试验。

交流耐压时，试验变压器容量可按式选择：

$$S = 1.3C_x \left( \frac{U}{U_c} \right)^2 \times 10^{-6} \text{ (VA)}$$

式中  $S$ ——试验变压器容量；

$C_x$ ——被试变压器电容；

$U$ ——试验电压；

$U_c$ ——电容器额定电压。

电容器的端子对地或极间交流耐压需要高电压和大容量设备，因而造成试验上的困难。为了减小耐压设备容量，可根据实际情况在回路中采用并联电感线圈或串联电感线圈