



实用高低压电器 速查速算手册

方大千 方亚平 等编著



化学工业出版社



实用高低压电器 速查速算手册

方大千 方亚平 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书主要包括：电气设备的使用条件及选用，电气设备的动、热稳定和绝缘强度等计算，高压电器的选用及计算，低压开关、熔断器和热继电器的选用及计算，接触器和继电器的选用及计算，电磁铁、电阻器等计算，同时配有许多计算实例。另外，还列有计算必需和维修中经常用到的技术数据、标准和规定，常用高、低压电器产品技术数据和绕组数据，高、低压电器的常见故障及处理方法。

本书适合电气技术人员、企业管理人员、电工使用，也可供大、中专院校有关师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用高低压电器速查速算手册/方大千，方亚平等编著. —北京：化学工业出版社，2013.3

(大千电工系列)

ISBN 978-7-122-16346-2

I. ①实… II. ①方…②方… III. ①高压电器-技术手册②低压电器-技术手册 IV. ①TM5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 011948 号

责任编辑：高墨荣

文字编辑：徐卿华

责任校对：边涛

装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印刷：北京云浩印刷有限责任公司

装订：三河市万龙印装有限公司

850mm×1168mm 1/32 印张 16¼ 字数 473 千字

2013 年 6 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：68.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着我国电气、电子技术的快速发展，新技术、新产品、新工艺不断涌现，电气化程度日益提高，各行各业从事电气工作的人员也迅速增加。电气工作者在日常工作中会经常涉及到电气工程的设计与电气计算，能正确运用电工计算公式和掌握电工计算方法，对工程计算、指导安装、调试和技改、节能工作以及新产品开发有着非常重要的意义。为满足广大电气工作者学习的要求，我们组织编写了《大千电工系列》之《实用电工速查速算系列手册》，以期在实际工作中对读者有所帮助。

本系列手册包括：《实用输配电速查速算手册》、《实用变压器速查速算手册》、《实用电动机速查速算手册》、《实用高低压电器速查速算手册》、《实用继电器保护及二次回路速查速算手册》、《实用电子及晶闸管电路速查速算手册》、《实用水泵、风机和起重机速查速算手册》、《实用电工速查速算手册》，共八种。

本系列手册有如下特点。

特点一：便捷。本系列手册结合编著者工作实践和体会，将长期收集的国内外电工计算公式和计算方法，经整理、归纳分类、简化、校对，并将符号、单位和公式形式做了统一。书中的公式没有冗长的推导过程和繁多的参数，开门见山，拿来即可使用，旨在解决实际问题，因此能大大地提高工作效率，节省时间，适应当今时代快节奏的要求。

特点二：全面。本系列手册内容丰富，取材新颖，且密切结合生产实际，实用性较强。书中不仅列举了大量计算实例，方便读者掌握和应用电工计算公式和计算方法，同时还介绍了变频器、软启动器、LOGO!、电力电子模块、集成触发电路、风能及太阳能发电、新型保护器等新技术，适合当今电气工程设计及电气计算的需要。

《实用高低压电器速查速算手册》是本系列手册中的一种。本书内容包括：电气设备的使用环境条件；高海拔地区和火灾、爆炸危险场所电气设备的选型和施工要求；高、低压电器规范的选择条

件；电气设备的动稳定、热稳定、绝缘强度和电流密度的计算；高、低压电器的试验；电器触头参数的计算；母线的选择及计算；电压和电流互感器的选用及计算；高压断路器、操动机构、隔离开关、负荷开关、熔断器和避雷器等的选用及计算；绝缘子和穿墙套管的选用及计算；低压断路器、开关、漏电保护器、熔断器、热继电器、接触器、继电器等的选用及计算。介绍了断路器、熔断器级间配合；热继电器与熔断器、断路器的配合；交流接触器用于直流负载的选用；交流接触器远控的计算和消除剩磁措施；继电器加速、延缓电路和熄火花电路元件参数选择；交流接触器无声运行计算；交、直流电磁铁线圈及温升计算；交、直流电磁铁的设计；电阻器计算；50Hz (60Hz) 低压电器用于60Hz (50Hz) 电源上的影响分析等计算。同时还配有许多计算实例。另外，还列有计算必需和维修中经常用到的一些技术数据和标准、规定；常用高、低压电器产品的技术数据和绕组数据；常用高、低压电器的常见故障及处理方法。

本书内容准确、简明、实用、先进和新颖。计算所涉及的标准和规定，采用最新颁布的国家标准和规定，所涉及的高、低压电器产品采用新系列产品，技术数据也力求最新。全书采用法定计量单位和国家绘图标准。

本书主要由方大千、方亚平编写。参加编写和协助编写工作的还有方成、方立、朱丽宁、朱征涛、张正昌、方亚敏、张荣亮、方欣、许纪秋、那罗丽、那宝奎、方亚云、卢静、费珊珊、孙文燕、张慧霖。全书由方大中、郑鹏审校。

限于编著者的经验和水平，书中难免有疏漏和不妥之处，希望专家和读者批评指正。

编著者



第1章 电气设备的使用条件及选用 /1

- 1.1 电气设备的使用环境条件 2
 - 1.1.1 普通电工产品的基本使用环境条件 2
 - 1.1.2 高、低压电工产品的基本使用环境条件 2
 - 1.1.3 特殊环境条件 5
 - 1.1.4 环境条件对电气设备的影响 6
 - 1.1.5 电气设备外壳防护等级 8
- 1.2 高海拔地区电气设备的选用 11
 - 1.2.1 高海拔地区的环境条件 11
 - 1.2.2 高原型电器的工作条件及技术要求 11
 - 1.2.3 普通型电气设备在高海拔地区的使用 15
- 1.3 火灾和爆炸危险场所电气设备的选用及配线施工要求 18
 - 1.3.1 火灾和爆炸危险场所电气设备的选用 18
 - 1.3.2 火灾和爆炸危险场所的配线要求 25
- 1.4 高、低压电器规范的选择条件 31
 - 1.4.1 高压电器规范的选择条件 31
 - 1.4.2 低压电器规范的选择条件 35

第2章 电气设备的动、热稳定和绝缘强度等计算 /36

- 2.1 电气设备发热计算 37
 - 2.1.1 高、低压电器的允许温升 37
 - 2.1.2 绝缘材料的耐热等级及允许温升 44
 - 2.1.3 载流导体发热计算 46
 - 2.1.4 载流导体散热计算 49
 - 2.1.5 短路时导体的发热计算 54

2.1.6	低压电器温升试验及计算	56
2.2	电气设备动稳定和热稳定校验	60
2.2.1	电气设备动稳定校验	60
2.2.2	电气设备热稳定校验	61
2.3	电气设备的绝缘强度和漏电距离的要求	64
2.3.1	电气设备绝缘的电气强度要求	64
2.3.2	电气设备的电气间隙和漏电距离要求	70
2.4	电气设备的绝缘强度试验及计算	74
2.4.1	电气设备绝缘电阻的最低安全值	74
2.4.2	不同温度下绝缘电阻的换算	75
2.4.3	绝缘的吸收比要求	77
2.4.4	绝缘介质损失角的正切值 $\tan\delta$ 要求	79
2.4.5	工频耐压试验及计算	82
2.5	高、低压电器的试验	84
2.5.1	低压电器的试验	84
2.5.2	高压开关柜的试验	85
2.6	电器触头压力、超行程、开距和接触电阻的计算	87
2.6.1	触头压力的计算	87
2.6.2	触头超行程和开距的确定	89
2.6.3	触头接触电阻的计算	90
2.7	电气设备电流密度的选择	92
2.7.1	常用高、低压电器电流密度的选择	92
2.7.2	母线电流密度的选择	93
2.7.3	母线连接接头紧固螺栓的选择	96
2.8	载流导体的电动力计算	98
2.8.1	同一平面内圆细导体上的电动力计算	98
2.8.2	弯折导体的电动力计算	101
2.8.3	矩形导体的电动力计算	102
2.9	母线的选择及计算	103
2.9.1	母线的选择及校验	103
2.9.2	三相短路时母线所受最大电动力计算	112
2.9.3	水内冷母线的选择及计算	114

2.9.4 母线安装的一些规定	115
-----------------------	-----

第3章 高压电器的选用及计算 /118

3.1 高压断路器的选用及计算	119
3.1.1 高压断路器的分类及主要用途	119
3.1.2 高压断路器的选用	121
3.1.3 常用高压断路器的技术数据	125
3.1.4 高压断路器切断电容器组和空载长线的能力	131
3.1.5 高压真空断路器的特点与试验	132
3.1.6 真空断路器和真空接触器操作过电压及其抑制措施	133
3.1.7 高压断路器的常见故障及处理	139
3.2 操动机构、隔离开关和负荷开关的选用及计算	145
3.2.1 操动机构的选用	145
3.2.2 户外刀开关电动操动机构电动机的选择	149
3.2.3 高压隔离开关的选用	150
3.2.4 常用高压隔离开关的技术数据	151
3.2.5 高压负荷开关的选用	153
3.2.6 常用高压负荷开关的技术数据	154
3.2.7 高压隔离开关和负荷开关的常见故障及处理	155
3.3 高压熔断器和避雷器的选用及计算	156
3.3.1 高压熔断器的选用	156
3.3.2 常用高压熔断器的技术数据	160
3.3.3 高压熔断器的级间配合	160
3.3.4 跌落式高压熔断器的常见故障及处理	163
3.3.5 高、低压避雷器的选用	165
3.3.6 常用高、低压避雷器的技术数据	168
3.3.7 避雷器的常见故障及引起原因	175
3.3.8 避雷器的试验	175
3.4 高、低压电压和电流互感器的选用及计算	179
3.4.1 电压互感器的选用	179

3.4.2	常用电压互感器的技术数据	185
3.4.3	电流互感器的选用	185
3.4.4	计费电流互感器的选用	189
3.4.5	电流互感器二次负荷阻抗的计算	190
3.4.6	电流互感器二次电压的计算	195
3.4.7	一次侧穿绕式电流互感器变流比的换算	197
3.4.8	常用电流互感器的技术数据	197
3.4.9	互感器的常见故障及处理	200
3.5	绝缘子和穿墙套管的选用及计算	201
3.5.1	悬垂式高压绝缘子的选用	201
3.5.2	悬垂式高压绝缘子的技术数据	204
3.5.3	高压支持绝缘子和穿墙套管的选用	206
3.5.4	胶装支柱绝缘子和穿墙套管的技术数据	210
3.5.5	瓷横担绝缘子的技术数据	211
3.5.6	户外针式和蝶式绝缘子的技术数据	211

第4章 低压开关、熔断器和热继电器的选用及计算 /213

4.1	低压断路器的选用及计算	214
4.1.1	低压断路器的分类及主要用途	214
4.1.2	低压断路器的选用	216
4.1.3	ME系列低压断路器的选用	222
4.1.4	家庭小型断路器的选用	227
4.1.5	断路器损耗计算	228
4.1.6	常用低压断路器的技术数据	229
4.1.7	直流断路器的选用	233
4.1.8	断路器与上下级保护电器的配合	236
4.1.9	交流断路器的选用举例	239
4.1.10	断路器保护与导线之间的配合	242
4.1.11	各种电子式脱扣器的性能设计要求	243
4.1.12	低压断路器的常见故障及处理	243
4.2	刀开关、转换开关和漏电保护器的选用及计算	248

4.2.1	刀开关和转换开关的类型和使用场合	248
4.2.2	刀开关的选用	249
4.2.3	常用负荷开关的技术数据	250
4.2.4	转换开关的选用	252
4.2.5	万能转换开关的技术数据	253
4.2.6	刀开关和组合开关的常见故障及处理	257
4.2.7	电压、电流换相开关的接线	258
4.2.8	列表法接转换开关	261
4.2.9	漏电保护器的选用	265
4.2.10	漏电保护器动作电流的选择	268
4.2.11	漏电保护器的接线	269
4.2.12	常用漏电保护器的技术数据	271
4.2.13	LLJ系列漏电继电器的技术数据	273
4.2.14	漏电保护器的常见故障及处理	274
4.3	熔断器的选用及计算	276
4.3.1	熔断器的选用	276
4.3.2	常用熔断器的技术数据	284
4.3.3	常用低压熔丝的规格	289
4.3.4	熔断器的级间配合	291
4.3.5	熔断器保护与导线之间的配合	293
4.3.6	用铜丝作保险丝时铜丝的选择	295
4.3.7	熔断器的常见故障及处理	297
4.4	热继电器的选用及计算	298
4.4.1	热继电器的选用	298
4.4.2	常用热继电器的技术数据	303
4.4.3	热继电器的温度修正	307
4.4.4	热继电器与熔断器、断路器的配合	308
4.4.5	热继电器双、三金属片的技术数据	309
4.4.6	热继电器的常见故障及处理	310

5.1	接触器的选用及计算	313
5.1.1	交流接触器的选用	313
5.1.2	交流接触器降容使用的选择	317
5.1.3	工作制与操作频率对接触器电寿命的影响	321
5.1.4	常用交流接触器的技术数据	322
5.1.5	交流接触器的常见故障及处理	326
5.1.6	真空接触器的特点及技术数据	328
5.1.7	真空接触器的常见故障及处理	331
5.1.8	真空接触器抑制操作过电压的压敏电阻保护 计算	332
5.1.9	直流接触器的选用	332
5.1.10	常用直流接触器的技术数据	336
5.1.11	切换电容器用接触器的选用	337
5.1.12	交流接触器用于直流负载时的选用	343
5.1.13	交流接触器用于矩形波电源时的选用	348
5.1.14	交流接触器远控的计算及防失控措施	349
5.1.15	接触器、继电器启动电流和吸持电流的计算	356
5.1.16	消除交流接触器剩磁的措施及计算	356
5.2	继电器的选用及计算	358
5.2.1	继电器的分类及参数	358
5.2.2	继电器的选用及参数计算	360
5.2.3	电磁式控制继电器的选用	362
5.2.4	常用电磁式控制继电器的技术数据	363
5.2.5	通用直流电磁继电器的动作性能	366
5.2.6	保护继电器和时间继电器的选用	367
5.2.7	常用电流、电压继电器和时间继电器的技术 数据	370
5.2.8	电压继电器加速与延缓电路	374
5.2.9	继电器消火花电路	381
5.2.10	常用小型继电器的技术数据	387
5.2.11	固体继电器的选用	387
5.2.12	固体继电器保护元件的选择	397

5.3	交流接触器无声运行计算	398
5.3.1	交流接触器交流吸合和直流吸合电流的计算	398
5.3.2	交流接触器无声运行元件的选择	402
5.3.3	交流接触器双绕组节能线圈的计算	406
5.3.4	交流接触器无声运行节电效果计算	409
5.4	电磁线圈重绕计算	411
5.4.1	交流接触器线圈重绕计算	411
5.4.2	直流接触器线圈重绕计算	414
5.4.3	交、直流接触器改压计算	415
5.4.4	交流接触器改频计算	415
5.4.5	直流电磁铁改压计算	416
5.4.6	直流电磁铁改通电持续率计算	417
5.4.7	各种情况的线圈换算	417
5.4.8	交流接触器短路环的计算	419
5.4.9	直流接触器中的磁吹线圈的计算	421
5.5	接触器、继电器和电磁铁线圈的计算	423
5.5.1	交、直流电磁线圈的计算	423
5.5.2	直流线圈的温升计算	427
5.5.3	交流线圈的温升计算	428
5.5.4	交流线圈的简捷设计	429
5.5.5	直流线圈的简捷设计	433
5.5.6	直流接触器双绕组线圈的简捷计算	436
5.5.7	部分交、直流接触器、继电器线圈数据	438

第6章 电磁铁、电阻器等计算

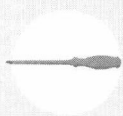
/441

6.1	电磁铁的基本计算及选用	442
6.1.1	电磁铁的基本公式及计算	442
6.1.2	电磁铁的吸力计算	447
6.1.3	电磁铁的选用	454
6.1.4	常用电磁铁的技术数据	458
6.1.5	电磁铁的常见故障及处理	463

6.2	电磁铁的设计	464
6.2.1	交、直流电磁铁设计要点	464
6.2.2	直流拍合式电磁铁的设计	467
6.2.3	直流螺管式电磁铁的设计	476
6.2.4	交流拍合式电磁铁的设计	480
6.2.5	交流螺管式电磁铁的设计	483
6.2.6	交流 E 形电磁铁的设计	485
6.2.7	常用漆包线的直径、截面积、直流电阻及 质量	487
6.3	电阻器的计算	490
6.3.1	常用电阻材料的性能	490
6.3.2	无骨架电阻器的计算	494
6.3.3	有骨架电阻器的计算	495
6.3.4	电阻器允通电流的计算	498
6.4	低压电器的其他计算	499
6.4.1	电源频率对开关电器等性能的影响	499
6.4.2	50Hz 低压电器用于 60Hz 电源上的影响分析	502
6.4.3	60Hz 低压电器用于 50Hz 电源上的影响分析	505
6.4.4	开关电器极并联和串联的分析	506

第 1 章

电气设备的使用条件及选用



1.1 电气设备的使用环境条件

电气设备有在普通环境下使用，有在特殊环境下使用，因此电器产品需根据使用环境条件进行设计、制造，以满足不同使用场所的需要。

1.1.1 普通电工产品的基本使用环境条件

(1) 基本使用环境条件

- ① 海拔：1000m。
- ② 最高空气温度：40℃。
- ③ 最低空气温度取下列数值之一：+5℃；-10℃；-25℃；-40℃。
- ④ 空气相对湿度：最湿月的月平均最大相对湿度为90%，同时该月的月平均最低温度为25℃。

(2) 说明

- ① 海拔：以平均海平面作为基准（0m）起算的陆地高度。
- ② 最高（低）空气温度：指空气温度的最高（低）值。它是每年所出现的最高（低）温度的多年平均值为基础的。
- ③ 月平均最低温度：日最低温度的月平均值。
- ④ 相对湿度：空气中所具有的水汽压与同一温度下饱和水汽压之比。
- ⑤ 月平均最大相对湿度：日最大相对湿度值的月平均值。
- ⑥ 最湿月：一年中月平均相对湿度值最大的月份。

1.1.2 高、低压电工产品的基本使用环境条件

1.1.2.1 高压电工产品的基本使用环境条件

(1) 高压电器的分类

高压电器种类很多，按照它在电力系统中的作用可以分为

以下几种。

① 开关电器，如断路器、隔离开关、负荷开关、接地开关以及操作机构等。

② 保护电器，如熔断器、避雷器等。

③ 测量电器，如电压、电流互感器等。

④ 限流电器，如电抗器、电阻器等。

⑤ 其他，如电力电容器、绝缘子等。

另外，高压开关柜和组合电器也属于高压电器。

(2) 高压电器的基本使用环境条件

① 海拔：1000m、2500m。

② 周围空气温度：

上限：+40℃。

下限：户内-5℃；户外-30℃，高寒地区-40℃。

日温差：15℃。

③ 户内产品相对湿度：90%（+25℃时）。

④ 户外产品风速：35m/s。

⑤ 地震烈度：8度。

1.1.2.2 低压电工产品的基本使用环境条件

低压电器通常是指工作在额定电压交流 1200V 或直流 1500V 及以下的电器。它广泛地应用于电力输配系统、电气传动和自动控制设备中，在电路中起着开关、转换、控制、保护和调节等作用。低压电器的发展趋势是功能化、电子化、模块化、组合化和智能化。

(1) 低压电器的分类

低压电器根据它在电气线路中所处的地位和作用，可归纳为低压配电电器和低压控制电器。前者有断路器、熔断器、刀开关和转换开关等；后者有接触器、继电器、启动器、控制器、主令电器、电磁铁、电阻器和变阻器等。

低压电器根据工作条件分类有：①一般工业用电器；②船用电器；③化工电器；④矿用电器；⑤牵引电器；⑥航空电器等。

低压电器的防污染等级，一般分为以下四级。

1级：无污染或仅有干燥的非导电性污染。

2级：一般情况下仅有非导电性污染，但必须考虑到偶然由于凝露造成的短暂导电性。

3级：有导电性污染，或由于预期的凝露，干燥的非导电性污染变成导电性污染。

4级：造成持久的导电性污染，例如由导电粉尘或雨雪造成的污染。

此外，低压电器还可根据使用环境分为一般工业用电器和热带电器，根据温度、盐雾湿度、霉菌等不同环境条件划分为“干热带”及“湿热带”型电器和高原（海拔2500m及以上）电器。

(2) 低压电器基本使用环境条件

1) 海拔不超过2500m。

2) 周围空气温度符合下列条件。

① 不同海拔的最高空气温度见表1-1。

■ 表1-1 不同海拔的最高空气温度

海拔 h/m	$h \leq 1000$	$1000 < h \leq 1500$	$1500 < h \leq 2000$	$2000 < h \leq 2500$
最高空气温度/ $^{\circ}\text{C}$	40	37.5	35	32.5

② 最低空气温度：

a. $+5^{\circ}\text{C}$ （适用于水冷电器）；

b. -10°C （适用于某些特定条件的电器，如电子式电器及部件等）；

c. -25°C ；

d. -40°C （订货时指明）。

3) 空气相对湿度：最湿月的月平均最大相对湿度为90%，同时该月的月平均最低温度为 25°C ，并考虑到因温度变化发生产品表面上的凝露。

4) 对安装方位有规定或动作性能受重力影响的电器，其安装倾斜度不大于 5° 。

5) 无显著摇动和冲击振动的地方。

6) 无爆炸危险的介质中，且介质中无足以腐蚀金属和破坏绝