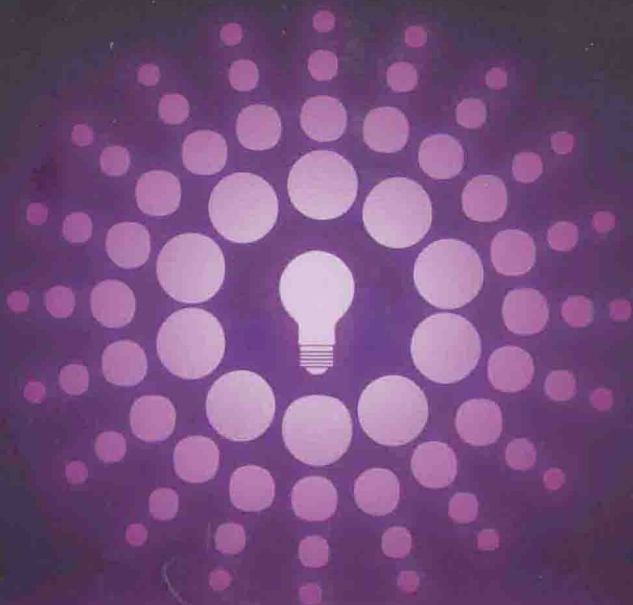




节约用电

实用技术手册

方大千 张正昌 等编著



化学工业出版社



节约用电

实用技术手册

方大千 张正昌 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书较全面、系统地介绍了供、用电各个环节及各种电气设备的节电措施和节电计算方法,具体包括基础知识,输配电节电,变压器节电,无功补偿,电动机节电,风机、空压机节电,水泵节电,电焊机和接触器节电,电加热节电,照明节电和电能平衡及用电设备测量。

本书通俗易懂,内容紧密结合实际,书中列有大量的节电计算实例,以及节电工作中常用的技术资料、标准和规定,可供能源管理机构、节能部门、电力部门及企业、农村的节电工作者、技术人员及电工使用。

图书在版编目(CIP)数据

节约用电实用技术手册/方大千,张正昌等编著. —北京:化学工业出版社,2014.12
ISBN 978-7-122-21727-1

I. ①节… II. ①方…②张… III. ①用电管理-技术手册 IV. ①TM92-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第204312号

责任编辑:高墨荣
责任校对:蒋宇

文字编辑:徐卿华
装帧设计:刘丽华

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:北京永鑫印刷有限公司
装订:三河市胜利装订厂
850mm×1168mm 1/32 印张27½ 字数746千字
2015年4月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519680) 售后服务:010-64519661
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:148.00元

版权所有 违者必究



前言

随着我国经济的高速增长和城市化进程的快速推进，能源消费增长巨大。当前，我国能源形势相当严峻，电力供需矛盾突出。我国电力供应过分依赖于煤炭产业（燃煤发电占80%），而煤炭一旦短缺将直接威胁电力的供应，能源紧缺已成为国民经济持续发展的最大制约。然而我国能源浪费惊人，能源利用效率只有33%，比国际先进水平低10个百分点左右。我国是能源资源严重短缺的国家，石油、天然气人均剩余可采储量仅有世界平均水平的7.7%和7.1%，储量比较丰富的煤炭也只有世界平均水平的58.6%。按目前探明储量和开采能力测算，我国煤炭、石油、天然气的可采年限分别只有约75年、10年（还包括50%~60%的进口石油）和25年，而世界平均水平分别是225年、40年和56年。从2009年开始，我国成为化石能源全面进口国。目前，我国已是全球最大的煤炭进口国，同时石油对外依存度已接近60%，天然气对外依存度接近1/3。

我国节能法规定，“节约资源是我国的基本国策。国家实施节约与开发并举，把节约放在首位的能源发展战略”；“国家实行节能目标责任制和节能考核评价制度，将节能目标完成情况作为对各地人民政府及其负责人考核的内容。省、自治区、直辖市人民政府每年向国务院报告节能目标责任制的履行情况”。并强调要强化行政问责。

我们除积极调整产业结构，大力开发水能、太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能等可再生能源和新能源外，当务之急是要积极做好节电工作。在日本，把节能视作太阳能、风能、生物能等新能源之外的另一种“新能源”。我们要认真落实节电措施，通过长期不懈地努力，切实把能耗降低下来，为我国经济持续发展创造良

好的能源条件。

为了配合节电工作的积极、深入开展，我们编写了《节约用电实用技术手册》一书。这是一本对开展节电工作具有指导意义的实用的工具书。该书紧密结合实际，较全面、系统地介绍了供、用电各个环节及各种电气设备的节电措施与节电计算方法，节电工程造价效果评估，电气设备电能损耗的测算，节能新产品、新技术和新工艺。笔者曾在电力系统、小水电站、冶炼、国企从事多年的节电工作，负责过许多节电改造工程，在制定节电改造项目的实施方案和开展企业电能平衡测试等工作具有丰富的实践经验，介绍的内容详细而具体。为方便读者实际应用，书中列举了大量的节电计算实例。读者通过本书的学习，能很快地掌握节电措施，学会如何应用计算方法和计算公式去分析和解决实际问题，如何开展节电工作。书中收集了国家最新颁布的有关节电的一些标准和规定。

本书力求做到准确、简明、实用，并注意内容的先进性、新颖性和查阅的方便性。全书采用法定计量单位和国家绘图标准。

参加本书编写工作的有方大千、张正昌、方立、方成、郑鹏、方亚平、许纪秋、朱丽宁、方亚敏、方亚云、那罗丽、费珊珊、那宝奎、卢静、刘梅、孙文燕、张慧霖等同志。全书由张荣亮、方大中高级工程师审校。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者



目录

第①章 基础知识

/1

1.1 电工学基本计算	2
1.1.1 电阻的计算	2
1.1.2 电功率等计算	3
1.1.3 网络变换计算	4
1.1.4 电阻、电感和电容在电路中的计算	8
1.2 交流电路的基本计算	9
1.2.1 正弦量、复数及矢量	9
1.2.2 正弦交流电路计算	13
1.3 有关计量仪表的计算及基本要求	17
1.3.1 电工仪表精度分级及准确度	17
1.3.2 电工仪表的误差	17
1.3.3 电流互感器和电压互感器的准确级	18
1.3.4 电能表与互感器的合成倍率计算	19
1.3.5 电能表所测电量的计算	20
1.3.6 直流电流表、电压表的扩程	21
1.3.7 交流电流表、电压表的扩程	22
1.3.8 穿心式电流互感器变流比的计算	24
1.3.9 电气测量仪表的功率损耗估算	26
1.3.10 对用电计量的基本要求	27
1.4 电费的计算	29
1.4.1 电价分类	29
1.4.2 按用电容量分类计价方式	31
1.4.3 不同用户的电费计算	34

1.4.4	关于《功率因数调整电费办法》的规定	35
1.5	节电工程投资效果计算	37
1.5.1	静态计算法	38
1.5.2	动态计算法	39
1.6	产品节电计算	44
1.6.1	产品用电单耗及节电量的计算	44
1.6.2	机电产品节能效益计算	46
1.7	部分常用术语的定义	49

第2章 输配电节电

/53

2.1	供电质量要求及节电措施	54
2.1.1	供电质量要求及相关计算	54
2.1.2	城网建设与改造的总体设计要求	63
2.1.3	农网建设与改造的总体设计要求	65
2.1.4	农网建设与改造对变配电工程的要求	67
2.1.5	输配电节电措施	69
2.2	电力线路参数计算	76
2.2.1	导线、电缆的电阻和电抗的计算	76
2.2.2	常用导线、电缆、母线的电阻和电抗	77
2.3	线路电压损失计算	83
2.3.1	负荷在末端的线路电压损失计算	84
2.3.2	沿线路有几个负荷时电压损失计算	85
2.3.3	两端供电线路配电电压损失计算	86
2.3.4	线路末端接有集中负荷的单相配电线路（二线制 供电）电压损失计算	90
2.3.5	380/220V 低压网络电压损失计算	90
2.4	线路线损计算	92
2.4.1	负荷在末端的线路损耗计算	92
2.4.2	具有分支线路线损的近似计算	97
2.4.3	线路线损的通用计算公式	102

2.4.4	电力电缆损耗计算	104
2.4.5	从负荷曲线上求线损	105
2.4.6	利用线损率计算系数法计算线损	106
2.4.7	低压配电线路线损的简化计算	106
2.4.8	配电线路电能损失计算	110
2.4.9	最佳理论线损率计算	110
2.4.10	配电线路经济运行的负荷区域的确定	111
2.4.11	电力线路输电容量及输电距离	112
2.4.12	母线损耗计算	113
2.5	三相不对称负荷线损的计算	115
2.5.1	三相四线制网络负荷不对称的线损计算	115
2.5.2	三相三线制网络负荷不对称的线损计算	120
2.6	不同供电场合的电压降和线损	123
2.6.1	不同供电方式下的电压降和线损比较	123
2.6.2	不同负荷分布下的电压降和线损比较	124
2.6.3	不同电源位置与线损的关系	125
2.7	电网升压和合理调整运行电压降低网损的计算	125
2.7.1	电网升压降低电网损耗的效果及计算	125
2.7.2	合理调整运行电压降低电网损耗的计算	128
2.8	导线、电缆的选择	133
2.8.1	经济电流密度及计算	133
2.8.2	导线、电缆的选择	139
2.8.3	中性线截面的选择	143

第3章 变压器节电

/146

3.1	变压器使用条件及节电措施	147
3.1.1	油浸式变压器的正常使用条件和温升限值	147
3.1.2	油浸式变压器的过负荷能力	148
3.1.3	干式变压器的正常使用条件和温升限值	153
3.1.4	干式变压器的过负荷能力	153

3.1.5	变压器节电措施	154
3.2	变压器基本参数、负荷率及效率等计算	160
3.2.1	变比、容量和等效组抗	160
3.2.2	变压器电压调整率、电压变动率、负荷率和效率	165
3.2.3	常用电力变压器的技术数据	171
3.3	选用节能变压器节电计算	177
3.3.1	S9 系列变压器与 S7 系列变压器的比较	177
3.3.2	新 S9 系列变压器与 S11 系列及非晶合金铁芯变压器的比较	178
3.3.3	SN9 系列、SH10 系列和 DZ10 系列变压器与 S9 系列变压器的比较	180
3.3.4	S9-T 型调容量变压器与 S9 系列变压器的比较 ...	182
3.3.5	节能型干式变压器和箱变	184
3.4	变压器损耗计算	185
3.4.1	变压器损耗计算	185
3.4.2	变压器年电能损耗计算	187
3.4.3	变压器负荷不平衡运行时的损耗计算	191
3.5	环境温度对变压器出力的影响及计算	198
3.5.1	环境温度对变压器出力的影响	198
3.5.2	变压器允许温升计算	199
3.5.3	降低变压器温度节约有功功率的计算	200
3.5.4	变压器室通风窗面积要求	202
3.6	变压器经济容量的选择	203
3.6.1	变压器容量的基本估算	203
3.6.2	按综合经济效益选择变压器	208
3.6.3	应用现值系数法选择变压器并评估其经济效益 ...	214
3.6.4	农用变压器经济容量的选择	217
3.7	变压器并联运行计算	220
3.7.1	变压器并联运行的条件	220

3.7.2	变比相等的两台变压器并联运行的计算	220
3.7.3	变比不等的两台变压器并联运行的计算	221
3.7.4	容量不等的两台变压器并联运行的计算	224
3.7.5	不同连接组别的两台变压器并联运行的计算	226
3.7.6	同型号、同参数的变压器投入台数的确定	227
3.7.7	不同型号、不同参数的变压器投入台数的确定	228
3.7.8	并联变压器经济运行方式的判定	231

第4章 无功补偿

/234

4.1	无功补偿节电措施及电容器的运行规定	235
4.1.1	无功补偿节电措施	235
4.1.2	电容器运行的规定	237
4.1.3	串联电容器运行的一般规定	240
4.1.4	常用并联电容器的技术数据	242
4.2	基本关系式及计算	245
4.2.1	功率因数、电容容抗及介质损耗的计算	245
4.2.2	运行电压升高对移相电容器影响的计算	247
4.2.3	电网电压波形畸变对移相电容器影响的计算	248
4.3	功率因数和无功补偿容量的计算	250
4.3.1	功率因数的测算	250
4.3.2	无功补偿容量的确定	254
4.3.3	无功经济当量的计算	262
4.4	无功补偿方式的选择	266
4.4.1	补偿方式的分类	266
4.4.2	适宜和不适宜采用无功就地补偿的场合	268
4.4.3	工厂无功补偿方式的选择	269
4.4.4	农网无功补偿方式的选择	269
4.5	不同补偿方式无功补偿容量的确定	271
4.5.1	变电所集中补偿容量的确定	271
4.5.2	配电线路无功补偿安装最佳位置的确定	272

4.5.3	配电线路末端无功补偿容量的计算	273
4.5.4	采用电容补偿调压的计算	275
4.6	无功补偿装置设备的选择	277
4.6.1	无功补偿自动投切装置的要求	277
4.6.2	补偿电容配套设备的选择	278
4.6.3	几种无功补偿装置简介	284
4.7	采用同步电动机和水轮发电机补偿的计算及要求	290
4.7.1	采用同步电动机补偿的计算	290
4.7.2	水轮发电机组作调相运行的要求	292
4.8	提高功率因数与降损及改善电压的计算	294
4.8.1	提高功率因数与降损关系的计算	294
4.8.2	提高功率因数与改善电压关系的计算	300
4.8.3	提高功率因数与增加设备容量的计算	301

第5章 电动机节电

/305

5.1	电动机使用条件及节电措施	306
5.1.1	异步电动机一般工作条件的规定和要求	306
5.1.2	电动机节电措施	307
5.2	异步电动机基本参数、损耗、效率及功率因数等 计算	314
5.2.1	异步电动机基本参数计算	314
5.2.2	异步电动机的损耗计算	317
5.2.3	异步电动机效率、功率因数及最佳负荷率等 计算	320
5.2.4	电压变动对电动机特性的影响	325
5.2.5	常用三相异步电动机的技术数据	327
5.3	异步电动机各转矩、输出功率及最佳功率的计算	331
5.3.1	负荷转矩、电动机转矩、负荷惯性矩、启动转矩 及最大转矩的计算	331
5.3.2	异步电动机启动方式比较	334

5.3.3	不同负荷特性下电动机输出功率的计算	335
5.4	交流电动机调速节电	342
5.4.1	调速方式及节能技术特性	342
5.4.2	负荷性质与调速方式的配合	343
5.4.3	软启动器及节电效果	348
5.4.4	软启动节能柜	353
5.4.5	软启动器实用控制线路	354
5.4.6	变频器的选用	360
5.4.7	变频器的使用条件及低频运行的影响	370
5.4.8	根据负荷的转矩特性选择变频器	371
5.4.9	变频调速用电机的选用	374
5.4.10	变频器实用控制线路	376
5.5	异步电动机节电计算	383
5.5.1	电动机节电更换的计算	383
5.5.2	更换旧式电动机节电的计算	387
5.5.3	更换电动机启动能力和过载能力的校验	389
5.5.4	采用电动机节电器节电计算	391
5.5.5	“大马拉小车”节电改造计算	393
5.5.6	星-三角转换的节电计算	394
5.5.7	电动机星-三角转换节电线路	400
5.5.8	采用自控装置代替手动操作的节电线路	408
5.5.9	异步电动机同步化运行的计算	409
5.5.10	提高电动机与被拖动机械连接效率节电	415
5.6	异步电动机无功就地补偿节电计算	417
5.6.1	无功就地补偿容量的计算	417
5.6.2	异步电动机无功就地补偿线路	423
5.6.3	电动机无功就地补偿存在的问题及解决办法	424
5.6.4	电动机无功就地补偿谐波危害的防止	426
5.6.5	采用静止进相器对绕线型异步电动机进行无功 补偿	427

5.7 电磁调速电动机、换向器电动机和直流电动机节电	
计算	428
5.7.1 电磁调速电动机节电计算	428
5.7.2 电磁调速电动机的技术数据	434
5.7.3 换向器电动机节电计算	435
5.7.4 换向器电动机的技术数据	439
5.7.5 直流电动机节电计算	439
5.7.6 直流电动机的技术数据	450
5.8 同步电动机节电计算	453
5.8.1 同步电动机损耗、输出功率和效率计算	453
5.8.2 同步电动机的 V 形曲线	454
5.9 余热发电计算实例	455

第6章 风机、空压机节电 /461

6.1 风机的节电措施与基本参数及计算	462
6.1.1 风机节电措施	462
6.1.2 风机的基本参数和特性曲线	463
6.1.3 风量和风压的计算	465
6.1.4 风机参数的换算	466
6.1.5 高效节能玻璃钢轴流风机的技术数据	467
6.2 风机轴功率、效率、电动机功率及耗电量计算	470
6.2.1 风机轴功率和电动机功率的计算	470
6.2.2 变速风机的电动机功率的计算	472
6.2.3 风机效率计算	474
6.2.4 风机耗电量计算	475
6.3 空调风机和锅炉送、引风机计算	477
6.3.1 风机轴功率和送风量计算	477
6.3.2 锅炉送、引风机风量、全压和电动机功率的 计算	478
6.3.3 较大场所用空调器容量的选择	480

6.4	风机节电计算	481
6.4.1	风机调速节电计算	481
6.4.2	风机叶轮改造节电计算	485
6.4.3	风机串、并联运行节电计算	487
6.5	空压机的节电措施与基本参数及计算	488
6.5.1	空压机节电措施	489
6.5.2	空压机的基本参数和特性曲线	494
6.6	空压机效率、轴功率和电动机功率计算	495
6.6.1	空压机效率和轴功率计算	495
6.6.2	空压机电动机功率的计算	501
6.6.3	制冷压缩机电动机功率的计算	503
6.7	空压机节电计算	506
6.7.1	压缩空气站及空压机运行能耗考核标准	506
6.7.2	空压机管网漏气及气压力过大造成的能耗计算	509

第7章 水泵节电

/513

7.1	水泵节电措施与基本参数及计算	514
7.1.1	水泵节电措施	514
7.1.2	水泵的基本参数和特性曲线	515
7.1.3	流量和扬程计算	518
7.2	水泵轴功率、效率及电动机功率计算	523
7.2.1	水泵轴功率和效率计算	523
7.2.2	泵电动机功率计算和电动机选择	524
7.2.3	空调设备用水泵轴功率和送水量的计算	527
7.3	水泵节电计算	528
7.3.1	泵机械损耗计算	528
7.3.2	水泵调速节电计算	528
7.3.3	水泵变频调速节电	531
7.3.4	水泵叶轮改造节电计算	537
7.3.5	减少管道阻力和选择合理扬程的节电计算	540

7.3.6	更换泵及电动机的节电计算	541
7.3.7	水泵串、并联运行节电计算	542

第8章 电焊机和接触器节电 /544

8.1	电焊机节电措施与基本参数及计算	545
8.1.1	电焊机节电措施	545
8.1.2	弧焊机负载持续率的概念及计算	546
8.1.3	弧焊机功率因数及效率的计算	548
8.2	电焊机电源容量的计算	549
8.2.1	弧焊机电源容量的计算	549
8.2.2	电阻焊机电源容量的计算	551
8.3	改善电焊机的功率因数降低损耗的计算	552
8.3.1	算法确定补偿电容容量	553
8.3.2	查表法确定补偿电容容量	554
8.3.3	加补偿电容后节电量计算	555
8.4	合理选择电焊机和焊接方法的节电计算	556
8.4.1	常用弧焊机的节能效果比较	556
8.4.2	电焊机耗电量计算	558
8.4.3	电弧焊的几种焊接方法比较	560
8.5	电焊机导线(电缆)的选择	565
8.5.1	电焊机初级电源线的选择	565
8.5.2	电焊机次级电缆的选择	566
8.5.3	电阻焊机焊接回路组件的导线截面选择	567
8.5.4	交流弧焊机的保护设备及导线的选择	570
8.6	电焊机加装空载自停装置的节电计算及评价	570
8.6.1	采用空载自停装置的节电效果估算及评价	570
8.6.2	电焊机空载自停线路	571
8.7	交流接触器节电措施及无声运行节电计算	583
8.7.1	交流接触器节电措施	583
8.7.2	交流接触器交流吸合和直流吸合电流的计算	584

8.7.3	交流接触器无声运行线路及元件的选择	588
8.7.4	无声节能接触器直流线圈的计算	596
8.7.5	交流接触器双绕组节能线圈的计算	597
8.7.6	交流接触器无声运行节电效果计算	600
8.7.7	一种磁保持的无声无耗接触器	602
8.7.8	QCJ 接触器节能延寿模块	604
8.7.9	继电器节电线路	606

第9章 电加热节电

/610

9.1	电加热节电措施	611
9.2	电弧炉节电计算	614
9.2.1	电弧炉等效电路及主回路的计算	614
9.2.2	电弧炉的功率因数及变压器容量、二次最高 电压和额定电流的计算	617
9.2.3	短网电阻和感抗的计算	618
9.2.4	改善电弧炉二次回路的节电计算	625
9.2.5	增加装料量和预热炉料的节电计算	627
9.2.6	缩短电弧炉停炉时间的节电计算	629
9.2.7	改善电弧炉炉衬降低热能损耗的计算	629
9.2.8	缩短熔化期时间节电计算	631
9.2.9	采用先进的电极升降自动调节器节电	633
9.3	热处理电阻炉节电计算	641
9.3.1	电能利用率的计算	641
9.3.2	损耗热量计算	643
9.3.3	电阻炉及其他加热炉炉外表面散热量的简易 计算	652
9.3.4	电阻炉耗电量计算	653
9.3.5	改善电炉砌体(减少预热损失)的节电计算	654
9.3.6	预热被加热金属工件的节电计算	655
9.3.7	改善电炉的保温、绝热层及密封性节电	655

9.3.8	增大电炉功率的节电计算	656
9.3.9	热处理电阻炉电能平衡测试要求	656
9.4	感应炉节电计算	659
9.4.1	电平衡式及热效率	659
9.4.2	感应炉的阻抗、电效率及功率因数等计算	660
9.4.3	输电线路计算	661
9.4.4	感应炉无功补偿容量的计算	665
9.4.5	工频无芯感应炉的计算	667
9.5	远红外线加热节电计算	671
9.5.1	红外区的划分及常用材料的全辐射率	672
9.5.2	远红外线加热的基本定律	674
9.5.3	远红外辐射元件	678
9.5.4	远红外辐射涂料	680
9.5.5	远红外辐射器(加热器)	684
9.5.6	辐射元件表面温度和受热物最佳加热温度及 辐射距离的选择	689
9.5.7	远红外加热炉体容积和所需电功率的计算	692
9.5.8	远红外加热炉热效率计算	695
9.5.9	设计和使用远红外加热器的注意事项	697
9.6	各种电加热设备的比较及经济性评价	698
9.6.1	各种电加热设备的比较	698
9.6.2	电加热设备经济性评价	700

第10章 照明节电

/704

10.1	照明节电措施及照明术语与单位	705
10.1.1	照明节电措施	705
10.1.2	照明术语、单位及计算公式	710
10.2	电光源的种类、特点及适用场所	716
10.2.1	常用电光源的特性及适用场所	716
10.2.2	节能灯及节能效益计算	719