

用电设备和用电

的节能方法

左宝信

刘求实

编著



科学技术文献出版社

用电设备和用电 的节能方法

左宝信 编著
刘求实

科学技术文献出版社

(京)新登字 130 号

内 容 简 介

本书从电的应用角度出发,全面系统地介绍了变压器、电动机、风机和水泵、空调机、电焊机、电炉、柴油机、低压电器、照明、电缆、电网和住宅用电等的节能措施,节能方法简单、适用和易行。

书中的某些内容作了详细的理论推导和验证,但重点是实际的节能的方法。

该书适宜于广大第一线电气专业技术人员和工人的学习和使用,对广大读者也有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

用电设备和用电的节能方法/左宝信等著. - 北京:科学技术文献出版社,1998.10

ISBN 7-5023-3140-9

I.用… II.左… III.电气设备-节能 IV.TM92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 24605 号

科学技术文献出版社出版

(北京复兴路 15 号 邮政编码 100038)

重庆市光大电脑有限公司激光照排

重庆电力印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 1/16 开本 18.47 印张 473.6 千字

印数 1—3000 册

定价 28.00 元

编者的话

我国是一个发展中的国家。建国以来,经过 40 余年的建设,特别是改革开放以来,电力事业有了巨大的历史性的发展。

为了实现我国经济发展的战略目标,很大程度上取决于能源的发展,而能源最重要的内容之一就是电力事业的发展。

作为电力事业基本法律——电力法的公布和实施,标志着我国电力事业法制建设进入了一个新的历史阶段,这对保证和促进我国电力事业的发展,维护电力投资者、经营者和使用者的合法权益,调整电力有关法律关系,将电力建设、生产、供应和使用纳入法制轨道,都具有重大意义。

“电力法”的核心是以法治电。在利用电能上,计划用电、安全用电和节约用电三者是相辅相成的,而节约用电是三者的重要内容,甚至可以说,节约电能的发展经济中,特别是在提高我国人民实际生活水平,更具有现实的直接的意义。

我们应清醒地了解,在利用电能和节约用电方面,我国与当今世界上发达的工业化国家有不小的距离。从整体上看,突出表现是设备陈旧、损耗过大、技术和管理落后。然而,从另一方面看,如果我们认真分析研究这些差距,采取有力措施,充分地利用节约电能的巨大潜力,节电的效益是十分可观的。这一点可从 90 年代一些统计资料看出。

我国工业自用电(包括发电厂的厂用电和线损)占全国发电量的 17%,比工业化国家高出 5%,如果我国降到 14%,那么每年可节电 200 亿 kWh。

全国有各种风机 700 万台,各种液泵(包括水泵)3000 万台,用电量占总用电量的 30%,如果对拥有量的 45%设备加以改造,将普通调速改成变频调速,平均可节电 20%,每年可节电 145 亿 kWh,最大节电潜力可达 200 亿 kWh。

如果将全国 90%的高耗电电力变压器,改造或更换成节能型电力变压器,每年可节电 50 亿 kWh。

照明占总用电量的 8%,仍有上升的趋势。若将半数白炽灯更换成高效节能荧光灯,则可节电 60%,仅此一项,一年可节电 129 亿 kWh。

全国现有交流电力机车约 5 万辆,城市无轨电车约 4 万辆。如果采用斩波调速可节电 30%,一年可节电 30 亿 kWh。

电化工业,全国如果基本上采用交流节电设备,每年可节电 20 亿 kWh。

全国有 12000 台(100kW/台左右)高频加热炉,如果按节电方式加以改造,每年可节电 12 亿 kWh。

采用电网调峰措施,全国每年有 100 亿 kWh 的节电潜力。

此外,采用生产中的余热回收,利用余热或余汽加热或发电,都可以节约与上述有关项目相当的节电效益。

按以上各项统计的内容分析,若从电气设备本身加以改造,淘汰高耗电产品,采用先进技术,改进电气设备的设计、制造,科学地运行和检修,使用现代科学管理方法等,从工厂到农村,从工地到住宅,从行政部门到专业公司,从领导到百姓,采用行政的(包括科普、宣传、建制),特别是经济的手段,全方位地进行节电工作,每年最低可节电 568 亿 kWh,将有 1000 亿 kWh 的节电潜力,相当于整个三峡工程 2009 年完工时 26 台 70 万 kW 水轮发电机,全年发出的

840 亿 kWh 的电量。

编写本书是为了推动以上目标的实现尽一份力量。

本书精选了近十年来国内外有关节能方面的资料,并结合作者的生产实践,介绍了许多先进的节电技术。

书中所引用的计算,均采用国标工程单位。

由于时间仓促,水平受限,错误难免,深望广大读者提出宝贵意见。

目 录

一、电力变压器的节能	(1)
(一)电力变压器选择	(1)
1. 电力变压器容量选择	(1)
2. 电力变压器型式选择	(4)
3. 电力变压器台数选择	(8)
4. 采用变容型电力变压器	(9)
5. 采用带有负载调节器的电力变压器	(9)
(二)电力变压器运行节能	(11)
1. 电力变压器理想运行负载	(11)
2. 电力变压器理想功率因数 $\cos\varphi$	(12)
3. 降低电力变压器运行温度	(13)
4. 躲过峰载的电力变压器运行	(14)
5. 保持电力变压器三相负载平衡	(14)
6. 减小或消除供电系统的高次谐波	(15)
7. 将电力变压器 Δ 接线改为 V 接线是经济运行重要手段之一	(16)
8. 合理分配电力变压器的负载	(19)
(三)电力变压器检修节能	(21)
1. 铁芯检修	(21)
2. 绕组检修	(21)
3. 电力变压器器身检修	(22)
4. 变压器油路要畅通,油质要合格	(22)
5. 电力变压器烘潮	(22)
二、电动机的节能	(26)
(一)电动机选择	(26)
1. 电动机容量选择	(26)
2. 正确选择电压等级	(28)
3. 选择节能型电动机	(28)
4. 采用新技术	(33)
5. 变速控制电动机的选择	(34)
(二)电动机运行节能	(39)
1. 保证电动机运行环境良好	(39)
2. 保证电动机温升不超过标准	(40)
3. 更换损耗大的电动机	(40)
4. 更换容量大的电动机	(42)
5. 限制电动机的起动次数	(43)

6.减少或消除电动机的空载运行	(43)
7.对三相异步电动机实行静态电容无功功率补偿等措施	(43)
8.电动机轴加飞轮	(44)
(三)电动机检修节能	(44)
1.采用新材料	(44)
2.使用磁性槽楔	(46)
3.电动机常规检修中的节能	(47)
4.检修后的试验与检查	(48)
5.电动机的烘潮	(51)
三、风机和水泵的节能	(53)
(一)风机和水泵两个共同的节能问题	(54)
1.风机和水泵调整方案的选择	(54)
2.减少风机和水泵能量损耗	(61)
(二)风机节能	(63)
1.风机的选择	(63)
2.风机的运行节能	(63)
3.风机的设计和检修的节能	(70)
(三)水泵节能(包括各种液泵)	(73)
1.水泵的选择	(73)
2.水泵的运行节能	(77)
3.水泵的设计和检修节能	(77)
四、空调装置的节能	(80)
(一)空调装置的节能计算	(80)
1.空调通风机容量的计算	(80)
2.热源装置与附属泵容量的计算	(80)
(二)制冷机的具体节能措施	(81)
1.制冷机型式选择	(81)
2.同一制冷机的差别选择	(81)
3.控制及部分辅助设施的差别选择	(81)
4.制冷机的控制	(82)
(三)空调装置和输热(管路)设备节能	(83)
1.减少通风机风量的方法	(84)
2.停止再加热	(84)
3.控制新风量及室外室气供冷	(84)
4.减少新风负载	(84)
(四)空调装置运行和管理节能	(84)
1.广范采用自动控制装置	(84)
2.采用中心控制装置	(85)

3. 运行及维护管理方法	(85)
五、低压电器的节能	(86)
(一) 刀闸开关和转换开关	(86)
1. 选择	(86)
2. 运行和检修	(86)
(二) 空气自动开关	(86)
1. 选择	(87)
2. 运行和检修	(88)
(三) 熔断器	(88)
1. 选择	(88)
2. 运行和检修	(89)
(四) 热继电器	(89)
1. 选择	(89)
2. 整定原则	(91)
(五) 接触器	(93)
1. 接触器容量的选择	(93)
2. 交流接触器的直流运行	(96)
3. 运行和检修	(98)
(六) 电磁铁	(98)
1. 交流电磁铁的直流运行	(98)
2. 运行和检修	(99)
(七) 起动器	(100)
1. 型式的选择	(100)
2. 起动器的运行和维修	(101)
(八) 频敏变阻器	(102)
1. 频敏变阻器的选择	(103)
2. 运行和检修	(104)
(九) 蓄电池节能	(105)
1. 容量的选择	(105)
2. 蓄电池的基本运行参数	(105)
3. 蓄电池浮充电流的最佳计算	(106)
4. 蓄电池的运行和检修	(106)
(十) 信号灯节能	(107)
1. 信号灯的标示	(107)
2. 采用节能信号灯	(107)
六、电焊机的节能	(109)
(一) 合适的容量选择	(109)
1. 弧焊机容量的计算	(109)

2. 电阻电焊机容量的计算	(109)
(二) 合适的型式选择	(110)
1. 根据不同的焊接方法和要求选择	(110)
2. 常用电阻焊机的选择	(112)
(三) 加装空载停电装置, 节约电能	(112)
1. 减少功率损耗, 提高功率因数	(112)
2. 减少电焊机视在功率	(114)
3. 空载停电自控装置的举例	(114)
(四) 电焊机的功率补偿	(120)
1. 单机补偿	(120)
2. 集中补偿	(121)
(五) 电焊机使用节能	(121)
1. 电焊机置放位置	(121)
2. 电焊机的线路长度	(121)
3. 装设地线	(121)
4. 电焊机夹具	(121)
5. 线路线径	(121)
6. 调整功率因数	(122)
7. 满足工艺要求	(122)
(六) 电焊机节能的发展方向	(122)
1. 简述	(122)
2. 电弧焊机的发展	(122)
3. 点焊机的发展	(123)
 七、电炉的节能	(126)
(一) 电阻炉的节能	(126)
1. 正确选择容量	(126)
2. 电阻炉运行节能	(128)
3. 电阻炉检修节能	(128)
(二) 电弧炉的节能	(129)
1. 正确选择容量	(129)
2. 采用节能型电炉变压器	(130)
3. 电极调节	(130)
4. 母线布局要正确	(130)
5. 改进电弧炉短网	(131)
6. 合理使用氧气	(131)
7. 正确选择炉料	(131)
8. 采用炉底出钢的方法	(131)
(三) 感应炉的节能	(131)
1. 正确选择容量	(131)

2. 力求减少能量损耗	(133)
(四) 远红外线加热炉的节能	(134)
1. 容量的选择	(134)
2. 运行节能	(134)
3. 检修节能	(135)
(五) 盐浴炉的节能	(135)
1. 正确选择炉膛尺寸	(135)
2. 正确选择盐浴炉的容量	(135)
3. 正确选择变压器容量及电压等级	(136)
4. 盐浴炉电气的安装和施工节能	(136)
5. 盐浴炉炉体安装和施工节能	(136)
6. 盐浴炉自控节能	(137)
7. 盐浴炉的运行节能	(137)
 八、柴油发电机组的节能	(138)
(一) 柴油发电机组的选择	(138)
1. 机组型式的确定	(138)
2. 发电机电压等级的选择	(140)
3. 发电机励磁系统方式的选择	(141)
4. 机组台数的确定	(141)
(二) 柴油发电机组有关设备容量的选择	(143)
1. 发电机容量的选择	(143)
2. 柴油机容量的选择	(145)
(三) 柴油发电机组的换气量和冷却水量的计算	(146)
1. 换气量	(146)
2. 冷却水	(146)
(四) 柴油发电机组系统的保养	(148)
1. 柴油发电机组的保养	(148)
2. 燃油供给系统的保养	(150)
3. 润滑系统的保养	(151)
4. 冷却系统的保养	(152)
5. 调速系统的保养	(152)
(五) 柴油发电机组作为应急Ⅲ电源	(153)
1. Ⅲ电源供电的方框图	(153)
2. 热备和冷备	(153)
3. 设计施工注意事项	(154)
3. 设备效果	(155)
 九、电气照明的节能	(156)
(一) 电气光源的选择	(156)

1. 电气光源的分类	(156)
2. 不同光源应用于不同场合	(160)
3. 保证光源质量的几个重要指标	(160)
4. 照度的计算和选择	(161)
(二) 镇流器的选择	(168)
1. 电子式镇流器的结构和原理	(168)
2. 电子式镇流器的优点	(169)
(三) 照明器的选择	(170)
1. 照明器的分类	(170)
2. 选择照明器应注意的问题	(170)
3. 照明器的数量和安装高度	(171)
(四) 电气照明的供电	(173)
1. 照明电源	(173)
2. 照明线路系统	(173)
3. 动力线路与照明线路分开供电	(173)
4. 照明供电半径的选择	(173)
5. 照明线路的无功补偿	(173)
(五) 照明的节能控制	(175)
1. 照明的分区控制	(175)
2. 照明的分层控制	(175)
3. 照明的间隔控制	(175)
4. 照明的间插控制	(175)
5. 随机多点控制	(176)
6. 照明的自控系统	(176)
(六) 照明管理	(176)
1. 经常保持照明器的干净	(176)
2. 照明设备随负载变化, 必须适当加以调整	(176)
3. 不断更换新光源和照明器, 不断提高其光电效率	(176)
 十、电力供电线路的节能	(177)
(一) 导线线径的计算	(177)
1. 架空线	(177)
2. 电力电缆	(182)
(二) 变配电所位置的选择	(190)
1. 变配电所的位置应选择在负载中心	(190)
2. 变配电所的设计应考虑发展	(190)
3. 变配电所的设计应考虑安全	(190)
(三) 变配电所负载	(191)
1. 树干式配电方式	(191)

2.放射式配电方式	(191)
3.环形配电方式	(192)
(四)线路电压等级的选择	(194)
(五)电缆的维修节能	(195)
1.电缆的运行	(195)
2.电缆的检修	(195)
 十一、高次谐波的危害、抑制和节能	(197)
(一)谐波产生的原因	(197)
1.稳态谐波	(197)
2.动态谐波	(199)
3.暂态谐波	(201)
(二)高次谐波的危害	(202)
1.对某些重要电气设备造成过大的损耗	(202)
2.高次谐波损坏设备	(203)
3.对高低压供电线路的不良影响	(203)
4.使供电系统电压波形畸变	(203)
5.对自动化系统和继电保护有严重影响	(203)
6.使计算机系统产生误差或失控	(204)
(三)消除高次谐波,减小线路损耗	(204)
1.从电气设备发电方面的抑制	(204)
2.从电气设备负载方面的抑制	(205)
3.静态补偿抑制谐波	(205)
 十二、电力网无功补偿的节能	(213)
(一)功率因数过低对电力网的影响	(213)
1.功率因数 $\cos\varphi$ 过低,电力网无功损耗加大	(213)
2.电力网总容量增大	(213)
3.电压损失加大	(213)
4.发电机温升增高	(214)
(二)无功功率补偿的意义	(214)
1.提高了功率因数,减少了电力网及变压器(或发电机)有功功率损耗	(214)
2.提高了电气设备的输电能力	(214)
3.减小了电力网的电压损失	(214)
4.电网中负载功率因数	(215)
(三)无功补偿的方法	(215)
1.同步电动机	(215)
2.同步补偿器	(217)
3.静态电容补偿器	(217)
4.静态补偿滤波器的运行	(222)

(四)运行和检修	(223)
1. 避免空载和轻载运行	(223)
2. 保持正确良好补偿	(223)
3. 加强运行管理	(223)
4. 改变电动机的接线方式	(223)
5. 加强三相异步电动机的检修	(223)
6. 电焊机空载停电	(224)
7. 加装无功补偿器	(224)
十三、住宅供电及家用电器的节能	(225)
(一)住宅供电	(225)
1. 统一规划	(225)
2. 住宅用电的电源电压等级	(225)
3. 高压系统	(225)
4. 低压系统	(225)
5. 无功功率补偿	(226)
6. 接入漏电保护器	(226)
7. 建立住宅小区供用电管理体系	(226)
(二)家用电器的节能	(227)
1. 家庭照明节能	(227)
2. 电冰箱(或电冰柜)节能	(228)
3. 洗衣机节能	(229)
4. 家用电热器节能	(229)
5. 电风扇的节能	(230)
十四、节能管理	(231)
(一)《电力法》在实践中必将进一步发展和完善	(231)
1. 电网的质量要求	(231)
2. 非不可抗拒的大面积停电和局部停电事故的法律责任和经济损失	(233)
3. 高耗能电气设备的处理和节能电气设备的应用	(234)
4. 节能新技术的应用	(234)
(二)建立有效的节能管理体制	(235)
1. 节能计划	(235)
2. 资金计划	(235)
3. 建立科学的鼓励制度	(235)
(三)电业的节能运行管理	(236)
1. 在电业运行制度中补充节能运行内容	(236)
2. 完善运行人员的职责	(236)
(四)检修电气设备的节能管理	(237)
1. 计划检修	(237)

2. 检修应突出节能内容	(237)
3. 检修与技改密切联系	(237)
(五) 节能的技术改造	(237)
1. 大改与小改相结合	(237)
2. 采用新技术, 利用新产品, 淘汰老产品	(237)
(六) 培训	(237)
1. 制订计划	(237)
2. 培训考试	(237)
(七) 计量与监察	(238)
1. 计量	(238)
2. 监察	(238)
(八) 节能管理中的重要考核指标——电耗的计算	(238)
1. 单位产品电耗的构成	(239)
2. 电耗的计算方法	(239)

附录 产品标准

表 1 旋转电机基础、通用标准目录	(244)
表 2 我国电炉行业现有标准	(245)
表 3 常用物质的相对介电系数	(247)
表 4 常用电工材料性能表	(248)
表 5 常用导电材料的物理性质(一)	(248)
表 6 常用导电材料的物理性质(二)	(249)
表 7 常用物质的导热系数	(249)
表 8 塑料绝缘线安全载流量(A)	(250)
表 9 橡皮绝缘线安全载流量(A)	(251)
表 10 架空线用的各种裸线安全载流量(A)	(252)
表 11 长方形截面的金属排安全载流量(A)	(252)
表 12 金属圆棒安全载流量(A)	(253)
表 13 直接敷设在地下的高压纸绝缘电缆安全载流量(A)	(254)
表 14 地埋线允许安全电流(A)	(255)
表 15 电焊机用橡套软电缆 YHH 型和 YHHR 型规格	(256)
表 16 铅熔丝的额定电流表	(256)
表 17 铜熔丝的额定电流表	(257)
表 18 常用电弧炉的电气设备和导线选择表	(257)
表 19 中频时多芯电缆容许的工作电流($t = 25^{\circ}\text{C}$)	(258)
表 20 铜芯导线及电缆(三相 380V)每 A·km 的电压损失(%)	(259)
表 21 铝芯导线及电缆(三相 380V)每 A·km 的电压损失(%)	(259)
表 22 四种低压熔断器的外形	(260)
表 23 限流型高压熔断器的主要技术参数	(261)

表 24	跌落式高压熔断器的主要技术参数	(261)
表 25	各种电动机特性比较表	(262)
表 26	J、JO、JQ 和 JOQ 系列异步电动机滚动轴承型号	(263)
表 27	JZ 和 JOZ 系列电动机滚动轴承型号	(263)
表 28	J、JS 和 JR 系列电动机滚动轴承型号	(263)
表 29	JRO 和 JSQ 系列异步电动机滚动轴承型号	(263)
表 30	JZ 和 JZR 系列电动机滚动轴承型号	(264)
表 31	ZZ 和 ZZK 系列直流电动机滚动轴承型号	(264)
表 32	Z 系列直流电机滚动轴承型号	(264)
表 33	ZZK 系列放大机滚动轴承型号	(264)
表 34	滚动轴承润滑脂的选择	(265)
表 35	滚动轴承添加油脂的标准	(265)
表 36	注入电动机滑动轴承的润滑油牌号	(265)
表 37	电动机的允许振动	(265)
表 38	电动机的允许温升	(266)
表 39	滚动轴承的允许间隙	(266)
表 40	滑动轴承的允许间隙	(266)
表 41	对轮按全面间隙的允许公差表	(266)
表 42	两对轮平面间隙	(266)
表 43	防爆标志表	(266)
表 44	柴油发电机与燃气轮发电机的比较	(267)
表 45	机组空载能直接起动空载笼型电动机最大容量	(268)
表 46	线路和配电设备与工业管道等设备之间的最小距离(mm)	(268)
表 47	接户线跨越交叉的最小距离	(269)
表 48	户内、户外明线装置的最小截面和距离	(269)
表 49	架空线对地和跨越物的最小距离	(269)
表 50	铁-镍蓄电池的技术数据	(270)
表 51	镉-镍蓄电池的技术数据	(271)
表 52	锌-银蓄电池(单体)的技术数据	(271)
表 53	铅蓄电池电解液配方比参考值	(271)
表 54	镉-镍、铁-镍蓄电池电解液成分	(272)
表 55	锌-银蓄电池的电解液配方	(272)
表 56	镉(铁)-镍蓄电池电解液组成	(272)
表 57	部分低压氧化锌压敏电阻系列表	(272)
表 58	电力电容器	(273)
表 59	交联聚乙烯电力电缆的试验	(274)
表 60	基础型钢安装的允许偏差	(276)
表 61	照明器具、配电箱(盘、柜)安装允许偏差和检验方法	(277)
表 62	盘、柜安装的允许偏差	(277)
表 63	配电屏前后的通道宽度(mm)	(277)

表 64	配电装置室内各种通道的最小净宽(m)	(277)
表 65	允许最小电气间隙及爬电距离(mm)	(278)
表 66	接地电阻的最大允许值(Ω)	(278)
表 67	接地(接零)线焊接搭接长度规定和检验方法	(278)
表 68	钢接地体和接地线的最小规格	(279)
表 69	低压电气设备地面上外露的铜和铝接地线的最小截面	(279)
表 70	钢接地体和接地线的最小规格	(279)
表 71	计算机性能允许的电能参数变动范围表	(279)
表 72	根据房间高度选择探测器	(280)
表 73	感烟、感温探测器的保护面积和保护半径	(280)
表 74	常用家用电器的功率及额定电流	(280)
表 75	电工常用速算方法	(281)

一、电力变压器的节能

(一)电力变压器选择

1. 电力变压器容量选择

(1) 根据电力变压器的最佳负载率

a. 有功最佳负载率

$$\beta_j = \sqrt{\frac{P_K}{P_D}} \quad (1-1)$$

式中, β_j ——电力变压器有功最佳负载率(%);

P_K ——电力变压器空载有功损耗(kW);

P_D ——电力变压器短路有功损耗(kW)。

b. 无功损耗的综合最佳负载率

$$\beta_{jz} = \sqrt{\frac{P_K + K_Q Q_K}{P_D + K_Q Q_D}} \quad (1-2)$$

式中, β_{jz} ——电力变压器的综合最佳负载率(%);

Q_K ——电力变压器的空载无功损耗(kvar);

$$Q_K = \frac{I_K \%}{100} \cdot S_e$$

Q_D ——电力变压器的短路无功损耗(kvar);

$$Q_D = \frac{U_D \%}{100} \cdot S_e$$

$I_K \%$ ——电力变压器的空载电流百分比;

$U_D \%$ ——电力变压器的短路电压百分比;

S_e ——电力变压器的额定容量(kVA);

K_Q ——电力变压器的无功当量,一般取 0.09 ~ 0.10。

c. 如果负载波动较大,则采用最佳平均负载率

$$\beta_{jpx} = \frac{1}{g_i} \cdot \beta_{jz} \quad (1-3)$$

式中, β_{jpx} ——电力变压器的最佳平均综合负载率(%);

$$g_i = \sqrt{\frac{t_1 + \sum_{i=2}^n (\beta_{iz}^2 t_i)}{T}}$$

t_1 ——负载周期波动时最大负载下电力变压器运行的时间(h);