



实用焊接节能技术

贾维国 编著

水利电力出版社

实用焊接节能技术

贾维国 编著

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路8号)

各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 9.375印张 207千字

1991年4月第一版 1991年4月北京第一次印刷

印数0001—5210册

ISBN 7-120-01311-4/TM·368

定价6.15元



内 容 提 要

本书从焊机选型、安装、使用、维护、运行、空载及焊接方式等方面系统地叙述了焊接节电的原理和方法。详细地介绍了焊机选型的原则；焊机安装、保养、使用和维修常识；焊机有关参数的测量及焊接规范；国内优质节能焊机的型号；以及新型焊接设备——逆变式弧焊机、精密切割技术和焊接新技术。

本书可供企业领导者、焊接技术人员、设备制造管理人员以及焊工和电工阅读。也可作为焊工技术培训教材和大中专焊接专业师生的参考资料。

前 言

焊接技术是衡量一个国家工业生产和科学技术发展水平的重要方面。电弧焊是当代最重要的焊接方法，而弧焊机是消耗电能较多的用电设备。因此，焊接生产中的节电是我国节约用电的重要组成部分之一。为了普及焊接生产中的节电知识，积极推广节电措施，在水利电力出版社和陕西省宝鸡市电机工程学会大力支持帮助下，编写了《实用焊接节能技术》一书。

本书从人（焊工）、机（焊接设备）、料（焊条、焊件）、法（焊接方法）、环（焊接的环节及温度）入手，扼要地分析了与焊接能耗有关的诸因素，给出了焊接节电的方法和途径。阐述了焊接节电与焊机选型、焊接方法、焊机运行及焊机空载断电的关系。通过一些数据、图表、资料、经验公式和大量线路，较详细地介绍了焊机选型的原则；焊机安装、保养、使用和维修常识；焊机有关参数的测量及焊接规范；国内优质节能焊机的型号；以及当代先进焊接设备（逆变式弧焊机）、精密切割技术和焊接新技术等。

本书可供企业领导者、从事焊接专业的技术人员、设备管理人员、焊工及电工阅读。也可作为焊工技术培训教材和大、中专院校有关专业的师生参考。

本书请宝鸡电机工程学会秘书长刘忠杰、副理事长夏天元、水利电力部电力建设研究所黄均仁等同志审定，宝鸡电机工程学会理事长杨桂林同志，副理事长陈惠斌同志也对此书十分关注。本书还参引用了有关资料和图表，在此一并表

示衷心感谢。

焊接节电是一个未经充分研究的综合性技术领域，有待进一步探索。限于编者水平，错误和不妥之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

编 者

1990年8月

目 录

前 言

第一章 概述	1
第一节 焊接设备节约用电的意义	1
第二节 焊接生产中存在的问题及节能的途径	5
第二章 弧焊机电能利用率及测定	12
第一节 弧焊机电能利用率及测定	12
第二节 弧焊机功率的测量	19
第三章 弧焊机与功率因数	27
第一节 功率因数的基本概念	27
第二节 功率因数与节电的关系	29
第三节 弧焊机功率因数的测量	31
第四章 弧焊机选型与节电	36
第一节 弧焊机的选择与节约电能的计算	36
第二节 动铁式、动圈式、同体式弧焊变压器结构及性能对比和国内节能焊机介绍	52
第三节 弧焊机的技术改造	61
第五章 焊接方法的节电	73
第一节 手工电弧焊、埋弧焊和气体保护焊的电耗对比	74
第二节 CO ₂ 气体保护焊	85
第三节 埋弧自动焊	98
第六章 弧焊机运行中的节电	107
第一节 弧焊机电缆熔断器开关的选择及焊机的安装	107
第二节 焊接规范与节约电能的关系	119
第三节 弧焊机使用和检修中的节电	132
第四节 并联补偿电容提高弧焊机的功率因数	146

第五节 降低轻载弧焊机电耗的措施	150
第七章 弧焊机空载自动断电装置	154
第一节 弧焊机加装空载自动断电装置的意义	154
第二节 空载自动断电装置的原理及元件的选择	157
第三节 弧焊变压器空载自动断电装置	159
第四节 直流弧焊机空载自动断电装置	182
第八章 逆变式弧焊机	192
第九章 火焰精密切割技术	206
第十章 焊接新技术	231
第一节 电渣焊	232
第二节 等离子弧焊接与切割	237
第三节 真空电子束焊接	242
第四节 激光焊接	247
第五节 摩擦焊接	251
附录一 各种符号所代表弧焊机的名称	256
附录二 常用弧焊电源的主要技术数据	261
附录三 常用电焊条使用简明表	273
附录四 手工电弧焊接规范参数	278
附录五 国外逆变式弧焊电源主要技术参数	285
附录六 弧焊机常用电气元件简表	288
参考文献	292

第一章 概 述

第一节 焊接设备节约用电的意义

众所周知：能源是国民经济的重要物质基础。要保证国民经济的发展，就必须加强能源开发，减少能源消耗。

电力是一种应用广泛，使用方便，清洁易控的能量形式，又叫二次能源。1989年我国发电量已达5820亿 kW·h，但是，我国电能供应还相当紧张，满足不了工农业生产和人民生活用电的需要。为了缓和我国电力供应的紧张局面，应坚持开发与节约并重的方针，并且把节约用电放在优先发展的地位。同时，节约用电直接关系到企业的经济效益和广大人民日常生活。因为节约电能，降低单位产品的电耗，就可以减少电费开支，从而降低生产成本。所以节约用电，无论对国家、对单位、对个人都具有重大意义。因此，国务院关于加强工业企业管理若干问题的决定第四条指出：必须“认真搞好节能降耗工作”。

焊接是工业生产的一种主要加工形式，它是把电能转换成热能而施焊成型的。目前，世界上钢结构零部件组装主要是焊接。焊接结构产量是衡量一个国家焊接技术应用是否广泛的一个重要标志。据统计，目前世界钢产量45%应用于焊接结构。根据预测，1990~2000年世界钢产量与焊接结构用钢量如表1~1所示。

1979年我国机械制造业中，焊接产品生产厂家有3000多个，年产焊接件为0.09Mt，约占全行业钢材消耗量的22%。

表 1-1 1990~2000年世界钢产量与焊接结构用钢量

年 度	世界钢产量 (Mt)	焊接结构用钢量 (Mt)
1990	1250	545
2000	1500	650

焊接设备种类很多，目前世界已有4000多种。每年生产焊接设备超过100万台。如果以每万t钢所占有的焊机台数来衡量一个国家焊接技术水平高低的话，那么，美国、日本、苏联的钢产量和焊机台数比如表1~2所示。

表 1-2 几个国家钢产量与焊机台数比

国 别 (a)	美国(1981)	日本(1980)	苏联(1979)	平 均
焊机台数/万 t 钢	27.8	15.7	20.5	21

我国焊接设备的生产已具备相当的规模。1983年我国焊机有20类、40个系列、50个品种、312个规格。据不完全统计，我国拥有各类焊机70万台，其中手工电弧焊机为63万台。我国焊机生产现状及构成比如表1-3所示。

根据有关资料预测，2000年我国钢产量为7000万t，如果那时我国每万t钢的焊机台数达到美国1981年水平的话，那么，我国焊机年产量将达到20万台，焊机总产量将直线上升，焊接设备将遍及城乡每个角落。表1-4给出我国弧焊机产量的预测：

弧焊机是消耗电能较多的焊接设备。据日本1980年有关资料报导，1978年日本拥用弧焊机151万台，使用量为90万

表 1-3 我国焊机生产量及构成比

年度 (a)	焊机台数 及构成比	直流弧焊机(台)		弧焊变 压 器 (台)	自动、半自动 气体保护焊机 (台)	电 阻 焊 机 (台)	特 种 焊 机 (台)
		直流弧焊 发 电 机	弧焊整 流 器				
1981	49548	14070		28174	1981	5119	244
		13143	927				
	100%	28.4%		56.9%	4%	10.3%	0.4%
		26.5%	1.9%				
1982	65431	17040		41682	1936	4511	264
		15736	1674				
	100%	26%		63.7%	3%	6.9%	0.4%
		23.4%	2.6%				
1983	174014	20869		46671	2275	3925	274
		18201	2688				
	100%	28.2%		63%	3.1%	5.3%	0.4%
		24.6	3.6%				

表 1-4 我国各类焊机产量预测

预测 产量 焊机名称	年 份(a)	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	2000
弧焊变压器		5.00	5.26	5.50	5.70	5.86	6.00	6.50	5.60
弧焊整流器		0.70	1.12	1.56	1.43	2.26	2.50	3.20	3.60
自动、半自动焊机		0.40	0.60	0.83	1.08	1.34	1.60	3.20	6.00
总 产 量		8.947	9.684	10.421	11.15	11.895	12.632	16.316	20.00

台（其中手弧焊机70万台），全年用于焊接所消耗的电量约为 $64.8 \times 10^8 \text{MJ}$ 。此数值占日本九个电力公司年发电量 $15224.4 \times 10^8 \text{MJ}$ 的 0.4%。初步统计，我国拥有弧焊机约70万台，其中手弧焊机产量占90%，63万台，估算其耗电量约为 $45.36 \times 10^8 \text{MJ}$ ，约占我国80年代初总发电量的0.4%。如果将自动、半自动焊机、各种电阻焊机及特种焊机所消耗的电能统计在内，那么我国每年焊机所消耗的电量大约需要 $54 \times 10^8 \text{MJ}$ 。由此可见：焊接设备确实是我国耗电大户。

目前，世界各国都在探索和研究焊接节能这一课题。我国能源供应还相当紧张，理应把此问题摆在重要位置，提到议事日程上来。由于我国焊接生产效率较低，焊接工艺还比较落后，焊接设备的机械化、自动化水平还不高，因此，焊接节能的潜力很大。如果全国都在焊接生产中推广节能技术，那么从1985~1990年，全国焊接设备累计可节电 $74.0268 \times 10^8 \text{MJ}$ ，节约资金2.36475亿元，1991~1995年累计可节电 $262.9116 \times 10^8 \text{MJ}$ ，节约资金8.3985亿元，这是相当可观的数目。其次，花费较小的投资，把落后的焊接设备改造成节能的新设备，或者给焊机加上辅助装置，扩大焊机功能既可达到节电的目的，同时也可提高焊机的功率因数和使用安全性，这对公网和焊工都十分有益。再者，通过焊接节能工作的普及，使焊工自觉地执行焊接规范和工艺规程，对其素质的提高也是十分有利的。因此只有从事焊接工作的全体人员，焊接设备管理人员、维修人员及工厂的领导者，都重视焊接节能工作，并且有相当数量的人员掌握焊接节能技术和方法，那么，焊接节能工作一定会迈出较大的步子，取得更大的效果。

第二节 焊接生产中存在的问题及节能的途径

从焊接机理来看，无论是熔焊或压力焊，无论是填加焊材或靠母材形成焊缝，无论是以整体同时或连续周期地加热施焊均属电、热能量转换。在这个转换过程中，操作者、焊接设备、焊接方法具有十分密切的联系。

焊接节能就是从事焊接工作的全体人员，同心协力把焊接设备的选型和焊接方法，焊接规范及焊机运行有机地结合起来，选择最佳方案，相互反馈，建立起从焊接设备运行管理，焊工正确操作的保证体系，从而用最少的电能，生产出高质的焊接产品。因此，焊接节能要从人（焊机操作者）、机（焊机）、料（焊条、焊件）、法（焊接方法）、环（焊接中各个环节及温度）入手，深入地解决焊接节能与焊机选型、焊接方法、焊机运行、焊机空载断电的关系。由于客观上不存在“为节能而节能”的焊接设备。因此，寓节能于设备使用 and 产品质量之中，把与焊接有关的诸因素控制起来，实现焊接节能、生产效率、产品质量的高度统一。

一、焊接生产中存在的问题

1. 使用的焊接设备性能差

目前，我国使用的焊接设备，大多属于五六十年代的产品，设备性能差、耗电多、燥声高、维修复杂。一些先进的节能设备如性能优良的弧焊变压器、弧焊整流器、逆变式弧焊机仅仅小范围使用，而大多数企业仍然使用耗电量高的直流弧焊发电机。

从焊机生产厂家来看，我国焊机生产的品种构成比不合

理。例如：1981年我国生产的焊机中，弧焊变压器占59.6%、弧焊整流器占1.9%、直流弧焊发电机占26.5%，这三大焊机占焊机总产量的85.3%。自动、半自动焊机占4%，电阻焊机占0.4%。而美国1987年生产的焊机中弧焊变压器占18.9%、弧焊整流器占22.1%、直流弧焊发电机占15.9%、电阻焊机占20.9%。日本三大焊机虽在数量上也占80%，但在产值上仅占焊机的39%。通过比较就不难发现我国焊机构成比的不合理性。我国通用焊机不仅数量很大，至今直流弧焊发电机仍占直流焊机的绝大部份。而国民经济急需的，能大幅度提高焊接质量、节能、高效的气体保护焊机、埋弧焊机、摩擦焊机、电渣焊机和等离子弧焊机等却很少。这一问题应该引起有关部门的重视，使焊机生产构成比趋于合理，那么，焊接节能工作将会有新的起色。

2. 常规焊接工艺水平不高

我国焊接工艺较为落后，一些常规的焊接技术如自动埋弧焊、CO₂气体保护焊等，在我国还没有广泛使用。目前，国外焊接技术仍以熔化焊为主，用量较大的是手弧焊、气体保护焊和埋弧焊。其中埋弧焊有双丝、三丝、单面焊双面成型、填加铁粉和热丝等工艺。采用这些焊接方法可大大节约电能和提高生产效率。我国一些企业虽已掌握了埋弧焊新技术，但应用面不广。在气体保护焊方面，我国应用水平与国外差距较大，其焊丝品种少，产量低，CO₂气体不纯，来源不足，以及CO₂焊机产量少，质量较低等问题，都在一定程度上影响了CO₂气体保护焊的推广使用。

3. 焊接机械化自动化水平较低

目前，国外焊接机械化、自动化水平较高。日本1982年焊接机械化水平已达48%，苏联1983年已达56%，美国从

1978年以来焊接机械化水平一直保持在50%以上。而我国焊接生产中90%以上仍然是手弧焊，机械化、自动化水平很低。国外焊接辅助装备机械化水平也较高，这些装备都具有较先进的控制系统，很高的生产效率和较低的电耗。而我国除了几个焊接厂零星的生产一些辅助装备外，尚没有专门的生产厂家。焊接生产自动线在国外应用已较为普遍，苏联1975年已有600多条焊接生产自动线，我国仅有几十条焊接生产自动线，与国外相比数量少、水平低。

4. 管理工作薄弱

目前，尚有不少企业焊接设备的管理工作比较薄弱。表现为用电无计划、消耗无定额、考核无指标，焊机的有效利用率偏低，输入容量较大，“大马拉小车”现象普遍存在。无功补偿及焊机空载断电装置难以推广使用，一些性能差、电耗大的设备照常运转无人问津，维修环节又十分薄弱，往往是设备不坏尽管干，电能浪费惊人。

5. 焊工素质不高

我国从事焊接工作的是一支近百万人的庞大队伍，就整体而言，这支队伍的素质不高。表现为焊接基础知识和理论水平较差，焊接操作水平偏低，合格人员少、技术人员缺。工程建设单位把焊接人员状况概括为“先天不足”和“后天失调”，不少焊工只能勉强维持日常工作。

综上所述，我国焊接节能的潜力还是相当大的，只要有关部门、企业领导者和从事焊接工作的有关人员都意识到这个问题，那么，焊接节能工作将会取得较大的进展。

二、焊接节能的途径

1. 采用新技术选用新材料

近年来新技术、新材料在焊接设备的研制中，得到了广

泛的应用，取得了显著的节能效果，应大力推广。例如：采用先进的可控硅逆变器或晶体管式弧焊电源，其节电效果是异常明显的；在熔焊中采用重熔型电子束焊接、窄间隙电弧焊、电渣焊，比一般弧焊在截面尺寸及热输入上都有数倍乃至数十倍的差异；特种摩擦焊、磁力旋弧焊、贮能螺柱焊的节电效果也相当不错；在焊条生产线使用链式带状烘烤炉，施工现场使用的焊条烘烤箱，以及在焊件预热装置中采用硅酸铝纤维作保温耐热材料，并采用远红外发热元件，可以大量减少电热损耗，取得节电20%~30%的良好效果；参考国外经验，研制和生产各类新钢种的配套焊接材料，适合特种位置和场合施焊的高效节能焊条，适合我国资源的焊条配方也有较好的节能效果；用火焰精密切割技术代替一般氧—乙炔火焰切割，不仅可取得显著的节能效果，而且又能实现“以割代削”缩短工时，提高产品质量的目的。

2. 重视焊机的选型

俗话说：“手巧不如家什妙”。焊机是焊接生产中至关重要的设备，它对焊接质量和电耗起着决定的作用。因此，必须从节能的观点对弧焊机进行认真的研究，对耗电因素一一考虑。由于：

$$Q_s - \eta_m Q_m - \eta_m Pt = \eta_m \times 0.24 V_s I \cos \varphi t \quad (1-1)$$

式中 Q_s ——焊机输出容量 (kW)；

η_m ——焊机电效率 (%)；

Q_m ——焊机输入容量 (kW)；

P ——焊机有功功率 (kW)；

I ——焊接电流；

$\cos \varphi$ ——焊机功率因数；

t ——焊机有效焊接时间 (s)。

因此，在焊机输出功率不变的条件下，提高焊机本身效率，降低其有功输入；提高功率因数，降低无功功率；提高生产效率，降低工时都具有直接的节电效果。所以重视焊机的选型，选择那些输入功率小、电耗低、功率因数高的焊机，是十分重要的。

3.大力推广弧焊变压器代替直流弧焊发电机

弧焊变压器由于施焊成型没有直流弧焊发电机成型好，在结构钢的焊接中它的使用受到限制。但是由于弧焊变压器结构、性能、电耗等指标均优于直流弧焊发电机。因此，推广弧焊变压器，在不是非常重要的结构钢焊接生产中以弧焊变压器代替直流弧焊发电机是重要的节能措施。另一方面改进弧焊变压器的结构性能和焊条性能，假如使所有弧焊变压器都使用结506焊条施焊的话，那么无论对节电还是对节省原材料都是一项非常重要的措施。大力推广性能较好的弧焊变压器，例如一台高性能的矩型波弧焊变压器，由于大大提高了电弧动态燃烧特性，可用低轻碱性焊条施焊，节电效果十分显著。而某些开发中的节能焊机，如逆变式弧焊机，也具有显著的节电效果，应大力推广。

4.大力推广自动焊接技术

自动焊节电效果是相当显著的，在焊接生产中应尽量采用。当前应推广自动或半自动CO₂气体保护焊。首先推广联合设计的NBC系列普及型半自动CO₂气体保护焊机；推广窄间隙MIG焊和窄间隙埋弧焊；推广对自动化程度和节电有重要作用的焊接辅件。如一台自动焊机，若加装必要的变位器，滚轮胎架或自动操纵台，可以大幅度提高劳动生产率，其节能效果也相当显著。焊机的功能延伸在某种意义上讲也起到了自动焊的作用。如手弧焊兼半自动焊、氩弧焊，

埋弧焊兼气体保护焊，及电焊兼电弧切割、气刨等，既可扩展功能，充分利用设备，又能达到节电的目的。

5. 采用先进的接焊方法

焊接方法不同，其熔敷相同金属所耗用的电能是不同的，节电效果也是不同的。实践证明：埋弧焊和气体保护焊与手弧焊相比，前者生产效率高，节电效果相当明显，应大力推广。

6. 减少弧焊机空载损耗功率

弧焊机空载损耗功率比较大，国外也十分重视采取减少焊机空载损耗的措施。实践证明：加装空载自动断电装置，既可节电，又能提高焊机功率因数和预防触电事故的发生，一举多得应大力推广。

7. 采取措施，减少弧焊机运行中的电耗

弧焊机运行中的电耗要比空载损耗大几十倍，所以应千方百计降低弧焊机运行中的电耗。为此，要控制焊机安装、使用、维修、焊接规范等环节。如：正确选择焊接规范，并联电容补偿无功，减少轻载运行焊机的电能，控制焊机的温升等等。

8. 对电耗大的焊接设备进行技术改造

目前现场使用的焊接设备中有不少电耗是相当大的，降低电耗唯一的办法是通过技术改造和技术革新，使这些设备性能得到改善。例如：使用量较大的直流弧焊发电机改制为可控硅他激励磁的弧焊电源，其节电效果相当不错；如使用交直流两用低氢型碱性焊条（结506）施焊要求弧焊变压器的空载电压要在70~75V以上，才能保证电弧稳定的燃烧。而目前大多数弧焊变压器还达不到这个要求，因此可以通过技术改进来实现。把BX₁-330型弧焊变压器次级绕组重绕，