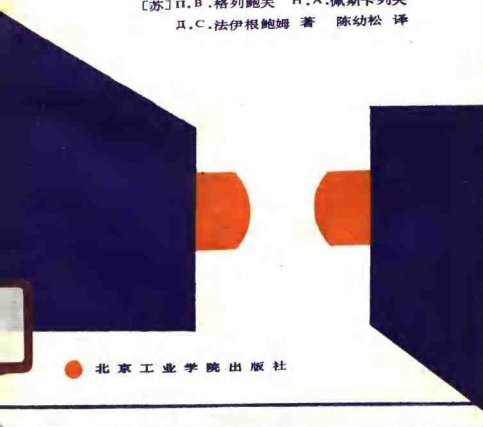


接触焊机的 构造和 计算

[苏] П. Б. 格列鲍夫 H. A. 佩斯卡列夫

И. С. 法伊根鲍姆 著 陈幼松 译



● 北京工业学院出版社

内 容 简 介

本书全面介绍各类接触焊机,即电阻焊机(点焊、凸焊、缝焊、对焊机)机械部分(包括气压和液压系统)和电气部分(包括控制电路)的工作原理、构造类型、各种零件和部件的计算方法。

本书反映了苏联直到八十年代为止在本领域的新成就。对电容式焊机、次级整流焊机等作了较详尽的介绍。对多电极焊机和焊接机器人亦列有专章介绍。书中列举的各种计算方法和有关技术数据具有较大的实用价值。

本书对研制及设计新焊机、改造旧焊机、透彻掌握和合理使用现有焊机,均有参考价值。可供在电焊机制造、航空与空间工业、汽车、家用电器、农业机械、火车车厢制造、建筑、电子器件连接等行业中从事接触焊工作的技术人员以及各类学校焊接专业师生使用。

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАШИН КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

Л.В.ГЛЕБОВ Н.А.ПЕС КАРЕВ Д.С.ФАЙГЕНБАУМ

接触焊机的构造和计算

(苏) 格列鲍夫等 著

陈 幼 松 译

*

北京工业学院出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京工业学院印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 18.25印张 406千字

1988年6月第一版 1988年6月第一次印刷

ISBN 7-81013-037-4/TB·5

印数: 1-3,000册

定价: 3.00 元

译 序

根据世界各国多年来统计资料表明,接触焊(电阻焊)在整个焊接中所占的比重,约为25~30%。但由于接触焊使用的设备复杂、需用功率大,使我国长期以来接触焊的应用受到限制,远远未能达到所应占的比重。近年来,随着工业生产的发展和电力供应的改善,接触焊的应用也日益普及。

接触焊的特点就是工艺同设备紧密相关,不仅设备的好坏直接决定焊接质量,而且许多工艺问题的解决,最终也要通过设备来实现。因此,解决设备方面的问题,便成为发展接触焊事业的首要任务。但是,我国多年来未出版过接触焊设备方面的专著,给从事接触焊设备工作的人带来许多不便。

苏联 Л.В.格列鲍夫等人所著的《接触焊机的构造和计算》第一版于1968年出版,当时我国未曾引进。但此书屡为许多有关专著、文献所引用。

最近,作者对本书作了较大的补充和修改,于1981年底出版了第二版。本译本即根据第二版译出。

本书的特点在于:第一,基本上反映了苏联在接触焊机方面的新成就,如对次级整流焊机、大型及中型电容式焊机等均作了较详尽的介绍;第二,针对接触焊机的专门问题作了较深入的介绍,如机械部分的强度计算、电气部分的各种计算等;第三,本书作者长期从事焊机设计、生产和科研方面的工作,具有较丰富的实践经验。但是,由于苏联的电子技术、计算机技术的水平不及西方国家,因此在控制电路、焊接机器人等部分所介绍的内容,并不是国际上最先进的。

我国现有的许多接触焊机是苏制的、仿苏的或者是在此

基础上改进的。而当前实现机械工业产品改型换代、要求机械工业技术改造先走一步，已成为迫切任务。因此，本书对研制和设计新接触焊机，以及对改造旧接触焊机、充分发挥现有接触焊机的作用，将会有所帮助。

在翻译中发现的原文错误，大量属于明显的排版错误，对此，译者直接予以改正而未加译注。至于涉及实质性的错误，则在改正之后另加译注，其中缺乏足够根据予以改正的，则仍按原文译出，但将疑点在译注中说明。

由于译者水平有限，译文中难免有不妥、错误之处，欢迎读者批评、指正。

陈幼松

于北京工业学院

序 言

自从《接触焊机的构造和计算》一书第一版于1968年出版以来，接触焊又获得进一步的发展，并已广泛地用于各种工业部门和运输工具的制造中。

目前，已掌握并开始成批生产了各种新型的接触焊设备，主要的有次级整流的接触焊机、大功率电容式点焊机、双变压器的凸焊机、以及用于不同工业部门的多电极焊机系列，使得大量生产中各种工件制造的劳动量明显降低。

自动流水线也得到进一步的发展，在流水线上，包括半成品的成形及其随后的焊接在内的各种工艺工序，都被结合在一起。

已经制成了各种类型的自动机和半自动机，在这些设备上，借助于接触焊使由平板状及圆棒状半成品制成的各种工件的制造过程，实现了完全自动化。

把半成品的成形及其随后焊成成品的有关工序结合在一起，使得在各种工业部门中使用的大量组件和零件的制造，可以大大提高其劳动生产率和明显降低其制造劳动量。

为了提高焊接质量和减轻工人的繁重体力劳动，导致在工业中制成并应用各种类型的机器人，它既能完成装配、搬运工序、又能完成焊接工序。

接触焊机的控制设备，同样得到进一步的发展和完善。以各种类型的逻辑元件、集成电路和微型计算机为基础，制成了新型的各种焊接循环调节器和控制箱，用以控制成套的焊接流水线和自动机，这不仅使控制设备本身，而且使接触焊用的所有设备，都能明显地提高其工作的精确性和可靠

性。

新型的接触焊设备首先应该解决的问题有：提高劳动生产率、降低设备的金属消耗量、延长焊机使用寿命、改善焊机的技术经济指标等。在这里，还要考虑焊机用在流水线中的可能性。

在研制新型接触焊机时，应使其相应参数按所希望的数列改变，保证焊接的各种参数按要求的规律提高，而且能相互衔接。

由于在工业中实现生产的综合机械化和自动化、迅速地降低手工劳动的比重方面存在着大量的工作，便提出制造新型的用于流水线的接触焊机、以及制造通用的组件和零件（压力传动机构、电极卡头、焊接变压器等）等任务，用这些通用的零、组件，机器制造厂可以自己装配所需要的焊机，并直接把它安装在流水线上。

总结苏联及国外电焊机制造工业在制造新型现代化焊接设备方面的经验，将有助于上述任务的解决。这些经验将在本书中得到介绍。作者们在本书中利用了苏联生产焊接设备的主要企业、即电工（Электрик）工厂的多年工作经验，以及 Е.О.帕统电焊研究所、全苏电焊设备研究所的成果，也利用了其他国家的企业和研究所的经验和成果。

在《接触焊机的构造和计算》一书的第二版中，对原有的内容作了补充和修改，增加了有关接触焊机主电力电路计算、多电极焊机和流水线、焊接机器人、接触焊机变压器浇铸绝缘的机械强度计算等方面的章节，还介绍了接触焊设备的技术经济指标方面的问题，反映了现代接触焊机计算和设计领域方面的最新成就。

本书的第一、二、五、六、七、九章由 Л.В.格列鲍夫

撰写，第三、四章由H. A. 佩斯卡列夫撰写，第八章由П. C. 法伊根鲍姆撰写，第十章由П. B. 格列鲍夫和H. A. 佩斯卡列夫共同撰写。

作者

目 录

第一章 接触焊机概述

1-1 各种类型焊机的应用范围.....	1
1-2 各种接触焊机的分类.....	3
1-3 工作状态.....	5
1-4 对接触焊机的技术要求.....	6
1-5 接触焊机的技术经济指标.....	12
1-6 焊机供电方式和工艺能力.....	17
1-7 接触焊的工作工具.....	24

第二章 接触焊机机械部分工作原理

2-1 概述.....	27
2-2 接触焊机的机座和床座.....	28
2-3 接触焊机的压力传动机构和导向装置.....	32
2-4 对焊机的夹钳.....	37
2-5 缝焊机滚盘的转动传动.....	41

第三章 接触焊机机械部件的构造和计算

3-1 螺纹接头.....	43
3-2 焊接接头.....	57
3-3 克罗斯法及其在接触焊机床座计算上的应用.....	68
3-4 多点焊机MTM-50和MTM-58及其床座.....	84
3-5 虚力原理及其用于寻求变形.....	90
3-6 焊机支架的计算.....	105
3-7 MBIII 6301-2缝焊机.....	116

第四章 接触焊机的气压和液压传动机构

4-1 接触焊机的气压传动机构.....	122
4-2 接触焊机的液压传动机构.....	144

第五章 接触焊机主电力电路的计算

5-1 概述.....	164
-------------	-----

5-2	单相交流接触焊机焊接电流和特性的计算	165
5-3	单相交流焊机用相对单位表示的各种特性曲线	171
5-4	带引燃管或可控硅断路器的单相接触焊机的焊接电流计算	175
5-5	单相接触焊机焊接变压器一次和二次额定电压的计算	181
5-6	多变压器焊接零件时焊接电路的计算	192
5-7	电容式焊机主电力电路的计算	195
5-8	次级整流焊机主电力电路的计算	207
5-9	通过可控整流元件控制角调整焊接电流时接触焊机功率因数的计算	224

第六章 接触焊机二次回路的计算

6-1	概述	227
6-2	接触焊机二次回路的构造	227
6-3	二次回路的截面和加热的计算	232
6-4	二次回路阻抗的计算	250
6-5	二次回路电阻的计算	253
6-6	趋表效应系数的计算	258
6-7	接触接头的电阻计算	266
6-8	零件电阻的计算	271
6-9	二次回路感抗的计算	287
6-10	双向电缆和芯子分开的双芯导线自感系数的计算	298
6-11	机座铁磁物质对回路电阻和电感的影响	303
6-12	焊件磁性物质对回路电阻和感抗的影响	316
6-13	非工频时的二次回路阻抗	322
6-14	二次回路导电元件上的电动力计算	324
6-15	滑动触点的计算	329
6-16	次级整流接触焊机主电力整流部件的计算	343

第七章 接触焊机变压器

7-1	变压器的构造特点	367
7-2	变压器的磁路系统	368
7-3	变压器绕组	370
7-4	变压器 次绕组连接方案	373

7-5	不同调整方案时变压器一次绕组函数 在各级间分配的计算	378
7-6	单相变压器的计算	381
7-7	接触焊机特殊变压器的计算	423
7-8	变压器各种组件的机械强度计算	432
第八章 接触焊机的开关装置和控制设备		
8-1	概述	449
8-2	开关和断路器	452
8-3	控制设备的元件	470
8-4	焊接循环调节器	478
8-5	电容式焊机的电路	488
8-6	直流(次级整流)焊机的电路	506
8-7	电路的构造元件	514
第九章 多电极焊机及流水线		
9-1	概述	521
9-2	多电极焊机和流水线的技术经济指标	524
9-3	焊机的生产率 and 暂载率 JB 值的计算	529
9-4	焊件的馈电	532
9-5	多电极焊接时焊接电流的计算	539
9-6	焊机的构造元件	545
第十章 焊接机器人		
10-1	概述	550
10-2	焊接机器人的构造特点	551
10-3	机器人的控制系统	558
10-4	机器人研制的技术经济依据	565
参考文献		568

第一章 接触焊机概述

1-1 各种类型焊机的应用范围

接触焊机指的是一大门类的电焊设备，它们用于对板材及型材制成的工件进行不同形式的点、凸、缝、对等接触焊。

现代的接触焊机在许多情况下是一种复杂的装置，在该装置上除了要进行某种形式的接触焊外，还要进行大量的与焊件成形、焊前装放及对中、去除毛刺等有关的以及其他的工序，使得在大量生产中制造各种部件和零件的过程可以完全自动化和机械化。

所有这一切使得接触焊在各种工业部门中的应用范围明显地扩大，而且能够在提高劳动生产率的同时制成新的配套的电焊设备，它把不同的工艺过程——冲压、锻粗、弯曲、切割及其它结合在一起，并把制造某工件要求的各种接触焊机放在一条流水线上，这些焊机是制造该工件采用的所有接触焊方法所必需的。

接触焊可以焊接各种材料——低碳钢、不锈钢、铝基轻合金、某些牌号的青铜、钛及其合金以及一系列其他材料制成的零件。由于焊接接头质量好而且生产率高，接触焊在各种工业部门中获得广泛的推广，首先在大量生产的部门——汽车制造、农机制造、航空产品制造、运输机械制造、建筑业及运输业中得到推广。

某种类型接触焊机的应用范围同焊件结构、生产规模以及企业提供电力的能力有关。

接触点焊机获得最为广泛的应用。在制造板材结构的零

件时，在焊接钢筋混凝土的钢筋时，接触点焊获得广泛应用。由于点焊用途广，而且要用于焊接结构各不相同的部件和零件，所以接触点焊机具有不同的结构形式和宽广的功率范围。目前，类型繁多、结构不同的通用固定式焊机和悬挂式焊机被广泛地用于点焊。在大量生产中，特别在汽车制造、农机制造和建筑工业中，广泛地采用各种类型的多电极焊机和流水线，它们把焊接及装配工序结合在一起。

在大量生产中，除点焊外还大量应用凸焊。凸焊的固有特点以及需要在焊件上制成专门的凸点，限制了凸焊只被用于要求高生产率场合、以及当焊点紧靠在一起难以用点焊进行焊接的场合。通常，凸焊机为通用的，它通过利用相应的夹具焊接各种结构的零件。在多电极焊机上，由于某种原因难以或者不可能用点焊焊接零件时，也采用了凸焊。凸焊主要用于焊接低碳钢零件。

接触缝焊机用于需要焊接强密焊缝零件的各种生产部门中。因为缝焊是由点焊演变而来，所以所有可用点焊焊接的材料也都可以缝焊。接触缝焊机的构造形式极其繁多，它们被用以焊接各种部件和零件，也被用在包括进行金属机械加工、热处理和化学处理的流水线中用以把各个扁钢焊成连续的带材。也可以用多缝焊机缝焊电冰箱的柜子以及其它零件，如要求强密焊缝的暖气片。

接触对焊广泛地用于各种生产部门，特别是工具制造和锅炉制造，还用于制造钢筋混凝土的钢筋和铺设传输管道及铁路干线。在管子生产和金属轧制的流水线上也广泛地应用对焊。不同对焊机可以焊接由各种牌号的钢、轻合金、钛及其它金属制成的外形各异的许多零件。

可焊截面范围宽、可焊材料种类多、无论在大量生产还

是单件生产中都要求具有高的生产率和效益，使得现有的各种对焊机结构上差别极大并具有不同的功率。

除了通用对焊机能够焊接截面从零点几平方毫米至40000毫米²种类繁多的焊件外，还有各种构造不同的对焊机工作在不同流水线上，在流水线上除了焊接外，还要完成焊前的零件装放和对中、零件的弯曲和其他成形，以及焊后的去除毛刺。

最近几年，在大量生产中开始广泛应用各种构造的机器人。机器人可以完成各种部件和零件生产中的焊接工序以及搬运工序。机器人同接触焊机或流水线关系密切，在许多情况下往往就是它们构造中的一部分。在接触焊机的构造中或在流水线中加入机器人，将改变接触焊机这一概念。通过机器人能够实现焊件的定位、焊点的正确放置、保证需要的生产率和焊后进行检验。

1-2 各种接触焊机的分类

尽管接触焊机的类型和构造特点千差万别，但都可以根据一系列与其有关的特征进行分类。

根据焊接方法分，有点焊机、凸焊机、缝焊机和对接焊机。

根据压力传动性质分，有杠杆式、弹簧式、螺旋式、电动式、气动式和液压式传动。在个别情况下可以联合使用几种传动方式，例如气液压传动。

根据电源性质分，有工频电网的单相或三相电源，有低频或高频电网的单相或三相电源，还有储能于磁场、电场、电池组或旋转体的储能电源。

根据焊接过程控制性质分，有非自动的、自动的以及可

编程序的焊接循环。

根据焊机安装方式分，有可动式、悬挂式和固定式的焊机。

根据用途分，有通用式和专用式焊机。

根据所完成工序的种类分，有只进行焊接的，兼有装配和焊接工序的，以及综合的，即包括焊件的制造和成形在内的。

根据焊接脉冲形状分，有交流的，交流但开始及结束时波形可调幅的，低频的，次级整流的，脉冲的以及在焊接过程中脉冲形状可变的。

在每一大类中，根据焊接的某种特征，还可以将焊机进一步分成若干小类。例如，根据同时焊接的焊点数、电极运动的特点或者往焊件馈电的方式，还可以将点焊机及凸焊机进行分类。而缝焊机则可根据焊接方式、焊缝所处位置、工件在焊接过程中移动的特点或电极（滚盘）传动的特点进一步细分。至于对焊机，则可根据焊接方式、床架构造、往焊件馈电的方式或其他许多诸如此类的特征进行细分。

上述分类只能根据主要特征而不可能对接触焊机实际构造的所有差异都一一予以考虑，对专用焊机尤其如此。但是，有了分类就有了依据，使得表示不同类型接触焊机的符号有明确的含义。在苏联采用的接触焊机符号表示方法中，第一个字母(A、M)表示产品的性质，是自动机、配套装置①、还是一般焊机。第二个字母(T、Ш、C、P)表示焊接方法，是点焊、缝焊、对焊、还是凸焊。第三个字母(B、M、K)表示焊机进一步的特征，是次级整流的、多电极（多点或多缝）的、还是电容储能的。在个别情况下采用第四个字母

①自动机和配套装置均用字母A表示。——译者

母(P)，着重指出焊接电极运动轨迹为弧形的。在字母符号之后接以半字符，紧跟着的头两位数字表示额定焊接电流值、单位为千安，后面两位数字表示型号的编号。最后两个符号（字母和数字）表示产品的构造形式和等级。除了使用上述符号进行表示的方法外，许多厂家还采用其他的数字或字母符号进行表示的方法，这时，每一个数字根据约定可以表示焊机的某个参数的情况。

1-3 工作状态

接触焊机系在特殊条件下进行工作的，这种条件由所用焊接方法的工艺决定。但是所有类型的接触焊机也有共同点，这是因为接触焊时都要把要焊的零件放好、焊接、焊后使焊件维持在压力作用下、取出零件以及进行其他工序，所以都要不断地交替接通和切断焊接电流。在这种工作状态下，有规律地交替出现工作时间（接通焊接电流）和休止时间（切断焊接电流），故称之为重复短时工作状态（规范）。

重复短时工作状态的特点可用焊接时间 t_{CB} 对整个循环时间 t_H 的比值来表示， t_H 为焊接时间 t_{CB} 和休止时间 t_n 之和，这一比值称之为暂载率 ΠB ：

$$\Pi B = \frac{t_{CB}}{t_{CB} + t_n} 100 = \frac{t_{CB}}{t_H} 100 \quad (1-1)$$

重复短时通电工作状态的暂载率 ΠB 是接触焊机的重要特性之一，它以百分比表示，而且同焊机的额定焊接电流和额定功率一起可以求出焊机在焊接某种零件时的许用负载和

①原书误为 t_n 。——译者

工艺能力。

如使长时工作状态和重复短时工作状态下的热损耗相等，可得

$$I_{\text{дл}}^2 r_k = I_{\text{кр}}^2 r_k \frac{t_{\text{CB}}}{t_{\text{CB}} + t_n} \quad (1-2)$$

$$I_{\text{дл}} = I_{\text{кр}} \sqrt{\Pi B} \quad (1-3)$$

式中 $I_{\text{дл}}$ ——长时工作状态下的电流；

$I_{\text{кр}}$ ——重复短时工作状态下的电流；

r_k ——折算到变压器一次绕组上的焊机有效电阻。

式(1-3)为基本关系式，它决定焊机的长时电流、短时电流和 ΠB 值之间的关系。

在焊机的二次电流和功率之间，也存在类似的关系式：

$$I_{2\text{дл}} = I_{2\text{кр}} \sqrt{\Pi B} ; \quad S_{\text{дл}} = S_{\text{кр}} \sqrt{\Pi B} \quad (1-4)$$

式中 $I_{2\text{дл}}$ 、 $S_{\text{дл}}$ ——分别为焊机的长时二次电流和长时功率；

$I_{2\text{кр}}$ 、 $S_{\text{кр}}$ ——分别为焊机的短时二次电流和短时功率。

引进长时功率和短时功率后，就需要对它们进行定义。

焊机的长时功率也就是热功率 $S_{\text{дл}}$ 是指焊机在长时工作状态下工作时，它的各部分不出现不允许过热的情况下所能承受的功率，单位为千伏安。长时功率的大小取决于在一定的焊机和变压器的构造下的冷却条件。

焊机的短时功率 $S_{\text{кр}}$ 是指焊机在重复短时工作状态下以规定的 ΠB 值工作时，它的各部分不出现不允许过热的情况

况下所能承受的功率，单位为千伏安。焊机短时功率的大小随着长时功率和所采用的 ΠB 值不同而有所不同，但是，任何情况下它都不可能大于焊机的最大电功率，后者取决于焊机的构造特点和电气参数（焊接变压器的二次电压、焊接回路的电阻等）。

在设计接触焊机时，力求在选用的 ΠB 值下使短时功率和长时功率之间保持适当关系，而选用的 ΠB 值则要保证以所要求的生产率接触焊零件。但是，有时会遇见短时功率富裕而热功率小的焊机，或者热功率富裕而短时功率小的焊机。在第一种情况下，应当降低焊接时的生产率以保证焊机发挥其短时功率。在第二种情况下，尽管焊机的热功率允许它在较硬的规范下工作，但是由于电功率不足焊机只能在较软的规范下工作，所以无法达到所要求的生产率。

$S_{\kappa\pi}/S_{\pi n}$ 的比值说明焊机电功率被充分利用的程度。焊机的 ΠB 值越小，它的电功率越被充分利用。通过式（1—3），可以得到综合的公式，由之可算出任一 ΠB 值下的短时电流，当已知在 ΠB_* 下的短时电流为 I_* 时，则

$$I_6 = I_* \sqrt{\Pi B_* / \Pi B_6} \quad (1-5)$$

式中 I_* ——在 ΠB_* 下的电流；

I_6 ——在 ΠB_6 下的电流。

不同类型的焊机系在不同的 ΠB 值下工作，而 ΠB 值则由焊机的工作特点所决定。

基于焊机部件和零件的加热条件而引进的 ΠB 值概念，并不改变焊机本身电阻同流经它们（变压器、二次回路等）的电流之间的关系。

通常，系从焊接变压器的加热条件出发，并将其推广到