

高等学校教学用书

焊接金属结构的制造

Г·П·米哈依洛夫、А·А·基利耳洛夫、М·П·謝尔噶切夫著

孟 广 哲 译



中国工业出版社

高等学校教学用书



焊接金属结构的制造

Г. П. 米哈依洛夫, А. А. 基利耳洛夫, М. П. 謝尔噶切夫著

孟广哲译

中国工业出版社

本书系統地总结了挖掘机、軋鋼机、冲压設備、专用起重机和減速器等机械制造焊接結構生产的工厂經驗。

本书除叙述焊接結構制造工艺之外，还說明了結構工艺性、生产組織、計劃和定額等問題。

本书可供机械制造工厂的广大工程技术人员参考，也可供有关专业学校的学生閱讀。

Г. П. Михайлов, А. А. Кириллов, М. П. Сергачев
Производство сварных металлических конструкций

Машгиз 1953

* * *

焊接金屬結構的制造

孟广哲譯

(根据机械工业出版社紙型重印)

*

第一机械工业部教材編审委员会編輯 (北京復興門外三里河第一机械工业部)

中国工业出版社出版 (北京後絳門路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

机工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印張 9 · 字数 230,000

1959年3月北京第一版

1961年6月北京新一版·1961年12月北京第二次印刷

印数 01,031—01,790 · 定价(11)1.85元

*

統一书号: 15165 · 248 一机-22)

目 次

原 序	5
緒 論	6
第一章 机械制造中金属結構生产时应用焊接的經 济优越性	11
第二章 机械制造工厂中金属結構車間的設計	14
1. 机械制造工厂中金属結構車間的布置	14
2. 金属倉庫的布置和設計	18
3. 设备的布置方式和金属結構車間的設計	22
4. 零件中間倉庫的設計	26
5. 装配和焊接工段的設計	28
第三章 焊接金属結構使用的材料	31
1. 基本金属	31
2. 焊条和填充材料	42
3. 自动焊接用的焊剂	47
第四章 焊接金属結構的生产組織	49
1. 生产組織的基本方式	49
2. 金属結構生产的工艺准备組織	51
3. 焊接金属結構生产的工艺过程	56
第五章 金属的加工	60
1. 划綫組織	60
2. 金属結構的样板制造	63
3. 样板制造的程序	65
4. 样板制造时的誤差	71
5. 矯形、划綫、号料	77
6. 金属的切割	84
7. 制孔、刨边	127
8. 弯曲工作	131
第六章 焊接金属結構的装配	140

第七章 焊接结构的焊接和热处理	160
1. 手工焊接法	160
2. 自动焊接法	174
3. 焊接结构的热处理	200
4. 结构的装配和焊接工艺过程的制订	212
5. 焊接结构的缺陷	234
6. 焊接结构的验收、试验和修飾	259
第八章 工作定额的规定, 焊接车间的生产量	266
1. 焊接结构车间工时定额的确定	266
2. 焊接车间的生产量	278
結 論	282

原 序

“焊接金属结构的制造”一书是根据作者从国内战争后国民经济恢复的最初几年起和五年计划的年代中，直到现在为止的二十五年間，在烏拉尔工厂和建筑工程工作中所积累的制造經驗而編写的。书中基本上总括了焊接结构的制造經驗，但是由于許多结构是用带螺栓和铆釘的装配部件作成的，所以制造铆接结构的一些資料，主要是划綫，金属的制孔和装配各方面，也都加以介紹。

本书各部分的編写工作分配如下：緒論，第一、二、三章，第四章第1节，第五章第1、2、3、4、8节，第六章，第七章第1、2、3、5节，是米哈依洛夫(Г.П. Михайлов)写的；第四章第2、3节，第五章第5、6、7节是基利洛夫(А.А. Кириллов)写的；第七章第4、6节是米哈依洛夫与謝尔噶切夫(М.П. Сергачев)合写的；第八章是謝尔噶切夫写的；結論是三人合写的。

讀者的一切批評和指教，作者无不欣然接受。請將批評和指教按下列地址寄給作者：斯維尔德洛夫斯克，卡尔拉里勃金聶赫塔街23号，国家机械制造書籍出版社烏拉尔——西伯利亚分社。(г.Свердловск, ул.Карла Либкнехта, 23, Урал-Сибирское отделение Машгиза)。

作者

緒 論

用金属建造建筑物已有悠久的历史了。远在十八世紀时，烏拉尔（Урал）冶金工厂的建筑工程中业已采用了金属建筑。当时在涅維揚斯克（Невьянск），塔吉尔（Тагил），和茲拉托烏斯特（Златоуст）等地的工厂中已經制造金属結構。一些从那时保存下来的建筑物，直到今天仍然存在于烏拉尔。

厂房和水力工程建筑物的个别部分甚至整个的結構都是用金属以鉚釘和螺栓制成的。在烏拉尔的某些老工厂中，现在依然可以找到利用带有螺栓或鉚接接头并由弯成角型的鉄板构成的房屋桁架，而且鉚釘的两头形状也不很規矩，釘头都是用沒有鉚釘模的錘子鉚成的。这种結構的制造延續了100至150年之久。这些結構的型式是很有意义的，因为它们是在金属結構建筑物已經走上独立发展途径的时期，也就是它們在生产上摆脱了木材建筑方式的时期內研究出来的。

那时，有些工厂为了需要而自己制造金属結構，但是另一些工厂則由附近的采矿企业来供应。后来，随着俄国鉄路和輪船建設事业的发展，建筑物用軋压金属制造的增多，而工艺也大有改进。在烏拉尔出现了許多专门制造桥梁、工厂結構、船身和蒸汽鍋炉的工厂。属于这类的有沃特金斯克（Воткинск）（桥梁，輪船，鍋炉，蒸汽机車），尤留贊（Юрюзань）（桥梁），莫托維里辛斯克（Мотовилихинск）（蒸汽机車，鍋炉），丘索沃依（Чусовой）（桥梁）等工厂。在大型工厂中建立了鍋炉車間，供应本厂設備的制造和修理〔茲拉托烏斯特，下塔吉尔（Нижне-Тагил）下薩尔达（Нижне-Салд），阿拉帕耶夫（Алапаев），那捷日达（Надежда），塔吉尔，別洛列契克（Белорецк）和其他工厂〕。

在水运和航业广泛发展时期，輪船制造工业也在烏拉尔的一些工厂中建立了起来：在沃特金斯克，莫托維里辛斯克和其他工

厂中，及以在彼尔姆(Перм)和秋明(Тюмень)等地特殊装备的企业中。这些工厂曾经制造过帆船，輪船，浮式起重机，掘泥机和鉄駁船，供伏尔日斯克-卡斯皮斯基(Волжско-Каспийский)河系，北德維納(Северная Двина)和西伯利亚河(Сибирь)航业之用。在卡姆斯克(Камск)湾和彼尔姆，耶拉布加(Елабуга)造船厂中制造过許多船体；并且在輪船上装置了沃特金斯克和莫托維里辛斯克工厂的机器。

在修筑西伯利亚鉄路的年代中，烏拉尔桥梁制造工厂发挥了极大的作用。这条路綫上大部分的桥梁由烏拉尔的沃特金斯克，尤留贊和丘索沃依等工厂承造。因为架桥和鋪軌工程要在許多地点同时进行，所以桥梁几个部分，蒸汽機車和車輛的运输是沿整个鄂毕-叶尼塞(Обско-Енисей)河系的水路进行的。因此也需要在河上建造輪船和駁船。

那时建造的很多桥梁，到现在已經使用了50多年，这証实了当时烏拉尔工人們的技术是很高的。

以后，烏拉尔工厂又給俄罗斯(Россия)和高加索(Кавказ)段的欧罗巴河(Рек Европейская)建造了几座桥梁。在莫斯科近郊的鉄路上有一座按普罗斯庫尔亚科夫教授(Л.Д.Проскуряков)的设计而建造的拱桥。这个桥的结构是由沃特金斯克工厂制造的。

伟大的十月社会主义革命之后，在国家恢复和工业化的时期內，由于第一个五年計划中工厂建設的突飞猛进〔烏拉尔机器制造厂(Уралмашзавод)，馬格尼托戈尔斯克工厂(Магнитогорский завод)，烏拉尔車輛厂(Уралвагонзавод)]，金属結構的生产从采用金属极电弧焊接法的全新基础上发展起来。这种焊接方法是彼尔姆城莫托維里辛斯克工厂冶金工程师斯拉維亞諾夫(Н.Г.Славянов)在1892年首先发明和应用的。

电弧焊接使得用輾压金属制造金属結構的生产工艺完全改变了面貌，把輾压金属的应用范围扩展了很多，尤其是利用这种材

料代替了鑄造和鍛造，並且可以与鍛造配合使用。

第一个五年計劃的年代是苏联焊接結構生产迅速发展的时期。当时，在应用焊接的基础上，創造出許多制造建筑結構的新方法，而隨着一些新工厂的开工，这些結構生产的本身也就建立，扩展和完善起来。

烏拉尔机器制造厂的建筑是最早广泛采用电焊的建筑工程之一。在应用焊接方面烏拉尔机器制造厂成为先进的机械制造企业之一。

在金属結構生产中应用焊接，是經過了改进結構型式和生产方法的漫长道路的。

尽管扩大焊接应用范围的意图在开始时(1931~1932年以前)完全合乎规律，但是那时焊接技术仍是逐步改进的：能够保証提高焊接接头机械性能和提高焊工劳动生产率的新牌号焊条和新型的結構，都被研究出来了。

在金属結構生产中，已由使用直流电弧的焊接轉变为使用米特开維奇(В.Ф. Миткевич)院士远在1902~1905年間所建議的交流电弧焊接。

可是当时在英、美、德等資本主义国家的工业中，交流焊接的应用遭受到生产直流焊接设备的电机制造公司专利权的限制，因而阻碍了交流焊接的发展，苏联的工业因为沒有这种竞争的束縛，在短期內就已經过渡到应用交流焊接。这种焊接方法保証能节省大量电能(达40~50%)，而且使焊接設備生产的投資减少到 $\frac{1}{3}$ 至 $\frac{1}{4}$ 。

在应用焊接于金属結構生产方面，苏联工业很快地走到了第一位。

1931年，在第三次全苏焊接工作者代表大会上，来自德国的外国专家們只不过談到了工形梁焊接的可能性，并且作为一件新奇的事来表演了跨度为5公尺，腹板高度为500~600公厘的板梁焊接。但是烏拉尔机器制造厂的代表已經能够在他的报告中报

導該工廠所掌握的關於起重機梁的焊接。這個梁的跨度為 10 公尺，腹板高度為 1 公尺，起重機的起重重量為 15 公噸。這些梁已經在烏拉爾機器製造廠中正常運用許多年了。在重型構架式結構焊接方面更恰當的實例也曾表演過，雖然蘇聯的企業在那時還只是在進行科學研究，和擬定這些結構設計及製造的技術條件。

因為擁有強大的設計部門，利用了一切焊接結構的優越性，烏拉爾多數工廠在 1930 年已經轉向沒有附加連接構件的結構。

先進生產者們改進了焊接法，並且把它應用到工業中去：如提高規範；使用粗焊條；添加補充劑；不開坡口等。這些方法使焊接生產率提高到 2 ~ 4 倍。

在 1927 ~ 1930 年時都是用裸焊條或電離藥皮焊條進行焊接，可是在 1933 ~ 1934 年已經轉變為使用優質藥皮焊條焊接了。這種焊條能保證熔着金屬具有高度的機械性能，在某些情況下，甚至超過了基本金屬的性能。在改進焊條藥皮方面，金屬研究所（Оргметалл），中央工藝及機器製造科學研究院（ЦНИИТМАШ），列寧格勒的基洛夫工廠（Кировский завод в Ленинграде）和烏拉爾的烏拉爾機器製造廠（Уралмашзавод）都曾經系統地進行過富有目的性的工作。

這一生產上的改進，就可能在機械製造中使工作於動載荷甚至衝擊載荷的機器結構應用電弧焊。蘇聯一些最大型的工廠在製造起重機，礦井機械，軋鋼機等機器時，不僅是不重要的金屬結構改用了焊接，就是在象鼓形輪，齒輪卷揚機，軋鋼機的減速器等主要機構中，也都改用了焊接。自 1936 ~ 1937 年起開始廣泛應用鑄件與鋼材和鋼材與沖件聯合結構的焊接並且以焊接代替了鑄造。

在金屬結構生產中，電弧焊的進一步發展是按照應用自動焊的途徑前進的。遠在 1891 年，斯拉維亞諾夫就已經提議過，研究過，並且實現過用粗焊條熔敷大量金屬的自動焊接設備的構造。在最近以前，這些設備曾工作於別爾姆工廠中，很有成效。

以后几年制造的由盘条供应焊条鉄絲的自动設備，并没有能够获得广泛的应用，因为第一，它不能給出象用优质药皮焊条时所能得到的那样高的熔着金属机械性能，其次，它不能給出象用粗焊条在强电流下焊接时所能得到的那样大的生产率。

錫林(Силин)同志在烏拉尔車輛工厂所建議和研究使用的傾斜焊条自动燃烧的半自动焊接法，在焊接接头质量的优良方面和劳动生产率的提高方面，都很能比得过自动焊接。

应用自动焊接法的根本轉变是与交通人民委员会杜里切夫斯基(Дуличевский)同志的建議有关系的。杜里切夫斯基同志建議用焊药把电弧完全埋复起来进行焊接，这种办法曾經被斯拉維亞諾夫用于热焊法。巴頓(Е.О.Патон)电焊研究所研究了焊药层下的自动焊接方法，并且在1940~1941年把它应用在工业上。在这一基础上，自动焊接法在以后的年代中得到了广泛的发展。

电焊研究所曾經設計过自动焊接設備的基本型式——首先是台車式自动机，然后是悬挂式机头，最后，在1949~1950年，是保証曲綫和短节焊縫焊接过程自动化的軟管自动机。电焊研究所关于焊縫强制成型的工作在1950年解决了垂直和水平焊縫焊接过程自动化的問題。

近年来，烏拉尔工业学院和烏拉尔机器制造厂在生产中研究了和采用了三相电弧的自动与手工焊接法。这种焊接法使生产率大为提高，电能更为节省，而且提高了 $\cos\varphi$ ，以及焊接接头的质量。三相电弧焊接的原理，远在1902~1905年曾由米特开維奇(В.Ф.Миткевич)建議过，但是只有在现在社会主义工业的条件下，这种焊接的生产方法才能够得到研究和广泛的实际应用。

随着焊接工艺的完善，同时改进了焊接結構的新型式，而焊接結構强度的理論研究也就更加深入了。

第一章 机械制造中金属结构生产时 应用焊接的经济优越性

苏联最早的焊接结构是建立在运用铆接结构多年生产经验的基础上的。这种摹仿的办法，是因为在那时还没有焊接结构生产的经验，而且也未曾充分研究和掌握过考虑焊接工艺优越性的结构设计方法。在后来的年代中(1939年)，不但研究出来了完全用钢材或铸件与钢材联合构成的新式焊接结构，而且也作出了用各个铸件组成的焊接结构。

焊接的巨大经济优越性使这种新的工艺过程在生产部门中得到了广泛的应用。在机械和建筑金属结构生产中，应用焊接的经济价值可由下列各点予以说明：

1. 接头没有被铆钉和螺栓削弱；不用铆钉和螺栓，使焊接结构的重量减少10~20%。

2. 金属截面面积在构造上的分配更能适应外界负载；与铆接结构比较起来，缩减对接盖板和连接板的数量及截面面积，使焊接结构的重量减少5~7%。

3. 在焊接结构中，从工作构件到构造构件能有较陡的截面过渡，因而保证焊接结构的重量比铸造构件节省7~12%。

4. 由钢材制成的焊接结构代替铸件，使规定的应力大为提高，因而在重量上可能减轻20~30%。

5. 使用由合金钢和低碳钢制成的联合结构，可能造成比较轻巧的结构，因而在合金钢的消耗方面更为经济。在这种结构中，合金钢只用于结构受力最大的部分，而在铸件结构中，这种作法是办不到的。

6. 由于号料和制孔工作减少，以及使用劳动量很轻的自动焊接代替铆接工作，所以制造焊接结构的劳动量要比铆接结构的劳动量小得多。在使用焊接的头几年，焊接接头中熔敷了过量的

金属，并且只使用小电流的手工焊接。那时，只能从減輕重量方面使焊接結構的成本降低。现在应用自动焊接法和最小截面焊缝的焊接法，能使制造焊接結構的劳动量大为降低。

7. 在复杂和笨重的机器零件中以焊接代替鑄造时，对于生产周期的縮短特別有效。例如：压力机床；挖掘机和起重机的构架，以及在冶金設備或其他以单件生产方式制造的单一机器中代替复杂的鑄件。

模型和型心的制造，复杂的翻砂，鑄件的修整和极复杂的缺陷临时补焊等工作需要 $1\frac{1}{2}$ ~3个月的时间。这些难于修理的鑄件废品，使未完成品中冻结了大量的資金，长期妨碍着机器的产量。同样的焊接結構可能在1~ $1\frac{1}{2}$ 个月内作成，并且可能完全没有难修理的废品。在重型单件机器制造中，这都是广泛应用焊接代替鑄造的主要刺激剂。

8. 在单件机器制造时，应用焊接代替鑄造的最大作用是减少加工余量：焊接結構的余量平均为2~5公厘，但在鑄件中则为15~30公厘，另外还有难于加工的鑄件硬皮。

9. 鑄件与鋼材組成的联合焊接結構，可以把复杂的零件分为一些单个的原件，先将这些原件在小型机床上加工，随后焊接，最后在大型机床上只进行精加工。这样就使稀少而复杂的搪床数量大为縮减。这种把复杂零件分为个别原件的办法，既可在单件生产中进行，也可在成批的，甚至大量的生产中进行。在大量生产的情况下可以使用复杂的模架来进行装配和焊接。这些模架要能够在余量最小的条件下保持零件的精确尺寸，并且能够使用极簡單而不費力的装配作业。除此之外，有时还能够把預先机械加工到完成尺寸的零件加以焊接，以后就完全不必再在搪床上加工了。

10. 因为接头紧密，不用一切盖板和連接板，可能随意組合截面，比較容易用輾压金属，模压型材及各种黑色有色金属鍛件作成复杂的联合接头，可能熔敷硬質合金——焊接結構比起鉚接

结构来，在工艺上实现完全新的形式，而在经济方面也是非常合理的。

11. 用焊接代替鑄造和鉚接，特别是用自动焊接时，可以减少从事于有害身体的繁重工作的工人数量，并且可以提高生产的文明程度。

12. 应用焊接结构代替鑄造和鉚接结构，除了减少生产周期和未完成生产中的材料价值之外，还能使一种生产类型在短時間內轉变为另一种类型而不受到損失。

13. 焊接生产組織本身需要的投資比較少，同时需要的設備和工具比較簡單而又是同样的，这就使培养工长和焊工与組織工作队所用的時間，特别是对自动焊接來說，要比在鑄造和鉚接工作中短得多。根据这些原因，焊接生产也可以在較短的時間內組織起来。

由于这些优点，在各种机械制造中，在建筑結構制造中，和在造船业中，焊接給自己爭得了巩固的地位。

車輛和船舶重量的減輕，提高了車輛和船舶的載貨吨位与本身重量之比，使其具有很大的利用效率，在运输机械制造中，焊接几乎完全排挤了鉚接。

在重型机械制造中，焊接排挤了90~95%的鉚接和40~60%的鑄造。

苏联的机械制造业不仅发展和改进了金属电弧焊接的各种方法，而且还利用一切焊接工艺的可能性，創造了許多机械結構和建筑結構的新型式。

第二章 机械制造工厂中 金属结构車間的设计

1. 机械制造工厂中金属结构車間的布置

机械制造工厂中的金属结构車間(焊接車間), 可以是准备的車間, 又可以是出产成品的車間。在焊接之后, 机械和建筑物的部件还要送去进行机械加工和机器装配时, 这样的焊接車間是准备的車間。但是如果在焊接車間中进行金属结构的装配, 而往这些结构上装配的是机械車間所加完工的零件, 那末它就成为出产成品的車間了。

把零件从焊接車間搬运到鑄造、鍛压和热处理車間去, 通常只是为了在这些車間的炉子中进行焊接结构的热处理。但是鑄造、热处理和鍛压車間的加热炉并不能满足焊接结构热处理炉所提出的全部要求, 所以在现代的焊接車間中都建有专用的加热炉。因而就没有再把零件从焊接車間运送到热处理、鑄造和鍛压車間去的必要了。

生产机械制造焊接结构的車間往往布置在机械車間和装配車間的隣近, 并且按零件传送的顺序加以安排。

有些工厂的車間布置是不太合理的, 各車間的安排随所产成品的类型而改变, 至于一些新的生产工作, 則是在增建的车間中, 或是在扩大了旧車間中建立起来的。这种不合理的車間布置实例如图 1 所示。

在图 1 所提出的设计中, 工厂的运输是沿宽軌铁路进行的, 但同时也能够用馬拉小車搬运, 并且小車可以在車間里的轉盘上回轉。金属的运输綫用带数目字的箭头来表示:

鍋炉車間: 1 —— 从倉庫到划綫站进入鍋炉車間; 2 —— 从划綫站到冲压机; 3 —— 从冲压机进入退火間; 4 —— 从退火間

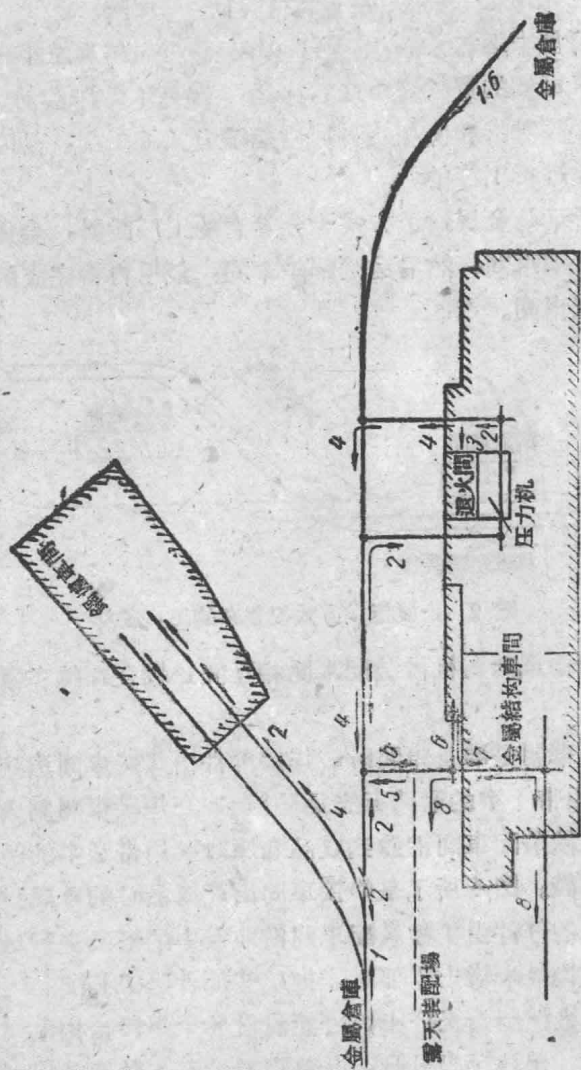


图 1 不合理的工厂车间布置实例

到装配场；5——从装配场到成品仓库。

金属结构车间：6——从仓库进入划线站到切断间；7——从切断间进入加工间；8——从加工间到装配场。

通过转盘来运送长构件是特别困难的。而用马拉小车沿着厂内行驶机车车辆的宽轨铁路进行搬运，更会耗费许多时间和劳力。有这样设计的和使用这种厂内运输方式的工厂，是不可能经济而有效地进行工作的。

图2所示是金属运送方式十分复杂的工厂设计，金属从铸钢车间送到轧钢车间，然后送到锅炉车间，最后再将完成的锅炉送到机车装配车间。

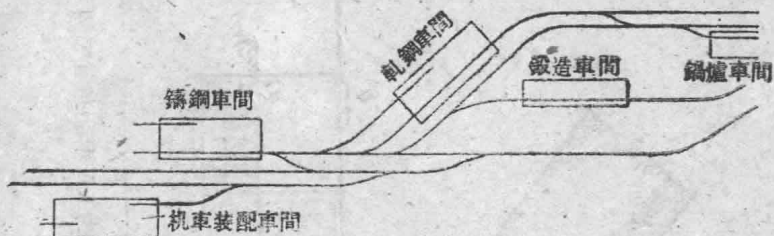


图2 金属运送方式很复杂的工厂设计

焊接结构车间与机械装配车间相互间比较合理的布置如图3所示。

当焊接车间是准备车间时，焊接部件由焊接车间送到机械装配车间去(用带1字的箭头标志运输线)；在焊接车间制成的焊接部件绕过机械装配车间而送到成品仓库时，用带2字的箭头指示它们的运输线。图4所示是焊接车间出产成品时的车间设计。个别装配好了的部件由机械装配车间沿地道中的横路进行运送。只有当焊接结构装配线上需要时才把这些部件送去装配。

在大型机械制造工厂中，可能设计几个焊接结构车间而用一个准备车间。用这种设计时，准备车间的全年计划是很庞大的，这样便要求用现代大功率的设备把车间装备起来和保证一切准备作业完全机械化。就依照规定图表把加工零件准确而及时地供给