

高等学校教学用书

# 石油厂設備制造与安装

上册

石油院校教材編寫組編

高等学校教学用书



# 石油厂设备制造与安装

上册

石油院校教材编写组编

中国工业出版社

本書是在學習蘇聯先進經驗的基礎上，結合了幾年來的教學實踐，和總結了我們石油建設與生產中的實際經驗而編寫的。

全書共三大篇十三章，分上、中、下三冊出版。上冊是第一篇—石油廠容器製造工藝，描述石油廠設備製造中最基本最主要的工藝過程及其所用機具裝備。中冊是第二篇—石油廠金屬結構的製造，專門介紹合金鋼與有色金屬設備、鋼結構、油罐與管束式熱交換器等製造特點。下冊是第三篇—石油廠設備的起重安裝。

本書是作為石油廠設備製造與安裝這門課程的教材而編寫的。它可作為油田石油廠建設專業的主要專業課教材，也可作為煉廠機械專業專業課教材，還可供從事於這方面工作的工廠技術人員作參考。

上冊內包括有坯料的選擇與切割加工，頭蓋製造，彎捲與矯形，管子彎彎與彎頭製造，低炭鋼薄壁容器的拼裝焊接，設備製造的施工組織與質量檢查等內容；其中以各種壓力加工和容器焊接為主要中心內容。除一般介紹工藝過程及機具裝備外，還進行了理論分析與概括，力求能對一些最基本的工藝過程靈活地制訂工藝規範和計算機具裝備。

## 石油廠設備製造與安裝

### 上 冊

石油院校教材編寫組編

中國工業出版社出版（北京佟麟閣路丙10號）

（北京市書刊出版事業許可證出字第101號）

機械工業出版社印刷廠印刷

新華書店科技發行所發行·各地新華書店經售

開本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>·印張13<sup>1</sup>/<sub>8</sub>·字數322,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印數(11)一537·定價：1-6 1.65元

統一書號：15115·425（石油-66）

## 前 言

本書是石油高等院校煉廠機械專業的专业課教材。其業務範圍是有关煉油廠和人造石油廠工艺設備制造工作与起重安裝工作。全書共分三大篇，十三章，包括設備制造中最基本的工艺和常用設備的制造特点，設備起重安裝技術以及施工組織等問題，以期使學生达到能够獨立制訂工艺規範与施工方案，獨立設計必要的机具装备，以及全面組織施工的水平。

本書是在学习苏联先進經驗的基础上，結合我国当前生产实践經驗和几年来教学实践而編写成的。

本書是由各石油学院部份教师集体編写的。参加編写的有北京石油学院教师时銘显、赵正修、賴盛剛、楊行庄、潘璋、馮玉珍、陈松、西安石油学院教师王維娟、四川石油学院教师陈秉榮等同志，由时銘显、赵正修两同志主編。北京石油学院煉廠機械专业应屆毕业生中的部份同学参加了本書的編写、抄写及繪图等工作。本書由北京石油学院教师蔡伯民、潘秉智同志最后做了校审。在編写过程中，兰州煉油厂領導及全体工人同志和技术人員为本書的編写提供了宝贵的实际資料。西安石油学院在兰煉实习的煉机专业师生也为本書收集資料做了不少工作。特在此一并感谢。

由于我們的政治思想水平和业务水平有限，正式編写時間較为仓促，所以难免有許多缺点和錯誤之处，尚希讀者从各个方面提出批評与指正，以便修正。

編 者

1961年5月18日

# 目 录

## 前 言

## 绪 论

### 第一篇 石油厂容器制造工艺

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 第一章 石油厂设备制造概论 .....     | 3   |
| 第1节 制造对象的种类与特点 .....    | 3   |
| 第2节 石油厂设备制造的特点 .....    | 6   |
| 第二章 坯料的选择与准备 .....      | 8   |
| 第1节 原材料的种类与选择 .....     | 8   |
| 第2节 坯料的切割加工 .....       | 12  |
| 第三章 坯料的成型 .....         | 31  |
| 第1节 坯料成型的基本原理 .....     | 31  |
| 第2节 头盖制造 .....          | 36  |
| 第3节 弯卷和矮形 .....         | 90  |
| 第4节 弯管与弯头制造 .....       | 100 |
| 第四章 碳钢薄壁容器的拼装焊接 .....   | 126 |
| 第1节 容器焊接工艺的基本问题 .....   | 126 |
| 第2节 容器焊接前的拼装工作 .....    | 139 |
| 第3节 手工电弧焊的应用 .....      | 145 |
| 第4节 熔剂层下自动焊的应用 .....    | 157 |
| 第5节 其他焊接方法的应用 .....     | 177 |
| 第五章 容器制造施工组织与质量检查 ..... | 181 |
| 第1节 容器制造施工方案与技术文件 ..... | 181 |
| 第2节 焊接试验的组织与缺陷分析 .....  | 183 |
| 第3节 容器制造的质量检查 .....     | 192 |

## 緒 論

石油厂设备的制造与安装工作是随着石油加工工业的发展而发展起来的。它所包括的内容和工作范围是天然石油炼厂与人造石油厂内专用工艺设备与管线的制造、起重、组装、安装、试压检验与试运转移交生产等一个完整的过程。

石油厂整个基本建设工程的内容是复杂多样的，除工艺设备的制造与安装外，尚有大量的土建工程、机械安装工程、电气动力安装工程等等。由于专用工艺设备是整个石油厂生产的关键设备，它不同于一般通用机械，而是密切地随着石油加工工艺的发展而不断发展的，所以石油厂设备的制造与安装所要求的技术水平较高，工时亦较长，是决定石油厂基本建设工程质量与速度的关键性工作。

设备的制造与设备的起重安装是两种不同性质的工作，它们的发展也各有不同。但是作为炼油厂基本建设的一套完整工作过程的两个组成部分，它们又是互相影响的，有时更是不可分割的。例如，起重安装的方法，是分段起吊还是整体吊装将会影响到设备制造方式的选择；而设备制造的发展，又要求起重安装不断向更高生产率的整体组合吊装等方向迈进。

世界上炼油厂的建立开始于十八世纪中叶。那时，炼油设备极为简陋，主要是各种蒸馏釜与水桶内冷却蛇管等，设备小，容量小，操作周期短，产量低，当然也谈不上有什么独立的正规的设备制造工作了。随着炼油方法的改进，炼油设备也在不断改进；直到二十世纪初期，由于冶金工业的发展，生产了大量的不同种类的钢材，再加上焊接技术被成功地推广应用，使管式炉与各种塔器成为炼油设备的主要组成部分之后，炼油工业才发生了根本性的变化，形成了一套现代化炼油设备的基本雏形，同时开始了正式的现代化炼油设备的制造工业。

近三十余年来，由于人造石油工业的发展和由于石油产品品种规格多样化的要求所引起的炼油工艺上的新发展，不仅使石油厂设备的种类和产量大为增加，而且在单体设备的体积、重量和材料的应用上都有了重大的变化与发展。例如，高压（200—750大气压）加氢用的厚壁容器，其壁厚达100毫米以上。现代大型减压塔的直径可达6.4米以上，高度在30米左右，仅空壳重量就已超出了200吨。还有重达1200吨左右，高达百米的大钢架。操作温度范围的扩大，以及加工工艺向化学化方向发展所带来的各种腐蚀问题，就引起了耐热耐腐蚀的高合金钢的使用、双层金属的采用以及各种非金属材料的应用。这一切都必然会给设备的起重安装工作及设备制造工艺带来更高更新的要求，促进它们不断发展。

在起重安装方面，在要求不断提高起重量的同时，不断提高起重的机械化水平。考虑到炼油装置的多样化，对起重机械既要求有巨大的起重量，又要求有相当大的活动幅度，为此出现了各种类型的起重机械和起重技术。有跨度达100—500米，起重量达50吨的缆索起重机，也有起重能力近300吨的桅杆式起重机。在起重安装技术方面，则广泛采用了大型设备的整体组合吊装，推行了以梁架吊设备、塔盘卧式组合安装等各种快速安装方法。

在设备制造工艺方面，为了适应技术水平和劳动生产率不断提高的要求，一方面出现了专门化的工厂生产与现场集中预制两种相互协作配合的组织形式；另一方面，在制造工艺和机具装备上也进行了不断的革新和提高。这表现在近十年来焊接技术得到了迅速的发展，除熔剂层下埋弧自动焊外，还出现了不少新的半自动焊接技术，如  $\text{CO}_2$  气体保护焊、磁性熔剂  $\text{CO}_2$  气体保护和躺焊等，这些都为提高设备制造中电焊工作的自动化程度，创造了有利的条件。而电渣焊的推广应用，为厚壁容器的焊接制造开辟了新的途径。同时，压力加工机具也在不断发展，目前应用已有达12米的卷板机，8000吨的水压机、6米大头盖的滚压机等大型高压机械化装置。

我国石油工业在解放前是极端落后的，1939年才在玉门建立了一个小炼油厂。人造石油工业也只在抚顺有几个工厂。那时，当然谈不上有什么独立的设备制造业了。所用的起重安装技术及机械也极为简单，分片起吊与固定桅杆构成了当时整个起重工作的水平。

解放后，在党的领导下，石油工业得到了迅速的发展。十一年来，石油基地不仅增多了，而且炼油厂的规模与技术水平已开始迈入世界先进水平的行列。随着也兴建了专门的石油化工机械制造厂。各个安装公司的技术力量与水平也有了大步的提高。尤其是1958年大跃进以来，我国工人阶级在党的总路线的光辉照耀下，努力学习苏联先进经验，结合我国具体情况，摸索出与推广了不少先进的经验与成就，已开始能独立地制造与安装整套现代化炼油厂的工艺装置设备，如百米大钢架的制造与安装，大型减压塔的制造，大型塔类整体组合吊装等，都已有了一定的经验，为进一步把我国石油厂设备制造与安装工作推进到新的水平打下了巩固的基础。

在设备制造的生产组织方面，考虑到我国现有的技术条件以及为了贯彻边建设边生产和大中小相结合的方针，采用了工厂化制造与现场集中预制相结合的方式。其中又以现场预制所佔比重较大。

本门科学技术主要研究石油厂设备制造的基本工艺，制定或选用合理的工艺规范，设计或选用合适的机具装备，还研究石油厂设备起重安装方案的制定，起重机械的选用与设计以及整个工程的施工组织工作。所涉及的对象范围只限于石油厂内用金属材料制成的工艺设备。它是一门生产工艺学，与一般焊接学或起重机械设计等基础技术学科是不同的。后者专门研究这种技术或机器本身的内在规律；而本门科学技术则主要是研究如何针对某一特定生产对象应用这些技术与机械完成一定生产任务。其技术理论基础则是金相与热处理、焊接学、塑性理论、结构力学、材料力学与机械零件等。在研究本门科学技术时必须要从总结生产实践经验出发，学习与贯彻党在各个时期有关的方针、政策，学习苏联及其他国家的先进科学理论和实践经验，从生产对象，生产中所用机具装备和劳动组织施工环境等三个方面去全面深入的分析研究，以贯彻理论联系实际的原则。

# 第一篇 石油厂容器制造工艺

## 第一章 石油厂设备制造概論

### 第1节 制造对象的种类与特点

石油厂设备制造工作是随着石油加工工业的发展而逐步发展起来的，它的制造对象包括天然炼油厂与人造石油厂的专用金属结构设备及其另部件；至于石油厂用的通用机械（如泵和压气机等）和动力机械则不包括在内。按照制造上的特点来归纳，可以把制造对象分成如下几大类。

#### 一、塔与容器类

它们的典型代表是各种精馏塔、油水分离器、卧式貯罐等。其共同特点是均为圆筒形容器，而且高度与直径之比较大；所不同的只是内部构件及容器上各种接出管线的布置。它们的操作条件是多样的；有高温高压的裂化反应塔（20—30大气压，350—450℃）；有高温负压的减压塔（425℃，700—725毫米汞柱真空度）；有常温高压的气体分馏塔（40大气压，<200℃）；有低温常压的空气分离设备（-200℃）；更有大量常温常压的各种洗涤塔和中间罐等。由于操作条件及石油加工工艺上的要求，它们的尺寸差别亦很大，有空壳重达200吨以上、直径6—7米、高度30—40米的大型薄壁减压塔；也有直径1—2米，高达40—50米的厚壁气体分馏塔。

#### 二、油气罐类

它们的典型代表是各种容量的圆筒形立式油罐，湿式气罐等。其共同特点是均为常温常压、大体积，直径与高度相近的薄壳结构。但其形状则可以是圆筒形的（这是最多的），也可以是球形、滴状等；视操作条件而定。它们体积可大可小，一般常在500—10,000米<sup>3</sup>间为最多。

#### 三、热交换器类

热交换器种类极多，其中的典型代表是管束式热交换器。按着目前石油厂内常用的热交换器来看，它们一般都是由管子及外壳所组成；管子有大有小，外壳有圆筒形的，也有箱式的。其操作条件一般不会超出塔与容器类的范围。尺寸一般都不大，而且以成组横放在地面上为多。

#### 四、金属构架类

金属构架类是一种用各种截面的桿件组成的空心立体钢架。它们有操作管理用的轻型构架，也有承载设备用的重型钢架。前者常作为设备（如塔群）的一个附属装置；后者则可自行组成一个独立结构，在现代化工厂内，已有高达百米，承重达6000—7000吨的重型钢结构。它们都在露天操作，主要是承载各种载荷（静的与动的）。

#### 五、管线类

管线的种类最为复杂，按用途可以分为工艺管线与厂内通用管线。工艺管线主要是在装



置內作为設備間的連接管綫之用，故其尺寸一般不大，但操作条件較复杂。厂內通用管綫一般是距离較長的輸送油、煤气、蒸汽、空气及水等用的，操作条件則比較簡單。按制造方法可分为無縫軋制的与有縫焊接的两大类。有的是專門鋼鉄厂供应的；有的則需在工地現場澆制，如大型煤气管綫，从制造上看，它們几乎和塔与容器类无多大差別。管綫上除管子外，还有大量各种形状与尺寸的管件（弯头、管箍、法兰連接件等）和閘件（閘門閥、球形閥等）。

#### 六、特殊設備类

这类設備較杂，如干餾炉、管式炉、催化裂化反应器和再生器等。它們有的是形状不規則，可以是方形截面的；有的並不单是金屬結構的制造，还有大量的土建砌筑工作。

从上面分类来看，石油厂設備制造中最大量的单体制造不外乎下列几种。

一、圓筒形壳体 按照壁的厚薄，直径的大小，它們可以用一张鋼板弯捲成一个筒节，亦可用几张鋼板弯捲或压制几个弧形圈板拼焊成一个筒节，再按所需长度把筒节一个个对接起来。

二、各种形状的头盖 是作为封閉圓筒形壳体形成一个完整的压力容器所不可少的部件。它們按形状及壁厚直径的不同，可以用一张鋼板一次冲压或澆压鍛打而成；也可分瓣压成相应的扇形弧板再拼焊而成；也可以用简单的弯捲方法澆制而成。

三、各种形状的板环 它常作为一些特殊設備及油气罐的环料，就地边吊装边拼焊而組成一个完整的設備或油气罐。它們常是弯捲或压制而成。

四、各种截面形状的直綫桿件或曲綫桿件 它們可以用現成的型钢做成，也可用鋼板条拼焊而成。可做成直綫形，也可視弯成各种形状的曲綫形；前者常用作为金屬构架的組成另件，后者常为容器与設備的附屬另件如法兰、加強圈、支持圈等。

五、管綫煨弯及弯头制造 連接管綫总是曲折布置的，設備內部的管子另件亦是具有各种形状的，为此必須有大量的弯管工作及弯头制造工作。

除此以外，尚有許多利用一般机械制造方法加工成的另部件，如迴弯头、閘門、管箍等，它們大部份是大批生产的專門工厂供应的，不屬於石油厂設備制造这个范围。

石油厂設備的操作条件是較为苛刻的，它不仅承受一般压力与温度的作用，而且或多或少都承受着一定的腐蝕作用（包括磨蝕与冲蝕），同时石油厂对于防止火災等安全工作的要求又是特別严格；所以在尺寸設計上、在材料选用上以及在制造质量上均提出了相当严格的要求，这些要求的中心問題在于要使設備在长期操作中有安全可靠强度保証，这就是說既要有足夠的厚度，又要有金相組織与机械性能符合要求且相当稳定的金屬材料。厚度的保証主要依賴于正确的設計，但在制造中也应注意不能因加工变形而減薄。金屬材料件能除原始設計选择要正确外，在很大程度上有賴于正确的制造工艺，亦即要求在制造过程中金屬性能的变化要有一定限制，並且对于联接处的金屬性能（主要是焊縫处）要力求与原来主体金屬相同，不允許有局部的削弱。此外对金屬材料在制造过程中承受的附加应力亦必須要有严格限制，因为这些应力在設計中是不考虑的。

为了正确地选择材料 and 合理地提出对制造质量的要求並加以监督檢驗，必須將設備加以分类分級。考虑到在石油厂設備中圓筒形容器是最为主要、最为多数的一种基本典型設備，而且它的操作条件也最为多样化，最为苛刻复杂，为此各国都有鍋炉及容器监察机关專門对这些压力容器加以分类，以便管理监督。它們分类的主要指标是操作条件；有时在

制造上还可按壁厚及外形尺寸来分类。

按操作条件来分，主要是按温度与压力来分，其中尤以温度为主要。目前国内尚无我国自己的分类方法，都借用苏联规范。苏联在1951年后都采用了五级分类制，如表1—1。

表1—1 容器分级表

| 容 器 级 别        | 許可表压力 (公斤/厘米 <sup>2</sup> ) | 壁 温 (°C)             | 許 用 的 鋼 材                       |
|----------------|-----------------------------|----------------------|---------------------------------|
| I<br>II<br>III | 到350                        | 到750<br>到550<br>到475 | 合 金 鋼<br>合金 与 优質炭鋼<br>优質炭鋼或普通炭鋼 |
| IV             | 到50                         | 到350                 |                                 |
| V              | 到16                         | 到200                 | 普 通 炭 鋼                         |

凡任何容器只要有一个条件满足于哪一级范围，即划为该级。表内所指許用鋼材只是一般指示性的，具体的需視具体条件而定。

石油厂设备制造中常用的鋼材有下列几类。

一、炭鋼 由于设备制造中主要是压力加工及焊接工艺，所以常用低炭鋼，它的塑性和焊接性都很良好，强度也不低。由于含硫、磷杂质的差别，又可分为优質炭鋼与普通炭鋼，一般常用的鍋炉鋼板都属于优質炭鋼。从冶炼方法的不同上又可分为镇静鋼与沸腾鋼两种。目前国内生产以沸腾鋼为主，它的出材率高，较为经济，但由于有偏析及气泡，所得鋼板与型材的化学成分及机械性能是不很均匀一致的，同时脱氧不好，低温下冲击韧性较低，焊接时易产生气泡缺陷，这在使用中必须注意。

二、低合金結構鋼 采用高强度（或在高温下有高强度）的低合金鋼，能大大节省鋼材，从而也节省了焊条消耗和各种制造费用，是经济合理的。据苏联统计，采用高强度低合金鋼后，可減輕设备重量16%，制造安装工作量减少15%，成体降低20%，这种低合金鋼一般有两类，一类是提高常温下强度用的，如在碳鋼内加少量的合金元素锰、钒、铬、硅等，它们的总含量都不超过3%左右。这类鋼苏联已大量应用，我国尚较少见。另一类是耐热的，即提高高温下强度用的，以加钼、铬合金元素为主，最常见的有12MX，国内亦常见。这些低合金鋼的制造工艺性能并不太特别，只是焊接性能較低碳鋼为差，在焊接时常加以热处理。

三、高合金鋼 高合金鋼是较为昂贵的，一般应儘量少用。但为了满足石油厂内各种操作条件的要求，如高温（到750°C），强腐蚀性介质等，还必须采用一定数量的高合金鋼。国外的高合金鋼系統主要是铬镍系，如各种高铬不銹鋼、铬镍奥氏体鋼等等。我国镍的资源較缺乏，为此必须沿着新的方向，如采用钨、钼、钽元素，来建立新的系統，目前已有不少經驗，但尚未成熟及完全推广。故在许多工厂内还可遇到不少的铬镍系高合金鋼，其中最常见的是X13型不銹鋼和18—8型奥氏体鋼。它們在热加工及焊接制造中均具有不少特点，尤其是18—8鋼，必須慎重处理。高合金鋼可作成整个设备，也可作为衬里来用。

除此以外，还采用着各种有色金属来解决某些特殊的工艺要求，如銅之用于深度冷冻；鋁之用于防止脂肪酸腐蝕；鉛之用于防止硫酸腐蝕等等。

現代石油厂設備製造中主要工作是焊接工藝，所以对焊接材料的選擇亦是極為重要的，而且在某些情況下還是保證質量的主要關鍵。對熔焊材料的基本要求是焊接金屬與主體金屬具有同等強度。對於低碳鋼要求其單位伸長 ( $\delta_5$ ) 不小於18%；衝擊韌性不小於8公斤—米/厘米<sup>2</sup>；對於焊縫要求其彎曲角不小於100°，衝擊韌性不小於6公斤—米/厘米<sup>2</sup>。對於低合金結構鋼，要求其單位伸長不小於16%；衝擊韌性不低於5公斤—米/厘米<sup>2</sup>。

按壁厚來分類，標準都不一致，這主要是由於各國製造水平及技術條件的不同。目前蘇聯建議用22—50毫米來作為劃分厚壁容器與薄壁容器的標準；亦是較為粗糙的。

至於按外形尺寸來分類，則主要由各國的鐵路運輸條件來定。超出一定的長度與直徑，鐵路上就無法運輸，這就要改變製造方法，對於工廠化生產，這是很重要的問題，但目前國內尚無統一規定。

## 第2節 石油厂設備製造的特點

設備製造的特點主要取決於被製造對象的特點，同時亦受製造技術水平發展的影響。石油厂設備製造的特點可歸納成下列幾方面。

一、石油厂設備主要是承受靜載荷，作為設備整體來看，它是相對靜止的，僅僅是介質在其中運動着，這完全不同於一般機器。由此設備的製造主要是一種固定的配合联接，這就帶來兩個特點：（1）以用焊接方法為主，工種相對單一化，另件亦較少，工序亦較少；（2）公差配合主要是為了保證製造過程中焊接質量，並不要進行檢修互換，比起機器製造來說要求較低，亦較為簡單。

二、石油厂設備，尤其是容器，一般另部件少，但每個另部件的外形尺寸都較為龐大笨重，而且有不少容器壁薄而空，在製造運輸過程中很易變形，要求儘量少移動工件，減輕運輸負荷，保證成品質量。在製造上常可採用工件不動工具移動的方法，或者大型部件（如壳体）不動，小另件（如管接头、加強圈等）移動拼成整體，或者符合對象外形特點（圓筒形）採用旋轉而少用直線位移。這些方法由於焊接技術的發展已在生產中實現。此外也有許多像一般機器製造中常用的機具不動工件動的方法，如筒節捲制、頭蓋鍛打、彎頭沖制等等。

三、與重型機械製造相類似，石油厂設備製造大部分是單件小批生產，這在製造上是不經濟的。所以石油厂設備製造工藝發展的方向應是儘量採用成批甚至大量生產的方法。實際上解決此問題的可能性是存在的，表現在三個方面：（1）隨着石油加工工業的發展，石油厂設備逐步走向定型化、標準化和系列化。例如目前國內外已標準化的設備有管束式熱交換器；已標準化的另件則更多，如泡帽、塔盤、管件、頭蓋等。當然這種標準化必須伴隨着設備製造量的大量增長才有其現實意義，而這是石油工業大發展的必然趨勢。目前國內正在着手研究這些問題；（2）由於設備製造中的主要單體部件是圓筒形壳体，它們雖然尺寸差別很大，每種尺寸規格的数量又不多，但它们的形狀却大致相同，再加上主要是彎捲及焊接工藝，所以完全有可能利用規格不多的機具裝備來完成這些對象的製造任務，這些實質上亦體現了成批製造的特點了；（3）在生產組織上還可以儘量設法把各種不同設備的相似的另部件集中起來予制，這就是現場預制方法之所以產生與發展的原因之一。

四、由於石油厂設備體積龐大，另部件不多；故它的製造方法除工廠化生產和現場預

制外，在很多場合還常常採用邊製造邊安裝的施工方法，製造與安裝不可分割，這在油罐及鋼架製造中尤為突出。這就帶來了組織施工的複雜性與靈活性。多工種同時同地立體交叉進行，已不僅僅是一般機械製造中的流水作業綫所能包含的了。

根據這些特點，石油廠設備製造基本上有兩種組織生產的方法。

一、工廠化生產 就是在專門性的設備製造廠（或車間）或鍋爐製造廠內進行生產。它可以實行成批大量的生產，製造經濟性是較高的，機械化程度也是較高的。但其最大弱點是成品的運輸較為困難而費錢；當設備製造工作量並不太多的情況下是不適宜的。當然對於大型薄壁容器更是很少見在工廠內生產的。它在我國目前條件下所佔比重尚不大。

二、現場預制 就是在安裝工地集中預制的方式，它是由安裝現場就地邊製造邊安裝的方式發展來的。安裝現場就地製造最能體現設備大而薄的特点及單件生產的要求，但由於製造地點流動性太大，就不可能採用許多機械化工具，所以它的生產率是較低的，一般只適用於個別特殊的大型設備或小型煉油廠的建設工程中。為了提高製造的勞動生產率 and 解決大型設備不易長途運輸的困難，就逐步發展成現場集中預制法，這對於大型石油廠建設是合適的。尤其採取了邊建設邊生產的方法後，更在物質條件上，如基本的機械製造力量和水、氣、電的供應，都為現場預制法創造了有利條件。所以國內目前採用此法生產所佔比重相當大。但應看到，安裝現場終究是要轉移的，快則2—3年；慢則7—8年。這就給現場預制的生產方式帶來一系列新的問題與特點，例如露天操作的特點就使得整個設備的淨化工序成為無用，在焊接規範的選擇及焊機的保養上要特別注意。而更主要是它要求製造中所用的機具裝備不能太大，但適用範圍要大，最理想的方向是“积木式”機具或靈活性較大的多用機具。依此觀點，則水壓機顯然就沒有頭蓋滾壓機為經濟。一些大型的头蓋轉動胎架亦不太有必要；製造捲裝油罐用的電磁平台亦不易實現；這樣對機具及胎具都提出了一系列新的要求，就不能照搬工廠化那一套，這是必須引起注意的。

由上可見，兩種生產方式各有優缺點。今后的方向是兩者互相结合，大量成批生產中小型設備以工廠化生產為宜，小批生產大型設備以現場集中預制為宜。

根據製造對象的特點，石油廠設備製造工藝所包含的主要內容有：

一、焊接工藝 以電弧焊為主。蘇聯在容器製造中已大量採用了熔劑層下自動焊，在厚壁筒製造中廣泛採用了電渣焊。我國也正在向這方面發展。

石油廠設備製造對焊接工藝的要求是較全面的，應用也是最廣的；從另件製造直到整體組裝，從現場預制直到高空安裝都離不了焊接工作，它是最基本的工作；

二、板材與管材的壓力加工 亦是最基本工作之一。從手工鍛打到水壓機沖壓；從冷沖到熱鍛；從大头蓋到彎頭；它的內容與技術要求是多样性的；

三、鋼材切割工藝 是坯料準備的必不可少的環節。有氣切和機械切割等多样方法。相對上二種工作而言，一般是較為簡單的，而且不是直接影響成品質量的工作。

此外還有大量的一般機械製造的工作如鑽孔、車削等等，因它較為簡單，故不作為一個問題來專門研究。至於某些特殊的工藝如脹管工作等，則由於量較少，雖為專用亦不作專門討論。由此可見，本篇的主要任務及內容就是研究上述三個主要方面的工作，選定合理工藝規範，設計合用機具與胎夾具，以便多快好省地完成製造任務。

## 第二章 坯料的选择与准备

### 第1节 原材料的种类与选择

#### 一、石油厂所用原材料的特点及选用原则

石油厂中，有各种各样的设备及管线；因此所需原材料的规格也是繁多的。如焊制件所用的不同厚薄的钢板（塔器壳体等）；不同规格的管件（有缝管、无缝管等）；形状复杂的铸件（塔盘、阀件等）以及各种型钢（钢架、加强圈、法兰等）等等。

又由于石油工艺的特点，往往要求原材料耐高温、耐腐蚀。因此，石油厂所用原材料的机械性能及化学成分也各有不同。

上面一系列的特点，就决定了在选择原材料时，必须周密考虑，除了满足已定的机械性能和化学成分的要求，还要结合施工条件，注意下面一些问题。

1. 制造设备所用的材料，是由设计部门事先规定的。但往往会出现钢材的品种和数量供应不足的情况，因此就要求制造中因地制宜，在一定范围内可以灵活代用材料。并采取合理的技术措施，保证设备制造质量。

2. 选原材料时要密切配合现有的制造条件，力争所选的原材料加工方法简便。如对  $D < 600$  毫米的壳体，我们尽量直接用管料，就省去了卷板、纵缝焊接工作，提高了制造速度。另一方面，也要根据现有加工机具能力来决定坯料。如头盖制造，用一块钢板整体锻压，则质量高，强度好，且免去了分瓣制造的拼装焊接工作。但在大型锻压设备缺乏的条件下，则对大直径的头盖，就应采取分瓣制造，从而所选的原材料，就要和整体锻压时有所不同。

3. 节约原材料是坯料选择中最重要的问题。有时为了达到节约目的，虽在加工上费时些也是值得的。如法兰毛坯选择，可有这样的几种方案：由钢锭锻造而成；由钢板切割而成；由扁钢煨弯而成；由钢板切条后煨弯而成。其中由扁钢煨弯是最省料的一种，虽然它有焊接和煨弯工作，但为了省料，我们仍多用扁钢煨弯制造法兰。

#### 二、我国钢材规格

1. 钢板 通常将大于4毫米者列为厚钢板，小于4毫米者列为薄钢板。石油厂设备壳体多为焊制 因此主要用厚钢板。据冶金部1959年公布厚钢板规格范围如下：

1) 宽度从1200—2400毫米，每隔50毫米晋级；长度从2000—12,000毫米，每隔100毫米晋级；

2) 厚度有4.5毫米、6—62毫米（每隔2毫米晋级，其间尚有9毫米和35毫米厚者）、65—120毫米（每隔5毫米晋级）。

#### 2. 钢管

1) 无缝钢管。有热轧及冷轧两种，按冶金部1959年公布标准，其规格范围为：外径从4.5—219毫米，壁厚按外径的不同而略有变化，一般从0.5—30毫米。

2) 有缝钢管。可使用自动电焊和接触焊制成，亦有标准规格。

有关钢板、钢管的具体规格，可查阅我国冶金部颁布的标准。

此外在苏联还有一种专供煨制带颈法兰而特制的角钢坯料。我国尚未生产。

### 三、材料验收工作

1. 验收工作的重要性 设备制造的质量,首先决定于材料的机械性能、化学成分是否符合设计要求。由于材料在生产时会受到许多复杂因素的影响,所以其机械性能、化学成分、几何形状、几何尺寸和表面质量等方面,往往和出厂技术证明单有些出入。为了保证设备制造的质量,对材料必须进行严格的检查,才能验收。若忽视这项工作,将带来很大危害。如某厂在制造塔器时,由于对壳体材料未进行化验,结果因材料含硫量过高,使焊接质量恶劣,造成返工。

当采用代用材料时,则材料的验收工作更有其特别的作用。为了确定材料能否代用,代用后如何保证设备质量及需要采用什么措施来补救,就必须彻底搞清代用材料的性质。这样必须细致而全面地进行检验工作。

2. 验收内容 验收工作主要是检查材料机械性能、化学成分、几何形状、几何尺寸和表面质量。

1) 材料的机械性质 主要是指强度极限、延伸率等。对于重要的钢结构所用钢材还必须进行冲击韧性试验,对于钢管还要作压扁和扩口试验。

2) 化学成分化验 主要分析C、Si、Mn、P、S等元素含量。对于耐热、耐蚀用的合金钢,尚要检验合金元素及其含量。

当然不是每张钢板或每根钢管都必须进行以上检验,而是采用抽样法。抽样法的数量,由所用材料、已有技术说明可靠性和所造设备重要程度决定。

当抽样不合格时,则必须从同批材料中复验。复验时,抽样百分比要加大一倍。若复验材料全部合格,则作合格论。

通常机械性能和化学成分都是取样试验,试样要有一定的规定,例如管子抗拉试验的试样常取其毛坯长度为 $l=D+15$ 毫米,加工后的试样 $l=D$  ( $D$ 为管子直径)。试样不能小于以上规定,表面上不得有烧伤、刀痕及其他缺陷存在。

3) 材料的几何尺寸、几何形状检验 对钢板,主要是检查其厚度,一般用千分卡或样板在距钢板角不小于100毫米、距边不小于40毫米处进行测量。任何点的厚度都不许超过表2—1所指定的公差范围。

对于钢管,主要是外径和壁厚的检查,尚无统一规定。某厂对壁厚为2—12毫米及外径为10—108毫米的锅炉无缝管作了如下规定。

外径的公差为:

管子直径 $\leq 51$ 毫米..... $\pm 0.5$ 毫米

管子直径 $> 51$ 毫米..... $\pm 1\%$

壁厚的公差:

冷拔管..... $\begin{matrix} +15\% \\ -10\% \end{matrix}$

热轧管..... $\pm 15\%$ 。

有缝管管料的外径偏差控制在 $\alpha \leq 0.15 \leq 6$ 毫米。用板料对接(接触对焊)管料,要求有较高的准确度,直径的最小偏差为 $\alpha = \pm 0.5\% D$ 。並规定弯曲度每公尺不超过1.5毫米。

表 2—1 冶金部1957年公布的厚钢板的厚度公差

| 厚度<br>(毫米) | 1500<br>以內   | 由1501<br>至1700 | 由1701<br>至1800 | 由1801<br>至2000 | 由2001<br>至2300 | 由2301<br>至2500 | 由2501<br>至2600 | 由2601<br>至2700 | 由2801<br>至3000 |
|------------|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 4          | -0.5<br>+0.6 | -0.5<br>+0.7   | -0.5<br>+0.8   | —              | —              | —              | —              | —              | —              |
| 4.5—5.5    | -0.5<br>+0.5 | -0.5<br>+0.7   | -0.5<br>+0.8   | -0.5<br>+1.6   | —              | —              | —              | —              | —              |
| 6—7        | -0.6<br>+0.5 | -0.6<br>+0.6   | -0.6<br>+0.7   | -0.6<br>+0.9   | —              | —              | —              | —              | —              |
| 8—10       | -0.8<br>+0.4 | -0.8<br>+0.5   | -0.8<br>+0.6   | -0.8<br>+0.8   | -0.8<br>+1.0   | -0.8<br>+1.2   | —              | —              | —              |
| 11—15      | -0.8<br>+0.4 | -0.8<br>+0.5   | -0.8<br>+0.6   | -0.8<br>+0.8   | -0.8<br>+1.0   | -0.8<br>+1.2   | -0.8<br>+1.3   | -0.8<br>+1.4   | -0.8<br>+1.6   |
| 16—20      | -0.8<br>+0.4 | -0.8<br>+0.5   | -0.8<br>+0.6   | -0.8<br>+0.8   | -0.8<br>+1.0   | -0.8<br>+1.2   | -0.8<br>+1.3   | -0.8<br>+1.4   | -0.8<br>+1.6   |
| 21—25      | -0.8<br>+0.4 | -0.8<br>+0.5   | -0.8<br>+0.6   | -0.8<br>+0.8   | -0.8<br>+1.0   | -0.8<br>+1.2   | -0.8<br>+1.3   | -0.8<br>+1.4   | -0.8<br>+1.6   |
| 26—30      | -0.9<br>+0.4 | -0.9<br>+0.5   | -0.9<br>+0.6   | -0.9<br>+0.8   | -0.9<br>+1.0   | -0.9<br>+1.2   | -0.9<br>+1.3   | -0.9<br>+1.4   | -0.9<br>+1.6   |
| 32—36      | -1.0<br>+0.5 | -1.0<br>+0.7   | -1.0<br>+0.8   | -1.0<br>+1.1   | -1.0<br>+1.2   | -1.0<br>+1.4   | -1.0<br>+1.5   | -1.0<br>+1.6   | -1.0<br>+1.7   |
| 36—40      | -1.1<br>+0.6 | -1.1<br>+0.7   | -1.1<br>+0.9   | -1.1<br>+1.0   | -1.1<br>+1.2   | -1.1<br>+1.4   | -1.1<br>+1.5   | -1.1<br>+1.6   | —              |
| 42—50      | -1.2<br>+0.8 | -1.2<br>+0.9   | -1.2<br>+1.0   | -1.2<br>+1.2   | -1.2<br>+1.3   | -1.2<br>+1.5   | —              | —              | —              |
| 52—60      | -1.3<br>+1.1 | -1.3<br>+1.2   | -1.3<br>+1.3   | -1.3<br>+1.5   | -1.3<br>+1.7   | -1.3<br>+1.8   | —              | —              | —              |

此外对钢板表面要求不得有结疤、气孔、裂纹和夹渣存在；钢管表面不得有裂纹、折皱、撕破、辗皮和梁的刻痕存在。表面缺陷要用砂轮机或锉刀等去除，但清除后材料之有效厚度不得低于最小厚度。

#### 四、排板划线

将金属板制成品表面全部或一部分的形状，在纸上做成平面图形，即为展开图。将此展开图用工具在钢板上画出来，就是划线。经过展开计算及进行划线之后，再来下料，则制成的成品尺寸与形状可保精确，且节省工料、降低成本。

排板时有两种方法，有时应同时考虑：一种是由大裁小的号料工作；一种是考虑到另部件与设备整体布置关系的拼排工作。

1. 号料 号料的出发点是將各种坯料，按其尺寸及外形在整块原材料上巧作安排，以达最省料的目的。例如大型圆锥体由几块钢板拼焊成。为了节省材料，可裁成每块形状如图 2—1a 实线所示的钢板，如此则每二块可拼成直角，按图 2—1b 那样在钢板上依次排列，所得边料最少最为省料。

2. 拼排 一般塔的壳体都是由许多块钢板弯卷后拼接成的。在划綫前，必須根据已有鋼板規格，將壳体上的焊縫位置和开孔位置作合理排列，并画出图来。依此来决定每块坯料的大小与形状，此即为拼排工作。拼排时依据的原则如下。

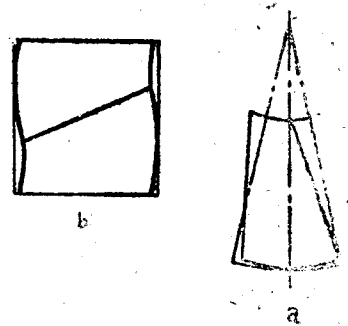


图 2-1 号料示意图

### 1) 为保证壳体制造质量一般规定

(1) 两相邻筒节相接时，要使縫綫之间的距离不得小于 200 毫米，应极力避免“十字”形的焊縫。

(2) 开孔位置不应与焊縫相遇，间距应大于 200 毫米，但在不得已情况下，可开孔在环向焊縫上。

2) 决定組成筒节的每块鋼板尺寸时，要从原設計要求、現有材料規格和对鋼板加工的机具能力等方面来綜合考虑。例如某塔壳体由三段組成，按原設計第三段高 2.5 米、厚 8 毫米，但当时 8 毫米鋼板只有 2 米寬的一种，若用两张剪切为 1.25 米鋼板焊起来就不夠經濟。而原設計取 2.5 米高是因为支承处周边有 8 个 1.5 米高的大吊架，若用 2 米代替 2.5 米也是完全可以的，加以修改后既保证了設計要求，又节省了鋼板。

另外还要考虑加工机具的能力。

3) 合理利用鋼材，尽量减少边料角料，做到最大限度的节约。

4) 使以后在卷板加工时，鋼板的弯卷方向和鋼板原来軋制方向一致，以保证鋼材的強度要求。

### 3. 划綫方法

1) 計算法 制成品的毛坯形状和尺寸可通过計算获得，並划出草图，用此图进行划綫。这种方法只能用在形状简单的制成品划綫工作中。

2) 图解法 对于形状复杂的制成品，如圓錐形筒身的展开图、头盖展开图等，就要用几何作图法将其展开。根据展开得到的形状和尺寸进行划綫。在成批生产时，通常是用薄鋼板造出一个与毛坯形状、尺寸完全相同的样板，然后将样板挪到要加工的原材料上划出毛坯。

考虑到设备制造过程，通常所划的綫应包括

(1) 毛坯尺寸綫：是考虑到加工余量后的毛坯尺寸，此綫就是切割綫。

(2) 在切割綫两侧 100 或 50 毫米地方，划上检查綫，它是检查切割后坯料尺寸是否准确用的。

(3) 縱向装配綫，可根据此綫进行拼接。

## 五、坯料准备工作概况

从选择毛坯原料、矫形、淨化、划綫直到切割，这些工作統称为下料前的坯料准备工作。在设备制造工艺中它是輔助性的工作。但它对设备制造的質量和速度都有一定程度的影响。这种影响，往往在准备工作的本身看来并不明显，而着重表現在以后坯料制造过程中。

矫形是消除鋼板表面不平 and 弯曲。因不平正的表面会造成划綫錯誤而影响设备制造中的公差要求和工作时的稳定性；当然不是所有的表面缺陷都必须矫形，当这些缺陷不影响



划綫或加工的要求范围时，对于不特別重要的設備可以不矫形，而直接划綫。因薄鋼板較易变形，故薄鋼板矫形工作較多，厚鋼板較少。如厚度大于12毫米的鋼板，其矫形量不到10%。

淨化主要是消除鋼板表面污物，以保証焊接質量。所以淨化工作放在焊接前进行，并仅將焊縫处进行淨化既可。淨化的方法很多，如噴砂法、氧焰法、人工磨銼法、砂輪清理法以及酸洗法等等；可參閱有关專門書籍。

## 第2节 坯料的切割加工

坯料的切割加工，就是將原料加工成适于进行各个部件基本制造工序的毛坯。它是一道中間工序，因此它既要适应原材料的特点；同时又要滿足以后几道制造工序对坯料的要求。

炼厂設備所用原材料，大部分为板材及型钢；其規格和型号的变化范围很大，且鋼种也很多，如低碳鋼、低合金鋼以及不銹鋼等。但切割的特点大部分为直綫切割和圓弧切割。

由于炼厂所用原材料品种及規格的繁多；决定了切割工艺的綜合运用与发展。

在原材料切割之后，要进行焊接制造，因此要进行邊緣加工；且为了保証所制部件的尺寸与形状要求，尙应合理考虑邊緣余量問題。

### 一、氧切工艺

多年以来，氧切一直是炼厂設備制造中对炭鋼的主要切割工艺，应用非常广泛。

#### 1. 氧切的特点

1) 它主要不是依靠外部加热来熔割金屬；而是依靠金屬本身猛烈氧化而燃烧放热。这种热量很集中，可以在割縫内造成高温，很快地傳送給下层金屬；这样在金屬中形成氧化物，此氧化物不断地被氧气流清除，而在金屬中形成一条很窄的割縫。

2) 由于氧切是靠金屬内部燃烧放热，热量可以由上层金屬逐层传到下层；所以氧切可达到很大的厚度。現代切割技术可以切割从3—4毫米厚一直到几百毫米厚的鋼板。

3) 由于氧切所用的割枪和它的能源——燃料罐、氧氣瓶之間是灵活的柔性联接，其接长距离有很大的伸縮性；因此在一定面积内操作时可以不移动工件，只移动輕巧的割枪，完成任意形状的切割。

由以上特点；决定了氧切应用的广泛性。

2. 氧切实现的条件 并非所有金屬都可以运用氧切，从氧切的實質分析可知；氧切要在一定条件下进行，即

1) 金屬在氧流中的燃点应该低于熔点；否則金屬在未燃烧以前都已熔化掉了。

2) 必須保持足夠的热量，使金屬达到燃烧温度。

3) 金屬燃烧后生成的氧化物应便于陆續清除；否則阻碍了氧射流和金屬接触，就不能繼續切割。

鋼中含碳量对金屬在氧流中的燃点和熔点都有很大影响。含碳量愈高，則其燃点愈高，而熔点愈低。因此高碳鋼不太适于用氧切。又譬如銅、鋁等金屬，其导热性能良好；因此不易滿足上述第二个条件而不适于用氧切。高鉻合金，由于氧化鉻的熔点高于2000℃，很难熔化；鑄鉄中含硅，燃烧后生成二氧化硅很粘，不易清除；都难于滿足第三