

1960

上海市科学技术论文选集

工程技术(一)



## 上海市科学技术論文編选委员会名单

主任委員：周 仁

副主任委員：卢于道 曹未风 苏步青

程孝剛 沈克非 胡永暢

委 員：(以姓氏笔划为序)

王公衡	王应睐	王鳴岐	卢于道	卢东明	卢鶴紱
<b>朱 洗</b>	朱元鼎	庄孝德	华明之	孙洪鈞	江厚棚
刘瑞三	<b>任鴻隽</b>	汪 猷	杜大公	吕广杰	严东生
沈克非	沈善炯	李时庄	李承祜	李国豪	李春芬
李銳夫	苏步青	苏延宾	苏德隆	邵家麟	周 仁
周同庆	周志宏	陈 植	孟庆元	范仲奕	罗宗洛
郑 勉	茅 琮	胡汝鼎	胡永暢	赵承嘏	殷宏章
崔子庭	曹未风	曹天欽	許克端	張作人	張宗汉
張香桐	黄鳴龙	程門雪	程孝剛	賀崇寅	馮德培
鄒元熾	蔡叔厚	談家楨	錢宝鈞	戴 弘	謝希德
薩本妍	鄭安坤				

## 前 言

上海市科学研究机关、生产技术部門和高等院校为了总结經驗，檢閱成果，促进学术活动的深入开展，在一九六一年七月成立了上海市科学技术論文編选委员会，負責在上海市範圍內征集和編选一九六〇年的科学技术論文。經過半年的努力，現已完成，并将选出的論文汇编成为“上海市一九六〇年科学技术論文选集”出版。

此次应征的論文，絕大部分是由各有关部門經過討論，认为比較优秀而推荐出来的，也有少数論文是由个人直接应征参加的。应征的論文均由編选委员会各专业小組聘請有关学科的专家先行审閱，对每一篇論文作出評論，然后由各专业小組进行初步选拔，最后再由編选委员会进行总的平衡并决定取舍。参加审閱的专家共計四百余人，其中有的是外地的专家。評选时大家都本着以质量为重精神，以过去专科学报中比較优秀的論文作为参考标准，作出最后决定。工作可能还有不周到之处，但是大家都尽了很大的努力。

本选集中所刊載的論文共計八十九篇。其中数学七篇，化学六篇，生物学十一篇，工程技术三十二篇，农业八篇，医药卫生二十五篇。这些論文有的在本門学科的理論上提出了新的見解和发展，有的对于促进国民經济发展有較重大的意义，有的則是两者兼备。論文的作者有老科学家，青年科学工作者，也有新成长起来的工人出身的专家。

这次論文編选虽以一九六〇年为主，但一九五八年和一九五九年研究完成而未发表的主要著作也被包括在內。因此，可以說这本选集反映了自一九五八年大跃进以来，特别是一九六〇年上海市科技界以論文方式表达出来的一些优秀成果。这里当然不可能将所有的优秀成果全部都反映出来，因为有很多的研究結果已經直接应用了而未曾写成論文，也有一些研究虽已获得了成果，但还需繼續进行研究。尽管如此，这本选集还是可以供我們了解近年来上海市科学技术研究工作的一个梗概。从选集全面看来，可以看到成就，也可以看到薄弱环节。总的說来，它将增强我們科技界在中国共产党的领导下发奋图强，为社会主义建設事业服务的信心和决心。

希望这本选集可供我們檢閱科学技术研究成果的参考，并鼓舞全市科学技术工作者繼續鼓足干劲，在現有的基础上不断提高，为实现党所号召的把我国建成为一个具有現代工业、現代农业和現代科学文化的偉大的社会主义强国而作出贡献。

上海市科学技术論文編选委员会

1962年2月

# 目 录

进一步发展鑄鋼高压容器·····	叶自偉 黄靜安 周枚青	( 1 )
錠杆毛坯的热軋成形·····	周先榮 張克华 赵 濱 胡文义 徐尉平 沈培孙	( 11 )
桥式起重機三角形截面格形桥架結構·····	上海交通大学起重运输机械教研組	( 33 )
論麻花鑽头的先进刃磨形式及其对生产的影响·····	李福祥	( 47 )
粉末冶金法制造含油鋼領·····	謝行偉	( 59 )
多宝冲天炉的实践与理論探討·····	陈曉光 王永池 蔡国英 馬天佑	( 76 )
周期操作炉子砌体失热的电模拟計算及热平衡計算·····	尹桐文	( 113 )
簧片式声波与超声波发生器的发射特性的研究与理論分析·····	郑冠雄	( 132 )
光学高温計光絲灯泡稳定性能之研究 ····· 第一机械工业部热工仪表科学研究所 上海綜合仪器厂		( 149 )
350 馬力漁輪模型試驗研究·····	蔣慰昌	( 100 )
东黄海机帆漁船的調查研究·····	袁随善 李在况等	( 183 )
7500~60000 仟伏安鉛繞組变压器的采用·····	上海电机厂鋁綫变压器科研小組	( 234 )
鼠籠型电动机附加損耗与槽配合的分析·····	張忠康	( 249 )
信息論对棉紡織产品用电单耗定額的关系和研究·····	楊通誼	( 274 )
自动控制系統的分析和綜合·····	東志业	( 283 )
切比雪夫多項式在設計阻抗变换器中的应用·····	陈志葛 蔡鎮远	( 360 )

# 进一步发展鑄鋼高压容器

叶自偉 黃靜安 周枚青

**【摘要】** 由于层板式高压容器鋼板供应困难,工艺复杂,劳动量大,劳动条件差,机械化程度低,尤其是檢查探伤等具体問題,影响容器的生产与使用。为了探索既安全可靠,又切合我国材料资源、生产与使用条件的最好型式的高压容器,上海市机械工业广大工人与科技人員做了一系列規模較大的試驗研究工作,試制成功了鑄鋼高压容器。

几年来,上海生产高压容器,鑄鋼式已占有重要的地位,发展很快。但也有一些同志认为鑄鋼性脆易裂不能做高压容器,或以为只能做小容器,不能做大容器,只能做常温无腐介质容器,不能做高温耐腐容器,也有人认为鑄鋼工艺不易掌握,宁愿采用层板式,甚至容器的封头还一定要用鍛鋼制成,給生产部門带来了許多困难,一定程度上影响了鑄鋼高压容器的推广使用。本文介紹了一系列試驗的主要結果、生产实践、使用情况和理論見解,充分說明了鑄鋼高压容器的可靠性、优越性和可掌握性,是符合多快好省总路綫精神的,并积极推荐鑄鋼高压容器作为我国当前生产高压容器的主要型式,以利化肥工业迅速成长和国民經济的更快发展。

本文中心内容为通过鑄鋼高压容器的試制試驗和生产实践,提出了工艺、探伤和設計方面的經驗或見解,推进鑄鋼高压容器的設計、制造、使用和研究各方面的工作。

## 一、鑄鋼高压容器的誕生及其生命力

高压容器是化学工业、石油工业、国防工业和水压机中的关键設備。当前全党全民大办农业、大办粮食,新建扩建化学肥料工厂需要数量較多的高压容器。例如:一个氮肥工厂就需要能承压 320 个大气压以下的高压容器十只左右。众所周知,高压容器在国民經济的发展中占着重要的地位。因为高压容器要求承受高压,容器中介质有液体,有气体,有較严重的腐蝕性,它們有的易爆炸,有的处于高温下工作,因而对高压容器的要求是严格的、較高的,特别是須絕對保証安全可靠,不容許在生产使用过程中发生任何滲漏爆炸事故。这样,研究采用哪一种型式的高压容器最为安全可靠,最恰当地滿足有关部門大量迫切的需要,最符合我国現有的材料资源与生产使用条件,最切合总路綫多快好省精神,是工业部門和科技界的一个极为重要的課題。

現時国际生产使用的高压容器主要的型式有鍛造式、层板焊接式和繞帶式三种,各国根据其具体条件采用了不同型式<sup>[3]</sup>。我国自从 1956 年永利宁厂开始試制成功

层板焊接高压容器以后,紧接着哈尔滨鍋炉厂和上海四方鍋炉厂,在1958年也先后試制成功层板焊接高压容器,它的实际爆破压力已經超过美国的 A. O. Smith 厂的记录 10%<sup>[1]</sup>。但板材供应紧张,层板焊接高压容器的生产远远不能满足需要,这就促使我們試制一种新的更好的型式的容器。上海市有关工厂企业与科研单位大协作,在掌握了层板高压容器的技术特性的基础上,提出了試制鑄鋼高压容器。国外文献规定鑄鋼容器不能用于 50 个大气压以上;我們制造的鑄鋼高压容器,爆破压力高达当时国内最高记录 1990 个大气压而不发生渗漏<sup>[1]</sup>,突破了国外文献的长期约束。

在 1958 年和 1959 年两年中,进行了大小不同的十余只鑄鋼高压容器的爆破試驗。試驗的規模相当完备,各种参数的測定也較細緻。所有試驗记录都充分証明不仅达到了預期的設計要求,且实际强度数值和計算数据极为接近,变形与破坏情况也是存在規律的。特别是,在容器屈服以后的繼續升压中,充分显示出塑性变形有它漫长的过程,反映了鑄鋼具有优良的强度与塑性,有力地証明这些鑄鋼高压容器的质量优良和安全可靠。第一机械工业部、化学工业部、冶金工业部等单位的专家代表組成的鉴定委员会,认真的分析研究,肯定了試驗已經成功,同意投入生产。1960 年上海市机械工程学会組織了有关会员,根据积累的丰富資料,草拟了鑄鋼高压容器的驗收条例,进一步推动了容器的生产。同时組織了上海市鑄鋼高压容器总结委员会,对鑄鋼高压容器的設計、工艺、探伤以及試驗工作等作了全面总结达十余万言<sup>[1]</sup>。其后經国家科委批准,作为中苏技术协作經驗交流資料,全文已譯成俄文送往苏联。

三年来,上海有关各厂,已先后成批生产了不少的鑄鋼高压容器,其中由上海汽輪机厂、大隆机器厂、机修总厂等厂供坯,由四方鍋炉厂加工制成的达一百七十余只;由上海汽輪机厂供坯,上海电机厂加工制造,受压 350 个大气压的亦近一百只。上海成套供应江苏等 13 个省市年产氨 2000 吨的化肥设备,以及供应各地年产氨 800 吨化肥设备所需的各种高压容器,大多采用了鑄鋼制造。这些化肥工厂有的已投入生产,有的将投入生产。由上海第三鋼鉄厂鑄坯,江南造船厂加工制造,受压 275 个大气压,内徑 800 毫米的水压机蓄力器(包括蓄气罐与气水罐),已使用二年之久,并經一定时期加压达 400 个大气压的使用考驗,經過詳細檢查,并未发现任何发展性的缺陷。在生产实践中,更生動地說明了鑄鋼高压容器的优越性。四方鍋炉厂根据制造鑄鋼与层板二种同規格的容器,提供对比如次頁之表。

此外,鑄鋼高压容器的生产还可采用較高程度的机械化和先进的电渣焊接工艺等,都是层板式容器不能相比的。尤以在探伤工作上,层板式需要五倍于鑄鋼式的檢查探伤程序和三倍的劳动量。层板式的环焊縫的檢查仍有困难。至于众多的纵焊縫的檢查問題,更是沒有比較现实的办法。这就远不如鑄鋼式容器可用超声波和射綫相結合的科学方法,十分可靠的掌握容器的全面质量。

現在,实践証明鑄鋼高压容器有无比的生命力。以四方鍋炉厂为例,在制造的

200 多只高压容器中，鑄鋼式占 170 多只，层板式仅 30 只。結合我国情况有必要提出：鑄鋼高压容器应该成为我国生产高压容器的主要型式。我們深信这会对我国的国民經济，特別对目前化肥工业的迅速发展，有重大的积极意义。

鑄鋼式与层板式高压容器比較表

項 目	鑄 鋼 式	层 板 式	鑄鋼式較层板式节省的数量	附 注
实际用料	5000 公斤	5329.2 公斤	329.2 公斤	鑄鋼式的原設計采用了过高的安全系数 $S_F=2.8$ 左右，按照科学分析 $S_F=2.3$ 已是足够，估計还可再节省用料約 1000 公斤
工艺过程	从鑄坯进厂，經過金加工、焊接和热处理共計 3 道工序	从薄板进厂，經過噴砂、挑选、校平、放样、落料、修磨、軋圓、校正、包扎、纵縫焊接、磨銼焊縫、車二端坡口、环縫焊接、热处理，共計 14 道	11 道工序	层板式中尚未包括鋼厂从冶炼到軋板的許多工序。鑄坯的工序是比較少的，也未包括在內。工序的增加意味着工艺的复杂，会相应带来一系列問題
工艺装备	3 种主要设备	9 种主要设备	6 种主要设备	
生产人工	79 工日	203.5 工日	124.5 工日	以 10 台計算
生产周期	13 天	19 天	6 天	

## 二、鑄鋼高压容器的工艺、探伤与設計

上海鑄鋼高压容器的試制、試驗与生产經驗，虽已証明了它的可靠与优越，但也不能否认由于不合理的工艺而造成的严重鑄造缺陷会給工作带来极大困难。这也是人們怀疑鑄造容器的主要原因。但是我們应该認識：严重的鑄造缺陷不是客观規律中的必然現象，这些完全可以避免的缺陷是可以通過正确的工艺来消除的。四方鍋炉厂目前的廢品率已降至 5% 以下，也是經過上海广大工人同志和科技人員辛勤劳动认真努力得来的。因此为了保証鑄鋼高压容器的优质和可靠，特提出一些有关工艺、探伤和設計方面的經驗与我們的意見如下(具体資料請閱鑄鋼高压容器总结)。

### (一) 工 艺

#### 1. 冶炼工艺

通过实践，上海各厂都掌握了冶炼优质鋼种的經驗。例如：上海汽輪机厂在冶炼捷克鋼种 LoMn 25，其含碳量在 0.23% 左右，含錳在 1.2~1.5% 之間，认为下述經驗是重要的：

- (1) 在碱性电炉中用氧化法半扩散脱氧熔炼。
- (2) 炉料与渣料須保証无严重锈皮, 无水, 无杂质。
- (3) 在熔化末期加入适量的鉄矿, 以便在低温常态造成高氧化鉄的炉渣, 去除鋼液中的大部分磷。

(4) 在氧化期中, 为了有效地去除夹渣、磷等有害元素, 在操作上要求高温加矿及較长时期的良好沸騰。整个氧化过程保証不低于 0.3% 的脱碳量, 脱碳速度維持在每分 0.006~0.008% 之間。在氧化末期, 保持一定的含錳量, 并要有一段靜沸騰時間, 以防止鋼水的过氧化与进一步去除气体与夹渣。

(5) 在还原期間, 彻底排除氧化渣以后, 用电石直接做还原渣, 渣量为 3.5~4%。用电石做还原渣, 主要是为了强化还原过程, 加速扩散脱氧速度。一般这种还原渣形成后, 保持 15~25 分钟, 就能使鋼液有較良好的脱氧。加入硅鉄, 强化脱氧, 并在出鋼前 2~3 分钟内, 加入 0.08% 的鋁, 即行出鋼。

(6) 該鋼种因含錳較多, 鋼液流动性較好, 而鑄件壁亦較厚, 为了减少包子耐火材料受侵蝕, 避免包子漏鋼、鑄型側箱及鑄件粘砂, 以及防止裂縫等缺陷的形成, 采取低温快澆的方式为宜。鋼液澆鑄温度应控制在 1420°C (高温計不加校正讀数)。

## 2. 鑄造工艺

鑄造工艺中应特別注意下列几个重要問題。

(1) 鑄件的拔銷 为了消除鑄件的中心疏松, 采用加衬金的方法, 使之自下而上形成显著的温度梯度与完全的順序凝固。衬金量的大小按图 1 所示。

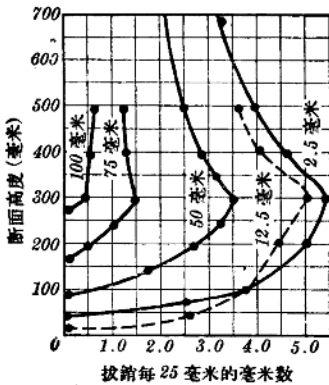


图 1

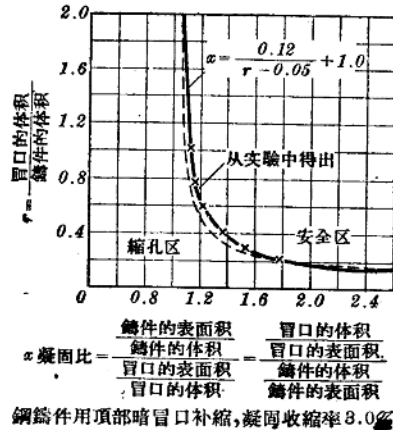


图 2

(2) 冒口 采用冒口的大小可参閱图 2。一般容器筒体的工艺出品率在 64% 左右, 封头的工艺出品率略低一些。为了减少冒口的鋼水消耗量, 提高鑄件的工艺出品率, 可采用冒口加氧的方法。氧气的吹入压力为 1~2 公斤/平方厘米, 吹入冒口的深



度为 50~100 毫米。在加氧过程中，間断加入硅鉄粉、炭粉，这样可使冒口的补縮率大为提高。但是在天热的时期，可改用冒口加发热剂，以改善操作条件。发热剂的成分是鋁粉 4%，木炭粉或煤粉 28%，硅鉄粉 50%，氧化鉄粉 18%。发热剂的加入量按冒口頂面积計算，为该面积的 0.5~1 倍，单位以每平方分米的公斤数計量。

切割冒口的温度应大于 200°C，否則易造成切割裂紋。

(3) 澆铸系統 筒体采用阶梯式非封閉澆鑄系統，內澆口之間的距离約为 500 毫米，除底部內澆口外，其余內澆口与筒体成切綫并向上傾斜 15°，这样可使鋼液內的渣子杂质很容易的浮至鋼液表面。

(4) 泥芯 泥芯的做得好坏，关系到鑄件是否会产生表面裂紋，所以是一个十分重要的問題。在泥芯內摆一根四周钻有小孔的无縫鋼管，管子上繞有稻草，并每隔 500 毫米左右套一鋼圈，鋼圈上繞有 5 毫米的圓鉄絲，然后扎泥芯骨，形如灯笼壳。用这样的泥芯骨做出来的泥芯，它的退让性是較好的，可消除鑄件表面的裂紋。

按照上述工艺上海汽輪机厂已經做到筒体不产生廢品。

### 3. 热处理工艺

象鑄鋼高压容器这样大型鑄件的热处理工艺，按其化学成分的不同可分为三类：

(1) 扩散退火+正火+回火(图 3)

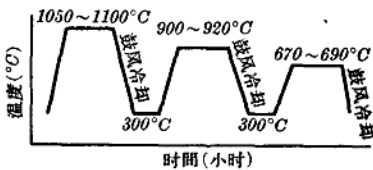


图 3

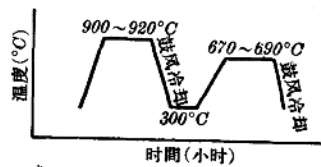


图 4

这一类热处理适宜于錳鈳、錳鉬等鋼种，重点是要掌握均匀地鼓风冷却。

(2) 正火+回火(图 4)

这一类热处理适宜于錳鋼(如 L0Mn 25, 含錳在 1.2~1.5% 之間)。

(3) 高温退火(图 5)

这一类热处理适宜于普通低碳鋼(如 25 号鋼)。

以上所述热处理的方法，是为了保証各鋼种可以获得良好的机械性能。鑄鋼件不同于鍛鋼，其組織較为稳定，因此，加热温度与保温時間都要求較一般鍛鋼为长。

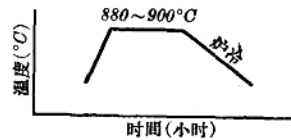


图 5

在扩散退火时应特別注意鼓风冷却，否則扩散退火的收效不大。当鋼的化学成分 C=0.20~0.23%，Mn=1.2~1.5%，S、P≤0.030% 时，經上述热处理后，机械性能中的塑性指标特別良好， $\delta_5$  可大于 25%， $\psi$  可大于 50%，韌性指标  $\alpha_K$  可大于 8 公斤·米/平方厘米。

这說明鑄鋼經過妥善的热处理,其机械性能与鍛鋼是极为近似的,而且不若鍛鋼有纖維組織,引起縱橫向机械性能不均。这一点正切合容器的具体要求,运用了“鑄”的优点,它是如何看待鑄与鍛的重要問題之一。

必須說明上述推荐的热处理工艺不是不可变动的,它仅仅指出某种鋼种适宜于某种热处理,而不是必須采取这种热处理,主要还是根据机械性能的要求,选取經濟效果較高的热处理工艺。

#### 4. 焊接工艺

鑄鋼高压容器仅有环縫焊接。由于环縫剛度大,焊縫深,我們必須考虑这些特点,来研究适当的焊接工艺。目前我們已焊过的环縫,最薄的为66毫米,最厚的为300毫米;主要采用电渣焊。电渣焊是先进的工艺,以前我們用手工焊一道須87小时的环縫,采用电渣焊只需四小时半,不但速度相差悬殊,而且操作条件良好。由于电渣焊的焊縫有特殊的柱状結晶,这种結晶有良好的抗裂性,所以电渣焊不但工艺性良好,而且能保証质量。但是电渣焊由于熔池温度高,焊后的焊肉部分为鑄态組織,热影响区是粗大的魏氏組織,所以必須再經過正火和回火处理,才有可能改善其机械性能。这个先进工艺也只有鑄鋼容器可能采用,因层板容器不宜作高温热处理,所以也不能采用这个先进工艺。

## (二) 探 伤

探伤是决定高压容器是否能安全使用的重要工序。近代的探伤設備中,超声波、 $\gamma$ 綫、磁粉最适宜于鑄鋼高压容器,綜合运用这些方法能得出容器表面与内部缺陷的完善結論。

鑄件經加工后,用超声波多次反射法能发现很小的缺陷。一般如集中的疏松及个别的縮孔,采用多次反射法是极易发现的。此外对鑄件的晶粒度,夹杂物的聚集也可利用多次反射的超声波的衰减与增加进行判断,因此也可利用这个原理判断每节筒体机械性能的相对高低。我們在爆破試驗中,曾采用电阻应变片驗證探伤缺陷部位的早期屈服現象,事后并采用 $\gamma$ 綫摄影研究缺陷面积,与超声波所判断的面积相比較,也曾进行了一系列解剖后的观察,都証明了这种探伤方法的可靠性。通过鑄鋼高压容器的爆破試驗,无损探伤的技术也随之迅速发展。

在鑄鋼高压容器的驗收条件中,規定采用超声波与 $\gamma$ 綫的联合探伤,作为决定鑄件内部缺陷的主要根据,而用磁粉探伤,作为决定表面缺陷的主要根据。

不論是鑄鋼或鍛鋼或鋼板,要它在工艺过程中不产生缺陷是不现实的。准确地发现缺陷固然重要,但是更重要的是怎样正确地对待缺陷。我們只有认真地分辨缺陷的类别、形状、大小、分布和部位,才有可能正确地判断缺陷的危害性。鑄鋼高压容器可以做到胸中有数,能够防患于未然,这不是层板式容器在探伤問題还没有全部解

决之前所能办得到的。

无损探伤是验收的重要依据，以前认为鑄鋼高压容器的验收和探伤条件高了一些，现在实践已证明它是切合实际的，既保证了容器的安全可靠，在生产掌握上也是不困难的。

### (三) 設 計

鑄鋼高压容器設計中的重要問題为安全系数与鋼种的选择。我們一方面根据它和工艺、探伤及验收条件相互联系的整体概念，另一方面通过认真的試驗研究，具体分析实际数据，并結合国内的資源情况，推荐較适合于目前条件的安全系数与鋼种。

#### 1. 安全系数

通过鑄鋼高压容器的大量爆破試驗，我們掌握了容器爆破前的各种性态，从而选用了以第四强度理論为依据的設計計算公式，并且也掌握了該計算公式在不同条件下的誤差范围。

关于金属材料性能的誤差，曾作了系統的分析，我們在厚壁鑄件上切取数百个关于鑄件内外表面区、中心疏松区、近冒口及非冒口端的試样，作了化学分析、金相及机械性能試驗。

由于以上的分析研究，使我們完全有条件按照 И. А. 奧金加的方法，将安全系数推导出来。

其中公式准确性的系数  $K$ ，按已进行的圓筒形容器的大量試驗，与計算式比較，誤差約为 5~7%，因此取为 1.07。

試驗誤差系数  $M$ ，按筒壁上取样的屈服点偏差的平均值为 8%，和筒壁的内、中、外部的机械性能最大偏差为 16% (計算时采用平均值)，所以  $M = 1.17$ 。

基本安全系数  $S$ ，考虑了工件的重要性，取較高值为 1.5。

結合当时工艺水平，又考虑对鑄鋼高压容器允許存在某一限度的疏松缺陷，特測定疏松严重区筒体的屈服压力，肯定了早期屈服数据，采用最不利情形的系数 1.21，借以提高安全性。

因此求得总安全系数  $S_F$  为 2.26 (采用 2.3) [2]。

由上可見，鑄鋼高压容器的安全系数較其他类型高压容器并不过大，在工艺上已能完全得到保証，而且现在上海的工艺水平正在显著提高，因此安全系数还可相应降低。象其中最后一項系数，已有修正减小的建議。

#### 2. 鋼种

选择鋼种时，除了要考慮容器的特性、工艺条件和資源情况外，正确地处理机械性能中强度指标和塑性指标、韌性指标之間的关系是十分重要的。在鑄鋼高压容器

中塑性指标比强度指标更为重要。例如：在无冲击载荷和工作压力为 320 大气压以下的容器，我們建議  $\delta_5 \geq 20\%$ ，参考孔歇尔教授的意見，我們建議  $\alpha_K \geq 5$  公斤·米/平方厘米。

根据塑性指标  $\delta_5 \geq 20\%$  的要求，容器壁厚較大时，为增加淬透性应略加合金。反之，压力較低壁厚較薄时，就可采用普通低碳鋼（例如壁厚在 150 毫米以下， $\sigma_B \leq 25$  公斤/平方厘米）。压力較高时，可提高含錳量。錳在我国丰产，錳鋼不独强度高、塑性好，而且焊接性能也好（例如  $\sigma_B = 28$  公斤/平方厘米，可选用含 C=0.23%、Mn=1.2~1.5% 之間的低合金鋼）。

鑄鋼的延伸率  $\delta_5 \geq 20\%$ ，并不低于鍛鋼，它的屈服相距爆破又有漫长的过程，因此只要容器沒有发展性的缺陷，是完全可以保証安全使用的。它和层板式容器相較，不仅节省国家的板材，就是针对容器的本身要求，也可掌握选择材料的主动性，有其显著优点。

### 三、对鑄鋼高压容器几个問題的探討与建議

通过鑄鋼高压容器的科学实验、生产实践和理論探討，可以使广大工作者从自己的亲身经历中，看到鑄鋼容器已經取得的巨大成就，看到这許多成就的来由，看到当前存在的問題，看到今后更加光明的前途。但是由于鑄鋼高压容器到底还是一个新生的事物，在学术論点上难免有不同的見解，为了早日弄清情况，有利于选定高压容器的主要型式，进行大量生产，这里就几个主要問題，提出我們肤淺的看法，請大家討論，并帮助糾正。

#### （一）关于鑄鋼质量的掌握問題以及是否只能鑄造小容器等問題

鑄鋼高压容器质量可以掌握，已是客觀存在的事实，不仅从理論上可以說明它，而且在实践中已經得到了証明。但是，这并不等于說“不必掌握，或可以随便掌握”。可能某些厂或者拟訂的工艺錯誤，或者技术管理制度混乱，不按工艺規程办事，这都属于不掌握之列，并不是不可掌握。我們應該积极地消除这种不掌握的混乱状态，要科学地严肃地建立可掌握的生产秩序。要求达到加工的鑄件廢品率不超过 5% 的指标，是完全可能的。至于小容器可用鑄鋼，那是根据 1958 年試制成功的并获得了当时鉴定會議通过的內徑 420 毫米容器來說的，要知这一規定，决不是一成不变的，它应随着工艺水平的发展而发展。我們在 1959 年曾試制了 700 与 800 毫米內徑的容器，經過爆破試驗情况良好，而且 800 毫米內徑的鑄鋼容器，已經安全地使用了二年，現在應該完全有条件和有必要修正 1958 年的規定了。目前，鑄件不論大小，都可获得良好的质量，这在科学理論上和生产实践中都是已經有了定論的。

## (二) 关于鑄鋼容器的耐高温問題、耐腐蝕問題 以及鑄鋼性脆危險性大等問題

容器承受內压的大小与材料的强度有关,而高温蠕变、耐腐性能則与鋼种有关。拿鍛鋼容器或层板容器来說,如果采用了不适宜的鋼种,又何尝能够耐高温、耐腐蝕呢?何况經過上海汽輪机厂和上海化工研究院的試驗証明,同样的鋼种,鑄鋼的耐腐性能要比鍛鋼还要好一些。关于鑄鋼是不是“性脆”的問題,主要决定于化学成分是否合格,热处理工艺是否正确。如果化学成分不合格,热处理工艺不正确,那末鍛鋼又怎能例外呢?試驗已經証实,凡是合格的鑄鋼,經過了正确的热处理工艺,它的塑性指标达到 $\delta_5 \geq 25\%$ ,  $\psi \geq 50\%$ , 韌性指标达到 $\alpha_K \geq 8$  公斤·米/平方厘米是常見的事(參閱前节“热处理工艺”)。且在鋼种选择时,就已經考虑到这些指标的下限(參閱前节“鋼种”),充分說明了工艺和設計就已重視鑄鋼高压容器中的塑性指标。值得注意的倒是冷脆問題。鑄鋼容器能够通过热处理来消除残余应力,最大限度地降低冷脆危害性,层板容器在未能改善焊接应力之前,可能存在着冷脆破坏的病源点,倒不容我們忽視。

有些人对鑄鋼高压容器确是存在着顾虑,特别是把它与层板式相較之下更加不信任鑄鋼式。我們想,最大的顾虑莫过于容器的爆破,但是对容器的爆破問題,不可籠統的对待,必須严格分清两种情况。一种是在容器使用过程中的爆破,應該給予充分的重視;另一种是在爆破試驗情况下的爆破,它的性质和前者完全不同。在容器使用时,工作应力远在屈伏点以下,要使这种应力超过屈伏极限須加相当大的压力。若要使容器发生象爆破試驗中的破裂情况,則必須经历漫长的塑性变形过程和达到更高的压力。但是,在工作应力下发生的爆破,倒不是不可能的,主要是由于内部缺陷的发展而造成的。内部发展性的缺陷,主要是裂紋。按照工艺特点,层板式容器在焊縫中产生内部裂紋的可能性,远較鑄鋼的为大。通过层板焊縫的解剖,也确实发现过裂紋的存在。内部缺陷只能依靠无损探伤来发现,可是层板式的目前还不能采用无损探伤,而鑄鋼式的可以采用无损探伤,因此确实能够保証质量的,倒是鑄鋼式容器而不是层板式容器。何况制造层板式容器仍然使用相当落后的工艺,象高压容器那样要求高的产品,是不是就大量推广层板式,倒是值得商榷的問題。

現在用鑄鋼制造高压容器,不仅已經可以掌握它的冶鑄、焊接、热处理等工艺,特别是可以采用先进的探伤技术,而且生产过程中的工艺先进,工时較少,周期較短,場地節約和管理便利,既提高了經濟性,也有利于大量生产。总之,鑄鋼高压容器是可掌握的、可靠的、优越的,是适合国内条件的較好型式,决不是因陋就簡的产物。我們坚定不移地认为这真是在总路綫光輝照耀下,解放思想和科学分析相結合的产物,它是确实符合多快好省原則的优良产品。我們慎重地推荐鑄鋼高压容器应成为我

国生产高压容器的主要型式,希望引起大家的兴趣,展开深入的探討。我們深信鑄鋼高压容器的迅速发展,将对国民經济,特别是化肥工业的迅速成长有十分重要的作用。

最后,由于高压容器的安全性居于头等重要的地位,因此要确保高压容器的安全使用,生产工厂的主觀努力是很重要的。在国家机构中建立监督和研究部門也是不可缺少的。通过加强领导采取一系列的有效措施,如拟訂設計、工艺、验收及維護法規等,务使各設計、生产及使用单位认真严肃地对待这种事关人命财产的重要設備。为此我們建議有关部門能及时采取下列措施:

(1) 建立拟訂和执行高压容器的設計、制造、验收及維護条例的监督机构。

(2) 各生产厂建立责任制,容器出厂必須附有詳細叙述容器质量的出厂証明文件。这个文件上,必須有生产厂的主要負責人的签章。

(3) 鉴于目前高压容器的迅速发展,品种多、数量大、要求高、使用条件又各不相同,可以估計到存在的問題是广泛而复杂的。因此及早建立专責研究单位,組織群众性的学术团体,来探討和解决实际与理論上的問題,当对高压技术的进一步发展,可起显著的推动作用。

本文写作过程中承蒙上海汽輪机厂丛勉总工程师提供有关冶鑄資料,四方鍋炉厂王云璋工程师提供制造鑄鋼与层板容器經济分析的对比資料,上海材料研究所陈祝年工程师提供有关探伤資料,以及上海化工研究院段纯洁主任、华东化工学院凌容教授、上海化工医药設計院竺基梅工程师等同志提供了不少宝贵意見,特此致謝。

### 参 考 文 献

- [1] 上海市鑄鋼高压容器总结委员会,鑄鋼高压容器总结,1960年4月編印。
- [2] 上海市机械工程学会主編,机械制造,9(1959),44~55。
- [3] 一机部技术情报所編印,国内外高压容器概况。

# 錠杆毛坯的热軋成形

周先榮 張克華 趙 濱 胡文義 徐尉平 沈培孫  
(国营上海第二紡織机械厂)

【摘要】 精紡机中主要零件之一——錠杆采用先进的自动热軋的新工艺提高了生产率，便于自动化。本文簡要地介紹了机械傳动式热軋机的特点。对有关橫向螺旋軋制的几个技术問題提出了探討和研究，如軋軋头的几何形状、工件的軸向进速等；对坯料在热軋过程中显微組織的变化还作了試驗和研究，从而导出了适宜的軋制温度，并証明淬前不再球化处理的合理性。此外，本文还談到了对軋制前坯料的要求及应注意的事項。

## 一、概 述

錠子是許多紡織机器上的主要部件，它在細紗机、捻綫机以及許多毛、麻、絲的紡机中起着重要的作用，而且每台用到錠子的机器，所裝錠子的数量总是很多的。

現代紡織工业要求很高的錠子轉速，現在已达 15,000 轉/分以上，因此，对制造錠子的技术条件要求很高。在制造过程中，任何一些細小的毛病，都能引起錠子的振动和跳动，从而增加了紗綫的断头率，并使錠子上的主要零件过早地磨損。

錠杆是錠子的主要組成部分之一。无論在設計上或制造上，大部分的錠子缺点，主要是由錠杆本身造成的，所以錠杆的制造过程是值得我們加以研究的。

錠杆的杆料是 GCr 15 滾珠軸承鋼(也可用 GCr 9 或 GCr 6 代替)，精度和光洁度的要求很高。图 1 所示是細紗机上滾柱軸承錠杆的一种。在滾柱軸承錠杆上，起滾动作用的圓柱頸部，它的直徑尺寸的允許誤差，限于 2 級公差。圓柱頸部在长为 15

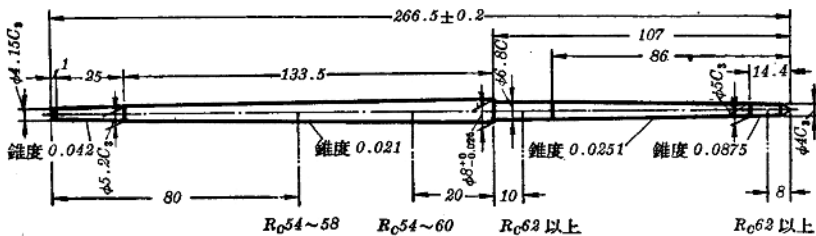


图 1 滾柱軸承錠杆

毫米範圍內，它的錐度不應超過 0.005 毫米，橢圓度也不准超過 0.005 毫米。最後在兩 V 形塊上檢查錠杆時，沿其全長任一截面處的徑向跳動量，不應超過 0.01 毫米。不難理解，要達到這樣的精度，決不單是最後精加工的任务，而一定要在每道工序上予以很大的注意和努力。

解放十年多來，在黨的正確領導下，錠杆的制造工艺也進行了不斷的革命。最初，錠杆在熱處理前的毛坯加工採用車削的方法，這樣不僅占用的機床很多，勞動生產率很低，而更主要的是材料利用率很低，僅達 45%。從質量方面來看，由於錠杆的剛性很差，冷加工時本來已容易變形，而為了提高生產率，車削時又要求吃刀較深，走刀次數較少，因此車削出的錠杆毛坯，彎曲度很大。而且車削錠杆毛坯要換裝兩次，所以錠杆毛坯的直綫性不好，在熱處理前必須進行校直。但由於車削方法所用的設備及工具比較簡單，因此直到目前為止，還有不少的紡織機械廠採用這種方法。

1957 年上海第二紡織機械廠（以下簡稱“二機”）開始採用轉錘機冷鍛壓的方法來製造錠杆毛坯，每根錠杆所需的滾珠軸承鋼僅為原來車削的三分之二（由於鍛模供應不上，只鍛長錐度的一端，節約原材料量亦僅計算這一段），勞動生產率也有所提高，而且能獲得較高的精度和光潔度，可以直接代替切削加工。但是轉錘冷鍛成形要經過六道鍛模，工序仍嫌太長；特別是鍛模的損耗較大，必須備有大量的鍛模；而鍛模的加工量很大，鍛模的材料及熱處理要求又高，且在實際使用過程中，鍛模常易龜裂，需要更換，因此在鍛模供應上形成很大的負擔，工具費用大為增加。此外，在冷鍛毛坯中，由於分段冷鍛，錠杆毛坯的同軸度及直綫性也是不能令人滿意的，而且冷鍛應力顯著存在，分布又是不均勻的，這不但對以後的加工變形（熱處理及磨削）影響很大，甚至在使用中也會產生變形。

為了解決上述的一些問題，就要求對錠杆的加工工藝作更進一步的改進。在黨的支持和鼓勵下，二機以三結合的方式創制了一台機械式的錠杆熱軋機。1959 年開始採用了錠杆毛坯的熱軋工藝，單根錠杆的熱軋時間約為 12 秒，勞動生產率提高 5 倍以上，材料利用率達到 80%，而且軋輥鑲頭的製造比鍛模的製造大為省工省料。此外，在質量上用熱軋方法製出的錠杆毛坯，其直綫性很好，可以省去熱處理前的毛坯校直工序，這是值得注意的一點。

現將二機過去生產錠杆毛坯的方法（即轉錘機帶車削<sup>①</sup>）與熱軋工藝作一比較（詳見下表），從表中就可以看出熱軋工藝的優越性。

所以無論從經濟上和質量上來看，熱軋錠杆毛坯是比較理想和先進的工藝。

<sup>①</sup> 轉錘機帶車削是指錠杆的上半段用轉錘機冷鍛，下半段用車削。其原因即為上文所談鍛模供應不上，故二機雖有轉錘機 4 台，也只能冷鍛半段。



轉錘機帶車削與熱軋機的對比表

加工方法	對 比 項 目						
	定額工分	材 料 定 額			需用機床	勞 動 力	工 具 損 耗
		重 量	價 格	每根長			
轉錘機帶車削	每根 1.072 工分	0.099×416 =41.18 公斤	41.18× 1.7 =70元	192 毫米	轉錘機4台, 車床11台	轉錘機17人(包括 3個研磨工),車 工14人,共31人	轉錘機鍛模每副 40元,每月30副 全年14400元
熱軋機	每根 0.72 工分	0.082×416 =34.11 公斤	34.11× 1.7 =57.99元	165 毫米	熱軋機3台, 小沖床1台	熱軋機3人(看 管2台),沖及磨 尖頭3人	軋輓鑽頭每副30 元,每月10副, 全年3600元
節約量	壓縮 32.84%	每台節約 7.07公斤	每台節約 12.01元	縮短 27毫米	節省機床 12台	節省勞動力 25人	節省工具損耗費 10800元

## 二、熱軋方式及變形分析

熱軋工藝在冶金工業方面早已獲得廣泛的應用,但應用於機械製造工業方面,還不過是近十年來的事情。根據蘇聯資料,熱軋機所以能連續軋制不同截面,是由於具有下列特性:

(1) 來自三個軋輓的橫向力(此壓縮力是變化的)以及軋制過程中的拉力,迫使工件變形。

(2) 工件的螺旋運動,此螺旋運動是由熱軋機機架上的軋輓對工件軸綫傾斜一定角度而獲得的。

根據這些主要特性來軋制的工藝過程,就稱為橫向螺旋軋制法,這種新機器就稱為三軋輓連續熱軋機。

圖2是蘇聯資料上所介紹的液壓式三軋輓連續熱軋機的示意圖。在熱軋機機架上有一個可動的液壓缸,與軋制件中心綫垂直,分布成120°的角度。軋輓的軸承就裝在液壓缸上面,這些液壓缸的活塞(拉杆)固定在熱軋機的機架上。軋輓接近或離開工件的運動,由液壓缸活塞控制。

為了使液壓缸的移動自動化,故用仿形裝置操縱。仿形裝置的觸指靠在靠模板上,靠模板與拉引裝置的支架是剛性連接。這樣,靠模板運動的速度與金屬從軋輓中出來的速度完全一樣。按照靠模板的形狀,工作軋輓在規定範圍內接近或離開,相應地隨軋制件的拉長而改變着軋制件的直徑。

圖2中的軋輓是圓盤形的(見圖3),此外也有用圓錐形(圖4)。採用圓錐形軋輓的機架結構稍為複雜一些,但可使用較大壓縮量來軋制。採用圓盤形軋輓軋制時,壓縮量  $\xi = \frac{d_0}{d_n} \leq 1.6$ , 而採用圓錐形軋輓,壓縮量  $\xi = 2.0 \sim 2.4$ 。