



 **gandai zhuzao**

国外现代铸造

上海科学技术文献出版社

国外现代铸造

上海机械工程学会铸造学组 编

*

上海科学技术文献出版社出版

(上海高安路六弄一号)

新华书店上海发行所发行

上海新华印刷厂印刷

*

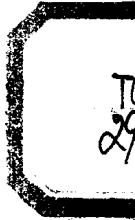
开本: 787×1092 1/16 印张: 7.5 字数: 188,000

1980年1月第1版 1980年1月第1次印刷

印数: 1—7,800

书号: 15192·61 定价: 0.95元

《科技新书目》143—85



TG2
2974

前 言

《国外现代铸造》为一本铸工方面综合性的不定期译丛。它主要介绍材料、工艺、设备等铸工新技术、新方法和新理论;内容涉及生产实践,科学研究和技术教育等各个方面;并拟每期选登一些国外铸造学会的活动和铸造新工艺、新设备展览会的报道,以及铸造新书籍的出版消息。

铸造技术,也与其它学科一样,近几年来发展很快,它经历了机械成型、化学成型和物理成型时代,现已成为密切结合物理学、化学、数学、力学、电子学等的一门综合性学科,广泛应用于空间、水下和陆地的各种工业部门。它本身包括各种造型材料和铸造合金材料的研究,也包括造型制芯等新工艺方法的创造,更包括成型过程中各种理论的探讨。

为了尽速报道读者所需的资料,本译丛将以综合性和专辑两种形式出版。

由于时间仓促,水平有限,错误之处一定很多,敬请批评、指正。

上海机械工程学会
铸造学组
一九七九年四月

目 录

1. 国外铸造科学技术的发展动向..... (1)
2. 英、法、奥、西德的铸造技术教育〔英国〕 T. D. Law (7)
3. 系统砂的管理〔日本〕 若尾芳之 (17)
4. 高压造型中的型砂压实和砂粒破碎
.....〔西德〕 Dietmar Boenisch Bernd Köhler (25)
5. 芯砂对膨润土回用砂的影响 ...〔西德〕 Eicke Brümmer Werner Lautzus (34)
6. 模板材料磨损或侵蚀的研究.....〔美国〕 R. D. Maier J. F. Wallace (39)
7. 紧密石墨铸铁中镁作用的稳定性〔罗马尼亚〕 I. Riposan L. Sofroni (43)
8. 紧密石墨铸铁用于柴油机铸件〔美国〕 R. R. Oathout (49)
9. 高强度、高延性球墨铸铁〔美国〕 John Dodd (52)
10. 稀土对铸铁组织和性能的影响〔美国〕 Michael J. Lalich (60)
11. 铝硅合金稀土变质剂〔印度〕 R. Sharan N. P. Saksena (66)
12. 怎样防止结构件的脆断〔美国〕 Casting Engineering 编辑部 (72)
13. 灰铸铁的断裂韧性.....〔西德〕 E. Hornbogen J. M. Motz (75)
14. SAE0030 铸钢和 SAE1020 热轧钢在疲劳与
断裂韧性方面的比较〔美国〕 R. I. Stephens 等 (81)
15. 冲天炉熔炼的现状〔日本〕 加山延太郎 (94)
16. 铸铁熔炼方法和设备的选择...〔苏联〕 Л. М. Мариенбах Ю. С. Сухарчук (96)
17. 汽缸盖的重力浇注及低压铸造〔法国〕 J. H. LeFebvre (100)
18. 第九届国际压铸会议.....〔西德〕 Wolfgang Büchen (105)
19. 熔模铸造年度综述〔西德〕 Jacques Doelman (110)

国外铸造科学技术的发展动向

一、铸件的数量和组成

在1960年到1970年的十年中,铸件的数量除日本有较大的增长外,其他国家的增长率都不大(见附表)。1970年以后,特别是中东“石油危机”以来,除苏联外,从1974年起产量反而下降,一直降到1976年。1977年的产量有所回升,但仍未达到以前的最高年产量。铸件的净吨数虽然减少了,但因铸造工艺的改进,材料性能的提高,使铸件壁厚

附表

国别	铸件总年产量(吨)	铸件 平均年 增长率	铸件总年产量(吨)	
	1960年→1970年		73年	76年
美国	1300多万→1600多万	2.5%	1990万	<1700万
苏联	1550万→2100万	3.5%	2300万	>2600万
日本	300万→700万	>13%	710万	<700万
西德	450万→530万	1.8%	530万	<500万
英国	330万→440万	3%	440万	<400万
法国	200万→305万	5%	300万	290万

减薄,重量比50年代时至少减轻三分之一,所以铸件的实际数量还是增加的。此外,美国和西欧的铸工厂数目逐年在不断减少,而致力于发展中、大型工厂的专业化生产,提高机械化、自动化程度;采用计算机辅助设计(CAD)和计算机辅助制造(CAM),在某些工序上装设机械手、机器人以解脱人的繁重劳动。由于在流水线上已能快速更换型板,所以流水生产也迅速推广到小批生产中来,至于在合金材质和工艺方法上,国外取得很大进展,所以铸件的质量不断提高,而成本趋于降低,劳动环境也逐渐改善。例如美国通用

汽车公司把原来由十个铸钢件组合装配成的汽车转向节,改用一个球墨铸铁件(预先放两个钢质埋头螺钉),年产超过二万吨,这些球铁件不但成本降低,而且性能更为可靠。

所以铸造技术的总趋势是高产、优质、低成本,和改善劳动条件。

从铸件组成来看,球铁在逐渐代替铸钢。西欧的球铁产量在很多国家里已超过铸钢产量。铝合金铸件增长较快。美国1960年为35万吨,1976年为83万吨,它的应用范围在不断扩大。如汽车的汽缸体、汽缸盖、进气管、变速箱壳等运输机械零件都将换用铝合金。美国波音飞机公司正在研究用铝合金铸造机舱隔壁等大零件,据说可降低成本30%;铜合金铸件的产量在下降,美国1966年为45万吨,1976年为25万吨,锌合金铸件也在减少,并沿着薄壁(1毫米左右)的方向改进。

塑料工业的发展迫使铸件性能提高,重量减轻,否则将被塑料取而代之。

近年来,三耐铸件(耐磨、耐热、耐蚀)的研究课题是在薄壁、高强度、低温及高压时的性能稳定性等。例如加入0.2%钒的合金钢铸件以求满足低温的需要。

二、铸造合金及熔炼

1. 蠕虫状石墨铸铁(紧密石墨铸铁)

蠕虫状石墨铸铁是最近国际上出现的一种新材料,这是一种薄壁、高强度的“特种”灰铸铁。英国的摩罗(Morrogh)教授首先对这种铸铁进行了研究。它具有接近灰铸铁的良好铸造性能,又具有接近球墨铸铁的高强度。

其导热性介于灰铁与球铁之间,所以它具有自己独特的性能。其生产途径主要有:

(1) 用纯镁处理球铁时:残余镁量达不到完全球化,则有时会获得蠕虫状石墨。该方法1949年获得美国专利(U.S.P.2485760),残余镁量要求控制在0.015~0.020%之间,因为过高将成为球铁、太低又成了片墨铸铁。由于残余镁量的控制范围很窄,所以在实用上有相当困难。

(2) 如把获得蠕虫状石墨的残余镁量的控制范围扩大,则就能付诸实用。例如当存在0.15~0.50%的钛及0.001~0.015%的稀土金属时,残余镁量范围即可放宽到0.005~0.06%;当原铁水含硫量小于0.035%时,只要加入含钛7%、含铈0.3%的镁-铁-硅合金0.75~1.5%,即能得到蠕虫状石墨。该法是当前用得最多的多元合金处理法。此外还可加入铋、锑等元素(U. S. P. 3421886)。

(3) 通过吹氮气或在炉料中加入较多废钢的方法提高铸铁的含氮量。按摩罗教授的数据,氮量应为50~100ppm,由于控制这个量极为困难,过多以后将会产生分散性裂纹和气孔,所以还不能实用。

(4) 当铁水高度脱硫(用钙),使硫含量低到小于0.002%,并使它快速凝固,此时所得到的蠕虫状石墨才称得上是真正的蠕虫状石墨(英国专利B.P.1316438)。

(5) 国外为生产这种铸铁,有现成的孕育剂商品出售,称为Oeflake,即浸镁钢屑块,压入铁水,即得蠕虫状石墨铸铁。

2. 低铝铸铁(含铝2~4%)

低铝铸铁具有强度高、壁厚、机械加工性好、抗热性好、吸震性好等优点,但在生产上稳定地控制还有问题,目前试用于排气管等,美国正在试验用于农机上。这种铸铁首先为比利时的迪赛(Desy)所发表,用2~4%的铝,使硅降低到0.6~0.7%,后来波兰用这种铁金属型铸造阀座,可省去热处理工序。

3. 低锰和铬锰合金耐磨铸铁

这种铸铁是近来出现的多种合金铸铁之一,1974年国际密烘公司已开始生产,商品名称为阿锰镍铁(AIMANITE),有铸态、热处理、球铁等系列,用于耐磨或带冲击的地方。如果对性能要求高的话,可加0.5~3%钼、1~2%铜或提高铬含量,这样可代替镍硬铸铁,甚至高铬铸铁。

4. 球铁

球铁的世界产量不断上升,技术不断发展。美国1976年生产200多万吨,用于铸管及汽车工业。在西欧及日本的发展速度也非常快。

球铁生产的关键是低硫铁水。国外在这方面做了许多研究,例如多孔塞、吹气加 CaC_2 脱硫、摇包加 CaC_2 或 CaO 脱硫、还有喷射法、搅拌器、顶吹喷粉等方法。各种方法有着自己的特点,视条件、要求和经验等来选择。

型内球化是国外新工艺之一,它是英国材料及工艺公司在1972年研究成功的一种方法。在浇注系统里开辟一个反应室,球化剂放在反应室里,当铁水流入与合金反应后,不断球化而相继进入铸件型腔。其优点是:

(1) 处理时没有镁光、烟尘,劳动条件大为改善。

(2) 球化剂的吸收率高,故可减少球化剂的加入量,节约了原材料,且铸件质量得到提高。

(3) 防止大包处理时可能发生的衰退现象。

(4) 由于加入剂的种类和数量可以按铸件要求不同而分别对待,所以能“有的放矢”提高这种工艺的适应能力。

1976年意大利菲亚特公司的新铸铁厂采用型内球化,生产甚为稳定。

目前存在的问题是:单件、大件的经验积累得还不多;反应室占有砂箱的有效面积并最终占有一定量的铁水;对原材料、球化剂及铁水的成份、温度等要求较严,并要求保持稳定。此外还有大量流水生产中的质量检验问

题。

在型内球化基础上,目前发展了流动处理法(Flotret),其特点是:均匀熔吸球化剂的要求可以降低,因为它最后进入中间包,而同样保持了在密封条件下反应的优点。调整方便、保证撇渣,此法已列入英国专利(B.P. 1311093 及 B.P.1278265)。

日本和英国都在发展球铁曲轴。如日本东洋工业采用金属型复砂技术,壳层为3毫米的树脂砂,所生产的曲轴没有冒口,也没有疏松,利用铸态余热进行处理而不再进行正火,金相稳定,强度、硬度有提高。

5. 铸铁的熔炼

由于能源及污染问题,铸铁熔炼有了变化。美国从1957年到1975年间冲天炉减少了60%左右,很多小炉子停产了,而感应电炉在这期间增加了200%。但占铸件量的70~80%仍是冲天炉熔化的。美国近年还建造了100吨/时的冲天炉,因为大炉子的空气净化等措施容易实现,加以美国的焦煤多、焦炭质量好,所以冲天炉的地位仍然很重要;至于在西欧国家,除瑞典为污染问题而全部采用电炉外,铸铁的80%也是冲天炉熔化的。在炉子结构上,从一排风口发展到二排风口,排距为900毫米,节约了焦炭,提高了效率。

英国的冲天炉发展炉外热风(500~800°C),大炉子从蓄热室预热空气,小炉子用油或煤气强化燃烧。此外冲天炉加氧可节约焦炭,有的可达30%,同时也广泛采用冲天炉-电炉双联以取长补短。

为实现流水生产,国外设计中配备有各种保温炉,典型的是瑞典ASEA公司的工频有芯感应电炉,它在世界范围内得到使用。

6. 铸钢

铸钢领域里合金钢的比例在增加,发展Mn、Si-Mn、Cr-Si-Mn及含少量钒的钢铸件,工艺上广泛使用孕育处理,以降低有害杂质及脱氧,目前在Si-Ca基础上发展Ba,已有Si-Ba、Si-Ca-Ba等品种,有时用Ce-Fe

等进行辅助孕育,加入稀土硅铁的效果也好,例如用于挖掘机零件,能提高低温下的使用寿命。此外用真空熔炼,真空浇铸,惰性气体处理,熔渣处理,超声波处理等以求提高材质质量。工艺上推广发热剂及电弧加热以提高冒口效率,从而提高钢水利用率,如日本小松制作所借此措施,钢水利用率就从60%提高到85%。电渣熔铸技术已能生产各种锭子及铸件,保证了大型工件的高质量,例如发电机转子轴、大型曲轴及空心圆管等等。

7. 铝合金

铝合金在减轻汽车等重量方面发挥着重大作用。对铝合金的要求是有高强度、韧性及耐磨性。美国GMC公司用过共晶高硅铝合金制成汽缸体,它可以不用铸铁缸套,其牌号为390,含Si 17%,Cu 4.5%,Mg 0.55%;日本对铝合金进行压铸及低压铸造。

铝作为模型板的材料是有它的优越性的,美国提出用含Cu 3.5~4%,Si 3~3.5%(当Cu>4%时,延伸率和韧性较差;若Si<3%,则浇注时流动性差),同时还含少量的Mn(0.5%)、Fe(<0.7%)、Zn(<0.3%)。这种铝合金比一般铝合金的硬度和强度高50%以上,并且浇注后放置十多天即自然时效硬化,模板寿命大为提高。

三、铸造工艺及设备

1. 冰冻造型

1976年英国布思(Booth)公司报道了用冰冻造型法浇出了重30公斤的铸件。冰冻造型法是将石英砂、水和极少量粘结剂混和后造型,然后用液态CO₂或N₂,吹入砂型而使其冻结,从而得到硬的砂块,浇注以后,可得到表面光洁的铸件。它的优点是干净,没有烟气,容易落砂,易于再生。如用于流水线生产,可搞一套机械冷冻设备。

2. 真空密封造型(又称V-法)

自从1974年日本在国际铸造年会上发

表示了此造型法以后,该法引起了各国的重视。其特点是使用塑料薄膜及负压而成型,它的型砂98%可以回用,毋需庞大的砂处理系统和设备,因水分造成的缺陷不存在了,它可以浇注薄壁铸件,能提高尺寸精度和表面质量,落砂清理简便,使劳动条件得到改善。

日本新东工业公司专利生产的V-法设备,已于1974年在国际上展出,并已有流水线成套装备向国外出口,其规格为 $2000 \times 1100 \times 600/250$ 、每小时30箱。1979年5月在日本召开了国际会议,讨论V-法工艺的提
高、开发及国际间关系问题。目前美国、英国、西德有三个厂商与日本新东协作,生产V-法装备。

3. 精密铸造

美国已开始用精铸生产球铁件,尤其对较易变形和尺寸较大的铸件,因球铁代钢,浇注温度低、流动性好,模壳的焙烧温度从 $870 \sim 1090^{\circ}\text{C}$ 下降到 $480 \sim 870^{\circ}\text{C}$,从而减少模壳扭曲与变形。美国把V-法特点用于熔模铸造生产汽车用透平叶轮,铸件精确而内在质量高、无气孔和缩孔等(钢水流动稳定、铸件冷却快)。铸件可做得更薄而复杂(真空吸入、无冲击与涡流);此法称为CLA法。

4. 压铸

在压铸向机械化、自动化发展过程中,主要问题是金属液的定量浇注(机械手、定量浇包及快速熔化技术),上料、下料及润滑、脱模等工序的自动化。

模具方面采用新型模具材料以解决黑色金属的压铸,例如TZM钼基材料($\text{Ti } 0.4 \sim 0.5\%$, $\text{Zr } 0.06 \sim 0.12\%$),经热锻后,有较高的高温稳定性;又有铜基材料($\text{Co } 0.5 \sim 1.0\%$, $\text{Be } 2\%$)。在压某些钢铸件时,其寿命比典型的压铸模具钢(3Cr2W8V钢)要高1.5~2倍。

工艺上推广真空压铸、充氧压铸、精密速密(ACURAD)压铸,以及复杂件的压铸,例如汽缸体的压铸,中型件就比较复杂,必须考虑工艺上的要求而适当修改设计。目前美国通

用汽车公司已压铸成功390合金的轿车发动机缸体,它只需要进行电化学处理即行,20~30件/时。其他国家如苏联、西德等也广泛使用大型压铸机(2000吨)来生产发动机缸体。

5. 泡沫塑料模干砂造型和“悬浮”造型

造型要求泡沫塑料模的比重轻($0.016 \sim 0.024$ 克/厘米³),其发泡珠粒为小珠粒(1.27毫米直径)。造好的泡沫塑料模内部含水约6~8%,需干燥后使用。目前美国在单件、小批生产中已把塑料模放入简单的箱子内,加入砂粒、震动紧实后就可浇注,不用粘结剂;模样上挂有涂料,要求塑料模很快气化而残留物极少。

“悬浮”造型是把泡沫塑料模放入砂箱内,用低压的空气使砂粒“悬浮”起来,即呈流态,然后让砂粒静止,再用负压使砂粒(可用细锆砂)紧贴在模样四周,把液体金属浇入,模样燃烧气化,形成铸件。最后再把空气通入砂箱底部,使砂粒再次翻动,因而铸件很易清砂和取出。

6. 湿砂造型和造型机

中、高压造型的迅速发展已取代震压造型,但目前认为压力不宜过高,一般控制在5~10公斤/厘米²,否则会引起砂型回弹和起模困难,甚至砂型断裂。硬度过高(95° 左右)反而引起铸件粘砂和气孔等问题(所谓“水爆炸”缺陷)。

无箱自动造型近年发展很快,因为它投资少、维修容易。尤其是无箱水平挤压造型,除了节省砂箱外,还可节省压铁、底板、套箱、浇口圈等,所以挤压造型线是最经济而紧凑的砂型造型线,丹麦迪沙(DISA)公司的无箱挤压造型机已有600多台正在全世界41个国家使用,其中最大型的装有计算机,如DISA2070系统即是由电子计算机控制的。此外英国、西德等也生产各类挤压机。例如英国生产的每小时最多生产750个砂型的挤压造型机,最大砂型尺寸可达 $1270 \times 1016 \times 406$ 毫米,还可改变为水平分型以适应下芯

需要。

也有厂认为有箱比无箱更能保证铸件精确度,特别是大件和复杂件,例如美国福特汽车公司某分厂的五条造型线完全采用 1420×940 毫米砂箱,大件是V-8型缸体,中件是缸盖和进、排气管,小件是油泵零件等,砂箱无箱档,上箱比下箱高100毫米,例如上箱高430毫米,重量为1460公斤,因而毋须压铁或砂箱卡子,这样就需要更多的型砂,但这使型砂周转后的温度变化更小,有利于控制型砂温度不超过 50°C 。目前最大的有箱自动造型机的砂型尺寸为 1626×1118 毫米,用于美国CWC厂。

四、其 他

1. 化学硬化砂

除了大批量生产中、小件(大于600型/班)时采用湿型以外,较小批量或较大件的生产大部分采用化学硬化砂,尤其是砂芯几乎全部使用化学硬化法,特别是不加热的化学硬化法。

50年代开始应用 CO_2 化学快硬砂,但因溃散性、表面强度、吸湿性、粘砂及回用等问题而在60年代更多地为多种树脂砂所替代。70年代以来,尤其是最近几年,由于树脂产生有害气体,成本较贵,所以又重新研究无机粘结剂的改性问题,特别是水玻璃的改性。1975年水玻璃作为粘结剂的使用量,日本为10万吨,英国4万吨,美国2万多吨。英国某发动机铸件厂每周用砂芯700吨,其中600吨采用改性水玻璃砂;目前英国生产的商品称为Solosil的改性水玻璃,其用量可减少到2.5~3%。

日本除水玻璃外,还有诸如炉渣自硬砂,发热自硬砂等等,值得指出的是日本提出OJ-法,即是一种快凝、快硬的水泥砂,它的特点是具有与水玻璃那样快的硬化速度、反应性能稳定、硬化时间可以调节、易于落砂、毋需干燥过程,没有水玻璃那样的型壁移动,

型砂可以再生回用。其使用的水泥称为Jet水泥,它与普通波特兰水泥相比,是矿物组成中含有高达20%的 $11\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaF}_2$,而这在普通水泥中是没有的。其次,它的特点是具有高的比表面($5300 \text{厘米}^2/\text{克}$),普通水泥则较粗,比表面仅 $3200 \text{厘米}^2/\text{克}$ 。

树脂砂冷芯盒法发展很快,因为在能源消耗、环境改善及生产效率方面有一系列优点。美国某厂虽有七条挤压造型线,但另外专门搞了一个冷芯盒法来做薄壳砂型,用以与挤压法比较,壳型尺寸为 750×600 ,生产刹车盘转子(砂芯也是冷芯盒法)。每件重30公斤,年产200万件。国外冷芯盒法已经成熟,称为Colshel法,美国冷芯法已占造芯的60%左右。存在的问题是树脂产生有害气体,必须解决污染问题才能顺利使用。

2. 型砂控制

高压造型及挤压造型的型砂水分要严格控制,一般为3~4%,目前大部分工厂都用仪器在混砂机旁快速测定,再调整水分的加入量。这些都是自动调整。

其次是控制陶土含量和质量稳定性,常用亚甲基蓝法测定有效陶土(又称活陶土),使其保证在7~10%范围内。

为改善劳动条件,美国、西德等已有40%以上的煤粉被所谓的碳油和碳粉所代替,加入量只有原来的20~50%,并可使挥发物含量、含泥量及水分等减少;使湿压、冲击韧性、有效陶土等数值提高;但应防止夹砂问题。

3. 模板

模板应加热到超过型砂的温度,一般要 50°C 以上。在高压造型或大量生产时最好用孕育铸铁或低合金耐磨孕育铸铁制造,并且再镀铬处理,这样既提高寿命和光洁度,又易看出模板是否已过于磨损,以便及时修补。

4. 风力输送

60年代曾大力推广风动输送,后来又改为皮带输送;最近由于对车间防污染的要求提高,而皮带的全面封闭防尘较困难,目前,

风力输送设备的效率、寿命不断提高,故又有可能成为今后造型材料的主要输送设备。

5. 松砂、混砂及落砂设备

为了使造型时型砂较松,出现装在造型机砂斗下的松砂给料器;混砂机用辗轮式消耗能量大、机器易磨损。西德某厂70年代初期提出无辗轮混砂机,现在美国有些大厂经过实践也认为今后应改用无辗轮混砂机;荷兰在1974年生产了大型落砂清理滚筒,并与挤压造型机配合,效果较好,滚筒直径3米,长15米,倾斜 10° ,每分钟5转。

6. 通风吸尘

为防止厂内空气污染,国外(主要是美国)有些大厂采用全封闭(没有窗)的厂房建筑,并安装了大容量的通风换气设备,使整个厂房内的空气在3~6分钟内全部换气一次,美国通用汽车公司的某厂球铁车间每2分钟即可换气一次;此外美国福特公司、苏联卡马厂铸工车间都为此花了几千万美元的投资。

7. 电子计算机应用

目前已有几百家工厂把计算机用于:设计铸件、设计和管理工厂(包括技术经济分析、生产计划、调度与组织管理)、研究合金成分与性能关系、工艺参数的调整、熔化过程炉料成分的调整,使浇注过程按计划几条生产线上自动进行,这不但能保证铸件质量的稳定,还提高了自动化程度和生产率、降低了成本。例如1972~1973年建成的美国福特汽车公司密执安新铸工厂有5台计算机管理生(包括厂外联系、厂内通风排气、废品分析、电炉熔化配料等);意大利菲亚特汽车公司1976年投产的新厂,用计算机使四条造型线按计划轮流得到铁水,并自动浇注;丹麦迪沙公司挤压造型机2070是世界上第一个安装微型计算机的造型设备,它对整机的气、液、电进行全面管理和调整,包括调整射砂孔和模板对准中心等工艺因素,如果工艺不正常,用数字符号在机器上反映出来。

8. 半凝固态铸造

美国麻省理工学院研究成功的一种新工艺,即对含有高达50~60%固体微粒的金属液进行成形工作,称为搅凝铸造及触变铸造,过去半凝固态金属成型工艺之所以未能付诸实用,其原因主要是由于凝固时金属中成长的树枝状结晶的影响,即使固体微粒的数量少到20%,金属液已无法流动;而最近发现,金属或合金在凝固时加以激烈搅动,可得到没有树枝状结构的固体微粒,这种部分凝固态的金属类似一种流动良好的浆料。控制金属中固体微粒的含量,就可以用通常的铸造方法压入模具或浇入铸型,目前用得较多的是压铸的方法,对这种浆料还可以用锻或压的方法来成型。这种过程的特点是:

(1) 大部分凝固潜热已经释放、带入型腔的热冲击显著降低,而且冷却速度增快。

(2) 由于是半凝固态,所以金属进入型腔时没有涡流,不致卷入气体;而且由于固态比例较高、液态收缩和凝固收缩显著减小,铸件质量致密、性能提高。

(3) 模具寿命因热冲击及总热量减少而得到延长。

此外,目前国外应用的新设备、新工艺、新材料以及新技术还有:铸造测试技术中的自动风量控制仪,自动水分调节仪,测定弹性模量的共振仪,超声波检查仪,涡流检测仪,以及声发射技术;有直读式光学高温计,有C、Si、CEV及温度联合测定仪;气体分析装置等。又如铸造复合材料的发展,已在铝中加入石墨及SiC微粒,改变材料的润滑能力、耐磨能力以及其他物理化学性能,这为材料科学开拓了广阔的前景。又如悬浮浇注技术已在改善高锰钢铸件等的性能上取得了良好效果;热等静压技术的应用提高了铸件的质量;宇宙航行中的热管已作为控制手段进入铸造界,新能源中的氢燃料在试验研究实用化问题,此外在材料性能设计及预测上都有不少新的思想和探索。

沈嘉猷编译

英、法、奥、西德的铸造技术教育

〔英国〕T. D. Law

一、序 言

在某些欧洲国家中，铸造技术作为一种专业教育已有多年了。

这些国家的铸造工业，虽然规模不同，但其性质和复杂程度是相同的。因此，这些国家中，铸造工艺师的工作和职务范围是相同的。由此，可以设想各国对这种人员的培训也是相同的。

从对欧洲四所大学水平的课程所作的初步考察中，可以看出在课程平衡和重点方面有很大的差别。

作者在铸造工业培训委员会的赞助下，经过三年的研究，写了一份长篇报告。本文仅涉及与教育有关的研究范围，其内容如下：

- (1) 课程的性质和学时数；
- (2) 学生的入学资格；
- (3) 课程内容；
- (4) 考试的性质。

通过比较，可以对读完这些课程的毕业生的长处和短处作出判断。

二、四国的一般教育制度

四国的教育方式是类似的，包括在同样年龄水平上进行的课程、选拔性考试及专业化教学。

除了某些较小的差别，例如规章外，国家教育制度的主要不同点在于把重点放在各种

水平的不同课目上、放在选拔性考试的独特性质上。在这方面要特别指出中学最后一年的差别：奥地利、法国和西德的学生必须通过离校考试(大学入学考试)，要考9~10门课目，而英国在同样的考试中则只考2~3门。

三、铸造工艺师

具有高水平的技术资历，在铸件制造公司或铸造设备制造公司以及与铸造工业有直接联系的教育、培训和研究机关中担任技术或管理职务者谓之铸造工艺师。

谋求上述职务者可通过下列两条基本途径之一来达到：

(1) 读完专门的铸造技术课程，而该课程是为使其胜任职务而必须具备一定的范围的技能和知识而设置的。

(2) 通过进研究班培训和实践，使普通的技术教育转为铸造技术。

本文所述四所大学所设的课程都具有学位水平，都是该国铸造技术水平的主要课程。从共同基础上来分析比较，这类大学并不是铸造工业中铸造工艺师的唯一来源。众所周知，这种人员还可以通过其他途径进入铸造工业，例如冶金、制造工程及其他技术学科有学位的毕业生组成了大量补充人员。此外，一些工程学院、工业学校及其他类似的院校中毕业的大量受过技术训练的人员也进入铸造行业充任工艺师。

在英国,除劳勃洛工业大学外,至少还有二、三所大学,如雪菲尔德、亚斯登、伯明翰等输送出大量毕业生担任铸造技术职务。此外,还有三所学院:波尔登、吉士菲尔德、西勃朗治开设着铸造技术方面的高等国家文凭课程。这些是三年制的课程,比学士学位稍低一些,在毕业后可以被选去继续完成四年制第四年的课程以达到学位水平。

奥地利的情况很简单,在铸造技术方面,里奥本铸造学院没有直接的竞争者,但也有一些冶金和工程学院。法国的巴黎高等铸造学院是公认的铸造科学研究中心,它是研究院课程,吸收持有文凭的工程师转入该院就读铸造研究,该院的文凭持有者在法国的铸造工业中占有许多关键性职位。

西德的情况与法国、奥地利相比更近于英国,几所大学的专业学院(如亚亨、克劳斯托尔、柏林等大学)在铸造技术方面培养了很多毕业生。德国的铸造工业规模比英国大,它拥有一些巨大的工程单位。大量工科大学毕业生受雇于这些公司。亚亨的铸造学科近年来比柏林和克劳斯托尔培养出更多的学生,虽然亚亨的铸造学院的目前学生人数是少了些。

当考虑各国在课程平衡方面的差别时,必须注意上述情况。应该记住,某一国家由于具有选课或有不同侧重方面的课程都会使课程表发生某些偏差。

四、铸造技术课程——奥地利里奥本矿冶大学

奥地利的大学课程是根据学生能在一定数量的课目上顺利完成学习而制订的。所有这些课程应在8~9个学期中名义上完成之。每学年有两学期,所以理论上学生能够在四年半或五年中完成学位教育,实际上这是很难完成的。有才能的学生平均要多于10个学

期方能完成,而有些学生则须12、14或更多学期才能完成。这种方式要比许多英国大学所采用的更机动些。

1. 入学

对奥地利学生来说,必须通过中学毕业考试。此外,奥地利的课程吸引着很多外国学生,特别是非洲、埃及、希腊和印度的学生。非德语的学生除正常的课程外,尚须通过德语考试。

2. 课程

课程是根据总的规范制定的,即在修习铸造科学的专业课之前,首先要打下牢固的科学基础。

管理方面的课程按排在第二学年,这样可以在以后几个学年中更多地安排铸造专业方面的课程。

在第十学期安排基于实际工作的论文课题,写出论文(文凭考试)。表1所示为全部10个学期的课目。

里奥本铸造学院有一名教授和一些兼职的教学和研究人员,它不象英国大学那样有很多相当于讲师级的教学人员。它在冶金和铸造技术方面的课程偏向于实验形式的学习。实验设备不论在范围和规模上都给人以深刻的印象。在没有“拼合课程”的情况下,这显然是一门适合于工业形式训练的先修课。

3. 考试

考试分为两个阶段,在第五学期末举行“第一次文凭考试”,在第九和第十学期末,分别举行“第二次文凭考试”和“文凭毕业考试”。

根据课目的重要程度,学生对每一课目都要经受“大考”和“小考”。“大考”用笔试,持续时间为2~14小时,随后伴以20分钟的口试。

考试是当学生觉得准备好了时,根据“要求”举行的。

五、高等铸造学院研究院课程 ——法国巴黎(ESF)

根据入学者的基础和熟练程度,ESF 的课程可以在一年或两年内完成。特别优秀的学生,既有良好的学校成绩,又有丰富的工业经验,可以直接进入二年级的课程。这些课程为法国铸造工业中各种技术和管理职务提供良好的基础。它与英国体制最直接的比较是设有一年制的科学硕士课程,虽然这种课程与“大学”文凭课程有着不同的特色。

ESF 自 1924 年创办,已毕业出几百个工程师,他们遍布于法国铸造界。

对工艺师的职业训练,在法国比在其它国家有更高度的发展,这主要因为在法国技术工业中法定需要这种业务上熟练的人员来工作的缘故。

1. 入学

有学位水平的工程师,年龄在 23~24 岁,如在某工程学院学完三年文凭课程后(入学资格为学士),允许进入一年级就读。有同等资格但更成熟更有经验的学员可以直接进入二年级。

2. 课程

第一年的课程表是机动的,以适应来自不同基础的学生。根据每个学生的需要,在安排课程时留有大量的机动时间。这包括有 5 个月的时间到各不同的铸造厂去。第一年的主要目的是使学生在科学和工程方面具有合乎标准的基础,并初步学习专业冶金和铸造课目,这些专业课目在第二学年将大大地深化。

第二学年的课程重点集中在铸造工作的工程和技术方面,少部分课程转于“管理”课目上。表 1 提供了课程内容的详细名称。

3. 考试

为要从一年级升入二年级,学生必须通过 3 个主要课目的笔试和口试:数学、化学和

物理、物理化学。如果顺利地通过这些考试,学生就进入二年级就读,在二年级末,学生又得要考课程表中任何 5 门主要课目。只有课目中的“公共基础”课要考试,专业课不考,因为它对每个学生都是不同的。

六、铸造金属技术课程—— 亚亨工业大学铸造学院

西德的技术人员绝大部分受过大学教育,包括以前所称的工业学院。

亚亨到目前为止已毕业出 400 名铸造工程师,但目前每年约只毕业 6 名学生。

存在上述情况的原因是复杂的,其中包括毕业生对所谓“肮脏工业”(例如铸造业)所流行的不光彩感,同时也由于对教育中早期专业化的抵制。

分布在四年或五年中的大学课程,通常包括在 8~10 个学期中,很多学生须花比“最少时间”更多的时间来完成他们的课程。授与的学位是“文凭工程师”,但是有些学生,随后常作为助教,继续进行研究工作以获得“工程博士”学位。

1. 入学

就读课程的基本条件是高中毕业而具有升入大学资格的学生,或经过离校考试,考试是在大学预科学校或中学里举行,大多数亚亨的铸造专业学生都已读过大学预科。

2. 课程

基础科学、数学和工程方面的课目安排在起初四个学期,参加听课修习两年后必须参加考试。顺利通过第一轮考试的学生,方可允许继续学习更侧重于应用性质的铸造技术课。

第五到第八学期的课程分为 3 个类型:

- (1) 必须随班听课和经过考试的课程。
- (2) 必须随班听课而只考部分内容的课程。
- (3) 可以自由选读要考试的课程。

选修课可以加阔他们学习的广度。但亚亨的教务部门建议多数学生对最密切的课目要随班听课及参加考试。

表1所示为详细的课程表。

3. 考试

所谓考试是指头两年学习后必须通过的一些笔试和口试。学生能顺利通过考试才可继续就读铸造金属技术课。

对特定课目的最后考试必须及格, 才能获得文凭。

表1 课程内容的详细比较表

里 奥 本	ESF	亚 亨	劳 勃 洛
数学—统计学—计算机—运筹学			
复数,行列式,矩阵,微积分,微分法,积分法,工艺中的应用,朗京公式,富利叶级数。三角函数,列线图学,微分方程,算子理论,拉普拉斯转换。 统计学—概率论、显著性检定,置信界限,相关性,回归性。 计算机和计算器的应用,计算机程序流程图,高水平算法语言。	数字方法,拉普拉斯转换,伯努利流体方程处理,菲克扩散定律。 统计学—概率论:分布学,平均值方差,误差,显著性检定,回归性,相关性,统计学实际应用。 控制图表,质量测量和控制。	函数—三角函数和特殊函数,微分法—应用,级数,积分法。 部分积分,标准积分,极大与极小。 代数,矩阵和行列式,矢量转换,本征矢量。	微积分,微分法,积分法,代数,行列式,矩阵,微分方程。 高等微积分。 数字分析方法,计算机程序,流程图,模拟计算。 统计学—概率论,分布学,显著性检定,回归性,相关性,方差分析,运筹学,劳工政策,模拟,网络等。 统计替换理论,DCF技术,排队。
电学—电子学—电机			
静电,电场,电流,单位,功,磁学,交流和直流电路和电场,电的测量,电机,电热,经济性,电动机,驱动,能量,炉子,电锅炉,静电学。		基础电工学,场,电流,定律等,电机与动力厂,场的形式,三相系统,直流和交流电机与发电机。 电源,变压器,同步与异步电动机—三相整流器。	电量单位,电传导电磁学,静电学电路,电子装置,仪器能量转换。
物 理 和 物 理 化 学			
力学:力,应力分析,动力学,应力形式,失效判断准则。 气体的性质,热力学,光学,原子物理,晶体,金属中的相,组织图,电化学,材料的物理性质——粘性,流动。	物质状态,气体,液体,固体,同素异形体。热力学定律,平衡图,相系研究二元三元相图。 质量作用定律。 热的传递——传导,对流,辐射,自由能。	粘性,力学,热,光,声,电和磁学。 力的形式,力的数学分析和几何分析,应力和应变,锅炉中的力。 热力学第一、二、三定律,及其应用自由能,相图,反应动力学,原子模型,渗透性电解。	应力和应变,流体,系统,动力学,机械和液压传动,机械和液压贮存器。 热力学,依林翰图,相图的测定,平衡常数的测定。 气体和液体的性质,热传导,化学动力学,物理化学在冶金学中的应用。
过程控制和控制工程			
反馈 微分方程。 开环和闭环回路,稳定性,控制系统最佳化。			控制理论,反馈形式,过渡反馈稳定性,参数的测定,开环和闭环系统,控制作用的类型。 利用连续信号的模拟和数字电子计算机的应用,控制理论的应用。
工 程 和 设 计			
几何学,等容线,形体的分界面,轴测法制图。 机器的构造,习惯画法公差。 机械零件,部件,联接方法,轴承,润滑,轴,离合器,齿轮箱。 机构学,泵,机器,内燃机,锅炉。	技术制图规则,表面交线,度量衡学,表面。 测量,公差,铸件和模型尺寸的控制,定时方法。 铸造厂中制图和设计的标准化。	机械零件和技术制图,应力和应变,扭曲,摩尔应力图。 金属连接方法,传动系统,轴承技术制图。 机械工程科学,锅炉,涡轮机等泵,电动机的类型,汽油机,柴油机。	投影,(正投影),工程制图,装配图,界限尺寸,尺寸公差,设计材料,画草图。

里 奥 本	ESF	亚 亨	劳 勃 洛
材 料 科 学			
化学和金属的基本定律, 解析密度—分析的类型, 理想晶体, 点阵, X-射线技术, 原子理论, 金属和合金 (二元和三元合金)。 陶瓷和耐火材料, 金属材料试验, 规范, 无损探伤试验, 金属的电子理论, 金属热处理, 相变, 淬火, 渗碳等, 搪瓷和电镀。	化学冶金学, 浮选, 萃取和金属的精炼: 铁, 铜, 锌, 钛, 铅, 铝。 材料的机械性能试验。 金属物理, 晶核形成, 晶体长大, 晶体类型, 相, 固相转变。 材料的物理性能。 金属热处理。 熔化和凝固现象。 耐火材料和炉子。	化学—定性和定量分析方法, 结晶学和矿物学。 矿物的结构, 类型和形成, 晶格构造, 投影。 金属物理和金属科学—相图, 结晶学, 扩散, 晶核形成。 塑性变形—再结晶, 硬化现象, 金属的性质, 合金理论, 多相平衡图。 材料试验—理论基础, 铁合金, 铜合金, 铝合金, 重金属。 砂, 砂的类型, 粘结剂, 试验方法。砂和耐火材料的性质。 金相学, 光学显微和电子显微技术。	物理技术, 材料试验, 硬度等。 高温测量, 显微技术。 电子显微技术, X-射线衍射。 扩散和相平衡, 岩相学, 固体形态学。 材料的机械性能和物理性能。 金属和合金, 陶瓷。 聚合物—理论和性质。 变形—位错。扩散, 热过程。 气体和夹杂物。 烧结。
铸 造 金 属 冶 炼 学			
矿物富集, 钢铁工艺, 熔炼, 高炉, 其他冶炼方法, 炼钢法, 非铁金属熔炼和精炼。 凝固, 应力, 铸件检验, 普通铸造合金冶金学。 铁合金生产。 轻金属铸造—合金原理及其铸造。	液体金属—铁和钢, 液态中的反应, 熔化炉的类型。 铜, 铝, 铅, 锌, 锡及其合金, 铸铁, 成分, 加热和冷却处理。 性能—生产方法。 钢, 铜及其它金属。	铸造金属, 普通冶金学, 铸造金属 (黑色和有色) 铁, 钢, 铝, 镁, 锌, 钛, 镍组织和性能之间关系的分析。 熔炼实践—对组织形态的影响。 共析体, 铸件热处理冷却时晶体的长大, 铸件缺陷, 收缩和补缩, 润湿等。 黑色金属的熔化—高炉, 炼钢, 黑色金属产品的处理。	液态金属和凝固。 铸造金属中的气体, 流动性, 普通铸造合金。 铸件缺陷—热裂等, 熔炼和精炼。 铸件设计。
铸 造 工 艺 学			
机械工程, 矿石处理, 工程材料, 结构, 生产方法。 造型工艺, 造型材料, 型砂工艺, 造型机, 炉子构造, 干燥炉, 电炉, 铸造生产方法。 模型制造及其它工艺。	造型和铸造, 铸型种类, 造型, 液体金属的制备。 冒口和浇口, 冷却计算, 砂, 型芯造型机和造芯机, 铸造方法。 铸造车间维护, 供应和修配, 铸造车间平面布置, 高温测量, 型砂试验, 无损探伤。	高温测量和仪器使用, 铸造方法与其它方法比较, 西德工业, 铸件的性能, 铸造机械—造型、浇铸、造型方法, 壳型制造, 熔模铸造等。 冒口计算, 机械化造芯, 合格铸件的生产。	金属切削理论 (机器), 机床, 压力加工, 制造方法, 材料处理, 铸造车间平面布置, 铸造车间机械化, 控制装置, 工程方法, 环境控制, 后勤供应, 设备保养。 铸造方法, 燃料。 耐火材料和炉子。
熔炼操作, 凝固, 熔化炉, 高炉, 冲天炉等, 配料计算。 铸造车间和铸造机械的设计和使用。	铸件缺陷研究, 尺寸公差, 铸造产品和材料的质量控制方法, 铁、铝、铜等铸件和铸造实践。		浇口和补缩。 铸件设计。 铸件缺陷。
管 理			
留学生外语—英语法语德语任选一门。 经济学和会计学入门—包括工效研究和运筹学。 工业投资经济分析成本制度。 工业理财—货币问题, 招工, 生产。 钢铁工业的经济结构, 成本中心概念。	工业心理学。 人员选拔, 工业法, 工业安全, 工效研究。 生产技术, 财务计划及经济分析, 会计学及成本计算。	作业管理经济学。 或工效研究。 或统计学。 或运筹学。 或数据处理学。	工业管理概念。 管理部门职能和生产部门职能, 信息交换—逻辑基础, 信息交换经济学。 工效研究, 操作方法研究, 估工估料, 及经济分析。 工业心理学。 工业经济学, 微观经济理论。 人事管理。 工业及商业法。 会计学—各种成本计算制度, 税务法。

七、冶金工程及管理课程 (铸造金属选读)—— 劳勃洛工业大学

在英国,对欲受铸造技术专业教育的人们,有若干途径可循。

在这些途径中主要的一条是就读于劳勃洛工业大学,它提供冶金工程和管理方面的课程(M. E. M.),其中一个选择就是学习铸造金属技术。这是一种拼合起来的综合性课程,持续四年,总共有90周的学校教学,至少72周的工业课和300学时的个人专题。

1. 入学

入学条件包括至少有两门课成绩为“A等”或相应的资格,例如有一般的国家毕业证书。比这更高级的资格(例如高等国家文凭)的学生可以进入二年级。

2. 课程内容

学校教学分为A、B和C三个阶段,每个阶段的持续期为30周。

阶段A使学生在科学、工程和管理等各种范围内具备一共同的基础。

阶段B对数学、电学及热力学有更严格的训练。同时进入三门铸造专业课的学习——铸造金属冶金学、生产技术和铸造工艺。

阶段C对铸造专业课进一步深入,同时对管理范畴的课目也加宽到包括运筹学及控制工程。个人专题和设计课目也在阶段C中设置,其中很多题目都是来自铸造行业主办厂商的建议。

表1示出全部课程中所读的课目。

3. 考试

在第一学年和第二学年末举行考试,它决定学生随普通学位班学习还是随荣誉学位班学习,第四学年举行最后考试,顺利通过此考试者,就授予冶金学士的学位。

八、四国课程的比较

1. 课程学时数

表2所示为对四个国家课程中主要统计的简要总结,从表中可看出里奥本的课程最长,接下来是亚亨和劳勃洛的课程,ESF的课程学时数最短。所有四个国家的课程,其平均周学时数都约为20~23小时。

表2 四国课程学时数统计总结

	里奥本	ESF	亚 亨	劳勃洛
课程总年限 (年)	4 $\frac{1}{2}$ (名义)	2 (实际)	4 (名义)	4 (实际)
教学总周数	117	33	96	90
教学总学时数	2657	814	2083	2010*
平均周学时数	22.7	24.5	21.7	23.2

* 包括300小时的专题研究

注:对此须加一个学期,以用在工厂或大学中做专题。

2. 课程平衡

在研究平衡图表时,应当把表1和本节联系起来。

在编制各类课程的时间中(图1及图2),我们作了如下假定:

对里奥本的课程

每学期以13个工作周计算,不论课堂讲授和实验指导课都以每次45分钟计算。

对ESF课程

所有实验课每次都以4小时计算,课堂讲授每次为75分钟。

对亚亨的课程

不论课堂讲授或实验课,在课程表上的时间每次都以45分钟计算,每学期为12周。

对劳勃洛的课程

所采用的课程表是按校长的荣誉学位课表排列的。

每个学年30周,标准的课堂讲授时间为1小时。

用于专题的300小时并不包括在内,因

为分开列出标题是困难的, 而且其它国家的课程也没有指明专题要花多少时间, 故决定不包括在内。

表 3 综合了图 1 和图 2 中各类标题所包括的课目, 分类时经过了审慎地考虑以便描述出若干“技术”范围。

3. 数学和统计课目

劳勃洛较其他三校的数学统计课目要强得多。这并不反映里奥本、亚亨和 ESF 三校对这门课没有兴趣, 而是劳勃洛对它有异常高的兴趣。

劳勃洛把大量时间分配在运筹学这门课上, 而这门课在其他三校只占少量时间或甚至不设置。

经过对各个讲授章节的周密分析, 除了 ESF 外, 其他三校在基本数学方面都显示出极为相似的就读深度。ESF 的课程属于特殊情况, 因为它的入学学生已经是大学毕业生

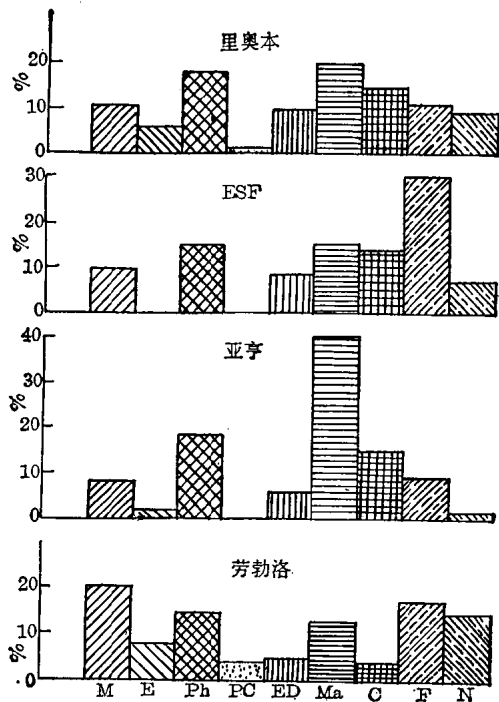


图 1 课程内容所占百分率比较图

M—数学 E—电子 Ph—物理和物理化学
PC—过程控制 ED—工程制图 Ma—材料科学
C—铸造金属冶炼 F—铸造工艺 N—管理学

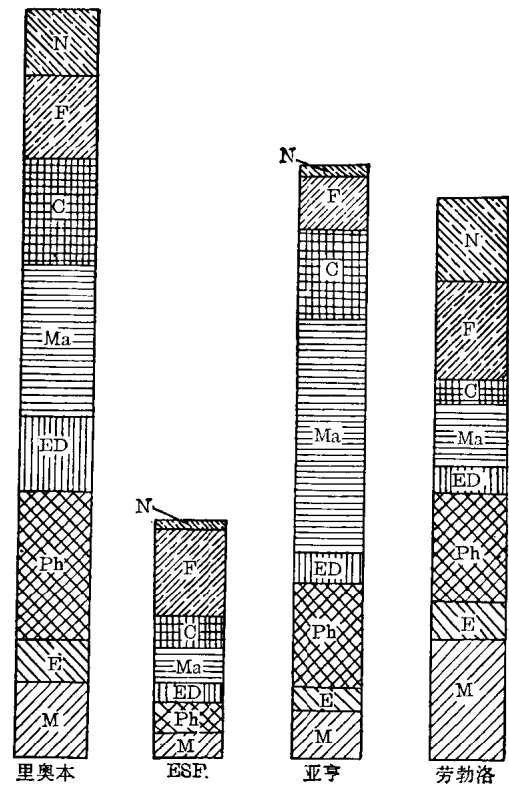


图 2 课程内容所占时间比较图

N—管理学 F—铸造工艺 C—铸造金属冶炼
Ma—材料科学 ED—工程制图 Ph—物理和物理化学 E—电子 M—数学

表 3 主要标题分类课目比较表

主要标题	属于这类的课目
数学(M)	数学, 统计学, 运筹学, 计算学
电子(E)	电工学, 电子学, 电机学
物理和物理化学(Ph)	力学, 光学, 原子理论, 物质状态热力学, 传热学
过程控制(PC)	控制论, 在铸造中的应用
工程及设计(ED)	图形几何, 工程制图, 机械设计及结构原理内燃机
材料科学(Ma)	化学, 化工原理, 材料性能, 材料试验, 结晶学, 耐火材料, 金属学, 冷加工及非铸造金属
铸造金属冶炼(C)	钢铁冶炼, 选矿, 有色金属熔炼, 铸造冶金
铸造工艺(F)	铸造车间设计, 工程学, 铸造过程, 炉子, 熔炼, 造型工艺, 浇注, 高温测量
管理学(N)	经济学, 财务学, 工效研究, 语文, 应用管理学