

中国科学院金属研究所建所以来的研究工作*

各位首长、各位来宾、各位同志：

我受全所职工的委托，把金属所 10 年来的研究工作在这里作一个简要的汇报，汇报分三个部分：建所以来研究工作的发展过程和当前的方向与任务；10 年来的研究工作；几点体会。

一、建所以来的研究工作的发展过程和当前的方向与任务

中国科学院金属研究所是新中国成立后从无到有地新建立起来的一个研究所。1951 年底开始筹备，1953 年第二季度正式成立。在第一个五年计划期间金属所的主要任务是：①结合我国钢铁工业发展的需要，从事钢铁冶炼、压力加工、合金钢及其热处理以及耐火材料等方面的研究；②为了我国某些重大矿产资源的开发和合理利用从事选矿方面的研究。选矿研究室于 1956 年在大冶和包头铁矿的选矿任务告一段落以后迁住长沙合并入矿冶所，压力加工研究室曾经在球墨钢铁加工和轧钢等方面进行了若干工作，于 1957 年并入长春机械所。这两个研究室离开本所都在第一个五年计划期间以内，工作前后不到 4 年，因此他们的工作将不在这个报告内作进一步汇报。

从 1958 年开始本所研究工作有了新的发展，除了一部分人继续从事电炉炼钢、钢质量和合金钢的研究以外，主要力量转向了高温合金难熔金属、金属陶瓷及高温涂层和焊接等方向的研究工作。在这一年中所内进行了人员调整和整顿组织，炼铁组全体人员并入北京化工冶金所，耐火材料室，绝大部分工作人员调往上海硅酸盐化学与工学研究所，在这个基础上所内重新调整了研究室来适应以新型材料为重点的新的研究任务，调整后的十个研究室是：

- (一) 冶炼化学；
- (二) 焊接；
- (三) 合金钢；
- (四) 金属物理；
- (五) 高温合金及难熔金属；
- (六) 特种材料；
- (七) 金属陶瓷；
- (八) 高温涂层；
- (九) 高温测试；
- (十) 化学分析。

这时本所共有研究人员 133 人，其中副研以上 10 人，助研 20 人，虽然高温新型材料对这些人来说完全是新的工作，但在大跃进的鼓舞下，发挥了干劲，在不到两年的时间内，建立了若干必要的设备和技术，并且初步做出了一些成绩。其他如钢质量、合金钢、焊接、金属分析、金属物理等方面也取得了较显著的进展。例如，建立了 3 公斤真空自耗炉，初步掌握熔炼钼的技术，发展无镍的 Cr-Mn-N 不锈钢，发展耐磨堆焊焊条等工作都是在 1959 年底以前取得初步结果的。

* 本文为作者在金属所建所十周年大会上的讲话，1953，5

1960年北京物理所金属物理研究室并入我所,加强了我所金属物理方面的力量。1961年根据“调整、巩固、充实、提高”的方针,我所精简了辅助人员,缩短了研究战线。在研究工作方面,基本上停止了钢质量、钛合金和精密合金及高温涂层等方面的工作,并根据需要抽调部分人员成立了压力加工研究室。为了贯彻十四条,我所在1962年底到1963年初步进行了“三定”,在“三定”的基础上对研究室做了进一步调整,明确了全所和各室的方向和任务,并有计划地开始进行实验室的建设和加强技术系统的工作。

为了能够承担国防尖端任务和经济建设中重大研究项目,我所的发展方向不可能是单一学科性的。根据我所过去的工作基础和全国学科规划的整体安排,我所今后五年总的方向是:着重发展金属学与金属物理,适当地发展冶金过程物理化学与焊接。根据任务需要在化学分析、压力加工、硅酸盐化学与物理、金属腐蚀与防护等方面进行工作,结合高温材料的发展与使用,在高温测试方面进行有关的系统性研究。

目前,我所共有大学毕业以上研究技术人员392人,其中副研或副总工程师以上人员16人,助研或工程师76人,全所分为十个研究室及三个技术室,研究室的方向任务如下:

第一室,以位错理论为纲,来阐明和解决金属强度和辐照效应的问题,并从而带动晶体位错的力学性质的基础研究。

第二室,从晶体结构角度出发,研究合金相的形成及变化规律,以及金属与合金的力学和物理性能,并结合本所合金材料的发展工作,进行有关合金理论的研究。

第四室,从事合金钢及铁镍基高温合金的研究,着重在铸造镍基高温合金的发展和稀土在钢中的应用等方面进行工作。为此,系统研究真空冶金、气体与夹杂的行为,液态金属的物理化学性质、凝固结晶过程以及热处理过程中的相组成与相变规律、材料强度和金属腐蚀问题等。

第五室,研究合金钢、高温合金、难熔金属及其他特种材料的可焊性,解决国防尖端及重大产品中焊接工艺问题,研究焊接热源并发展切割、喷镀等新工艺。

第七室,结合我所新材料的发展工作,研究合金钢、高温合金、难熔金属及其合金等压力加工方法与塑性变形阻力,加工对性能的影响等问题,掌握并发展挤压、锻造、轧制、旋压等新的压力加工工艺。

第九室,研究难熔金属及其合金的冶炼工艺与物理化学过程,以提高合金性能及锭的质量,探索合金化规律及其他途径以降低合金脆性,提高其强度。研究金属与合金的氧化规律,提高合金基体的抗氧化性能,逐步改进钨及石墨的高温抗氧化保护层工作,并发展超高温合金材料。

第十一室,以发展超高温材料为主,研究特种石墨材料的制备工艺及有关理论,改进和发展陶瓷——金属复合材料和难熔化合物的制备方法并研究其性能,开展有关的理论研究。

第十三室,掌握与建立碳弧成像炉、太阳炉、等离子体等高温热源和测试技术,为超高温性能测试创造条件,并为超高温冶金和喷涂开辟途径。研究和发展高温和超高温下材料各种物理性能(如弹性模量、热膨胀、热传导……)的测试方法。

另外还有两个研究室承担某些国防任务的工作。

为了更好地配合全所工作,加强技术系统,“三定”后明确了分析室为技术室,并另外成立了原材料室与机电室,其任务如下:

第六室(机电室),配合全所研究工作,担任电工仪表、电子仪器和精密机械设备的设计安装调试和检修工作,对各实验室的通用测试仪器仪表进行校对,并建立测试标准,根据需要开展新设备和测试仪表的研究工作。

第八室(分析室),掌握并发展现代分析技术,包括化学分析、光谱分析和其他仪器分析技术,提

高准确度和工作效率,以满足本所研究工作发展的要求,加强钢与合金中微量成分分析技术,开展有关的超纯金属分析。

第十二室(原材料室),根据本所研究工作的需要,发展金属的提纯技术,试制纯金属和特种合金,试制并少量生产研究工作所需的各种特殊耐火材料制品。

二、建所以来研究工作的主要成绩

根据本所过去与现在的业务范围,我们将从十二个方面简略叙述建所以来研究工作的主要成绩。

1. 钢质量

钢质量的研究在第一个五年计划期间是本所主要研究任务之一。从1953年开始,本所就开始建立起钢中定氧、定氢和非金属夹杂物的鉴定技术为研究质量问题打下必要基础。在平炉钢方面,1956年以前与鞍钢合作进行重轨钢的包中脱氧试验,证明成品质量合乎要求,而产量则可提高2%。低锰生铁冶炼优质钢的研究结果指出,钢熔池中锰含量低于过去水平也能炼出完全合格的钢素,采用低锰生铁钢使成本降低。沸腾钢中夹杂物和中板夹层的研究指出了沸腾钢板材中分层的原因,从而提出了减少废品的措施,此外还研究了沸腾钢凝固过程中元素氧化所需氧的来源问题,证实了前人提出的70%的氧是来自空气的说法是正确的。

在电炉钢方面,1959年以前与抚顺、本溪、大连等钢厂进行全面合作,对钢的熔炼、脱氧和浇注制度进行了一系列的研究,对锭模设计、钢锭的加热制度、钢材加工和热处理也进行了相应的工作。在提高滚珠轴承钢的质量方面,最初解决了滚珠淬火软点以及滚珠钢中液析和夹杂物鉴定分析问题,判明了滚珠钢钢材中的“一般空隙”是由于酸浸过程电化学作用造成的假空隙。大跃进中进行了滚珠钢脱氧制度的研究,采用硅锰预脱氧,电石渣还原,再行扩散脱氧的综合脱氧法,使钢中氧化物夹杂显著减少,并取得了脱硫的效果,这项工作对提高滚珠钢质量曾经起了一定的作用。合金结构钢方面,协助有关电炉钢厂解决了含镍铬和含低铬合金钢中的白点,点状偏析和框形偏析等问题。1958年以来的对航空结构钢中发纹问题进行了较系统的研究,进一步证实发纹是以铝酸铁、铬酸铁等为主的链状夹杂物所造成,确定了该种夹杂物相当于钢锭部位的分布规律以及发纹在钢材中出现几率与热加工程度的关系,由此得出对钢材进行表面拔皮可以减少或避免发纹的措施。进一步的研究结果指出,采用适当的综合脱氧制度也可以减少钢材中的发纹。对高铬不锈钢来说,在30毫米汞柱的低压下进行真空冶炼和浇铸可以使钢锭中柱状晶区域显著缩小,轴心裂纹完全消除,没有轴心裂纹的钢锭在锻成材后也没有发纹。在改善钢锭组织方面,对镍铬合金结构钢(18XHBA)进行振动浇铸,或者向钢液中加入稀土混合金属或稀土氧化物都能消除钢中的枝晶。在铁铬铝电阻合金中加0.3—0.5Ti作孕育剂,显著地细化了钢锭晶粒,从而改进了其加工性能,使产品收得率得到提高。对某种高镍铬奥氏体钢(ЭИ629)进行振动浇铸可使钢锭柱状晶区域缩小一倍以上。在另一种高镍铬钢(V28F)中加混合稀土金属或氧化物也取得了细化晶粒的效果。除以上工作外,在早期的工作中结合生产还解决了高锰钢皮下气泡、矽铝弹簧钢机械性能不合格等问题。应用高温扩散退火的方法使滚珠钢中夹杂物颗粒变小。采用废火砖造渣以改善炉渣流动性增进去磷和去硫作为等试验研究,在一定的时期内,对改进电炉钢质量也起了作用。

结合钢质量方面的工作,对钢中含氢问题进行了系统性的研究。电炉和平炉冶炼过程钢熔池含氢变化的试验结果指出,电炉冶炼中造渣材料含水量与钢液含氢量有直接关系,平炉冶炼中沸腾去

氢只有钢液含氢较高的情况下作用才比较显著。这些结果对指导生产实践起了一定的作用。重轨钢锭和含钛不锈钢钢锭中氢的分布的研究结果指出了氢偏析与凝固过程的关系,钢锭最后凝固部分含氢也最高,同时还显示了锭模涂油中水分对钢锭含氢的影响。在退火钢锭中,氢的分布除服从扩散规律以外,钢锭的组织结构和内部缺陷对氢的分布也有影响,柱状晶区内的氢扩散速度似乎比等轴晶区来得大,内部疏松对去氢起一定的作用。上述研究还驳斥了国外某些学者曾经指出的钢锭中氢偏析没有规律性的错误结论。

2. 强化电炉冶炼过程

1955年与大连钢厂合作进行了氧气炼钢的研究,采用氧气炼钢使电炉生产率提高30%,并节省电力消耗27.5%。在吹氧冶炼过程中观察到,脱碳速度随吹氧前钢液碳含量、供氧速度及渣中FeO含量的提高而提高,吹氧可以促使钢液中氧含量更接近于碳氧平衡,在大量吹氧助熔的情况下,去磷可以提早在熔化期进行。这些研究结果为进一步缩短电炉冶炼时间提供了依据,例如在熔化期提早吹氧,提高配料中生铁比,缩短清洁沸腾期等等。

在氧气炼钢试验中,观察到冶炼碳素钢时钢液中氧含量在还原开始后70分钟内就降低到出钢前的水平,因而将还原期由90分钟缩短到70分钟,对钢质量并无影响。与抚顺、大连两厂合作进一步研究的结果指出,用电石直接造还原渣,可以加速成渣过程,同时也可以加快脱氧和脱碳的速度,还原期可以进一步缩短到50分钟左右。另一方面,还发展了综合脱氧的方法,采用复合脱氧剂预脱氧后再进行扩散脱氧。用这种脱氧方法不仅使还原期大为缩短,而且有利于钢中夹杂物含量的降低。由于还原期缩短,电炉生产率提高了25%—30%左右。出钢过程钢液含碳量变化的研究不仅掌握了出钢过程中影响脱硫作用的各种因素,而且为混合炼钢的研究打下了基础。大炼钢铁时期,通过大口深坑出钢的试验还找到了用高硫原料(S-0.01%)冶炼优质钢的措施。

关于缩短电炉熔化期方面,在本溪、大连两厂开始采用煤气、氧气助熔的工作基础上,进行了系统性的试验,改进了操作方法和喷气设备,使电炉生产率平均提高20%以上,冷装电炉利用系数曾经达到60,在大跃进期间对提高电炉钢产量曾经起到一定的作用。

在混合炼钢方面,在大连钢厂合作曾经进行过转炉-电炉混合炼钢的试验。试验结果表明,用电炉钢水和渣冲转炉钢水的混合方法,在我国当时转炉和电炉容量相差不大的情况下比转炉钢水冲电炉钢水和渣的方法更为切实可行,而效果则相似。

大跃进期间与大连钢厂及沈阳重型矿山机械研究所合作,研究了倾斜式连续铸锭工艺,建立了简易的半连续铸锭装置,用来浇铸100毫米×100毫米见方的碳素钢胚长度达10米,质量合乎要求,对中、小型炼钢厂有一定的推广价值。

3. 耐火材料

1953年与鞍钢合作,在原有黏土砖的生产基础上,改进熟料煨烧、配料、成型、烧成等工艺条件,试制成功高质量高炉砖,在大中型高炉应用结果良好。古冶高铝矾土烧结性能的研究结果指出,细度粉碎和少量氧化钛的存在均有利于降低烧结温度。耐火原料质量评价的试验研究提出了一套试验规程,为有关工业部门所采纳。硅砖方面与鞍钢合作最初研究了平炉炉顶硅砖的烧成、破损与矿化作用,后来在试制高密度高硅质硅砖的工作中,系统地研究了粒度组成的合理选择,不同类型硅石在烧结过程中的物理化学变化以及方石英的低温晶型转变等,都得到了有用的结果。硅酸铝质轻质耐火材料的研究指出,常温耐压强度与气孔率间的关系可以用某种经验公式表达出来。窑用三角锥的研究结果表明冻结现象是由于析出方石英或莫来石等高温稳定晶体所致,控制料中的钠钾

比可以避免上述冻结现象。

根据我国资源条件研究以方镁石为主要组成以铝镁尖晶石结合的铝镁砖的工作是在 1956 年进行的。在实验室取得初步结果的基础上与鞍钢合作试制成功的铝镁砖用于 220 吨倾动式大型平炉炉顶,寿命曾达 520 炉以上,这项成果早已在我国炼钢工业中全面推广。在上述工作中除了确定制造工艺以外,还研究了铝镁砖在使用过程中的物理化学变化,氧化铝的作用,铝镁尖晶石的合成, $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-TiO}_2$ 系相关关系,氧化铁对铝镁尖晶石的作用等,均得到了有意义的结果。

在特种耐火材料试制方面,1952 年曾试制成功碳化硅砖和绿色金刚砂,早已分别由产业部门根据研究结果建厂生产。1958 年大跃进时期,根据本所研究工作的需要,曾经试制成功各种高耐火度的坩埚,包括再结晶氧化铝(纯度达 99.5%以上)、氧化镁、氧化锆、氧化铍以及铝镁尖晶石坩埚等。此外,还试制成莫来石炉管和不透明石英管,产品质量合乎实验室一般要求。1961 年精简人员后,本所特种耐火材料试制工作曾经一度停顿。目前,小量生产仅限于氧化铝、氧化镁及莫来石制品。

4. 合金钢、硬质合金及特种金属材料

第一个五年计划期间,在结构钢方面结合大冶铁矿含铜的利用问题研究了含铜为 0.5%—0.6%的低合金高强度钢,确定了三个系统的成分,即 Si-Mn-Cu、Si-Mn-P、Si-Mn-Cu-P-Mo 等。这些钢种的热轧板材(厚 16 毫米)其屈服强度大于 35 公斤/平方毫米,并具有良好的范性及冲击韧性。结合长江三峡巨型水轮机涡轮材料的工作发展出一种 Mn-Mo-B-Cr-Cu 低合金高强度 18 毫米厚的热轧板材,其抗张强度为 84 公斤/平方毫米,最低屈服强度为 57 公斤/平方毫米,室温冲击值为 8.3 公斤·米/平方厘米, -10°C 温度下冲击值为 6.3 公斤·米/平方厘米,焊接性能也很好。与沈阳风动工具厂及本溪钢厂合作,系统地研究了 Mn、Mo 渗碳钢的性能,确定了钢的成分,解决了该厂铬镍渗碳钢的代用问题,大跃进期间与抚顺钢厂及 112 厂合作研究出一种超高强度结构钢,其抗张强度达 230 公斤/平方毫米,冲击值不低于 5 公斤·米/平方毫米,但疲劳强度未能达到要求。

在不锈钢方面,与抚顺钢厂及沈阳化工研究院合作,进行了 Я I T 中以锰部分代表镍的研究,结果指出,当不锈钢中加 Mn 至 10%降低 Ni 至 4%左右仍具有较好的抗腐蚀性能,但若进一步把 Ni 降低到 2%,则只能抵抗稀硝酸的腐蚀。在 17Cr 钢中加 Mo、Si、Cu、W、V、Ti 等元素都使其抗浓硝酸的能力降低,在 27Cr 钢中加稀土混合金属可以改善其热加工性能,但没有使它的脆性得到改进。Cr-Mn-N 奥氏体不锈钢的研究结果指出,含氮较高的钢($N > 0.4\%$)其抗硝酸的能力可以接近 Я I T 的水平,而抗有机酸却比 Я I T 还好,并且焊接后无晶间腐蚀现象,机械性能也很好,但由于含氮超过凝固温度下的溶解度,用一般方法生产容易发生气泡,并且控制含氮量也较为困难,因而不易推广。为了改进含氮较低($< 0.3\%N$)的 Cr-Mn-N 钢的性能,进一步的研究发现加 1%Cu 与 2%Mo 可以提高其抗硝酸腐蚀能力,便接近 Я I T 水平。Cr-Mn-N-2%Mo 钢的抗硫酸、醋酸和磷酸性能很好,可用来代替含镍铬的 18-8-2Mo 钢。这两种钢已上报科委,准备安排推广性的扩大试验。

耐热钢方面,1953 年研究了 Ni-Cr-Mo-Ti 钢中相的形成和消除相的热处理方法,从而解决了石油三厂高压加氢罐钢材的变质问题。1956 年与本溪钢厂及石油三厂合作进行了 N10 及 15CrMoV 钢的蠕变试验,为寻找代替含镍耐热钢提供依据。在 N10 的基础上发展出两种强度较好的钢种,但未进行扩大试验。与抚顺钢厂合作,发展出一种 Cr-Mn-N 耐热钢,其强度性能比 Cr-Ni 奥氏体耐热钢(ЭИ257Ti)优越,但在使用温度下有长期时效变脆的倾向;加硼对克服长期时效变脆有一定的效果,加一定量的稀土还可以得到进一步的改善,这项工作尚在继续进行。Fe-Mn-Al 系

统的研究结果指出,不用镍铬可以得到耐热性与 18/8 型奥氏体钢相若的钢种,也可以用来代表含镍铬更高的不起皮钢,但 Fe-Mn-Al 系统的最大缺点是抗腐蚀性能很差。

硬质合金方面,1953 年与大连钢厂合作研究改进 BK 硬质合金的生产工艺,简化了提取氧化钨的工序,改进了成型工艺,使生产率提高 50%—60%,成本降低约 3%。通过试验还掌握了 TK 硬质合金的生产工艺,稳定了质量。1957 年研究了硬质合金中钴的代用问题,结果指出,用 FeNi (70/30,30/70)合金代替钴作黏结剂得到的硬质合金其抗折强度较高(达到 160—180 公斤/平方毫米),但硬度略低,切削性能不及含钴的合金。此外,在 1953 年与鞍钢合作还试制了硬度合金堆焊材料,用于吊车牙轮使其寿命提高 5—6 倍。

1958 年以来,与辽宁手表厂合作,试制成功 K40H×Mo 合金发条,其性能基本上达到瑞士手表发条的水平,已经在生产中应用。用粉末冶金方法试制 F-Co 合金用于电子显微镜极靴材料,获得了阶段性的成果,但距离世界最高水平还有一段距离。此外,还研究了超细铁粉的制造工艺,有一定的参考价值。

在纯金属方面,结合本所工作的需要曾试制过纯铁、纯钼,并掌握了用碘化法制备纯钼和用水溶液电解法制备出镀铬的工艺。纯铁的制备是用电解得到的铁粉直接轧制成片,在固态通氢脱氧,脱氧后的铁片纯度约在 99.95%。钼的制备是从钼酸铵开始,用氢还原氧化钼,在严格控制的条件下经过三次还原处理得到的钼粉其含氧量不超过 0.04%,钼粉的纯度不低于 99.95%。

5. 焊接

本所焊接方面的研究是在 1958 年 4 月焊接实验室建立后才开始的,5 年多以来主要进行了以下几方面的工作:

在堆焊材料与堆焊工艺方面,研究出五种抗磨损堆焊焊条,采用了合适的堆焊工艺,一部分已应用于生产。最初发展出来的第一种堆焊材料(耐磨 1 号)是高碳高铬合金铸铁芯外敷药皮制成,堆焊层硬度为 52—56Rc,在 500℃仍保持硬度 36Rc,抗高温氧化可达 900℃。由于铸造芯生产率低、成本高,我所进一步把铁粉药皮原理应用到高合金钢堆焊焊条领域,发展出一种耐磨 1 号快速堆焊焊条。它是由低碳钢芯外敷合金厚药皮压制成的,应用这种焊条焊接生产率比以前提高 50%,成本降低一倍以上。这种焊条已经科委批准广泛地应用于我国水轮机作为抗气蚀堆焊材料,也开始推广到黄河盐锅峡电站水轮机转子作为抗泥沙磨损堆焊材料。在冷热油泵及裂化油泵生产中应用这种堆焊材料成功地代替了价昂的 Co-Cr-W-Stellite 合金,在耐酸排心泵、焊条压制机和螺旋输送机的制造中应用这种堆焊材料大大地提高了机件的使用寿命。第二种堆焊材料(耐磨 2 号)是用低碳钢芯外敷石墨或合金药皮制成,堆焊层为马氏体合金铁,在 400℃时,其硬度为 56—62Rc。它可用于一定冲击但磨损严重的机件如挖土机、勺斗牙齿、破碎机锤头、挖煤器、搅拌机叶片等。第三种堆焊材料(耐磨 3 号)也是用低碳钢芯敷石墨式合金药皮制成,堆焊层系珠光体合金钢,有一定的韧性,其硬度为 48—54Rc,适用于较大冲击而有磨损的机件,如拖拉机履带、驱动带、电铲斗唇、挖泥机部件等。曾应用于堆焊 C-80 推土机支重轮和 T-54 型拖拉机履带板,效果良好。第四种堆焊材料是高锰钢堆焊焊条,它是用含钼的高锰钢芯外敷药皮制成,堆焊层为奥氏体组织,用作堆焊和修补强烈冲击磨损的机件如破碎机鄂或辊,挖土机斗唇、牙齿、铁路道岔等。第五种堆焊材料是快速轧辊堆焊焊条,它是由低碳钢外敷合金药皮制成,堆焊硬度为 43—46Rc,可用于修补轧辊及热加工工具。轧辊堆焊焊条在试验室初步研究成功但尚未在生产中得到考验。

在合金钢焊接,1958 年与石油三厂合作解决了 N8、N10 的焊接问题。结合本所发展合金钢的任务,进行了钼硼钢及 Cr-Mn-N 奥氏体不锈钢的可焊性与焊接工艺试验,结果均符合要求。在钴基

合金焊接方面,采用真空电子束焊接,焊接接头室温弯曲塑性达到基体金属 50%以上。同时还研究了不同焊接速度及焊缝金属添加 Ti、Ta 等合金元素对接头塑性的影响,结果指出,用电子束焊接熔件 Mo-0.5%Ti 合金,焊接接头弯曲脆性的转变温度随焊接速度的提高而降低。在高温钎焊方面,初步确定了用于 Я1Т 不锈钢的镍基高温钎焊合金,目前正进行半生产性试验。

在发展焊接新材料方面,研究试制成功低氢型碱性铁粉药皮与钛型酸性铁粉药皮两种国际先进焊条,但由于目前国内不能大量生产低碳铁粉,上述焊条尚不能推广。在重大产品的焊接工艺方面,我所参加了三门峡 15 万千瓦水轮机分瓣转子焊接,与国内许多单位合作共同完成了这项任务。与冶金部建筑科学院合作对铝-铜、铝-钢等摩擦焊接接头及其在长期工作温度下性能进行了研究,指出上述摩擦焊接过程主要是通过原子间扩散焊合的。与上海电焊机厂合作,研究试制出氩气等离子切割机与氮气等离子自动切割机,均已投入小批生产。

6. 金属学及金属物理

1958 年以前,金属内耗方面进行了较多的工作,广泛地利用内耗测量这种工具研究了金属与合金的许多现象和结构,得到了许多新结果,内容包括扩散、脱溶、内吸附、晶体缺陷、脆性、高温蠕变和范性形变等问题,也涉及马氏体相变和铁问题。金属与合金的相变方面研究了回火马氏体的回火分解过程,高温回火过程中铁素体晶粒的长大以及高铬钢中碳化物的形成规律等。这些工作大部分已经公开发表。

1958 年以后,我所着重开展了金属强度物理原理的研究,关于缩短高温蠕变试验时间的工作,得到的结果表明通过激活能用温度争取时间的外推方法有可能适用于几种不同类型的耐热钢和高温合金。关于生长高强度金属胡须的工作,掌握了几种金属胡须的生长条件,制备出铁铜混合金属胡须,对胡须的生长结构提出了初步看法,并研究了晶须强度的尺寸效应和屈服现象。

1961 年以来根据中国科学院指示的精神加强了金属物理方面的工作,从事这方面的人员增多了,研究范围也扩大了,除深入研究金属强度以外,还开始合金理论、扩散和氧化等方面的工作。在强度方面,用测定能量消耗和金相观测相结合,研究铝及铝合金在疲劳载荷下所发生的基本过程,得到了有意义的结果。在内耗方面已建立了声频内耗,并正在建立超声频内耗,与东北工学院合作建立兆周脉冲内耗、边辐照边测内耗等实验技术,为研究位错内耗、范性形变过程、辐照效应等创造了条件。在位错观测方面,掌握了各种方法如蚀坑、X 射线衍射和电子显微薄膜技术等,并得到了一些实验结果。例如进行了氯化钠晶体在不同退火处理后的位错密度与分布状态的观测,对不同条件下硅单晶中位错和有关缺陷进行了分析,制备了低位错密度的铜单晶并进行了位错观测;掌握了铝、铝合金及石墨的薄膜制备技术,在电子显微镜下可直接观测位错线、二三重位错带、位错网络、位错线上的沉淀相以及位错的运动过程如增殖、塞积等等。

在单晶及合金结构研究方面,掌握了制备低位错密度的铜单晶。制备了特定取向 Al-Cu 合金和锌单晶以及锌双晶的技术,并在双晶谱仪上研究了 Al-Cu 单晶中 G·P 区形成的各个阶段,应用蚀坑技术观测了锌单晶中位错排列成亚结构的规律。完成了双取向硅钢片的研究。并研究了钼、钨、铌等单晶的形成再结晶织构。此外,还掌握了 X 射线漫散射技术,已用于测定 AuCu₃ 中短程序参数。高低温 X 射线衍射仪也已经用来进行研究工作。在电子衍射方面也开展了单晶薄膜的研究工作,镍与其氧化物的取向关系方面获得了一些新的结果。

在金属与合金的电子结构与性质方面,对金属键力和费米面结构的关系进行过初步分析。通过实验指出铝单晶的临界切应力与温度呈指数关系,并联系到原子间力与晶体缺陷提出了解释。铝基稀固熔体物理性能的研究指出,性能与溶质原子浓度之间出现非单调性的关系并不限于过渡族金

属固熔体。

在金属与合金中的扩散方面,建立了一套用放射性同位素剩余强度测定扩散系数的方法。测得的扩散系数及激活能的误差分别为 $\pm 15\%$ 及 3% 。初步测量了一些铁钴合金中的原子扩散系数,观测了铁磁性转变对扩散的影响。同时对固熔体自扩散的准化学理论进行了一些探讨。

在金属的氧化方面,研究了钼的中温氧化,初步结果指出,400℃以上的表面氧化层主要不是二氧化钼,400℃以下氧化动力学曲线可以用立方规律来代表,这与前人的结果是不同的。此外,还观察到温度对氧化钼的织构有影响。

在合金热力学方面,利用次整规熔体模型对二元平衡图进行了初步分析,开始得到一些结果。

7. 冶炼物理化学

1960年以来,曾结合钢质量、强化电炉冶炼过程、在冶金物理化学方面做过一些工作,例如研究了钢熔池的锰氧反应与脱碳反应,根据渣钢界面上碳氧之间的异相反应来研究电炉扩散脱氧过程,均得到了有意义的结果。此外,还研究了液态铁-铜与铁镍铜合金中氢的溶解度,发现氢在铁溶中的溶解度随铜含量的增加出现异常的变化。最近还开展了液态合金中氧溶解度的研究。

1961年以来,加强了真空冶金与液态金属性质方面的研究。在真空冶金,在铁液中Mn、Ti、Al、S等元素的挥发积累了一些数据。在液态金属性质的研究方面,建立了测定表面张力与黏度的装置,并对铜、镍等表面张力进行了测定,液态铜的表面张力也像其他金属一样随温度升高而降低。与近年来国外工作大致相符,为了研究超声波对液态金属凝固过程的影响,曾经选择若干低熔点金属及合金如Pb、Sn、Sb、Bi、Cb、Pb、Sn及Sb-Bi等进行系统性的试验,发现超声波的作用使凝固时间普遍延长,过冷度减小,晶粒细化一般都比较显著。

8. 分析

气体分析方面,在1956年以前就建立了定氢定氧装置。真空加热定氢装置的气体分析部分经过改进使一次气体分析的容量适应较大的范围,便于一般应用。此装置早已在国内普遍推广。在定氧方面,建立了真空熔化定氧装置,分析部分采用低温冷凝法分离气体,此法在国内亦已推广。几年来,在测定合金钢、高温合金、钼及钼合金中氧含量方面进行了较多的工作,改进了分析方法提高了精确度。例如,确定了在含Ti、Al等元素小于3%的高温合金中,用铁熔池在1700—1750℃定氧,当氧含量为0.004%左右时,相对误差仅为 $\pm 0.002\%$ 。

非金属夹杂物的鉴定方面,1959年以前在掌握钢中非金属夹杂物一般鉴定技术的基础上,对碳钢和高铬不锈钢的电解分离进行了系统的研究,并提出了有效的化学分离和分析方法。应用硫酸亚铁电解法与常压氯化法相结合,解决了铬钢及高碳($C > 0.5\%$)钢种中的夹杂物分离问题。结合滚珠轴承钢质量的研究,初步确定了滚珠钢中稀土氧化物和硫化物的光学性质特点。1960年以来,进行了Si-Mn脱氧产物的研究,得出夹杂物含量与Si、Mn加入量及Mn/Si之间的一些关系。进一步研究了钢中稀土夹杂物的形态,并应用同位素 C^{14} 研究了稀土在钢中的行为,确定了36Cr-Mn-Mo及35Si-Mn钢中稀土的分布及其对机械性能的影响,建立了用偶氮磷酸比色测定钢中稀土总量和稀土物的相分析方法。

化学分析方法,1957年以前结合选矿任务建立了大冶、包头两矿的全分析方法,对大冶矿中的铜进行了相分析,并对包头矿中稀土和氟做了较系统的工作。配合钢铁冶炼方面的研究,掌握和建立了耐火材料及合金钢中各种元素的一般分析方法,包括硼的直接比色法等。1958年以后,结合高温合金、难熔化合物等材料方面的研究在微量杂质分析方面进行了较多的工作,着重铁、镍、钴、钼、

错及硅等原材料中微量杂质的分析。

在硅酸盐及多元难熔化合物的分析方法方面也取得了某些进展,例如采用铬合物滴定法分析其中 Fe、Al、Ti 等元素,免除了复杂的分离手续,提高了工作效率等。

光谱分析方面,1957 年以前着重炉渣和高合金钢光谱分析的研究,曾协助有关钢厂建立铸铁中硅和烧结矿的光谱分析。结合上述光谱分析的方法的建立,对某些光谱光源中蒸发与激发过程进行过较系统的研究。1958 年后,建立了纯铁等 12 种纯金属或纯氧化物中微量元素的光谱测定方法。用化学光谱联合法解决了合金钢及高温合金中微量稀土元素的测定。目前,应用化学浓缩和光谱测定,可以分别测定某些钢或高温合金中含量为 0.001% 以上的 Ce、La、Nd 等三种稀土元素,相对误差 < 30%。

9. 高温测试

我所承担的高温测试任务主要是在高温热源、光谱测量和高温物理性能等方面。

在高温热源和光谱测温方面,进行了下述工作:①自行设计并制造了等离子喷枪,对使用交流电源取得了一定的经验,建立了测定喷焰的温度、速度、能量分布和热效应的测试方面。②应用喷枪和拉瓦尔喷管相结合,建成了马赫数为 2 的超音速电弧等离子体热源。③利用探照灯镜面建成了直径为 1.5 米的小型太阳炉热源,测定了热源高温区中的能量分布,并用来标定了辐射计。此外,与沈阳重型机械厂和铝镁设计院合作,设计出单镜面赤道式太阳炉,直径达八米,已移交北京建工部建材研究院建造。④建立了电阻加热式辐射源与大电流电弧。⑤用光谱方法测定了氮、氢、氩等离子体喷焰的温度及其分布,最高温度约 15000℃。⑥用谱线反转法和谱线相对强度法测定了氧-乙炔火焰的温度。

在高温物理性能测试方面,几年来已获得成果的工作是:①建立了真空示差膨胀装置和比长仪直测真空膨胀装置各一套。前者最高温度达 3000℃,平均误差约 ±4%—5%,后者曾被用来测定石墨及各种碳试样的线膨胀系数,最高达 2700℃,平均误差约 3%—4%。②建立了用于不同材料的几种热导率测定装置,包括用纵向热流绝对法测定金属热导率的真空装置,用径向热流绝对法测绝热涂层导热率的装置,用电热稳定法同时测定热导率、电阻率和全发射率温度可达 2700℃ 的装置,以及用火焰加热法和钽管法测抗氧化涂层热导率的简易装置等。③采用端点悬挂声频共振法,测定棒状试样高温弹性模量的装置,温度可达 2500℃。④建立了脉冲回波法装置,可以用来测定小试样的弹性模量。⑤初步建立了用电脉冲法测定高温比热的装置。

除上述九个方面以外,还有三个方面有关国防任务的工作,在这里就不谈了。

三、几点体会

从国家建设与科学事业发展的需要来看,我所 10 年来的研究工作在数量上和质量上都还落后于要求。在任务方面,许多工作还处于不够成熟的阶段;在学科方面,已进行的工作还大都属于打基础的性质。总的说来,我所部门的工作条件还需要填平补齐,各类人员还需要进一步配套,才能真正成为我国科学战线上的一支野战军,更顺利地完成任务。也必须看到,我所过去 10 年经历过程是从无到有、边打边建的过程;从完全没有实验室和实验装备发展到具有一定规模的 37 个实验室,一个拥有 1839 种期刊和 54 000 册书籍的专业图书馆,以及 392 名大学毕业以上的科技队伍,其中助研工程师以上人员约占 25%。由此可见,我所在边打边建的 10 年过程中,不但在研究工作中做出了许多成绩,为社会主义建设做出了一些贡献,而且还培养出一批科学技术干

部,为国家建立了一个具有一定规模和基础的金属科学研究基地。我们10年来走过的道路基本上是正确的,发展也是比较迅速的。回顾10年来的发展过程,我们有下列几点体会。

1. 党的政策是指引一切工作的指南针,正确贯彻党的方针政策是促进工作迅速发展的根本保证

中国科学院在我所筹备之初,根据科学研究为生产建设服务,理论联系实际方针,确定我所设在沈阳,为联系我国钢铁工业提供了有利条件。我所人员在思想改造运动的基础上,提高了认识,贯彻了上述方针,在当时中国科学院东北分院直接领导下,与有关生产企业,特别是东北钢铁工业,如鞍山钢铁公司,抚顺、本溪、大连等特殊钢厂取得了工作上的联系,得到了当时东北工业部及其所属厂矿的大力支持。因而在本所实验大楼尚未建成、筹备工作尚未结束的情况下,一部分研究人员就在这些厂矿中利用它们的条件开始了试验研究工作。这样,不但锻炼了我所人员,而且通过现场工作调查,对生产建设的需要有了更明确的认识,为我所成立后进一步开展工作、搞好与厂矿的协作打下了良好的基础。通过协作,在建所工作中也得到了厂矿的支援,我所某些大型设备的建立和安装就是由于这种支援而完成的。总的来说,密切联系生产实际,搞好与厂矿的协作关系是我所第一阶段也就是第一个五年计划期间在工作中取得迅速进展的一个重要因素。

1958年,由于国家建设发展的需要,我所的工作进入了第二个阶段。这时,我所的方向和任务有了较大的改变,从一个以配合钢铁工业发展的需要为主要任务的研究所转变成为一个服务于尖端技术以发展新型材料为主要对象的研究所。由于1957年的反右斗争调动了科学技术人员为社会主义服务的积极性,这样一个大的转变不但完成了而且完成得比较迅速。1958年以来,我所人员坚决执行了党的自力更生的方针,发挥了敢想敢干的精神,边干边学,建立了许多新的实验室,克服了困难,做出了一定的成绩,打下了今天这样一个工作基础。“三定”以来,这个基础一天天更加巩固了,我们相信,只要今后继续正确执行党的政策方针,遵循十四条指引的道路前进,我所在今后10年中一定能够在接近或赶上世界先进科学水平这样一个伟大号召下做出自己的贡献。

2. 贯彻领导的指示,主动争取有关部门的支持,广泛开展协作,是做好工作的重要条件

从我所成立以来,院领导对我所的工作是一贯重视的。1954年张稼夫副院长曾经来所检查工作。1955年成立学术委员会,学部严主任亲临指导。1958年以来,张劲夫、裴丽生副院长,杜润生、秦力生秘书长都数次来所,检查工作并作了指示,给予我所人员极大的鼓舞。在科学院的统一领导下,院内各兄弟院所对我所给予了很多支援,例如,物理研究所的金属物理部分人员调来我所,加强了我所金属物理研究室,光机所今年调来一部分人加强了我所压力加工室,让我们对大力支持我们的兄弟研究所表示感谢!

省、市委领导同志对我所的领导和支持也是巨大的。许多工作中的具体问题凡是地方党委力所能及的都给予帮助解决。东北局、辽宁省沈阳市科委经常关心我所工作,市委对我所的工作也很关怀,在百忙中抽时间不止一次来我所检查工作,与我所高级研究人员亲切交谈,关心他们的进步。我所目前在高级研究人员中已有了党的骨干力量,是与市委的关怀和培养分不开的。今天,省委、市委以及各部门领导同志又在百忙中抽出时间来参加这次大会并作指示,让我们表示感谢!

我所从筹备伊始,即得到当时的东北工业部的大力支持。成立以后,我所与冶金工业部所属厂矿和研究所联系越来越多,从研究项目合作、技术经验交流、干部培养训练到原料供应,甚至涉及到人力方面的调配,都得到了冶金工业部领导的支持。例如1958年与1959年我所从冶金工业部所属中等专科学校挑选了若干名毕业生,又如冶金工业部党组曾经数次指示抚顺钢厂与我所搞好协作,

这一切都为我所某些工作的开展提供了优越的条件。其他工业和高教部门及其所属各部门也为我所提供了便利条件,例如东北工学院从我所开始筹备到现在,对我所干部培养、研究项目合作都提供了不少的帮助。今天,许多高等院校、厂矿和研究机关的领导同志亲自到这里来参加所庆,是对我们工作的又一次支持,让我们表示谢意!

10 年来的经验使我们深深体会到,作为一个与国家建设事业结合得比较密切的、属于应用科学范围的研究所,如果不与有关的生产和使用部门按照“全国一盘棋”的精神搞好协作,是不容易取得成果的。也应当看到,我们过去在协作问题上也是有缺点的,例如作为科学院的一个研究所如何与生产使用部门的研究单位既有分工又有协作往往不够明确。这是我国整个科学事业迅速发展中的一个问题,我们还缺少经验。但可以相信,在取得足够的经验以后,这方面的问题是可以提早解决的。

3. 研究所内部要根据工作性质与任务要求配套成龙,才能发挥最大的作用

研究所是研究、技术与科学组织管理等三个系统的组成,这三个系统都要健全,彼此要配合得好,才能最有效地出成果、出人才。从我所 10 年来的发展过程来看,我们过去对这个问题的认识是不够的。关于健全研究系统,建所以来我们是重视的,因而在培养研究干部方面采取了一系列措施,例如组织外文学习、基础训练等等,并且坚持下来,取得了一定效果。在研究室的设备方面也注意了彼此衔接,以免工作脱节。但是,由于本所在过去某一时期曾经对学科单一化考虑得比较多,因而在第一个五年计划末放走了压力加工研究室。后来,我所承担了合金钢高温合金、难熔金属等任务,又不得不重新建立这个研究室。由于走了这段弯路,目前我所压力加工室的装备条件在各研究室中是最薄弱的。

关于技术系统,我们在建所之初也看到了它的必要性,在当时可能做到的条件下招收了一批高小毕业生作为技术干部队伍的后备,但是由于我所缺少有经验的高级技术人员,在培养技术干部方面缺少有效的措施,并且在过去某一时期,所内还出现过重研究轻技术的倾向。10 年来,我所技术队伍虽然有一定程度的成长,对设备更新做出了一定的贡献,可是我所今天较为突出的矛盾仍然是技术力量赶不上研究任务要求的矛盾。中国科学院今年关于加强技术系统的指示,对我所来说是完全必要的。

关于科学组织管理系统,我们过去对这方面工作的重要性认识是很不够的。10 年来,研究计划、图书资料、器材条件等方面的工作人员变动频繁,干部成长受到了一定的影响。中央科学工作十四条和院党组关于自然科学研究所暂行条例七十二条颁发以后,我们及时组织学习了这些文件,总结了过去的经验,才有了较深刻的认识。一年多以来我所根据院党组的指示,加强了这方面的工作,已经取得了初步效果。日常管理方面,10 年来也做了很多工作,积累了一些经验,特别是学习院党组关于自然科学研究所暂行条例七十二条以来,管理人员中“三个观点”加强了,工作有了很大的改进,但工作效率还需进一步提高。

从以上情况,我们初步体会到,为了我国科学事业的迅速发展,必须有一个全国性的科学事业长远发展规划,按照这个整体规划所规定的方向和任务来安排老的研究所或设置新的研究所。一个研究所的方向和任务一经批准,就不要轻易改变。无论从培养干部的角度。或者从建立实验室和创造其他条件的角度来看,这样做才是真正符合“多、快、好、省”的。

我今天要做的报告,就讲到这里,可能有许多不恰当的地方,请各位首长、来宾们批评指正。