



教育部高等学校材料科学与材料工程教学指导委员会
金属材料与冶金工程教学指导委员会

规划教材 (冶金资源造块系列)

丛书主编: 邱冠周

铁矿造块研究方法

RESEARCH METHODOLOGY ON
AGGLOMERATION OF IRON ORES

黄柱成 主编



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

教育部高等学校材料科学与材料工程教学指导委员会
金属材料与冶金工程教学指导委员会 规划教材(冶金资源造块系列)

铁矿造块研究方法

主 编 黄柱成
副主编 郭宇峰 张元波



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

内容简介

全书共9章,系统地介绍了铁矿造块领域中的常规研究选题,研究阶段,研究计划以及常用的试验、研究方法,内容包括单因子试验设计和多因子回归设计及其回归分析,逐一阐述了铁矿造块试样的准备和烧结、球团、压团试验及相关产品性能检测等试验技术。

本书力求使读者了解铁矿造块领域中的试验研究的一般程序和内容,掌握铁矿造块研究的方法和技能,培养综合运用基础理论与专业知识分析、解决实际问题的能力。

本书可作为矿物加工工程专业(团矿方向)本科生的专业教材,也可供相关研究院、所的科研人员和厂矿工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

铁矿造块研究方法/黄柱成主编. —长沙:中南大学出版社,2015.11

ISBN 978-7-5487-2038-6

I. 铁... II. 黄... III. 铁矿物-造块-研究方法
IV. TF5-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第271176号

铁矿造块研究方法

TIEKUANG ZAOKUAI YANJIU FANGFA

黄柱成 主编

责任编辑 韩雪

责任印制 易红卫

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印 装 长沙市宏发印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13.25 字数 319千字

版 次 2015年11月第1版 印次 2015年11月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-2038-6

定 价 35.00元

教育部高等学校材料科学与材料工程教学指导委员会
金属材料与冶金工程教学指导委员会

规划教材

(冶金资源造块系列)

编审委员会

丛书主编

邱冠周

编委会委员(姓氏笔画为序)

白晨光 朱德庆 杨永斌 李光辉

沈峰满 张建良 范晓慧 姜涛

郭宇峰 黄柱成

序 言

冶金资源造块(烧结、球团等)是处于选矿与金属提炼之间的加工作业,是以高炉-转炉为主体的钢铁生产流程的第一个工序,担负着为钢铁冶炼制备优质炉料的任务。

现代钢铁生产工艺可以分为以高炉-转炉为主体的长流程和以电炉为中心的短流程,前者以烧结矿和球团矿为冶炼炉料,后者以废钢和直接还原铁为炉料。目前,发达国家钢产量中电炉钢比已接近50%,我国因废钢和直接还原铁短缺,电炉钢比仅约10%。我国钢铁生产每年消耗各类含铁原料约10亿吨,这些原料绝大部分需要经过进行造块加工后才能进行冶炼生产,这使得铁矿造块作业成为现代钢铁联合企业中物料处理量居于第二位、能耗居于第三位的重要工序。巨大的钢铁生产规模也使得我国成为产量连续多年占世界50%以上的人造块矿第一生产大国。

进入新世纪以来,我国钢铁工业持续快速发展,对广大造块工作者提出了更高的要求。此外,钢铁高效、节能、清洁生产的要求不仅要求造块生产本身高效、清洁、低耗,而且对造块产品质量提出了更高的要求,如严格的粒度组成、理想的化学成分和优良的冶金性能等。此外,我国优质铁矿资源严重短缺和进口矿价的起伏不定,要求我国造块生产不仅能利用磁铁矿、赤铁矿等传统原料,还必须尽可能多地利用各类难处理的非传统含铁资源,如褐铁矿、镜铁矿、复杂共生铁矿以及钢铁、化工、有色冶金企业的含铁二次资源。这就要求我国造块与炼铁科技工作者努力开拓创新,深入探索和研究造块新概念、新理论,不断开发含铁资源高效清洁造块新方法、新技术。

经过多年特别是近十年广大造块工作者的努力,我国铁矿造块生产不仅在产量上遥遥领先世界其他国家,在产品质量和技术水平上也取得长足进步。设备大型化、自动化水平显著提高,造块新方法、新技术不断涌现并投入工业应用,褐铁矿等难处理资源得到大量利用,一批重点大中型企业的技术经济指标跨入世界先进行列。当今我国的造块生产及技术水平与20世纪90年代初甚至上世纪末相比,已经不可同日而语。

冶金工业的持续发展需要大批掌握现代科学技术的专业人才,教材建设是人才培养的重要基础。冶金资源造块专业目前使用的教材,大多是20世纪80—90年代编写出版的。近十年冶金资源造块理论、方法、技术和装备都得到快速发展,原有教材已无法适应新时期人才

培养、科学研究和生产管理的要求。此外,过去出版的造块专业教材大多只介绍造块原理与工艺技术,而在工厂设计机械设备和研究测试方法方面很少看到公开出版的教材,相关高校一般采用自编讲义教授相关内容,这不仅影响人才培养质量,也使从事科研、设计和生产的造块工作者深感可供参考的教材太少。因此,尽快编写出版一套反映21世纪造块科学技术最新发展,包括造块原理、工艺、设备、工厂设计和研究方法等内容的冶金资源造块专业教材不仅十分必要,而且非常紧迫。

创建于1956年的原中南矿冶学院的团矿专业,经过近60年的发展,已成为我国冶金资源造块领域高级专门人才培养中心和科研开发基地。此次编写工作,集中该校造块专业(方向)的优秀教师和国内相关高校的知名专家组成编委会,确定了编写原则和要求,制订了编写大纲和编写计划,各分册均由经验丰富的专家领衔主编。在长达数年的编写过程中,编写人员参阅了大量国内外文献,并对书稿进行了多次修改、补充,形成了内容新颖、系统完善、相互独立而又相互支撑的系列教材。相信这套教材对我国资源造块领域高级专门人才的培养一定能够起到应有的促进作用,对从事造块科研、设计和生产的科技工作者也有较大的参考价值。

感谢参加教材编写工作的全体教师以及在编写过程中给予帮助和支持的所有人员,感谢中南大学出版社热情周到的服务。

邱冠周

2015年1月

前 言

我国钢铁工业持续快速发展,需要大批铁矿造块科学技术的创新人才。要培养具有开拓创新能力的工程技术人才,实验教学具有不可替代的作用。实验教学不是为实验而做实验,而是通过课堂教学和实践教学向学生传授系统的实验研究方法和实验技术,对学生进行实验思维方法、实验技术、实验设计、数据处理、想象能力、观察能力、分析能力、表达能力等的全面训练,是培养学生创新意识、创新能力必不可少的途径。

铁矿造块研究方法课程的设置是为了在学生进入专业实验及其相关科学研究之前,就现代造块科学技术研究全过程所涉及的基本问题及实验技术进行系统的培训。

本书介绍了现代造块科学技术研究中常用试验研究方法、相应的试样调制与工艺性质测定的方法,突出了烧结、球团等主要造块工艺从原料准备、试验设备及其操作技术到系统的试验研究方法和试验技术及其试验效果的评价等内容,介绍了不同造块产品各种性能的检测方法,阐明了造块产品微观结构与矿相分析的基本方法。

本书由黄柱成担任主编和全书统稿工作。参加编写的有黄柱成(第1章、第2章、第3章和第6章之第3节)、郭宇峰(第4章之第1、3、4节、第5章和第6章之第1、2节)、张元波(第7章、第8章)、李思导(第4章之第2节、第9章)。

虽然编写人员做出了极大努力,但由于水平有限,书中肯定存在许多不足和不妥之处,恳望读者批评指正。

编者

2015年10月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 造块试验研究的意义和任务	(1)
1.2 试验研究的程序与课题选择	(2)
1.2.1 试验研究的基本程序	(2)
1.2.2 研究课题选择的原则和依据	(3)
1.2.3 选题计划的制定	(4)
1.3 试验研究计划的制定与实施	(4)
1.3.1 试验研究工作阶段的划分	(4)
1.3.2 试验计划的制定与实施	(5)
1.4 科技报告和科技论文的撰写	(6)
1.4.1 文献综述的撰写	(7)
1.4.2 试验研究报告的撰写	(8)
1.4.3 科技论文和科技报告的撰写	(8)
第2章 试验设计与数据处理	(13)
2.1 试验方法的分类	(13)
2.2 试验研究中因子、水平和判据选择	(15)
2.2.1 因子、水平和判据	(15)
2.2.2 因子和水平的选择	(16)
2.3 误差与误差的控制	(18)
2.3.1 试验结果精确度的概念	(18)
2.3.2 试验误差	(19)
2.3.3 误差的控制	(23)
2.4 试验数据处理与结果的评价	(26)
2.4.1 直观分析法	(26)
2.4.2 方差分析法	(26)
第3章 常用试验研究方法	(29)
3.1 单因子试验设计	(29)
3.1.1 完全随机化单因子试验设计	(30)
3.1.2 随机区组单因子试验设计	(34)
3.2 正交试验设计	(39)

3.2.1	正交表的构造及其特征	(39)
3.2.2	正交表的使用	(42)
3.3	数学模型与回归试验设计	(52)
3.3.1	数学模型概述	(52)
3.3.2	回归分析	(54)
3.3.3	单因子试验的回归分析	(57)
3.4	回归设计	(59)
3.4.1	一次回归的正交设计	(59)
3.4.2	二次回归的正交设计	(63)
第4章	试样调制及其性质的测定	(69)
4.1	散状物料的采样与试样调制	(69)
4.1.1	采样要求	(69)
4.1.2	散状物料的取样	(70)
4.1.3	试样最小必需量的确定	(71)
4.1.4	试样调制	(73)
4.2	实验常用气体制备	(77)
4.2.1	实验室几种常用气体的特性	(77)
4.2.2	气体的制取	(78)
4.2.3	气体净化方法	(80)
4.2.4	实验用气体储存、配气	(83)
4.3	试验原料性质的研究	(85)
4.3.1	化学性质研究的内容和程序	(85)
4.3.2	物质组成研究方法简介	(86)
4.3.3	造块主要原料及其性质	(89)
4.4	试样工艺性质的测定	(94)
4.4.1	粒度与粒度组成的测定	(94)
4.4.2	比表面的测定	(98)
4.4.3	物料密度和堆密度的测定	(102)
4.4.4	水分的测定	(105)
4.4.5	细粒物料成球性能测定	(105)
4.4.6	生石灰活性度测定	(108)
4.4.7	膨润土性质的测定	(109)
第5章	烧结试验	(112)
5.1	概述	(112)
5.1.1	烧结试验内容	(112)
5.1.2	烧结试验流程	(112)
5.2	烧结试验原料准备、试验设备和操作技术	(113)

5.2.1	配料计算	(113)
5.2.2	烧结料的混合与制粒	(114)
5.2.3	混合料烧结	(115)
5.3	烧结试验过程检测与评价	(117)
5.3.1	混合料主要工艺性质测定	(117)
5.3.2	烧结料层温度、阻力和气氛测定	(120)
5.3.3	烧结主要技术指标计算	(122)
5.3.4	烧结矿性能检测	(123)
5.4	铁矿粉烧结工艺因素的考察	(123)
5.4.1	混合料制粒工艺因素	(123)
5.4.2	烧结混合料布料、点火与烧结工艺因素	(124)
5.4.3	烧结主要工艺参数选择	(126)
第6章	球团试验	(130)
6.1	概述	(130)
6.1.1	球团试验内容	(131)
6.1.2	球团试验研究流程	(131)
6.2	球团原料准备、球团制备试验设备和操作技术	(132)
6.2.1	球团原料准备	(132)
6.2.2	生球制取与检测	(134)
6.2.3	生球干燥与预热	(136)
6.2.4	生球焙烧固结	(137)
6.2.5	焙烧球团性能检测	(141)
6.3	金属化球团试验	(142)
6.3.1	金属化球团试验工艺流程、试验步骤和操作技术	(142)
6.3.2	金属化球团试验内容	(145)
第7章	压团试验	(148)
7.1	概述	(148)
7.2	压团成型试验设备	(148)
7.3	原料准备、压制步骤及操作技术	(150)
7.3.1	压团原料准备	(150)
7.3.2	混合料压团	(150)
7.3.3	生压团块检测	(151)
7.3.4	生压团块固结	(151)
7.3.5	成品团块检测	(153)
7.4	压团成型工艺因素的考察	(153)
7.4.1	压团原料的天然性质对压团过程的影响	(153)
7.4.2	添加物对压团过程的影响	(154)

7.4.3	压团工艺条件对压团过程的影响	(154)
第8章	造块产品性能检测	(157)
8.1	产品的化学组成	(158)
8.2	冷态性能测定	(159)
8.3	热态性能测定	(161)
8.3.1	铁矿石还原性测定	(162)
8.3.2	铁矿石低温还原粉化率的测定	(164)
8.3.3	铁矿球团相对自由膨胀指数测定	(167)
8.3.4	铁矿石还原软化—熔融性的测定	(171)
第9章	造块产品微观结构与矿相分析	(174)
9.1	光学显微镜分析	(174)
9.1.1	鉴定试样的制备	(174)
9.1.2	岩相显微镜	(175)
9.1.3	矿相显微镜	(176)
9.2	人造矿矿物组成与显微结构特征	(177)
9.3	电子显微分析	(178)
9.3.1	透射式电子显微镜(TEM)	(178)
9.3.2	扫描电子显微镜(SEM)	(179)
9.3.3	电子探针微区分析	(180)
附 录	(183)
附录1	具有 V 个自由度的 t 分布概率点	(183)
附录2	F 检验临界值表, $P(F > F_{\alpha}) = \alpha$	(184)
附录3	常用正交表	(187)
附录4	相关系数 r 检验表	(195)
附录5	各国试验筛筛孔尺寸现行标准	(196)
参考文献	(200)

第1章 绪论

1.1 造块试验研究的意义和任务

实验方法是从观察方法发展起来的,它以观察方法为基础,但又高于观察,具有观察方法所不具备的优势。从观察发展到实验,是科学认识方法和手段的一大飞跃。实验方法的确立,实验方法论原理的制定与完善,对近现代科学的快速发展起到了巨大的推动作用。可以认为实验方法的确立和实验方法论原理的制定与完善催生了一系列重大的科学发现,极大地促进了近现代科学的发展。科学理论不仅要以工业生产实践为基础,而且要依靠科学试验研究提供精确的数据,再经过分析总结、判断推理而形成;科学理论是否正确,仍需经过工业生产实践的检验。

试验研究同工业生产相比,通常具有下列特点:

(1)在实验室或试验厂中,通过样品或模型来研究整体和原型,通过小型试验然后再逐步扩大试验研究规模,试验成功后推广应用到生产上,因而可以以较少的人力和物力,进行范围广泛的探索和研究,迅速而合理地选定工艺方案,为生产和建设提供可靠和科学的决策依据。

(2)在实验室和试验厂中,人们可以不受现有生产条件的限制,运用各种方法,严密地控制和改变所研究的对象和工艺过程,因而能够取得许多在生产条件下不易取得,甚至不能取得的科学数据,同时对所取得的科学数据进行整理与科学分析,能深入地揭示自然规律,为高效生产开辟新的途径。

造块成型是将粉体物料加工成具有一定尺寸和形状的块状物料,通过粉体固结过程赋予成型制品以一定用途所要求的性能(如强度等)。不同粉体原料,采用不同的造块成型与粉体固结方式,可以生产出各种具有确定用途的产品,从而应用于不同的工业领域。如粉末冶金、耐火材料、陶瓷工业、型煤生产、高温冶金炉料等。由于金属材料,特别是钢铁冶金的高速发展,粉体造块已广泛应用于冶金工业领域中。

本书所涉及的造块主要是指冶金原料造块,是为冶炼工序准备“精料”,是冶炼工序高产、优质、低耗的重要保证,是冶炼前原料准备的一种方法。主要方法有烧结法、球团法和压团法,属冶金科学领域范畴,造块试验研究,是一种科学实验活动,对冶金科学和生产的发展具有重大意义。

造块试验研究内容主要可分为以下几种类型:

- (1)粉体矿物原料的造块性能评定。
- (2)新建工厂设计和原有工厂改进造块工艺条件研究。
- (3)造块新工艺、新设备和新方法研究。
- (4)造块基础理论研究。

(5) 造块过程中原料的综合利用研究。

(6) 造块过程中劳动条件保护和三废处理研究。

在冶金工业中,经常要研究基础理论、工艺技术,寻找优质、高产、低耗的冶炼方案,这些都离不开试验研究。如何进行试验研究,如何对试验结果进行科学的分析,以最大限度的减少试验费用,缩短试验周期,迅速获得明确可靠的结论,是冶金工作者经常遇到的现实问题。

进行试验研究的目的是为了获得试验条件和试验结果之间规律性的认识,试验设计方法是制定试验方案和分析试验结果的有力工具,正确地运用试验设计方法是迅速、准确地达到预期试验目的的先决条件。

1.2 试验研究的程序与课题选择

1.2.1 试验研究的基本程序

试验研究从开始到结束的基本程序包括以下几个基本阶段:

(1) 选题和定题。试验课题一般可由国家和有关上级机关下达,或由委托方提出,也可自选。选题是根据国内外本专业领域和生产实践中存在的关键技术问题、专业学科长远发展方向以及有关基本理论来确定的。

(2) 调查和科技情报收集。在研究课题确定后,必须实地调查和收集国内外有关科技情报,以了解课题关键技术中存在的症结和相关课题的进展情况。这对研究方向和内容的确定是极其有益的。

(3) 试验方案和方法确定。为保证试验结果的准确可靠性和最大限度节省人力物力,试验前应确定切实可行的方案和方法,以保证试验效果达到预期目的。

(4) 总体试验规划制定。总体试验规划包括人员组织、原料准备和试验设计,试验的主要内容和主要措施,时间安排和经费来源等项目,使整个试验落实在行之可靠的基础上,以便于试验有计划地顺利进行。

(5) 试验设备和原料的准备。包括开展试验所必需的设备条件和按试验要求与规定的原料采集和处理(包括中和、缩分、破碎和取样等)各项,为后续试验创造条件。

(6) 系统试验。这是试验研究的中心环节和试验的具体实施过程。其中应包括主要试验内容和具体时间安排等问题并按计划进行试验研究。一般来讲,试验内容和具体安排将成为具体执行试验工作的准绳,但若在实践中发现客观情况与原计划有差别,应对原计划作适当修正甚至改变,以得到最好的试验结果。

(7) 试验结果整理。将整个试验数据和试验结果进行整理、分析并做出总结。如在整理过程中发现异常现象,还必须进行补充试验,以证明这一现象的重现性或者不再出现而予以排除。

(8) 试验报告或论文编写。作为试验成果的总结形式,通常是用试验报告和论文的两种形式之一来表达。

有关的试验任务书、合同和试验计划等通常都必须经过一定的组织程序审查批准;最终试验报告亦必须逐级审核签字,有时还需组织专家评议和鉴定,然后才能作为开展下一步研

究工作或建设的依据。

1.2.2 研究课题选择的原则和依据

选题的好坏是一个科研项目能否取得成功的关键环节之一。具有明确的针对性是研究课题选择的基本原则。这实际上反映出研究的目的和意义,并使研究者有明确的奋斗方向,有利于采取可靠的措施来达到预期的效果。

在通常情况下,题目的选定,是在洞悉国内外科技发展动态基础上,一方面要立足于赶超世界先进水平和解决国内生产中关键技术问题,树立勇攀科技高峰的精神,但另一方面要根据现有单位的能力和条件,从实际出发,实事求是。当然,也要考虑经过一定时间努力能使研究能力与研究条件得到改进和完善,具备承担重大科研课题能力的因素。

兼顾课题的难易和大小,在课题选择中应予以充分考虑。一般来说困难的和大型的课题通常是带有专业领域的根本性问题,需要具有较高的研究水平和较长的时间才能解决,因为这类课题会直接关系到学科和生产的进一步发展,故应首先考虑和安排。但对容易或小型的课题也绝不能忽视,特别是关系到当前生产的一些课题,应集中人力在短期内使问题得到解决,这样不仅满足了当前生产的需要,还为今后解决难题大题积累丰富经验。往往难题大题具有内容复杂性和时间长期性,可以考虑将其分成若干小题分期进行,这样能把问题的最终解决落实在可靠基础上。

一个国家如果没有较高的基础理论研究水平,科学技术就不能快速持续进步。但是在基础理论和应用技术研究这两方面,人们通常容易重视后者而忽略了前者,单纯强调应用技术的研究,其结果就会导致科学技术不能进一步发展,加强基础理论研究不仅有利于解释生产和科学研究中发生的各种现象,更重要的是有助于研究和开发新技术,并把生产技术推向新的高度,使生产技术得到不断发展。在冶金原数造块这一领域里,同样不能忽视基础理论的研究工作。

此外,具有独创性的理论见解和科研成果所编写出的教科书或参考书、新的实验仪器设备研制、现有生产技术革新的总结等项目也应属科研选题范围。

根据研究课题的来源,研究课题可分为自选题和委托题。但不管课题的来源如何,在作出决策时都应该考虑到研究领域的科学技术发展的趋势,本单位和研究人员本身的科研能力和特长以及研究成果的社会效益。

每个单位选题应有所侧重,重点发展,逐步形成特色,这样将给我国有关专业的发展带来极大好处。例如设计单位侧重工艺流程改进和设备创新,研究单位侧重工艺因素兼顾基础理论研究,高等院校侧重基础理论兼顾工艺因素研究,在现有人力物力条件下各自重点发展,既使各项研究得到深化,又有利于本专业科学技术水平全面提高。有些重大课题,在我国条件下应有组织地通力协作,共同攻关。这种方法在建国以来科学研究中成效显著,对促进我国社会主义建设发展起了重大作用。

当课题选定之后,应按课题难易程度合理组织相关人员进行研究工作,课题的分配要考虑到研究者的水平和能力,也要注意对新生力量的培养,这样在有经验和经验不足的人员互相搭配下展开工作,使新生力量的研究能力和水平不断提高,从而壮大科技队伍并使科技队伍后继有人,为我国科学技术发展做出更大的贡献。

1.2.3 选题计划的制定

一般地说,选题计划需要取得上级主管部门或者委托单位审查批准。因此,选题计划应全面论述课题的意义,国内外研究的现状和可能达到的目标。选题计划一般包括以下内容:

- ①项目名称(如一个题目内包括几个子题目,则应列出子题目)。
- ②课题来源和意义。
- ③有关本课题国内外研究现状,已有成就以及存在问题。
- ④解决问题的大体方案,所能达到的指标和预期效果。
- ⑤为完成此课题的主要关键技术措施。
- ⑥预计试验开始和完成时间。
- ⑦经费来源和预算。
- ⑧课题负责人和参加人员数量、专业和工种。
- ⑨协作单位(包括人员及数量)。
- ⑩其他(补充说明)。

课题的名称以概括出研究内容和方法来确定,但有的在任务下达时就确定了试验方向,也确定了名称,如《优化鞍钢烧结配矿试验研究》等。若需多方案比较试验,则应逐项落实具体执行计划,有时为了表明试验工作的性质和范围,往往在题目的名称前加上“初步”、“探索性”、“半工业性”和“工业性”等限制性词来区别。

1.3 试验研究计划的制定与实施

1.3.1 试验研究工作阶段的划分

造块试验是科学试验的一个分支,其试验方法和手段也总是随着科学技术的发展不断地改进和完善。但就试验规模而言,它总是遵循试验发展的三个阶段,即实验室试验—中间(半工业)试验—工业试验,其中实验室试验是基本的和主要的。这是因为实验室试验的试验规模小,原材料消耗少,试验因素易于控制,能全面有效地研究事物的各种影响因素,从而能充分地反映客观事物的变化规律。

(1)实验室试验,简称小型试验。其特点为:

①试验内容是探索性的,主要是解决技术上可能性问题。具体作法上又可分两步:先进行初步探索试验以确定技术上的可能性,再进行条件试验;在小型试验的规模下找出最佳的技术经济指标,初步确定经济上的合理性,然后再进行扩大试验。

②试验装置应尽量利用小型标准设备或实验室现有设备进行组装,并力求简单,可暂不考虑将来的生产设备与设施问题。

③试验规模(即每次试样用量),在试样具有代表性的前提下,以所得的产物足够供化验分析和性能检测之用为原则,这样既容易控制试验条件又可减少消耗,化验分析和性能检测工作亦应力求减少至必要限度。

④试验操作一般都是间断性的,但对各种因素的测定和控制则要求全面和严格,以便获得最可靠的试验数据。

(2) 扩大试验或半工业试验(中间试验)

扩大试验和半工业试验相比,前者的试验规模较后者为小,且试验仍可间断地进行。而后的试验规模较前者大,且试验应是连续进行的。半工业试验的设备常常是工业生产设备的缩小。但就其试验内容来看,都是小型试验的放大,其目的在于查明小型试验规模下所不能肯定的重要工艺条件,进一步确认小型试验的结果,寻找接近工业生产条件下可能达到的技术经济指标,在一般情况下,造块领域内扩大试验可代替半工业试验,将研究成果直接用于工业生产。

扩大试验或半工业试验的特点为:

①试验所用设备应适当考虑到工业生产的要求和可能性,在条件允许时,应尽可能采用连续运行的装置,但试验规模仍宜小。

②数据的收集要求全面,以便于物料平衡和热平衡的计算,便于对主要设备的生产能力和生产成本作出估计,对产品的质量作出全面的评价。

③扩大试验得到的数据,应能满足工业生产设计的要求,只有通过扩大试验或半工业试验验证所研究的工艺不仅在技术上可行而且在经济上合理之后,才允许进行工业试验。

(3) 工业试验

工业试验是在实验室试验和中间试验的基础上进行的,其特点为:

①小型试验和中间试验获得的试验结果,由于实际工业生产过程模拟困难,连续生产和间断试验的差异和边缘效应等原因,在直接用于工业生产时,常常会出现一些偏差。因此进行工业试验时,根据小型试验和中间试验的结果,应对设备和工艺参数进行调整,以期获得最佳的技术经济指标。

②分析小型试验、中间试验和工业试验结果之间的关系,也是工业试验的目的之一,这些数据和资料的积累,对以后试验和生产的工艺设计和设备设计有极高的参考价值。

③工业试验的规模大、费用高,而且其成败对小型试验和中间试验成果的应用与推广有深刻的影响。因此,是否进行工业试验,如何组织进行工业试验,都应慎重考虑。

1.3.2 试验计划的制定与实施

在选定或接受一项科研任务后,第一步工作总是按照科研的要求,查阅有关的文献资料,充分吸取已有的经验,从中得到启发,避免走弯路或做重复工作。

试验研究方案的制定是科研人员将文献资料与自己的知识经验相结合并进行判断、综合的结果。研究方案决定科研的方向,对试验工作起着关键作用,极其重要。

试验工作,包括试验前的准备工作及进行试验。准备工作有:试验原料、试剂、设备及化验工作的准备,这些准备工作都是事前依据研究方案制订出试验计划进行的,因此试验计划要周密而详细,其中试验原料的准备在确定科研任务后就应着手进行,因为试验原料的化验工作需要时间。

试验工作是科研工作最重要的组成部分,科研人员要通过试验数据,以检验科研方案能否达到预期的目标。在试验进行过程中,有时需部分修改甚至完全改变原来的方案。试验工作中如何以最少的人力物力财力消耗,用最短的时间来达到预期的目标,所得数据的可靠性以及从所得数据中找出规律性并利用这些规律来指导进一步的试验工作或工业生产,这些都是需要科技工作者在试验过程中不断思考并予以解决的内容。

实验室总体试验计划通常包括从试验开始到报告编写过程中的工作内容和时间规划。这一计划的概述可用列表的形式来说明，表 1-1 便是这种计划概况的例子。

表 1-1 中所列的工作项目，往往是交叉进行的，例如文献工作不仅在制订科研方案时要集中一段时间进行，整个科研进程中随时都应根据需要进行有关文献的查阅。数据的整理和分析也应及时进行，以便随时了解试验结果和调整试验计划。

表 1-1 x x x x 试验计划

工作项目	开始时间	结束时间	工作量/%
1. 科技情报收集和整理(文献工作)			
2. 试验计划制定(包括分段执行计划)			
3. 试样的采集和准备			
4. 设备准备和调试			
5. 预先试验			
6. 系统试验			
7. 扩大试验(包括合适工艺流程选定)			
8. 数据整理和分析			
9. 补充试验			
10. 报告编写			

时间安排上，当然以试验工作占用时间最多，在小型试验中，一般占整个科研时间的 60% ~ 70%，在扩大试验和半工业试验中占用的时间比例则更多。

一个详细的试验计划，对表 1-1 中各项工作的具体内容都应有详细的论述，包括试验流程、试验设备、检测方法及设备等的确定；工作人员的安排与分工；技术关键及可能解决的方案；经费的来源与使用的分配等。

但是，总体试验计划还不能指导具体试验过程进行，而只是一个大体轮廓。因此必须在总体试验计划基础上订出具体执行计划，在具体执行计划中应包括试验因子和水平，检测内容和产品质量检验等项目。

值得注意的是，在整个试验过程中，随着试验结果的取得并进行分析后，具体试验计划还可能按新出现的情况作适当修改或更正。

1.4 科技报告和科技论文的撰写

在进行试验研究之前，需要查阅文献资料，写出文献综述。在此基础上，提出开题报告。在试验进行过程中，为了及时总结试验进展情况，发现问题，改进工作，常常需要写出试验研究简报或试验研究报告。一项试验研究工作结束后，要将研究获得的新认识、新规律和新发现撰写成科技论文，供他人参考和共享，使其在此基础上做进一步的深入研究，而不要再去做无谓的重复劳动，浪费人力、财力和时间。下面简介几种科技报告和科技论文的撰写内容和方法。