



铁合金检测技术 解决方案

以测试技术推动冶金及材料工业进步——钢研纳克

钢研纳克检测技术股份有限公司

NCS TESTING TECHNOLOGY CO., LTD.



概述

铁合金是炼钢时作为脱氧剂，元素添加剂等加入铁水中使钢具备某种特性或要求的工业产品。铁合金不仅包括铁与硅、锰、铬、钛等元素组成的合金，习惯上炼钢用的中间合金也都称为“铁合金”。

中国是铁合金生产大国，铁合金产能和产量均位居世界第一，主要集中分布在内蒙、宁夏、广西、甘肃、云南等省份。铁合金门类较多，按照主元素分类包括硅铁，锰铁，铬铁，钼铁，硅铝，硅钙，硅铝钡钙等。

由于铁合金产品中碳与其他微量元素含量严重影响产品质量，需要借助先进的检测仪器与方法稳定生产工艺，提升产品质量。铁合金检测技术与装备的领跑者钢研纳克，依托钢铁研究总院铁合金行业深厚技术背景和国家钢铁材料测试中心的优势检测资源，以国家重大科学仪器专项为依托，生产了铁合金检测用的碳硫分析仪、氧氮分析仪、电感耦合等离子体光谱仪、波长色散X射线荧光光谱仪等分析检测设备，解决行业遇到的各种检测难题，为铁合金行业元素检测提供整体解决方案。



CONTENTS

目录 ▼

一、检测仪器 03

CS-2800\3000\2800G\3000G\3600 碳硫分析仪
ONH-3000\ON-3000\OH-3000\O-3000\N-3000 氧氮氢分析仪
电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-OES) 系列
PlasmaMS 300 ICP-MS 电感耦合等离子体质谱仪
CNX-808 顺序式波长色散 X 射线荧光光谱仪

二、应用报告 09

高频燃烧红外吸收法测定硅铁中的碳硫
脉冲熔融 - 红外吸收光谱法测定铁合金中氧
ICP-OES 法测定硅铁中杂质元素含量
冶金副产品 - 炉渣中元素的测定：粉末压片 - CNX-808 型 X 射线荧光光谱法

三、实验室规划 19

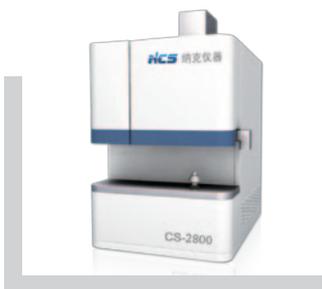
四、典型客户 21

品质工业让世界更美好



CS-2800\3000\2800G\3000G\3600 碳硫分析仪

该系列仪器采用高频炉或管式炉加热，红外吸收法，快速准确测定钢铁、合金、矿石、水泥、陶瓷、玻璃等固体材料中的碳、硫元素含量。



仪器特点

CS-2800	CS-3000	CS-2800G	CS-3000G	CS-3600
原装进口固态红外检测部件，瑞士进口同步电机，美国进口抗氧化、稳定红外光源				
分析气流量采用高精度电子流量控制技术				
独具特色的计算机软件，一流的线性化处理效果，丰富的自诊断功能				
多重的熔毁保护电路，全密封零死体积测量气路				
进口专用金属粉尘过滤网，易拆卸，清扫方便				
在 CS-2800 的基础上增加入口总氧压力、炉后分析气压以及动力气压自动监测系统和氧化铜炉催化系统，提高仪器的检测精度，保证无污染排放		在 CS-2800 的基础上增加管式炉燃烧系统，两套燃烧炉的气路相互切换简单	在 CS-3000 的基础上增加管式炉燃烧系统，两套燃烧炉的气路相互切换简单	立式管式炉，采用可靠耐用的加热元件和燃烧管，全自动进样系统

仪器参数

	CS-2800	CS-3000	CS-2800G	CS-3000G	CS-3600
燃烧炉	高频感应炉 18MHz 2.7KVA		高频感应炉 + 管式电阻炉		垂直管式电阻炉 Max.16A, Max.1500°C, 温度连续可调节
分析范围	高频感应炉：低碳 1ppm ~ 0.2% 高碳 0.2% ~ 6%；低硫 1ppm ~ 0.3% 高硫 0.3% ~ 30% (改变称样量可以扩展分析范围) 管式电阻炉：碳 0.01% ~ 100%；硫 0.005% ~ 100%				
分析精度	高频感应炉：低碳 1ppm 或 RSD ≤ 1% 高碳 RSD ≤ 0.5%； 低硫 1.5ppm 或 RSD ≤ 1.5% 高硫 RSD ≤ 1.5% 管式电阻炉：低碳 4ppm 或 RSD ≤ 1% 高碳 RSD ≤ 0.5%； 低硫 4ppm 或 RSD ≤ 1.5% 高硫 RSD ≤ 1.5%				
灵敏度	0.01ppm				
红外吸收池	3 个	标配 3 个，可增加一个			1-4 个，可选
分析时间	高频感应炉：30 秒 ~ 40 秒；管式电阻炉：150 秒 ~ 300 秒				60 秒 ~ 180 秒
样品称重	高频感应炉：推荐范围 0.2g ~ 0.5g，可根据样品含量改变称样量；管式电阻炉：400mg/煤 (典型值)				
载气	氧气				
重量	100kg	110kg	130kg	140kg	170 kg
尺寸	高频感应炉：550mm×760mm×770mm (宽×深×高) 管式电阻炉：330mm×600mm×520mm (宽×深×高)				710mm×814mm×1650mm (宽×深×高)

ONH-3000\ON-3000\OH-3000\O-3000\N-3000 氧氮氢分析仪

该系列仪器采用脉冲加热熔融-惰气保护还原——热导红外检测原理，快速准确测定钢铁、铁合金、铜、钛、铬、锆、陶瓷、稀土及粉末等各种材料和其他无机物中的氧、氮、氢元素含量测定。



仪器特点

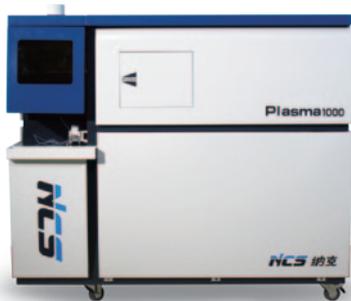
- 原装进口的固态红外检测部件，瑞士进口同步电机，美国进口抗氧化、稳定红外光源
- 先进的红外恒温控制技术，确保测量精度
- 热导检测器采用抗氧化 NTC 热敏电阻元件；小电流控制技术，防止热敏元件在不通载气条件下氧化
- 分析气流量采用高精度电子流量控制技术
- 样品在脉冲电阻炉惰性气体中燃烧温度超过 3000°C
- 对不同种类样品可以分别建立相应的校准方法及参数，并存储到数据库，分析方法数量不受限制
- 设有多种分析模式，可分别测定样品中总氧量、总氮量和总氢量以及其中各种氧化物分氧量和各种氮化物分氮量
- 采用热抽取分析技术，通过在低于熔点的温度下加热样品，测定样品中的残留氢
- 独具特色的计算机软件，一流的线性化处理效果，丰富的自诊断功能
- 分析过程中可自动实现从低范围到高范围的通道自动切换
- 具有测量时间短、灵敏度高、性能好、测量范围宽和分析结果准确可靠等优点

仪器参数

	O-3000	ON-3000	ONH-3000	OH-3000	N-3000
分析范围	低氧：0.0001%~0.5%*，高氧：0.5%~20%* 低氮：0.0001%~2%*，高氮：0.5%~50%* 氢：0~0.1%*（注：*改变称样量可以扩展分析范围）				
分析精度	氧、氮：1ppm 或 1%*，氢：0.2ppm 或 2%*（注：*以不大于试样标准偏差或不确定度为准）				
灵敏度	0.01ppm				
红外吸收池	1-2 个，可选			1 个低氧或无，可选	无
热导检测池	无	1 个			
燃烧炉	脉冲炉，电流 0~1500A，功率 7.5KVA，最高温度高于 3000°C				
分析时间	一般为 3 分钟				
样品称重	一般为 1g，可根据样品含量改变称样量				
载气	高纯氩气	氧氮分析：高纯氩气 (高氮样品可更换为高纯氮气) 氢分析：高纯氮气		高纯氮气	高纯氩气（高氮样品可更换为高纯氮气）
重量	约 180kg				
尺寸	主机：550mm×650mm×650mm（宽×深×高）；副机：450mm×650mm×650mm（宽×深×高）				

电感耦合等离子体发射光谱仪 (ICP-OES) 系列

国家重大科学仪器设备
开发专项成果



Plasma1000

电感耦合等离子体原子发射光谱仪



Plasma2000

全谱电感耦合等离子体光谱仪



Plasma3000

双向观测全谱电感耦合等离子体光谱仪

该系列仪器具有稳定性好、检测限低、分析速度快、运行成本低、方便维护、抗干扰能力强，可应用于粉末及粉末制品中的金属及部分非金属成分含量测定，可以快速、准确地检测从微量到常量约 70 种元素。如钕铁硼中常量、微量元素以及稀土元素的测定；从原料和粉末生产过程中带进的机械夹杂等。

技术优势

Plasma1000	Plasma2000
光电倍增管的负高压可在 0-1000V 范围内独立可调，可根据不同元素的不同谱线单独设置条件，和全谱仪器比较有更好的检出限	中阶梯光栅与棱镜交叉色散结构，结合大面积 CCD，单次曝光全部谱线同时显示，真正实现“全谱瞬态直读”
分析流程全自动化控制，实现软件点火、气路智能控制功能	
输出功率自动匹配调谐，功率参数程序设定	
优良的光学系统，先进的控制系统，保证峰位定位准确，信背比优良	
全组装机炬管，降低了维护成本	
极小的基体效应	
测量范围宽，超微量到常量的分析，动态线性范围 5—6 个数量级	
检出限低，大多数元素的检出限可达 ppb 级	
高精度的光室恒温系统，保证仪器优良的长短期精度	
多通道蠕动泵进样，保证仪器进样均匀，工作稳定	
使用钨铜弹片和特殊处理的屏蔽玻璃，在吸收紫外线同时使仪器辐射小于 2V/m	
丰富的进样系统配件不仅提供稳定、快速的进样效率，还能满足不同介质、不同盐度溶液的分析需求	
人性化的软件设计，操作方便，终身免费升级	
应用工程师加入软件设计团队，为操作者量身打造操作软件	

技术参数

仪器型号	Plasma1000	Plasma2000
技术参数		
光学系统	CZERNY-TURNER 单色仪	中阶梯二维分光光学系统
焦距	1000mm	400 mm
光栅	高光强离子蚀刻全息光栅，刻线可选择 尺寸：110mm x110mm x16 mm	中阶梯光栅，52.67 刻线 / 毫米， 尺寸：100mm x 50mm
谱线范围及分辨率	2400 条 /mm 范围：185 ~ 800nm 分辨率：0.012nm 3600 条 /mm 范围：185 ~ 500nm 分辨率：0.008nm 4320 条 /mm 范围：185 ~ 450nm 分辨率：0.006nm	范围：165nm~900nm 分辨率：200nm 为 0.008nm
检测器	进口光电倍增管，负高压可在 0-1000V 范围内独立可调	科研级 CCD 检测器，像素数量：1024x1024， 像素面积：24μm x 24μm
光源	自激式发生器，振荡频率 40.68MHz 提高信噪比，改善了检出；输出功率的范围 800-1400W，自动调节输出补偿，稳定性小于 0.1%；	晶体管固态发生器，振荡频率 27.12MHz 提高信噪比，改善了检出；输出功率程序设定，实时自动匹配调谐功能，在 800-1600W 范围内连续 1W 可调，稳定性优于 0.1%；炬管位置电动程序调节
重量	约 240kg	约 200kg
尺寸	宽 155cm 高 145cm 厚 75cm	宽 121cm 高 80cm 厚 74cm

PlasmaMS 300 ICP-MS 电感耦合等离子体质谱仪

『国家重大科学仪器设备开发专项成果』

在科技部《国家重大科学仪器设备开发专项》的支持下，钢研纳克针对冶金、环保、地质、矿产、食品等领域对痕量分析技术的需求，以满足行业应用需求为目标，攻克了 ICP 射频电源、离子传输、四极质量分析器等关键技术，成功地研制了电感耦合等离子体质谱仪——PlasmaMS 300。



仪器特点

◎ 高超的分析功能

→ 性能卓越的固态光源，高效的离子传输系统有效地限制了离子化过程中的动能扩散，双离轴设计有效去除中性粒子，保证了最佳的离子聚焦效果，提供极佳的信噪比。脉冲计数和模拟计数的双模式高性能检测器，实现 9 个数量级的动态线性范围。

◎ 极佳的稳定性和易用性

→ 先进的真空缓冲洁净系统，机械泵间歇运行，实现了极低的待机功耗，避免了真空腔体被油气污染问题，延长使用寿命，保证性能长期稳定。

→ 稳定的射频电源系统、精密的恒温控制系统、智能的自动化控制系统、可视的状态监控系统和可靠的紧急保护系统，保证仪器的可靠性、稳定性和使用寿命。

→ 真空状态下可拆卸的进样系统和锥口系统，快速拆装，清洗和维护便利。

◎ 强大的连用技术

→ 同时具备生产激光烧蚀进样系统（LA）和 ICP-MS 的能力，将激光烧蚀技术和质谱技术完美兼容，实现固体直接进样，避免了复杂的样品前处理过程以及试剂的干扰，提高了测试效率。

→ 与高效液相色谱（LC）和离子色谱（IC）等联用，可进行元素形态分析，扩展了 PlasmaMS 300 的检测能力。

LA 300 激光烧蚀进样系统

仪器参数

- ◎ 激光器：Nd: YAG@213nm
- ◎ 重复频率：1-10Hz
- ◎ 能量密度：>30J/cm²
- ◎ 光斑尺寸：12 种选择，4μm-110μm
- ◎ XY 载物移动台：85mm×85mm
- ◎ 移动分辨率：1μm
- ◎ 光学放大倍数：20 倍
- ◎ 视野范围：0.66mm*0.49mm
- ◎ 载气控制：质量流量控制



CNX-808 顺序式波长色散 X 射线荧光光谱仪

『国家重大科学仪器设备开发专项成果』

X 射线荧光 (XRF) 技术是当今最主要的分析测试技术之一，具有元素范围广 (B-U)、动态范围宽 (ppm-100%)、检出下限低、精度高、速度快、自动化、无损测试、制样简单、多元素同时测定等诸多优点，与 ICP-AES、ICP-MS 并称无机多元素测试技术领域的三大支柱。

在科技部国家重大科学仪器专项 (2012YQ050076) 的支持下，钢研纳克针对金属、建材、地质、环境、矿产等领域对无机元素分析技术的需求，先后攻克了 X 射线源、分光光路系统、探测器等关键技术，成功研制了顺序式波长色散 X 射线荧光光谱仪——CNX-808。

基于 CNX-808，钢研纳克与国家地质实验测试中心等多家权威检测机构合作，开发了适合各行业的分析测试方法，建立了针对金属、地质、建材、环境、矿物等领域多种类型样品的方法体系。



性能展示

◎ 高稳定高精度 X 射线源

4kW 大功率高压发生器，保证更低的检测下限和更快的分析速度；优化的功率自动调节程序，能够快速调整功率，监控 X 射线管状态，延长使用寿命；一体化冷却水机，提供对 X 射线管更可靠的保护。

◎ 优秀的光路设计

光程短，有利于获得更大的计数率。提供最多 10 组滤光片、10 组光阑、4 组初级准直器、10 组分光晶体的配置。

◎ 波谱能谱复合功能 (选配)

波谱能谱复合可以提高数据质量和检测速度，选配的 SDD 探测器，提供更加灵活的分析手段，两种功能深度复合。分布分析时，可以根据实际需求，任选一种探测器。

◎ 可靠的高精度测角仪

$\theta/2\theta$ 单独驱动，测角仪采用成熟可靠的传动和反馈技术，在保证性能优异的同时，具有可靠性高、使用寿命长等特点。

◎ 便捷强大的分析测试软件

界面友好，操作便捷，内置多种算法，全自动化测试过程，满足定量定性分析需要。

应用领域

◎ 地质样品领域

CNX-808 针对地质领域压片和熔片两类样品分别开发了应用方法体系，可以为地质研究、找矿提供可靠的检测数据。

◎ 建材样品领域

CNX-808 针对多种建材样品的分析需求，建立了水泥、涂料等样品应用分析方法体系，实现对样品的高精度分析。

◎ 新材料样品领域

CNX-808 能够解决新材料研究领域宽幅、无损、全元素分布分析的难题。

◎ 生态环境领域

CNX-808 针对生态环境中的土壤、植物、水系沉积物、空气颗粒物等样品的分析需求，建立了整体的解决方案。通过研究不同时期形成的土壤层、沉积层中的有害重金属元素等的含量分布特征，为环境评价提供可靠的指标参数。

高频燃烧红外吸收法测定硅铁中的碳硫

【关键词：高频燃烧；红外吸收法；硅铁；碳硫】

硅铁作为合金元素加入剂，广泛用于冶炼合金钢、弹簧钢、轴承钢、耐热钢、电工硅钢等。硅铁中碳的含量一般不超过 0.20%，硫的含量一般不超过 0.020%。硅铁中碳的测定早期采用国标 GB/T 4333.10-1990《硅铁化学分析方法 红外线吸收法》测定碳量，硫含量的测定采用国标 GB/T 4333.7-1984《硅铁化学分析方法 色层分离硫酸钡重量法》。这两个标准操作比较繁琐，操作要求高，测定下限偏高。采用钢研纳克公司生产的 CS-3000 高频红外碳硫仪测定硅铁中的碳硫含量，具有高频燃烧能量充分，分析流量稳定，红外检测出限低、线性好的优点，对硅铁中的碳硫含量进行测定，获得令人满意的结果。

实验仪器与试剂

CS-3000 高频红外碳硫分析仪（钢研纳克检测技术股份有限公司）；电子天平（灵敏度为 0.1 mg）；马弗炉：额定温度为 1300℃。助熔剂：钨（w(C) ≤ 0.0008%, w(S) ≤ 0.0005%），锡（w(C) ≤ 0.0008%, w(S) ≤ 0.0005%），纯铁（w(C) ≤ 0.0005%, w(S) ≤ 0.0005%），钨锡（w(C) ≤ 0.0008%, w(S) ≤ 0.0005%）；校准物质：优级纯硫酸钾（w(S) = 18.33%）；助燃气：氧气，体积分数 ≥ 99.5%；动力气：氮气，体积分数 ≥ 98.5%；坩埚：在 1200℃ 马弗炉中灼烧 4 h，冷却后置于干燥器中，备用。



所用硅铁标样如下：

硅铁标样

编号	认定值
YSBC18601-08	C 0.19 S 0.010
YSB14604-2001	C 0.19 S 0.0048
BH0310-6	C 0.066 S 0.003
YSBC25615-97	C 0.050 S 0.0028
GBW01432	C 0.024 S 0.0037

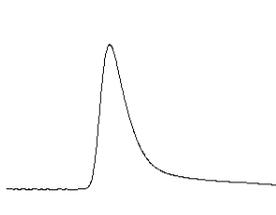
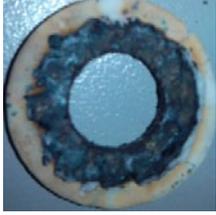
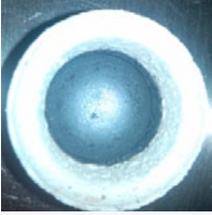
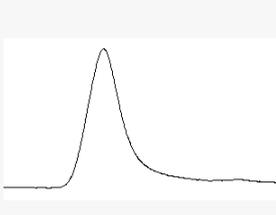
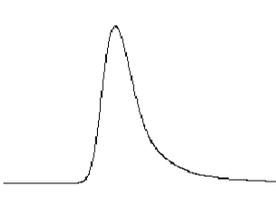
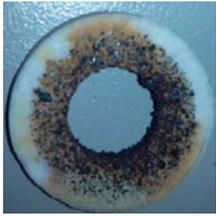
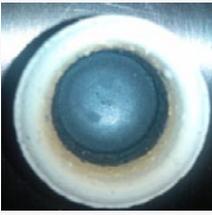
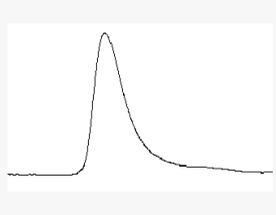
称样量的选择

根据国标 GB/T 4333.10-1990 推荐质量选择称取 0.1 ~ 0.3 g 硅铁样品进行试验，结果表明，称样量较低时，称量误差较大，精度较低；称样量过高时，样品熔融不完全，导致结果较低且飞溅多；当称样量为 0.15 g 时，样品燃烧充分，结果稳定，精密度良好。实验选择称样量为 0.15 g。

助熔剂的选择及用量

硅铁导磁性差，非常难熔。纯铁具有良好的导磁性能；锡有利于 SO₂ 的释放。几种助熔剂组合结果如下，表中熔体为各分析条件下样品燃烧后坩埚内熔渣情况，为了保证既能使样品完全熔化释放，又不至于燃烧过程太剧烈产生大量飞溅。经实验得出助熔剂选择为 Fe+WSn，最佳配比是 0.15gSiFe+0.6g 纯铁+1.8WSn。

助熔剂选择试验

助熔剂选择 g	燃烧后现象	熔体	峰形	飞溅
多元助熔剂	熔体不光滑，峰形平滑，飞溅严重			
Sn+Fe+W	熔体光滑，峰形平滑，飞溅少，粉尘多，操作步骤多			
Fe+W	熔体较光滑，峰形平滑，飞溅多，粉尘少			
Fe+WSn	熔体光滑，峰形平滑，飞溅少，粉尘较少			

实验方法

称取 0.15g 样品，均匀地平铺在坩埚底部，然后覆盖 0.6g 纯铁助熔剂和 1.8g 钨锡助熔剂。按照高频红外碳硫分析仪操作说明书进行测定。仪器自动计算出碳硫含量。

校准曲线

使用钢铁标样做校准曲线，标样见表，以积分面积为横坐标、绝对含量为纵坐标，绘制校准曲线，碳和硫曲线方程分别为 $y=0.00055x-0.00052$ 、 $y=0.00162x+0.00023$ ，按样品称样量 0.15g 计算，此方法适用的碳硫线性范围分别为 0.015-0.22%、0.0016-0.022。

校准用标样测定结果

编号	认定值 %	测量值 %
88-02B	C 0.223 S 0.0227	C 0.2214 S 0.0233
YSB C 1112-94	C 0.183 S 0.016	C 0.1821 S 0.0151
YSBC11121-95	C 0.136 S 0.011	C 0.01365 S 0.0108
YSB14134-2001	C 0.052 S 0.0033	C 0.0537 S 0.0034
GSB03-1372-2000	C 0.020 S 0.014	C 0.0197 S 0.0140
YSB C 11341-2005	C 0.015 S 0.0016	C 0.0150 S 0.0019

空白值扣除与测定下限计算

用高频红外碳硫分析仪测定碳硫时，空白值不存在于样品中，它由实验环境和相同条件的实验助熔剂决定。在实验中，空白值主要来自于助熔剂、分析气路、坩埚、氧气等。称取 0.6g 纯铁、1.8 g 钨锡助熔剂，进行 11 次测定，按照 0.15g 质量计算，得到结果的平均值为 $w(C) = 0.0021\%$ 、 $w(S) = 0.0005\%$ ，碳标准偏差为 0.0002%、硫标准偏差为 0.0001%。由空白的 10 倍标准偏差计算得到该方法的测定下限为碳：0.0020%、硫：0.0010%。

标准样品分析

按照 0.15gSiFe+0.6g 纯铁 +1.8WSn 对不同含量的硅铁标准样品进行分析，结果见表。

※（友情提醒：当硫含量小于 40ppm 时可适当加大称样量，建议 0.2-0.25g）

硅铁测定结果

硅铁标准样品测定结果

编号	C				S			
	认定值 w/%	测定值 w/%	平均值 w/%	相对标准偏 差 %	认定值 w/%	测定值 w/%	平均值 w/%	相对标准偏 差 %
1#	0.19	0.1968, 0.1904, 0.1999, 0.1948, 0.1947	0.1953	1.8	0.010	0.0100, 0.0103, 0.0108, 0.0104, 0.0098	0.0102	3.9
2#	0.19	0.1917, 0.1906, 0.1913, 0.1924, 0.1900	0.1912	0.49	0.0048	0.0049, 0.0047, 0.0049, 0.0048, 0.0047	0.0048	1.9
3#	0.066	0.0635, 0.0644, 0.0662, 0.0641, 0.0633	0.0643	1.8	0.003	0.0028, 0.0028, 0.0029, 0.0029, 0.0029	0.0029	2.4
4#	0.050	0.0526, 0.0517, 0.0511, 0.0532, 0.0505	0.0518	2.1	0.0028	0.0030, 0.0027, 0.0029, 0.0029, 0.0028	0.0029	3.3
5#	0.024	0.0248, 0.0252, 0.0241, 0.0243, 0.0245	0.0246	1.7	0.0037	0.0038, 0.0038, 0.0039, 0.0037, 0.0038, 0.0039	0.0038	3.2

铁合金实际样品测试数据如下：

实际样品测定结果

C			S		
测定值 w/%	平均值 w/%	相对标准偏 差 %	测定值 w/%	平均值 w/%	相对标准偏 差 %
0.0880, 0.0880, 0.0850, 0.0866, 0.0856	0.0866	1.6	0.0034, 0.0030, 0.0024, 0.0027, 0.0026	0.0028	13.8

脉冲熔融 – 红外吸收光谱法测定铁合金中氧

【关键词：脉冲熔融 – 红外吸收光谱法，铁合金粉末，氧含量】

铁合金主要用于钢铁冶炼，是铁与一种或几种元素组成的中间合金。在钢铁工业中把炼钢用的中间合金，都称为“铁合金”。常用的有：锰硅、硅钙、硅钡、硅锰铝、硅锰钙和稀土硅铁等。中国钢铁市场对铁合金需求非常大，高端产品对铁合金中氧的测定也有要求。采用脉冲熔融 - 红外吸收光谱法测定铁合金中氧，实现了对铁合金氧元素含量的快速测定，能很好的满足生产需要。

实验仪器与试剂

实验仪器：ONH-3000；PMA-1000 脉冲熔融 - 飞行时间质谱仪（钢研纳克检测技术股份有限公司）

镍篮：高纯镍篮；

镍箔：高纯镍箔；

坩埚：套坩埚，高纯石墨；

载气：高纯 He (99.999 %) ；

动力气：普通 Ar₂ (99.5 %) ；

镍篮镍箔清洗剂：丙酮

标准样品：18X M3/2-D($\omega(\text{O}) / \% = 0.41 \pm 0.03$)，18X M3/2 ($\omega(\text{O}) / \% = 0.105 \pm 0.004$)；

待测样品：1#，2#

法利用脉冲电极炉做热源，在高温条件下，样品在惰性气氛的石墨坩埚中熔融，气体元素的化合物被还原分解，样品中的 O 以 CO 的形式释放，通过氧化铜炉将 CO 转化为 CO₂，由载气（高纯 He）携带经过除尘除水，最终惰性载气携带 CO₂ 进入红外检测器进行检测。

工作曲线

由于铁合金中氧的测定没有相应的标准方法和参考物质，但其氧的释放情况与钢铁样品很接近，参考钢铁中氧测定标准和标准物质进行实验测定。

氧校准曲线的原始数据

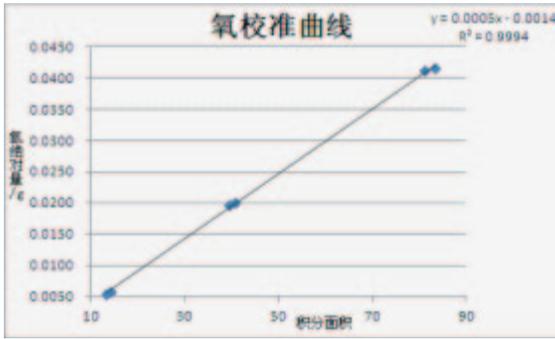
样品名称 Sample	O 测量值 $\omega(\text{O}) / \%$ Found	O 绝对量 / g Absolute amount	积分面积 Integral area	称样量 / g weight
O 0.41	0.3992	0.0197	39.518	0.0480
O 0.41	0.4071	0.0201	40.811	0.0490
O 0.41	0.4082	0.0412	81.195	0.1004
O 0.41	0.4142	0.0415	83.471	0.1013
O 0.105	0.1049	0.0054	13.441	0.0512
O 0.105	0.1050	0.0058	14.287	0.0552

分析原理

红外吸收光谱法主要研究在振动中伴随有偶极矩变化的化合物。CO₂ 不是偶极分子，但在分子振动时会产生瞬时偶极，也即在振动过程中伴随有偶极矩变化，因此 CO₂ 在 4.256 μm 处对红外光有特征吸收，使该波长红外线的强度（或光能）减弱。本方

根据待测样品的含量和积分面积，选择相近积分面积的标准样品 [18X M3/2-D($\omega(\text{O}) / \% = 0.41 \pm 0.03$)，18X M3/2 ($\omega(\text{O}) / \% = 0.105 \pm 0.004$)] 做低氧通道的校准曲线)，曲线相关系数 R²=0.9994，线性良好。





氧校准曲线

分析条件

冲洗时间：15S，脱气功率 5300W，等待时间：45S，冲洗功率 4800W，采样时间：50S，等待功率 4800W，延时积分 1s，样品用镍箔包裹后装入镍蓝其结果稳定性非常好，熔体表面也很光滑。

空白值的测定

由于样品称样量较少，为了准确测定样品合金中氧的含量，获得低而稳定的空白值是必要的。氧空白值主要是由石墨坩埚、助熔剂、载气以及炉膛空白等引起的。将镍篮和镍箔投入到高纯石墨套坩埚中，得到下列空白值，如表所示。实验测定表明，镍蓝中氧空白值是 0.00011%，镍箔中氧空白值是 0.0052%，而待测样品的测定结果分别为 0.44% 和 0.68%，因此，少量的空白值对本次实验结果的影响可以忽略不计。

空白值实验结果

样品名称 Sample	氧测定结果 $\omega(O) / \%$ Found	平均值 $\omega(O) / \%$ A.V.
镍蓝	0.00010, 0.00011, 0.00012	0.00011
镍箔	0.0057, 0.0048, 0.0051	0.0052

结果对照

用钢研纳克检测技术股份有限公司的 PMA-1000(脉冲熔融 - 飞行时间质谱仪) 进行了数据对比，分析结果吻合度较好。

ON-3000 与 PMA-1000 数据对比

样品名称 Sample	氧测定结果 $\omega(O) / \%$ Found	
	ON-3000	PMA-1000
铁合金 1#	0.6854	0.6859
铁合金 2#	0.4389	0.4382

方法精密度

在选定条件下测定实际样品，测定 7 次，样品熔体表面光滑，峰形良好，满足实际生产需求。

精密度实验结果

样品名称 Sample	测定值 Found w/%	平均值 Average value w/%	SD w/%	RSD %
1#	0.4304, 0.4352, 0.4243, 0.4453, 0.4318, 0.4421, 0.4204	0.4328	0.0097	2.24
2#	0.5962, 0.6080, 0.5896, 0.6033, 0.5843, 0.5957, 0.5955	0.5961	0.0097	1.62

结论

采用石墨套坩埚，对不同两类铁合金粉末样品中氧的测定进行了考察研究，结果表明对于难熔铁合金粉（硅铁、钒铁、复合铁合金等）则需采用相对较高的分析功率，同时还要使用镍箔加镍蓝作为助熔剂，可以得到良好的分析结果。用脉冲熔融 - 飞行时间质谱仪 (PMA-1000) 进行了数据对比，分析结果吻合度较好。

ICP-OES 法测定硅铁中杂质元素含量

【关键词：硅铁；电感耦合等离子体光谱法；Plasma 2000；杂质元素】

在硅铁生产中，随炉料带入的元素会被一起进入硅铁产品。硅铁中杂质元素影响产品质量，需要进行严格检测与控制。本实验在钢研纳克 Plasma 2000 型全谱电感耦合等离子体光谱仪上对硅铁样品中的 Al、Ca、Mn、Cr、Ti、Cu 和 Ni 等 7 种杂质元素进行测定，测试结果和标准值吻合。

检测仪器

Plasma 2000 电感耦合等离子体原子发射光谱仪（钢研纳克检测技术股份有限公司）



样品制备

样品消解：准确称取硅铁标准样品 1.0000 g，置于 250 mL 聚四氟乙烯烧杯中，加入 10 mL 王水，放在 150°C 的加热板上加

热溶解，逐滴加入 HF，至样品全部溶解，取下冷却至室温后，定容至 100 mL 塑料容量瓶中，随同试样做空白实验。

元素分析谱线与校准曲线系数

各元素线性回归系数

元素	分析谱线	相关系数
Al	308.215	0.99965
Ca	396.847	0.99983
Cr	267.716	0.99961
Cu	324.754	0.99971
Mn	257.610	0.99972
Ni	231.604	0.99993
Ti	336.121	0.99994

准确度与精密度

样品名称 Sample	测定值 Found/(%)											平均值 Average/ (%)	RSD %	标准样品 认定值 %
	0.2676	0.2656	0.2679	0.2654	0.2665	0.2627	0.2644	0.2674	0.2645	0.2661	0.2628			
Al	0.2676	0.2656	0.2679	0.2654	0.2665	0.2627	0.2644	0.2674	0.2645	0.2661	0.2628	0.2655	0.68%	0.24±0.01
Ca	0.0709	0.0693	0.0675	0.0681	0.0702	0.0704	0.0686	0.0694	0.0707	0.0699	0.0677	0.0693	1.7442	0.064±0.004
Cr	0.0050	0.0050	0.0050	0.0049	0.0048	0.0048	0.0047	0.0048	0.0047	0.0047	0.0048	0.0049	2.18%	0.0053±0.0004
Cu	0.0499	0.0498	0.0501	0.0499	0.0497	0.0492	0.0496	0.0497	0.0493	0.0495	0.0491	0.0496	0.63%	0.049±0.002
Mn	0.0576	0.0584	0.0569	0.0579	0.0567	0.0574	0.0578	0.0555	0.0564	0.0576	0.0577	0.0573	1.46%	0.058±0.005
Ni	0.0378	0.0373	0.0368	0.0368	0.0378	0.0370	0.0361	0.0362	0.0371	0.0365	0.0368	0.0369	1.50%	0.035±0.002
Ti	0.0316	0.0319	0.0311	0.0315	0.0309	0.0314	0.0315	0.0304	0.0308	0.0314	0.0315	0.0313	1.34%	0.032±0.002

结论

采用钢研纳克 Plasma 2000 电感耦合等离子体发射光谱仪测定硅铁标准样品中的 Al、Ca、Cr、Cu、Mn、Ni、Ti 等 7 种元素进行测定，测量准确度和精密度良好，方法简便快速，适用进行多批次、多项目产品的元素检测分析。

冶金副产品 - 炉渣中元素的测定： 粉末压片 - CNX-808 型 X 射线荧光光谱法

用 CNX-808 型 X 射线荧光光谱仪测定冶金副产品炉渣中全铁、二氧化硅、三氧化二铝、氧化钙、氧化镁、氧化锰、二氧化钛、五氧化二磷、三氧化硫、氧化钾及氧化钠的含量。本方法适用于高炉渣、转炉渣、平炉渣、电炉渣、精炼渣等冶金炉渣副产品中质量分数如表 1 所示的全铁、二氧化硅、三氧化二铝、氧化钙、氧化镁、氧化锰、二氧化钛、五氧化二磷、三氧化硫、氧化钾及氧化钠含量的测定。

表 1 各元素测量范围 w, %

测量组分	含量范围
T.Fe	0.1~35.0
SiO ₂	3.0~60.0
Al ₂ O ₃	0.5~40.0
CaO	5.0~60.0
MgO	2.0~25.0
MnO	0.05~15.0
TiO ₂	0.1~6.0
P ₂ O ₅	0.005~5.0
SO ₃	0.05~3.0
K ₂ O	0.01~0.6
Na ₂ O	0.05~0.5

1. 原理

将试样用低压聚乙烯镶边（也可采用铝杯或塑料环），在一定的压力下压制成一定直径的圆片。X 射线管产生的初级 X 射线照射样片时，产生待测元素的特征 X 射线，经晶体分光，或直接由探测器测量荧光强度，根据校准曲线和测量的 X 射线荧光强度，计算出样品中全铁、二氧化硅、三氧化二铝、氧化钙、氧化镁、氧化锰、二氧化钛、五氧化二磷、三氧化硫、氧化钾及氧化钠的质量分数。

2. 仪器与试剂

2.1 P10 气体

90% 的氩和 10% 的甲烷的混合气体，用于流气正比计数器。

2.2 有证标准样品 / 标准物质

有证标准样品 / 标准物质用于日常分析绘制校准曲线时，所选系列有证标准样品 / 标准物质中各分析元素含量应覆盖分析范

围且有适当的梯度，用于对仪器进行漂移校正时，所选有证标准样品 / 标准物质应有良好的均匀性，且接近校准曲线的上限和下限。

采用认可的国家及行业标准样品，在 105 °C 烘 2 h，贮存于干燥器中。

2.3 压环

聚乙烯环、铝环、塑料环，本标准推荐使用聚乙烯环，内径 34 mm、外径 40 mm。

2.4 烘箱

温度可控制在 (105±5) °C。

2.5 天平

可精确称至 ±0.1 g。

2.6 压片机

能以 40 吨以上压力压制粉末，本方法推荐使用 Prep P-01C 型液压力机（博佰纳，80 吨）。也可采用同类型国产压片机。

2.7 压样模具

材质为工具合金钢。也可根据所选用的镶边方法，选择合适内径的模具。

2.8 X 射线荧光光谱仪

CNX-808 型 X 射线荧光光谱仪。



3. 取样和样品制备

试样处理须严格按照 NCS-OHS-WD-HX-08 安全技术说明书执行。

3.1 取样

按 GB/T 17617-2018 规定进行取、制样。

按 GB/T 6730.1 规定制备预干燥试样。

3.2 制备试样及标准样片

称取 4.0 g (精确至 0.1 g) 试样于模具中, 在 40 t 压力下, 压制成样片直径为 32 mm 的圆片, 在压环的边缘用记号笔书写样品编号。

分析样品、控制样品、标准样品和漂移校正样品须采用同等方式制备。样片放于干燥器内保存, 防止吸潮和污染。操作时, 只能拿样片的边缘, 以避免 X 射线测量面的沾污。

采用国家标准物质 GBW(E)010210、GBW(E)010211、GBW(E)010212、GBW(E)010213、GBW042010-94、GSBH42011-94、GSBH42013-94、GSBH42014-94、GBW01704、GBW01706、GBW01708、GBW01704a, 行业标准物质 YSBC13836-96、YSBC13838-96、YSBC13839-96、YSBC28851-98、YSBC28852-98、R712, 经化学及其他方法定值的样品作为标准样品, 用于绘制校准曲线, 系列标准样品中各分析元素应有足够的含量范围及一定的梯度。

4. 仪器的准备

4.1 仪器工作环境

仪器的工作环境应满足 GB/T 16597 要求。

4.2 仪器工作条件

X 射线荧光光谱仪在测量之前应按仪器制造商的要求使工作条件最优化, 并在测量前至少预热 1 h 或直到仪器稳定。

5. 分析步骤

5.1 测量条件

根据所用仪器类型、试样种类、分析元素、共存元素及其含量变化范围, 选择合适的测量条件。

- X 射线光管电压、电流设定在仪器正常工作范围, 功率由分析元素类别及含量确定, 尽可能保持不变且不超过额定功率。

- 使用多个试样盒时, 样品盒面罩不应分析结果构成明显的影响, 样品盒面罩直径一般为 20 mm~35 mm。测量时试样盒旋转。

- 计数率超过探测器测量上限时, 可降低电压、电流、选择其他谱线、采用衰减器、滤光片等降低计数率, 以防探测器溢出。

- 分析元素的测量时间取决于待测元素含量及所需达到的分析精度, 一般 2 s~90 s。

- 本方法选用的分析条件, 分析线、靶材、管电压、管电流、滤光片、光阑、衰减器、准直器、分光晶体、探测器、PHA 选择、谱峰角度、背景角度及测量时间列于表 2。

5.2 校准曲线的绘制与确认

- 校准曲线的绘制

在选定的工作条件下, 用 X 射线荧光光谱仪测量一系列炉渣有证标准样品 / 标准物质, 每个样品应至少测量 2 次。

表 2 分析元素测量条件

元素	谱线	管压 /kV	管流 /mA	晶体	准直器	光阑	探测器	PHA	2θ(°) / 时间 (s)		可能干扰元素
									峰位	背景	
Fe	Kα	60	50	LiF200	S150	20	PC	50-250	57.800/30	87.900/20	Mn
Si	Kα	30	100	PET	S450	NO	PC	50-250	109.100/30	110.800/20	Rb
Al	Kα	30	100	PET	S450	NO	PC	50-250	144.700/30	146.800/20	Br, Rb
Ca	Kα	30	100	LiF200	S150	NO	PC	50-250	113.300/40	114.900/10	-
Mg	Kα	30	100	RX35	S450	NO	PC	50-200	21.000/30	19.700/22.300/20/20	-
Mn	Kα	60	50	LiF200	S150	20	SC	100-300	63.200/40	63.900/20	Cr
Ti	Kα	30	100	LiF200	S150	NO	PC	50-250	86.400/40	87.900/20	-
P	Kα	30	100	Ge	S450	NO	PC	100-300	141.100/40	142.800/20	Sr
S	Kα	30	100	Ge	S450	NO	PC	100-300	110.700/40	112.800/20	-
K	Kα	30	100	LiF200	S150	NO	PC	50-250	136.800/30	138.600/20	-
Na	Kα	30	100	RX35	S450	NO	PC	50-250	25.400/40	26.900/23.800/20/20	-

注: 本方法采用 Rh 靶材; 不加衰减器; 不使用滤光片。

■ 校准曲线的确认

按照选定的分析条件，用 X 射线荧光仪测量与试样冶炼过程相似和化学成分相近的有证标准样品 / 标准物质，所得分析元素分析值与参考值之间在统计上应无显著差异。

■ 仪器的标准化（漂移校正）

定期进行标准化样品的确认分析，当仪器出现漂移时，通过测量标准化样品的 X 射线荧光强度对仪器进行漂移校正。本方法推荐 GBW(E)010212、GBW01704a、YSBC28852-98 作为标准化样品，用于对仪器进行漂移校正。

■ 标准化的确认

漂移校正后分析有证标准样品 / 标准物质，确认分析值在实验室的认可范围内。

■ 未知试样的测量

按照选定的工作条件，用 X 射线荧光光谱仪测量未知试样中分析元素的荧光强度，每个样品应至少测量 2 次。

6. 结果计算

根据未知试样的荧光强度测量值，从校准曲线计算出分析元素的含量。

方法短期精密度数据

对电炉渣标准样品 126-2 按本方法重复制样 11 次，在选定实验条件下测定，各组份测定结果的相对标准偏差（RSD）见表 3，可见 RSD 在 0.18%~6.4% 之间，方法重复性较好。

表 3 方法精密度数据

126-2	TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
1	0.353	26.577	16.099	41.795	11.495	0.656	0.349	0.0211	0.662	0.232	0.386
2	0.348	26.589	16.127	41.773	11.493	0.656	0.349	0.0221	0.655	0.243	0.406
3	0.348	26.564	16.165	41.712	11.541	0.653	0.347	0.0241	0.643	0.252	0.355
4	0.346	26.577	16.169	41.811	11.506	0.655	0.347	0.0233	0.647	0.248	0.362
5	0.351	26.648	16.266	41.786	11.561	0.652	0.346	0.0255	0.642	0.261	0.345
6	0.343	26.518	16.123	41.682	11.502	0.651	0.347	0.0242	0.654	0.256	0.366
7	0.350	26.686	16.264	41.813	11.526	0.650	0.349	0.0226	0.626	0.253	0.357
8	0.347	26.709	16.227	41.929	11.552	0.652	0.346	0.0231	0.628	0.221	0.394
9	0.342	26.547	16.086	41.774	11.515	0.652	0.341	0.0212	0.632	0.256	0.376
10	0.354	26.65	16.252	41.773	11.502	0.655	0.351	0.0252	0.621	0.242	0.343
11	0.345	26.496	16.107	41.649	11.455	0.652	0.342	0.0243	0.636	0.254	0.377
Average w /%	0.348	26.596	16.171	41.772	11.513	0.653	0.347	0.0230	0.641	0.247	0.370
Max w /%	0.354	26.709	16.266	41.929	11.561	0.656	0.351	0.0255	0.662	0.261	0.406
Min w /%	0.342	26.496	16.086	41.649	11.455	0.650	0.341	0.0211	0.621	0.221	0.343
Range w /%	0.012	0.213	0.180	0.280	0.106	0.006	0.010	0.0044	0.041	0.040	0.063
SD w /%	0.0039	0.0684	0.0694	0.0744	0.0303	0.0021	0.0030	0.0015	0.0132	0.0119	0.0201
RSD /%	1.2	0.26	0.43	0.18	0.26	0.32	0.87	6.4	2.1	4.9	5.4

方法准确度

对校准曲线外标准样品 YSBC13835-96、W-7173、125-5、126-4、126-2、124-3、6853、YSBC13837-96、GSBH42012-94、124-4、125-4、125-7 进行测试，结果列于表 4。可以看出，对于炉渣标准样品，本方法测定值与认定值间无显著差异。

表 4 方法准确度验证数据

w, %

样品		TFe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O
YSBC13835-96	STD	0.71	36.1	7.73	39.33	13.92	0.1	0.37	0.026	1.513	0.0654	0.0889
	XRF	0.737	36.431	7.699	39.130	14.028	0.102	0.371	0.0273	1.564	0.0724	0.0975
	偏差	-0.027	-0.331	0.031	0.2	-0.108	-0.002	-0.001	-0.0013	-0.051	-0.007	-0.0086
W-7173	STD	6.059	17.292	7.618	46.412	11.775	4.768	0.507	0.805	0.387		
	XRF	6.061	17.301	7.664	46.344	11.929	4.780	0.537	0.826	0.402		
	偏差	-0.002	-0.009	-0.046	0.068	-0.154	-0.012	-0.03	-0.021	-0.015		
125-5	STD	19.19	17.99	6.70	34.87	12.15	2.01	0.46	0.83			
	XRF	19.142	18.051	6.627	34.881	12.157	2.012	0.432	0.850			
	偏差	0.048	-0.061	0.073	-0.011	-0.007	-0.002	0.028	-0.02			
126-4	STD	0.98	24.10	10.99	40.56	17.66	3.24	0.27	0.020			
	XRF	0.997	24.092	10.895	40.773	17.68	3.386	0.262	0.0170			
	偏差	-0.017	0.008	0.095	-0.213	-0.02	-0.146	0.008	0.003			
126-2	STD	0.398	26.89	16.42	42.00	11.67	0.65	0.36	0.025	0.684	0.26	0.35
	XRF	0.353	26.577	16.099	41.795	11.495	0.656	0.349	0.0210	0.662	0.232	0.386
	偏差	0.045	0.313	0.321	0.205	0.175	-0.006	0.011	0.004	0.022	0.028	-0.036
124-3	STD	0.55	39.61	8.97	42.57	6.19	0.104	0.38	0.024		0.51	0.24
	XRF	0.547	39.666	8.937	42.394	6.111	0.0980	0.364	0.0180		0.544	0.276
	偏差	0.003	-0.056	0.033	0.176	0.079	0.006	0.016	0.006		-0.034	-0.036
6853	STD	0.81	20.42	5.62	51.58	16.88	0.49	0.18	0.008	1.049		
	XRF	0.776	20.439	5.706	51.648	16.509	0.475	0.176	0.0100	1.087		
	偏差	0.034	-0.019	-0.086	-0.068	0.371	0.015	0.004	-0.002	-0.038		
YSBC13837-96	STD	0.64	34.08	7.08	38.57	16.97	0.089	0.36	0.058	1.338		
	XRF	0.686	34.272	7.103	38.524	17.29	0.0860	0.364	0.0520	1.267		
	偏差	-0.046	-0.192	-0.023	0.046	-0.32	0.003	-0.004	0.006	0.071		
GSBH42012-94	STD	13.38	14.91	1.78	52.67	9.28	1.86	0.42	0.037			
	XRF	13.384	15.052	1.826	53.135	9.207	1.826	0.369	0.0370			
	偏差	-0.004	-0.142	-0.046	-0.465	0.073	0.034	0.051	0			
124-4	STD	0.231	37.83	11.045	45.51	3.486	0.286	0.306	1.02	2.220		
	XRF	0.183	37.571	10.969	45.003	3.417	0.275	0.284	1.004	2.256		
	偏差	0.048	0.259	0.076	0.507	0.069	0.011	0.022	0.016	-0.036		
125-4	STD	22.94	27.07	2.90	20.45	13.37	3.57	0.64	0.0035			
	XRF	23.053	27.08	2.635	20.349	13.266	3.48	0.660	0.0040			
	偏差	-0.113	-0.01	0.265	0.101	0.104	0.09	-0.02	-0.0005			
125-7	STD	10.28	13.502	9.339	39.99	21.80	1.206	0.379	1.71	0.209		
	XRF	10.198	13.487	9.253	40.194	21.844	1.199	0.367	1.770	0.223		
	偏差	0.082	0.015	0.086	-0.204	-0.044	0.007	0.012	-0.06	-0.014		

如何规划实验室

◎ 实验室选址

远离电磁干扰，方便送样，有上下水，最好独立配电，环境整洁。

◎ 实验室合理布局

房屋设计要考虑到大型仪器的搬运，门窗及通道的尺寸要合适，通风系统，空调系统等。实验台的功能及不同的耐腐蚀性。

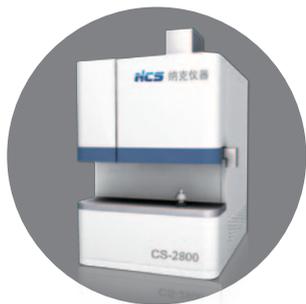
仪器选择

常规

- 碳硫分析仪
- 氧氮氢分析仪
- ICP

高要求

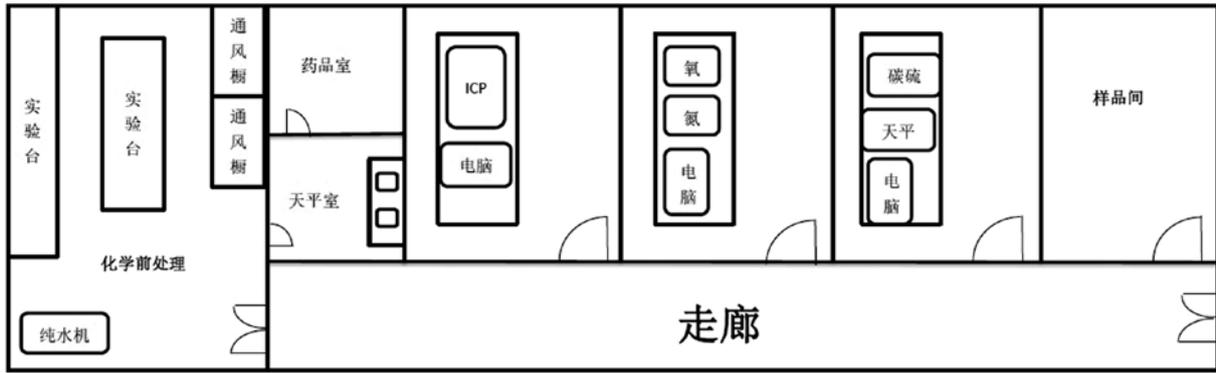
- ICP-MS
- 波长色散荧光
- 扫描电镜等



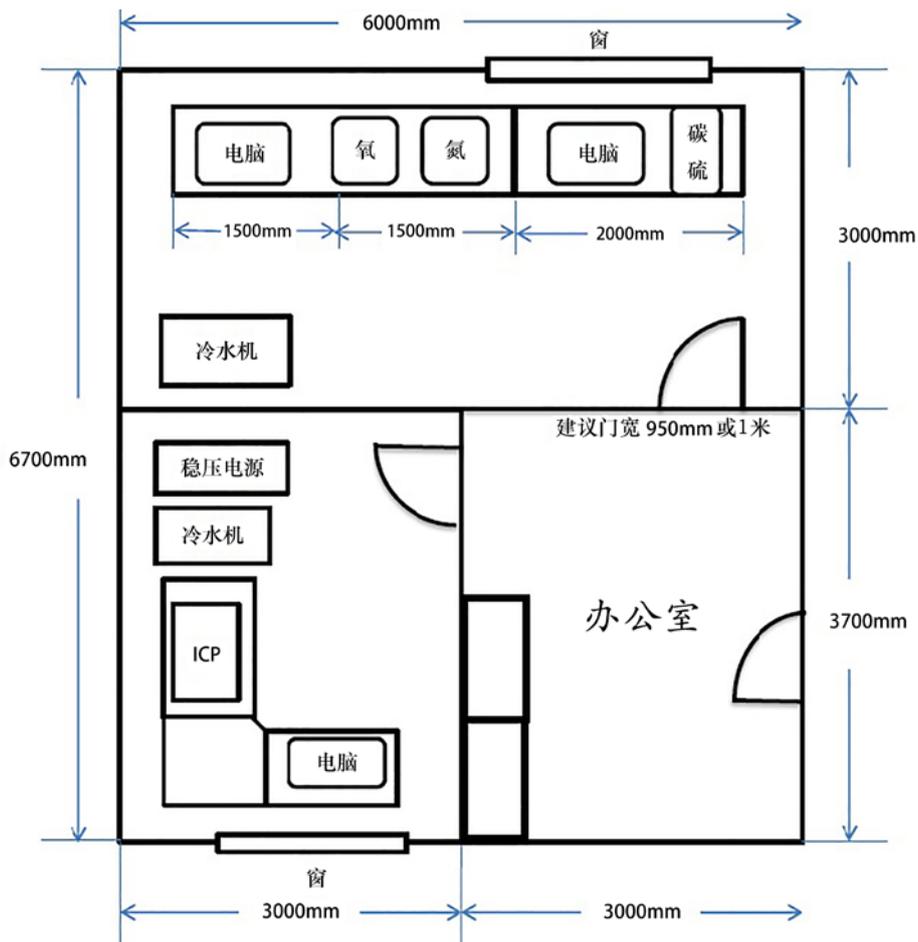
样品前处理

- 常规的玻璃器皿及工具
- 电子天平
- 马弗炉
- 电热板
- 药品





布局 1



布局 2

实验室



典型客户

中信锦州金属股份有限公司

吉林铁合金股份有限公司

新疆晶和源新材料有限公司

宁夏天元锰业集团有限公司

甘肃省文县万利铁合金有限责任公司

交城义望铁合金有限责任公司

锦州集信实业有限公司

兰州河桥硅电资源有限公司

河南豫中铁合金有限公司

内蒙古察右前旗永盛铁合金有限责任公司

宁夏吉泰特种合金有限公司

宁夏嘉祺隆冶金化工集团有限公司

乐都鑫丰铁合金有限公司

太原市隆达铁合金厂

- * 本资料归钢研纳克公司所有，未经允许不得复制；
- * 钢研纳克公司保留变更产品设计及技术指标的权利，届时恕不另行通知；
- * 本资料为介绍性资料，不具法律效力。

钢研纳克检测技术股份有限公司

NCS TESTING TECHNOLOGY CO., LTD.

统一销售热线：400-6218-010 17800273031（非工作时段）

地址：北京市海淀区高粱桥斜街13号 100081

电话：010 - 62182188

传真：010 - 62182155

网址：www.ncs-instrument.com

邮箱：beijing@ncschina.com

售后服务热线：4006228866

010-62185005 010-62183415 010-82472910 转 894

售后服务传真：010-82470227



询价二维码



NCS-铁合金
2019-Jun-19