

# PDA 分析汽车发动机用铝合金 ADC12 的应用

PDA-020

**摘要:** 汽油发动机的缸体材料主要分为铸铁和铝合金两种，铝合金发动机与铸铁发动机相比，质量轻，散热快，对当下追求环保、省油降耗的主题相吻合。在汽车工业中脱颖而出，发展潜力巨大。火花光电直读光谱仪作为金属材料成分分析仪器，因其分析速度快、分析结果准确可靠、分析精度高等特点，为汽车铝合金发动机的生产质量监控提供了有力的保障。本文利用岛津 PDA-7000 建立了铝合金发动机常用牌号 ADC12 的分析方法，并评价了该方法的短期精度和准确度。

**关键词:** PDA 直读光谱 铝合金发动机 ADC12

随着时代的发展，汽车技术更新也是日新月异，汽车发动机材质使用，曾经火热的铸铁发动机，现今逐渐被铝合金发动机代替。铸铁发动机受热变形小，具有良好的耐高温不易变形的优点，但太笨重，散热慢，多数铸铁发动机运用于工程汽车、大型运输车；而对于质量轻，散热快，环保省油的铝合金发动机就占据了大部分市场，目前几乎所有的乘用车都采用铝合金发动机。根据两种材质发动机特性，在乘用车方面，铝合金发动机更加占优势，这一点从目前市场上销售的汽车可窥知一二，在工程车上，铸铁更占优势。

如今在崇尚低碳环保、轻量化时尚的理念下，铝合金缸体的发动机替代铸铁发动机是大势所趋，发展方向。

我国已成为汽车生产消费大国，汽车成为人们日常生活中不可缺少的交通工具，对汽车发动机的需求

也增长迅速，同时也对产品的质量提出了更高的要求。而生产过程的质量和工艺控制多数是采用光电直读光谱仪器进行检测手段进行成分控制，比传统的湿法化学相比具有简单、快速、稳定性好、精度高等特点。

本文利用岛津 PDA-7000 采用内置铝合金曲线，对铝合金轮毂 ADC12 样品进行测试研究，并验证了分析方法的短期精度和准确度。



## 实验部分

### 1.1 仪器

岛津 PDA-7000 光电直读光谱仪

车床及刀具 (C0603A 型普通车床及合金刀具)

### 1.2 分析条件

氩气纯度: >99.995 % 以上 Ar 气分析流量: 10L/min Ar 气待机流量: 0.5L/Min

表 1. 各 VOCs 组分和内标组分信息

序 列	SEQ1	SEQ2
激发光源 (Hz)	Combined Spark200	Normal Spark200
预燃时间 (脉冲)	1500	300
积分时间 (脉冲)	1200	1200
内标元素 (nm)	237.2	

### 1.3 样品制备

铝合金样品属于有色金属，质地较软，为防止在样品制备过程中被二次污染，建议使用车床或铣床加工铝合金样品，本方法采用车床加工铝合金样品，使得分析面符合光谱分析要求。

## ■ 结果讨论

### 2.1 标准样品

本方法选用不同厂家、不同牌号相关多套铝合金标样，建立 Global\_Al 曲线，各元素曲线线性范围宽、梯度好，满足 ADC12 样品分析检测要求，以下列举部分高 Si 铝合金标样化学成分表（见表 1）。

表 1 部分标样化学成分表 (%)

编 号	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Pb	Sn
E511a	10.91	1.120	0.468	0.292	0.381		0.145	0.487	0.060	0.152	0.098
E512a	5.930	0.825	1.540	0.485	0.672		0.119	0.782	0.094	0.156	0.064
E513a	13.70	0.147	2.310	0.619	0.932		0.077	0.190	0.109	0.065	0.026
E514a	3.000	0.395	3.610	1.050	1.230		0.049	1.050	0.180	0.042	0.0096
E515a	8.330	0.640	0.125	0.837	0.049		0.197	0.052	0.034	0.012	0.149
E516a	1.030	1.500	4.980	0.090	1.530		0.020	1.370	0.206	0.202	0.0014
E517a	4.760	0.173	7.440	0.173	0.316		0.012	0.301	0.060	0.024	0.0026
E518a	9.020	0.279	1.510	0.246	0.516		0.0099	0.133	0.274	0.026	0.0037
KB-380BK	7.720	0.630	4.03	0.61	0.052	0.033	0.110	0.870	0.031	0.190	0.100
KA-380AS	9.480	1.100	3.090	0.160	0.460	0.055	0.450	0.150	0.110	0.110	0.200
KB-213E	3.510	1.020	6.980	0.360	0.160	0.001	0.310	1.190	0.097		
SS-332AY	9.140	0.680	3.150	0.270	1.020	0.001	0.540	0.260	0.140	0.110	0.100
SS-354W	9.160	0.140	1.850	0.054	0.550	0.012	0.011	0.052	0.110	0.026	0.023
SS-384CD	11.50	0.990	3.370	0.310	0.110	0.022	0.260	0.580	0.047	0.120	0.120

### 2.2 工作曲线制作

按本方法分析条件建立 Global\_Al 工作曲线，曲线线性良好，主要元素曲线见下图：

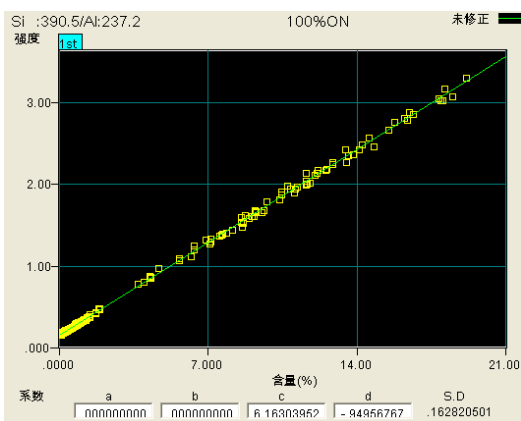


图 1 Si 元素工作曲线 (390.5 nm)

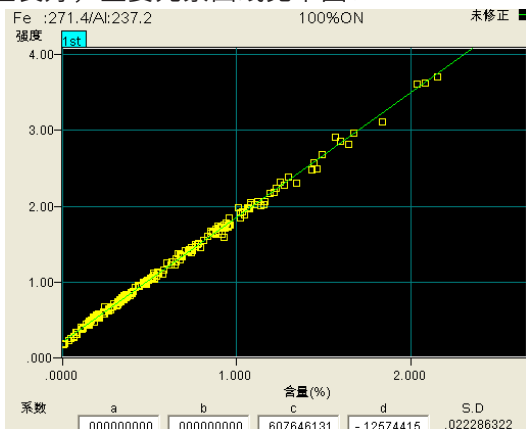


图 2 Fe 元素工作曲线 (271.4 nm)

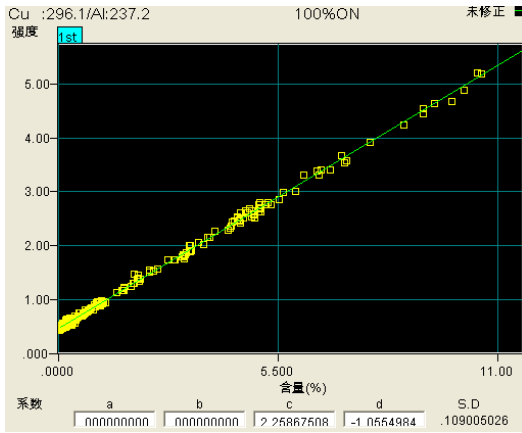


图 3 Cu 元素工作曲线 (296.1 nm)

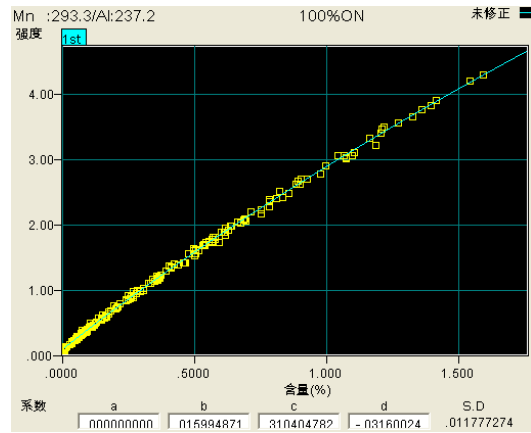


图 4 Mn 元素工作曲线 (293.3nm)

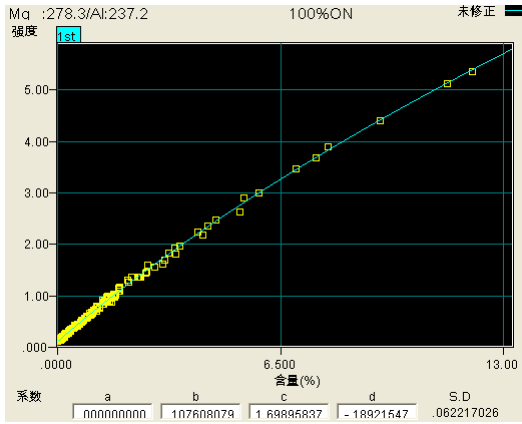


图 5 Mg 元素工作曲线 (278.3 nm)

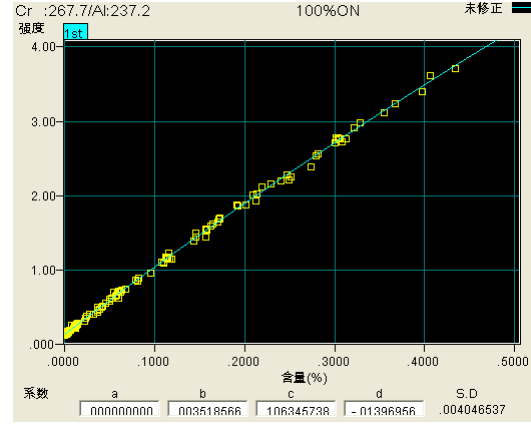


图 6 Cr 元素工作曲线 (267.7nm)

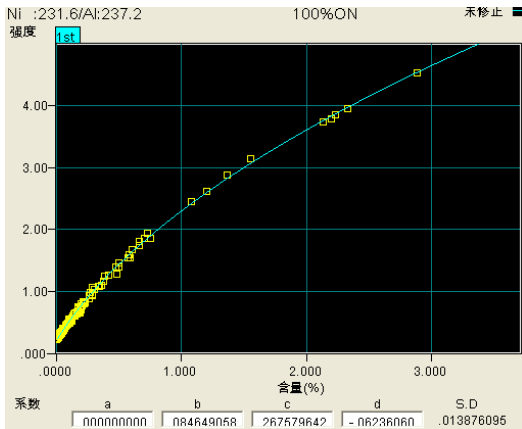


图 7 Ni 元素工作曲线 (231.6 nm)

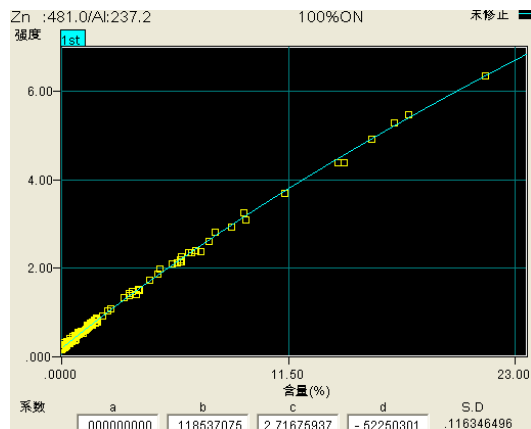


图 8 Zn 元素工作曲线 (481.0 nm)

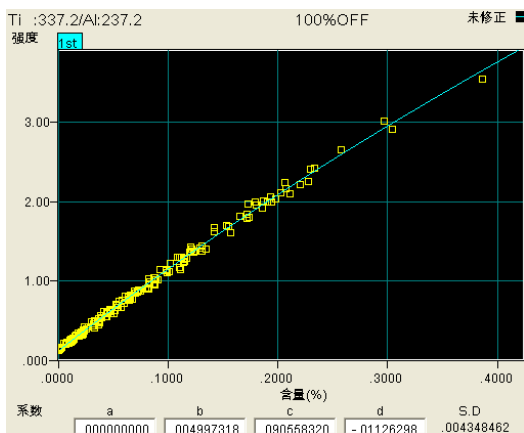


图 9 Ti 元素工作曲线 (337.2 nm)

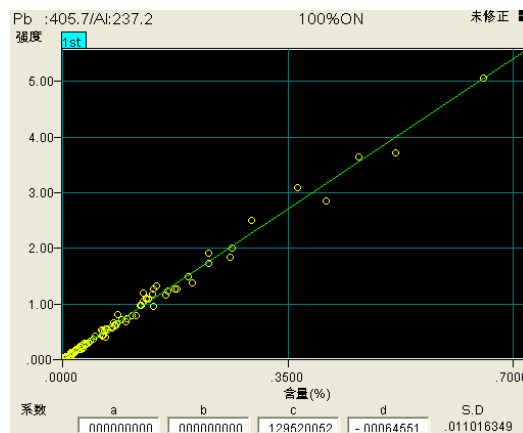


图 10 Pb 元素工作曲线 (405.7 nm)

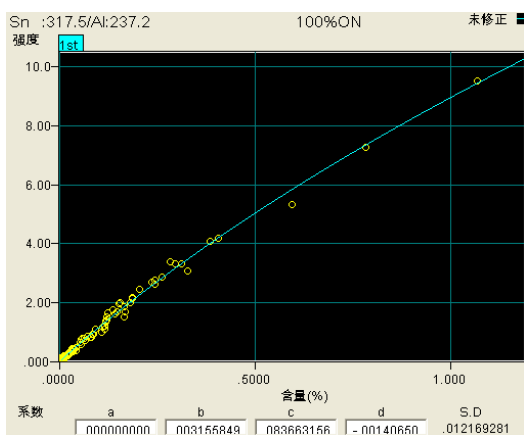


图 11 Sn 元素工作曲线 (317.5nm)

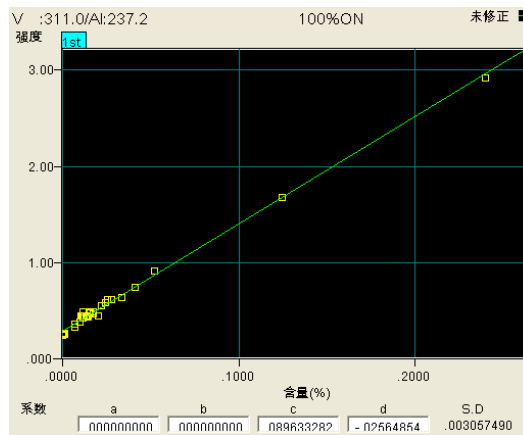


图 12 V 元素工作曲线 (311.0nm)

### 2.3 测试数据

选用 ADC12 牌号样品作为验证样, 按 GB/T7999-2015 要求, 连续测试 11 次, 统计相对标准偏差和平均值, 评价本方法的稳定性 (见表 2); 选用牌号进行 ADC12 的标样 E923F E925F 进行准确度验证测试评价 (见表 3)。

表 2 标样 ADC12 样品测试精度统计 (%)

元素	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Pb	Sn
N=1	11.44	0.807	2.058	0.181	0.076	0.029	0.06	0.858	0.034	0.064	0.024
N=2	11.5	0.814	2.053	0.181	0.075	0.03	0.06	0.856	0.034	0.064	0.024
N=3	11.46	0.815	2.036	0.182	0.075	0.03	0.059	0.846	0.034	0.067	0.025
N=4	11.44	0.809	2.038	0.18	0.074	0.031	0.063	0.874	0.035	0.062	0.023
N=5	11.51	0.815	2.035	0.187	0.074	0.03	0.06	0.867	0.034	0.063	0.023
N=6	11.51	0.811	2.044	0.182	0.073	0.03	0.059	0.859	0.034	0.064	0.024
N=7	11.46	0.812	2.044	0.183	0.074	0.029	0.06	0.855	0.034	0.064	0.024
N=8	11.46	0.819	2.038	0.19	0.073	0.03	0.061	0.854	0.034	0.063	0.023
N=9	11.44	0.802	2.032	0.182	0.074	0.029	0.059	0.875	0.034	0.06	0.023
N=10	11.45	0.807	2.03	0.186	0.074	0.03	0.059	0.85	0.033	0.066	0.024
N=11	11.53	0.813	2.032	0.18	0.074	0.029	0.058	0.861	0.034	0.065	0.024

AVE	11.47	0.811	2.04	0.183	0.074	0.03	0.06	0.86	0.034	0.064	0.024
S.D	0.0316	0.0049	0.0088	0.0032	0.0008	0.0006	0.0014	0.0093	0.0005	0.0019	0.0006
C.V	0.275	0.602	0.433	1.749	1.132	2.009	2.337	1.084	1.343	2.999	2.459
C.V 上限	1.5	2.5	2	5	6	6	6	2.5	6	6	6
判定 (○/×)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

从表 2 的统计结果看，实测数据的相对标准偏差远远小于 GB/T7999-2015 中规定的 C.V 上限值，说明本方法的测试稳定性良好。

表 3 标样 E923F E925F 分析准确度统计 (单位: %)

编号	元素	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	Zn	Ti	Pb	Sn
E923F	标准值	10.87	0.944	2.67	0.406	0.21	0.308	1.1	0.049	0.049	0.223
	测试值	10.79	0.969	2.65	0.39	0.217	0.304	1.162	0.055	0.042	0.206
	标准值 - 测试值	-0.08	-0.025	0.02	0.016	-0.007	0.004	-0.062	-0.006	0.007	0.017
	允许差	0.54	0.066	0.16	0.057	0.029	0.043	0.066	0.008	0.008	0.031
	判定 (○/×)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
E925F	标准值	13.98	0.359	1.24	0.101	0.369	0.594	0.677	0.101	0.165	0.332
	测试值	13.91	0.35	1.254	0.099	0.372	0.591	0.67	0.096	0.166	0.332
	标准值 - 测试值	0.07	0.009	-0.014	0.002	-0.003	0.003	0.007	0.005	-0.001	0
	允许差	0.7	0.05	0.074	0.014	0.052	0.042	0.047	0.014	0.023	0.046
	判定 (○/×)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

从表 3 的统计结果可以看出，标样 E923F E925F 分析结果的偏差值小于 GB/T7999-2015 中规定的上限值，说明本方法工作曲线有良好的分析准确度。

## 结论

使用岛津 PDA-7000 直读光谱仪，用高硅高铜铝合金相关标样建立 Global\_Al 曲线，分析汽车发动机用 ADC12 牌号的铝合金样品，有很好的分析稳定性和准确度，方法可靠可行，可以为汽车铝合金发动机 ADC12 牌号的产品进行生产工艺管控、产品质量管控，提供快速、有效、可靠的分析检测数据和有效检测手段。

岛津应用云

