

DOI: 10.3724/SP.J.1096.2010.01411

超高效液相色谱三重四极杆质谱法同时快速测定 血浆和尿液中 11 种杀鼠剂

蔡欣欣 张秀尧*

(温州市疾病预防控制中心, 温州 325001)

摘 要 建立了血浆和尿液中 11 种杀鼠剂同时测定的超高效液相色谱串联质谱方法。血浆样品经乙腈沉淀、尿液样品经乙酸乙酯萃取, 氮吹浓缩后用初始流动相复溶, 在 UPLC BEH C₁₈ 柱上以甲醇-4 mmol/L 乙酸铵为流动相进行梯度洗脱分离, 负离子电喷雾多反应监测模式检测, 基质标准外标法定量分析。血浆和尿液中 11 种杀鼠剂的加标回收率分别在 68% ~ 118% 和 62% ~ 104% 之间; 日内相对标准偏差分别为 5.6% ~ 21% 和 4.1% ~ 18%; 日间相对标准偏差分别为 8.5% ~ 26% 和 7.1% ~ 25% ($n = 6$)。除尿液中安妥的定量限为 5 $\mu\text{g/L}$ 外, 其余待测物的定量限均为 1 $\mu\text{g/L}$ 。本方法灵敏度高, 操作简单, 适于中毒病人的快速诊断检测。

关键词 超高效液相色谱三重四极杆质谱法; 杀鼠剂; 血浆; 尿液

1 引 言

抗凝血类杀鼠剂按化学结构可分 4-羟基香豆素类和茚满二酮类, 主要有杀鼠灵、杀鼠迷、氯杀鼠灵、鼠得克、大隆、溴敌隆、氟鼠灵、呋杀鼠灵、敌鼠和氯敌鼠。由于它们具有高效、广谱、毒性相对较低, 不易引起二次中毒, 且有特效解毒药等特点, 已广泛应用于野外和室内杀鼠工作。但近几年来由于使用与管理不当, 人和牲畜中毒及投毒事件常有发生。安妥属硫脲类杀鼠剂, 中毒时主要分布在肺、肝、肾和神经系统, 可造成肺毛细血管渗透性增加, 引起肺水肿、胸腔积液、肺出血, 也可引起肝肾脂肪变性坏死。

抗凝血类杀鼠剂的测定方法主要有高效液相色谱法。血液和尿液样品常采用乙酸乙酯液液萃取, 二极管阵列(紫外)检测器检测, 方法的检出限在 0.016 ~ 1 mg/L 之间^[1~3]。采用浊点萃取浓缩人尿样品 28 倍, 二极管阵列检测器检出, 检出限可达 0.001 ~ 0.016 mg/L^[4]。荧光检测法检测 4-羟基香豆素类抗凝血类杀鼠剂, 检出限在 0.001 ~ 0.05 mg/L^[5,7~10]。液相色谱质谱联用法具有优异的灵敏度和定性能力, 已用于抗凝血类杀鼠剂的确证检测。关福玉等^[11]利用 APCI-SIM 负离子模式测定血液和尿液中 4 种杀鼠剂, 检出限分别为 1 ~ 5 $\mu\text{g/L}$ 和 0.5 ~ 2.5 $\mu\text{g/L}$; 文献 [12] 采用 ESI-离子阱串联质谱正离子方式检测血浆样品中 3 种香豆素类杀鼠剂, 检出限为 1 ~ 10 $\mu\text{g/L}$; 杨士云等采用 ESI-三重四极杆质谱 MRM 正离子模式检测血液中溴敌隆, 检出限达 1 $\mu\text{g/L}$ ^[13]。安妥的分析只有显色反应的定性实验^[14]。

本实验建立了 UPLC-MS/MS 同时测定血浆和尿液中 11 种杀鼠剂的方法, 简便、准确和灵敏度高。

2 实验部分

2.1 仪器与试剂

Aquity UPLC-Quattro Premier XE 超高效液相色谱-串联质谱仪配有电喷雾源, Masslynx 4.1 工作站(美国 Waters 公司); MS2 旋涡混旋器(德国 IKA 公司); HUP-400 手持式超声波细胞破碎仪(天津恒奥科技发展有限公司); N-EVAP 氮吹仪(12 孔, 美国 Organomation 公司); TGL-16C 高速台式离心机(上海安亭科学仪器厂); Gradient A10 Mill-Q 超纯水器(Millipore 公司)。

乙腈和甲醇(HPLC 级, 德国 Merck 公司); 乙酸铵(HPLC 级, Fluka 公司); 安妥(99%)、敌鼠(99.0%)、氯敌鼠(96.0%)、杀鼠灵(98.0%)、杀鼠迷(98.5%)、氯杀鼠迷(99.0%)、鼠得克(97.5%)、大隆(98.5%)、溴敌隆(98.5%)、氟鼠灵(99.4%)和呋杀鼠灵(100 mg/L)标准物质均购自德国

2010-02-22 收稿; 2010-04-20 接受

本文系温州市医学重点学科、温州市第三轮“311”工程建设项目基金(No. 2008012)资助

* E-mail: xyzwz123@126.com

Dr. Ehrenstorfer GmbH 公司,固体标准物用甲醇配制成 1.0 g/L 标准贮备溶液,再稀释成混合标准使用液,保存于 -35 ℃ 冰箱中。冰冻人血浆购自温州市中心血站,空白尿液来自志愿者。

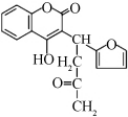
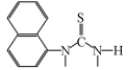
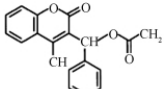
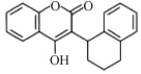
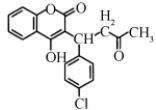
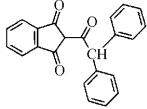
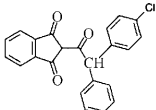
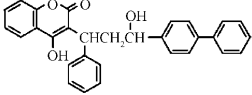
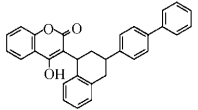
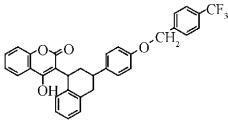
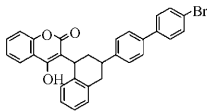
2.2 色谱-质谱条件

ACQUITY UPLC BEH C₁₈ 色谱柱(100 mm × 2.1 mm, 1.7 μm, Waters 公司), 配在线过滤器; 流动相 A 为 4 mmol/L 乙酸铵,流动相 B 为甲醇。梯度洗脱程序: 0 ~ 3.0 min,流动相由 40% B 线性梯度至 90% B, 保持 2 min 后,流动相又回到 40% B,并平衡 2 min; 流速 0.250 mL/min; 柱温 45 ℃; 进样体积 10 μL。

电喷雾离子源,负离子多反应监测(MRM) 模式。ESI 毛细管电压 3.0 kV; 离子源温度 120 ℃; 锥孔反吹气流量 50 L/h,脱溶剂温度 350 ℃,脱溶剂气流量 500 L/h,碰撞室氦气压力 0.346 Pa。其它质谱参数详见表 1。

表 1 质谱的 MRM 参数

Table 1 Multiple reaction monitoring(MRM) transitions and parameters

序号 Number	化合物 Compounds	化学结构 Chemical structures	保留时间 <i>t_r</i> (min)	监测离子对 Transition (<i>m/z</i>)	锥孔电压 Cone voltage (V)	碰撞能量 Collision energy (eV)
1	呋杀鼠灵 Coumafuryl		1. 66	297. 0 > 160. 9* 297. 0 > 240. 1	35 35	18 21
2	安妥 Antu		2. 13	201. 0 > 167. 0* 201. 0 > 142. 0	22 22	25 25
3	杀鼠灵 Warfarin		2. 22	307. 1 > 161. 0* 307. 1 > 250. 1	30 30	19 25
4	杀鼠迷 Coumatetralyl		2. 32	291. 1 > 141. 0* 291. 1 > 93. 0	42 42	28 45
5	氯杀鼠迷 Coumachlor		2. 68	341. 1 > 161. 0* 341. 1 > 284. 1	37 37	23 20
6	敌鼠 Diphacinone		2. 92	339. 2 > 167. 2* 339. 2 > 172. 1	47 47	20 27
7	氯敌鼠 Chlorophacinone		3. 34	373. 3 > 201. 1* 373. 3 > 145. 1	40 40	22 24
8	溴敌隆 Bromadiolone		3. 66	525. 1 > 250. 1* 527. 2 > 250. 1	53 53	38 37
9	鼠得克 Difenacoum		3. 80	443. 2 > 135. 0* 443. 2 > 293. 2	67 67	35 35
10	氟鼠灵 Flocoumafen		3. 97	541. 3 > 161. 0* 541. 3 > 289. 2	59 59	35 38
11	大隆 Brodifacoum		4. 12	521. 2 > 135. 0* 523. 2 > 135. 0	66 66	40 40

* 定量离子对(Quantificational ion pair) 。

运行开始时,色谱柱流出液经六通切换阀切换至废液中,质谱从 1.50 min 开始采集数据,至 4.30 min 结束,同时六通切换阀又将柱流出液切换至废液中。

2.3 样品预处理

取 200 μL 血浆于 5 mL 具塞离心管中,加入 1.0 mL 乙腈,用手持式超声波细胞破碎仪均质 1 min,以 3000 r/min 离心 5 min,吸取 600 μL 上清液,于 50 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中用氮气吹干,加入 200 μL 梯度初始流动相,超声 1 min,旋涡 30 s,以 14000 r/min 离心 5 min,上清液直接进样 10 μL 。

在 6 支试管中分别按标准曲线的浓度加入适量标准溶液,氮气吹干后加入空白血浆 200 μL ,混匀,与样品一起处理,制作基质工作曲线系列。

取 1.0 mL 尿液于 10 mL 具塞离心管中,加入 0.2 mL 2 mol/L 乙酸铵,混匀,用 3.0 mL 乙酸乙酯旋涡提取 2 min,3000 r/min 离心 3 min,吸取乙酸乙酯液于另一个 10 mL 具塞离心管中,重复提取一次,合并乙酸乙酯提取液,于 50 $^{\circ}\text{C}$ 水浴中用氮气吹干,加入 1.0 mL 梯度初始流动相,超声 1 min,旋涡 30 s,以 14000 r/min 离心 5 min,上清液直接进样 10 μL 。

在 6 支试管中分别按标准曲线的浓度加入适量标准溶液,加入空白尿液至 1.0 mL,混匀,与样品一起处理,制作基质工作曲线系列。

3 结果与讨论

3.1 质谱条件的优化

分别在电喷雾正、负离子检测方式下对质谱测定条件进行优化,使样液中各目标化合物的分子离子对信号达到最大。除敌鼠和氯敌鼠只能在 ESI 负离子模式离子化外,其余化合物在 ESI 的正和负离子两种模式都能离子化,由于 ESI 负离子模式能同时检测这 11 种待测物,且基线噪声低、信噪比高,故最终选择 ESI 负离子 MRM 模式进行监测。遵循国际惯例,确证分析需要 4 个识别点,选择两对分子离子对,设定合适的峰驻留时间(Dwell time),确保色谱峰的采样点数在 15~20 点,从而得到较好的定量重复性。优化后的测定条件见表 1。

3.2 色谱条件的优化

以 UPLC BEH C_{18} 色谱柱(100 mm $\times$ 2.1 mm, 1.7 μm) 为分析柱,分别采用乙酸铵-甲醇和乙酸铵-乙腈系统作为流动相。结果表明,甲醇作为流动相时,各组分的离子化效率优于乙腈。本实验采用 4 mmol/L 乙酸铵-甲醇系统为流动相,既有足够的灵敏度,又使各目标化合物得到较好分离,同时又能得到良好的峰型,一次进样分析仅需 7 min。

3.3 样品前处理方法的选择

抗凝血类鼠药的样品前处理方法常用的有 HLB 固相萃取、乙酸乙酯液液萃取法,预实验结果表明,HLB 固相萃取鼠得克、大隆、溴敌隆和氟鼠灵的回收率仅有 20%~50%;而乙酸乙酯两次液液萃取与溶剂标准相比较,呋杀鼠灵、杀鼠灵、杀鼠迷和敌鼠的回收率可达 80%~90%;安妥、氯敌鼠、氯杀鼠迷、鼠得克、大隆、溴敌隆和氟鼠灵的回收率为 50%~70%。故尿液样品采用乙酸乙酯两次液液萃取,并同时制作基体标准工作曲线,借此抵偿某些待测物的萃取率不高和基质抑制效应。对于血浆样品,采用蛋白沉淀法可获满意结果,同时比较了乙腈、甲醇和丙酮作为沉淀剂的效果。实验表明,乙腈沉淀效果最好,蛋白沉淀完全,回收率最高,样品本底不干扰测定。采用超声波均质可提高乙腈提取率,避免蛋白沉淀物包裹待测物。

针头过滤器的滤膜(Pall GHP 0.2 μm , Millipore PTFE 0.2 μm) 会吸附待测物,特别是极性小的杀鼠剂,如鼠得克、大隆、溴敌隆和氟鼠灵,故提取物不经针头过滤器过滤,采用 14000 r/min 高速离心后直接进样。

3.4 方法的线性范围和检出限

在空白样品中,根据表 2 所列的线性范围加入混合标准液制作 6 点系列基质标准工作溶液,在选定的色谱条件和质谱条件下进行测定,血浆空白和基质标准色谱图见图 1。采用 Masslynx 4.1 中 Targetlynx 组件以定量离子对的峰面积对基质标准系列浓度作图,血浆和尿液中 11 种待测组分的相关系数分

别在 0.9951 ~ 0.9994 和 0.9944 ~ 0.9998 之间,符合线性关系的要求。采用空白样品添加低浓度的混合标准液,进行样品前处理,然后上机测定,以定量离子对 3 倍信噪比的响应值对应的样品浓度作为检出限(LOD),以 10 倍信噪比作为定量限(LOQ),结果见表 2。除尿液中安妥的检出限为 1 μg/L,定量限为 5 μg/L 外,其余的检出限都在 0.1 ~ 0.3 μg/L 之间。定量限为 1 μg/L,均低于中毒浓度,能够满足公共卫生突发事件和临床毒物学检测的要求。

3.5 方法的精密度和加标回收率

分别在空白血浆和空白尿液中加入适量混合标准液制成加标样品,按 2.3 节对当天预处理的样品平行测定 6 次,计算加标回收率和日内相对标准偏差(RSD),然后将加标样品贮藏 -20 ℃ 冰箱内,在连续 6 d 内每天测定一次,计算日间相对标准偏差(RSD),结果见表 3。血浆和尿液中 11 种杀鼠剂的加标回收率分别在 68% ~ 118% 和 62% ~ 104% 之间,日内相对标准偏差为 5.6% ~ 21% 和 4.1% ~ 18% ,日间相对标准偏差分别为 8.5% ~ 26% 和 7.1% ~ 25% ,基本符合痕量测定的要求。

表 2 方法的线性范围和检出限

Table 2 Calibration curves and detection limits for rodenticides in human plasma and urine

化合物 Compounds	线性范围 Linearity range (μg/L)	血浆 Plasma			尿液 Urine		
		回归方程 Calibration equation*	相关系数 Correlation coefficient (r)	检出限 LOD (μg/L)	回归方程 Calibration equation*	相关系数 Correlation coefficient (r)	检出限 LOD (μg/L)
呋杀鼠灵 Coumafuryl	1 ~ 100	$y = 457x + 183$	0.9963	0.1	$y = 252x - 141$	0.9958	0.1
安妥 Antu	1 ~ 100 **	$y = 182x - 11$	0.9958	0.3	$y = 147x - 115$	0.9998	1.0
杀鼠灵 Warfarin	1 ~ 100	$y = 720x + 370$	0.9953	0.1	$y = 608x - 70$	0.9984	0.1
杀鼠迷 Coumatetralyl	1 ~ 100	$y = 488x + 291$	0.9960	0.1	$y = 442x - 11$	0.9990	0.1
氯杀鼠迷 Coumachlor	1 ~ 100	$y = 675x + 180$	0.9953	0.1	$y = 910x + 174$	0.9992	0.1
敌鼠 Diphacinone	1 ~ 100	$y = 123x + 13$	0.9994	0.3	$y = 199x + 11$	0.9997	0.2
氯敌鼠 Chlorophacinone	1 ~ 100	$y = 184x + 34$	0.9985	0.3	$y = 349x - 10$	0.9979	0.1
溴敌隆 Bromadiolone	1 ~ 100	$y = 124x - 12$	0.9976	0.3	$y = 235x + 48$	0.9953	0.2
鼠得克 Difenacoum	1 ~ 100	$y = 159x + 13$	0.9951	0.1	$y = 315x + 38$	0.9944	0.1
氟鼠灵 Flocoumafen	1 ~ 100	$y = 627x + 33$	0.9982	0.1	$y = 1360x + 68$	0.9972	0.1
大隆 Brodifacoum	1 ~ 100	$y = 85x - 16$	0.9982	0.3	$y = 188x + 50$	0.9947	0.3

* x: Mass concentration, μg/L; y: Peak area; ** . 1 ~ 100(in plasma) ; 5 ~ 100 (in urine) .

表 3 血浆和尿液样品的日内和日间加标回收和精密度实验(n = 6)

Table 3 Intra-day and inter-day precision and accuracy of method for spiked samples(n = 6)

化合物 Compounds	加标浓度 Added (μg/L)	血浆 Plasma			尿液 Urine		
		日内 Intra-day		日间 Inter-day	日内 Intra-day		日间 Inter-day
		加标回收率 Recovery (%)	相对标准偏差 RSD (%)	相对标准偏差 RSD (%)	加标回收率 Recovery (%)	相对标准偏差 RSD (%)	相对标准偏差 RSD (%)
呋杀鼠灵 Coumafuryl	1.0	84	11	19	82	7.8	8.9
	10	104	6.7	16	84	4.1	8.1
	50	94	8.6	15	84	9.8	12
安妥 Antu	1.0	95	18	21	— *	—	—
	10	106	14	15	63	6.4	20
	50	95	11	13	65	8.2	9

续表 3(Continued to Table 3)

化合物 Compounds	加标浓度 Added (μg/L)	血浆 Plasma			尿液 Urine		
		日内 Intra-day		日间 Inter-day	日内 Intra-day		日间 Inter-day
		加标回收率 Recvoery (%)	相对标准偏差 RSD (%)	相对标准偏差 RSD (%)	加标回收率 Recvoery (%)	相对标准偏差 RSD (%)	相对标准偏差 RSD (%)
杀鼠灵 Warfarin	1.0	87	9.8	15	92	7.7	9.0
	10	109	7.9	11	95	6.4	7.8
	50	100	6.3	12	90	9.2	10
杀鼠 Coumatetralyl	1.0	94	8.2	14	88	7.6	10
	10	111	6.7	11	98	4.1	11
	50	100	6.1	10	94	5.6	7.6
氯杀鼠迷 Coumachlor	1.0	91	9.2	12	91	8.2	9.8
	10	104	8.3	8.6	99	6.9	7.7
	50	100	5.5	8.5	104	2.0	7.1
敌鼠 Diphacinone	1.0	87	9.7	15	82	10	12
	10	94	6.1	9.3	90	5.0	7.0
	50	97	7.0	9.0	84	5.3	9.6
氯敌鼠 Chlorophacinone	1.0	117	9.2	19	77	12	16
	10	108	7.7	15	80	7.3	11
	50	102	6.4	15	82	8.8	10
溴敌隆 Bromadiolone	1.0	118	8.1	21	81	11	21
	10	112	6.0	19	90	7.6	18
	50	88	6.6	14	84	7.4	14
鼠得克 Difenacoum	1.0	117	7.7	25	70	13	25
	10	112	6.6	22	73	4.9	15
	50	93	6.1	11	76	11	18
氟鼠灵 Flocoumafen	1.0	85	15	26	68	9.2	22
	10	90	11	19	73	4.2	17
	50	74	7.2	9.4	62	13	21
大隆 Brodifacoum	1.0	77	21	26	68	18	24
	10	83	17	18	71	7.4	15
	50	68	11	13	62	14	18

* : 低于定量限(Below LOQ) 。

3.6 实际应用

曾采用本方法仅在 2 h 内即查明某食物中毒事件的毒物为溴敌隆,为后续及时救治提供了科学依据。

References

1 GUAN Fu-Yu(关福玉) , LIU Li(刘 力) , LUO Yi(罗 毅) . *Chinese J. Anal. Chem.* (分析化学) , **1995**, 23(2) : 159 ~ 162

2 Guan F Y, Ishii A, Seno H, Watanabe K, Kumazawa T, Suzuki O. *J. Pharm. Biomed. Anal.* , **1999**, 21(1) : 179 ~ 185

3 CHEN Xiao-Hong(陈晓红) , JIN Mi-Cong(金米聪) . *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*(中国卫生检验杂志) , **2007**, 17(1) : 13 ~ 14

4 MENG Qing-Yu(孟庆玉) , LI Zhi-Ling(李志岭) , SONG Qing-Juan(宋庆娟) . *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*(中国卫生检验杂志) , **2007**, 17(6) : 1020 ~ 1022

5 CAI Xin-Xin(蔡欣欣) , ZHANG Xiu-Yao(张秀尧) . *Chinese Journal of Health Laboratory Technology*(中国卫生检验杂志) , **2008**, 18(12) : 2470 ~ 2472

6 MENG Qing-Yu(孟庆玉) , LI Yuan-Qian(黎源倩) , ZOU Xiao-Li(邹晓莉) , ZHENG Bo(郑 波) . *Chinese J. Anal. Chem.* (分析化学) , **2008**, 36(6) : 760 ~ 764

7 JIN Mi-Cong(金米聪) , Chen Xiao-Hong(陈晓红) , LI Xiao-Ping (李小平) . *Chinese Journal of Chromatography*(色谱) , **2007**, 25(2) : 214 ~ 216

- 8 Felice L J, Chalermchaikit T, Murphy M J. *J. Anal. Toxicol.*, **1991**, 15: 126 ~ 129
- 9 Chalermchaikit T, Felice L J, Murphy M J. *J. Anal. Toxicol.*, **1993**, 17: 56 ~ 61
- 10 Palazoglu M G, Tor E R, Holstege D M, Galey F D. *J. Agric. Food. Chem.*, **1998**, 46(10): 4260 ~ 4266
- 11 Guan FY, Ishii A, Seno H, Watanabe K, Kumazawa T, Suzuki O. *J. Chromatogr. B*, **1999**, 731: 155 ~ 165
- 12 Kollroser M, Schober C. *Clin. Chem.*, **2002**, 48(1): 84 ~ 91
- 13 YANG Shi-Yun(杨士云), PAN Guan-Ming(潘冠民), ZHANG Da-Ming(张大明). *Chinese Journal of Chromatography (色谱)*, **2005**, 23(6): 682
- 14 YU Rui-Min(于瑞敏), LI Xiu-Qin(李秀芹), ZHANG Xiao-Fang(张晓芳). *Occup and Health(职业与健康)*, **2008**, 24(21): 2331 ~ 2332

Simultaneous Determination of Eleven Rodenticides in Human Plasma and Urine Using Ultra Performance Liquid Chromatography Coupled With Triple Quadrupole Mass Spectrometry

CAI Xin-Xin, ZHANG Xiu-Yao*

(Wenzhou Center for Disease Control and Prevention, Wenzhou 325001)

Abstract A method was developed for the determination of eleven rodenticides, antu, warfarin, brodifacoum, bromadiolone, coumachlor, coumatetralyl, difenacoum, flocoumafen, chlorophacinone and diphacinone, in human plasma and urine using ultraperformance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Those rodenticides were extracted from plasma with acetonitrile and from urine with ethyl acetate. The extracts were dried by nitrogen stream and redissolved with the initial mobile phase. The analysis of the rodenticides was achieved on an UPLC BEH C₁₈ column gradient eluted with the mobile phase of methanol and 4 mmol/L ammonium acetate solution in a cycle time of 7.0 min, and detected by an electrospray ionization tandem mass spectrometry in the multiple-reaction-monitoring negative mode. The average recoveries were 68% - 118% and 62% - 104% for all rodenticides in plasma and urine, respectively, with RSDs of 5.6% - 21% and 4.1% - 18% (*n* = 6). The limits of quantitation were 1 μg/L (*S/N* = 10) except that of antu in urine was 5 μg/L. The method was simple, selective and sensitive to detect the rodenticides in plasma and urine for toxicological purposes.

Keywords Ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry; Rodenticides; Plasma; Urine

(Received 22 February 2010; accepted 20 April 2010)

《英汉·汉英分析检测词汇》

该词典为适应分析检测发展和市场的需要,在《英汉·汉英分析化学词汇》所收词汇的基础上,收入了物性检测、生物医药、司法刑侦和商品检验等方面的词汇近 20000 余条,增补了近年来新出现的词汇约 2500 条,共收录英汉词汇 50000 余条,汉英词汇 50000 余条,词汇涵盖分析检测技术涉及的物质名词、性能、方法、原理、技术、设备、过程等多方面。收词专业、全面、新颖,具有很强的实用性,并且编排更具人性化,便于读者查找使用。

该词典可供分析检测领域从业者,相关领域的科研人员、贸易人员、企业管理人员及相关专业的大专院校师生参考使用。

该词典由周同惠主编,化学工业出版社于 2010 年 1 月出版,定价 148.00 元。