

化工健康监护及其接触控制原理与实践

上海市化工职业病防治研究所 马洪年

化学工业部工业卫生处 王自齐

一、健康监护原理与总体结构

化工健康监护是化工企业实行的职业健康监护。职业健康监护是在流行病学疾病监察的基础上发展起来的。监护或监察(surveillance)是一个疾病动力学过程(包括病原、传播机制和传播发生条件等)的流行病学研究。目的是应用流行病学方法及其它方法作为控制疾病的手段。作为监护的组成部分,按照一定的组织方式收集环境方面和健康方面资料的行动,称为监测(monitring)。职业健康监护从总体类型上讲,是属于流行病学监护的范畴。从职业性疾病的病因特点出发,应重视病因——职业危害因素接触。所以,职业健康监护至少由两部分监测所组成,即职业性接触监测和职业性疾病(损害)监测。

职业性疾病是作业人员在劳动环境中接触危害因素所致的健康损害。采取工程控制方法消除危害因素是最根本的预防(第一级预防)。但它主要适用于车间新建或改建的设计阶段,一旦建成投产就应开始第二级预防,即健康监护。健康监护通过系统地、连续地、有规则地实行职业性接触监测和职业性疾病(损害)监测,定期进行接触评定和健康评定,进而产生健康监护报告。后者反作用于工程控制,促进尘毒治理,同时,健康监护资料的纵向比较分析不但能间接反映环境治理效果和个人防护措施的有效性,而且能为评价和修订卫生标准提供科学依据。此外,早期检出作业人群中健康受损害的个体,给予进一步诊断治疗(第三级预防),并对就业禁忌证做好识别调离工作,达到良好的个体监护效果。因此,职业健康监护有助于及时地不断地识别、评价和控制职业危害,达到预防职业病,保护职工健康,促进安全生产的目的(参见图1)。

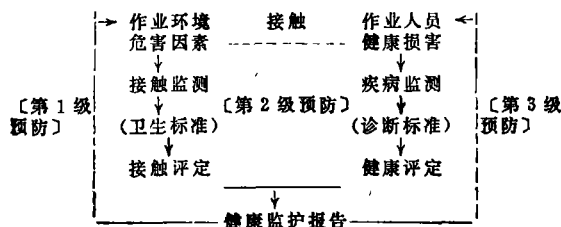


图1 健康监护原理图

从健康监护的基本原理出发,化工健康监护包括两大监测及其信息系统,即职业性接触监测、职业性疾病(损害)监测和健康监护信息系统。

接触监测通过区域监测、个体监测和接触史调查,并依照卫生标准(MAC和TLV)实行接触评定。接触控制(exposure control)亦即接触管理。

职业性疾病(损害)监测是一种广义的疾病监测,它以就业前体检和定期体检采集周期性健康资料,而以疾病登记(病伤、生育、死亡登记)采集经常性健康资料,通过个体健康评定和群体健康评定,达到监测作业人员健康损害的目的。根据所监测健康损害的类型,职业性疾病(损害)监测可分为职业病监测、工作有关疾病监测和职业性异常生育监测,共同构成化工健康监护医学检查的内容。

健康监护的两大监测系统产生大量的周期性和经常性数据,主要形成两个档案系统,即职工健康档案(个体)和扩充工业卫生档案(群体)。后者主要由若干登记“台帐”记录经常性信息^{〔1〕}。由体检产生的周期性信息直接记入个体档案。档案系统作为接触监测和疾病监测信息存贮的数据库,直接为接触评定和健康评定的数据分析服务,评定结果产生健康监护报告,后者是信息系统的主要输出文件,并作为领导进行工业卫生管理决策的依据(参见图2)。

二、接触控制的要求和重要意义

健康监护作为一种流行病学监护源于传染性疾病监测。疾病监测是从个体监测发展起来的,其基本手段是通过对人群中各个体的医学筛检,检出病人,以了解该种疾病的发生和分布状况,采取控制对策。对于传染性疾病监测而言,检出病人既达到早期诊断和治疗病人的作用,并起到该种疾病流行的报警作用;而且更重要的,由于病人本身就是传染源,因此,检出病人加以处理就能够达到控制病因和控制疾病传播的目的。由于传染性疾病监测取得巨大成功,使监测逐步扩大到多种非传染性疾病的领域。

职业健康监护的基本和原始想法也是一种疾病监测,即职业性疾病的监测。它的基本手段是通过职业人群中各个体的医学筛检,检出职业病病人,以了

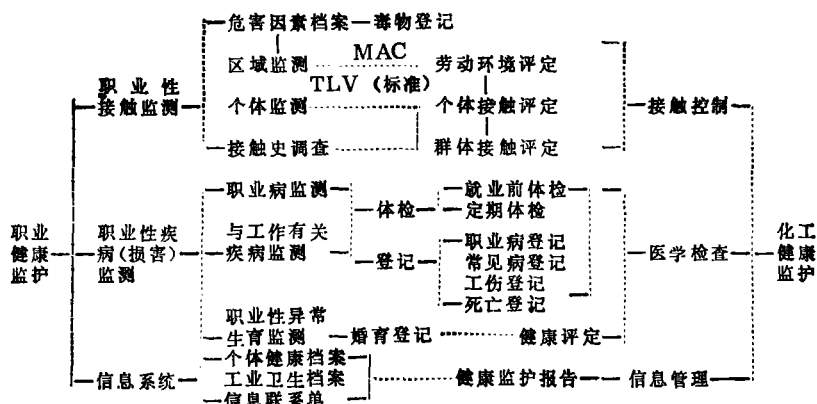


图2 化工健康监护总体结构图

解职业性疾病的发生和分布状况。职业人群超限接触危害因素后职业性疾病的发生和分布,同样具有流行病学的性质,可能造成集体发病。早期检出的病人往往属于该人群中的易感个体,如不及时控制接触,必将造成更大时空范围的发病。从这个意义上讲,职业性疾病监测和传染病监测相似,检出病人不仅达到早期诊断治疗病人,而且起到报警作用,有助于职业性疾病的防治。但是,职业性疾病与传染性疾病的最大不同是其病人与病因的分离性,即病因是某种外在的职业危害因素,因此,检出职业病病人不能达到控制病因和控制疾病传播的目的。为了构成完整的监测系统,达到职业健康监护的目的,有必要对职业危害因素接触实行控制,在监护中增加接触监测的内容,即职业健康监护必须有接触监测和疾病监测两个方面组成。美国NIOSH的健康监护专家早在他们研究中强调职业健康监护由作业环境监测和职业性疾病监测两方面组成。美国加州职业卫生中心的斯培尔教授则提出职业健康监护应包括接触控制和医学监护两个方面内容。因此,新的职业健康监护的想法有必要把健康监护的流行病学监测划分为两个方面的监测,即对职业危害因素接触的监测(接触控制)和对职业性疾病(损害)的监测(医学检查)。前者对于后者不仅是一种必要的补充,而且从预防的意义上说是更重要的根本的监测。事实上目前在一些发达国家随着职业病发病率下降到一个很低的水平,以筛检为主要手段的职业性疾病监测已不再具有重要地位,而职业危害因素接触监测则越来越显示出重要性^[3,4]。

然而,目前由于对健康监护缺乏系统的理论研究,加上人们往往不愿放弃传统的认识和做法,至今有不少人视健康监护为职业性体检的代名词,或者至多把健康监护的概念扩大到职业性疾病监测的范畴。化工健康监护从实践中摒弃了这种狭隘认识,第一次

明确地把接触控制作为健康监护的第一大内容。

化工健康监护通过接触监测实行接触评定,对职业危害因素的接触水平、变化趋势及其危险性作出估测、评价和预报,进而指导工程控制和个体防护,达到控制接触的目的。监测的主要手段有区域监测、个体外剂量监测和接触史调查等。监测应以毒物登记为基础确定主要品种。区域监测应定点定期实行,并按规范的方法采样和分析,其数据主要用于劳动环境评定。劳动环境评定结果能大致反映职业危害因素接触状况,但作业工时组合的复杂性造成劳动环境评定的局限性。为了进一步了解工人的接触水平,指导合理的劳动工时组合,化工健康监护增加了个体接触评定和群体接触评定的内容。个体外剂量监测和接触史调查为进行个体接触评定进而进行群体接触评定提供数据。就目前无条件进行个体监测的现状,建立了从区域监测数据推算个体接触量的可行方法。

三、接触评定的模式和理论基础

接触评定分为劳动环境评定、个体接触评定和群体接触评定,它们相互补充,逐步深化,以达到健康监护接触控制对于评定的要求^[1]。

劳动环境评定是最基本的接触评定。它依据对劳动环境中存在的主要尘毒或其它职业危害因素的定点定期区域监测资料,并主要根据监测点的合格率水平确定劳动环境评定等级。这种评定方法已在化工系统实行多年,其优点在于不仅能分别评定单个危害因素,而且能对存在多种危害因素的劳动环境进行综合评定。评定中应先确定每个点的样品合格率,即样品测试结果达到或低于国家车间卫生标准(MAC)的百分比,然后,以样品合格率75%及以上为合格点,进而计算点合格率,并按点合格率划分评定等级。考虑到监测点的比例和样品数对合格率的影响,除了统一监测点选定原则和监测周期之外,增加了监测率的统

计要求,并以监测率80%以上作为评定的条件。为了补充以上合格计数评定的不足,还要求同时计算样品测试结果的范围(最低值和最高值)和平均值,并以最高值超标50倍、平均值超标10倍以上对评定等级作修正。考虑到测试数据的正态性不好,在算术均值的基础上增加了计算几何均值,并以此作为接触量计算的基础资料。

个体接触评定要求每年对每个作业人员接触的主要职业危害因素(一般以3个为限)逐个计算其个体年接触量,然后确定其个体接触是否合格,并在若干年限后计算其累积接触量。个体接触评定结果作为个体健康评定和群体接触评定的依据。

个体年接触量,用一年内个体接触的时间加权平均浓度(强度)与年相乘来表示。

在毒理学上浓度与时间的乘积代表有效剂量 $D = f(CT)$ 。对于蓄积性毒物,暴露时间的延长意味着毒物蓄积量的增加;而对于非蓄积性毒物(如刺激性气体)、粉尘或其它因素,由于存在着功能蓄积(即损害作用的累积),暴露时间的延长意味着总的接触量的增加。为了避免计算有效剂量时确定系数 f (它涉及个体的呼吸与循环参数)的麻烦,采用接触浓度(强度)与接触时间的乘积代表接触量是可取的。职业性接触是以班作业形式(一般单位为8小时)周期性间断进行的。个体在单班作业中所接触的职业危害因素的浓度(强度)往往是不稳定的,描述班作业浓度(强度)的较好方法是时间加权平均法。采用个体外剂量监测设备能直接获得个体在单班作业的时间加权平均浓度(强度)。通过定期个体监测数据处理,可以获得个体一年中单班作业时间加权平均浓度(强度)的平均值,并将此看作全年职业接触的平均浓度(强度)。如果以年为时间单位,此浓度(强度)与年的乘积就代表个体年接触量。其单位对尘、毒物为 $mg/m^3 \cdot \text{年}$,对噪声为 $dB(A) \cdot \text{年}$ 。这种表示方法的优点之一在于当计算某个体工作若干年限的累积接触量时,只需将相应各年的年接触量相加即得,从而为健康监护评价进行剂量反应关系分析提供了方便。这种表示方法的另一优点在于接触量的时间单位为年,年接触量中的时间数值为1,因此,年接触量的数值即等于其中浓度(强度)的数值。其意义为个体的年接触量可以其全年平均的单班作业时间加权平均浓度(强度)来表示。换言之,可以个体年接触量的数值代表其接触的时间加权平均浓度(强度),进行合格个体接触判定。凡此值达到或低于接触阈值(TLV)者视为合格个体接触。

在个体接触评定的基础上进行群体接触评定。主要包括确定接触与评定人数,计算平均年接触量、个体接触合格率和群体接触指数等,群体接触评定使接触评定工作更趋全面完整。

平均年接触量 即群体所有个体年接触量的算术平均值,可以全部个体年接触量之和除以群体接触评定人数算得 $\bar{D} = \sum D_i / n$ 。式中 D_i 为各个体的年接触量 $D_i = C_i \cdot \text{年}$, n 为个体数。代入上式,并令 $\sum C_i / n = \bar{C}$ 有

$$\bar{D} = \sum (C_i \cdot \text{年}) / n = (\sum C_i / n) \cdot \text{年} = \bar{C} \cdot \text{年}$$

因此,平均年接触量实际上表示一个群体全年单班作业接触浓度的平均水平。

个体接触合格率 群体中合格接触个体数占全部接触评定人数的百分比。主要依据合格率水平确定群体接触评定等级。考虑到采样人数比例对合格率的影响,统一规定了采样人数比例要求,并作为评定等级修正的依据。为了补充合格计数判定的不足,还以相应群体的平均年接触量超标(参考TLV)情况修正评定等级。

群体接触指数 当群体(个体)同时接触两个或两个以上职业危害因素时显然应考虑其联合作用,特别是毒物的化学性相互作用。后者主要包括:增强作用、相加作用、无关作用、拮抗作用和交叉耐受作用。对于大量的化学物进行复杂的相互联合毒性实验在实践中有很大的困难,而已有的不少实验研究表明在多数情况下两种或两种以上化学物的联合毒性以相加作用为主。ACGIH 制定混合接触阈限值的思想方法值得借鉴^[5]。他们认为当两个或两个以上的有害物质同时存在时,首先必须考虑的是它们的联合作用,而不是各自的单独作用。在不具有相反资料的情况下,各种有害作用都应看作是相加作用。假如各化学物浓度(C_i)与相应TLV(T_i)的比值之总和($\sum C_i / T_i$)大于1,则认为混合物的浓度是超限了。据此,化工健康监护采用群体接触指数来评价多种因素接触的联合危害性。考虑到TLV-TWA是根据每日8小时每周40小时接触制定的,Brief 和 Scala 提出应按实际作业工时制度对TLV进行修正 $RF = (8/h) \cdot [(24-h)/16]$ ^[6]。为简便,化工健康监护将对TLV的修正改为对接触指数的修正。因此,群体接触指数计算公式为 $PI = 100f \cdot \sum (C_i / T_i)$ 。式中 C_i 为群体接触的各种尘毒物的平均年接触量数值(代表相应的时间加权平均浓度), T_i 为相应尘毒物的接触阈限值(TLV-TWA), f 为工时修正系数 $f = (h/8) \cdot [(16/(24-h))]$,其中 h 为每天单班作业工时数,当8小时工作时, $f = 1$ 。正常情

健康监护报告K2（接触控制）—1986年

群 体 职 业 性	名 称	危 害 因 素	区 域 监 测			测 果	群 体 接 触 评 定																			
			年 次	实 测 点	监 测 点		监 测 结 果	卫生 标准 (MAC)	合 格 样 品 数	合 格 样 品 率 %	合 格 点 数	合 格 率 %	评 定 等 级	人 数	平 均 年 接 触 量	阈 限 值 (TLV)	合 格 个 体 数	个 体 合 格 率 %	评 定 等 级							
																				应 测 点	实 测 样 品 数	监 测 样 品 数	监 测 率 %			
名 称	CC 码	危 害 因 素	年 次	实 测 点	监 测 点	监 测 结 果	卫生 标准 (MAC)	合 格 样 品 数	合 格 样 品 率 %	合 格 点 数	合 格 率 %	评 定 等 级	人 数	平 均 年 接 触 量	阈 限 值 (TLV)	合 格 个 体 数	个 体 合 格 率 %	评 定 等 级								
11 工段	011.2	铅尘	6	3	3	100.0	18	25	144.4	0.010	33.420	0.362	4.868	0.050	10	38.5	0	0.0	4	25	0.287	0.150	0	0.0	4	191.0
12 工段	036	六价铬化物	12	2	2	100.0	24	15	62.5	0.017	2.250	0.100	0.376	0.050	1	6.7	0	0.0	4	25	0.096	0.050	0	0.0	4	191.6
11 工段	011.1	铅烟	6	3	3	100.0	18	24	133.3	0.010	0.998	0.036	0.117	0.030	12	50.0	1	33.3	4	15	0.035	0.150	15	100.0	1	23.4
12 工段	362	氮氧化物	4	3	3	100.0	12	12	100.0	0.039	7.193	0.261	0.756	5.000	11	91.7	3	100.0	1	15	0.244	6.000	14	93.3	2	4.1
15 工段	011.2	铅尘	6	3	3	100.0	18	13	72.2	0.010	1.108	0.050	0.250	0.050	7	53.8	0	0.0	4	9	0.051	0.150	9	100.0	2	33.7
16 工段	036	六价铬化物	12	2	2	100.0	24	6	25.0	0.033	0.050	0.044	0.045	0.050	2	33.3	0	0.0	4	8	0.045	0.150	7	87.5	3	89.8
11 车间	011.1	铅烟	6	3	3	100.0	18	24	133.3	0.010	0.998	0.036	0.117	0.030	12	50.0	1	33.3	4	15	0.035	0.150	15	100.0	1	23.4
11 车间	011.2	铅尘	6	6	6	100.0	36	39	108.3	0.010	33.420	0.166	3.329	0.050	17	43.6	0	0.0	4	34	0.224	0.150	9	26.5	4	149.4
11 车间	036	六价铬化物	12	4	4	100.0	48	21	43.8	0.017	2.250	0.079	0.281	0.050	3	14.3	0	0.0	4	33	0.084	0.050	7	21.2	4	167.0
11 车间	362	氮氧化物	12	3	3	100.0	12	12	100.0	0.039	7.190	0.261	0.756	5.000	11	91.7	3	100.0	1	15	0.244	6.000	14	93.3	2	4.1
23 工段	011.1	铅烟	6	5	5	100.0	30	22	73.3	0.010	0.883	0.050	0.116	0.030	8	36.4	1	20.0	4	49	0.056	0.150	47	95.9	2	37.2
23 工段	036	六价铬化物	12	5	5	100.0	60	20	33.3	0.010	0.410	0.039	0.067	0.050	10	50.0	2	40.0	4	49	0.043	0.050	45	91.8	3	85.2
24 工段	011.1	铅烟	6	4	4	100.0	24	22	91.7	0.009	0.576	0.034	0.092	0.030	11	50.0	1	25.0	4	9	0.033	0.150	9	100.0	1	21.7
2 车间	036	六价铬化物	12	3	3	100.0	36	10	27.8	0.008	0.270	0.046	0.073	0.050	4	40.0	0	0.0	4	9	0.048	0.050	8	88.9	3	96.6
2 车间	011.1	铅烟	6	9	9	100.0	54	44	81.5	0.009	0.880	0.041	0.104	0.030	19	43.2	2	22.2	4	58	0.052	0.150	56	96.6	1	34.8
12 车间	036	六价铬化物	12	8	8	100.0	96	30	31.3	0.008	0.410	0.041	0.069	0.050	14	46.7	2	25.0	4	58	0.044	0.050	53	91.4	3	87.0
全厂合计	011.1	铅烟	6	12	12	100.0	72	68	94.4	0.009	0.998	0.039	0.109	0.030	31	45.6	3	25.0	4	73	0.049	0.150	71	97.3	1	32.5
全厂合计	011.2	铅尘	6	6	6	100.0	36	39	108.3	0.010	33.420	0.166	3.329	0.050	17	43.6	0	0.0	4	34	0.224	0.150	9	26.5	4	149.4
全厂合计	036	六价铬化物	12	12	12	100.0	144	51	35.4	0.008	2.250	0.054	0.156	0.050	17	33.3	2	16.7	4	91	0.058	0.050	60	65.9	4	116.0
全厂合计	362	氮氧化物	4	3	3	100.0	12	12	100.0	0.039	7.190	0.261	0.756	5.000	11	91.7	3	100.0	1	15	0.244	6.000	14	93.3	2	4.1
11 工段	> 010	合计	5	5	100.0	42	41	97.6							11	26.8	0	0.0	4	25			0	0.0	4	382.6
12 工段	> 010	合计	6	6	100.0	30	36	120.0							23	63.9	4	66.7	3	15			14	93.3	2	27.5
15 工段	> 010	合计	3	3	100.0	18	13	72.2							7	53.8	0	0.0	4	9			9	100.0	2	33.7
16 工段	> 010	合计	2	2	100.0	24	6	25.0							2	33.3	0	0.0	4	8			7	87.5	3	89.8
21 车间	> 010	合计	16	16	100.0	114	96	84.2							43	44.8	4	25.0	4	57			30	52.6	4	193.0
23 工段	> 010	合计	10	10	100.0	90	42	46.7							18	42.9	3	30.0	4	49			0	0.0	4	122.4
2 车间	> 010	合计	7	7	100.0	63	32	53.3							15	46.9	1	14.3	4	9			0	0.0	4	118.3
2 车间	> 010	合计	17	17	100.0	150	71	49.3							33	44.6	4	23.5	4	58			0	0.0	4	121.8
全厂合计	> 010	合计	33	33	100.0	264	170	64.4							76	44.7	8	24.2	4	115			30	26.1	4	157.1

企业编号〔3100 0012〕

日期: 1987年10月16日

第2万

况下,PI应在100以下,当PI值大于100时,认为群体接触超过阈值。应该指出,当有足够资料表明某两个(或以上)毒物的相互作用呈无关作用(即联合产生的作用与其中毒性效应最强的成分所起的作用相等,而其他所有成分与该成分之间却不发生相加、增强或减弱的作用)时,则必须当 C_1/T_1 或 C_2/T_2 ...中至少有一项的比值大于1,才可以认为是超限。

四、应用举例

某涂料化工厂1、2车间生产铬黄等颜料,主要接触铅烟、铅尘、六价铬化合物和氮氧化物等毒物,涉及六个工段的115名工人。按化工健康监护接触控制的要求,对1986年区域监测资料进行处理得到表1的左半部分。以点合格率判定劳动环境等级(85%以上为1级、70~85%为2级、50~70%为3级、50%以下为4级),全厂各车间工段的铅、铬作业点均为4级(差),而氮氧化物作业点为1级(优)。综合评定结果除1车间2工段劳动环境为3级(中)外,余均4级(差)。表明该厂劳动环境亟待治理,铅烟、铅尘和铬化合物均为重点,工厂领导对这一结论感到重点太多,无从下手。

进一步按接触控制要求对两个车间接毒工人逐个进行个体接触评定,并进而作群体接触评定,结果示于表1右半部分。以个体合格率判定群体接触等级(95%以上为1级、80~95%为2级、60~80%为3级、60%以下为4级),除1车间1工段铅作业为4级(差)外,余均在中上水平。1车间2工段和2车间4工段的铅烟作业甚至达到1级(优)的水平。这主要由于劳动工时组合和工人接触频度等因素造成,虽劳动环境中毒物浓度高,而工人实际接触却甚轻。联系

医学检查资料,发现这些群体的铅中毒发病很少也可证明。为观察某些工人同时接触两种以上毒物的联合影响,可参见群体接触指数(PI)。表1下半部分示1车间1工段的PI最大,为382.6(表明按毒物相加作用计算接触量超过标准近3倍),而其余工段均无显著超标。

综合以上评定结果,可以认为该厂1、2车间毒物危害主要是铅尘和铬化合物,应以1车间1工段作为防治重点。以上报告通知厂方后,厂长认为防有方向、治有重点,确实能促进工程控制。由于化工健康监护试点工作时间较短,剂量-反应关系分析和纵向观察研究正在进行中。

(作者系化工部健康监护技术指导组成员)

参考文献

1. 化工健康监护技术规定(试行). 化工劳动卫生通讯 1988, (2): 1.
2. 马洪年. 职业健康监护的由来及设想. 化工劳动保护(工卫与职业病分册) 1988, 9(4): 22.
3. Langer, RR et al. Two methods for establishing industrial hygiene priorities. Am Ind Hyg Assoc J 1979; 40(12): 1039.
4. Yodaiken, RE. Surveillance, Monitoring and Regulatory Concerns. J Occup Med 1986; 28(8): 569.
5. ACGIH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold Limit Values. Cincinnati, Ohio. 1976.
6. Brief, RC and Scala, RA. Occupational exposure limits for novel work schedules. Am Ind Hyg Assoc J 1975; 36: 467.

新书《职业性及环境性皮肤病——临床与防治》出版

本书由上海医科大学皮肤病学研究所王侠生、上海市劳动卫生职业病防治研究所皮肤科夏宝凤及上海第二医科大学瑞金医院皮肤科罗邦国合编,杨国亮教授审校。全书共11章,除介绍有关职业性皮肤病发病情况、病因、临床表现、诊断和防治的基本理论和技术外,着重从临床角度介绍与职业性、环境性危害因素有关的皮肤病。可供职业病科、皮肤科临床医师、预防医学工作者及厂矿医务人员参考。

本书由上海科技文献出版社出版。全书约20万字。1989年第三季度出版,由新华书店发行。书价约3元。需要者请向各地新华书店订购。

(上接第21页)

- diamine oxidase activity. Clin. Chem. 1970; 16(1): 503.
4. Hathaway JA. Trinitrotoluene: A review of reported dose-related effects providing documentation for a workplace standard. JOM. 1977; 19(5): 341.
 5. 山田钦 ほか实验的细胞障害の程度と血清LDH isozyme実との关連について. 生物物理化学 1968; 13: 111.
 6. 大平一郎, ほかこて血清LDHアイソザイムを利用した酵素の细胞外への逸脱机构に関する研究(第一报). 生物物理化学 1968; 13: 242.
 7. 铃木宏, ほか. 织田敏次血清酵素 isozyme の临床的意义. 综合临床. 1972; 21: 829.