DOI:10.16016/j.1000-5404.1983.01.001

用红外光谱研究电负性

Ⅱ.有机磷化合物 $\begin{matrix}X\\Y\end{matrix}\!\!>\!P\!<\!\!\begin{matrix}S\\Z\end{matrix}$ 中 P=S 频率与取代基电负性的关系*

化学教研室 李文津 袁汉杰

众多的有机磷化合物（例如磷酸酯或硫代磷酸酯等）均可用作毒剂或农药，因此有关P=O及P=S的结构与红外谱带相互联系的研究，不论从理论上或从实践上讲都有其重要的意义。前文[1]我们曾经对有机磷化合物 $\begin{matrix}X\\Y\end{matrix}\!\!>\!P\!<\!\!\begin{matrix}O\\Z\end{matrix}$ $\upsilon_{P=O}$ 与取代基电负性和 $\Sigma n^*/r^*$ 的关系作了报导，本文再就 $\upsilon_{P=S}$ 与取代基电负性和 $\Sigma n^*/r^*$ 的关系作一探讨。

关于硫磷键的红外光谱数据已积累了很多，Попов[2]指出：P=S频率在540—750cm^{-1}范围内变动。Chittenden等[3]则认为P=S键有两个特征吸收带，不同类型分子的P=S频率在685—862cm^{-1}（谱带Ⅰ）和550—750cm^{-1}（谱带Ⅱ）范围内变动。Thomas[4]指出：P=S的振动频率受连到磷原子上取代基电负性和的影响。陈文驹[5]认为：P=S的频率位移不仅与取代基（X、Y、Z）的电负性（n/r或n^*/r^*）有关，而且与同磷原子直接相连的原子的电子构型有关，因此，P=S的红外吸收频率与三个取代基电负性和ΣX的线性关系不能用单一直线表示，并根据同磷原子直接相连的原子的电子构型的不同分为四种类型：（Ⅰ）类分子为与P=S键直接相连的三原子都是第三或第四周期的原子，如硫、氯、溴等；（Ⅱ）类分子为与P=S键直接相连的三原子中有二个是第三或第四周期的原子，另一个是第二周期的原子；（Ⅲ）类分子为与P=S键直接相连的三原子中只有一个是第三或第四周期的原子，另二个是第二周期的原子；（Ⅳ）类分子为与P=S键直接相连的三原子都是第二周期的原子。

我们根据已发表的（包括我们自己测量的少量数据）有关P=S频率（Ⅱ谱带）的数据，按照上述分类法，采用袁汉杰[6]所求出的各种基团的电负性，用以研究P=S键的频率位移与电负性的关系。应用回归分析法处理（Ⅰ）、（Ⅱ）、（Ⅲ）和（Ⅳ）类分子的$\upsilon_{P=S}$值，分别得到以下四个方程式：

（Ⅰ）类分子 $\upsilon_{P=S}\times10^{-2}=0.1915\,\Sigma n^*/r^*+3.523$……（1）

（Ⅱ）类分子 $\upsilon_{P=S}\times10^{-2}=0.1485\,\Sigma n^*/r^*+3.704$……（2）

（Ⅲ）类分子 $\upsilon_{P=S}\times10^{-2}=0.1190\,\Sigma n^*/r^*+3.792$……（3）

（Ⅳ）类分子 $\upsilon_{P=S}\times10^{-2}=0.1016\,\Sigma n^*/r^*+3.873$……（4）

* 本文曾于1982年10月在成都召开的四川省化学化工学会第二次代表大会学术交流会上宣读

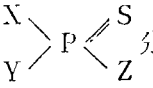
?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

至于P = S键的第Ⅰ谱带区的振动频率，因为数据较少不能作全面的分析，但仅就第（Ⅲ）和第（Ⅳ）类分子而言，其$\upsilon_{P=S}$值与电负性和$\Sigma n^*/r^*$（或$\Sigma n/r$）也明显的存在线性关系：

（Ⅲ）类分子　　$\upsilon_{P=S}\times10^{-2}=0.06979\Sigma n^*/r^*+6.590$……（5）

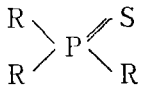
（Ⅳ）类分子　　$\upsilon_{P=S}\times10^{-2}=0.08893\Sigma n^*/r^*+6.065$……（6）

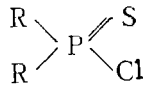
根据（1）至（4）式的计算结果表明：$\upsilon_{P=S}$的计算值与实验值基本吻合。若已知某一化合物的$\upsilon_{P=S}$值，利用（1）、（2）、（3）和（4）式就可求得取代基的电负性(n/r或n*/r*)。同一基团，根据不同化合物以及应用不同方程式所得出的n/r（或n*/r*）比值不完全相符，故须取其平均值。表1列出了有机磷化合物的P = S频率$\upsilon_{P=S}$，据此求得的n/r（或n*/r*）值列于表2中。基团电负性的计算值与袁汉杰方法[6]的计算值以及其他文献值比较大都相近（见表2）。

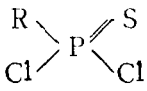
将分子中的P = S频率$\upsilon_{P=S}\times10^{-2}$对$\Sigma n/r$（或$\Sigma n^*/r^*$）作图则得到图1。由图1可见它们都很好的满足（1）、（2）、（3）和（4）的关系，而且在同一$\Sigma n/r$（或$\Sigma n^*/r^*$）的条件下，（Ⅰ）类分子的$\upsilon_{P=S}$值高于（Ⅱ）类分子，（Ⅱ）类高于（Ⅲ）类，（Ⅲ）类高于（Ⅳ）类。图中的四条直线的延长线仍可交于一点。张正斌[7]认为四条直线交于一点，其截距相同。但图1表明，四条直线虽交于一点但其截距并不相等。

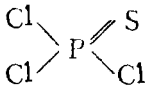
讨　论

一、众所周知，分子内各功能基的振动，不是完全孤立的，而是受分子内其他部分（内部因素）的影响。内部因素主要是结构因素，如诱导效应、共轭效应和场效应等。功能基P = S的振动频率$\upsilon_{P=S}$随X、Y和Z的电负性的大小而改变的现象就是一种诱导效应，即吸电子诱导效应-I使频率向高波数方向移动；斥电子诱导效应+I使频率向低波数方向移动。例如：

　535——558　cm^{-1}

　597　cm^{-1}

　660——665　cm^{-1}

　748　cm^{-1}

由此可见，取代基电负性不同，将引起P = S的$\upsilon_{P=S}$移位，这种移位主要是由于取代基的诱导效应对P = S的影响，致使键力常数发生变化而引起的。根据谐振子模型可知：在

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$\begin{matrix}X\\Y\end{matrix}\!\!\rangle P\!\!\langle\!\!\begin{matrix}S\\Z\end{matrix}$ 型分子中，功能基P = S的振动吸收谱带出现的位置$\upsilon(cm^{-1})$，主要取决于成键原子的键力常数，即键力常数愈大，$\upsilon_{P=S}$也愈大，而键力常数则随着成键原子的电负性的增大而增大。所以P = S键的$\upsilon_{P=S}$值与取代基电负性和$\Sigma n/r$（或$\Sigma n^*/r^*$）之间也必然存在着定量的线性关系。

二、陈文驹[5]曾指出：$\upsilon_{P=S}$不仅与取代基电负性和有关，而且与功能基中和磷原子直接相连的原子种类、数目及其在周期表中的位置有关，但是没有作定量讨论。张正斌[7]根据实验数据点重新作图得到了四条新的直线，用下式表示：

$$[\upsilon_{P=S}]_n = a_n \Sigma X + b_n$$

他认为四条直线的截距b_n值相同，但是并未列出a_n和b_n的具体数值。我们应用回归分析法对实验数据进行处理，得到了四个方程式，并有不同的a_n和b_n值，这就说明它们的截距并不相等。

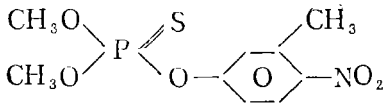
若以 $\begin{matrix}X\\Y\end{matrix}\!\!\rangle P\!\!\langle\!\!\begin{matrix}S\\Z\end{matrix}$ 分子的P = S频率$\upsilon_{P=S}\times10^{-2}$对$\Sigma n^*/r^*$（或$\Sigma n/r$）作图则得图1。图1所示四条直线的斜率各不相同，这就表明影响P = S键频率位移的因素，除取代基的电负性外，还与功能基P = S中与磷原子直接相连的原子的种类、数目及其在周期表中的位置有关。正如前文[1]所述，这种效应既不是质量效应（实验证明：只有一端与分子的其他部分联接的多重键的振动是不受取代基质量改变的影响），也不是共轭效应（因为存在共轭效应的条件是参与作用的各键必须处于同一平面上，所以在非平面的 $\begin{matrix}X\\Y\end{matrix}\!\!\rangle P\!\!\langle\!\!\begin{matrix}S\\Z\end{matrix}$ 型化合物中的P = S基团频率很少受共轭效应的影响），而是另外一种新的效应，关于这种效应的起因则还有待进一步探讨。

三、在周期表中，硫与氧同属Ⅵ类元素，因此可以预期$\upsilon_{P=S}$与$\Sigma n^*/r^*$的关系必然类似于$\upsilon_{P=O}$与$\Sigma n^*/r^*$的关系，这与本文的结果完全相符，但是也应该看到O是第二周期的元素，S是第三周期的元素，它们具有不同的电子构型，因此P = S和P = O的差异也是肯定存在的，例如：（1）在P = O键中，$\upsilon_{P=O}$受-OH或$-NH_2$、-NHR基的影响比较大，而在P = S键中，$\upsilon_{P=S}$不受-OH、$-NH_2$、-NHR基团的影响。因此，根据本文的方程式计算所得-OH的电负性值为X_{OH} = 3.59与袁汉杰[6]电负性值（3.58）非常接近。

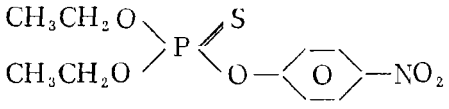
（2）Thomas[4]在分析了250种有机磷化合物的$\upsilon_{P=O}$后指出，P = O的特征吸收谱带出现在1175—1350cm^{-1}这一范围内，而且只有一个谱带区。但Chittenden等[3]则指出：P = S键的特征吸收为两个谱带区。我们测试的几个样品也发现有两个谱带，例如：

结构式	$\upsilon_{P=S}$（Ⅰ）	υ_{P-S}（Ⅱ）
$(CH_3O)_2P(=S)SCH_2CONCH_3$	825 cm^{-1}	658 cm^{-1}
$(CH_3O)_2P(=S)CH(COOC_2H_5)CH_2COOC_2H_5$	820 cm^{-1}	650 cm^{-1}

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



822 cm^{-1} 634cm^{-1}



818 cm^{-1} 640cm^{-1}

由于已发表的数据多为Ⅱ谱带（低频带），本文采用的数据都是Ⅱ谱带的数据。我们对Chittenden等[3]提出的Ⅰ谱带(高频带)的部分数据也进行了计算（Ⅲ类分子和Ⅳ类分子），结果表明$\upsilon_{P=S}$与取代基电负性和$\Sigma n/r$（或$\Sigma n^*/r^*$）也存在线性关系，同时还表明与磷原子直接相连的原子的电子构型也有关系，即在同一$\Sigma n/r$（或$\Sigma n^*/r^*$）值的条件下，（Ⅲ）类分子的$\upsilon_{P=S}$值高于（Ⅳ）类分子，与Ⅱ谱带的情况一致。

四、分子内各功能基的振动受多种条件的影响，除去基团的电负性、原子的电子构型外，还受测试条件等外界因素的影响，如样品状态（气、液、固）、溶剂效应等的影响。就同一化合物而言，气态时，P = S伸展振动吸收频率最高，非极性溶剂的稀溶液次之，而液态或固态的吸收频率最低。由于上述种种因素的影响，P = S的特征吸收谱带不出现在单一频率上，而在一定的范围内。Попов[2]认为P = S频率在540—750cm^{-1}范围内变动。本文计算结果为548—757cm^{-1}，彼此吻合。

影响P = S频率移位的因素较多，这也是使实验值与计算值产生偏差的重要原因。即使如此，却仍然可以看出$\upsilon_{P=S}$依赖于$\Sigma n/r$（或$\Sigma n^*/r^*$）的关系明显存在，因此，既可应用红外光谱法测求有机基团的电负性，也可运用这种关系估算有机化合物中某些功能基的特征吸收频率。

结　论

一、根据我们的计算，有机磷化合物中P = S的特征吸收带（Ⅱ谱带）在548—757cm^{-1}范围内变动，与文献值一致。

二、本文找到了$\upsilon_{P=S}$与取代基电负性之间的定量计算式：

$$\upsilon_{P=S}\times 10^{-2} = a\Sigma n^*/r^* + b$$

式中a、b为常数，其值与直接连结磷原子的原子的种类、数目及其周期表中的位置有关。

分子的类型	a	b
（Ⅰ）类分子	0.1915	3.523
（Ⅱ）类分子	0.1485	3.704
（Ⅲ）类分子	0.1190	3.792
（Ⅳ）类分子	0.1016	3.873

三、以上方程式，可用于计算有机基团的电负性n/r（或n^*/r^*）；也可用于估算有机化合物中某些功能基的特征吸收频率。

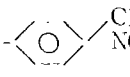
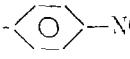
四、在P = S键中，$\upsilon_{P=S}$不受-OH、-NH_2、-NHR等基团的影响，即在此类分子中无氢键形成。

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表1 有机磷化合物 $\left(\begin{matrix}X\\Y\end{matrix}\right)P\left\langle\begin{matrix}S\\Z\end{matrix}\right.$ 中的P=S振动频率*

分子类型	取代基			电负性和	$\nu_{P=S}$ cm^{-1}		偏差
	X	Y	Z	$\Sigma n^*/r^*$	实验值	计算值	$\Delta\nu_{P=S}$
(I)	Cl	Cl	Cl	21.12	748[a]	757	−9
					753[a]		−4
					750[b]		−7
	Cl	Cl	Br	20.21	743[a]	739	+4
	Cl	Br	Br	19.30	729[a]	722	+7
	Br	Br	Br	18.39	718[a]	704	+14
	SCH_3	SCH_3	SCH_3	17.52	685[a]	688	−3
	SC_3H_7	SC_3H_7	SC_3H_7	17.51	685[a]	688	−3
	SC_2H_5	SC_2H_5	SC_2H_5	17.51	685[a]	688	−3
	SC_2H_5	SC_2H_5	SCH_3	17.51	685[a]	688	−3
					687[c]		−1
	SC_4H_9-i	SCH_3	SCH_3	17.51	685[a]	688	−3
	SC_3H_7-i	SC_3H_7-i	SC_3H_7-i	17.51	685[a]	688	−3
	SC_4H_9	SC_4H_9	SC_4H_9	17.51	685[a]	688	−3
	SCH_3	SC_3H_7-i	SC_3H_7-i	17.51	685[a]	688	−3
(I)	Cl	Cl	F	23.80	737[a]	723	+14
	Cl	Br	F	22.98	729[a]	710	+19
	Br	Br	F	21.98	713[a]	696	+17
	Cl	Cl	OCH_3	22.75	700[a]	708	−8
	Cl	Cl	OC_2H_5	22.74	700[a]	708	−8
					697[b]		−11
	Cl	Cl	OC_3H_7	22.74	694[a]	708	−14
	Cl	Cl	$N(C_2H_5)_2$	21.28	671[a]	686	−15
	Cl	Cl	$N(CH_3)_2$	21.28	670[a]	686	−16
	Cl	Cl	CH_3	19.38	664[a]	658	+6
	Cl	Cl	C_2H_5	19.34	665[a]	657	+8
	Cl	Cl	C_3H_7	19.34	660[a]	657	+3
(III)	Cl	F	F	26.48	729[a]	694	+35
	Br	F	F	25.57	711[a]	683	+28
	Cl	OCH_3	OCH_3	24.37	660[a,d]	669	−9
	Cl	OC_2H_5	OC_2H_5	24.36	660[a]	669	−9
	Cl	OC_3H_7	OC_3H_7	24.36	665[a]	669	−1
	Cl	OC_3H_7-i	OC_3H_7-i	24.35	656[a,d]	669	−13
	Cl	OC_4H_9	OC_4H_9	24.36	667[a]	669	−2
	Cl	OC_2H_5	$N(C_2H_5)_2$	22.86	638[a]	651	−13
	SCH_3	OCH_3	OCH_3	23.17	660[a]	655	+5
	SC_2H_5	OC_2H_5	OC_2H_5	23.16	655[a]	655	0
	SH	OCH_3	OCH_3	22.98	658[a]	653	+5

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

	SH	OC_2H_5	OC_2H_5	22.97	658[a]	653	+ 5
	SH	OC_3H_7	OC_3H_7	22.97	658[a]	653	+ 5
	SH	$OC_3H_7^{-i}$	$OC_3H_7^{-i}$	22.96	656[a]	652	+ 4
	SH	OC_4H_9	OC_4H_9	22.97	658[a]	653	+ 5
	Cl	OCH_3	CH_3	21.00	626[a,d]	629	− 9
	Cl	OC_2H_5	CH_3	21.00	625[a]	629	− 4
	Cl	$OC_3H_7^{-i}$	CH_3	21.00	629[a]	629	0
	$SCH_2CH_2SC_2H_5$	OC_2H_5	OC_2H_5	23.16	652[b]	655	− 3
	$SCH_2SC_3H_7$	OC_2H_5	OC_2H_5	23.16	655[d]	655	0
	$SCH_2CH_2SC_3H_7$	OC_2H_5	OC_2H_5	23.16	656[d]	655	+ 1
	SCH_2CONCH_3	OCH_3	OCH_3	23.17	658[f]	655	+ 3
	$S{-}CHCOOC_2H_5$ (with $CH_2COOC_2H_5$)	OCH_3	OCH_3	23.20	650[f]	655	− 5
	Cl	C_3H_7	C_3H_7	17.56	597[a]	588	+ 9
(Ⅳ)	F	F	F	29.16	695[a]	684	+ 11
	OCH_3	OCH_3	OCH_3	26.00	620[a]	652	− 32
					632[e]		− 20
	OC_2H_5	OC_2H_5	OC_2H_5	25.98	635[b]	652	− 17
	OCH_3	OCH_3	OH	25.88	655[e]	650	+ 5
	OCH_3	OCH_3	$NHCH_3$	24.49	635[d]	637	− 2
	OC_2H_5	OC_2H_5	$NHCH_3$	24.48	638[d]	637	+ 1
	OC_3H_7	OC_3H_7	$NHCH_3$	24.48	645[d]	637	+ 8
	OC_4H_9	OC_4H_9	$NHCH_3$	24.48	645[d]	637	+ 8
	$OC_3H_7^{-i}$	$OC_3H_7^{-i}$	$NHCH_3$	24.46	637[d]	637	0
	OCH_3	OCH_3 O- (CH_3, NO_2)		23.20	634[f]	624	+ 10
	OC_2H_5	OC_2H_5 O-		23.20	640[f]	624	+ 16
	CH_3	OCH_3	OH	22.51	610[e]	616	− 6
	OC_2H_5	OC_2H_5	C_2H_5	22.58	606[b]	617	− 11
	CH_3	CH_3	OH	19.14	584[e]	582	+ 2
	CH_3	CH_3	CH_3	15.98	558[a]	549	+ 9
	C_2H_5	C_2H_5	C_2H_5	15.78	535[a]	548	− 13

* 本表所采用的n^*/r^*比值引自文献[6]，表中的$\nu_{P=S}$ 指[illegible]为

a：文献[5]

b：Попов ЕМ и др：ЖОбщ Хим， 29,1998(1959)

c：Dolphin D and Wick A：“Tabulation of Infrared Spectral Data”，chap. 7,John Wiley and Sons Inc 1977

d：Маянц ЛС，Попов ЕМ и Кабачник МИ：Опт и спектр，7，170(1959)

e：文献[3]

f：自测

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表2　各原子或基团的电负性 (n/r或n*/r*)*

原子或基团	n/r(或n*/r*) 比值				平均值		文献值							
	方程(1)	方程(2)	方程(3)	方程(4)	n/r	X	X**	X袁	X高	X_H	X_B	X_C	X_D	X_W	其他
F	—	10.67	—	10.10	10.385	4.20	4.21	3.98	—	—	—	—	—	—	4.0[a], 4.1[b]
Cl	6.93	7.16	—	—	7.05	3.07	3.06	3.06	—	—	—	—	—	—	3.0[a], 2.83[b]
Br	6.37	6.49	—	—	6.43	2.86	2.79	2.75	—	—	—	—	—	—	2.8[a], 2.74[b]
CH_3	—	5.91	—	5.6	5.76	2.63	2.56	2.47	2.44	2.27	2.0	2.28	—	2.63	2.5[c], 2.4[d]
C_2H_5	—	5.98	—	4.85	5.42	2.51	2.52	2.46	—	2.28	2.0	2.29	—	—	
OCH_3	—	8.34	8.63	8.00	8.32	3.50	3.56	3.62	—	2.68	3.0	2.52	—	—	
OC_2H_5	—	8.24	8.62	8.13	8.33	3.50	3.55	3.62	—	2.53	3.0	2.44	—	—	
C_3H_7	—	5.64	5.63	—	5.64	2.59	—	2.46	—	—	—	—	—	—	
SCH_3	5.79	—	6.27	—	6.03	2.72	2.67	2.66	2.35	2.45	2.6	2.31	—	—	
SC_2H_5	5.79	—	5.85	—	5.82	2.65	2.67	2.66	—	—	2.6	—	—	—	
SC_3H_7	5.79	—	—	—	5.79	2.64	—	—	—	—	—	—	—	—	
$SC_3H_7^{-i}$	5.79	—	—	—	5.79	2.64	—	—	—	—	—	—	—	—	
SC_4H_9	5.79	—	—	—	5.79	2.64	—	—	—	—	—	—	—	—	
$SC_4H_9^{-i}$	5.79	—	—	—	5.79	2.64	—	—	—	—	—	—	—	—	
$N(CH_3)_2$	—	6.32	—	—	6.32	2.82	3.13	3.12	—	2.40	3.0	2.37	—	—	
$N(C_2H_5)_2$	—	6.38	6.05	—	6.22	2.78	—	3.12	—	2.36	3.0	2.34	—	—	
SH	—	—	6.13	—	6.13	2.75	—	2.6	2.34	2.35	—	—	2.45	2.61	
$NHCH_3$	—	—	—	8.46	8.46	3.55	2.85	3.10	—	2.45	3.0	2.4	—	—	
OC_3H_7	—	7.39	8.67	—	8.30	3.49	—	—	—	—	—	—	—	—	
$OC_3H_7^{-i}$	—	—	8.57	—	8.57	3.58	—	—	—	—	—	—	—	—	
OC_4H_9	—	—	8.73	—	8.73	3.64	—	—	—	—	—	—	—	—	
OH	—	—	—	8.58	8.58	3.59	2.55	3.58	—	—	—	—	—	—	

* 为了便于比较，按文献[6]的方法将n/r（或n*/r*）换算为X（Pauling电负性值）

X** 引自文献[1]

X袁引自文献[6]

X高引自高孟明：化学学报（增刊），257 (1981)

X_H引自Huheey JE: J Phys Chem, 69,3284(1965); 70,2086(1966)

X_B引自Bell JV et al: J Am Chem Soc, 76,5185(1954)

X_C引自Clifferd: J Chem Phys, 63,1227(1959)

X_D引自Dailey BD and Schooley JN: J Am Chem Soc, 77,3977(1955)

X_W引自Wilmshurst JK: J Chem Phys, 26,425(1957); 27,1129(1957); 28,733(1957)

a: Pauling L: J Am Chem Soc,54,3570(1932)

b: Allred A and Rochow EG: J Inorg Nucl Chem,5,261(1958)

c: Benrett FW et al: J Chem Soc,3598,(1954)

d: 张图义：化学学报，30,500(1964)

e: Mcdanied DH and Yingst A: J Am Chem Soc,86,1344(1964)

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

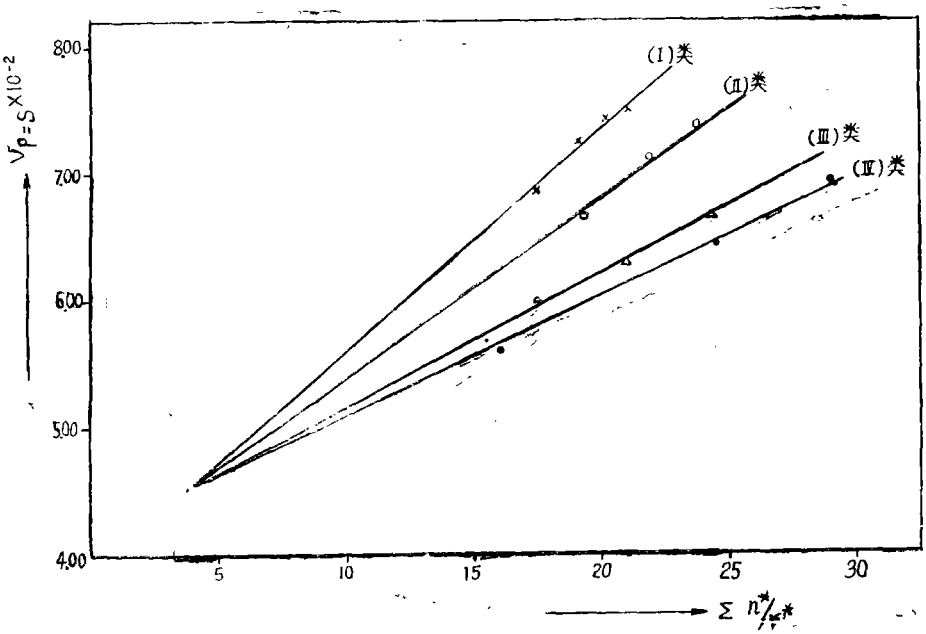


图1. 苯胺衍生物$\nu_{P=S}\times10^{-2}$（Ⅱ谱带）与Σn^*、π^*的关系

参 考 文 献

（1）曹汉杰、李文津：第三军医大学学报，1(2):21,1982

（2）Попов ЕМ:Усп Хим, 70:845,1961

（3）Chittenden RA and Thomas LC: Spectrochimica Acta, 20:1679,1964

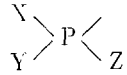
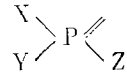
（4）Thomas LC: Chem and Ind, 7:198 1957

（5）陈文驹：化学学报，31:29 1965

（6）曹汉杰：化学学报，30:341,1964;31:536 1965

（7）张平斌：化学通报，1:9,1966

学 报 82 年 4 卷 2 期 勘 误 表

页	行	误	正
22	例4	4/3	3/4
25	倒10		
26	4	3.89	3.98
28	1	表3 与……的位置	表3 与……的位置对$\nu_{P=S}$的影响
29	倒2	83	23
30	8	81	86
	例3	[11]	[12]
31	倒6	0.2716	0.2176
	倒3	电负性或n/r	电负性n/r

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net