

氰化钾水溶液的辐解

Ⅱ. 用纸色层法测定 $K^{14}CN$ 溶液辐解产物的产额

戚生初 沈勤长 吴季兰

(北京大学技术物理系)

用纸色层法分离了 γ 辐照空气饱和的 $K^{14}CN$ 水溶液的辐解产物,得到了八个产物。以载体法成功地抑制了主要辐解产物在纸色层过程中的分解。根据 H_2O_2 浓度剂量曲线指示体系中氧浓度的变化,求得体系从有氧向缺氧过渡时产物谱的变化。当体系中含氧较充分时,纸色层法求得各别辐解产物的产额为: $R_f=0$ (未知物) $G(-CN^-)=0.17$,甘氨酸 $G(-CN^-)=0.06$; $R_f=0.21$ (未知物) $G(-CN^-)=0.08$,氰酸盐 $G(-CN^-)=0.06$;甲酰胺 $G(-CN^-)=0.07$; $R_f=0.67$ (未知物) $G(-CN^-)=0.03$,甲醛 $G(-CN^-)=0.08$; $R_f=0.84$ (未知物) $G(-CN^-)=0.05$ 。求得缺氧时各别辐解产物的产额为: $R_f=0$ (未知物) $G(-CN^-)=0.17$,甘氨酸 $G(-CN^-)=0.51$; $R_f=0.21$ (未知物) $G(-CN^-)=0.83$,氰酸盐 $G(-CN^-)=0.55$,甲酰胺 $G(-CN^-)=0.93$; $R_f=0.67$ (未知物) $G(-CN^-)=0.03$,甲醛 $G(-CN^-)=0.11$; $R_f=0.84$ (未知物) $G(-CN^-)=0.04$ 。以化学法测定了 $G(CO_3^{2-})=0.33$, CO_3^{2-} 的产额与体系中氧浓度的变化无关。

关键词 氰化物的辐解, 纸色层法, 氧效应, 甘氨酸, 甲酰胺及氰酸盐的生成。

Miller 和 Oro^[1]模拟古地球条件,由简单碳、氮化合物合成了生命物质分子并指出氰化氢是形成这些生命物质的重要中间物。其后,以电离辐射作为一种能源,对氰化氢在化学演化过程中的作用进行了许多研究。迄今,氰化物辐解研究主要集中在两个方面:(一)关于生命物质的形成^[2-8];(二)水辐解产物(e_{aq}^- , H和OH)与氰化物的反应机理和其自由基的衰变动力学^[9-15]。但对最终化学产物形成机理研究尚少,其机理仍不清楚。B.H.J. Bielski 和 A.O. Allen^[6]以 ^{60}Co γ 射线照射KCN水溶液测得了较多辐解产物的产额,并提出了以纸色层法来求得辐解产物谱,但他们并未解决主要辐解产物在纸色层过程中的分解,因此仍采用化学分析法或仪器分析法求得产物G值,其某些结果存在矛盾,令人怀疑,例如在充氮体系中, $G(NH_3)$ 与 $G(CNO^-)$ 和 $G(HCONH_2)$ 之间未得物料平衡,又未报道 $G(CO_3^{2-})$ 值。

本工作解决了纸色层过程中辐解产物的分解,求得了产物谱。借助于体系中产物 H_2O_2 浓度的变化,观测了有氧向缺氧连续转变过程中产物谱的变化。

1982年5月3日收到。

实 验 部 分

试剂 将分析纯 H_2SO_4 加入标记 K^{14}CN 溶液,进行两次蒸馏纯化。第一次蒸馏后,收集液用氢氧化钡处理过夜,以除去可能存在的碳酸盐。在第二次蒸馏前,用玻璃砂漏斗过滤,除去沉淀物。纯化过程均使用三次重蒸蒸馏水。辐照液及实验所用其它试剂和溶液制备与文献[16]相同。试样辐照同文献[16]。

分析 碳酸盐测定:在辐照试样中加入稳定 K_2CO_3 载体(约250mg),用过量 BaCl_2 沉淀 CO_3^{2-} 。沉淀过滤后,用 $\text{pH}\sim 10$ 的蒸馏水洗涤至洗出液的放射性不变(稍高于本底)。将沉淀物(连同滤纸)转入 CO_2 转化装置,用6N H_2SO_4 分解 BaCO_3 沉淀,用 NaOH 溶液作为 CO_2 吸收剂。为使分解完全,加热体系至沸腾,并用 N_2 清扫溶液和容器空间可能残留的 CO_2 。根据收集液的体积和测得的放射性,可求出 CO_3^{2-} 的产额。在分析试样同时需做未照试样的对照试验。

辐照试样用上述方法处理 CO_3^{2-} 沉淀后,将溶液进行纸色层分析,求得产物谱的总放射性,与未经处理者相符,表明 CO_3^{2-} 系辐解生成而非来自于沉淀过程中产物的转换所致。

H_2O_2 用硫酸亚铁法测定并与硫酸铈法^[13]进行比较。样品照射后,用一定量0.4M H_2SO_4 - 10^{-3}M FeSO_4 溶液处理,用分光光度法测定 Fe^{3+} 浓度。低浓 CN^- 离子存在并不影响测定,在实验条件下,没有发现 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 的特征吸收。

纸色层分离方法 将辐照的 K^{14}CN 溶液滴在杭州新华厂生产的色层滤纸($20\times 500\text{mm}$)上,用下行纸色层法分离,以正丁醇:醋酸:水=4:1:5混合液的上层有机相为展开剂(下层水相置于色层筒底部),得八个组分。展开时间约24小时。

产物鉴定 氰酸盐及甲酰胺:在相同条件下在纸上展开标准氰酸钾(或甲酰胺)和试样,用安替福民酚溶液显色(0.5g酚溶于15ml安替福民中),根据 R_f 值的一致性判定氰酸盐或甲酰胺存在。

甲醛:在碱性溶液中,甲醛以氰醇形式存在。将甲醛和 K^{14}CN 溶液混合制得的标记氰醇和辐照试样在相同条件下展开,比较 R_f 值以判定甲醛的存在。

$R_f=0.21$ 产物:试样经纸色层分离后,用 $\text{pH}\sim 11$ 蒸馏水将 $R_f=0.21$ 的产物从色层纸上洗下来进行分光光度测定,在波长248nm处有特征吸收。

甘氨酸:甘氨酸用三种方法鉴定。(1) ^{14}C 标记的标准甘氨酸和试样在相同条件下展开,比较 R_f 值;(2)用茚三酮试剂显色,比较标准甘氨酸和试样的 R_f 值;(3)用载体法鉴定,将稳定(非标记)的甘氨酸加到辐照液中,均匀混合后用乙醚和乙醇使甘氨酸从溶液中结晶,离心分离,取清液在色层纸上展开,则甘氨酸组分消失(或很弱)。

放射性测量 闪烁液由25ml甲醇、5ml乙二醇、220ml二氧六圆、1g PBD和15g 萘组成。为了定量测定放射性,样品在纸色层后在通风橱中抽干,再剪成 $10\times 20\text{mm}$ 的小纸条。将小纸条悬挂在测量瓶中,用滴管分别加上2滴闪烁液,以固定的几何位置测量。测量误差一般小于10%。

实验结果与讨论

1. 辐解产物谱及其测定

(1) 辐解产物的 R_f 值 用纸色层法分离 γ 辐照 $K^{14}CN$ 水溶液辐解产物, 可得八个产物, $6^\circ C$ 时其 R_f 值分别为 0, 0.1 ± 0.01 , 0.21 ± 0.01 , 0.38 ± 0.01 , 0.51 ± 0.01 , 0.67 ± 0.02 ,

表 1 γ 辐照空气饱和的 $10^{-3} M$ $K^{14}CN$ 溶液 (pH10.27) 时主要产物的 R_f 值

化合物	R_f 值
甘氨酸	0.1 ± 0.01
未知物 (在 248 nm 处有特征吸收)	0.21 ± 0.01
氰酸盐	0.38 ± 0.01
甲酰胺	0.51 ± 0.01
甲醛	0.75 ± 0.01

0.75 ± 0.01 及 0.84 ± 0.01 。 R_f 值随温度略有变化。主要辐解产物的鉴定结果列于表 1。在辐照体系中还检出了 CO_3^{2-} , 但没有发现 NO_2^- 和 NO_3^- 存在。

(2) 以载体法抑制产物在纸色层过程的分解 Bielski^[3] 和我们的工作均发现纸色层过程中发生主要辐解产物 ($HCONH_2$ 和 CNO^-) 的分解。为了避免由于这一原因引

起的实测 G 值偏低, 在点样位置上预先点加辐解产物的稳定载体。表 2 表明点加相应的稳定载体可抑制产物分解, 当点加甘氨酸、氰酸盐的量大于 $10 \mu g$, 甲酰胺载体的量大于 $30 \mu g$ 时, 测得各产物的放射性已达稳定。随着点加载体量的增加, 引起 $R_f=0$ 和 0.1 产物峰的重叠, 因此在实验点加载体量控制在甘氨酸 $40 \mu g$, 氰酸钾 $55 \mu g$, 甲酰胺 $36 \mu g$ 。表 2 结果和未辐照的 $K^{14}CN$ 溶液在载体存在时纸色层展开未测得产物谱的事实, 均证明点加的载体与辐解产物和 CN^- 之间没有同位素交换。

表 2 载体对纸色层过程中产物分解的影响

载体, μg	$R_f=0.1$ 峰的放射性, cpm	$R_f=0.21$ 峰的放射性, cpm	$R_f=0.38$ 峰的放射性, cpm	$R_f=0.51$ 峰的放射性, cpm	$R_f=0.67$ 峰的放射性 ^{a)} , cpm
未点加载体	253	485	737	1007	967
甲酰胺 45 氰酸钾 20 甘氨酸 22	611	637	1712	2344	719
甲酰胺 425 氰酸钾 310 甘氨酸 370	904	668	1998	2718	785
甲酰胺 904 氰酸钾 620 甘氨酸 740	1008	583	1979	2526	576
点加辐照过的稳定 KCN 溶液 $100 \mu l$ ^{b)}	772	543	1728	2732	584

a) $R_f=0.67$, 0.75 及 0.84 的峰因放射性太弱, 测量时不能将它们区分, 故用总放射性表示。

b) 此 KCN 溶液的照射剂量为 $6.9 \times 10^{20} eV/ml$, $100 \mu l$ 中含有甘氨酸、 CNO^- 、 $HCONH_2$ 等各约 $10-30 \mu g$ 。

(3) 总放射性测定及方法可靠性的检验 HCN 为一很弱的酸, 易于挥发, 因此使用酸性展开剂时, 不能根据色层纸条上测得的加和总放射性来计算产额。如将试样直接滴在滤纸条上抽干测量, 测得结果显著偏低。为了防止 HCN 丢失, 在放射性溶液滴加于滤纸后, 再

滴加 CN^- 的固定剂。表3列出了不同固定剂(NaOH 、 KCN 、银-氨络离子、镍-氨络离子)对测得放射性的影响。

从表3可见,以 KCN 和 $\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液为固定剂效果最佳。由于所用固定剂的浓度较大,必须考虑滤纸上试剂量对软 β 测量的影响。表4、表5给出了固定剂浓度对测量结果的影响。根据表4、5结果,试验中选用0.04% KCN 和5% $\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液为 CN^- 的固定剂。

此外,还用其它方法测量了试样的总放射性,通过比较所求得辐解产物的产额来证明上述测量总放射性方法的可靠性。方法如下:(1)将展开后的试样按实验部分所述放射性测量方法测量,并用上述方法测定总放射性,求出产物的相对放射性,算出 G 值。(2)在测量过的小纸条上各加20 μl 浓度为 $3.84 \times 10^{-3} \text{M}$ 的稳定 KCN 溶液,将小纸条浸泡在3.0ml的闪烁液中测量放射性。在10 $\times$ 20mm的滤纸上加2滴闪烁液,立即滴加20 μl 未辐照的 K^{14}CN 试液,将纸条浸泡在同样体积的闪烁液中测总放射性,求得相对放射性并计算其产额。两种方法求得的产物产额一致。

表3 不同 CN^- 固定剂对测得放射性的影响

[CN^-] $3.84 \times 10^{-3} \text{M}$; pH 10.27; 通风干燥时间 35 min; 取样体积20 μl ; 测量滤纸片尺寸10 $\times$ 20 mm。

固 定 剂	放射性, cpm
未 加	45236
加3% NaOH 溶液 1 滴	125650
加5% Ag^+-NH_3 溶液 1 滴 ^{a)}	117600
加5% $\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液 1 滴 ^{b)}	137220
加稳定10% KCN 溶液 1 滴 ^{c)} ,再加5% $\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液 1 滴	155700

a) 5% Ag^+-NH_3 溶液: 1 g AgNO_3 溶于10ml蒸馏水,加10ml浓氨液。

b) 5% $\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液: 1 g $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 溶于10ml蒸馏水,加10ml浓氨液。

c) 10% KCN 溶液: 1 g KCN 溶于10ml 2% NaOH 溶液中。

表4 KCN 浓度对测得放射性的影响^{a)}

KCN 浓度 ^{b)} , %	放射性, cpm
10	155701
5	165774
1	190281
0.1	195075
0.04	204793
0.02	200419

a) 5% $\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液和 KCN 溶液用量各1滴。

b) KCN 溶液均用2% NaOH 溶液制备。

表5 $\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液浓度对测得放射性的影响^{a)}

$\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液浓度, %	放射性, cpm
0.1	139280
0.5	162280
2	174780
3	202960
5	198450
7	203600
10	200870

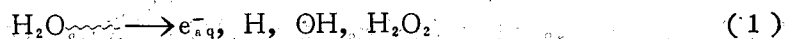
* 0.04% KCN 溶液和 $\text{Ni}^{2+}-\text{NH}_3$ 溶液用量各1滴。

2. 体系从有氧向缺氧转变时 H_2O_2 浓度的变化

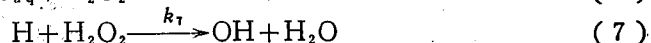
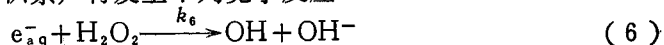
图1给出了体系中 H_2O_2 的浓度和剂量的关系,曲线清楚表明,氧充分时 H_2O_2 浓度与剂量成正比,曲线的直线部分求得 $G(\text{H}_2\text{O}_2)$ 为2.4,与下列方程的计算值一致。

$$G(\text{H}_2\text{O}_2) = \frac{1}{2} G_{\text{aq}} + \frac{1}{2} G_{\text{H}} + G_{\text{H}_2\text{O}_2} = 2.3$$

因此,氧充分时 H_2O_2 由下列反应生成



随着体系中 O_2 的消耗和 H_2O_2 浓度的积累, 将发生下列竞争反应



HCN 浓度约 10^{-5}M , 反应(8)可忽略, 当达到稳定态时, H_2O_2 产额可表示为:

$$\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{d[D]} = G_{\text{H}_2\text{O}_2} + G_{\text{H}} \left\{ \frac{1}{2} \frac{1}{1 + \frac{k_7[\text{H}_2\text{O}_2]}{k_3[\text{O}_2]}} - \frac{1}{1 + \frac{k_3[\text{O}_2]}{k_7[\text{H}_2\text{O}_2]}} \right\} \\ + G_{e_{aq}^-} \left\{ \frac{1}{2} \frac{1}{1 + \frac{k_6[\text{H}_2\text{O}_2]}{k_2[\text{O}_2]}} - \frac{1}{1 + \frac{k_2[\text{O}_2]}{k_6[\text{H}_2\text{O}_2]}} \right\}$$

式中 D 表示吸收剂量。因此可借 H_2O_2 浓度的变化指示体系中氧浓度的变化。

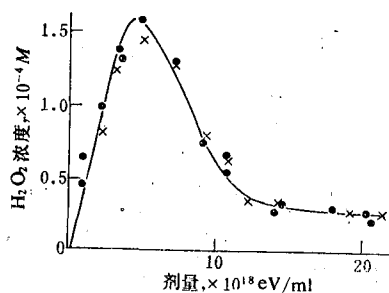


图1 γ 辐照空气饱和的KCN溶液时生成 H_2O_2 的浓度和剂量的关系

$[\text{CN}^-] 1.7 \times 10^{-3} \text{M}$; $\text{pH} 10.27$;
●——硫酸亚铁法; ×——硫酸钍法。

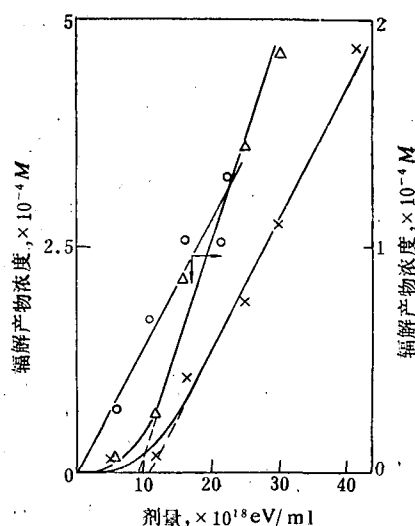


图2 γ 辐照空气饱和的KCN溶液时剂量对辐解产物生成的影响

×——甲酰胺; Δ——氰酸钾; ○—— CO_3^{2-} ;
剂量率 $5.9 \times 10^{17} \text{eV/ml} \cdot \text{min}$ 。

3. 体系从有氧到缺氧过程产物谱的变化

图2—4为空气饱和浓度为 $3.74 \times 10^{-3} \text{M}$ 、 $\text{pH} 10.27$ 的KCN水溶液体系辐解产物浓度(均以 CN^- 离子浓度表示)随剂量的变化曲线。由图可见在剂量约为 $1.2 \times 10^{19} \text{eV/ml}$ 处, 出现了体系从有氧向缺氧的过渡转折, 这与 H_2O_2 浓度剂量曲线的变化相对应。将产物的浓度剂量

曲线的直线部分延长, 使与横轴相交, 交点指示的剂量表明, 线性部分反映了缺氧体系产物浓度和剂量关系。从直线斜率可求得缺氧时产物的产额 (见表 6)。

表 6 纸色层法求得有氧和缺氧时 KCN 溶液辐解产物的产额

$[\text{CN}^-] 3.74 \times 10^{-3} \text{M}$; $\text{pH} 10.27$; 剂量率 $5.9 \times 10^{17} \text{eV/ml} \cdot \text{min}$ 。

产 物	缺 O_2 时的 G 值	O_2 较充分时的 G 值 ^{a)}
$R_f=0$ 未知物 ^{b)}	0.17	0.17
甘 氨酸	0.51	0.06
$R_f=0.21$ 未知物	0.83	0.08
氰 酸 钾	0.55	0.06
甲 酰胺	0.93	0.07
$R_f=0.67$ 未知物	0.03	0.03
甲 醛	0.11	0.03
$R_f=0.84$ 未知物	0.04 ^{c)}	0.03
CO_3^{2-} (化学法求得)	0.33	0.33
$\Sigma G(-\text{CN}^-)$	3.50	0.93

a) 吸收剂量为 $5.9 \times 10^{18} \text{eV/ml}$ 。

b) 未点加载体情况下求得的产额。

c) 吸收剂量为 $2.5 \times 10^{18} \text{eV/ml}$ 。

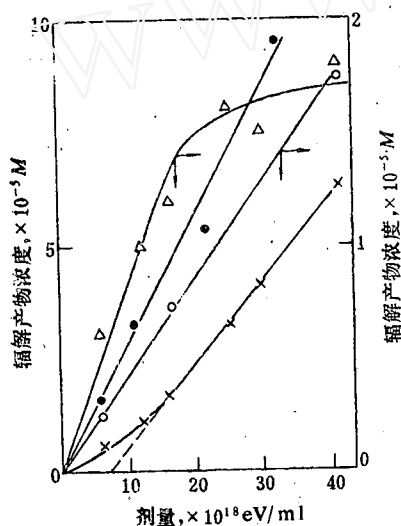


图 3 γ 辐照空气饱和的 KCN 溶液时剂量对辐解产物生成的影响

● — $R_f=0$ 产物; × — 甲醛;
○ — $R_f=0.67$ 产物; △ — $R_f=0.84$ 产物。
剂量率 $5.9 \times 10^{17} \text{eV/ml} \cdot \text{min}$ 。

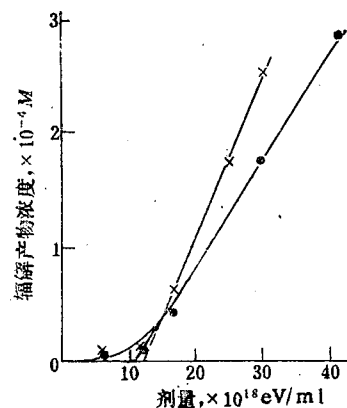


图 4 γ 辐照空气饱和的 KCN 溶液时剂量对辐解产物生成的影响

● — 甘氨酸, × — $R_f=0.21$ 产物;
剂量率 $5.9 \times 10^{17} \text{eV/ml} \cdot \text{min}$ 。

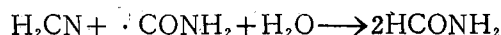
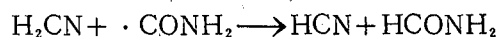
令人感兴趣的是化学法测得的 $G(-\text{CN}^-)$ 值 (4.3 ± 0.03)^[16] 与 O_2 无关, 并与 Ogura^[12] 在 $\text{pH} \sim 10$ 的无氧条件下求得的 $G(-\text{CN}^-)$ 值 (4.1) 相一致。当体系含氧较多时, 色层法测得的 $G(-\text{CN}^-)$ 值 [0.93 (其中包括 $G(\text{CO}_3^{2-})$ 值)] 远小于化学法求得的 $G(-\text{CN}^-)$ 值, 可能为 $\cdot \text{CONH}_2$ 与 O_2 形成 $\cdot \text{O}_2\text{CONH}_2$ 自由基而导致分解, 但这还缺乏直接实验证明。在缺 O_2 时, 色层法求得 $G(-\text{CN}^-)$ 值 3.50 [包括 $G(\text{CO}_3^{2-})$], 尚有 $G=0.80$ 的辐解产物需进一

步寻找。

出乎意料的是 CO_3^{2-} 的产额与 O_2 存在无关, 且 $G(\text{CO}_3^{2-}) + G(\text{CNO}^-) = 0.88$ 与 Ogura^[12] 在 KCN 水溶液体系 ($\text{pH} \sim 10$, 无 O_2) 用气相色谱法求得的 $G(\text{CO}_2)$ 值 (1.1) 相近。

当体系含氧较多时, 生物物质 G 值极小, 表明它们的形成与还原性活性粒子有关。

当体系含氧较多时, 实验求得 $G(\text{CNO}^-) \approx G(\text{HCONH}_2)$, 而在无 O_2 条件下 $G(\text{HCONH}_2) > G(\text{CNO}^-)$, 因此除了 $2 \cdot \text{CONH}_2 \rightarrow \text{HCNO} + \text{HCONH}_2$ 歧化反应外, 在缺 O_2 时可能还存在下列反应



小 结

(1) 建立了用纸层法求得 K^{14}CN γ 辐解产物谱。

(2) 求得了在有氧向缺氧过渡时, KCN 溶液 γ 辐解产物谱的变化。

参 考 文 献

- [1] J. Oró and A. F. Kimball, *Arch. Biochem. Biophys.*, **94**, 217 (1961).
- [2] Z. D. Draganić et al., *Radiat. Res.*, **66**, 42 (1976).
- [3] I. G. Draganić et al., *Radiat. Res.*, **66**, 54 (1976).
- [4] Z. D. Draganić and I. G. Draganić, *Radiat. Res.*, **69**, 223 (1977).
- [5] Z. D. Draganić et al., *Origin Lif. Proc., ISSOL., Meet 2nd.*, p. 129, 1978.
- [6] I. G. Draganić et al., *Origin Lif. Proc., ISSOL., Meet 2nd.*, p. 83, 1978.
- [7] Z. D. Draganić et al., *Radiat. Res.*, **75**, 508 (1978).
- [8] B. H. J. Bielski, A. O. Allen, *J. Am. Chem. Soc.*, **99**, 5931 (1977).
- [9] H. Ogura, *J. Radiat. Res.*, **8**, 93 (1967).
- [10] H. Ogura, *Bull. Chem. Soc. Jap.*, **41**, 2871 (1968).
- [11] D. Behar and R. W. Fessenden, *J. Chem. Phys.*, **76**, 3945 (1972).
- [12] H. Ogura et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, **9**, 339 (1972).
- [13] I. Draganić et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **95**, 7193 (1973).
- [14] D. Behar, *J. Phys. Chem.*, **78**, 2660 (1974).
- [15] H. Büchler et al., *J. Phys. Chem.*, **80**, 1549 (1976).
- [16] Qi Sheng-chu, Yuan Shao-hua, and Wu Ji-lan, *Radiat. Phys. Chem.*, **18**, 793 (1981).

RADIOLYSIS OF AQUEOUS SOLUTION OF CYANIDE ION

II. THE DETERMINATION OF THE YIELDS OF RADIOLYTIC PRODUCTS OF $K^{14}CN$ SOLUTIONS BY PAPER CHROMATOGRAPHY

QI SHENGCHU SHEN QINZHANG WU JILAN

(Department of Technical Physics, Peking University)

ABSTRACT

The radiolytic products formed by gamma irradiation of aerated $K^{14}CN$ solutions at pH 10.27 are separated by descending paper chromatography with n-butanol-acetic acid-water (4:1:5) as developer and eight products are obtained. The decomposition of the main products during paper chromatography is inhibited by a carrier technique. Carbonate is also found in the irradiated systems with $G(CO_3^{2-})$ value of 0.33 which is independent of the concentration of oxygen dissolved. With the curve of H_2O_2 concentration versus dose to indicate the variation of oxygen concentration during irradiation, the yields of the radiolytic products in relation to oxygen concentration are determined. When the solution is saturated with ordinary air, the G values found by paper chromatography are as follows; $R_f=0$, $G(-CN^-)=0.17$; $R_f=0.1$ (glycine), $G(-CN^-)=0.06$; $R_f=0.21$, $G(-CN^-)=0.08$; $R_f=0.38$ (cyanate), $G(-CN^-)=0.06$; $R_f=0.51$ (formamide), $G(-CN^-)=0.07$; $R_f=0.67$, $G(-CN^-)=0.03$; $R_f=0.75$ (formaldehyde), $G(-CN^-)=0.08$; $R_f=0.84$, $G(-CN^-)=0.05$.

The G values of radiolytic products in the absence of oxygen, on the other hand, are as follows:

$R_f=0$, $G(-CN^-)=0.17$; $R_f=0.1$ (glycine), $G(-CN^-)=0.51$; $R_f=0.21$, $G(-CN^-)=0.83$; $R_f=0.38$ (cyanate), $G(-CN^-)=0.55$; $R_f=0.51$ (formamide), $G(-CN^-)=0.93$; $R_f=0.67$, $G(-CN^-)=0.03$; $R_f=0.75$ (formaldehyde), $G(-CN^-)=0.11$; $R_f=0.84$, $G(-CN^-)=0.04$.

The fact that the ratio of $G(CNO^-)$ to $G(HCONH_2)$ is about 1:1 in the solution saturated with ordinary air and about 1:1.7 in the absence of oxygen, indicates that besides the reaction $2\cdot CONH_2 \rightarrow HCNO + HCONH_2$, the following reactions may have taken place in the absence of oxygen, $H_2CN + \cdot CONH_2 \rightarrow HCN + HCONH_2$, $H_2CN + \cdot CONH_2 + H_2O \rightarrow 2HCONH_2$.

Key words Radiolysis of cyanide, Paper chromatography, Effect of oxygen, Formation of glycine, formamide and cyanate.