

探测白鱼块中的鱼刺(骨)

冯品如

(机械系)

摘 要

本试验是用测量光电信增管输出电压的电子学方法,研究白热光照射带骨鱼块的检骨效果。这些输出电压是在不同的试验条件下漫射光束照射在鱼骨上产生的,其不同的试验条件如下:

1. 二种鱼块厚度为 6.35 毫米和 12.70 毫米;
2. 二种对应的运输机皮带的速度为 0.1 米/秒和 0.2 米/秒;
3. 从鱼块中挑选出四种不同厚度的鱼骨,即 0.254 毫米, 0.381 毫米, 0.508 毫米, 0.635 毫米。取其中之一鱼骨,在三种皮带速度条件下,即 0.10 米/秒, 0.20 米/秒, 0.40 米/秒,重复三次试验;
4. 用四种不同波长的光束,即 480 毫微米, 530 毫微米, 650 毫微米和白热光,对四种鱼骨中每一种依次进行试验。

一、材料和方法

1. 材 料

黑线鳕鱼(Haddock) (市售)

鳕鱼(Codfish) (市售)

将鱼剖开成鱼片,去皮并从鱼肉中挑出鱼骨,洗净、干燥后贮藏于塑料盒内,被挑出的鱼刺有四种,即其厚度有 0.254 毫米, 0.381 毫米, 0.508 毫米, 0.635 毫米。无鱼骨鱼片制成 6.35 毫米和 12.70 毫米厚的二种鱼板后切成小段鱼块,分别放入二只有盖的盘内,并用甲醛作防腐处理,备用。

2. 仪器和设备^[1,2]

1) 光电信增管(PMT)

型号: RCA-931B, 9 级(见图 1), 该管供一般低光度探测应用, 它的特点为: 阳极电流最大变化为 $\pm 2\%$; 高的电流放大系数, 低的无光电流和快速时间反应特性。

2) 光电信增管电源

这是一个对地负极性的高压直流电源, 有 -1000 伏输出电压。其电路连接如图 1。

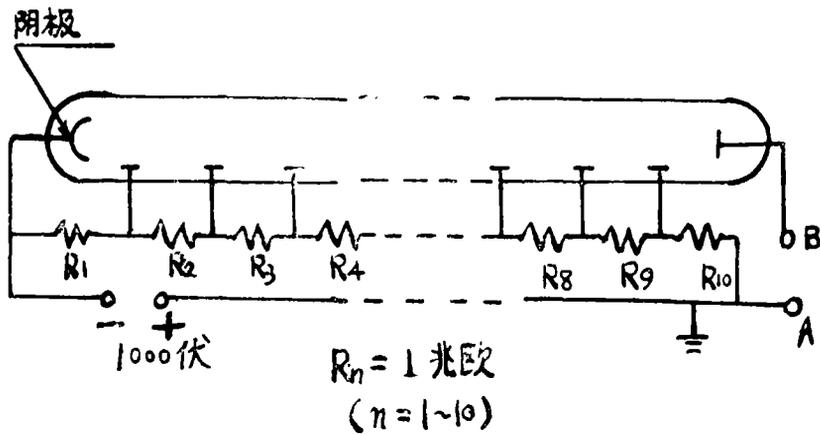


图1 光电信增管电路(PMT)

3) 放大器 是晶体管分立元件放大器, 接受从光电信增管来的信号, 经放大后送到示波器显示。

4) 白热光电源

由一个普通灯泡和反射镜组成白热光装置, 用一个电池作电源, 其输出电压最大为6伏, 当负载电流为20安时, 其输出电压则为2.75伏。光源和反射镜安装在被测鱼块杯的上面(详见图2)。

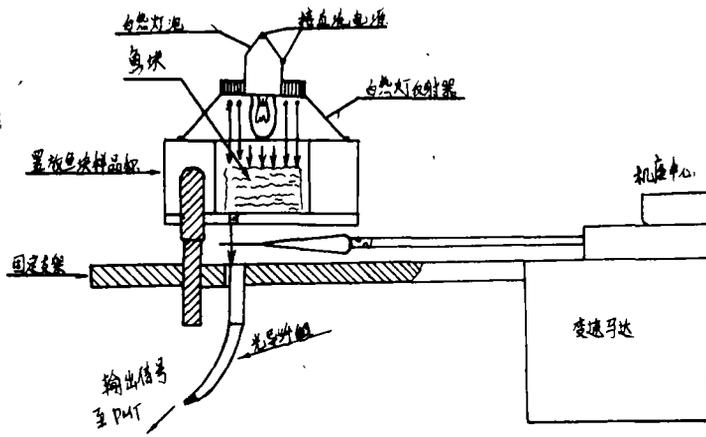


图2 白热光照射装置(A-A剖面图)

5) 变速马达

选用带有传动装置的单相马达, 功率为120瓦, 50~60赫。这马达转速7转/分时, 转动臂半径为13.7厘米的顶端线速度相当于0.1米/秒, 装在该顶端的鱼骨, 亦有相同的线速度, 这个线速相当于输送鱼块皮带机的速度。这样通过该装置把皮带的速度转换成转动鱼骨的线速度, 调节马达的转速, 可得到0.1米/秒和0.2米/秒二种速度(见图2)。

6) 阴极射线示波器

型号: R564B, 121N。在萤光屏上可读出反映被测鱼块中鱼骨的输出电压的大小。

7) 鱼骨的探测装置

该装置如图2和图3所示,在图2中,一个放被测鱼块的塑料杯,其内径为24.8毫米;外径为51.7毫米;高为23毫米。该杯中央有一槽,可放置长方形鱼块。杯底有直径为1.4毫米的小孔,杯身复盖0.508毫米厚的金属薄膜,使从上照射鱼块的白热光的光束较集中地通过小孔,投射到光导纤维探头上。杯的位置可上下调节。杯底与光导纤维探头之间的距离为10.5毫米。鳄鱼夹(长26.4毫米,高7毫米)焊接在丝杆(直径为4毫米,长为76.6毫米)上丝杆则装在机座中心上。鳄鱼夹径向夹住鱼骨(即丝杆的延伸方向),鱼骨是先套上细塑料管而被夹住的,这样易夹紧,且不被压碎。

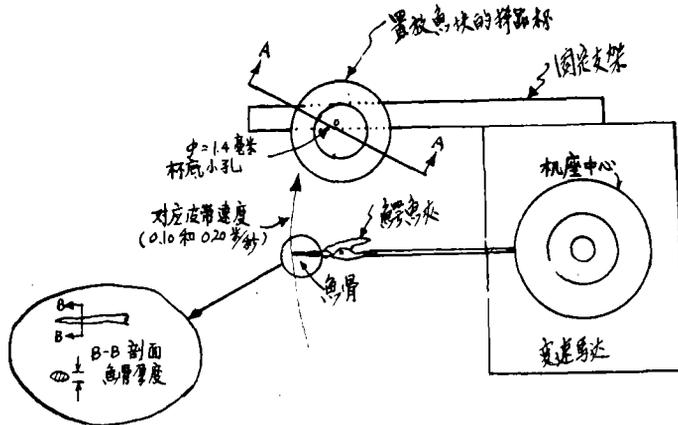


图3 鱼骨探测装置平面图(A-A剖面图见图2)

二、实验步骤

将被测鱼块置放在塑料杯内,打开放大器和阴极射线示波器电源,示波器被校验后,再打开光电倍增管电源,待用。

不同鱼类的鱼块都按下列四个步骤进行实验:

第一步。鱼块厚6.35毫米,机座中心转速为15.5转/分,鳄鱼夹顶端的鱼骨线速则为0.2米/秒。鳄鱼夹顶端的鱼骨以其本身的厚度切割着穿过直径为1.4毫米小孔的光束(图2所示)。对每一种尺寸的鱼骨分别做三次同样的实验,每次实验取十个PMT的最大瞬时输

表1 探测鱼块中鱼骨的电压降数值

(黑线鳕鱼;0.2米/秒;鱼块厚为6.35毫米,鱼骨厚为0.254毫米)

第一次测试	第二次测试	第三次测试	第一次测试	第二次测试	第三次测试
200毫伏	140毫伏	140毫伏	200毫伏	120毫伏	120毫伏
140毫伏	120毫伏	140毫伏	180毫伏	100毫伏	120毫伏
140毫伏	120毫伏	140毫伏	180毫伏	100毫伏	120毫伏
160毫伏	100毫伏	140毫伏	总数1680	1180	1340
160毫伏	120毫伏	120毫伏	均值168毫伏	118毫伏	134毫伏
180毫伏	120毫伏	140毫伏	标准差23.47毫伏	14.75毫伏	13.49毫伏
140毫伏	140毫伏	160毫伏			

出电压降的数值。(详见表 1)依次对其余三种鱼骨做同样的实验,各得三组而每组十个PMT最大瞬时输出电压。并分别整理出每组十个随机数据的数学期望(平均值)和标准差值(简称为 S. D.),详见表 2 上半部分^[1]。

表 2 四种鱼骨的最大瞬时输出电压值

(0.2米/秒;黑线鳕鱼块)

鱼块厚度 (毫米)	最小鱼刺 尺寸 (毫米)	第一次测试		第二次测试		第三次测试	
		均 值 (毫伏)	标准差 (毫伏)	均 值 (毫伏)	标准差 (毫伏)	均 值 (毫伏)	标准差 (毫伏)
6.35	0.254	168	23.47	118	14.75	134	13.49
	0.381	218	17.51	230	21.60	220	16.32
	0.508	302	17.51	322	17.51	266	9.66
	0.635	332	28.59	358	28.98	396	22.70
12.70	0.254	162	22.01	142	22.01	120	16.32
	0.381	256	29.51	216	20.65	274	18.97
	0.508	320	26.66	296	26.33	256	20.65
	0.635	314	13.49	372	26.99	428	16.86

第二步。马达转速为 7.6 转/分,对应皮带速度则为 0.1 米/秒。鱼块厚度相同,依次对四种鱼骨按第一步实验,所得数据见表 3 上半部。

表 3 四种鱼骨的最大瞬时输出电压值

(0.1米/秒;黑线鳕鱼块)

鱼块厚度 (毫米)	最小鱼刺 尺寸 (毫米)	第一次测试		第二次测试		第三次测试	
		均 值 (毫伏)	标准差 (毫伏)	均 值 (毫伏)	标准差 (毫伏)	均 值 (毫伏)	标准差 (毫伏)
6.35	0.254	120	13.33	124	15.77	130	16.99
	0.381	234	32.72	222	17.51	248	26.99
	0.508	316	20.65	302	6.32	300	9.42
	0.635	348	21.49	412	16.86	338	22.01
12.70	0.254	74	9.66	74	9.66	120	13.33
	0.381	236	29.51	178	23.94	158	14.75
	0.508	330	23.57	310	19.43	322	27.40
	0.635	420	18.85	434	23.19	428	25.29

第三步。鱼的厚度为 12.70 毫米,皮带速度为 0.2 米/秒,重复第一步实验,所得数据见表 2 下半部分。

第四步。鱼块厚为 12.70 毫米,皮带速度为 0.1 米/秒,重复第二步实验,所得实验数据,见表 3 下半部份。换上鳕鱼块,重复第一步至第四步实验,所得结果见表 4、表 5。

表4 四种鱼骨的最大瞬时输出电压值

(鳕鱼块; 0.2米/秒)

鱼块厚度 (毫米)	最大鱼刺 尺寸 (毫米)	第一次测试		第二次测试		第三次测试	
		均值 (毫伏)	标准差 (毫伏)	均值 (毫伏)	标准差 (毫伏)	均值 (毫伏)	标准差 (毫伏)
6.35	0.254	556	63.80	528	81.75	304	29.51
	0.381	616	20.65	581	27.96	630	27.08
	0.508	870	82.32	930	82.32	910	84.32
	0.635	1280	103.27	1370	125.16	1120	103.27
12.70	0.254	194	9.16	190	14.14	146	16.46
	0.381	336	41.95	290	10.54	362	17.51
	0.508	608	31.55	572	19.32	584	20.65
	0.635	720	56.56	628	19.32	780	28.28

表5 四种鱼骨的最大瞬时输出电压值

(鳕鱼块; 0.1米/秒)

鱼块厚度 (毫米)	最小鱼刺 尺寸 (毫米)	第一次测试		第二次测试		第三次测试	
		均值 (毫伏)	标准差 (毫伏)	均值 (毫伏)	标准差 (毫伏)	均值 (毫伏)	标准差 (毫伏)
6.35	0.254	408	16.86	428	19.32	396	12.64
	0.381	564	29.51	544	20.65	608	25.29
	0.508	816	20.65	1048	49.17	1008	36.75
	0.635	1176	53.99	1128	72.54	1204	35.02
12.70	0.254	192	13.98	190	10.54	148	13.98
	0.381	332	36.75	290	10.54	362	19.88
	0.508	588	26.99	592	16.86	568	23.47
	0.635	708	59.77	616	20.65	758	59.96

对黑线鳕鱼块,若使马达转速加快,则对应皮带速度为0.4米/秒,四种鱼骨的最大瞬时输出电压值如图4所示。

改换其它三种波长的单色光照射被测鱼块,鱼块厚为12.70毫米,皮带速度为0.2米/秒对四种不同鱼骨依次照上述步骤实验,其结果如图5所示。

用红色、蓝色、绿色的聚乙烯薄膜套在普通灯泡上,可得三种不同波长的光。在同一光谱下,最大与最小瞬时输出电压之比值,整理后如图6所示。

值得指出的是,应用旋转鱼骨的办法以代替运送鱼块的皮带速度是可控的,且有良好的重复再现性能。并不因鱼骨在鱼块中的位置不同而对实验带来不同。这样就比较快和容易适应实验时各参数的改变。

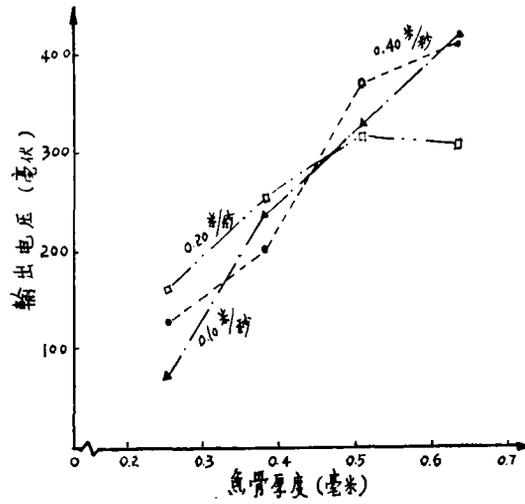


图4 煎线鳕鱼块在三种速度下，四种鱼骨所对应的输出电压

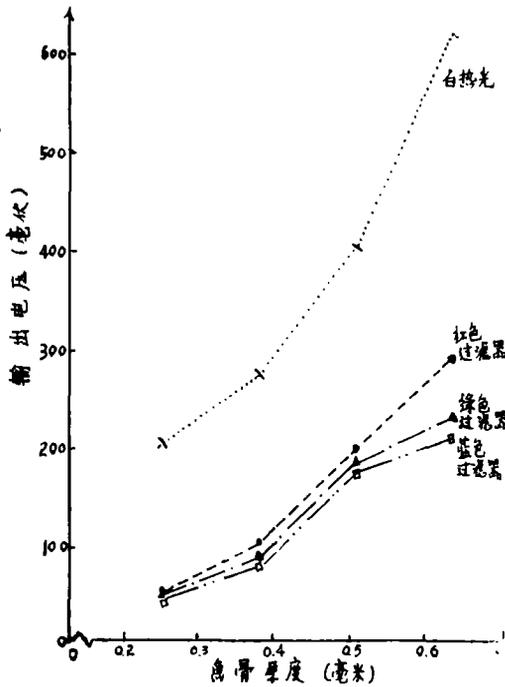


图5 不同波长单色光照射鱼块，在四种鱼骨下的输出电压

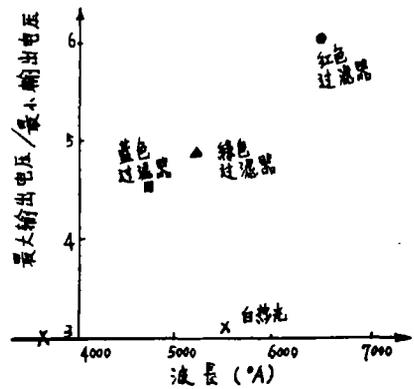


图6 不同光波照射鱼块其输出电压的比值

光电倍增管的基准输出电压，随鱼块的品种和厚度不同而改变(见表6)，基准电压也随白热光的强弱和不同波长的光而变化(见表7)。

表6 不同鱼块的PMT基准输出电压

品 种	无鱼块(0毫米) 基准直流电压(伏)	6.35毫米鱼块 基准直流电压(伏)	12.70毫米鱼块 基准直流电压(伏)
黑 线 鳕 鱼	3.5	1.25	0.8
鳕 鱼	3.5	2.55	1.0

三、数据 处 理^[3,4]

从图7、图8可见、对6.35毫米厚的鱼块,在不同的速度下,得到30个瞬时输出电压值所对应的数学期望和标准差是确定的,在每个数学期望值的上下二个方向,各画出该点一个标准差的值。因此图7、图8可用作F—试验分析。这个标准差(S. D.)的值的平方等于方差。我们可求得任一尺寸鱼骨在一定条件下,重复三次实验所得30次观察数据的方差,对一根鱼骨每十次观察数据所得的方差作为实验的一个点的方差值,参见表2、3、4、5。

表7 对应不同单色光的基准电压
(鳕鱼厚12.70毫米)

近似光谱波长 (毫微米)	基准直流电压 (伏)
蓝色滤光器—480	0.25
绿色滤光器—530	0.25
红色滤光器—650	0.35
白热光—550	0.80

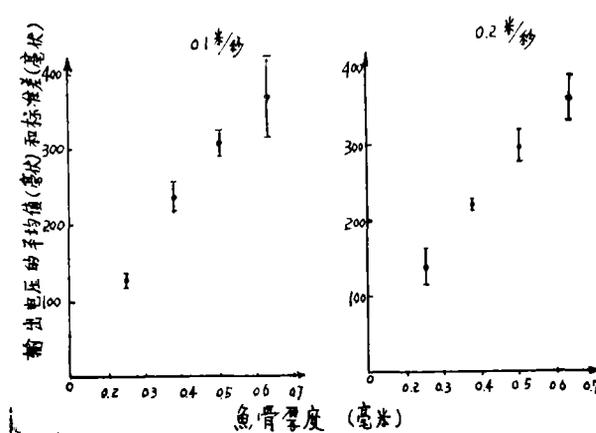


图7 在二种速度下,对应四种鱼骨的输出电压平均值和标准差
(黑线鳕鱼块厚6.35毫米)

同一根鱼骨30次观测结果的方差对十次观测结果方差的比率可得一个F值。对每一种鱼块来说,有二种厚度,二种速度,四种鱼骨尺寸。每一鱼骨重复三次同样的测试,而每一次测试观测十个数据,所以一种鱼块总的实验次数为 $2 \times 2 \times 4 \times 3 \times 10 = 480$ 。

借用实验程序BMDP8V(生物医学数据组件),可用计算机作辅助对F—试验方差分析。

被测黑线鳕鱼块有关要素的统计推理列在表8中,每个要素的等级赋给一个符号,在这符号法的帮助下说明各要素的相互关系,每个要素所对应的F值、精确的概率列于表9。

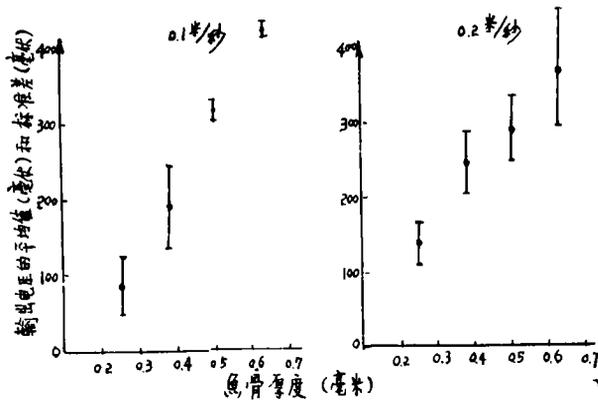


图8 在二种速度下, 对应四种鱼骨的输出电压平均值和标准差 (黑线鳕鱼块厚 12.70 毫米)

表8 照射黑线鳕鱼块操作要素的统计推理

要素和相互作用	类别	自由度	概率	统计推理	结论
速度(R)	R ₁ 0.2米/秒 R ₂ 0.1米/秒	1	0.8667	在二个均值之间无重大区别	每组实验, PMT 的输出瞬时电压平均值有对应的皮带速度
最小鱼刺尺寸(S)	S ₁ 0.254毫米 S ₂ 0.381毫米 S ₃ 0.508毫米 S ₄ 0.635毫米	3	0.0000	在四个均值之间有重大区别	由于鱼刺生理学之期望
鱼块厚度(T)	T ₁ 6.35毫米 T ₂ 12.7毫米	1	0.5439	在二个均值之间无重大区别	由于鱼刺生理学之期望
在一定范围内鱼刺(B)	S _k × B _j	8	0.0000	在十二个均值之间有重大区别	
RS 间	R _i × S _k	3	0.1433	在 R 和 S 之间无重大相互作用	
RT 间	R _i × T _h	1	0.5239	在 R 和 T 之间无重大相互作用	
ST 间	S _k × T _h	3	0.0382	在 S 和 T 之间有重大相互作用	
RB(S) 间	S _k × R _i × B _j	8	0.0000	在 R 和 B(S) 之间有重大相互作用	
TB(S) 间	T _h × S _k × B _j	8	0.0000	在 T 和 B(S) 之间有重大相互作用	
RST 间	S _k × R _i × T _h	3	0.0365	在 R, S 和 T 之间有重大相互作用	
RTB(S) 间	T _h × B _j × R _i × S _k	8	0.0000	在 R, T 和 B(S) 之间有重大相互作用	

注: 符号 h=1~2 标记二种厚度。 i=1~2 标记二种速度。 j=1~3 标记同一鱼刺尺寸的三次实验。 k=1~4 标记四种鱼刺尺寸。

四、结论和存在问题

1. 普通白热光作为光源, 光电倍增管的瞬时输出电压, 随鱼骨厚度的增加而增大, 对二种不同的鱼块均有同样的变化趋向(见表2至表5)。

2. 白热光照射鱼块可取得最大的输出信号, 但其最大与最小瞬时输出电压之比值最小, 而红色过滤器所得的光照射鱼块, 可得到最高的比值。可以认为白热光照射鱼块更为合适。

3. 从图4可看出, 在三种速度下, 光电倍增管的输出电压, 随鱼骨尺寸的增加而增大。在0.4米/秒条件下, 用白热光探测无条痕鱼块内的鱼骨是有效的。

4. 相同厚度的鱼骨, 产生较高的输出电压, 这是由于其不透明度差异较少之故。

5. 工厂中, 实际探测鱼块中鱼骨, 是把鱼块在运输带上移动而切割光束的; 鱼块中随机分布的鱼骨引起不同的输出电压。使运输带设计成与封闭的暗室一样似乎有困难。

6. 用本实验装置探测鱼块中的鱼骨, 仅能说明鱼骨的有无, 而不能同时确定鱼骨的位置。这样就不能为取出鱼块中鱼骨提供条件。

表9 黑线鳕鱼的方差分析

```
GET, HADDOCK
/GET, SEA
/FINDLIB, BMDP8V
/BMDP8V(I=SEA, D=HADDOCK)

/PROB TITLE = "SEAFOOD" .
/INPUT VARIABLES = 10.
FORMAT = "(4X,10(1X,F4.0))" .
UNIT = 3.
/DESIGN LEVELS = 2,4,2,3,10.
NAMES = R,S,T,B,O.
FIXED = S,R,T.
RANDOM = B,O.
MODEL = "S,B(S),R,T,O(BRTS)" .
PRINT = "RSTB" .
/END.
```

FILE UNIT 3 IS SPECIFIED IN THE BMDP INPUT PARAGRAPH THE SPECIFICATION IN THE PROGRAM CALL STATEMENT IS D=HADDOCK THE FILE WILL BE REFERED TO AS UNIT 3 FOR THIS PROBLEM

续表 9

11	RST	RTB(S)	68149.17	3	22716.39	4.65	.0365
12	RTB(S)	O(RSTB)	39053.33	8	4881.67	11.35	.0000
13	O(RSTB)		185800.00	432	430.09		

ESTIMATES OF VARIANCE COMPONENTS EXPECTED MEAN SQUARE

(1)	66692.24132	480(1) + 40(5) + (13)
(2)	-49.45486	240(2) + 20(9) + (13)
(3)	12080.20602	120(3) + 40(5) + (13)
(4)	-8.69097	240(4) + 20(10) + (13)
(5)	257.37269	40(5) + (13)
(6)	285.55093	60(6) + 20(9) + (13)
(7)	-22.61806	120(7) + 10(12) + (13)
(8)	206.97685	60(8) + 20(10) + (13)
(9)	590.30870	20(9) + (13)
(10)	152.82870	20(10) + (13)
(11)	594.49071	30(11) + 10(12) + (13)
(12)	445.15741	10(12) + (13)
(13)	430.09259	(13)

GRAND MEAN 258.29167

CELL AND MARGINAL MEANS

R =	1	2		
	259.16667	257.41667		
S =	1	2	3	4
	123.83333	224.16667	303.50000	381.66667
T =	1	2		
	256.58333	260.00000		
B =	1	2	3	
S = 1	131.00000	114.50000	126.00000	
2	236.00000	211.50000	225.00000	
3	317.00000	307.50000	286.00000	
4	353.50000	391.00000	397.50000	
S =	1	2	3	4
R = 1	140.66667	235.66667	293.66667	366.66667
2	107.00000	212.66667	313.33333	396.66667
T =	1	2		
R = 1	255.33333	263.00000		
2	257.83333	257.00000		

续表 9

T =	1	2		
S = 1	132.33333	115.33333		
2	228.66667	219.66667		
3	301.33333	305.66667		
4	364.00000	399.33333		
CELL DEVIATIONS				
	X(R.....)	- X(.....)		
R =	1	2		
	.87500	-.87500		
	X(.S...)	- X(.....)		
S =	1	2	3	4
	-134.45833	-34.12500	45.20833	123.37500
	X(..T..)	- X(.....)		
T =	1	2		
	-1.70833	1.70833		
	X(.S.B)	- X(.S...)		
B =	1	2	3	
S = 1	7.16667	-9.33333	2.16667	
2	11.83333	-12.66667	.83333	
3	13.50000	4.00000	-17.50000	
4	-28.16667	12.33333	15.83333	
	X(RS...)	- X(.S...)	- X(R.....)	+ X(.....)
S =	1	2	3	4
R = 1	15.95833	10.62500	-10.70833	-15.87500
2	-15.95833	-10.62500	10.70833	15.87500
	X(R.T...)	- X(..T..)	- X(R.....)	+ X(.....)
T =	1	2		
R = 1	-2.12500	2.12500		
2	2.12500	-2.12500		
	X(.ST...)	- X(..T..)	- X(.S...)	+ X(.....)
T =	1	2		
S = 1	10.20833	-10.20833		
2	6.20833	-6.20833		
3	-.45833	.45833		
4	-15.95833	15.95833		

参 考 文 献

- [1] Moran, J. M., Wise, D. P., Tetrault, R. and Carver, J. H. 1965.

- “Prototype automatic fish-bone detector.” *Food Technol.* 19(5): 46.
- [2] King, G. F. and Ryan, J. J. 1977. “Development of a color measuring system for mince fish blocks.” *Marine Fisheries Review MFR paper* 1234 39(2): 18.
- [3] Bendat, J. S. and Piersol, A. G. 1971. “Random data: Analysis and measurement procedures” Wiley-Interscience.
- [4] Zepke, B. E. 1980. “Business Statistics: An Introduction,” 1st ed. Barnes and Noble Books. Harper and Row publishers, New York.

Detection of Bones in Whits Fish Fillets

Feng Pinru

ABSTRACT

To study the effect of candling fish fillets electronically by measuring the voltage output of a photomultiplier tube produced from diffused light beam impinging upon fish bones with the following Variables:

1. two fillet thicknesses, 6.35mm and 12.70mm;
2. two equivalent processing belt speeds, 0.1m/s and 0.2m/s;
3. three equivalent belt speeds, for at least one bone of each of four dimensions from one fish;
4. four different wavelengths as produced by Colored “Polythane” filme of red, blue, green and that from a bare incandescent light source, for at least one bone of each of four dimensions from one fish.