

盈亏平衡模型

王树佳 | 深圳大学经济学院

sjwang123@163.com

本章目的

1. 建立盈亏平衡的数学模型
2. 建立对应电子表格模型
3. 运用Excel求解（矩阵运算、求解线性方程组）

Contents

1. 问题与模型
2. Excel求解（电子表格模型）
3. 敏感性分析
4. 案例：思科公司

问题

有一家生产电视遥控器的小厂，每天最大的生产能力为150个，其生产的遥控器售价为每个20元，而生产每个遥控器的可变成本为15元。经估算，该厂每天的固定成本为500元。

问：该厂一天要生产多少个遥控器，才能使收益与成本相抵？也就是说，该厂的盈亏平衡点（Break-even Point）在哪里？

盈亏平衡分析

盈亏平衡分析：

确定产品或服务的**数量**必须达到多少时，**总收益**与**总成本**才能相抵？从而可以确定何时开始盈利。

盈亏平衡分析的用处：

- 项目的计划和预算阶段的重要工具
(估算：成本、收益、盈亏平衡点；利润等)
- 用于项目运行过程中的监测
(重新估算，敏感性分析)

数学模型

销售量： q

总收益： $TR = 20q$

总成本： $TC = 500 + 15q$

盈亏平衡模型：

$$TR = 0 + 20q$$

$$TC = 500 + 15q$$

$$TR = TC$$

数学模型

盈亏平衡模型（线性系统的规范形式）

$$1TR + 0TC - 20q = 0$$

$$0TR + 1TC - 15q = 500$$

$$1TR - 1TC + 0q = 0$$

矩阵形式

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -20 \\ 0 & 1 & -15 \\ 1 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$x = \begin{pmatrix} TR \\ TC \\ q \end{pmatrix}$$

$$b = \begin{pmatrix} 0 \\ 500 \\ 0 \end{pmatrix}$$

矩阵表示： $Ax = b$ ，其解为： $x = A^{-1}b$

Contents

1. 问题与模型

2. Excel求解（电子表格模型）

3. 敏感性分析

4. 案例：思科公司

Excel求解（电子表格模型）

一般从两方面入手：

1. 作图

✌ 前提要准备好数据

2. 求出数值解

✌ 用Excel公式

Excel求解（电子表格模型）

一般从两方面入手：

1. 作图

✌️ 前提要准备好数据

构造数据的方案设计：

公式：以“=”开头

绝对引用单元格：

两个“\$”符号夹在中间

相对引用单元格：

公式随位置变化而变化

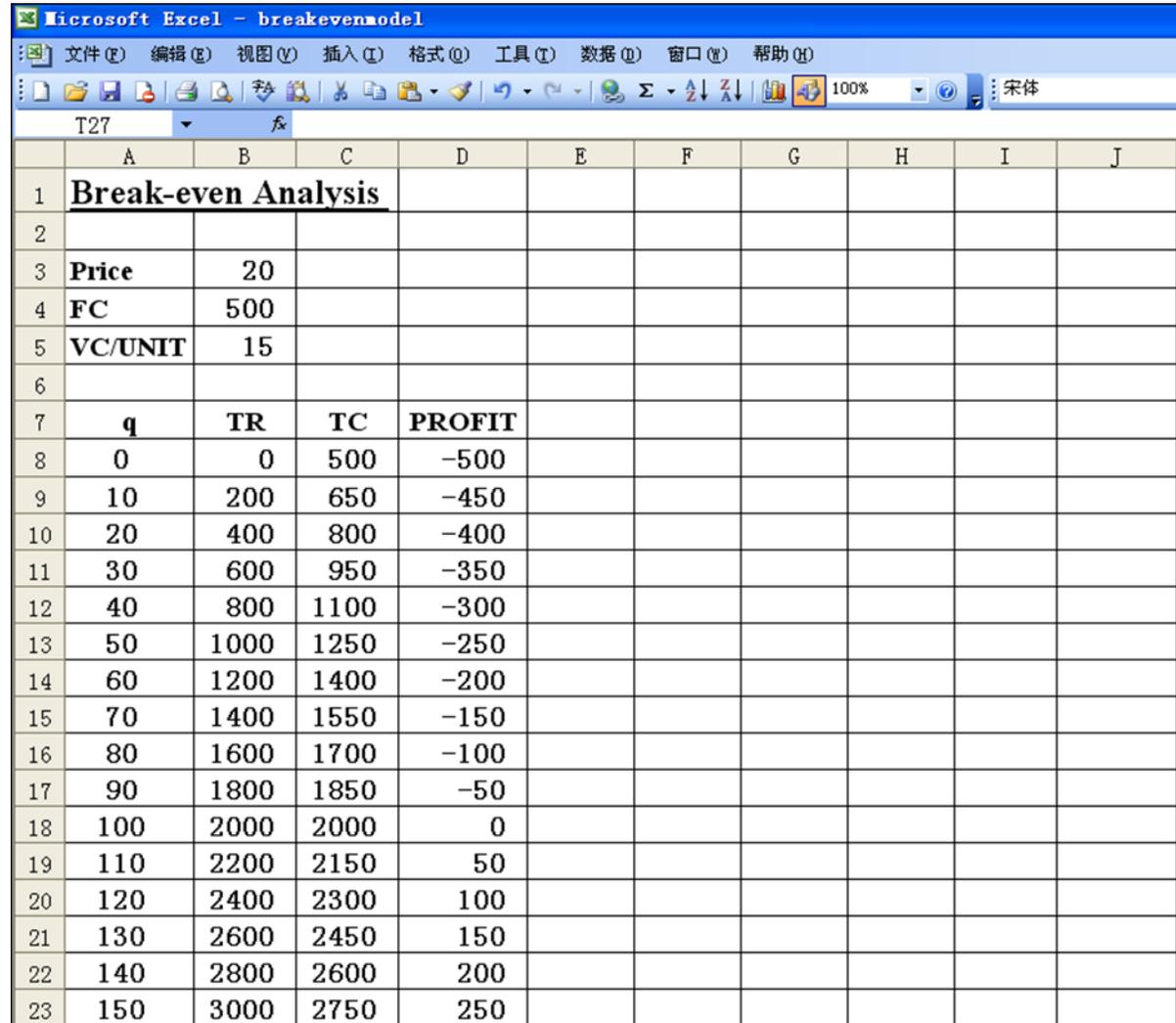
	A	B	C	D
1	Break-even Analysis			
2				
3	Price	20		
4	FC	500		
5	VC/UNIT	15		
6				
7	q	TR	TC	PROFIT
8		$0 = \$B\$3 * A8$	$= \$B\$4 + \$B\$5 * A8$	$= B8 - C8$
9	$= A8 + 10$			
10				
11				
12	C	C	C	C
13	O	O	O	O
14	P	P	P	P
15	Y	Y	Y	Y
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				

Excel求解（电子表格模型）

一般从两方面入手：

1. 作图

✌ 前提要准备好数据

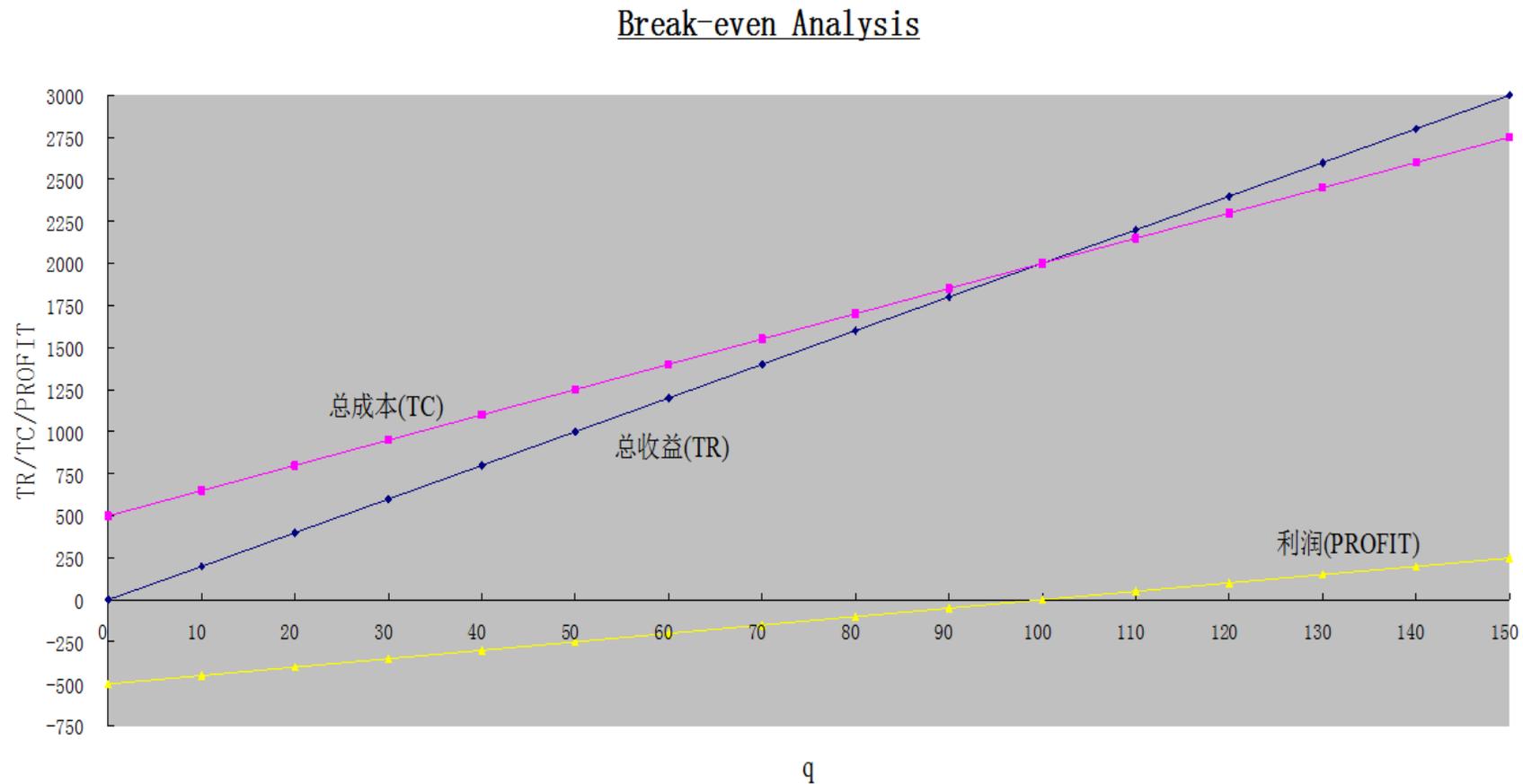


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Break-even Analysis									
2										
3	Price	20								
4	FC	500								
5	VC/UNIT	15								
6										
7	q	TR	TC	PROFIT						
8	0	0	500	-500						
9	10	200	650	-450						
10	20	400	800	-400						
11	30	600	950	-350						
12	40	800	1100	-300						
13	50	1000	1250	-250						
14	60	1200	1400	-200						
15	70	1400	1550	-150						
16	80	1600	1700	-100						
17	90	1800	1850	-50						
18	100	2000	2000	0						
19	110	2200	2150	50						
20	120	2400	2300	100						
21	130	2600	2450	150						
22	140	2800	2600	200						
23	150	3000	2750	250						

Excel求解（电子表格模型）

一般从两方面入手：

1. 作图



Excel求解（电子表格模型）

一般从两方面入手：

1. 作图
2. 数值解

矩阵求逆：

=MINVERSE ()

两个矩阵相乘：

=MMULT(,)

操作：首先选定输出矩阵的**存放区域**，然后同时按住CTRL键和Shift键不放，按回车键或“确定”

	A	B	C	D	E	F	G
1	TR	TC	q	b		ANSWER	
2	1	0	-20	0		2000	
3	0	1	-15	500		2000	
4	1	-1	0	0		100	
5							
6							
7	-3	4	4				
8	-3	4	3				
9	-0.2	0.2	0.2				

Excel求解（电子表格模型）

一般从两方面入手：

1. 作图
2. 数值解

方法二：定义名称

office2010：

公式-名称管理器-定义公式：

定义单元格L3:N5为“A”；

定义O3:O5为“b”

求解：

$=\text{mmult}(\text{minverse}(A),b)$

Break-even Analysis			
Price	20		
FC	500		
VC/UNIT	15		
q	TR	TC	PROFIT
0	0	500	-500
10	200	650	-450
20	400	800	-400
30	600	950	-350
40	800	1100	-300
50	1000	1250	-250
60	1200	1400	-200
70	1400	1550	-150
80	1600	1700	-100
90	1800	1850	-50
100	2000	2000	0
110	2200	2150	50
120	2400	2300	100
130	2600	2450	150
140	2800	2600	200
150	3000	2750	250

TR	TC	q	RHS
1	0	-20	0
0	1	-15	500
1	-1	0	0

新建名称对话框：
名称(N): A
范围(R): 工作簿
引用位置(O): =profit!\$L\$3:\$N\$5

Excel求解（电子表格模型）

分析模型：

从数据表、图形和数值解来看，三者的结果是一致的，整个电子表格模型没有出现异常结果，因此可判断模型结果正确。

盈亏平衡模型的解为： $q=100$ ， $TR=TC=2000$ 。

结果解释：

该电视遥控器厂一天必须要生产100个遥控器，才能使收益与成本相抵，此时总收益和总成本都是2000元。

Contents

1. 问题与模型
2. Excel求解（电子表格模型）
3. 敏感性分析
4. 案例：思科公司

敏感性分析

模型的敏感性分析(Sensitivity Analysis) :

由于外部环境的不确定性，模型的输入项是会随时变化的。

- 当输入条件面临多种可能的变化时，模型是否还合适？
- 其结果会有何种变化？（定性分析）
- 会受到多大的影响？（定量分析）

敏感性分析

定性分析

敏感性分析	模型输入					
	价格 (P)		固定成本 (FC)		可变成本 (VC)	
输入项的变化	向上	向下	向上	向下	向上	向下
受影响直线	TR		TC		TC	
受影响参数	斜率		截距		斜率	
移动类型	转动		平移		转动	
移动方向	向上	向下	向上	向下	向上	向下
对盈亏平衡点的影响	向下	向上	向上	向下	向上	向下

敏感性分析

定量分析

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	原模型						新模型				
2	Price	FC	VC/UNIT				Price1	FC1	VC1		
3	20	500	15				25	500	15		
4											
5	q	TR	TC	PROFIT			TR1	TC1	PROFIT		
6	0	0	500	-500			0	500	-500		
7	10	200	650	-450			250	650	-400		
8	20	400	800	-400			500	800	-300		
9	30	600	950	-350			750	950	-200		
10	40	800	1100	-300			1000	1100	-100		
11	50	1000	1250	-250			1250	1250	0		
12	60	1200	1400	-200			1500	1400	100		
13	70	1400	1550	-150			1750	1550	200		
14	80	1600	1700	-100			2000	1700	300		
15	90	1800	1850	-50			2250	1850	400		
16	100	2000	2000	0			2500	2000	500		
17	110	2200	2150	50			2750	2150	600		
18	120	2400	2300	100			3000	2300	700		
19	130	2600	2450	150			3250	2450	800		
20	140	2800	2600	200			3500	2600	900		
21	150	3000	2750	250			3750	2750	1000		
22											
23	TR	TC	q	b	ANSWER		TR	TC	q	b	ANSWER
24	1	0	-20	0	2000		1	0	-25	0	1250
25	0	1	-15	500	2000		0	1	-15	500	1250
26	1	-1	0	0	100		1	-1	0	0	50

Contents

1. 问题与模型
2. Excel求解（电子表格模型）
3. 敏感性分析
4. 案例：思科公司

Cisco神话

- 思科系统公司成立于1984年。
- 1990年上市以来，年收益从6900万美元上升到2001财年的222.9亿美元。
- 当年互联网上80%以上的骨干路由器均来自思科。
- 美国《财富》杂志推出2001年全美“最受推崇的公司”排行榜中，思科排至第2位。
- 信息产业“最吸引员工的公司”和“全球最有价值的公司”



CEO钱伯斯

两件发家利器

- 滚动式收购

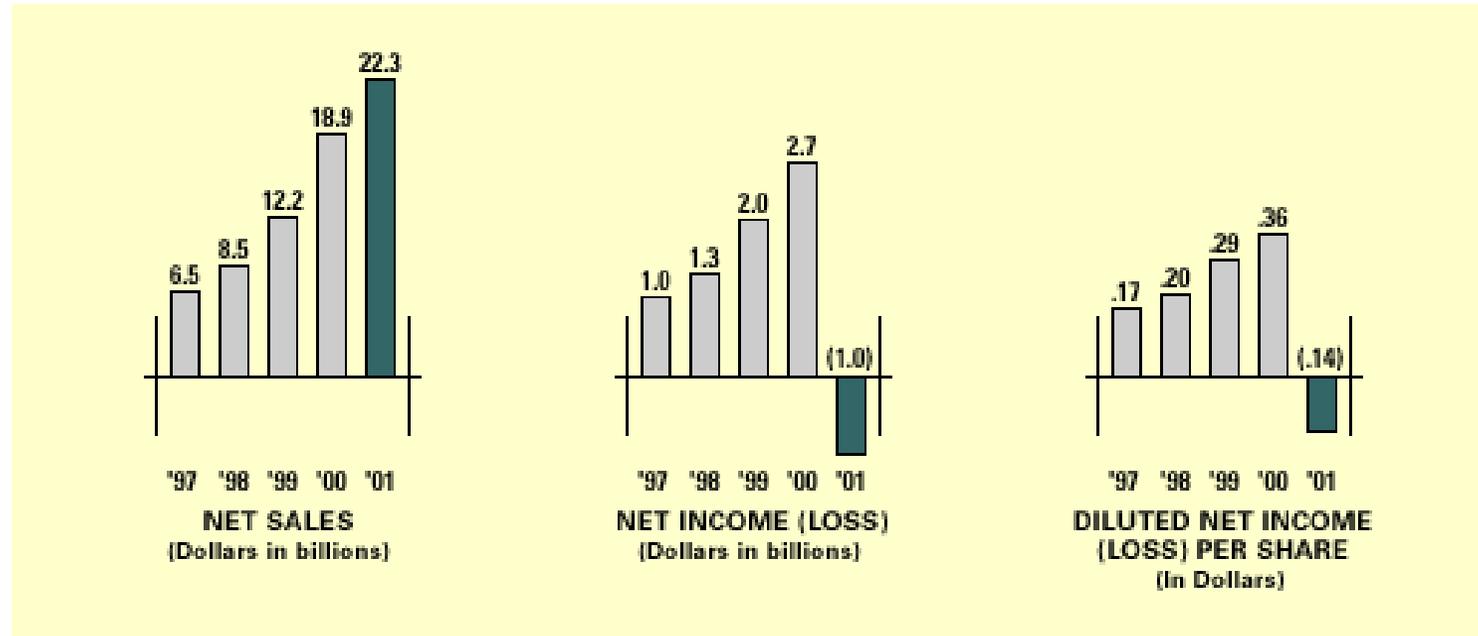
通过收购，思科把众多具有技术或者产品特色的公司招至麾下，从而有效地带动股价攀升，同时，思科又利用股价膨胀带来的资金，收购更多的公司。自1993年以来，思科用这种滚雪球的方式收购了70余家公司，为自己和股东带来了滚滚财源。

- CEM生产方式

和许多人熟悉的OEM(贴牌外包生产)不同，所谓CEM即品牌商将相关技术和工艺标准化之后，交付给CEM伙伴生产，而最终的检测以及二次开发工作则由品牌商来完成。在过去几年的高速发展中，思科一直以“**所有库存都在路上**”的生产优势所向披靡。

神话破灭

思科2001年出现了上市11年来首次亏损。其市值自1998年11月以来首次跌破1000亿美元，并由2000年3月排名**全球公司市值第一**的5554亿美元，骤降为996亿美元，缩水80%以上。这使得许多思科员工的股票期权失去价值，并且大大限制了公司进行新的并购的能力。



案例数据

Years Ended	July 27, 2002	July 28, 2001	July 29, 2000
NET SALES:			
Product	\$15,669	\$19,559	\$17,002
Service	3,246	2,734	1,926
Total net sales	18,915	22,293	18,928
SALES:			
Product	5,914	10,198	5,970
Service	988	1,023	776
Total sales	6,902	11,221	6,746
OPERATING EXPENSES:			
Research and development	3,448	3,922	2,704
Sales and marketing	11,166	16,517	10,692
General and administrative	618	778	633
Restructuring costs and other special charges	-	1,170	-
Amortization of goodwill	-	690	154
Amortization of purchased intangible assets	699	365	137
In-process research and development	65	855	1,373
Total operating expenses	15,996	24,297	15,693
OPERATING INCOME (LOSS)	2,919	(2,004)	3,235
Interest and other income (loss), net	(209)	1,130	1,108
INCOME (LOSS) BEFORE PROVISION FOR INCOME TAXES	2,710	(874)	4,343
Provision for income taxes	817	140	1,675
NET INCOME (LOSS)	\$ 1,893	\$ (1,014)	\$ 2,668
Net income (loss) per share—basic	\$ 0.26	\$ (0.14)	\$ 0.39
Net income (loss) per share—diluted	\$ 0.25	\$ (0.14)	\$ 0.36
Shares used in per-share calculation—basic	7,301	7,196	6,917
Shares used in per-share calculation—diluted	7,447	7,196	7,438

See Notes to Consolidated Financial Statements.

2002年数据

总净收入 = 18915

总销售量 = 6902

总运营成本 = 15996

利息和其它收入 = -209

扣税 = 817

总成本 = 17022



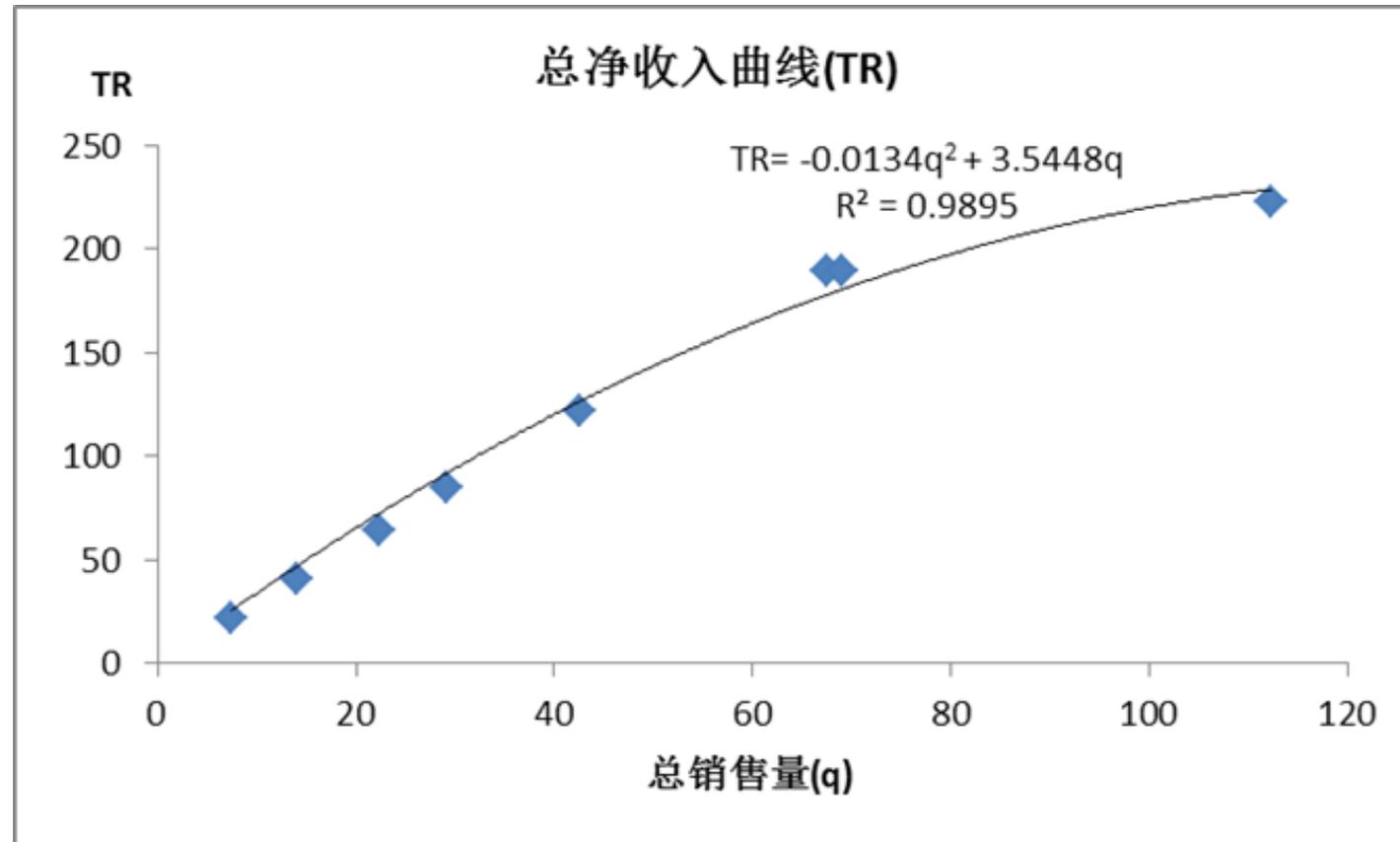
案例数据

针对整理所得数据，如何进行盈亏平衡分析？

年份	总销售量 (q)	总净收入 (TR)	总成本 (TC)	总利润 (PROFIT)
1995	7.43	22.33	14.95	7.38
1996	14.1	40.96	26.31	14.65
1997	22.41	64.52	54.05	10.47
1998	29.17	84.89	71.58	13.31
1999	42.59	121.73	101.5	20.23
2000	67.46	189.28	162.6	26.68
2001	112.21	222.93	233.07	-10.14
2002	69.02	189.15	170.22	18.93

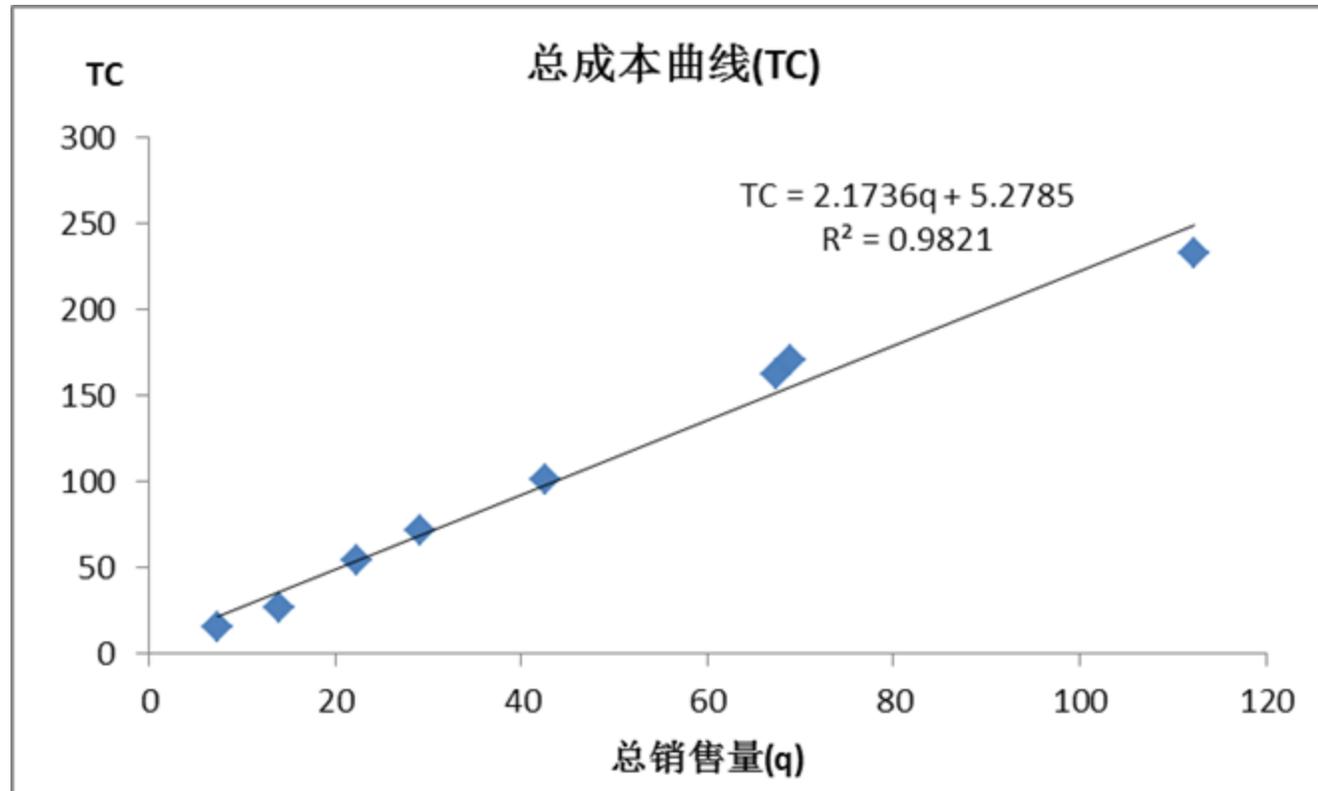
盈亏平衡分析

总收入曲线： $TR = -0.0134q^2 + 3.5448q$



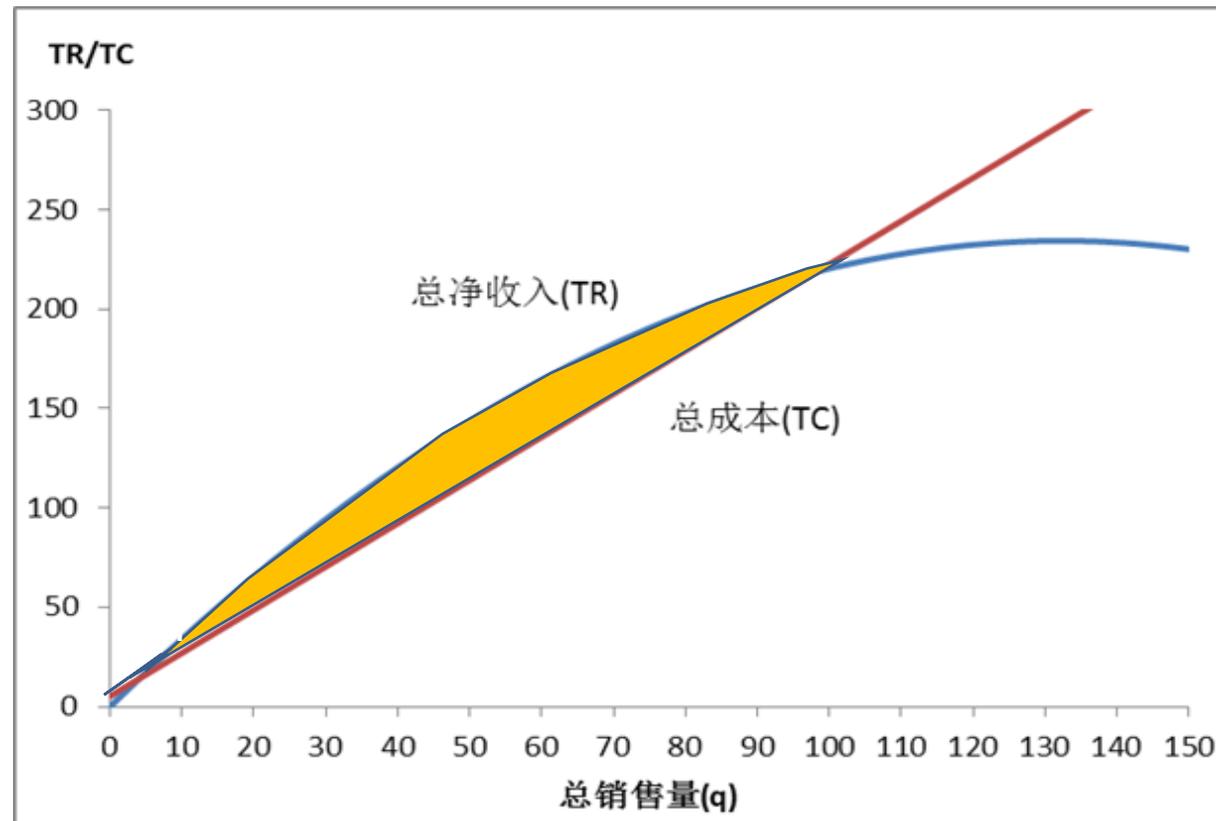
盈亏平衡分析

总成本曲线： $TC = 5.2785 + 2.1736q$



盈亏平衡分析

盈亏平衡模型为： $TR = -0.0134q^2 + 3.5448q$
 $TC = 2.1736q + 5.2785$
 $TR=TC$



盈亏平衡点

有两个盈亏平衡点，分别位于 $q_1=4.01$ ， $q_2=98.32$ 处。

- 在区间 $[4.01, 98.32]$ 时，企业生产可以获利，在其它区间都是亏损的。
- 思科公司的总销售量由2000年的67.46一下上升到112.21, 突破了98.32这个盈亏平衡点，进入了亏损区间。
- 思科公司应该坚决采取减少产量，降低成本的经营策略。
- 那么，总销售量控制在多少最好？

利润最大点

我们还可以计算出思科公司的最优销售量，使得总利润最大。

$$\text{PROFIT} = \text{TR} - \text{TC} = -0.0134q^2 + 1.3712q - 5.2785$$

对PROFIT的变量 q 求导数并令之等于0，可以求出：

- 当 $q=51.16$ 时，利润PROFIT最大。

案例分析结论

根据以上结果，要拯救思科、扭亏为盈，从生产理论和成本理论的角度来看，应该采取减少产量、降低成本的管理策略。

总而言之，

- 在1995-2002这一历史时期，思科公司的总销售量在4.01到98.32之间是可以盈利的，一旦超出这个区间，企业生产不仅不能获利，还会亏损。
- 当总销售量为51.16时，企业的盈利情况最好。

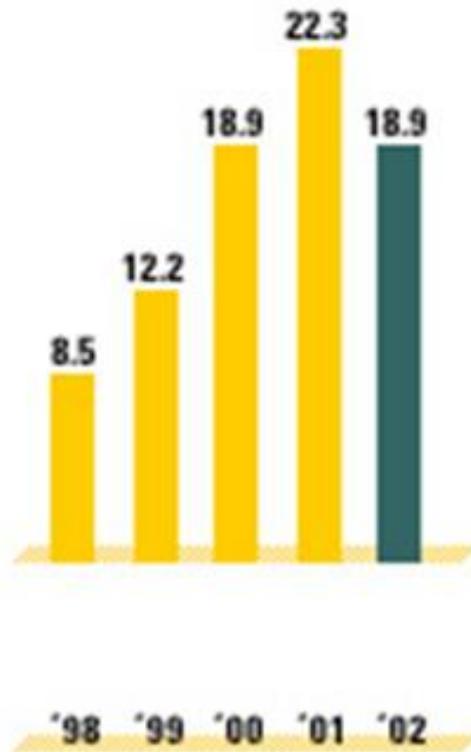
钱伯斯的实际做法

当思科2001年处于艰难时刻，钱伯斯提出大胆的重组计划：

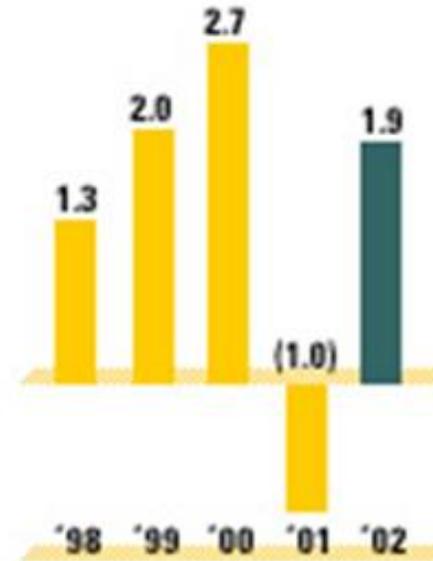
1. 将22亿美元存货撇帐，裁减8500员工（占16%）。此举令矽谷和华尔街错愕。
2. 改变过去以**产品为中心**的事业部制，把公司分为前后两大组织，一个是以销售为主的销售组，一个是以工程、研发为主的工程组，在工程组下面又分为11个新技术部门。
3. 新结构有两大优势：一是能减少不必要的产品和资源重叠，使企业更贴近客户的需求；二是有助于增进团队精神，企业反应更灵敏，应对更周到。

实际效果

Net Sales
(Dollars in billions)



Net Income (Loss)
(Dollars in billions)



Recap

1. 问题与模型
2. Excel求解（电子表格模型）
3. 敏感性分析
4. 案例：思科公司

课堂讨论

1. 怎样建立盈亏平衡模型？
2. 如何求解？
3. 前面盈亏平衡模型中隐含了哪些假设条件？

实践课问题

1. 假如产量与价格的关系(需求曲线): $p = 500 - 2q$, 则
 - a) 总收益(TR)函数是什么?
 - b) 当 q 等于多少时, 总收益最大? 此时总利润是多少?
2. 假设总成本函数为: $TC = q^3 / 3 - 27q^2 + 801q + 1000$
 - a) 做出成本函数图;
 - b) 该成本函数是否合理?
3. 建立并求解盈亏平衡模型, 并回答当 q 等于多少时总利润最大?