



上海交通大学
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



Lecture 5

Functional Test (功能性测试)



提纲

- 边界值测试
 - 等价类测试
 - 基于决策表的测试
 - 测试的效率
-



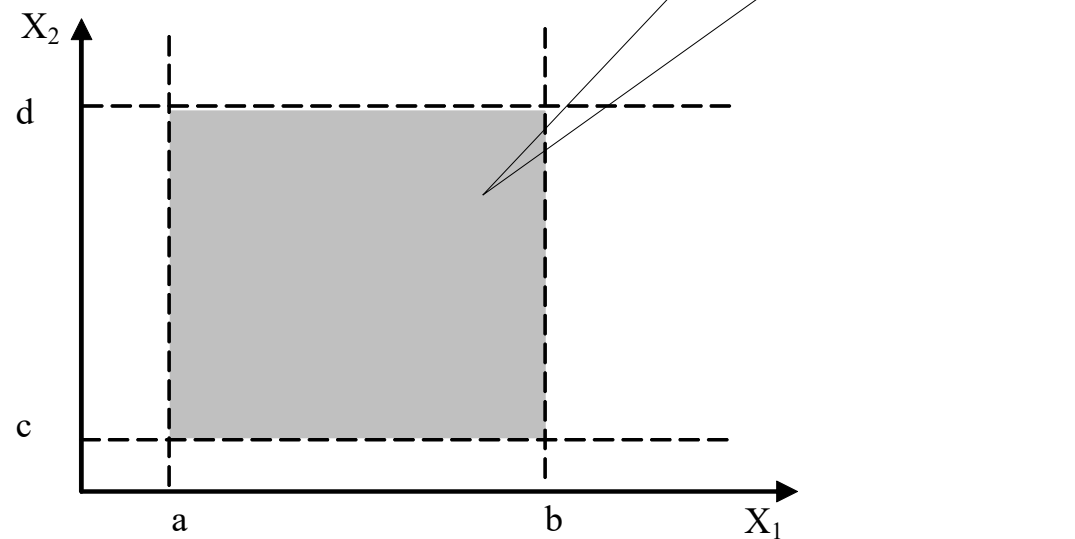
5.1 边界测试

5.1.1 边界值

对于函数: $Y = f(x_1, x_2)$

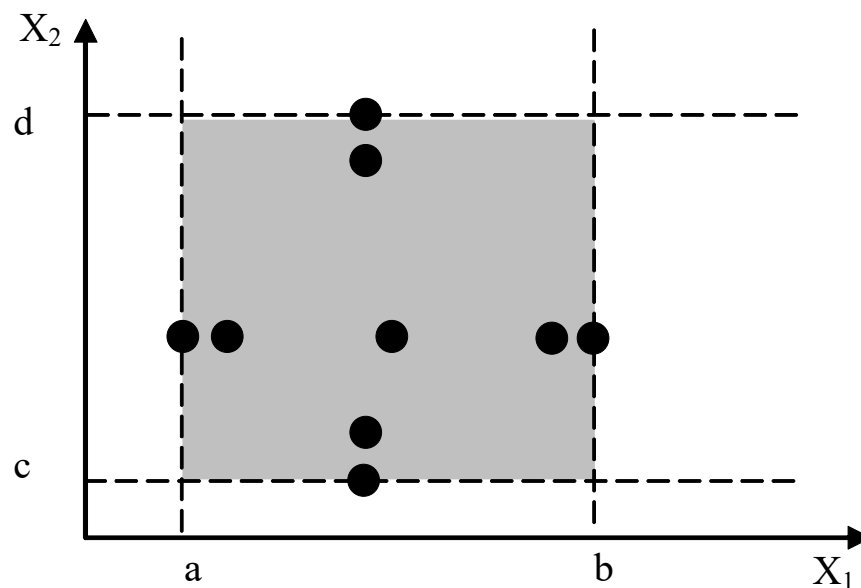
若 $a \leq x_1 \leq b$

$c \leq x_2 \leq d$





- 边界值测试的取值：最小值、略高于最小值、正常值、略低于最高值、最高值。
- 单缺陷假设：失效极少是由2个（或更多）缺陷同时发生引起的。



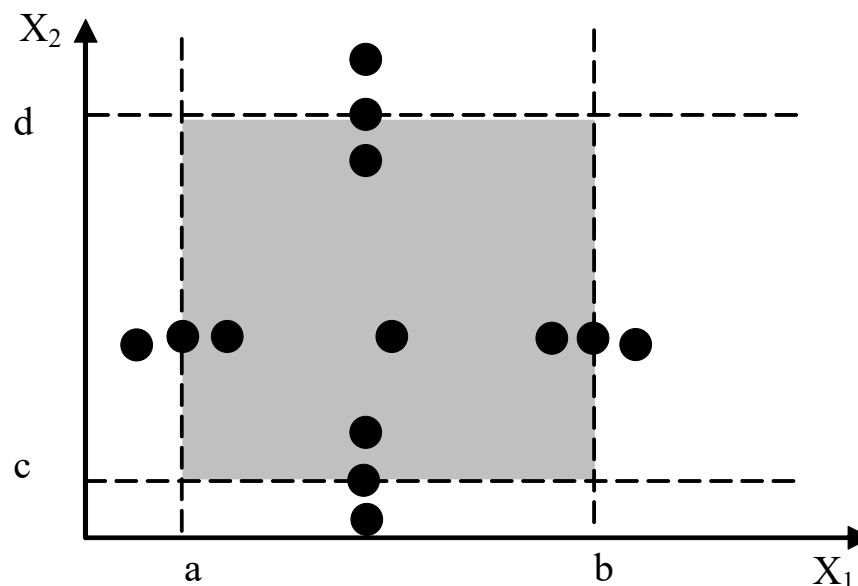
N个变量的测试用例数：4N+1！



健壮性测试

除了5个边界值，再增加一个略小于最小值（min-），一个略大于最大值（max+）。

即：要考虑无效值的输入！



N个变量的测试用例数：6N+1！



最坏情况测试

- 拒绝单缺陷假设，考虑全部边界输入的组合，即各个变量输入的笛卡儿积（多缺陷）。
- 最坏情况测试：N个变量的测试用例： 5^N 。
- 健壮（增加2个无效输入）最坏情况测试：N个变量的测试用例： 7^N

事例：

- 三角形问题 边界值测试：a、b、c三个变量
 - 一般法（边界值）：测试用例= $4 \times 3 + 1 = 13$ 个
 - 最坏情况： $5^3 = 125$ 个
-



随机测试

即使完成边界值的全部测试，也不能发现程序的全部错误，有些错误会存在于非边界值之中。使用随机函数取出测试值，避免了人为的测试偏见。

但是多少测试用例才是充分的？（后面再说明）

何时停止用例生成？

保证每类输出至少有一个。



5.2 等价类测试

划分:互不相交的一组子集,这些子集的并是全集。

1) 弱 (单缺陷) 一般等价类

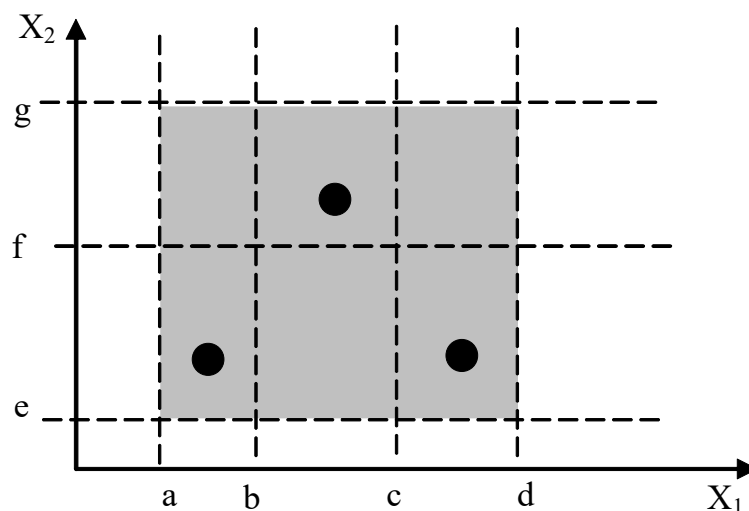
对于函数: $Y = f(x_1, x_2)$

若 $a \leq x_1 \leq d$ 等价区间: $[a,b)$, $[b,c)$, $[c,d]$; $N=3$;

$e \leq x_2 \leq g$ 等价区间: $[e,f)$, $[f,g]$; $M=2$;

覆盖单缺陷

测试数: 取N、
M中的大者。

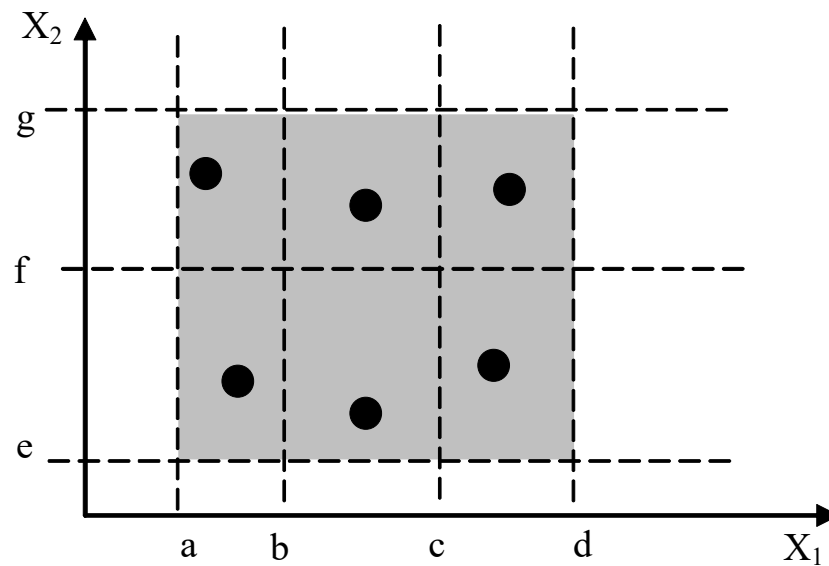




2) 强一般等价类

基于多缺陷假设，考虑不同划分的笛卡儿积。

覆盖多缺陷：测试数 $N \times M$ 。



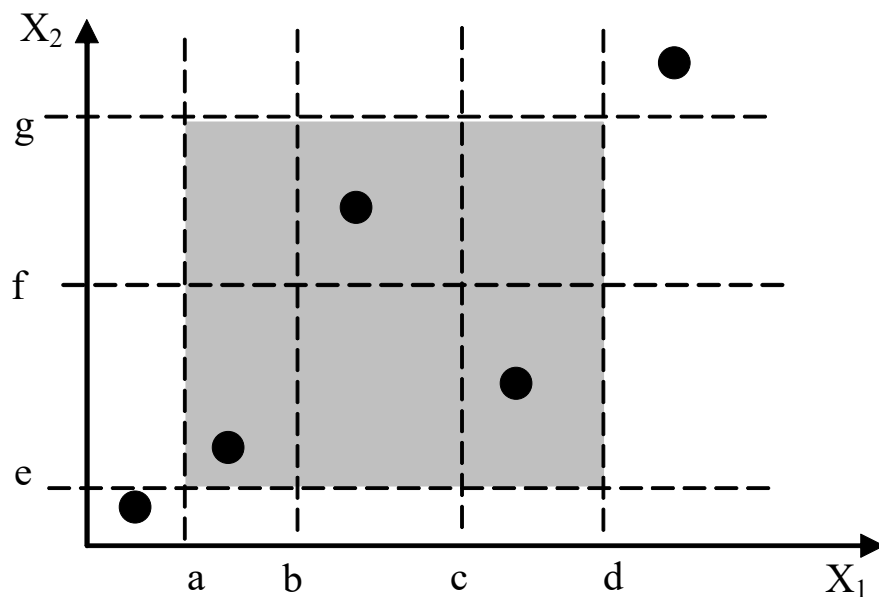


3) 弱健壮等价类测试

弱：单缺陷

健壮：考虑无效值

测试数：取N、M的大者（3）再加无效值（2）。



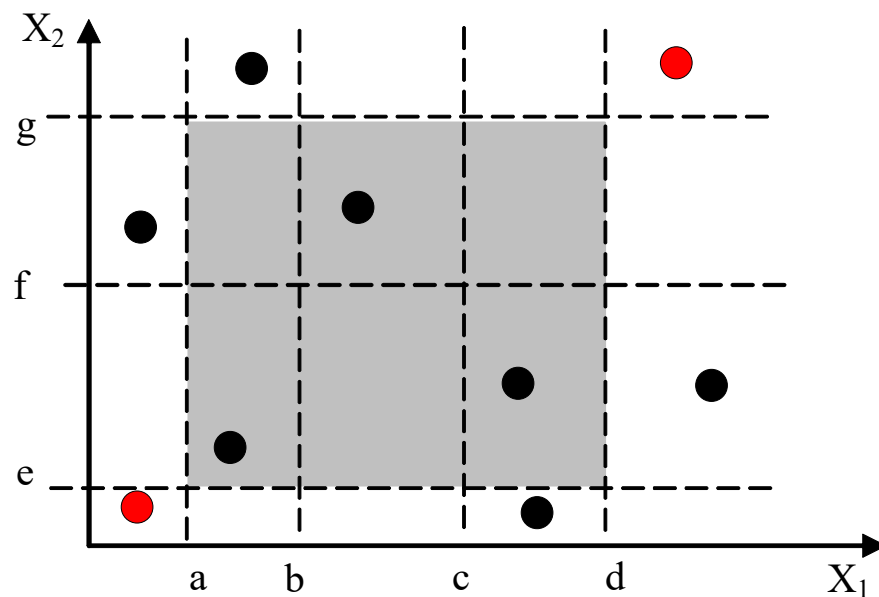


3) 弱健壮等价类测试

弱：单缺陷！

健壮：考虑无效值

测试数：取N、M的大者（3）再加无效值（2X变量个数）。



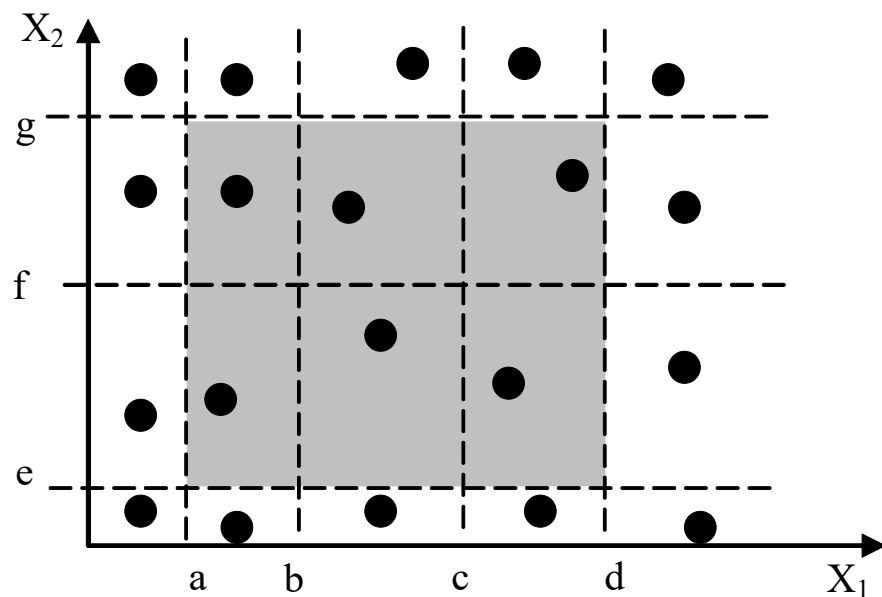


4) 强健壮等价类测试

强：多缺陷组合（笛卡儿积）

健壮：考虑无效值

测试数： $(N+2) \times (M+2)$ 。





总结

两种软件缺陷特征假设：

- 单缺陷假设（弱）
- 多缺陷假设（强）

考虑无效输入

- 健壮性

最坏情况

- 基于多缺陷假设
-



测试实例1：三角形

三角形问题：

- 输入：a,b,c三个边长
- 输出：三角形类型

输出等价类：

- $R1=\{\text{等边三角形}\}$
 - $R2=\{\text{等腰三角形}\}$
 - $R3=\{\text{不等边三角形}\}$
 - $R4=\{\text{非三角形}\}$
-



测试实例1：三角形

四个弱一般等价类测试用例

测试用例	a	b	c	预期输出
1	5	5	5	等边三角形
2	2	2	3	等腰三角形
3	3	4	5	不等边三角形
4	4	1	2	非三角形



测试实例1：三角形

考虑**无效值**的弱**健壮**等价类测试所增加的用例

测试用例	a	b	c	预期输出
1	-1	5	5	a取值小于最小值
2	5	-1	5	b取值小于最小值
3	5	5	-1	c取值小于最小值
4	201	5	5	a取值大于最大值
5	5	201	5	b取值大于最大值
6	5	5	201	c取值大于最大值



测试实例1：三角形

强健壮等价类测试,还要考虑无效值的组合,再增加的用例:

测试用例	a	b	c	预期输出
1	-1	-1	5	a、b取值小于最小值
2	5	-1	-1	b、c取值小于最小值
3	-1	5	-1	a、c取值小于最小值
4	-1	-1	-1	a、b、c取值小于最小值

大于最大值，再增加的用例类似，不再说明。



说明：6个问题实例是需要大家自己阅读理解的。

- 1. 三角形问题**
- 2. NextDate**
- 3. 佣金问题**
- 4. SATM系统**
- 5. 货币转换**
- 6. 挡风玻璃雨刷**

问题？



测试实例2: NextDate



NextDate测试

- 输入：日、月、年
- D1（日）=1~31
- M1（月）=1~12
- Y1（年）=1812~2012



无效等价类:

- M2={月份<1}; M3={月份>12};
 - D2={日期<1}; D 3={日期>31};
 - Y2={年<1812}; Y3={年>2012}.
-



NextDate: 弱一般等价类

用例	月份	日期	年	预期输出
1	6	12	2001	2001年6月13日

弱健壮测试用例:

用例	月份	日期	年	预期输出
1	6	12	2001	2001年6月13日
2	-1	12	2001	无效月份 (负数)
3	13	12	2001	无效月份 (>12)
4	6	-1	2001	无效日期 (负数)
5	6	31	2001	无效日期 (>31)
6	6	12	1811	无效年份 (<1812)
7	6	12	2013	无效年份 (>2012)



NextDate: 弱一般等价类

- **强健壮等价类测试**需要考虑**无效值的组合**,不再进一步说明.
 - 但事实上,我们还可以进一步的分析,月份还有大月(31天)、小月(30天)、2月(28天)之分;日期有29、30、31的边界;而年还有平年和闰年之分;
 - 月={6, 7, 2}; 日={14, 29, 30, 31},
 - 年={1996、2000、2002};
 - 大家可以重新考虑弱等价类, 强等价类, 强健壮等价类的测试用例生成。
-



5.3 基于决策表的测试

桩部分

决策表有四个部分:桩部分;条目部分;
条件部分; 行动部分。

桩	规则1	规则2	规则3、 4	规则5	规则6	规则7、 8
c1	T	T	T	F	F	F
c2	T	T	F	T	T	F
c3	T	F	—	T	F	—
a1	X	X		X		
a2	X				X	
a3		X		X		
a4			X			X

条目部分



5.3 基于决策表的测试

决策表有四个部分:桩部分;条目部分;条件部分;
行动部分。

桩	规则1	规则2	规则3、4	规则5	规则6	规则7、8
条件部分	c1	T	T	T	F	F
	c2	T	T	F	T	T
	c3	T	F	—	T	F
行动部分	a1	X	X		X	
	a2	X				X
	a3		X		X	
	a4			X		



为了使用决策表标识测试用例,可以把条件看作输入,把行动看成输出。仍以三角形问题为例,进行说明。

c1:a,b,c 构成三角形	N	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
c2: a=b?	—	Y	Y	Y	Y	N	N	N	N
c3: a=c?	—	Y	Y	N	N	Y	Y	N	N
c4: b=c?	—	Y	N	Y	N	Y	N	Y	N
a1: 非三角形	X								
a2: 不等边三角形									X
a3: 等腰三角形					X		X	X	
a4: 等边三角形		X							
a5: 不可能			X	X		X			



如果条件换成：

- $c1: a < b + c;$
- $c2: b < a + c;$
- $c3: c < a + b;$
- $c4: a = b;$
- $c5: a = c;$
- $c6: b = c;$

构造决策表的方法是一样的



例2: Nextdate 函数测试

第一次尝试，等价类如下：

M1 = {月: 有30天};

M2 = {月: 有31天};

M3 = {月: 2月};

D1 = {日: 1~28};

D2 = {日: 29};

D3 = {日: 30};

D4 = {日: 31};

Y1 = {年: 闰年};

Y2 = {年: 平年}。



条件		
c1 : 月在M1中 ?		
c2 : 月在M2中 ?		
c3 : 月在M3中 ?		
c4 : 日在D1中 ?		
c5 : 日在D2中 ?		
c6 : 日在D3中 ?		
c7 : 日在D4中 ?		
c8 : 年在Y1中 ?		
a1 : 不可能		
a2 : NextDate		

共有 $2^8=256$
条规则 !



第二次尝试，注意力集中在闰年问题上

- $M1 = \{\text{月: 有30天}\};$
- $M2 = \{\text{月: 有31天}\};$
- $M3 = \{\text{月: 2月}\};$
- $D1 = \{\text{日: 1~28}\};$
- $D2 = \{\text{日: 29}\};$
- $D3 = \{\text{日: 30}\};$
- $D4 = \{\text{日: 31}\};$
- $Y1 = \{2000\};$
- $Y2 = \{\text{年: 闰年, 而且非世纪年}\};$
- $Y3 = \{\text{年; 平年}\}。$



第二次测试，主要考虑闰年问题

	1	2	3	4	5	6	7	8
c1:月份在	M1	M1	M1	M1	M2	M2	M2	M2
c2:日期在	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
c3:年份在	—	—	—	—	—	—	—	—
规则数	3	3	3	3	3	3	3	3
a1:不可能				X				
a2:日期增1	X	X			X	X	X	
a3:日期复位			X					X
a4:月份增1			X					?
a5:月份复位								?
a6:年增1								?



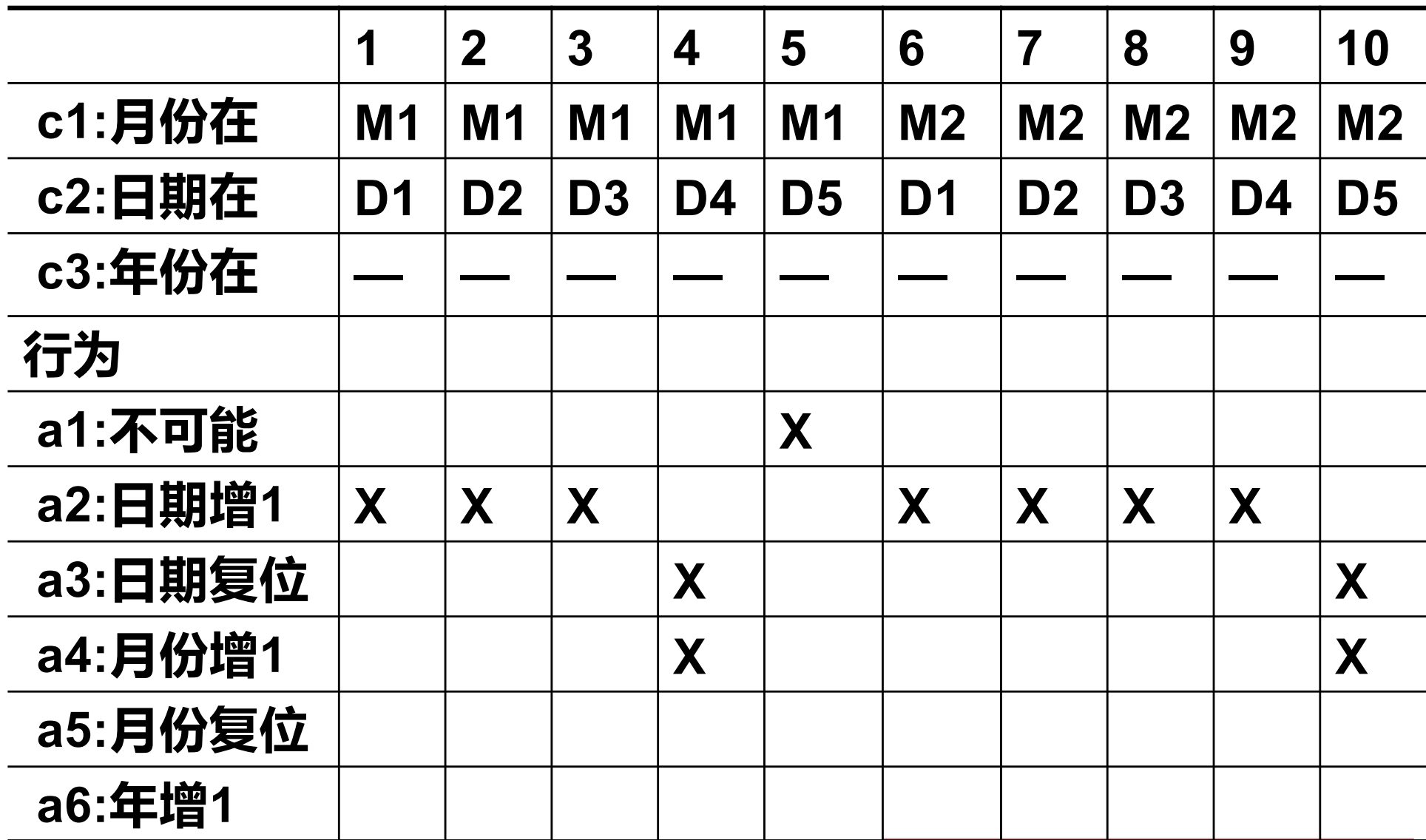
续表，共36个测试规则！

	9	10	11	12	13	14	15	16
c1:月份在	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3	M3
c2:日期在	D1	D1	D1	D2	D2	D2	D3	D4
c3:年份在	Y1	Y2	Y3	Y1	Y2	Y3	—	—
规则数	1	1	1	1	1	1	3	3
a1:不可能						X	X	X
a2:日期增1	X	X						
a3:日期复位			X	X	X			
a4:月份增1			X	X	X			
a5:月份复位								
a6:年增1								



第三次尝试，对2月的27进行特别划分：

- $M1 = \{\text{月: 只有30天}\};$
 - $M2 = \{\text{月: 有31天, 12月除外}\};$
 - $M3 = \{\text{月: 12月}\};$
 - $M4 = \{\text{月: 2月}\};$
 - $D1 = \{\text{日: 1~27}\};$
 - $D2 = \{\text{日: 28}\};$
 - $D3 = \{\text{日: 29}\};$
 - $D4 = \{\text{日: 30}\};$
 - $D5 = \{\text{日: 31}\};$
 - $Y1 = \{\text{年: 闰年}\};$
 - $Y2 = \{\text{年: 平年}\}。$
-





共22条测试规则

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
c1:月份在	M3	M3	M3	M3	M3	M4	M4	M4	M4	M4	M4	M4
c2:日期在	D1	D2	D3	D4	D5	D1	D2	D2	D3	D3	D4	D5
c3:年份在	—	—	—	—	—	—	Y1	Y2	Y1	Y2	—	—
行为												
a1:不可能										X	X	X
a2:日期增1	X	X	X	X		X	X					
a3:日期复位					X			X	X			
a4:月份增1								X	X			
a5:月份复位					X							
a6:年增1					X							



进一步，我们考虑等价类的合并

	1~3	4	5	6~9	10	11~14
c1:月份在	M1	M1	M1	M2	M2	M3
c2:日期在	D1,D2,D3	D4	D5	D1,D2,D3,D4	D5	D1,D2,D3,D4
c3:年份在	—	—	—	—	—	—
行为						
a1:不可能			X			
a2:日期增1	X			X		X
a3:日期复位		X			X	
a4:月份增1		X			X	
a5:月份复位						
a6:年增1						



共13个测试规则,具体测试用例(略)

	15	16	17	18	19	20	21,22
c1:月份在	M3	M4	M4	M4	M4	M4	M4
c2:日期在	D5	D1	D2	D2	D3	D3	D4,D5
c3:年份在	—	—	Y1	Y2	Y1	Y2	—
行为							
a1:不可能						X	X
a2:日期增1		X	X				
a3:日期复位	X			X	X		
a4:月份增1				X	X		
a5:月份复位	X						
a6:年增1	X						

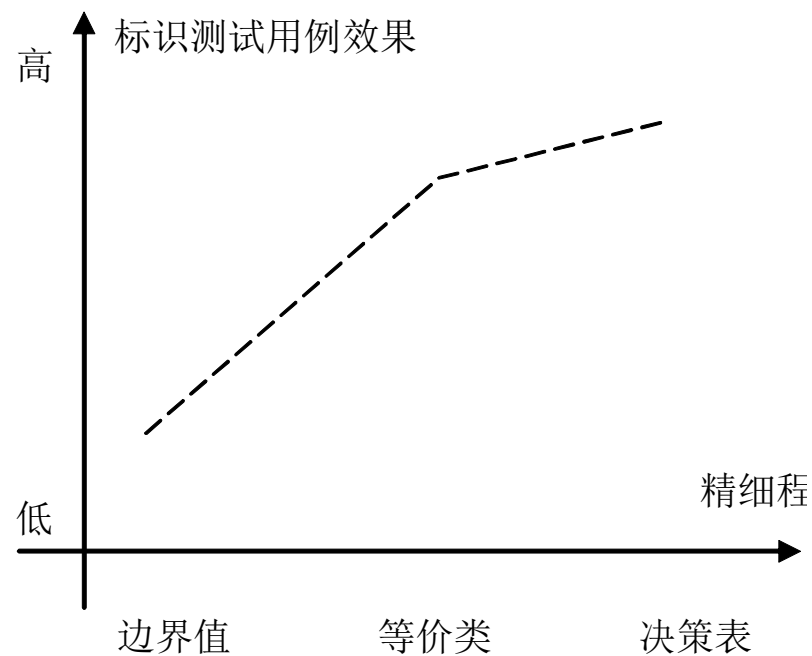
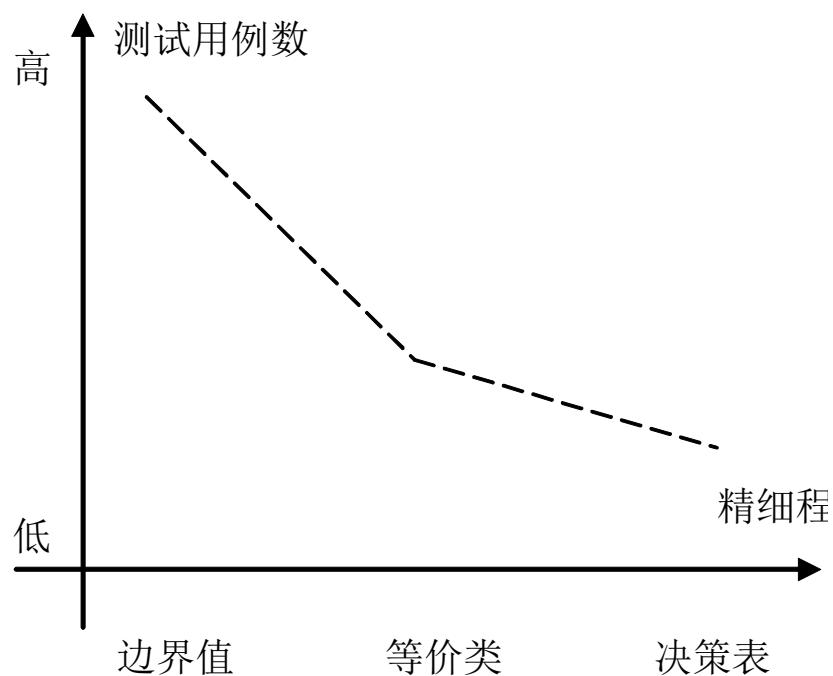


- 从第一次的256个测试规则到现在的13个测试规则，测试等价类的完备性是一样的。
- 换言之，从决策表测试方法，我们可以充分地认识到，测试用例越多，并不能增加测试的完备性。而通过分析与合并，使用尽可能少的测试用例来达到测试完备性要求，正是测试技术研究的核心内容和目标。



5.4 测试的效率

从前面的介绍,我们显然可以得到以下的结论:





- 软件测试技术研究的目标:使用尽可能少的测试用例,发现尽可能多的软件错误。提高测试的效率。
- 有关测试效率的问题, 在后续的章节中还要多次提到。



功能测试的指导方针

- 如果变量引用的是物理量，可采用边界值分析和等价类测试；
 - 如果变量是独立的，可采用边界值分析和等价类测试；
 - 如果变量不是独立的，可采用决策表测试；
 - 如果可保证是单缺陷假设，可采用边界值分析和健壮性测试；
 - 如果可保证是多缺陷假设，可采用最坏情况测试、健壮最坏情况测试和决策表测试；
 - 如果程序包含大量例外处理，可采用健壮性测试和决策表测试；
 - 如果变量引用的是逻辑量，可采用等价类测试和决策表测试。
-