原问题可分解为三个子问题：

（1）把金片A及B移到2号钢针上的双金片移动问题。[(1,1,1)→(1,2,2)]

（2）把金片C移到3号钢针上的单金片移动问题。[(1,2,2)→(3,2,2)]

（3）把金片A及B移到3号钢针上的双金片移动问题。[(3,2,2)→(3,3,3)]

本原问题：是可直接求解或具有已知解答的问题。

问题归约表示由三部分组成：

（1）初始问题描述　[（111），（333）]

（2）把问题变换为子问题的操作符—问题归约算符

移动A、B → 2 等

（3）本原问题描述　如：[（122）→（322）]

1. 4 博弈树的启发式搜索

1. “二人零和、全信息、非偶然” 博弈

轮流走步，一方赢，一方输；和局；

双方信息完备

不存在“碰运气”

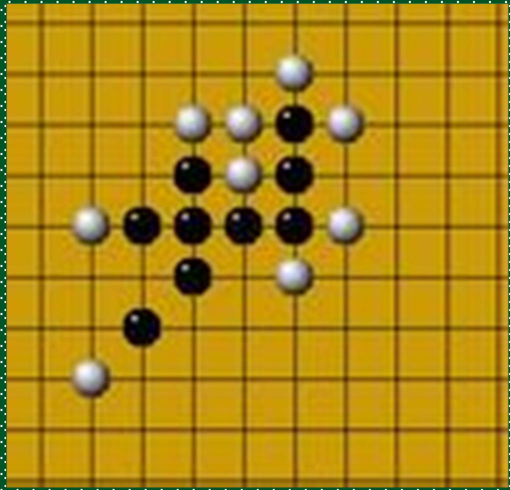
西洋跳棋、
国际象棋、
中国象棋

2. 站在其中一方，比如A方

供自己选择的方案　　　　“或”

供B方选择的方案　　　　“与”

3. 博弈树特点：



（1）初始状态是初始节点；

（2）“或”节点和“与”节点逐层交替出现的；

（3）整个博弈过程始终站在某一方的立场上，所有能使**自己一方 获胜的终局**都是本原问题，相应的节点是**可解节点**；

所有使对方获胜的终局都是不可解节点。

中国象棋：

一盘棋平均走50步，总状态数约为10的161次方。

假设1毫微秒走一步，约需10的145次方年。

不可能考虑完整的搜索策略

实用策略：阶段搜索，提取一步好棋

4 极大极小分析法

基本思想：

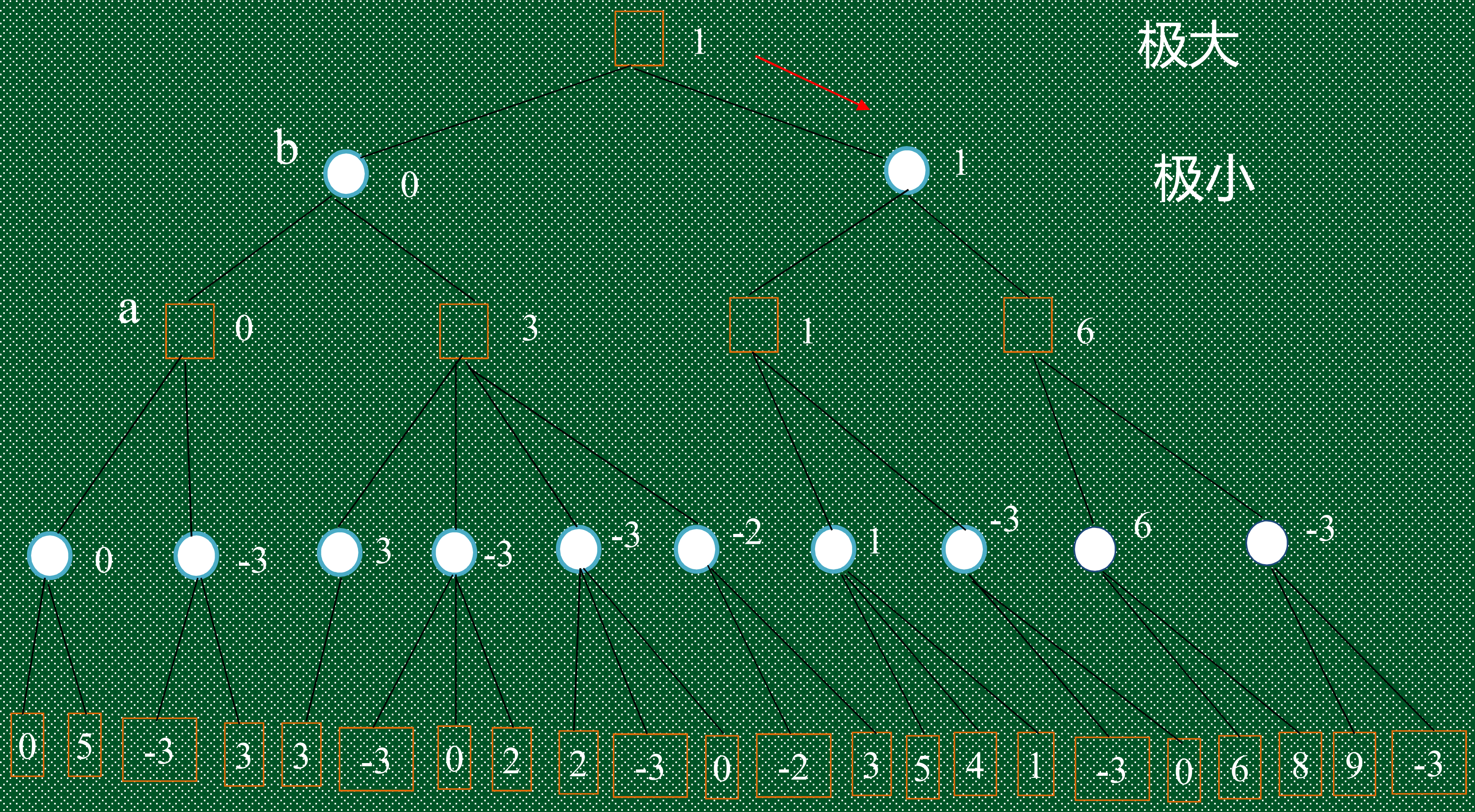
1）为其中一方选择最优行动方法；

2）要考虑每一方案实施后对方所要采取的行动，并计算可能的得分；

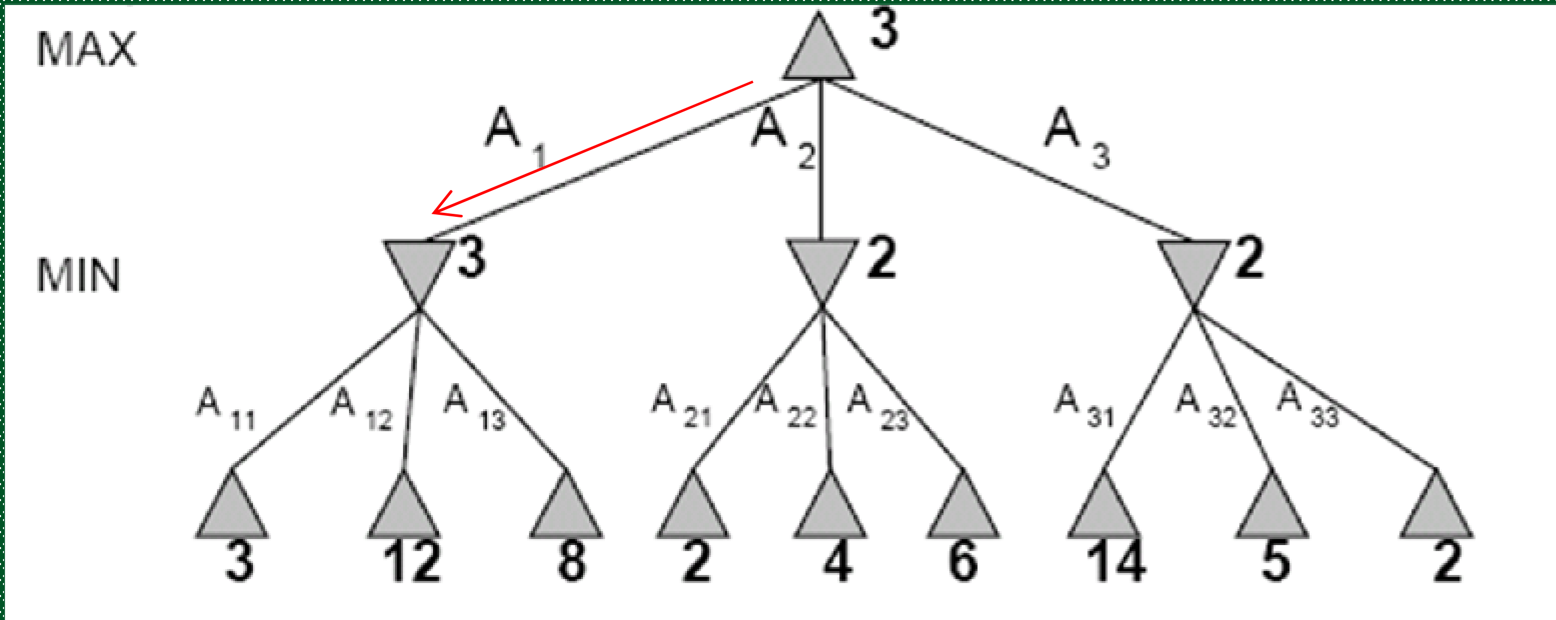
3）根据问题的特性信息定义评价函数；

4）端节点的估值计算出后，再推算出父节点的得分。
或节点，选择子节点中**最大得分（MAX）**作为父节点的得分；
与节点，选择子节点中**最小得分（MIN）**作为父节点的得分；

5）若一个方案能获得较大的倒推值，就是当前最好的行动方案。



极大
极小
1
b
0
1
a
0
3
1
6
0
-3
3
-3
-3
-2
1
-3
6
-3
0
5
-3
3
3
-3
0
2
2
-3
0
-2
3
5
4
1
-3
0
6
8
9
-3



MAX
3
A 1
A 2
A 3
MIN
3
2
2
A 11
A 12
A 13
A 21
A 22
A 23
A 31
A 32
A 33
3
12
8
2
4
6
14
5
2

例：一字棋游戏。设有一个三行三列的棋盘，如下图所示，两个棋手轮流走步，每个棋手走步时往空格上摆一个自己的棋子，谁先使自己的棋子成三子一线为赢。设A方的棋子用a标记，B方棋子用b标记。

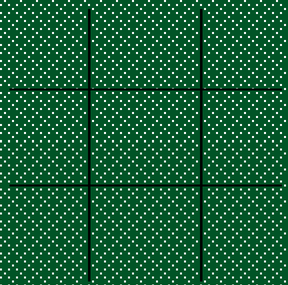
解：规定估价函数e(P)：

若 P是 A的必胜局， 则 $e(P)= +\infty$ ；

若 P是 B 的必胜局， 则 $e(P)= -\infty$ ；

若P是胜负未定局，则

$$e(P)= e(+P) - e(-P)$$



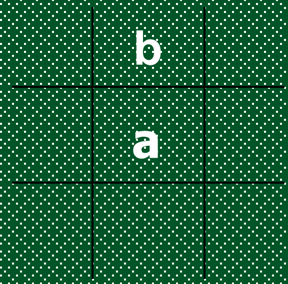
一字棋棋盘

e(+P) ：棋局 P上有可能使a 成三子一线的数目；

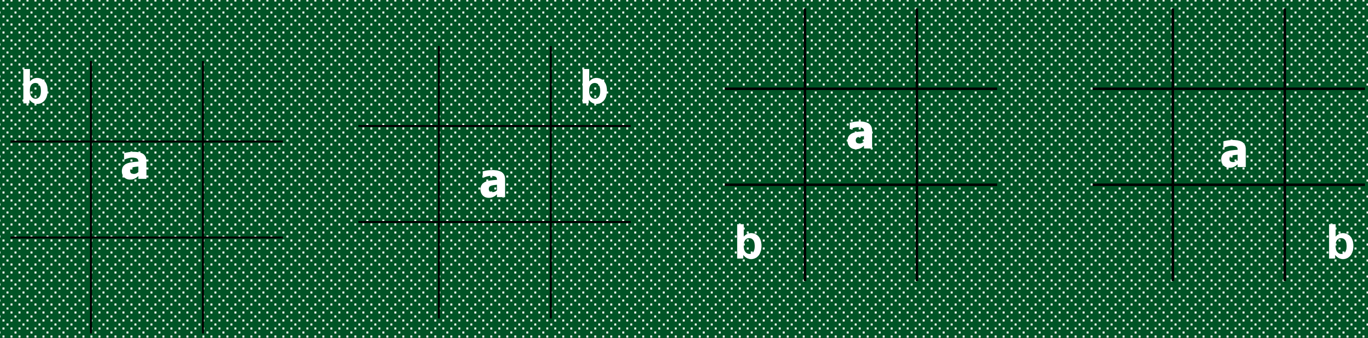
e(-P)： 棋局 P上有可能使 b成三子一线的数目。

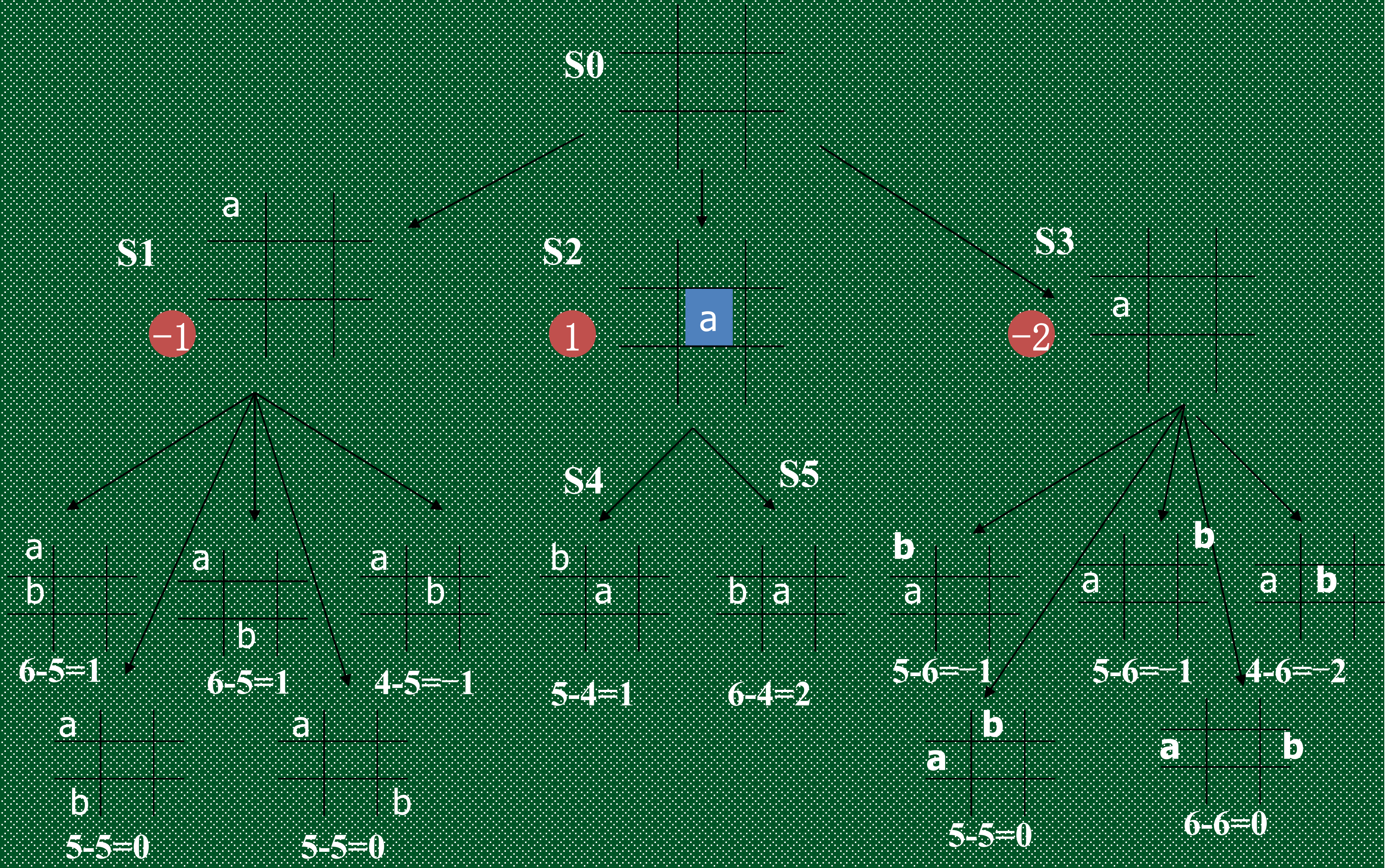
对右图所示的棋局有估价函数值

e(P)＝6−4＝2



具有对称性的棋局认为是同一棋局。




S0
S1
S2
S3
−1
1
−2
a
S4
S5
b
6-5=1
6-5=1
4-5=−1
5-4=1
6-4=2
5-6=−1
5-6=−1
4-6=−2
5-5=0
5-5=0
5-5=0
6-6=0

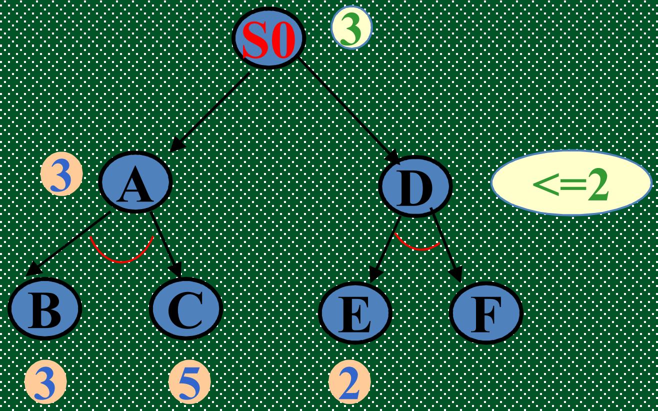
请同学们按下暂停键，进行例题练习：

要点：

1. 博弈树搜索的与或轮流
2. 整个博弈树搜索的阶段搜索过程
3. 理解当前最佳走步
4. 理解极大极小搜索过程

5 α-β剪枝

边生成节点边对节点估值，从而剪去一些没用的分枝



与节点：子节点中的最小倒推值的上界，β。

或节点：子节点中的最大倒推值的下界，α。

α-β 剪枝的一般规律：

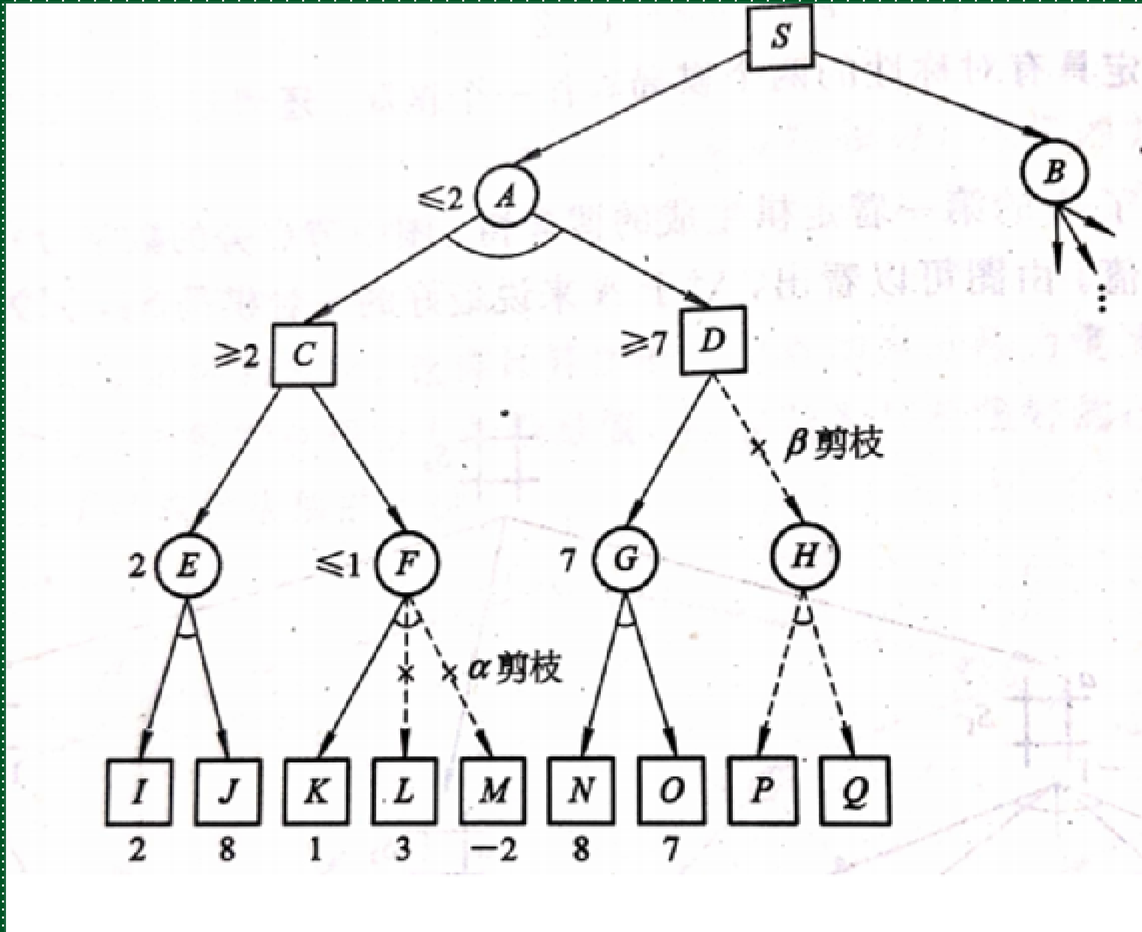
祖先节点的α值≥后辈节点的β值时，α剪枝

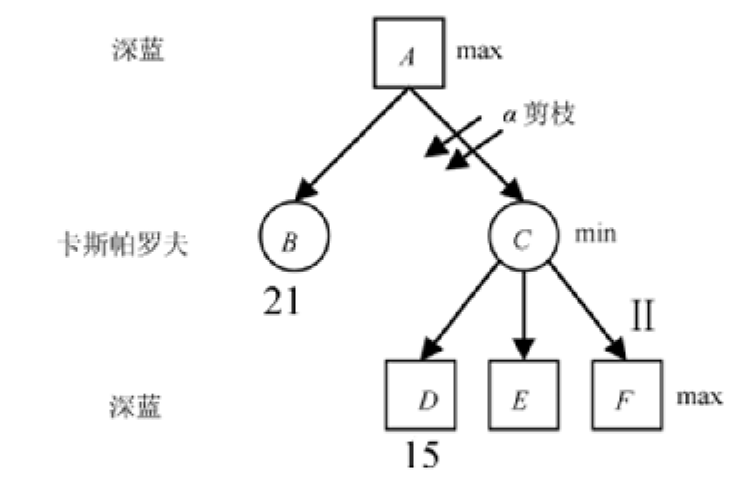
后辈节点的α 值≥祖先节点的β值时，β剪枝

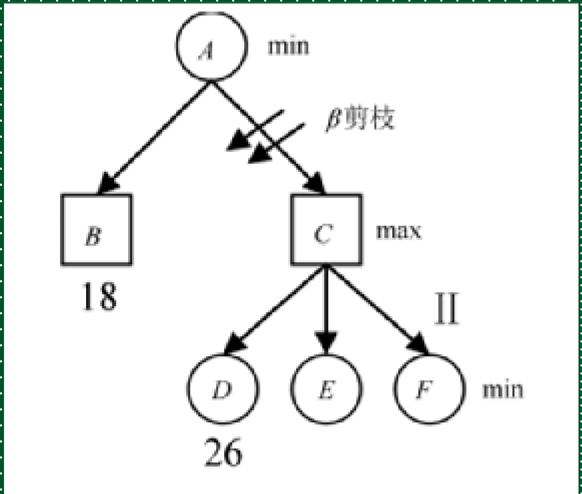
简记为：

极小≤极大，剪枝　α 值永不下降

极大≥极小，剪枝　β值永不上升


S
A
B
≤2
C
≥2
D
≥7
β剪枝
E
2
F
≤1
G
7
H
α剪枝
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
2
8
1
3
−2
8
7


深蓝
A
max
α剪枝
卡斯帕罗夫
B
C
min
21
II
深蓝
D
E
F
max
15


A
min
β剪枝
B
C
max
18
II
D
E
F
min
26