第3卷第2期　经济学(季刊)　Vol.3,No.2
2004年1月　China Economic Quarterly　January,2004

轮流拍卖在公共资源配置中的应用
——兼与讨价还价模型比较

柯荣住　方汉明*

摘　要　本文提出了一种将轮流拍卖应用于公共资源配置的机制。通过让最低标价的成员最先使用公共资源这样一种简单的配置办法,本文提出的新机制鼓励更有耐性的成员选择等待而得到更高回报,相对于平均分配和随机分配(抽签),可以明显地提高资源的配置效率。本文还比较了在不同的环境参数下,第一价格拍卖规则和第二价格拍卖规则的有效性和适用性问题。这些结论同时也为特定环境下讨价还价和拍卖的比较提供一个研究思路。

关键词　轮流拍卖,讨价还价,公共资源

一、导　　言

在一个经典的公地悲剧故事里(哈丁,1968),因为一片公共草原上每个牧羊人所承担的养羊的私人边际成本低于社会边际成本,公地使用的非排他性导致对整个草原来说,总的羊的数量会超过社会最优水平从而导致公地的过度使用。这个例子也用来说明其他的公共场合里的"过度进入"或拥挤问题(例如公园等);以及另外的由于私人边际成本高于社会边际成本导致的公共资源的供给不足问题,典型的如堤坝、公共道路等。针对这些问题,经济学家已探讨了几种解决方案。

第一种被广泛接受的方案是私有化。这个方案在许多理论文献和实际操作中被认为是最有效的方案(Demsetz,1976;Smith,1981),它可以彻底用于解决产权边界模糊带来的外部性,从而让每个人的私人边际成本和私人边际收益相等,同时在均衡条件下,正如新古典经济学所描述的那样,社会帕累托最优也能实现。[1] 但是这种方案的缺陷是它会带来产权界定成本,例如要在牧地上树起篱笆,如果不筑篱笆则需要有人看管,以防不受欢迎的侵入者,这种成本在有些场合是非常高昂的,所以在产权经济学的一个重要学者看来(张五常,1971),所谓的产权清晰无非是产权界定成本和产权界定的收益的

* 柯荣住,浙江大学经济学院,北京大学工商管理研究所;方汉明,耶鲁大学经济系。通讯作者及地址:柯荣住,北京大学工商管理研究所,100871;电话:(010)62756257;E-mail:krz@gsm.pku.edu.cn。本文是第一作者在有关标会等方面的研究的一个延续。作者感谢张维迎、汪丁丁的评论以及钟鸿钧、陈志俊、汪天喜和丁利等对本文的富有启发意义的意见,同时,感谢《经济学季刊》的审稿人对文章的重要评论和建议。

[1] 在土地等可分公共资源上,达斯古塔和希尔(Dasgupta & Heal,1979)说:一旦私有财产权被引进可耕地或牧地,资源不再是公共财产,问题立刻就解决了。

一个折衷，它已经由交易费用决定了。也正因此，许多赞同私有化的人认为，问题的关键不是在于要不要私有化，而在于如何私有化，因为成功的制度不在于它是否私有化了，而在于能不能以一个较低的成本来实现真正的私有化。但无论如何，对于技术上可分的公共资源，私有化可以作为最低限度的非合作措施而被保留。

第二种方案是将草原卖给一个公司，牧民成为公司的员工。公司确定一个草原的最佳负荷量即羊的数量，使得总边际成本和总社会边际收益相等，这时候外部性也将消失。而牧民的收入不是直接来自草原而是来自公司提供的报酬，每个牧民将根据公司所确定的计划产量来饲养羊只。和第一种方案比，这个方案没有私有化的成本（如何把草原卖到好价钱可以由市场竞争决定，拍卖或者讨价还价都是一种办法），草地无需瓜分。但是它带来的新问题是，由于每个牧民现在成为公司的代理人，他们养羊的积极性就会打折扣，从而会影响公司的效率和绩效，甚至使得公司最后的产量水平仍然不得不偏离帕累托最优水平，代理成本替代了产权界定成本。另外一个明显的缺陷是，这种方案需要依赖于外部的公司，假如没有一个合适的公司组织存在，那么该方案就无法进行。实际上，在很多有公共产品的场合，寻找能买得起的、有足够的管理经营能力的外部公司是一件颇不容易的事情。

作为第二种方案的替代，第三种方案可以不依赖于外部的公司。它是由全体牧民组成一个合作社，由集体决策决定最后的产量以及利益的分配，例如采取股份制的形式让全体牧民参股。这种方案的好处是节约了寻找外部公司的成本以及将草地定价的成本，但是这种方案的缺陷也是明显的。在一个团队化的生产组织内部，如果要阻止成员偷懒，监督成本极其高昂；而如果没有监督，团队生产可能是低效率的（Alchian & Demosats，1980；Holmstrom，1982a），这个结论已经为人们所熟悉。所以，如果第三种方案能够实施的话，那么它的使用范围可能也很有限，可能在一个群体规模比较小，同时群体决策可以在另外的诸如政治权威而非集体的讨价还价为依托的情形下更为可能。

以上是自主决策的方案，如果引进政府的规制，问题又如何？一般的手段是征税，这也即著名的皮古税，或者可以采取交易的许可证和配额制度。但是，如我们所知，自从科斯（1961）的开拓性论文问世以来，税收导致的扭曲和低效率已经广为人知。如果采取可交易的许可证制度，问题是，在一个平等的群体内，谁来出售许可证，许可证的收入如何分配和使用？许可证

[2] 例如在两个人的情况下（多人情形也同样），谁来出售许可证？如果用拍卖，那么谁是买主？拍卖得来收入在两人中如何分配？在这里不得不引入一个局外人。但是这个局外人的出现究竟是提高了整体的福利还是降低了社会的福利并不是注定的。一个有趣的寓言故事说，两只小熊为分饼不均而争执，它们请来了一只狼外婆，狼于是在小熊认为是更大的一块上咬了一口，结果大的就变成小的了，还是不均；于是狼又在这时候相对更大的一块咬一口，结果原来小的又变成相对大的了，……如此等等。直到两边都所剩无几（无差别地等于0）。从某种意义上说，政府在公共资源的分配中有时候就充当了这样一种狼外婆的角色。

交易在很多时候可能不可实施。如果是采取管制，又会导致的寻租问题。如果实行配额制度，困难就出在如何决定配额上，绝对平均主义的配额肯定是低效的，但是如果不实施绝对的平均主义，那么又要根据什么做出决策？这里要解决两个问题：一方面，一个有效的机制不是根据贿赂而是根据效率原则来决定配额，因此它必定是容易监督从而杜绝代理人和管制者勾结的可能；另外一方面，该机制必须能够诱使人们真实地显示他的信息。设计和实施这样的机制并非易事（诸如公共产品提供中的格罗夫斯—克拉克机制）。

更为困难的问题可能是，当某些公共资源例如公共湖泊等不可分资源在技术上不可能私有化（或不可行）的时候，私有化作为一个最后的保留手段也将不起作用。寻找更好的替代方案是人们正在探索的问题。按照奥斯特罗姆（Ostrom，1994，2000，2001 等）的看法，小规模社会的集体行动可能产生某些有效的自治决策，她主张应该重复尊重和重视社区自发形成的秩序和制度创新的作用。然而，如人们所知，集体行动需要讨价还价，讨价还价成本过高会导致集体行动的失败。理论上有效率的规则可能是复杂的，但复杂的规则不容易被掌握；简单的规则容易掌握但是可能导致了部分效率损失。因此，尽管奥斯特罗姆（Ostrom，1990）提供了实际例子并概括出社区自发形成的秩序得以实施的一些原则（这些原则无异非常有助益），但是需要进一步努力的是，我们希望能够更为详尽地论证在某个原则或者规则下人们的策略性行为以及由此导致的均衡和均衡所对应的经济效率。

幸运的是，与人们对实际的制度与政策分析相平行，理论家已经对从现实中抽象出来的特定规则安排下的策略性行为做了大量的研究，尽管这些模型或多或少受到人们的批评。拍卖和讨价还价这种人类最古老的习惯已经成为了现代经济学最热门的研究课题之一（Milgrom，2000），也已经有人比较了这两种制度的差异和后果（Jeremy and Kerempler，1996）。不过，不对称信息下的讨价还价问题似乎显得更为复杂，即使在 Rubinstein（1982）的模型中，一旦将个人的贴现率看做私人信息，分化问题（分饼博弈）的求解就变得很困难（Rubinstein，1990；Kennan and Wilson，1993）。在本文中，我们正是要提出一种解决这种困难的机制，用相互拍卖的方式处理私人信息环境下的分化问题，并且探索该规则下人们的均衡行动以及该机制和其他各种机制的效率差异。同时，经过理论上的规范论证以后，这种机制可以广泛地用于许多可分或者不可分的公共资源的配置以及排队规则的设计等场合。[3]

于是，本文分成五个部分，在接下的第二部分，处理两人参与的情形，并推导其均衡的策略；第三部分将模型推广到 N 个人情形并处理资源随着时

[3] 在现实中，类似的机制曾经被广泛地应用于农民之间在资金方面的互助（Ardener，1964；Besley，et al，1992，1996；Crawford，1987，Kuo，1996；柯荣住，2001 等等），并且被某些学者认为，无论在传统社会还是现代的发展中国国家，它都是能有效地显示人们的私人信息的制度之一。

间发生变化时的情形；第四部分处理策略影响间接效用函数并提供制度比较的实例，最后第五部分是基本结论。

二、两人模型

首先考虑两个参与者的情形。两个参与者瓜分一种公共资源（可分的如一个蛋糕，或不可分的如其他任何公共资源），一种办法是采取讨价还价的办法（Rubinstein，1982）[4]，但是讨价还价的均衡结果实际上取决于对讨价还价规则的约定。而且有一点似乎已被确认的是，在不完全信息下，讨价还价达成一致的时间不可避免地要被延迟而不是像完全信息下可以在一开始的时候就达成。既然延迟不可避免，那么为何不直接利用延迟来做为影响策略的激励因素，例如用相互竞标的方法来提供信号显示的激励？这更类似于人们熟悉的拍卖模型。

具体地，假定公共资源的价值对 i 而言每单位是 v_i，这是共同信息，为了不失一般性，标准化为 $v_i=1$。[5] 对于第一个使用资源的人而言，没有不确定性，但是对于等待下一期使用的人而言，可能存在不确定性（例如自然灾害、市场价格波动等等）。考虑类似于第一价格拍卖的规则，谁要求分享的份额少，他就先使用该公共资源，使用的份额恰恰等于他所标的份额 b_i；反之，如果他标价更好，那么他必须等到下一期使用，因此他的预期享用份额将是 $\Delta_i \mathrm{Pr}_i \gamma_i(1-b_j)$，这里 Δ_i 是 i 的贴现因子，Pr_i 是 i 估计的不确定性，γ_i 是外生的资源的再生率。每个变量诸如 Δ_i，Pr_i，或 γ_i 都可以是私人信息，但一般地说，如果我们不能区分它们，那么我们可以整体地把他们看做是与时间偏好相关的私人信息，不妨记 $\Delta_i \mathrm{Pr}_i \gamma_i=\delta_i$（这个预设当然可以得到进一步的处理，在下面第三部分我们将自然增生过程分离出来）。下面正式地提出几种分配规则。

（一）基本博弈规则

第一种博弈规则是第一价格规则，在该规则下，谁标的份额少谁就先实现标的物，其所得的等于他所标的份额；第二个人得到第一个人所余的份额。

---

[4] 已经有大量的文献提及和研究了讨价还价模型，纳什（1953）的工作是一个基础性的开始，Rubbinstein（1982）提出了与此明显不同的讨价还价模型，并被后来者所拓展（Sutton & Shaked，1984，1986），如此等等。但是在不对称信息下，寻找完美贝叶斯均衡无疑是一件艰难的工作，即使不是没有可能。这取决于对讨价还价规则以及模型结构的具体设置，许多文献也构造了精致但并不具有一般性的例子，讨论其中的均衡以及双方的策略问题。但该问题仍然具有挑战性（Rubbinstein，1984，1990；Kennan and Wilson，1993）。

[5] 如果 v_i 是私人信息，那么因为 v_i 独立于时间顺序，这里没有与分配顺序相关的私人信息，很容易知道让更少的资源留给第二期是更好的安排（既然存在贴现）。这种情况下的具体规则的设定，我们在另外的文章中专门论述，它更接近于标准的拍卖模型。

正式地给出定义 1，

定义 1　规则 R1，如果对于 $i, j=1,2(i \neq j)$，支付函数符合，

$$W_i = \begin{cases} b_i & \text{if } b_i < b_j; \\ \dfrac{1}{2} & \text{if } b_i = b_j; \\ \delta_i(1-b_j) & \text{if } b_i > b_j. \end{cases}$$

另外一种博弈规则是第二密封价格投标规则。其定义为：

定义 2　规则 R2，如果对于 $i, j=1,2(i \neq j)$，支付函数符合，

$$W_i = \begin{cases} b_j & \text{if } b_i < b_j; \\ \dfrac{1}{2} & \text{if } b_i = b_j; \\ \delta_i(1-b_i) & \text{if } b_i > b_j. \end{cases}$$

在上述两个规则下，人们可以同时实现配置也即在公共资源的利用上没有计入限制，但是在某些场合公共资源的进入可能有限制，例如过于狭窄的路口、单个水龙头（水井）取水等，这时候即使双方标价相同，也无法在技术上实现同时配置，还必须用抽签等方式来决定使用顺序的先后。另外，即使在技术上没有限制，从制度上也可以对双方的出价相同时的配置做出规定，这种规定在有的时候对均衡有微妙影响。所以我们给出附加修正条款的规则 B1 和 B2，它们要求当双方标价相同时，需要用抽签决定先后顺序。因此，R1 分配规则变成 B1[6]：

定义 3　规则 B1：如果 i 的收益 W_i 决定于：

$$W_i = \begin{cases} b_i & \text{if } b_i < b_j; \\ \dfrac{1}{4}(1+\delta_i) & \text{if } b_i = b_j; \\ \delta_i(1-b_j) & \text{if } b_i > b_j. \end{cases}$$

同样地，在第二价格规则 R2 可以修正成 B2

定义 4　规则 B2：如果 i 的收益 W_i 决定于：

[6] 例如当只有一个自动饮水机时，两个或者两个以上的取水人必须排队。这两种规则的差异很微妙，我们在后面将提及这一问题。但是规则 R 和规则 B 在很多场合的区别不是很重要，尤其在不完全信息下，双方标价相等的概率为 0。

$$W_i=\begin{cases} b_j & \text{if } b_i < b_j; \\ \frac{1}{4}(1+\delta_i) & \text{if } b_i = b_j; \\ \delta_i(1-b_i) & \text{if } b_i > b_j. \end{cases}$$

上述规则相应地也可以推广到 N 个人的情形，第一价格规则要求 N 个人中标价最低的人中标，所得份额等于其所标份额；第二价格规则要求 N 个人中标价最低者中标但所得份额是 N 个人中第二低的出价者所得份额。

（二）密封第一价格规则下的策略

首先我们给出下面一些假定。

假定 A1（SIPV 环境）　双方的耐性在区间 $[\underline{\delta},\bar{\delta}]$ 上独立同分布($\underline{\delta}\geqslant 0$)，分布函数 $F(\delta)$ 是共同信息并且连续可微。

假定 A1 给出的是标准的拍卖文献中的对称独立私人价值环境（SIPV）。

在第一价格规则和假定 A1 下，不妨先假定耐性越高标价越高，即 $b'(\delta)>0$,[7]那么对两个竞争者有 $b_1<b_2 \Leftrightarrow \delta_1<\delta_2$，因而真实类型为 δ 的行为者 1 假装成 $\tilde{\delta}$ 出价 $b(\tilde{\delta})$ 时的支付是

$$V(\delta,\tilde{\delta}) = [1-F(\tilde{\delta})]b(\tilde{\delta}) + \delta\int_{\underline{\delta}}^{\tilde{\delta}}(1-b(s))\mathrm{d}F(s), \tag{1}$$

进而有，

$$\frac{\partial V(\delta,\tilde{\delta})}{\partial\tilde{\delta}} = -f(\tilde{\delta})b(\tilde{\delta}) + (1-F(\tilde{\delta}))b'(\tilde{\delta}) + \delta f(\tilde{\delta})(1-b(\delta)).$$

在对称情形下，$\left.\frac{\partial V(\delta,\tilde{\delta})}{\partial\tilde{\delta}}\right|_{\tilde{\delta}=\delta}=0$，得到一阶条件为：

$$b'(\delta) = \frac{f(\delta)}{1-F(\delta)}[(1+\delta)b(\delta)-\delta]. \tag{2}$$

由此，可以得到以下定理。

定理 1　在规则 B1 和假定 A1 的条件下，惟一的贝叶斯均衡出价为（是 δ 的连续递增函数）（证明见附录）：

---

[7] 如果不是使用了规则 B1，那么我们无法排除 $b'(\delta)\equiv 0$ 的情形，这时候(1/2,1/2)仍然是一个贝叶斯均衡，因此有多重均衡，但在 B1 规则下，我们排除了(1/2,1/2)均衡。感谢张鹏飞注意到作者的这种设置的意义并且建议作者在文中指出这种区别的重要性。

$$\begin{cases} b(\delta) = \dfrac{\bar{\delta}}{1+\bar{\delta}} & \text{if } \delta = \bar{\delta}; \\ b(\delta) = \int_{\underline{\delta}}^{\bar{\delta}} \dfrac{xf(x)}{1-F(x)} e^{\int_x^{\delta} \frac{f(t)}{1-F(t)}(1+t)\mathrm{d}t} \mathrm{d}x & \text{if } \delta \in [\underline{\delta}, \bar{\delta}). \end{cases} \tag{3}$$

定理 1 表明在第一价格规则下，只有惟一的对称策略均衡（3）存在。

从（3）可知，在双方私人信息 SIPV 环境下，每个人的标价不超过 1/2，如果 $\bar{\delta} \leqslant 1$，它小于先动者所标的份额 $\left(\dfrac{\bar{\delta}}{1+\bar{\delta}} \leqslant \dfrac{1}{2}\right)$，但不少于后动者的份额 $\dfrac{\delta}{1+\delta}$。而且和现有讨价还价理论文献的结论一样（Sutton，1986，p. 170），当时间间隔趋于零时，双方的标价一样。

有趣的是，我们可以将定理 1 的结果和不完全信息下的讨价还价解做比较。一般化的结果（Watson，1998）认为每一个参与者得到的收益比最好状态要差（最好状态是自己在最高类型，对方在最低类型），比最差状态要好（最差状态是自己在最低类型，对方是最好类型）。在完美贝叶斯均衡（PBE）集合，即对于第一行动方，支付 $V_1 \in [y(\delta_1^I, \delta_2^P), y(\delta_1^P, \delta_2^I)]$；对于第二行动方 $V_2 \in [\delta_2^I y(\delta_2^I, \delta_1^P), \delta_2^P y(\delta_2^P, \delta_1^I)]$，其中 δ_i^I 是参与者 i 的最低类型而 δ_i^P 是其最好类型，$y(\delta, \delta') = \dfrac{1-\delta'}{1-\delta\delta'}$ 代表在完全信息下惟一的完美贝叶斯均衡解（Rubinstein，1982）。在这里，相应地，δ_i^I 和 δ_i^P 可以确切地理解为 $\underline{\delta}$ 和 $\bar{\delta}$，特别地，当 $\delta \in [0,1]$ 时，可知 $V_1 \in [0,1]$ 和 $V_2 \in [0,1]$。这等于没有提供任何预见！当参与者的类型退化为某个点的时候（相当于共同信息），例如某个点 δ，Watson（1998）认为更正后的完美贝叶斯均衡集将是 $V_1' \in [y(\delta_1^I, \delta_2^P), y(\delta_1^I, \delta_2^*)]$ 和 $V_2' \in [\delta_2^I y(\delta_2^I, \delta_1^P), \delta_2^* y(\delta_2^I, \delta_1^*)]$。将 δ_i^* 代为 δ，因而 $V_1' \in [0, 1-\delta]$，$V_2' \in [0, \delta(1-\delta)]$。和定理 1 的结果相比，我们发现对于类型为 δ 的行为者而言，标价 $b(\delta) \geqslant \dfrac{\delta}{1+\delta} > \delta(1-\delta)$ 严格成立，这意味着标价超出了 PBE 集合的范围。相应的，对于最差类型者 $b(0) > 0$ 也严格成立。这说明 B1 规则下支付的分布是讨价还价下期望结果的真子集。特别是当 $f(x) \geqslant 1$ 时有 $b(0) > 0.287$，此时 B1 规则下的所得严格超出讨价还价下的所得。进一步地，如果考虑讨价还价中复杂的信念更新和延迟问题，比较可能变得困难，但是通过投标可能得到更为确定的结果，同时可能也更有效率。

同时值得指出的是，定理 1 和讨价还价模型一样具有“倾斜效应”（lop-sided effect）。我们发现，即使对于最低类型者，他的标价大于 0 甚至大于 1/4，尽管最高类型者标价不会超过 1/2。这个倾斜效应依赖于具体的博弈规则，我们后面将会看到在第二价格规则下，倾斜效应将会是另外一种方向。

（三）密封第二价格规则下的策略

如果采用第二价格规则，在事中阶段，真实类型为 δ 的行为者 1 假装成 $\tilde{\delta}$ 出价 $B(\tilde{\delta})$ 时的支付是：

$$V(\delta,\tilde{\delta}) = \int_{\underset{\sim}{\delta}}^{\bar{\delta}} B(x)\mathrm{d}F(x) + F(\tilde{\delta})(1 - B(\tilde{\delta}))\delta. \tag{4}$$

对称情形下得到一阶条件是：

$$B'(\delta) = \frac{f(\delta)}{F(\delta)}\left[1 - \frac{(1+\delta)}{\delta}B(\delta)\right]. \tag{5}$$

于是，有以下定理：

定理 2 在 B2 规则和 A1 下，惟一的贝叶斯均衡出价策略为（6），是类型 δ 的连续递增函数（证明见附录）：

$$\begin{cases} B(\delta) = \dfrac{\underline{\delta}}{1+\underline{\delta}} & \text{if } \delta = \underline{\delta}; \\ B(\delta) = \displaystyle\int_{\underline{\delta}}^{\delta} \frac{f(x)}{F(x)} \mathrm{e}^{-\int_x^{\delta}\frac{(1+t)f(t)}{tF(t)}\mathrm{d}t}\mathrm{d}x & \text{if } \delta \in (\underline{\delta},\bar{\delta}]. \end{cases} \tag{6}$$

比较（1）式和（6）式可以发现在第一价格规则下，标价一定不小于 $\frac{\delta}{1+\delta}$，而在第二价格规则下，标价一定不大于 $\frac{\delta}{1+\delta}$。因此在第一价格规则下人们的标的份额比第二价格下要严格地高。图 1 给出均匀分布时两个规则下标价的模拟图，这时两个显示解分别是

$$b(\delta) = \frac{3(1-\delta) + \delta^2 - \mathrm{e}^{1-\delta}}{(1-\delta)^2} \quad \text{和} \quad B(\delta) = \frac{1}{\delta}\mathrm{e}^{\frac{1}{\delta}}\int_0^{\delta}\mathrm{e}^{\frac{1}{s}}\mathrm{d}s.$$

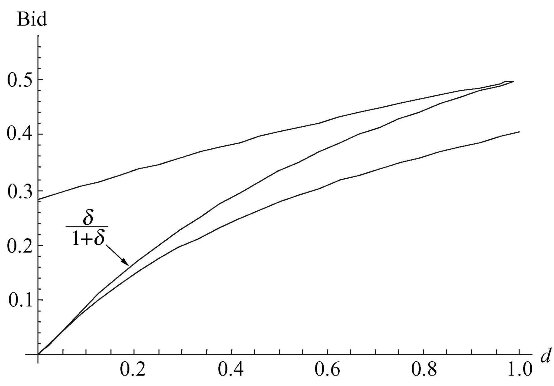

图 1 第一价格规则下和第二价格规则下的标价

（四）效率比较

考虑一下效率等价可能是有意思的。我们先看事中收益，B1 和 B2 下分别为

$$V^{(1)}(\delta) = [1 - F(\delta)]b(\delta) + \delta\int_{\underline{\delta}}^{\delta}(1 - b(x))\mathrm{d}F(x)\text{；} \tag{7}$$

$$V^{(2)}(\delta) = \int_{\delta}^{\bar{\delta}}B(x)\mathrm{d}F(x) + F(\delta)(1 - B(\delta))\delta. \tag{8}$$

因而，

$$\begin{aligned}\Delta V = V^{(1)} - V^{(2)} &= \int_{\delta}^{\bar{\delta}}[b(\delta) - B(x)]\mathrm{d}F(x) - \delta\int_{\underline{\delta}}^{\delta}[b(x) - B(\delta)]\mathrm{d}F(x)\\ &= (1 - F(\delta))[b(\delta) - E\{B(X)/X \geqslant \delta\}\\ &\quad + \delta F(\delta)[B(\delta) - E\{b(X)/X \leqslant \delta\}]].\end{aligned} \tag{9}$$

对（7）和（8）求导，我们可以发现

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\delta}V^{(1)}(\delta) = \int_{\underline{\delta}}^{\delta}(1 - b(x))\mathrm{d}F(x) \geqslant 0, \quad \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}\delta}V^{(2)}(\delta) = F(\delta)(1 - B(\delta)) \geqslant 0\text{；}$$

并且 $\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}\delta}V^{(1)}(\delta) = (1 - b(\delta))f(\delta) \geqslant 0$ 和 $\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}\delta}V^{(2)}(\delta) = f(\cdot)(1 - B(\cdot)) - F(\delta)B'(\delta)) = \frac{B(\delta)}{\delta} > 0$。这意味着事中支付是类型的凸函数。比较在随机分配下事中收益是类型的线性函数 $\frac{1}{4}(1 + \delta)$，我们可以直观地将上述结果图示（如图 2）。斜线随机分配时的事中收益，虚线分别与两种标价制度下的事中收益相切并与 $\frac{1}{4}(1 + \delta)$ 平行。随着类型的增加，在投标制度下，竞价者收益的

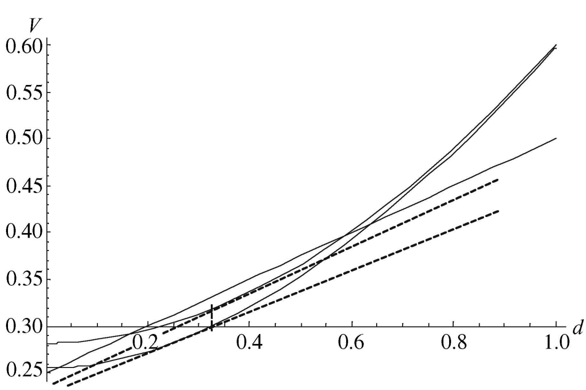

图 2　随机分配和投标的事中收益比较

增加最终会快于随机分配下的收益,尽管在某个阶段可能小于随机分配时的收益。耐性很高的个体愿意采取投标,尽管有时候耐性很低的个体也愿意投标(如果斜线和曲线有两个交点)。

困难在于如何比较两种投标制度下的事中收益,这取决于分布和具体的类型的组合。从事中收益的凸性,我们能得到的结论是当耐性足够高时,第一价格规则优于第二价格规则;但在某个适当的区间段内,第二价格规则可能高于第一价格规则。在耐性很低的时候,第一价格规则可能高于第二价格规则。例如,我们的一个数值例子表明,当分布函数为 $F(\cdot)=\delta^{\alpha}$ 时,如果在 $\delta\in[0.017,0.131]$,$\Delta V<0$,那么在 $\delta\geqslant 0.23$,$\Delta V>0$。

这里还需要引进另外一个效率概念。因为在决定出价决策之前,每个个体已知道自己的类型,这和标准的拍卖模型一样不存在事前的预期收益问题;但不同之处是在这里没有事先确定的卖者和买者,所以不存在标准拍卖模型中的预期收益最大化(对卖者)的问题。对于其中任何一个个体,他很容易确定自己在最优策略下的事中收益,不同的规则对于不同的类型的竞争者来说具有不同的事中收益是显而易见的。但对于制度分析而言,效率的比较可能是从社会的角度看更有意义。假定一个制度的设计者在推荐使用何种制度的时候,他并不知道每个个体的类型,而只知道整个社会的类型的分布函数,因此他会基于整体的分布推荐何种制度更有效率。根据 Myerson(1991)的定义,一个制度事前比另外一个制度有效意味着对于基于所有事先可能的类型的期望能取得更高收益。[8] 这时:

$$EV^{(1)}-EV^{(2)}=\int_{\underline{\delta}}^{\bar{\delta}}\left(\int_{\delta}^{\bar{\delta}}[b(\delta)-B(x)]\mathrm{d}F(x)-\delta\int_{\delta}^{\bar{\delta}}[b(x)-B(\delta)]\mathrm{d}F(x)\right)\mathrm{d}F(\delta)\neq 0. \tag{10}$$

这意味着不再有效率等价,这个结果和收益等价原理所揭示的结果不同。为了直观,我们给出一个数值的例子。

命题1 当分布函数是 $F(\cdot)=\delta^{\alpha}$,则当 $\alpha\leqslant 0.371$,第二价格规则事前优于第一价格规则;当 $\alpha\geqslant 0.922$,第一价格规则事前优于第二价格规则(如图3所示)。

另外,根据事中收益的凸性,利用詹森不等式 $EV^{(i)}(\delta)>V^{(i)}(E\delta)$,也容易判断采取投标制度和采取随机分配的事前收益 $\left(\int_{\underline{\delta}}^{\bar{\delta}}\frac{1}{4}(1+\delta)\mathrm{d}F(\delta)\right)$ 的

[8] 或者另外一种合理的解释是,如果认为贴现率体现了人们标价之前自己也不知道的外部机会(收益率为 $\delta/(1-\delta)$),但在这个阶段人们需要选择哪种标价制度,此时候在第一种规则下和第二种规则下,竞争者的期望收益并不相等。

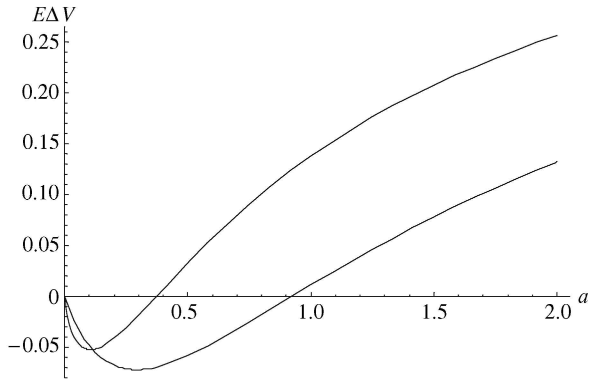

图 3 $E\Delta V$ 的上界（和横轴相交在左边的曲线）和下界（和横轴相交在右边的曲线）

差异。如果耐性的均值大于使采取随机分配和投标无差异的临界的耐性值，那么投标规则肯定在事前优于随机规则。

上述结果说明，粗略地说，当人群中高耐性者的密度随着耐性的增加而不至于递减得太快时，第一价格规则下获得的收益要比第二规则下获得的收益高；而如果随着耐性增加，高耐性个体的比例急剧减少，则第二价格规则可能更好。产生这个结果的原因是，在不同的拍卖规则下，对参与者披露信息的激励不同，而由于个人的贴现率是私人信息，所以不同的拍卖规则会导致不同耐性的中标者标价有差异，尽管中标的顺序仍然不变。这就导致了资源配置有差异，因为越是将更多的剩余留到下一期，总的贴现就越多，社会损失也就越大。实际上，从双方的策略也可以看出，因为在两种标价下对双方的激励不同，因此首中者和次中者的所得份额不同，耐性所起的作用不同，所以贴现以后的收益也不同。在不同的拍卖规则下，最低类型的参与者得到的收益并不相等，在这种情况下，收益是很难等价的，因此要求在不同的环境下使用不同的拍卖规则来实现事前的社会效率最大化。但是，采取这种资源的配置方式肯定比采取抽签的方式能够得到更高的配置效率，因为竞标机制下考虑了不同耐性个体之间的差异，这一点将在后面的数值例子里被证明。

三、N 人 模 型

考虑将模型推广到 n 人参与的情形。这时候规则是在每一轮竞标中，标价最少的人最先得到份额，然后他退出竞争，剩下的 $n-1$ 也按照同样规则进行竞争，直到最后一个人得到前面 $n-1$ 轮竞争的剩余。为了使问题易于处理，我们使用以下假定。

假设 A2 n 人的贴现是私人信息，其初始分布是 F（$\cdot$），独立同分布并

且是共同信息。

这个假设是假设 A1 在 n 人环境中的推广。

假定 A3 资源的总量随着时间而变化,其每一期的增长率为 r,或者 $\gamma=(1+r)>0$ 代表资源的指数。

假设 A3 是许多可以再生资源的共同特征。如果在资源利用上没有技术性限制[9],较高标价者被强制在下一个阶段获得蛋糕完全是一种激励性的安排,这种激励安排导致了一部分激励安排的社会成本:要想提高资源的配置效率,那么就得牺牲一部分的资源,参与者的耐性越大,这部分的成本就越小。例如在两人例子中,这部分的损失是$(1-\delta)(1-b(\delta))$。当资源总量随着轮次而变化时,这种激励机制的作用将更微妙。例如对于许多可再生的公共资源,如渔场、地下水等等(Ostrom,1991;Ostrom et al 1994 with others),此时上一轮分配所剩的部分会在下一轮增加出额外的部分。[10]在这一类的资源的管理中,合适的管理和不合适的管理将带来更大的效率差异(Vining,1990)。

假定 A4 标价是密封的,也即在第一轮竞标的时候,n 人的标价由独立的外部人开标;在其他的任何轮次,由独立外部人或者已中标者开标。所有人只通过开标人知道对手是否中标,但不知道对手的具体标价。

假设 A4 是为了便于处理人们的信念修正过程。如我们所知,序贯过程中的贝叶斯修正过程极其复杂,要同时模型化处理信念修正序列和序贯出价序列几乎是不可能的。假设 2 的好处是使得每个人在考虑出价的时候,现在的出价除了影响当期是否中标以外,对将来的出价不构成影响。因为,如果他的当期出价使他中标,那么他就退出下一轮的竞争;如果他出价没有使他中标,那么在下一轮竞争时,那时的竞争对手们也只是知道对方不是前面所有轮次的竞争中的胜利者。但是这个假设和近似均衡相比,合理性在于考虑了完美贝叶斯均衡并有信念的修正过程,这实际上相当于不完全回忆即每个参与者只能回忆对手上次是否中标而不能记住对手上次的具体出价数字。n 人博弈的子博弈树如图 4 所示:

我们将得到以下引理。

---

[9] 在有些场合,错开获取资源的顺序即避免许多人同时进入不仅仅是激励所需的必要安排,而且可能是技术限制下的必须措施,例如单个公共水龙头取水等例子。更广泛的情形例如在 G/M/1 的排队系统中,在每一个时刻只能有一个对象获得服务。排队原理告诉我们,让取水最少的人排在最前面是一种较为有效的安排,整个社会的等待时间最少,而同时最有耐性的人得到最多的水。关于如何在排队系统中嵌入拍卖,尤其是在一个随机到达(例如服从 Poison 过程)的系统中如何嵌入和设计拍卖,我们将在另外一篇文章中专门论述。

[10] 当然也有可能在某些可耗尽的资源的例子中,上一轮分配所剩的剩余部分本身会随着时间的进行而损耗,这是目前在讨价还价模型经常提及的事实 Zhou(1997)等。

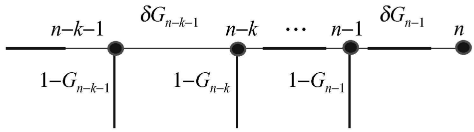

图 4　n 人博弈的倒数 $k-1$ 期的子博弈树

引理 1　每一轮的标价是上期竞价后所剩份额的某个正比函数（引理 1 证明见附录）。

引理 1 确定了每一期的标价行为，它是当期所剩的一个比例，据此来确定整个序贯均衡。

定理 3　如果随着时间的进行，资源的增长（衰退）率为 r，则最优的序贯贝叶斯均衡出价为 $b_t(\delta)=(1+r)^{t-1}H_t\prod_{i=1}^{t-1}(1-H_i)$，其中，（$i-a$）当采取第一价格规则（$F$）时，

$$H_i(\delta)=\int_{\delta}^{\bar{\delta}}\frac{g_i(x,\delta_{i-1}^{*})}{1-G_i(x,\delta_{i-1}^{*})}x\gamma\pi_i(x)e^{\int_x^{\delta}\frac{g_i(t,\delta_{i-1}^{*})(1+t\gamma\pi_i(t))}{1-G_i(t,\delta_{i-1}^{*})}dt}dx;$$

（$i-b$）当采取第二价格规则（S）时，

$$\hat{H}_i(\delta)=\int_{\delta_{i-1}^{*}}^{\delta}\frac{g_i(x,\delta_{i-1}^{*})}{G_i(x,\delta_{i-1}^{*})}e^{-\int_x^{\delta}\frac{g_i(t,\delta_{i-1}^{*})(1+t\gamma\pi_i(t))}{G_i(t,\delta_{i-1}^{*})t\gamma\pi_i(t)}dt}dx.$$

（定理 3 证明见附录）

定理 3 确定了 n 人相互竞价博弈的序贯贝叶斯均衡，这是一个显示解。这个解直观地可以看做是在不同时期中标所获利益的一种折衷。当人们对当前的资源评价更高的时候，激烈的竞争将导致人们降低标价以提高中标的可能性，而这却增加了等待者的收益，于是降低了当前轮次的竞争的激烈程度，因为等待变得更有利可图。这样一种自动的调节机制能够有效地防止资源被过度利用。但是，很难肯定标价随着轮次的进行是否增加，这是因为很难断定所标的份额是否随着轮次的增加而增加。一个显然的判断是，当资源的外生增长率不太高时，如果份额 H_t 是不断递减，那么标价当然也不断递减。

作为一个定性说明，我们探讨一下标价的上限随着轮次进行的变化。可以得到以下命题。

命题 2　在第一价格规则下，标价的上限是递增序列[11]，

[11] 其中，$\{H_t(\bar{\delta})\}$是递减序列，除了最后一轮投标。

$$b_t(\bar{\delta})=\begin{cases}\dfrac{1}{\bar{\delta}^{t-1}}\dfrac{A(\gamma\bar{\delta})^{n-1}(1-\bar{\delta}\gamma)}{1-\gamma\bar{\delta}+A[(\gamma\bar{\delta})^2-(\gamma\bar{\delta})^n]} & \text{if } t\leqslant n-2;\\ \dfrac{A(1-\bar{\delta}\gamma)\gamma^{n-2}(1+(\gamma\bar{\delta})^2)}{\{1-\gamma\bar{\delta}+A[(\gamma\bar{\delta})^2-(\gamma\bar{\delta})^n]\}(1+\gamma\bar{\delta})} & \text{if } t=n-1.\end{cases}\tag{21}$$

（证明见附录）。

上述命题1表明，既然标价的上限随着轮次的增加而不断增加，从标价方程的连续性和单调性可以知道，至少在某个区间 $[\hat{\delta},\bar{\delta}]$ 内，标价是随着轮次逐次递增的。

推论1 （i）当 $\bar{\delta}\gamma=1$，$H_t(\bar{\delta})=\dfrac{1}{(n-t-1)+\dfrac{1}{A}}$ 在 $\dfrac{1}{n-t+1}$ 和 $\dfrac{1}{n-t}$ 之间；$b_t(\bar{\delta})=\dfrac{\gamma^{t-1}}{(n-2)+\dfrac{1}{A}}$ 在 $\dfrac{\gamma^{t-1}}{n-1}$ 和 $\dfrac{\gamma^{t-1}}{n}$ 之间；（ii）当 $\bar{\delta}=1$，则 $b_t(\bar{\delta})$ 与时期独立，特别地，当 $\gamma>1$，$\lim\limits_{n\to\infty}H_t^F(\bar{\delta})=\lim\limits_{n\to\infty}b_t(\bar{\delta})=\dfrac{\gamma-1}{\gamma}$。（证明可以从命题2的证明中直接得到）。

命题3 在第二价格规则下，标价的下限符合 $\dfrac{B_{t+1}(\underline{\delta})}{B_t(\underline{\delta})}=\dfrac{\gamma\hat{H}_{t+1}(1-\hat{H}_t)}{\hat{H}_t}\leqslant\dfrac{1}{\underline{\delta}^{*}_{t-2}}$，并且所标比例符合 $\hat{H}_{n-k-1}(\bar{\delta})\leqslant\dfrac{(\bar{\delta}\gamma)^{k+1}(1-\hat{H}_{n-1}(\bar{\delta}))}{1+(\bar{\delta}\gamma)^{k+1}(1-\hat{H}_{n-1}(\bar{\delta}))}$，而这随着轮次增加而递增（见附录）。

从命题2、推论1和命题3，我们可以发现，在第二价格规则下，标价的下限序列肯定是递增的，而在第一价格规则下，标价有可能保持不变或者递增。从推论1还可以发现，如果资源的增长刚好抵消掉贴现的上限，则所标比例的上限小于剩下 $n-t$ 个竞价者的平均但大于当前的 $n-t+1$ 个竞价者的平均。特别地，当 $\bar{\delta}\leqslant1$ 时，如果 $\gamma=1$ 即资源没有增长的情形，那么每期的标价将在 $\dfrac{1}{n}$ 和 $\dfrac{1}{n-1}$ 之间。如果资源的增长大于贴现的损失，那么在人数无穷多时，每一轮标价占当时所余资源份额最大上限与轮次无关，它不会超过资源的自然增长占下一轮资源总量的份额 $\dfrac{r}{1+r}$，而标价的上限也是 $\dfrac{r}{1+r}$，这意味着资源绝对不会在有限时间内灭绝，人们不会过度利用资源。这正是这种机制的微妙之处，对于濒危资源来说，这无疑具有保护作用。

对这种机制有另外一种直观解释，我们可以把资源看做是一笔无法同时提现的扶贫基金，基金的回报率就等于无风险利率 r，基金分配的规则是提现最少的人最先提现。在这样的规则下，越有耐性的人将越有积极性选择等待，

而让提现最少的人最先提现将是对等待者的一种激励，因为他可以从未来的增值中获益。在均衡情形下，即使人数为无穷多，在第一价格规则，第一个人提取的份额的上限等于增值占下一期的比重$\frac{r}{1+r}$；而第二个人提取的份额$\left(1-\frac{r}{1+r}\right)r$ 刚好等于剩下资金的增值部分，资金母本保持在$\frac{1}{1+r}$水平上；第三个人一直到所有人也都如此，资金的母本不会再减少，直到无穷。在诸如地下水资源的抽取、渔业捕捞等场合，问题都类似，在缺乏合理的制度安排下，就如许多文献所提到的那样往往导致过度利用资源的竞赛（例如抽水竞赛），但是如果采取这里的机制，就可以保证资源利用的可持续性。另外，对于污染排放权的安排，除了已有的排污权交易之外，对于一个封闭的流域而言，完全可以采取这种轮流相互竞价的办法，让最低排污量的企业首先有权取得排污权，然后次之，如此等等……，这也能保证环境在没有被彻底破坏之前得到更新。这样互相激励减少排放量的措施将有助于污染的治理。

同样地，在多人情形下，比较收益等价原理是困难的，我们会发现在倒数第二期，第一价格规则下的标价占当时所剩资源的比例要比第二价格时高即 $H_{n-1}^{F}>H_{n-1}^{S}$，但是随着轮次的进行和人数的不同，标价的序列有复杂的变化，我们能得到的粗略判断是在第一价格下的标价可能会低于第二价格下的标价，如果资源的再生率较高，采取第二价格规则可能比采取第一价格规则更为有利。同时，如果资源的再生率低，第二价格拍卖的总体效率不如第一价格规则，因为第二价格规则下激励的社会成本更高。有意思的是，在多人的情形中，由于未来的标的的价值是共同价值，所以序贯均衡策略也会产生“赢者诅咒”现象。这些结论似乎为我们提供的数值例子所证实，尽管这只是一个特例（表 1 提供了有三人组成的拍卖中当 $\delta\in[0,1]$ 时序贯均衡标价计算的数值例子）。

四、标价影响间接效用函数及其例子：公共鱼塘

前面的模型中，标价影响参与者的直接效用函数，但是更为复杂的情形是标价通常也会影响人们的间接效用函数，这时候通常在出价决策背后有后续决策，已经有一些重要进展（Milgrom and Shannon，1994；Milgrom and Segal，2002 等）。在这里提供一个特例以及数值例子。

假定两个渔民 A 和 B 拥有一个公共湖泊，鱼的价格不随捕捞量而改变（鱼市是完全竞争的），将价格标准化为 1，捕鱼的成本不仅仅取决于捕捞量，也取决于捕捞当时单位体积中鱼的密度（Dasgupta and Heal，1979），因此捕鱼的利润函数为 $q-\frac{1}{Q}c(q)$，其中 Q 为渔场当期鱼的存量，$c(\cdot)$ 为捕捞成本，为了方便，假定边际成本不变，假定 $c_i(q)=k_iq\,(i=\mathrm{A},\mathrm{B})$。初始禀赋总量为

表1 三人情形下序贯标价的数值例子（$F(\delta)=\sqrt{\delta}$）

	第一价格						第二价格						比较	
$\gamma=1$														
	标价1	标价2	剩余	所得份额	事中收益	事后收益	标价1	标价2	剩余	所得份额	事中收益	事后收益	事中差额	事后差额
A(0.90)	0.3112*	0.3326	1.0000	0.3112	0.3517	0.3112	0.1982*	0.3075	1.0000	0.2068	0.4614	0.2068	+0.1097	−0.0044
B(0.94)	0.3200	0.3331*	0.6888	0.3331	0.3453	0.3131	0.2068	0.3108*	0.6892	0.3138	0.4640	0.2902	+0.1187	−0.0229
C(0.98)	0.3289	0.3333	0.3557	0.3557	0.3376	0.3416	0.2152	0.3138	0.3754	0.3754	0.4653	0.3605	+0.1277	+0.0189
总收益						0.9649						0.9575		−0.0074
$\gamma=2$														
A(0.90)	0.5450*	0.4901	1.0000	0.5450	0.7915	0.5450	0.3303*	0.6940	10000	0.3401	1.1849	0.3401	+0.3934	−0.2049
B(0.94)	0.5557	0.4947*	1.0198	0.4947	0.7637	0.4675	0.3401	0.6950*	1.3394	0.6956	1.1896	0.6533	+0.4260	+0.0272
C(0.98)	0.5657	0.4957	1.0502	1.0502	0.7390	1.0086	0.3495	0.6956	1.2888	1.2888	1.1919	1.2378	+0.4529	+0.3560
总收益						2.0125						2.2312		+0.1683

说明：(1) * 表示该轮的中标者；(2) 差额为第二价格减去第一价格；(3) 值得指出的是，当 γ 很大时，这里存在类似于共同价值拍卖中产生的“赢者诅咒”现象，事中收益最高的个体事后收益可能最低。

Q_0，且 $Q_0 \gg \max\{k_A, k_B\}$；双方的捕鱼速度相同。

这是一个典型的“公地悲剧”场景，在丛林法则下，因为两个渔民的捕捞速度相同，非合作捕捞将使所有的鱼在第一期就被捕光，因为等待第二期捕捞将不得不承担第一期对方捕捞带来的边际成本的增加，这和抽水竞赛的结局完全相同。解决这种困境的办法有很多（我们假定协议总是可以得到实施，这是因为捕捞量可观察并可以为第三方所证实），如果没有信息不对称，那么采用双边讨价还价是办法之一。假定两个个体的成本优势不相同，不妨记 $k_A > k_B$，从社会的角度看，人们通过讨价还价将能够实现只让 A 捕捞，而 B 得到一部分的贿赂，这正是科斯定理（Coase，1961）的经典预见。如果谈判成本为零或者没有不对称信息，那么总可以达到这个状态依存的最优分配协议或者直接由第三方实施这个协议。但如果耐性或成本是私人信息，那么就无法实施上述激励相容的最优策略。

假定双方具有相同的边际成本，但耐性为私人信息，并且在 $[\underline{\delta}, \bar{\delta}]$ 区间内独立同分布，分布函数为 $F(\delta)$ 是共同信息。采用第一价格规则要求，标价（捕捞额）较低的出价者先捕第一期，所捕份额等于其所标的份额，如果双方标价相等，则由双方抽签决定谁先捕，其捕捞额不超过存量的一半（附录提供在 SIPV 环境下，当只有耐性 δ 为私人信息时和只有边际成本 k 为私人信息（$k \in [\underline{k}, \bar{k}]$，分布函数为 $J(k)$）的标价方程的计算）。基于最优的标价方程，我们同样可以验证事中收益仍然是类型的递增凸函数，不管哪种变量是私人信息。

当贴现率是私人信息时，事中收益差距是：

$$
\begin{aligned}
\Delta V &= V^{(1)} - V^{(2)} \\
&= \left(1 - \frac{k}{Q_0}\right)\int_{\delta}^{\bar{\delta}} [b(\delta) - B(x)]\,\mathrm{d}F(x) - \gamma\delta\int_{\underline{\delta}}^{\delta} [b(x) - B(\delta)]\,\mathrm{d}F(x) \\
&= \left(1 - \frac{k}{Q_0}\right)(1 - F(\delta))[b(\delta) - E\{B(X)/X \geqslant \delta\} \\
&\quad + \gamma\delta F(\delta)[B(\delta) - E\{b(X)/X \leqslant \delta\}]].
\end{aligned}
$$

和第二部分的事中收益分析相比，虽然这里多出参数 $\dfrac{Q_0\gamma}{(Q_0 - k)}$，但它并不会改变基本结果。

当边际成本是私人信息，事中收益差异是：

$$
\begin{aligned}
\Delta V = &- \delta\gamma(1 - J(k))[b(k) - E\{B(X)/X \geqslant k\}] \\
&- \left(1 - \frac{k}{Q_0}\right)J(k)[B(k) - E\{b(X)/X \leqslant k\}].
\end{aligned}
$$

我们发现在上式中，两种制度的效率差异可能刚好相反。也即在其他的参数不变的情况下，如果当贴现率为私人信息时，第一价格规则更有效，那

么在边际成本为私人信息时,可能是第二价格规则更有效,尽管这并不是绝对成立。特别地,当均匀分布时:(i)当耐性(δ)为私人信息时,如果 γ 足够小,那么第一价格规则在事前优于第二价格规则;(ii)当边际成本(k)为私人信息时,第二价格规则在事前优于第二价格规则。

为了直观,我们提供一个数值例子。当耐性为私人信息时,取 $\delta\in[0,1]$ 且是均匀分布,$\gamma=1.35$,$Q_0=1.98$,$k=0.64$;当边际成本为私人信息时的标价方程取 $k\in[0,1]$ 且是均匀分布,$\gamma=1.35$,$Q_0=1.98$,$\delta=0.90$。表2提供了当两个行为者取特定值时的更为详尽的数值计算。

表2 数值例子($\gamma=1.35$,$Q_0\approx1.98$)

	SW^*	W_A	W_B	$q_A[b(\cdot)]$	$q_B[b(\cdot)]$	Q_1^*	V_A^{In}	V_B^{In}	EV
	参数:$\delta_A=0.97$,$\delta_B=0.90$,$k_A=k_B\approx0.64$								
自由放任	1.34	0.67	0.67	0.99	0.99	0			
完全信息下谈判($\beta=0.50$)	1.90	0.99	0.91	x	$2.67-x$	2.67			
平分后抽签(A先)	1.30	0.67	0.63	0.99	0.67	1.34	0.67	0.65	1.02
平分后抽签(B先)	1.35	0.68	0.67	0.67	0.99	1.34	0.67	0.65	1.02
δ 私人信息(B1)	1.36	0.70	0.66	1.36[0.99]	0.97[0.97]	1.36	0.88	0.82	1.16
δ 私人信息(B2)	1.46	0.92	0.54	1.59[0.80]	0.80[0.78]	1.59	0.87	0.75	0.90
	参数:$k_A\approx0.64$,$k_B=1.00$,$\delta_A=\delta_B=0.90$								
自由放任	1.16	0.67	0.49	0.99	0.99	0			
完全信息下谈判($\beta=0.53$)	1.83	0.97	0.86	2.67	0	2.67			
平分后抽签(A先)	0.97	0.67	0.30	0.99	0.67	1.34	0.65	0.40	1.49
平分后抽签(B先)	1.10	0.49	0.63	0.67	0.99	1.34	0.65	0.40	1.49
k 私人信息(B1)	1.16	0.69	0.47	1.40[1.00]	0.94[0.93]	1.40	0.91	0.46	2.24
k 私人信息(B2)	1.20	0.76	0.44	1.42[0.94]	0.93[0.88]	1.42	0.67	0.47	1.56

说明:[]内的数值是根据最优标价公式计算的出价值。* 表示对双方而言事中收益最大;W_A(W_B)为双方的事后收益;SW^* 为事后社会总福利;V_A^{In}(V_B^{In})为双方的事中收益;EV 为事前社会收益。

上述不同变量为私人信息时的效率差异可以被直觉所解释。其一,既然双方的成本一样,只有贴现率不一样,相互竞价机制只是鼓励有耐性的一方选择等待来获得资源增长的回报。如果资源的增长率不够高,对社会而言,让更多的资源在等待中消耗是低效率的,而在第一期标价更高意味着更多的资源在第一期得到利用,因此均衡出价更高的规则(B1)的社会效益更高(推论1是一个例子,那里资源的增长率为0)。其二,而对于边际成本不相同的个体来说,相互竞价机制促使高成本的参与者不至于先利用不仅仅使得低成本的参与者获得资源增长的回报,而且这也提高了资源利用的成本效率,只要双方的耐性较高(资源的增长率越低,要求的临界贴现率越低),所以在第一期均衡报价更低的机制(B2)的社会效率更高。从这个结论我们可以得到启发,如果假定在事前阶段,对于参与者而言,k 也未知(例如 k 代表气

候状况，它影响捕鱼的成本)，那么两个参与者会同意选择机制 B2。如果假定，对于参与者而言，事前 δ 也未知（例如 δ 可以看成是外部的投资机会，它影响当事人跨时期决策的机会成本)，那么两个参与者会同意选择机制 B1。

从表 2 提供的数值例子中可以很清楚地看到这一点。在贴现率是私人信息时，对社会而言事前效率从高到低的排序依次是：第一价格规则，采用平分捕捞量以后进行抽签决定谁先捕捞，第二价格规则。这是因为在第二价格规则下，人们的均衡出价较低，这在捕捞成本较低的情况下对社会而言可能是无效的，尽管这对于两个耐性较高的个体而言都是事中有效的。而在边际成本为私人信息的例子中，我们发现对社会而言的事前效率的顺序从高到低的排序依次则是：第一价格规则，第二价格规则，平分后抽签规则。

另外，需要指出的是，事前、事中和事后的排序并不一致。如果我们毋需从社会的角度来判断而仅仅从两个当事人自发的协议的角度来判断，因为两个当事人自己已经知道自己的贴现率，那么他们会一致选择第二价格规则(B2)，这时他们的各自的事中收益最大，在事中帕累托优于第一价格规则和随机抽签规则，事后实现的社会总福利也是最高的。而在成本为私人信息时，情况可能相反。这也说明如果社会不拥有更多的信息，它就不能将制度强加于当事人之上，这是之所以强调自发演进的制度的有效性的原因之一。即使在某些场合，社会不得不在选择使预期总体利益最大化的制度时，分权而使决策的单位最小化也会减少冲突和提高效率。

五、结　　论

本文集中讨论了利用相互竞价的规则来分配不可分的公共资源的一种方案。这个激励方案的实质是利用人们的耐性或边际成本的差异作为激励手段，来显示其私人信息，从而优化资源的配置。这种方案的优点在于它是一个较优的信号显示机制，可以避免平均化分配的低效率（例如用抽签的办法)。同时，它将明确的时间安排和收益相对应，可以避免讨价还价导致的在达成协议的时间上的不确定性。这样一种配置方案对于不可分的公共资源，尤其是要求激励人们持续利用的公共资源的使用具有很好的优越性，它自动激励人们倾向于等待和减少过度开发。而且，尽管这个机制在资源利用上没有技术性的进入限制时导致了一部分资源的激励成本，所以是一个次优安排；但是如果在有技术性限制的情形下，它可能就是一个帕累托最优的安排（这个课题留在作者的另外一篇文章中专门论述)。值得指出的是，与本文所论证的模型相类似的制度和机制在现实中已经存在，人们需要进一步探讨各种机制在资源利用上的效率和可比性问题。我们这里比较了两种不同的标价制度即第一价格规则和第二价格规则，结论表明，收益等价原理不再成立，采取了不同的配置方案会导致资源利用效率的显著差异。文中的例子说明从社会角度看，当耐性为私人信息时，如果资源的增长率不高，采用第一价格制度更优；

当边际成本为私人信息时，采用第二价格制度更优。但是特定的当事人的利益和社会利益并不是总是一致，如果社会没有拥有更多信息，那么将制度强加于当事人会损害效率。在这里没有探讨但将来需要进一步探讨的问题是，第一，关于此类机制在序贯拍卖中产生的"赢者诅咒"现象，还需要专门探讨；其二，本文提出的机制可能依赖于小团体的信誉机制来实施，但是离开了这样的环境（甚至在这样的环境中），违约风险和重新谈判可能是面临的重要问题。因此而产生的不确定性，需要理论家进一步研究。

附 录

一、定理 1 的证明

首先证明必要条件。微分方程（3）的通解是：

$$b(\delta)=c\mathrm{e}^{\int_{\underline{\delta}}^{\delta}p(t)\mathrm{d}t}-\int_{\underline{\delta}}^{\delta}q(x)\mathrm{e}^{\int_{x}^{\delta}p(t)\mathrm{d}t}\mathrm{d}x,$$

其中：$p(\delta)=\dfrac{(1+\delta)f(\delta)}{1-F(\delta)}$，$q(\delta)=\dfrac{\delta f(\delta)}{1-F(\delta)}$，$c$ 为任意常数。

因在任何时候标价都不可能无穷大，所以 $c=\int_{\underline{\delta}}^{\bar{\delta}}q(x)\mathrm{e}^{-\int_{\underline{\delta}}^{x}p(t)\mathrm{d}t}\mathrm{d}x$。因而，

$$b(\delta)=\int_{\delta}^{\bar{\delta}}\frac{xf(x)}{1-F(x)}\mathrm{e}^{\int_{x}^{\delta}\frac{f(t)}{1-F(t)}(1+t)\mathrm{d}t}\mathrm{d}x,$$

根据罗必达法则，$\lim\limits_{\delta\to\bar{\delta}}b(\delta)=\lim\limits_{\delta\to\bar{\delta}}\dfrac{q(\delta)}{p(\delta)}=\dfrac{\bar{\delta}}{1+\bar{\delta}}$，这表明标价策略即使在退化点也是收敛的。

同时用反证法可证明在退化点也是连续的。令 $\delta=\bar{\delta}-\varepsilon$，假定 $b(\bar{\delta}-\varepsilon)>b(\bar{\delta})$，则有 $b(\bar{\delta}-\varepsilon)>\dfrac{\bar{\delta}}{1+\bar{\delta}}$，因而 $b'(\bar{\delta}-\varepsilon)=\dfrac{f(\bar{\delta}-\varepsilon)}{[1-F(\bar{\delta}-\varepsilon)](1+\bar{\delta}-\varepsilon)}\left(\dfrac{\bar{\delta}}{1+\bar{\delta}}-\dfrac{\bar{\delta}-\varepsilon}{1+\bar{\delta}-\varepsilon}\right)>0$，故随着 δ 接近于 $\bar{\delta}$，$b(\delta)$ 在不断增大，因而 $b(\bar{\delta})>b(\bar{\delta}-\varepsilon)$。这与假设矛盾。所以不可能有 $b(\bar{\delta}-\varepsilon)>\dfrac{\bar{\delta}}{1+\bar{\delta}}$。同时，因为 $b(\bar{\delta}-\varepsilon)<b(\bar{\delta})$，对于任意 $\bar{\delta}$ 都成立以及任意小的 ε 都成立，因此 $b(\delta)$ 是递增函数，从（2）可知 $b(\delta)\geqslant\dfrac{\delta}{1+\delta}$。因此，（3）是方程（2）的特解。

再来验证特解的惟一性。

竞争者偏离真实类型得到的收益是：

$$V(\delta,\delta)-V(\delta,\tilde{\delta})=(1-F(\delta))b(\delta)-(1-F(\tilde{\delta}))b(\tilde{\delta})+\int_{\tilde{\delta}}^{\delta}\delta f(x)(1-b(x))\mathrm{d}x.$$

利用 $(1-F(\delta))b(\delta)-(1-F(\tilde{\delta}))b(\tilde{\delta})=\int_{\tilde{\delta}}^{\delta}[(1-F(x))b'(x)-f(x)b(x)]\mathrm{d}x$，以及将（2）式代入，得到对于任意 $\delta\neq\tilde{\delta}$，$V(\delta,\delta)-V(\delta,\tilde{\delta})=\int_{\tilde{\delta}}^{\delta}(\delta-x)f(x)(1-b(x))\mathrm{d}x>0$ 成立。证毕。

二、定理 2 证明

微分方程（5）的通解为：

$$B(\delta)=c\mathrm{e}^{\int_{\underline{\delta}}^{\delta}\frac{(1+t)f(t)}{tF(t)}\mathrm{d}t}-\int_{\underline{\delta}}^{\delta}\frac{f(x)}{F(x)}\mathrm{e}^{\int_{x}^{\delta}\frac{(1+t)f(t)}{tF(t)}\mathrm{d}t}\mathrm{d}x.$$

与定理 1 的证明类似，根据罗必达法则，可以确定惟一的特解为

$$B(\delta)=\int_{\underline{\delta}}^{\delta}\frac{f(x)}{F(x)}\mathrm{e}^{-\int_{x}^{\delta}\frac{(1+t)f(t)}{tF(t)}\mathrm{d}t}\mathrm{d}x \quad \text{和} \quad \lim_{\delta\to\underline{\delta}}B(\delta)=\frac{\delta}{1+\underline{\delta}}.$$

进而我们可以确定该特解也是全局均衡。因为竞争者偏离真实类型得到的收益是：

$$\begin{aligned}V(\delta,\delta)-V(\delta,\tilde{\delta})&=\delta(1-F(\delta))b(\delta)-\delta(1-F(\tilde{\delta}))b(\tilde{\delta})-\int_{\tilde{\delta}}^{\delta}B(x)f(x)\mathrm{d}x\\&=\int_{\tilde{\delta}}^{\delta}\left(\frac{\delta}{x}-1\right)f(x)B(x)\mathrm{d}x>0.\end{aligned}$$

对于任意 $\delta\neq\tilde{\delta}$ 成立。证毕。

三、引理 1 证明

用数学归纳法（以第一价格规则为例）

(i) 先看在 $n-1$ 期，这时候只有两个参与者在竞争，记这时所剩下的剩余为 R_{n-1}，给定参与者在前面的 $n-2$ 期已经按照最优策略行事的情况下，这时候参与者问题是选择最优出价最大化收益：当资源的变化率为 r 时，以第一价格规则为例，在最后一期，即

$$V_{n-1}(\delta,\tilde{\delta};\delta_{n-2}^{*})=[1-G_{n-1}(\tilde{\delta})]b_{n-1}(\tilde{\delta})+\delta\gamma\int_{\delta_{n-2}^{*}}^{\tilde{\delta}}g_{n-1}(x,\delta_{n-2}^{*})(R_{n-1}-b_{n-1}(x))\mathrm{d}x,$$

其中，G_{n-1}是经过 $n-1$ 修正以后的对手的分布，g_{n-1}是对应的密度函数。根据假设 A4，在第 $n-1$ 期，两个竞争者都知道对方是 n 个人中耐性最高的两个，而且肯定大于 δ_{n-2}^{*}，其分布是 $G_{n-1}(\delta_{n-1},\delta_{n-2}^{*})=\dfrac{\int_{\delta_{n-2}^{*}}^{\delta_{n-1}}\mathrm{d}(F(s))^{n-1}}{1-F(\delta_{n-2}^{*})}$；[12]依此类推，在任意第 i 期，其信念是 $G_i(\delta_i,\delta_{i-1}^{*})=\dfrac{\int_{\delta_{i-1}^{*}}^{\delta_i}\mathrm{d}(F(s))^{i}}{1-F(\delta_{i-1}^{*})}$，$g_i(\cdot)=\dfrac{i(F(\cdot))^{i-1}f(\cdot)}{1-F(\delta_{i-1}^{*})}$，$g_i$ 只与轮次有关但和标价策略无关。因此和两期模型类似可以得到最优贝叶斯均衡标价为：

$$b_{n-1}'(\delta)=\frac{g_{n-1}(\delta,\cdot)}{1-G_{n-1}(\delta,\cdot)}[(1+\delta\gamma)b_{n-1}(\delta)-\delta\gamma R_{n-1}].$$

上述方程的特解是：

$$b_{n-1}(\delta)=R_{n-1}\int_{\delta}^{\bar{\delta}}\frac{\gamma x g_{n-1}(x)}{1-G_{n-1}(x)}\mathrm{e}^{\int_{x}^{\delta}\frac{(1+\gamma t)g_{n-1}(t)}{1-G_{n-1}(t)}\mathrm{d}t}\mathrm{d}x.$$

显然，这时标价是到 $n-1$ 期所剩份额的正比函数，可以记

$$H_{n-1}(\delta)=\int_{\delta}^{\bar{\delta}}\frac{\gamma x g_{n-1}(x)}{1-G_{n-1}(x)}\mathrm{e}^{\int_{x}^{\delta}\frac{(1+\gamma t)g_{n-1}(t)}{1-G_{n-1}(t)}\mathrm{d}t}\mathrm{d}x.$$

---

[12] 因为 $P(X>x_1,\cdots,X>x_{n-1},X>x_n)\cup P(X>x_1,\cdots,X>x_{n-1},X<x_n)=P(X>x_1,\cdots,X>x_{n-1})$。

（ii）假定在从 $n-1$ 到 $n-k$ 期也成立，即，$b^*_{n-k}(\delta)=H_{n-k}(\delta)R_{n-k}$，利用 $R^*_{n-k}=\gamma(R^*_{n-k-1}-b^*_{n-k-1})$，则有

$$b^*_{n-k+i}(\delta) = \gamma^i H_{n-k+i}\prod_{s=1}^{i}(1-H_{n-k+s-1})R^*_{n-k}. \tag{11}$$

（iii）那么在第 $n-k-1$ 期，给定将来的最优路径，

$$\begin{aligned}
V_{n-k-1}(\delta,\tilde{\delta};\delta^*_{n-k-2}) &= (1-G_{n-k-1}(\delta,\tilde{\delta};\delta^*_{n-k-2}))b_{n-k-1}(\tilde{\delta}) \\
&\quad + \int_{\delta^*_{n-k-2}}^{\tilde{\delta}}\Bigg[\delta g_{n-k-1}(\tau,\delta^*_{n-k-2})\Bigg((1-G_{n-k})b^*_{n-k}+\delta G_{n-k}\Bigg((1-G_{n-k+1})b^*_{n-k+1} \\
&\quad + \delta G_{n-k+1}\Bigg(\cdots\Bigg(\Big((1-G_{n-1})b^*_{n-1}+\delta\gamma\int_{\delta^*_{n-2}}^{\delta}g_{n-1}(x,\delta^*_{n-2})(R_{n-1}-b^*_{n-1}(x))\mathrm{d}x\Big)\Bigg)\Bigg)\Bigg)\Bigg]\mathrm{d}\tau \\
&= (1-G_{n-k-1}(\delta,\tilde{\delta};\delta^*_{n-k-2}))b_{n-k-1}(\tilde{\delta}) \\
&\quad + \int_{\delta^*_{n-k-2}}^{\tilde{\delta}}\Bigg[\delta g_{n-k-1}(\tau,\delta^*_{n-k-2})\Bigg((1-G_{n-k})b^*_{n-k}+\delta G_{n-k}(1-G_{n-k+1})b^*_{n-k+1} \\
&\quad + \cdots + \delta^{k-1}G_{n-k}G_{n-k+1}\cdots G_{n-2}(1-G_{n-1})b^*_{n-1} \\
&\quad + \delta^k G_{n-k}G_{n-k+1}\cdots G_{n-2}\Big(\gamma\int_{\delta^*_{n-2}}^{\delta}g_{n-1}(x,\delta^*_{n-2})(R_{n-1}-b^*_{n-1}(x))\mathrm{d}x\Big)\Bigg)\Bigg]\mathrm{d}\tau \\
&= (1-G_{n-k-1}(\delta,\tilde{\delta};\delta^*_{n-k-2}))b_{n-k-1}(\tilde{\delta}) \\
&\quad + \int_{\delta^*_{n-k-2}}^{\tilde{\delta}}\Bigg[\delta g_{n-k-1}(\tau,\delta^*_{n-k-2})\Bigg(\sum_{i=1}^{k}\delta^{i-1}b^*_{n-k+i-1}(1-G_{n-k+i-1})\prod_{j=1}^{i-1}G_{n-k+j-1} \\
&\quad + \delta^k\prod_{j=2}^{k}G_{n-j}\Big(\gamma\int_{\delta^*_{n-2}}^{\delta}g_{n-1}(x,\delta^*_{n-2})(R_{n-1}-b^*_{n-1}(x))\mathrm{d}x)\Big)\Bigg)\Bigg]\mathrm{d}\tau.
\end{aligned}$$

将（11）和 $R^*_{n-k}=\gamma(R^*_{n-k-1}-b^*_{n-k-1})$代入，并令

$$\begin{aligned}
\pi_{n-k-1} &= \sum_{i=1}^{k}(\delta\gamma)^{i-1}(1-G_{n-k+i-1})H_{n-k+i-1}\prod_{j=1}^{i-1}[(1-H_{n-k+j-1})G_{n-k+j-1}] \\
&\quad + (\delta\gamma)^k\prod_{j=2}^{k}[G_{n-j}(1-H_{n-j})]\int_{\delta^*_{n-2}}^{\delta}g_{n-1}(x,\delta^*_{n-2})(1-H_{n-1}(x))\mathrm{d}x.
\end{aligned}\tag{12}$$

因而在 $n-k-1$ 期的事中收益为：

$$\begin{aligned}
V_{n-k-1}(\delta,\tilde{\delta};\delta^*_{n-k-2}) &= (1-G_{n-k-1}(\delta,\tilde{\delta};\delta^*_{n-k-2}))b_{n-k-1}(\tilde{\delta}) \\
&\quad + \delta\gamma\pi_{n-k-1}\int_{\delta^*_{n-k-2}}^{\tilde{\delta}}g_{n-k-1}(\tau,\delta^*_{n-k-2})(R_{n-k-1}-b_{n-k-1}(\tau))\mathrm{d}\tau.
\end{aligned}$$

可以得到在第 $n-k-1$ 期的贝叶斯均衡标价符合微分方程：

$$b'_{n-k-1}(\delta) = \frac{g_{n-k-1}(\delta,\cdot)}{1-G_{n-k-1}(\delta,\cdot)}[(1+\delta\gamma\pi_{n-k-1}(\delta))b_{n-k-1}(\delta)-\delta\gamma\pi_{n-k-1}(\delta)R_{n-k-1}]. \tag{13}$$

可以确定标价有限的限制下的积分常数 c，因此

$$b^{*}_{n-k-1}(\delta_{n-k-1}) = H_{n-k-1}(\delta_{n-k-1})R_{n-k-1}\left(\text{这里 } H_{n-k-1}(\delta) = \int_{\delta}^{\bar{\delta}} q_{n-k-1}(x)\mathrm{e}^{\int_x^{\delta} p_{n-k-1}(t)\mathrm{d}t}\mathrm{d}x\right). \tag{14}$$

其中：

$$q_{n-k-1}(\delta) = \frac{\gamma\delta g_{n-k-1}(\delta)}{1-G_{n-k-1}(\delta)}\pi_{n-k-1}(\delta)\, p_{n-k-1}(\delta) = \frac{g_{n-k-1}(\delta)}{1-G_{n-k-1}(\delta)}(1+\gamma\delta\pi_{n-k-1}(\delta)).$$

同样根据罗必达法则，$b_{n-k-1}(\bar{\delta}) = R_{n-k-1}\lim\limits_{\delta\to\bar{\delta}}\dfrac{q_{n-k-1}(\delta)}{p_{n-k-1}(\delta)}$，因此上述特解是完备的。

这也即说，在第 $n-k-1$ 期，所标份额是当期所剩的一个正比函数。综合（i）和（ii），得知对于任意一轮标价，都是当期所余份额乘上一个比例。

这个过程也完全适用于第二价格规则下的序贯均衡。重复前面的证明过程，可以得到

$$B_{n-k-1}(\delta) = \hat{H}_{n-k-1}(\delta)R_{n-k-1}, \tag{15}$$

其中，

$$\hat{H}_{n-k-1}(\delta) = \int_{\delta^{*}_{n-k-2}}^{\delta} \frac{g_{n-k-1}(x,\cdot)}{G_{n-k-1}(x,\cdot)}\mathrm{e}^{-\int_x^{\delta}\frac{g_{n-k-1}(t,\cdot)}{G_{n-k-1}(t,\cdot)}\frac{(1+\gamma\delta\hat{\pi}_{n-k-1}(t,\cdot))}{\gamma\delta\hat{\pi}_{n-k-1}(t,\cdot)}(t)\mathrm{d}t}\mathrm{d}x\,; \tag{16}$$

$$\begin{aligned}\hat{\pi}_{n-k-1} = {} & \sum_{i=1}^{k}(\gamma\delta)^{i-1}\prod_{j=1}^{i-1}G_{n-k+j-1}\int_{\delta}^{\bar{\delta}} g_{n-k+i-1}(\tau,\delta^{*}_{n-k+i-2})\hat{H}_{n-k+i-1}(\tau)\mathrm{d}\tau \\ & + (\delta\gamma)^{k}\prod_{j=1}^{k}G_{n-j}(1-\hat{H}_{n-1}).\end{aligned} \tag{17}$$

证毕。

四、定理 3 证明

（i）根据引理 1 可知任何一轮的标价都是所剩份额的一个比例。利用 $\pi_{n-1}=1$ 可以确定 H_{n-1}，再利用（12）式不断往前迭代可以确定整个比例序列 $\{H_i\}_{n-1}$，利用在开始的时候 $R_1=1$，得到 $b_1(\delta)=R_1$ 因此可以确定每一期的标价 $b_t(\delta)=(1+r)^{t-1}H_t\prod\limits_{i=1}^{t-1}(1-H_i)$。该标价是每一个阶段子博弈的贝叶斯均衡。所以是序贯贝叶斯均衡。

（ii）根据（i），令 $n-k=t$，注意到首先有 $\dfrac{b_{t+1}(\delta)}{b_t(\delta)}=\dfrac{\gamma H_{t+1}(1-H_t)}{H_t}$，如果 $H_t\geqslant H_{t+1}$，必有 $H_t>\dfrac{H_{t+1}}{1+H_{t+1}}$，因而当 $\gamma\leqslant\dfrac{1}{1-H_t}$，$b_t(\delta)>b_{t+1}(\delta)$。证毕。

五、命题 2 证明

在第一价格规则下，当 $\delta\to\bar{\delta}$，记 $A=\int_{\delta^{*}_{n-2}}^{\bar{\delta}} g_{n-1}(x,\delta^{*}_{n-2})(1-H_{n-1}(x))\mathrm{d}x$，因而 $\pi_{n-k-1}(\bar{\delta})=A\gamma^k\bar{\delta}^k\prod\limits_{j=1}^{k}(1-H_{n-j}(\bar{\delta}))$，注意到 $\lim\limits_{\delta\to\bar{\delta}}H_i(\delta)=\dfrac{\bar{\delta}\gamma\pi_i}{1+\bar{\delta}\gamma\pi_i}$，因而 $\pi_{n-k-1}(\bar{\delta})=\gamma^k\bar{\delta}^k\prod\limits_{j=1}^{k}\dfrac{1}{1+\bar{\delta}\gamma\pi_{n-j}(\bar{\delta})}$，故

$$\frac{1}{\pi_{n-k-2}(\bar{\delta})}=\frac{1}{\gamma\bar{\delta}}\frac{1}{\pi_{n-k-1}(\bar{\delta})}+1. \tag{18}$$

注意到 $\pi_{n-1}=1$，$\pi_{n-2}(\bar{\delta})=\gamma\bar{\delta}A$，因而当 $k\geqslant 3$，从（18）可以确定序列：

$$\pi_{n-k}(\bar{\delta})=\frac{A(\gamma\bar{\delta})^{k-1}(1-\bar{\delta}\gamma)}{1-\gamma\bar{\delta}+A[(\gamma\bar{\delta})^{2}-(\gamma\bar{\delta})^{k}]}. \tag{19}$$

相应地，

$$H_{n-k}(\bar{\delta})=\begin{cases}\dfrac{A(\gamma\bar{\delta})^{k}(1-\bar{\delta}\gamma)}{1-\gamma\bar{\delta}+A[(\gamma\bar{\delta})^{2}-(\gamma\bar{\delta})^{k+1}]} & \text{when } k\geqslant 2\text{；}\\ \dfrac{\gamma\bar{\delta}}{1+\gamma\bar{\delta}} & \text{when } k=1.\end{cases} \tag{20}$$

从（20）可以得到当 $n-t\geqslant 2$ 时，$\dfrac{b_{t+1}(\bar{\delta})}{b_{t}(\bar{\delta})}=\dfrac{\gamma H_{t}(1-H_{t-1})}{H_{t-1}}=\dfrac{1}{\bar{\delta}}\geqslant 1$，进而得到（21）。证毕。

六、命题 3 证明

在第二价格规则下，$\pi_{n-1}=1$ 和 $\hat{H}_{n-1}(\underline{\delta}^{*}_{n-2})=\dfrac{\underline{\delta}^{*}_{n-2}\gamma}{1+\underline{\delta}^{*}_{n-2}\gamma}$，但是对任意 $k\geqslant 1$，当

$\delta\rightarrow\underline{\delta}^{*}_{n-k-1}$，

$$\pi_{n-k-1}(\underline{\delta}^{*}_{n-k-1})=\int_{\underline{\delta}^{*}_{n-k-1}}^{\bar{\delta}}g_{n-k}(\tau,\delta^{*}_{n-k-1})\hat{H}_{n-k}(\tau)\mathrm{d}\tau\geqslant\hat{H}_{n-k}(\underline{\delta}^{*}_{n-k-1}).$$

虽然 $\hat{H}_{n-k-1}(\underline{\delta}^{*}_{n-k-2})=\dfrac{\underline{\delta}^{*}_{n-k-2}\gamma\int_{\underline{\delta}^{*}_{n-k-1}}^{\bar{\delta}}g_{n-k}(\tau,\delta^{*}_{n-k-1})\hat{H}_{n-k}(\tau)\mathrm{d}\tau}{1+\underline{\delta}^{*}_{n-k-1}\gamma\int_{\underline{\delta}^{*}_{n-k-1}}^{\bar{\delta}}g_{n-k}(\tau,\delta^{*}_{n-k-1})\hat{H}_{n-k}(\tau)\mathrm{d}t}$ 的性质很难判断，仍然有 $\dfrac{\hat{H}_{n-k-1}(\underline{\delta}^{*}_{n-k-2})}{(1-\hat{H}_{n-k-1}(\underline{\delta}^{*}_{n-k-2}))\underline{\delta}^{*}_{n-k-1}\gamma}\geqslant\hat{H}_{n-k}(\underline{\delta}^{*}_{n-k-1})$，故 $\dfrac{B_{t+1}(\underline{\delta})}{B_{t}(\underline{\delta})}=\dfrac{\gamma\hat{H}_{t+1}(1-\hat{H}_{t})}{\hat{H}_{t}}\leqslant\dfrac{1}{\underline{\delta}^{*}_{t-2}}$。从而当 $k\geqslant 1$，$\pi_{n-k-1}(\bar{\delta})=(\bar{\delta}\gamma)^{k}(1-\hat{H}_{n-1}(\bar{\delta}))$，因而 $\hat{H}_{n-k-1}(\bar{\delta})\leqslant\dfrac{(\bar{\delta}\gamma)^{k+1}(1-\hat{H}_{n-1}(\bar{\delta}))}{1+(\bar{\delta}\gamma)^{k+1}(1-\hat{H}_{n-1}(\bar{\delta}))}$（尽管是否有 $\dfrac{B_{t+1}(\bar{\delta})}{B_{t}(\bar{\delta})}>1$ 尚不清楚）。证毕。

七、贴现率为私人信息时的标价计算

基本的步骤和定理 2 类似。(i) 先看第一价格规则：

如果 A 第一期胜，则收益为：$W_{s}=b\left(1-\dfrac{k}{Q_{0}}\right)$（$b$ 为所标捕捞量）；

如果第一期没有中标，则收益为：$W_{f}=\delta Q_{1}\left(1-\dfrac{k}{Q_{1}}\right)=\delta(Q_{1}-k)=\delta(\gamma(Q_{0}-\hat{b})-k)$.

参与者的策略是选择最优标价最大化预期收益：$\max\limits_{b}(1-F(\delta))W_{s}+F(\delta)W_{f}$.

利用包络引理，可以得到在均衡的一阶条件是：

$$b'(\delta)=\frac{f(\delta)}{1-F(\delta)}\frac{W_{s}-W_{f}}{\frac{\partial W_{s}}{\partial b}}=\frac{f(\delta)}{1-F(\delta)}\frac{b(\delta)\left(1-\frac{k}{Q_{0}}+\delta\gamma\right)-\delta(\gamma Q_{0}-k)}{1-\frac{k}{Q_{0}}}.$$

因为在任何时候标价都不可能是无穷大，因而可以解得 $b(\delta)=\int_{\delta}^{\bar{\delta}} q(x)\mathrm{e}^{\int_x^{\delta} p(t)\mathrm{d}t}\mathrm{d}x$，根据罗必达法则，$\lim_{\delta\to\bar{\delta}} b(\delta)=\lim_{\delta\to\bar{\delta}}\frac{q(\delta)}{p(\delta)}=\frac{\bar{\delta}Q_0(\gamma Q_0-k)}{Q_0-k+\gamma\bar{\delta}Q_0}$。又因为$\frac{\bar{\delta}Q_0(\gamma Q_0-k)}{Q_0-k+\gamma\bar{\delta}Q_0}<Q_0-\frac{k}{\gamma}$，所以 $Q_1>k$ 即在第一期肯定不至于过度捕捞。

(ii) 在第二价格规则下，

如果 A 第一期胜，则收益为：$W_s=\hat{b}\left(1-\frac{k}{Q_0}\right)$（$\hat{b}$ 为对方所标捕捞量，$\hat{b}\leqslant Q_0-\frac{k}{\gamma}$）

如果没有中标，则收益为：$W_f=\delta Q_1\left(1-\frac{k}{Q_1}\right)=\delta(\gamma(Q_0-b)-k)$（$b$ 为所标捕捞量）

和（i）进行同样的分析可以得到第二价格规则下的标价方程。

类似地，也可以计算边际成本为私人信息时的标价方程。

参 考 文 献

[1] Chatterjee, Kalyan and Larry Samuelson, "Bargaining under Two-sided Incomplete Information: The Unrestricted Offer Cases", *Operations Research*, 1988, 36, 605—618.

[2] Dusgupta, Partha and Geoffrey Heal, *Economic Theory and Exhaustible Resource*, London, UK: Cambridge University Press, 1982.

[3] Guofu, Tan, "Auction Theory and Its Application" (Chinese), *Working Paper Series*, Research Center of Regulation and Competition. Beijing, 1999.

[4] Leininger, Wolfgang, "Escalation and Cooperation in Conflict Situations: The Dollar Auction Revised", *The Journal of Conflict Resolution*, 1989, 33, 231—254.

[5] Kennan, John and Robert Wilson, "Bargaining with Private Information", *Journal of Economic Literature*, 1993, XXXI, 45—104.

[6] 柯荣住，"作为保险机制的标会：完全市场和不完全借贷市场"，载《中国社会科学评论》，2003 年经济卷，即出。

[7] Klemperer, Paul, "Auction Theory: A Guide to the Literature", *Journal of Economic Surveys*, 1999, 13(3), 227—286.

[8] Krishna, Vijay, *Auction theory*. New York, USA: Academic Press, 2002.

[9] Krishna, Vijay, "An Analysis of the War of Attrition and the All-pay Auction", *Journal of Economic Theory*, 1997, 72, 343—362.

[10] Jeremy Bulow and Paul Klemperer, "Auction Versus Negotiation", *The American Economic Review*, 1996, 86, 180—194.

[11] 麦金尼斯主编，《多中心体制与地方公共经济》(中译本)，上海：上海三联书店，2000 年。

[12] 麦金尼斯主编，《多中心治道与发展》(中译本)，上海：上海三联书店，2000 年。

[13] Milgrom, Paul, "Putting Auction Theory to Work: The Simultaneous Ascending Auction", *The Journal of Political Economy*, 2000, 108, 245—272.

[14] Milgrom, Paul, and Chris Shannon, "Monotone Comparative Statics", *Econometrica*, 1994, 62, 157—180.

[15] Milgrom, Paul, and Ilya Segal, "Envelope Theorems for Arbitrary Choice Sets", *Econometrica*, 2002, 70, 583—601.

[16] Myerson Roger, "Optimal Auction Design", *Mathematics of Operations Research*, 1981, 6, 58—73.

[17] Milgrom, Paul, "Two Person Bargaining Problem with Incomplete Information", *Econometric*, 1984, 52, 461—482.

[18] Milgrom, Paul, *Game Theory: Analysis of Conflict*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1991.

[19] Osborn, Martine, and Ariel Rubbinsein, *Bargaining and Market*, San Diego, USA: Academic Press, 1990.
[20] Ostrom, Elinor, *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*, London, UK: Cambridge University Press, 1990.
[21] Ostrom, Elinor, *Crafting Institutions for Self-governing Irrigation Systems*, San Francisco, USA: ICS Press, 1992.
[22] Ostrom, Elinor, et al, *The Drama of the commons*, Washington: National Academic Press, 2002.
[23] Ostrom, Elinor, Roy Gardner and James Walker, *Rules, Games and Common-Pool Resources*, Ann Arbor, USA: The University of Michigan Press, 1994.
[24] Pingxin Kuo, Loans, "Bidding Strategies and Equilibrium in the Discount-Bid Rotating Credit Association", *Academia Economic Papers*, 1993, 21(2), 261—303.
[25] Ronzhu, Ke, "Insurance with or without Outside Financial Market: Comparison between Bid and Random Allocation", *Working Paper*, Institute of Business Research, Peking University, 2001.
[26] Rubbinsein, Ariel, "Perfect Equilibrium in a Bargaining Model", *Econometrica*, 1982, 50, 97—109.
[27] Rubbinsein, Ariel, "A Bargaining Model with Incomplete Information About Time Preferences", *Econometrica*, 1985, 53, 1151—1172.
[28] Shaked, Avner and John Sutton, "Involuntary Unemployment as Perfect Equilibrium in a Bargaining Model", *Econometrica*, 1984, 52, 1531—1364.
[29] Sutton, John, "Non-Cooperative Bargaining Theory: An Introduction", *Review of Economic Studies*, 1986, 53, 709—724.
[30] Vining, Joanne (ed.), *Social Science and Natural Resource Recreation Management*. San Francisco, USA & Oxford UK: Westview Press, 1990.
[31] Watson Joel, "Alternating-Offer Bargaining with Two-Side Incomplete Information", *Review of Economic Studies*, 1998, 65, 573—694.

Rotating Bidding: A Mechanism to Allocate Common Pool Resource, Comparing with Bargaining Solution

RONGZHU KE
(*Zhejiang University and Peking University*)
HANMING FANG
(*Yale University*)

Abstract This paper formalizes a rotating bidding mechanism for allocating the common pool resource (CPR) with the presence of private information. It is shown that through the competition for the priority of using the CPR, the elaborated mechanism will motivate the agents to signal their time preferences and marginal costs in a Bayesian equilibrium, which ensures that people do not over-use the CPR and rewards the agents who have more patience and/or are more cost-efficient. Meanwhile, first and second pricing rules are both explored and compared for social and individual efficiency. The paper also compares the results of bargaining and the rotating bidding mechanism.

JEL Classification D44, C78, Q20