

外来生物入侵性传播方式、灾害及其防治研究进展

关键词 生物入侵 海洋灾害 (中图分类号) Q X

白希尧 依成武 张芝涛 沈欣军 侯蓓蓓

(大连海事大学环境工程研究所 大连 116026)

一、有害生物入侵性方式及灾害

外来有害生物入侵性传播已被世界环保基金(GEF)认定为海洋面临的四大威胁之一^[1]。船舶排放压载水是造成地理性隔离水体间有害生物传播的最主要途径^[2-3]。每年全球船舶携带的压载水大约有100亿吨,一艘载重10万吨货轮携带的压载水量达到5~6万吨,平均每立方米压载水有浮游动植物1.1亿个^[2,3],每天全球在压载水中携带的生物就有3 000~4 000种^[4],在一个压载水舱中就有存活腰鞭毛虫胞囊3亿个,舱底的沉积物中有22 500个/cm³浮游植物孢子,到目前为止被确认约有500种生物物种是由船舶压载水入侵传播的,它们以不同方式生活在压载水中。一旦入侵到新的适宜生存

区域中就能发生不可控制的“雪崩式”大量繁殖,疯狂地掠夺本地生物食物。有害寄生虫和病原体大面积迅猛传播,甚至引发本地物种灭绝。由于科技进步和货物运输经济效益的驱使,船舶航行速度加快,进而加剧了有害的外来生物物种的存活与传播,对港口水域的生态平衡和居民健康造成严重影响。

20世纪70年代北美水母(comb jelly)侵入黑海,嗜食浮游生物、鱼卵及鱼苗,给凤尾鱼和鲱鱼养殖业带来了灭顶之灾。1990年,一种美国生物 *mne miopsis* 侵入黑海,吞噬了大量浮游生物,使得黑海鱼苗几乎枯竭。目前有450种物种入侵地中海,其中半数以上是通过压载水入侵传播的。1997年,澳洲检疫局(AQIS)估计超过172种水生物侵入澳大利亚水域,大部分是通过压载水传播的,仅腰鞭毛藻 *dinoflagellat* 就造成8 000万美元的损失,同时又

即使产品质量有问题,消费者也可以很容易地通过正常渠道办理退货。

4. 可降低买卖双方的搜寻与谈判费用 电子商务较之传统的商务模式最大的特点是可以疏通信息的传输,既可大大提高信息传输的速度,又可拓宽信息的传输范围,便于买卖双方联系,从而减少了买卖双方的搜寻费用。同时,配送中心对产品进行统一的质检、分级,采取明码标价,这可以大大减少买卖双方的谈判费用。

四、果品电子商务模式存在和发展的前提——确定合理的中介费

配送中心从农户那里收取的中介费多少是直接关系到果品电子商务模式能否存在和发展的关键问题。假定农户直接进入市场的交易成本为 TC_d ,而由配送中心替代农户的分散交易后,交易成本变为 TC_m ,则由于配送中心的介入所带来的市场交易成本节约额应为 $\Delta \square\square\square\square\square_d - TC_m$,配送中心在节约外部交易费用的同时,会产生“组织内部的交易费用”,即配送中心为实现交易所必需的管理费用。假设配送中心的管理费用为 OC ,农户直接交易的组织管理费用可忽略不计,那么,由于配送中心替代农户的分散交易而增加的经济效益为 $R = TC_d - TC_m - OC$ 。若 $R > 0$,表明配送中心替代农户的分散

入市在经济上是合理的。配送中心从农户那里收取的中介费用 C 表示,显然 $TC_m + OC < C < R$ 。

若 $C \geq \square$,表明农户从配送中心得不到收益,那么农户作为利益主体,就不会选择与配送中心交易,而是自己分散入市。这样配送中心就失去了存在的基础,也有违这种模式建立的初衷,若 $C \leq TC_m + OC$,表明配送中心在交易服务中未得到合理的收益,作为利润追求者就会失去建立和发展的动力。所以, $TC_m + OC < C < R$ 是这种流通模式存在和发展的充分条件。在 R 既定时,农户与配送中心的利益分配关系是互竞关系,所以,如何确定中介费的高低,也即如何处理两者之间的利益分配关系,就成为这种模式能否存在和发展的关键问题。如果配送中心在保证自身利益的同时,也能让农户更多地分享这种流通模式的好处,那么果品流通的电子商务模式才真正具有了应有的潜力和生命力。

参考文献

- [1] 郑诗田. B2C 电子商务物流问题研究[J]. 商业研究, 2001(2): 111-115
- 濮爆 李泽华. 关于发展我国鲜活农产品拍卖市场的思考[J]. 农业经济问题, 2001(7): 53-56
- 濮爆 程言清, 黄祖辉. 农产品流通现状、问题及发展趋势[J]. 价格理论与实践, 2001(6): 30-32
- 濮爆 唐孝飞, 刘卫果. 物流网络组织的中介作用[J]. 我国物流与采购, 2001(19): 20-21

(责任编辑 王宏章)

通过贝壳类进入人类的食物链、损害了人们的健康,使澳洲水产养殖业停止了相当长的一段时间。外来生物入侵了德国水域的就有 100 种,其中一半多是由船舶传播的。自从斑马贝侵入美国和加拿大的五大湖后,引起公众对压载水形成外来生物入侵的关注,1990 年国际联合会和五大湖渔业组织(International Joint Commission and the Great Lakes Fishery Commission),向美国和加拿大政府提交一份报告,提出五大湖生态系统处于危机状态。1996 年侵入美国和加拿大交界的五大湖生物就有 139 余种。美国西海岸的旧金山湾是世界上最大外来入侵微生物集居区,目前发现 212 种外来物种。2000 年外来生物入侵北美物种已超过 250 种,其中有 74 种被确认是通过压载水传播的。2002 年科学家们就确认船舶压载水把 20 种外来水生植物和 61 种动物传播到英国北海,其中中华绒螯蟹大闹了英伦三岛,它们挖掘河岸,破坏防洪堤坝,吃掉了鱼类。霍乱弧菌(*ElTor, Inaba*)也是通过船舶压载水把亚洲霍乱弧菌带到了拉丁美洲的。从上述事例来看,各国船舶压载水的外来有害生物入侵性传播也将会对我国近岸海域环境造成灾难性破坏,威胁我国社会经济高速发展地域的可持续发展的基础。

二、外来生物物种

在全球范围内,已经有很多地区被大量的外来物种所入侵。它们在当地栖息下来并大量繁殖,从而给当地的物种、渔业生产以及人类的健康等造成威胁。有必要对世界范围内广泛传播的典型外来入侵生物以及它们对入侵地的生态环境以及经济等带来的不利影响进行研究。

1. 外来入侵植物

有害藻华(HAB) 1903 年,德国北海海域发生了浮游植物(*Odontella sinensis*)的大量增殖(藻华)。1908 年, Ostenfeld 首次提出,作为一种媒介物,压载水可以将本地区以外的浮游植物带入该地区^[1]。进入 20 世纪 90 年代,世界范围内浮游植物增殖的不断爆发引起了人们广泛的关注。

有毒的海生浮游植物如 *Alexandrium minutum*、*Gymnodinium tamarense*、*G. catenatum* 和 *Gyrodinium aureolum* 等经常在世界范围的海域内大量繁殖,这已经是屡见不鲜了。*Alexandrium* 的大量繁殖在挪威和英国沿岸海域引起了麻痹性贝毒(PSP)的爆发。1997 年 6 月末期间, *A. minutum* 在瑞典西海岸的斯卡格拉克海峡被大量发现。它也是北海、大西洋、地中海以及美国东海岸、澳大利亚、日本、新西兰等海岸经常出现的一种藻类。*Gyrodinium aureolum* 引起了英吉利海峡、英国西海岸以及丹麦、挪威、瑞典等海域内鱼类的大量死亡。

蕨藻属海藻(*Caulerpa taxifolia*) 它是由偶然的原因而被引入地中海的。它们通过区域间的航运传播而遍布欧洲海域。这种藻类可能是在 20 世纪 80 年代中期被带入地中海的,首次纪录是在摩纳哥海域^[2]。西班牙(巴利阿里群岛)、意大利和克罗地亚(亚得里亚海)也有发现这种藻类的相关纪录。它们取代了当地的海藻(如 *Posidonia oceanica*) ,限制了

幼鱼和无脊椎动物的栖息地,从而威胁到了当地物种种群的延续。

日本褐藻(*Undaria pinnatifida*) 它同北太平洋海星 *Asterias amurensis* 一样是以类似的方式被带入澳大利亚的,而且已经给塔斯马尼亚州的渔业产量带来了不利的影响。当这种藻类潜入牡蛎和其他贝类饲养场后,它们栖息在岩石、航道和其他能够提供营养的物质上,从而给牡蛎和贝类的生产带来了更大的影响。人们已经尝试着采用物理方法将这种藻类从海洋中去除,但这种方法是否能够成功,仍然是未知的。

海藻(*Sargassum muticum*) 现在,葡萄牙、西班牙(大西洋海岸)、法国(大西洋海岸)、英国、荷兰、德国(北海)、丹麦(南海)、挪威和瑞典(西海岸)等国家的沿岸,都可以看到这种棕色的大海藻。它们与当地的物种相竞争,从而影响了当地物种的生存,同样也给海水的透光性带来了不利的影响。

2. 外来入侵动物

斑马贝(*Dreissenapolyomorpha*) 它们大量地集结在一起,堵塞了大湖区域地下水管路,已造成了数十亿美元的经济损失。在未来的 10 年内,预计将花费掉 40~ 80 亿美元用于控制、消灭大湖地区的外来斑马贝以及其他方面的修复工作。

绒螯蟹(*Eriocheirsinensis*) 它们可能是在 20 世纪初被带入欧洲水域的。1912 年,人们在德国的 Aller 河中发现了这种蟹类,并作为欧洲的首次发现而被纪录下来。这种蟹类的发源地在 Wladiwostock 和中国南部的温带和热带地区水域之间,还包括日本和台湾。主要分布区域是黄海海域(中国北部的温带地区)。由于它们具有很强的挖掘能力,因而导致了许多的堤岸、海岸防护设施和港口装备的损坏,并造成了多起严重的事故。此外,它们取食渔网中捕获的鱼类,从而给鱼类产业造成了影响。因此人们采取了一些控制措施(如选择性捕鱼、诱捕等),然而却收效甚微。

栉水母(*Mnemiopsis leidyi*) 它们原属于北美大西洋海岸的一个物种,现已传入了黑海海域,并在 1982 年被首次纪录。如今这种栉水母已经在黑海栖息下来,并且大量地繁殖。它们严重地影响了当地凤尾鱼的产量,而且已经几乎完全取代了当地的栉水母种群。同这种栉水母侵入黑海以前相比,黑海凤尾鱼产量已减少到以前产量的 10%。

扇形蠕虫(*Sabella spallanzani*) 大型地中海 *Sabella spallanzani* 正威胁着澳大利亚水域的水产养殖业和渔业的生产。这一物种的特点是生长迅速,每年可增长 10cm。澳大利亚对其首次纪录是在 20 世纪 80 年代。许多地区都报道了由这一物种所带来的未知病原体而引发的多毛环节动物枯萎病。

海星(*Asterias amurensis*) 人们认为这种海星是在排放带有其幼体的压载水时而被引入澳大利亚的。它们给当地的贝类产业和海洋环境带来了不利的影响。这种海星取食贻贝,威胁着贝类产业,造成了巨大的经济损失。对这种海星未来潜在影响的预测是不容乐观的。

多毛类(*Marenzelleriaviridis*) 它们可能是在 1982 年随着压载水被带入德国后,沿着德国海岸而

迅速传播开来的。这一物种在德国爱姆斯河河口处被第一次发现。这一物种的爆发已经引发人们关于它们在德国和邻国沿岸海域的生态、分布以及繁殖等方面的大量研究。

3. 外来入侵病原体

腰鞭毛虫(*Pfiesteria piscicida*) 人们还没有在欧洲水域发现 *Pfiesteria piscicida*, 但是最近它们被带入了美国切萨皮克湾。有报告指出这一物种可能是通过压载水或压载舱沉积物被带入的。

人们认为美国东海岸河口内鱼类的死亡与这一物种有关, 也有报告指出它们还可以引起人类的疾病。当人体接触了含有这一物种的水体, 或者吸入了这种水体蒸发出的水汽后, 健康会受到严重影响, 表现为一系列的症, 如昏迷、精神混乱、皮肤有灼烧感(皮肤直接与水体接触部位, 以及脸部、胸部等处)、眼部充血、剧烈的头痛、视力模糊、持续的呼吸困难(类似于哮喘症状)、肝肾功能紊乱、短期记忆丧失、皮疹、上呼吸道刺激、肌肉抽搐、肠胃疾病、恶心、呕吐、腹泻、腹部绞痛等。

病原体(*Vibrio cholerae*) 1961年, 在印度尼西亚的西里伯斯岛爆发了由 *Vibrio cholerae* 引发的霍乱, 到1991年为止, 霍乱在全球范围内爆发后才告结束。在南美洲这种流行病是从秘鲁沿岸开始爆发的, 随后拉丁美洲的一些港口也相继爆发。因此, 人们认为霍乱是由海上交通而带入的。1991年11月和1992年6月, 美国在来自南美洲的船舶压载水中检测到了活的霍乱菌。

外来物种的种类繁多, 对当地生态环境以及经济等危害性较大, 因此必须寻找有效的预防和治理措施。此外, 有效地控制船舶压载水的排放, 以及研究有效的压载水治理方法, 从而在外来有害物种入侵之前就将其消灭掉, 是势在必行的。

三、外来生物入侵是全球关注的问题

外来有害生物入侵的灾难性后果引起了全世界的极大关注。1992年在里约热内卢召开的联合国环境与发展大会, 把外来生物入侵作为会议主要议题之一。1997年, 联合国国际海事组织(IMO)通过了A868 20《关于控制和管理船舶压载水, 减少有害生物和病原体传播的指南》的决议^[1]。2001年IMO海上环境保护委员会(MEPQ)第45届会议上形成了具有法律约束的公约《船舶压载水和沉淀物管理国际公约》草案文本, 将于近期提交外交大会上通过, 成为强制性国际法律公约。

一旦外来有害生物物种的入侵传播造成灾害态势, 其治理工作量和费用都十分巨大, 甚至是不可能进行有效治理的, 当前只有选择事先阻止或者降低外来生物入侵程度才是明智的做法。为此, 各国政府、国际组织以及科学家们正在着手研究阻止外来生物入侵的措施和方法。1999年, IMO与联合国发展计划署(ONDI)和全球环保基金会(GEF)合作实施一个全球项目《压载水管理项目(GolBallast)》^[1], 经费为730万美元, 从此引起了世界各国的普遍关注。早在1993年美国国家自然基金(NSF)、环境保护机构(EPA)、国家海洋和大气管理机构

(NOAA)、海军研究所(ONR)等四单位就组成了ECOGAB机构, 着手组织治理有害入侵生物的研究, 共同资助研究经费300万美元。后来政府又注入专项研究经费2000万美元。各国科研机构和国际组织正在组织科学家们研究可供选择的一系列治理压载水外来有害生物入侵性传播的方法。

四、防治生物入侵研究进展

目前还没有一种有效的船上治理压载水的方法。现可供采用的方法: 一是压载水在航更换处理; 二是在目的地港口进行岸上压载水处理。前者存在安全和能耗过大的问题, 后者存在当地政府投资及港口维护设置管理等问题。为此, 目前不少科技工作者着手研究一种有效的船上治理船舶压载水有害生物入侵的新方法, 以便解决地域限制以及阻碍贸易等问题。IMO指出治理压载水有害生物入侵是一个全球性关注的焦点问题, 不提倡不同地域采用不同治理体系。基本要求是: 要在船上处理, 成本要低廉, 设备要小巧, 便于操作; 不对海洋近岸水域环境形成新的污染, 应是绿色的无害治理新方法。现有治理压载水方法如下。

1. 在航深海更换压载水

1990年国际联合会和五大湖渔业组织提出了公海更换压载水减少生物入侵性传播的措施, 在公海换掉那些在沿海、港湾加入的海水, 是因为: 近岸海水中含有丰富的营养物质, 养育了大量的水生生物; 而深海含有较少的生物体, 它们又不适应近岸水域生存。当然还存在在航深海更换压载水不能有效地去除水中全部生物的各个阶段物种的问题。2000年IMO海上环境保护委员会建议采用“在航深海(水深2000米以下, 离岸200海里以外)更换压载水方法”。其中有: 排空法, 即将船舶压载水全部排空, 但在更换压载水过程中会产生自由液面效应, 导致船舶的稳定性降低, 产生剪切弯矩导致强度降低, 甚至造成损坏等; 直流法, 即更换相当于3倍船容水量的水, 但只能更换掉90%压载水。这两种方法均存在消耗能量过大以及操作、运行时间过长等问题。一艘30万吨油轮更换压载水需36小时, 每年要多支出200余万元^[9]以上, 其运行经费远高于物理、化学法治理压载水的费用。

2. 不排放压载水

采用压载水不排放措施来保持船体平衡稳定运行, 牺牲了船舶货物装运量, 因而吨位运输成本增加了20%以上。

3. 物理法

过滤 过滤法处理压载水是一种对环境无害的处理方法, 过滤大于筛孔的生物有效率为95%以上, 但滤不掉微小的浮游生物以及细菌、病毒。它只可能作为化学、物理法的前置处理措施。其有效的过滤系统的滤孔为50 μm~150 μm, 通常采用过滤生物、杂质的楔形过滤器。

加热处理 把水蒸气通入压载水加热^[10], 或者用船引擎余热加热, 也可以用微波方法加热压载水。1997年Bolch的试验数据表明水温在35℃~38℃、作用时间为4~5h时才能有效杀死腰鞭毛虫的孢子和浮游植物微生物。2000年Geoff Rigby^[4]等分别进行了加热治理压载水的研究, 在水温38℃

时,压载水中的新月菱形藻要经过 2h 后才能致死;中肋骨藻要在水温 45℃ 存放 4h 后才能致死;原生动物在水温 50℃ 时放置 2 小时后才致死。一些人认为此法是一项领先的有潜在应用价值的方法,但它明显存在以下问题。(1) 升高单个压载舱的压载水温度,会导致船体结构受热应力作用而引起金属膨胀,影响船体结构稳定,影响船舶航行安全,而且会破坏船舱涂层。(2) 对一些喜温的浮游生物、细菌及其芽孢,需要更高温度才能使其致死,30℃~40℃ 水温反而有利于霍乱弧菌等一些细菌的生长。(3) 能耗过大。这些都是难以解决的问题。

紫外辐射 紫外辐射可以破坏某些微生物的核酸(DNA、RNA)和蛋白质等生物成分。杀灭浮游生物的辐射强度要高于杀灭细菌的 3 个数量级。有一些微生物被辐射杀灭后仍可以恢复。此法存在穿透力较差等问题,仅能处理较薄的水层。压载水色度、浊度、有机物和盐类均能降低紫外线杀灭微生物的功能。此法占地面积大,难以在船上进行处理。

4. 化学法

现有 4 700 种消毒杀菌剂均可用于治理压载水试验研究上,它们均处于实验室研究阶段。化学法存在用药量过大、残留药剂过多、杀灭微生物时间过长(受海洋动力学制约)等一系列难以解决的问题;也存在成吨(或数十吨)药剂存放及其安全问题。由于杀灭微生物需要 40 分钟左右,因而需要一个庞大的压载水存放接触池(或称氧化塔、曝气池)等问题。

氯 氯是一种强氧化剂(氧化还原电位为 1.36V,仅是羟基的一半)。处理压载水的剂量为 100mg/L~500mg/L,后处理为 5mg/L。通常是在输入压载水时再加入氯的水溶液,因存在氯不能均匀溶于压载水的问题。为了保证杀灭微生物的均匀性,就得加入过量的氯;但在船上存放数十吨的液氯会存在泄漏、爆炸等安全问题;氯与压载水中有有机物反应后还可生成致癌有机氯化物。由于上述原因,此法不太可能被应用于压载水治理上。早在 1998 年 Smethurst 就提出重新评估氯治理压载水的可行性。

二氧化氯 二氧化氯(ClO_2)的杀菌能力略好于氯,也存在气体的爆炸等安全问题,以及产生有毒的副产物和对船体、管道、泵等的腐蚀问题。

电解盐水解(次氯酸钠) 次氯酸钠(NaClO)是一种有效的杀菌药剂,用于医院污水后处理上。产生 NaClO 的“次氯酸钠发生器”是一种定型产品。 NaClO 是由食盐(NaCl)电解产生的,它需要一个大型沉淀调节池、接触反应池及附加设置(容积约为被处理数量的 1/10 左右),压载水需在池内停留 1h 以上。此法不可能在船上进行压载水处理。它也存在与氯、二氧化氯法相似的一些难以解决的问题。

过氧化氢 过氧化氢(H_2O_2)浓度达到 1% 就可以杀死浮游藻类等微生物,剩余 H_2O_2 将分解成对环境无害的水和氧气。Rigby 在实际研究中表明,一个装有 50 000t 压载水的货船就需要 1 000t 的 H_2O_2 ,存在费用昂贵和 H_2O_2 存放安全等问题。

臭氧 臭氧是一种强氧化剂,氧化还原电位高达 2.07V,足以致死压载水中的入侵微生物。残余的臭氧能分解成 O_2 ,不存在再污染问题。文献中报道

10mg/L 浓度的臭氧能致死单细胞浮游微生物、100mg/L 浓度可以致死孢子。

MEPC 以及 GolBallast 却认为上述方法中无一种是有效地适于船上治理压载水的方法^[1]。

5. 羟基治理压载水方法

采用强电离放电的方法^[11,12],在原子、分子层次上把 H_2O 、 O_2 加工成高浓度羟基等活性粒子;再采用气溶解新技术制成羟基药剂,加入压载水主输送管道内,可实现在线治理压载水。这已成为船上治理压载水惟一有效的绿色新方法^[13]。它具有以下技术经济指标及特点:(1) 杀灭微生物速度极快(≤ 6 秒),能在压载水输送过程中杀灭微生物;(2) 低浓度(0.6mg/L)就能 100% 致死压载水中单细胞藻、原生动物、孢子、弧菌和细菌;(3) 微藻的叶绿素、类胡萝卜素含量在处理均低于检测方法的最低限;(4) 剩余羟基药剂分解成 H_2O 、 O_2 等,无任何残留药剂;(5) 羟基把微生物的尸体分解成 CO_2 、 H_2O 和微量无机盐等无害物质;(6) 羟基净化了压载水水质,亚硝酸盐、铵盐分别下降 97、60 位,COD 从 0.54mg/L 减少到零,浊度减少一半,DO 饱和度增加了 77.2%;(7) 加工羟基的设备体积小、操作简便、运行成本低,仅相当于在航深海更换压载水费用的 1/30。

近期进行每小时处理 20t 压载水的中试试验数据表明,强电离放电治理压载水是有效、廉价、无残留物的创新方法,有望解决船舶压载水的外来有害微生物入侵传播的问题,又有利于保护港口附近水域的环境及海水,有利于海港及其近岸海域的生态恢复。

参考文献

- [1] 全球压载水管理项目中国国家项目实施小组. 全球更换压载水管理项目. 交通环保,2001,专版 1 期
- [2] Gregory M. Ruiz etc. Global spread of microorganisms by ships. Nature, 2000, 408: 49~50
- 霍懋 Mackenzie etc. Alien invaders. New Scientist, 1999, 162: 18~19
- 霍懋 Geoff Rigby. From Ballast to bouillabaisse. Science, 2000, 289: 241
- 霍懋 Donald M. Anderson. Turning back the harmful red tide. Nature, 1997, 388: 513~514
- 霍懋胡承兵. 阻止“塔乘”于压载水中的外来生物入侵者. 交通环保,1999,20(4): 35~39
- 霍懋李世信,王学忠. IMO 海上环境保护委员会第 45 届会议. 中国船检,2000(1): 36~37
- 霍懋 Baker Beth. Harmful algal blooms. bio. Science, 1998, 48: 12~15
- 霍懋林火平. 压载水管理. 世界海运,2001,24(3): 40~41
- 霍懋张宏旭. IMO 第 40 届海洋环保会议关于压载水有害有机物和病原体工作组工作情况. 交通环保,1998,20(1): 38~39
- 霍懋白希尧,张芝涛,白敏冬等. 非平衡等离子体化学研究与进展. 科学通报,2002,47(5): 321~322
- 霍懋张志涛,鲜于泽,白敏冬等. 强电离放电研究. 东北大学学报,2002,23(5): 507~510
- [13] 白希尧,白敏冬,杨波等. 外来有害生物入侵性传播和治理方法研究. 自然杂志,2002,24(4): 223~226

[本研究系基金项目:国家自然科学基金重点项目(6003100),国家重大基础研究项目前期研究专项(2002CCC00900) 删去 1997 年及以前的 24 篇英文文献目录 (责任编辑 王宏章)]