

基于转运合作博弈模型的逆向供应链回收研究

吴 旭 王丽亚*

(上海交通大学机械与动力工程学院, 上海 200240)

摘要 针对逆向供应链中多再制造商之间结成联盟进行回收,从而更好地平衡回收量与需求量,并将该问题转化为联盟回收的合作博弈问题进行研究。将以联盟转运为再制造商之间的结盟形式,以联盟总效益最大为目标,利用设计的粒子群算法对联盟转运的转运数量矩阵进行求解,并利用夏普利值求得联盟利润的分配方案,以使得联盟处于稳定状态。最后给出了算法的数值例子并分析了计算结果,验证了算法的可行性。第一次研究了 n 个再制造商再制造产品多样的以联盟转运作为合作模式的逆向供应链回收问题,并首次使用粒子群算法对合作博弈模型进行求解。

关键词 逆向供应链 再制造商 合作博弈 粒子群算法 联盟 转运

中图法分类号 F722.3; **文献标志码** A

逆向供应链包括了回收、检查、分离,再加工,丢弃以及再分销^[1]。逆向供应链是为了从客户手中回收使用过的产品所必需的一系列活动,其目的是对回收品进行加工再制造,并获得再利用^[2]。产品回收的环节是逆向供应链的第一个环节,能够在这一环节收集足够的回收品以供再制造商进行生产再制造,是逆向供应链中各再制造企业能否最终获益的前提。

近年来在研究供应链协调问题时,越来越多的研究者将视角从单人优化模型转向博弈论的研究框架^[3—5]。目前关于逆向供应链再制造商联盟回收的问题研究很少,文献[6]研究了供应链系统的部分合作博弈,主要针对信息及知识共享过程中的信任机制和协议约束进行研究,分析了合作博弈的生成机理。文献[7]研究了在产品回收多用途的随机

再制造系统中的优化理论和方法,文中研究了如何将有限的随机数量的回收品通过转运方式安排给不同用途的制造商以使得逆向供应链收益最大。文献[8]研究了单一制造商和单一零售商的逆向供应链系统,在需求确定的情况下运用博弈论对回收定价的策略进行了理论研究,利用合作博弈理论分析了制造商和零售商联合定价时对系统收益的影响。过去的研究主要局限在单一再制造商单一零售商的逆向供应链协调的博弈研究,而没有扩展到更一般的 n 个再制造商的情况,另外利用合作博弈理论对再制造商间进行转运的合作方式基本没有作深入地研究。

本文利用博弈论的合作博弈模型对逆向供应链再制造商间的转运合作方式进行建模,并采用改进的粒子群算法对模型的合作转运矩阵进行求解,以使得系统内再制造商联盟收益最大化,并利用夏普利值求解合作博弈利润的分配方案。最后给出了算法的数值例子并分析了计算结果,验证了算法的可行性,并通过计算算法的离线性能证明了算法的高效性。

2011年2月24日收到 国家自然科学基金重点项目
(70932004G0209),上海市网络化制造与企业信

化重点实验室开放课题(KF200903)资助
第一作者简介:吴 旭(1987—),男,江苏省泰州人,硕士生,研究方向:多再制造商的逆向供应链的回收定价。

*通信作者简介:王丽亚,女,教授,博士生导师,E-mail:wangliya@sjtu.edu.cn。

1 多再制造商联盟转运合作博弈模型

本文将研究如下由多个再制造商同时进行回收再制造的逆向物流系统:(1) 每个再制造商面临的再制造产品需求是随机的;(2) 每个再制造商的废旧产品回收数量也是随机的,且仅与自己的回收价格有关;(3) 各再制造商再加工制造的新产品各不相同,目标市场不同;(4) 再制造商之间的回收函数、再制造成本、销售价格、需求分布等可以各不相同,但是都采取按订单生产的再制造方式;(5) 各再制造商再加工制造单位新产品所需要的废品量不同;(6) 再制造商之间可以结成联盟进行回收,每个联盟可以在回收数量实现后对废旧产品进行联盟内的相互转运,互相之间订立转运合作合同,只要转运能够提高联盟总收益,各再制造商必须进行转运操作,合同具有强制性,转运的费用是关于转运数量的线性单增函数。如图1所示为本章所研究的多再制造商联盟回收的逆向供应链系统。

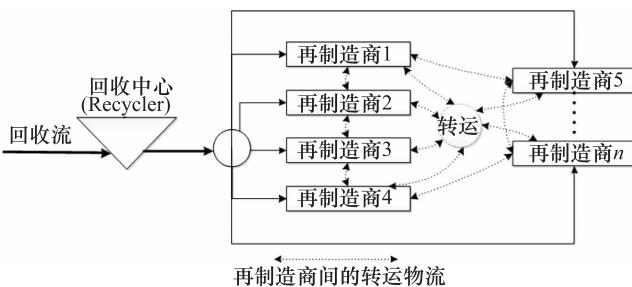


图1 多再制造商联盟回收的逆向供应链系统

现在开始介绍多再制造商的联合回收模型。设逆向供应链系统中有 n ($n \geq 2$) 个再制造商对某种废旧品进行回收再制造。再制造商 i 的废品回收数量为与其回收价格相关的随机变量。当再制造商中的部分成员组成回收联盟进行合作回收时,他们之间可以在各自的废品回收数量实现之后相互转运回收品,从而使得整个联盟获得更大的利润。

设再制造商 i 的回收数量满足如下函数:

$$R_i(f_i) = r_i(f_i) \varepsilon_i \quad (1)$$

f_i —再制造商 i 的回收定价;

$r_i(f_i)$ —再制造商 i 在回收定价为 f_i 时的回收

数量期望;

ε_i —再制造商 i 回收的不确定因素。

式(1)中, $r_i(f_i)$ 是一个关于回收价格向量的连续函数,本文假设该回收数量期望函数为一个关于回收价格的正值单增凹函数,即对任意的 $i = 1, \dots, n$, 都有 $r_i > 0, r'_i > 0, r''_i \leq 0$ 成立。即回收的期望数量随着回收定价的增长而增长,但是回收价格越高,回收的难度也增加,单位回收价格所获得的边际期望回收量将越小。

再制造商 i 再加工制造的产成品的市场需求是随机的,记为 D_i 。各再制造商的需求 D_i 之间可以是独立的,也可以是相关的。当回收结束后,从再制造商 i 到再制造商 j 的单位转运费用为 t_{ij} ,即转运矩阵 $T = (t_{ij})$; $i \in N, j \in N$ 。对再制造商 i 来说,设生产单位新产品需要消耗的废旧品数量为 φ_i ,设再制造商 i 的单位再加工制造的成本为 c_i ,再制造的产成品的市场价格为 p_i ,对于未能利用的废旧回收品,再制造商 i 能够获得单位残值为 s_i 。这几个值均为预设常量,满足 $0 \leq c_i < p_i, 0 \leq s_i < p_i - c_i$, 即再制造商只有通过加工再制造才能获得最大的利润。假设所有的再制造企业均采用按订单生产的模式,即再制造根据产品的需求的实现来进行。这种按订单生产的方式在现实中有很多再制造企业采取,如文献^[9]的电子产品再制造的情况和文献^[10]中的汽车工业再制造的情形。

联盟 S 的成员间联合决策的转运数量矩阵满足式(2) :

$$\begin{aligned} A^S &= \{A^S \in R_+^{N \times N} | A_{ij}^S = 0 \text{ 若 } i \notin S \text{ 或 } j \notin S, \\ &\sum_{j \in S} A_{ij}^S = r_j(f_i) \varepsilon_i \text{ 对任意 } i\} \end{aligned} \quad (2)$$

N —合作博弈的参与人集合; A_{ij}^S —联盟 S 中成员 i 向成员 j 的转运数量; A_{ii}^S —成员 i 保留不转运的数量。

转运数量矩阵 A^S 的形式如式(3)所示。

$$A^S = \begin{pmatrix} A_{11} & \cdots & A_{1N} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{N1} & \cdots & A_{NN} \end{pmatrix}^S \quad (3)$$

当回收实现后,联盟 S 中的成员 j 的期望利润为:

$$H(A_j^S) = - \sum_{i \in S} A_{ij}^S t_{ij} + p_j E \left\{ \min \left[\sum_{i \in S} A_{ij}, \right. \right.$$

$$D_j \varepsilon_j \Big] \Big\} + s_j E \left\{ \min \left[\sum_{i \in S} A_{ij} - D_j \varepsilon_j \right]^+ \right\} \quad (4)$$

t_{ij} —联盟 S 中成员 i 到成员 j 的单位运费; D_j —成员 j 的产成品需求量; ε_j —成员 j 再加工制造单位产成品所消耗的废品量; p_j —成员 j 再加工制造单位产成品市场价格; s_j —成员 j 对未能使用的废品所能获得的单位残值。

综上,联盟 S 的总期望受益为:

$$H(A^S) = \sum_{j \in S} H(A_j^S) - \sum_{j \in S} f_j R_j(f_j) - \sum_{j \in S} c_j D_j \quad (5)$$

A^S —联盟 S 上各成员决策的转运数量矩阵; f_j —联盟 S 上成员 j 决策的回收价格; $R_j(f_j)$ —联盟 S 上成员 j 的回收数量; c_j —联盟 S 上成员 j 的再加工制造的单位成本; D_j —成员 j 的产成品需求量。

具体地,如果多个再制造商形成回收合作联盟 S ,在转运合作博弈中其联盟系统的运行顺序如下:

(1) 联盟 S 中的各再制造商成员联合决策回收价格向量:

$$F^S = \{f \in R^N \mid f_i^S = 0 \text{ 若 } i \in N/S, f_i^S \in [f_i, \bar{f}_i] \text{ 若 } i \in S\}.$$

(2) 联盟 S 中再制造商 i 的回收不确定性 ε_i 实现。

(3) 各再制造商的随机需求 D_i 实现。

(4) 联盟 S 中的各再制造商联合决策联盟成员间的废品转运数量矩阵 A^S 。

(5) 联盟 S 中的各成员利用各自的废旧品进行再加工制造,获得单位产品销售 p_i 和单位废旧品残值 s_i 。

2 粒子群算法优化的设计

为了实现对多再制造商回收转运合作博弈的转运矩阵的有效求解,本文使用了粒子群算法,通过设计适合求解二维矩阵解的粒子,以及设计粒子的速度位置更新函数以使得算法能够对二维解的情况进行有效求解。同时为了提高算法的运算效率,对粒子迭代过程进行速度控制,以使得粒子控

制在有限的范围内,而不会产生过多冗余搜索和避免无限空间搜索。

在 PSO(粒子群算法)求解过程中,将转运合作博弈模型中联盟各成员间的每一个签字的转运数量矩阵当作 PSO 搜索空间中的一个粒子。传统的 PSO 的粒子是一维向量,其搜索空间是一个二维平面,本章节中,由于模型解是一个二维的矩阵解,因此 PSO 求解算法的粒子是一个二维矩阵,其搜索空间将是一个三维的空间范围。因此本粒子群算法的单个粒子的形式如式(6)所示。

$$pop_i = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (6)$$

i —第 i 个粒子; a_{jk} —联盟成员 j 到成员 k 的转运数量的权重($j, k \in N$)。

根据式(2)、式(3)可以得到在粒子迭代过程中,转运矩阵的第 j 行的数量之和是不变的,大小为再制造商 j 的初始回收量 $R_j(f_j)$ 。

算法运算过程中第 i 个粒子式(2)所代表的各成员间的转运数量如式(7)所示。

$$A_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{k=1}^n a_{jk}} R_j(f_j) \quad (j, k \in N) \quad (7)$$

即为了方便粒子群算法对模型进行有效求解,本文将模型的二维矩阵解,即各联盟成员间的专业数量矩阵 A^S [式(3)所示]映射为式(6)所示的 pop_i 矩阵,式(7)即为两个矩阵间的映射函数。

为了限制粒子的搜索空间,防止产生冗余搜索或搜索空间无限大,本算法中设定 $a_{jk} \in [0, \bar{a}]$ 。

算法开始时,PSO 初始化一群随机解,即一群随机粒子

$$pop(N_p) = \begin{pmatrix} pop_1 \\ pop_2 \\ \vdots \\ pop_{N_p} \end{pmatrix} \quad (8)$$

式(8)中 N_p 表示初始粒子群的粒子个数 pop_i 如式(6)所示。

根据传统的粒子群算法定义,所有粒子都需要

一个适应性函数来确定各粒子的适应值(fitness value),据上文所述,本章所使用的粒子并不是模型的可行解,而是转运合作博弈的可行解的映射,因此在计算粒子的适应值函数时,需要通过矩阵映射函数(7)进行粒子和解的转换。同时每个粒子包含有速度值,来决定该粒子搜索(即飞翔)的方向和距离,在每次迭代过程中,各个粒子通过追随群体的两个极值:粒子自身所搜索到的最优解 $P_{\text{best}}(t)$, $t = 1, 2, \dots, N_p$ 和整个群体所能搜索到的最优解 $G_{\text{best}}(pop)$ 来动态调整自身的搜索速度和位置,从而通过不断地迭代操作,完成对问题的近似寻优。这里的 $P_{\text{best}}(t)$ 和 $G_{\text{best}}(pop)$ 均是模型解的映射,并非实际模型的极值。其中 $P_{\text{best}}(t)$ 如下所示:

$$pop_{\text{best}}^t(N_p) = \begin{pmatrix} pop_{1,\text{best}}^t \\ pop_{2,\text{best}}^t \\ \vdots \\ pop_{N_p,\text{best}}^t \end{pmatrix} \quad (9)$$

在粒子群算法优化迭代的过程中,第 t 个粒子的搜索速度和位置的更新公式为:

$$V_t^{k+1} = \omega_k V_t^k + \varphi_1 \lambda_1 (P_{\text{best}}(t) - Z_t^k) + \varphi_2 \lambda_2 (G_{\text{best}} - Z_t^k) \quad (10)$$

$$Z_t^{k+1} = Z_t^k + V_t^{k+1} \quad (11)$$

其中, V_t^k 是第 t 个粒子在进行第 k 次迭代时的搜索速度, Z_t^k 是第 t 个粒子在第 k 次迭代时的位置, ω_k 为第 k 次迭代时的惯性权重, φ_1, φ_2 为随机搜索的加速度常数(亦称学习因子), λ_1, λ_2 为 $(0, 1)$ 均匀分布的随机数。 ω_k 从最大的惯性权重 ω_{\max} 随着迭代线性递减到最小的惯性权重 ω_{\min} , 设迭代的最大次数为 k_{\max} , 则可以得到

$$\omega_k = \omega_{\max} - k \frac{\omega_{\max} - \omega_{\min}}{k_{\max}} \quad (12)$$

在本粒子群算法中,每一个粒子代表的转运合作博弈模型的转运矩阵解的映射,由于每个粒子都是一个二维矩阵,因此粒子的搜索空间是一个立体空间,该立体空间是模型解空间的映射。根据模型使得联盟收益最大化的目标,下面给出每一代粒子的适应性函数为:

$$g(pop_{\text{best}}^t(N_p)) = \sum_{i=1}^{N_p} (H^S(u(pop_{i,\text{best}}^t))^2 - H^S(u(pop_{i,\text{best}}^{t-1}))^2) \quad (13)$$

t —粒子迭代次数; H^S —联盟 S 的总收益函数,见式(5); u_0 —粒子与转运合作博弈的转运矩阵的映射函数。

根据模型最优解性质以及粒子群算法的性质可知,当适应度函数值为 0, 即 $g(pop_{\text{best}}^{t*}(N_p)) = 0$ 时,粒子群算法达到模型最优解。

为了始终保持算法运行过程中每个粒子都在可行的空间内进行搜索,必须要从初始化群组的时候就要保证其可行性。在粒子迭代过程中,如果粒子的元素飞出 $[0, \bar{a}]$ 的范围,算法将保证粒子运动方向不变的情况下,调整运动的速度,以保证粒子永远在有限的解空间内。

3 算例检验及联盟收益分配求解与分析

为了验证本章提出的利用改进的粒子群算法能够求解转运联盟的合作博弈的最优转运数量矩阵,并利用合作博弈中求夏普利值的方法,求解满足夏普利值要求的联盟收益分配方案。因此设计如下的数值计算实例进行计算和分析。

在算例中,假定某逆向供应链上存在 6 个再制造加工的企业所组成的回收联盟,他们各自生产的产品不同,所对应的目标市场也不相同且市场需求互相随机独立。因为所生产的产品互不相同,因此生产单位产品所需要的回收品数量各异。每个再加工企业的收益都受到自身生产加工成本、多余回收品的残余价值以及制成品的价格等数值因素的影响。联盟各成员间单位废旧品转运费用矩阵表示了各再制造商在进行废品互相转运作业过程中,所需要花费的单位成本。

经过多次重复运算,得到了很多组不同的回收不确定因素、不同市场需求量的情况下,联盟成员间最优的转运矩阵以使得联盟总收益达到最大。其中两次实验产生的基础数据如表 1 所示,其中包括需求量、回收量信息以及回收不确定因素。

表2为最优粒子对应的两组最优合作转运数量矩阵,可以看到最优转运矩阵每行转运数量的累加和与表1中每个再制造商的初始回收量相等。

表1 实验基础数据

试验次数	再制造商编号	需求量	回收量	不确定因素
第一次	1	230	367	0.951 932
	2	194	441	1.143 167
	3	124	330	0.855 341
	4	450	507	1.313 821
	5	100	455	1.177 718
	6	111	255	0.660 762
第二次	1	201	323	0.836 691
	2	262	317	0.820 866
	3	158	426	1.104 648
	4	247	414	1.073 195
	5	92	269	0.697 133
	6	189	315	0.816 755

表2 实验得到的最优转运矩阵

试验次数	再制造商编号	1	2	3	4	5	6	累加
第一次	1	78	77	74	66	72	0	367
	2	0	163	111	162	5	0	441
	3	53	24	64	11	114	64	330
	4	0	204	25	278	0	0	507
	5	136	0	16	6	152	145	455
	6	3	0	102	17	81	52	255
第二次	1	54	32	124	0	113	0	323
	2	1	70	81	93	0	72	317
	3	0	124	102	0	75	125	426
	4	0	128	102	148	0	36	414
	5	0	95	0	0	96	78	269
	6	70	46	58	0	70	71	315

根据实验结果可以看到,每个再制造商都有可能向联盟内其他成员转运也可能接受其他成员转运的回收品,即转运合作合同在联盟内应该具有强制性,合作合同的目标是使得联盟利润最大化。

两次实验分别迭代了221代和160代找到最优解,所得到的联盟最大收益分别为12 355和14 958。实验证明运用本章介绍的粒子群算法可以很快地得到使得合作博弈的利润最大化的转运矩阵解,算法效率非常高。

为了研究联盟定价对联盟收益的影响,固定第2次实验的市场需求量和回收不确定因素的数值,使得联盟定价由1累积到18,得到如表3所示的联盟收益数值。

表3 联盟收益随价格变化的数值变化

回收价格	联盟收益	回收价格	联盟收益
1	8 856	10	17 753
2	11 344	11	16 579
3	13 712	12	14 958
4	16 870	13	12 314
5	16 733	14	10 149
6	18 988	15	7 541
7	19 563	16	5 103
8	18 691	17	1 977
9	18 691	18	0

据图2可以得出推论:每次联盟决策回收价格时,都存在一个使得联盟总收益最大的回收价格。但是由于市场需求、回收数量等不确定因素,这样的回收价格往往不能够提前准确预测到。



图2 回收价格变化对联盟收益的影响

根据上文的实验结果,我们已经通过求得最优转运矩阵得到了合作博弈的最大利润值,而合作博弈最大的挑战是如何将合作获取的利润分配给联盟的每个成员,以使得联盟关系稳定,从而能够继

续保持合作关系。本文将使用目前应用最广泛的夏普利值分配方法对本文的转运合作博弈进行联盟利益分配。

Shapley 提出的将博弈 (N, v) 的大联盟收益 $v(N)$ 按照如下公式进行分摊:

$$\varphi_i(v) = \sum_{S \subseteq N \setminus \{i\}} \frac{s!(n-s-1)!}{n!} (v(S \cup \{i\}) - v(S)) \quad (14)$$

s —联盟 S 中参与人的个数; n — N 中参与人的个数。

仍以上文第二次实验的结果为例,求解联盟收益的夏普利值分配方案。通过程序将式(14)实现,求得第二次实验的夏普利值分配方案如表 4 所示。

表 4 第二次实验的夏普利值分配方案

再制造商编号						总收益	
1	2	3	4	5	6		
夏普 利值	2 721. 213	2 344. 586	2 171. 145	2 624. 68	2 559. 373	2 537. 002	14 958

根据夏普利值的定义,表 4 所示的联盟收益分配方案能够基本满足联盟各方关于自身利益的需求,通过该分配方案,可以使得联盟关系稳定,从而使得成员之间继续进行回收合作。我们成功地运用合作博弈理论对逆向供应链上的再制造商企业的联盟方式进行了深入研究,并通过粒子群算法,对合作博弈进行了有效的求解,对该方法的实践应用有一定的启发作用。

4 结束语

本文通过运用合作博弈的相关理论知识对逆向供应链上的再制造商回收联盟的合作方式进行了探讨,使用了再制造商之间进行转运合作的模式,并对该模式进行了模型建立和求解。为了适应本文模型的求解要求,文中所使用的粒子群算法经

过了解到粒子的映射处理,从而能够很好地满足模型求解的要求。最后通过算例检验,证实了该方法对问题的求解的有效性,并通过多次重复实验,得到每次联盟决策回收价格时,都存在一个使得联盟总收益最大的回收价格的推论。但是由于市场需求、回收数量等不确定因素,这样的回收价格往往不能够提前准确预测到。然后使用夏普利值的方法,求得一个联盟利益分配的方案,通过该方案可以使联盟关系处于稳定状态。

参 考 文 献

- 1 Fleischmann M, van Nunen J A E E, Grave B. Integrating closed-loop supply chains and spare-parts management at IBM. *Interfaces*, 2003; 33(6): 44—56
- 2 Guide V D R Jr, Van Wassenhove L N. Managing product returns for remanufacturing. *Production and Operational Management*, 2001; 10(2): 142—155
- 3 Li S X, Huang Zhimin, Ashley A. Seller-buyer system co-operation in a monopolistic market. *Journal of Operational Research Society*, 1995; 46(1): 1456—1470
- 4 Reyniers D J, Tapiero C S. The delivery and control of quality in supplier-producer contracts. *Management Science*, 1995; 41(10): 1581—1589
- 5 牟德一. 基于博弈理论的供应链决策分析. 天津:南开大学博士学位论文,2000
- 6 赵道致,沐 潮. 供应链系统的部分合作博弈研究. 工业工程, 2007; 10(004): 1—6
- 7 Inderfurth K, de Kok A G, Flapper S D P. Product recovery in stochastic remanufacturing systems with multiple reuse options. *European Journal of Operational Research*, 2001; 130—152
- 8 顾巧论,高铁杠,石连栓. 基于博弈论的逆向供应链定价策略分析. 系统工程理论与实践, 2005; 3(3): 20—25
- 9 Guider Jr V D R, Jayaraman V, Linton J. Building contingency planning for closed-loop supply chains with product recovery. *Journal of Operations Management*, 2003; 21(3): 259—279
- 10 Tang O, Grubbstro W R, Zanoni S. Planned lead time determination in a make-to-order remanufacturing system. *International Journal of Production Economics*, 2007; 108: 426—435

Research of Reverse Supply Chain Recovery Based on Transshipment Cooperative Game Model

WU Xu, WANG Li-ya *

(School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, P. R. China)

[Abstract] The problem of multi-remanufacturers' recovery alliance in reverse supply chain is aim at studying to balance the recycling and demand and trans the problem to cooperative game. Transshipment alliance is considered as the form of coalition between the remanufacturers, aiming at the most incoming of the alliance, using the PSO to calculate the matrix of transshipment amount, and using Shapley value to find out a profit distribution plan for the alliance. At last, a numerical computation example and the analysis of the result will be given out to prove the useful of the algorithm, and using algorithm offline performance to prove the higher performance of the algorithm. This is the first time studying the reverse supply chain with n remanufacturers and multi reusing options, considering alliance transshipment as the cooperation method, and also the first time using PSO to solve a cooperative game mode.

[Key words] reverse supply chain remanufacturer cooperative game particle swarm algorithm alliance transshipment

(上接第 4277 页)

The Mixed Setting of the Parapets and the Sight Delineation Facilities for the Rural Highway in the High Mountain Area

WANG Zuo, FEI Wei-shui *

(Faculty of Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, P. R. China)

[Abstract] Considering the special circumstances of the rural highway in the high mountain area, the analysis and comparison of the set position and the form for the security barrier are proposed for the safety barriers set method which is the appropriate. By compared the sight delineation facilities, it was a reasonable facility layout methods for the rural highway in the high mountain area. By the foregoing analysis, six combination types of sight delineation facilities and innovative safety barriers are expressed, and then introduced the characteristics of the six complexes. The applicability of section, design and construction technology, which provided a guidelines approach for the risk sections of the rural highway in the high mountain area, both economical and diversity.

[Key words] the security barrier the sight delineation facilities combination diversification