

# 基于 TransCAD 的物流配送 VRP 解决方案

## Application of TransCAD in VRP Distribution Solution

刘敬青

Liu Jing-qing

(国家发展和改革委员会综合运输研究所,北京 100038)

(Research Institute of Comprehensive Transportation, NDRC, Beijing 100038, China)

**[摘要]**在简要阐述物流配送 VRP 问题的基础上,介绍了 TransCAD 中 VRP 考虑的因素和功能实现,重点分析 TransCAD 物流配送 VRP 解决方案,并对车辆路径方案、车辆出行时间方案进行详细分析,最后通过与“点对点”运输方案的对比分析与评价,得出 VRP 配送是节约型物流最有效的途径。以 TransCAD 的物流配送 VRP 解决方案为例,旨在说明建立节约型物流迫切需要采用先进的信息技术,为现代物流规划管理提供最优解决方案。

**[关键词]**物流配送;VRP;TransCAD;Routing & Logistics

**[中图分类号]**T253.4

**[文献标识码]**A

**[文章编号]**1005-152X(2006)09-0047-03

**Abstract:**The paper focuses on the discussion of applying TransCAD in VRP distribution solutions. The results from TransCAD modeling are analyzed in details, including the vehicle routing solution and the vehicle timetable. Finally, comparing the VRP with the point-to-point transport, the paper comes to the conclusion that VRP is the most effective way to building up the economic logistics.

**Keywords:**logistics;distribution;VRP (Vehicle Routing Problem); TransCAD; routing & logistics

## 1 引言

物流配送过程中的车辆路径问题 (Vehicle Routing Problem, VRP)是现代物流活动中的一项关键技术,由于目前国内相关的系统化、集成化的计算机软件系统较为鲜见,迫切需要采用先进的信息技术,将相关的理论与实践相结合,为现代物流规划管理提供最优解决方案。TransCAD 是目前世界上最为流行的运输规划软件系统,拥有丰富的路径和物流模型,为物流信息化管理与决策提供了良好的基础平台。

## 2 物流配送 VRP 问题简述

在现实中经常存在这样一类问题:某一地区的货物,需要

运送到多个不同的地区,如何确定费用最小的运输方案且合理高效利用运输车辆?该问题可以分几种情况进行分析,如果货物量大,车辆满载运行,则按最短路径行驶到达目的地,完成运输任务,但返程时车辆空驶,运输资源浪费较大,则还需考虑回程运输问题。若货物量较少,车辆不能满载,利用率较低,则需要考虑用一辆车完成多项任务。这种将各分散的需要点有序地组织起来,联合送货,同时考虑返程货物运输的方式就是配送运输的基本特点,也即是车辆路径问题(VRP)需要解决的。

车辆路径问题,又称运输调度问题 (Vehicle Routing and Scheduling Problem),是 1959 年由 Danting 和 Ramser 提出。经典的 VRP 可描述为:有多个货物需求点,已知每个需求点的需求量及位置,至多用  $m$  辆汽车从配送中心(或中心仓库)送货,每辆汽车载重量一定,安排汽车路线,要求每条路线不超过车辆载重量,目标是使运距最短或者运输费用最少。VRP 包括两部分内容,一是行车路线设计,二是出行时间表安排。

由于 VRP 问题具有应用的广泛性和社会经济的重大价值性,一直受国内外学者的普遍关注,针对实践中的具体问题,在经典 VRP 问题的基础上不断发展和演变,形成多种形态的 VRP 问题,如多配送中心的车辆路径问题 (Multiple-depot Vehicle Routing Problems, MDVRP)、带能力约束的车辆路径问题 (Capacitated Vehicle Routing Problems, CVRP)、带时间窗的车辆路径问题 (Vehicle Routing Problems with Time Windows, VRPTW)、追求最佳服务时间的车辆路径问题 (Vehicle Routing Problems with Defined Time, VRPDT)、多种车型的車輛路径问题 (Fleet Size and mix Vehicle Routing Problems, FSVRP)、考虑回程运输的路径问题 (Vehicle Routing Problems with Backhauls, VRPB)、动态需求路径问题 (Dynamic Vehicle Routing Problems, DVRP)等。

## 3 TransCAD 中 VRP 的解决方案

TransCAD(Routing and Logistics)中的 Vehicle Routing 模型,提供了丰富的 VRP 解决方案,由简单的经典 VRP 问题,到多

配送中心的 VRP、带时间窗的 VRP、回程运输 VRP、收 / 发货混合型的 VRP 等等,几乎涵盖了当今 VRP 问题中的大部分内容。在下文论述中,配送中心为货物发送的起始地点,零售点是货物的需求地点。

### 3.1 TransCAD 中 VRP 考虑的因素

(1)多配送中心问题(Multiple-depot problem)。在经典的 VRP 问题中,一般假定只有一个配送中心。在 TransCAD 中,考虑了两个以上的配送中心向多个零售点配送货物,零售点可以向任何一个配送中心提出货物请求。

(2)带时间窗 VRP (VRP with Time Window, VRPTW)。这是在经典的 VRP 基础上增加了对配送过程中的时间约束。在 TransCAD 中,对时间窗分为几类:一类,配送中心的服务时间约束,如配送中心全天 24 小时提供服务,也可以通过对开始服务时间和结束服务时间进行约束,设定配送中心的服务时间日程;二类,零售点的接收货物的时间约束,零售点可以向配送中心提出特殊的配送时间要求,如要求在某一具体时间段内送达货物;三类,零售点的卸货时间约束,在 TransCAD 中卸货时间划分为两部分,其中一部分为固定时间,如办理验货手续所花费的时间,另一部分是随着卸货量的多少变化的时间;四类,车辆出行的全程时间约束,要求车辆在一定时间范围内完成所有的送货任务。这些时间约束都具有一定的实际应用价值。

(3)考虑回程运输 VRP(VRP with Backhauls, VRPB)。当车辆完成所有零售点的送货任务之后,安排车辆访问回程货物地点。这样可以大大降低返程空驶率,减少运输资源的浪费。

(4)收、发货混合型 VRP(VRP mixed pickup and delivery)。这主要是考虑各个零售点实际需求,允许零售点既可以接收货物,同时又可以发送货物。在整个配送过程中,送货和收货可以同时进行,从而更加充分地提高车辆的使用效率。

(5)开放型 VRP(Open-ended VRP, OVRP)。上述 VRP 方案中,都要求车辆从配送中心出发,将货物发送到各个零售点,最后又返回到该配送中心,形成一个闭合环型的车辆路径。而开放型 OVRP,则不再要求车辆返回到始发的配送中心,车辆在完成最后一项送货任务时可以终止,形成非闭合环型的车辆路径。这在实际中也较普遍,如配送中心租用社会车辆,车辆完成配送任务后,可以不返回到配送中心。

### 3.2 TransCAD 中 VRP 功能实现

假定有两个配送中心,25 个零售点,其空间分布如图 1 所示。已知配送中心的服务时间、车辆类型,以及每类车型的载重量、车辆数目和租用费用,并且已知每个零售点的货物需求量、收货时间。通过 TransCAD 中 Vehicle Routing 模型运算,得到多配送中心、带时间窗的 VRP 解决方案。

结果分析一:

在整个设计方案中,一共形成 5 条车辆路径。其中“配送中心一”派送 3 辆车,形成路径编号为 3、4、5 的 3 条路径;“配送中心二”派送 2 辆车,形成路径编号为 1、2 的 2 条路径。车辆路

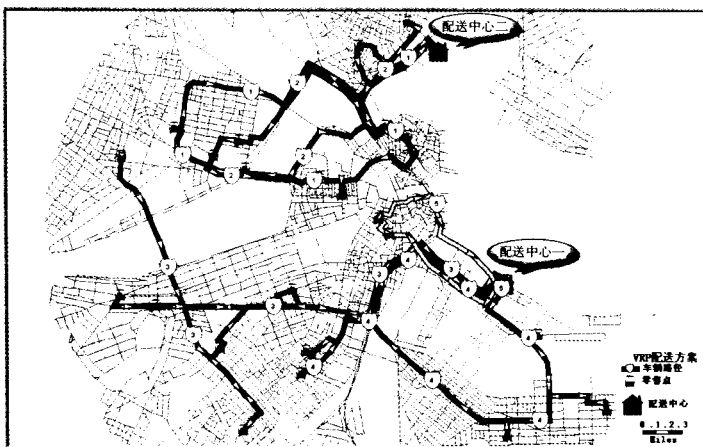


图 1 多配送中心、带时间窗 VRP 车辆路径设计方案

径设计方案如图 1 所示。“配送中心一”配送货物量为 139 个单位,行驶总距离是 24.2 个单位,车辆出行总时间是 10:54;“配送中心二”配送货物量为 95 个单位,行驶总距离是 14.1 个单位,车辆出行总时间是 16:42。两个配送中心共同完成配送货物量为 234 个单位,满足所有零售点的运输需求。车辆路径配送方案相关指标统计如表 1 所示。

表 1 车辆路径配送方案相关指标统计

路径编号	配送单位	出行时间	出行距离	配送量
1	配送中心二	4:51	7.6	47
2	配送中心二	6:03	6.5	48
3	配送中心一	5:38	12.7	44
4	配送中心一	6:50	8.7	58
5	配送中心一	4:14	2.8	37
汇总		27:36	38.3	234

结果分析二:

模型为每一辆车制订了详细的出行路径和出行时间表。下面对路径编号为 No.1 的路径进行具体分析。路径 No.1:车辆 2:56PM 从“配送中心二”出发,顺序经过 Stop 14、Stop 12、Stop 11、Stop 7、Stop 16,最后返回到“配送中心二”,满足每个零售点的收货时间要求(在此定义为营业时间)和货物需求量,如 Stop 14 的营业时间 3:00PM ~ 12:00PM,需要 4 个单位的货物,而配送车辆在 3:00PM 到达,3:50PM 离开,送达 4 个单位的货物,满足 Stop 14 的配送需求。依次可见,按照车辆出行方案,配送车辆可以满足各个零售点的配送需求。路径 No.1 车辆出行方案明细如表 2 所示。TransCAD 生成车辆出行时间方案如图 2 所示。

表 2 路径 No.1 车辆出行方案明细

路径编号	配送地点	营业时间	到达时间	离开时间	出行距离	配送量	需求量
1	配送中心二	0:00am~12:00pm		2:56pm			
1	Stop 14	3:00pm~12:00pm	3:00pm	3:50pm	0.9	4	4
1	Stop 12	1:00pm~12:00pm	3:53pm	4:47pm	1.1	12	12
1	Stop 11	12:00am~12:00pm	4:38pm	5:30pm	0.2	6	6
1	Stop 7	7:00am~12:00pm	5:33pm	6:28pm	0.9	7	7
1	Stop 16	5:00pm~12:00pm	6:33pm	7:39pm	1.6	18	18
1	配送中心二	0:00am~12:00pm	7:47pm		2.8		
汇总					7.6	47	47

结果分析三:

为了进一步说明 VRP 配送对运输系统的优化功能,将

Itinerary Report				
Route # : 1		Tot time: 6:00	Capacity : 58.0	
Veh. Type: 3		Tot Dist: 6.5	Depart Load: 48.0	
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Delivery
	配送中心二			2:56pm
1	Stop 14	3:00pm- 3:50pm	0.9	4.0
2	Stop 12	3:50pm- 4:47pm	1.1	12.0
3	Stop 11	4:48pm- 5:30pm	0.2	6.0
4	Stop 7	5:30pm- 6:28pm	0.8	7.0
5	Stop 16	6:30pm- 7:39pm	1.6	18.0
END	配送中心二		2.8	
Total			7.6	47.0

Route # : 2				
Veh. Type: 3		Tot time: 6:00	Capacity : 58.0	
		Tot Dist: 6.5	Depart Load: 48.0	
No.	Name	Arrival-Depart	Dist	Delivery
	配送中心二			4:21pm
1	Stop 15	4:25pm- 6:10pm	1.8	15.0
2	Stop 17	6:15pm- 6:59pm	2.1	7.0
3	Stop 18	7:00pm- 8:10pm	0.2	8.0
4	Stop 20	8:15pm- 9:31pm	0.4	18.0

图 2 车辆出行时间方案

VRP 配送方案与“点对点”运输进行对比分析。所谓“点对点”运输,即在不采用配送方案的情况,每个零售点都有一辆车从其中同一个配送中心出发来送货,然后直接返回到该配送中心,并假定车辆在配送中心与零售点两点之间的往返距离相同,车速相同。并且选择出行时间和出行距离作为评价指标,其中出

表 3 VRP 配送方案与“点对点”运输对比分析

运输方案	出行时间		出行距离
	旅行时间	服务时间	
①VRP 配送	1:48	25:47	38.3
②“配送中心一”点对点	5:37	25:47	144.1
③“配送中心二”点对点	4:49	25:47	108.9
①/②	32.1%	1	26.6%
①/③	37.5%	1	35.2%

行时间包括车辆旅行时间和服务时间(车辆在零售点验货、装卸等花费的时间),服务时间不受运输方案的影响。在此,将 VRP 配送分别与“配送中心一”点对点运输、“配送中心二”点对点运输进行评价分析。分析结果如表 3 所示。数据表明,VRP 配送的旅行时间占点对点运输的 32.1%和 37.5%,节约近 60%~70%的时间,同时减少了近三分之二的出行距离。由此可见,VRP 配送是节约型物流最有效的途径。

## 4 结束语

通过上述分析不难看出,基于 TransCAD 的物流配送 VRP 方案,可以行之有效的解决“最大物流、最小成本”这一热点问题。此外,TransCAD 还提供了较为丰富的相关的物流模型,对我国的现代物流核心技术的信息化研发具有宝贵的借鉴意义。

### [参考文献]

- [1]谢声,詹荣富.现代物流配送中心运营与管理[M].广州:暨南大学出版社,2006.
- [2]杜文.物流运输与配送管理[M].北京:机械工业出版社,2006.
- [3]韩伯棠.管理运筹学[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [4]霍亮.空间物流信息系统研究[M].北京:测绘出版社,2006.
- [5]Routing and Logistics with TransCAD, Caliper,2005.

[收稿日期]2006-06-25

[作者简介]刘敬青(1970-),女,国家发展和改革委员会综合运输研究所工程师。研究方向:交通规划模型、交通地理信息系统、智能交通、物流规划模型。

(上接第 44 页)站点构成。而各区域物流配送系统的衔接职责则由成品油销售企业全国性的总配送中心承担。

## 4 结束语

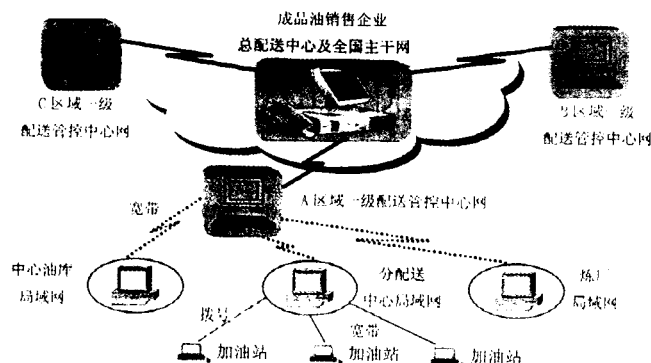


图 5 成品油销售企业物流配送信息系统网络拓扑设计图

区域经济带物流配送系统的建设和优化是构架成品油销售企业全国性物流配送系统最为关键的中介环节,本文重

点探究了区域层级配送网点、配送运动以及层级物流配送管理信息系统的优化策略。此外,需要补充研究的问题还包括:第一,保障物流配送系统的接口弹性或灵活性,以实现各区域物流配送系统之间(各区域一级配送管控中心之间)和区域物流配送系统与全国物流配送系统之间(区域一级配送管控中心与全国性的总配送中心之间)的对接。第二,实现对物流配送系统的控制和再优化,必须以效率、质量、客户满意度和配送成本的“三高—低”为原则,筛选和确立物流配送绩效评估的关键指标(KPI)。第三,应以经济性原则(系统构建和优化的成本效益比)筛选和评价物流配送技术(作业技术及信息技术)的适宜性,并非越先进的技术就意味着高效率,此外应预留未来技术升级的调整空间,保证物流配送系统的柔性以适应技术升级的要求。

[收稿日期]2006-04-11

[作者简介]李志远(1972-),男,河南新郑人,上海东华大学旭日工商管理学院博士研究生,兰州大学管理学院讲师。研究方向:电子商务与物流管理、管理经济学。

孙明贵(1963-),男,山东莱州人,教授,上海东华大学旭日工商管理学院博士生导师。研究方向:物流管理、营销管理。