

智晖公司铜川物流项目活动安排及优化分析

摘要：物流作为我们日常生产生活最为密切的业态，是制造业联系客户、稳定市场的基本保障，面临着复杂的路径和日益上涨的运输成本和较高的经营风险，如何科学地安排物流数量、降低运输成本，已成为物流管理的基本要求。本案例以运筹管理学运输问题数据模型的构建求解为手段，旨在为陕西智晖供应链公司铜川物流项目提供一个优化的物流活动安排，在收集数据构建模型的基础上，求出三个厂区到四个目标市场的最优运量和运输成本，从而达到满足工厂生产和客户需求的目的。

关键词（Key Words）：供应链 最优运量 最优成本

1. 引言

随着华山水泥公司转型升级和产能置换项目的建成投产，陕西智晖供应链公司承担的铜川物流项目由过去一个厂区运输改为 3 个厂区同时运输，而且产量有了大幅提升，市场需求进一步扩大，运输目的地也相应增加，如何科学合理的安排运输线路，寻求最优运量，降低运输成本成为智晖公司必须考虑问题。

2. 案例背景及现实问题

陕西智晖供应链有限公司成立于 2019 年 3 月，经营范围包括普通货物运输、货物专用运输（罐式）；水泥及水泥制品、水泥添加剂、水泥熟料、混凝土及混凝土制品、混凝土外加剂、五金交电、建筑材料、石材、家具、机电设备及配件、普通机械设备、电气设备、石膏、矿产品（许可项目除外）的批发兼零售、技术咨询及技术服务；国内货运代理；仓储服务（易燃易爆危险品除外）。

华山水泥公司成立于 1993 年，位于铜川市耀州区，经营范围为水泥用石灰岩开采，骨料、水泥、水泥熟料及水泥深加工产品，水泥生产及研究开发，设备配件、其他建材的生产、销售，相关产品的销售、运输，以及水泥产品相关的技术服务。华山水泥公司 2019 年按照产能置换和退城入园政策，2021 年建成了绿色智能化的花园式工厂——日产万吨水泥熟料生产线项目，关停了原有 2 条 2000T/D、1 条

4500T/D、1 条 4000T/D 熟料生产线。多年来公司产品性能优良，深受用户信赖。国家权威建筑设计单位在陕重大项目设计中，多指定采用公司产品，公司产品质量稳定，生产的系列水泥享誉三秦大地。

陕西智晖供应链有限公司负责华山水泥公司水泥产品的物流运输，华山公司现有 3 各厂区，相距 5 公里，产品主要供应西安、咸阳、渭南、延安市场。

3. 研究目标与分析模型

从华山水泥公司三个厂区到西安、咸阳、渭南、延安市场的运输网络图见图 1 华山公司水泥运输网络图，其中圆圈表示节点，连接节点的线条表示分销线路（弧线），每个起点和目的地都是由节点表示，每个可能的运输线路都由弧线表示，供应量写在起始节点的旁边，需求量写在每个目的地节点的旁边，每条线路上标注有单车运输成本。

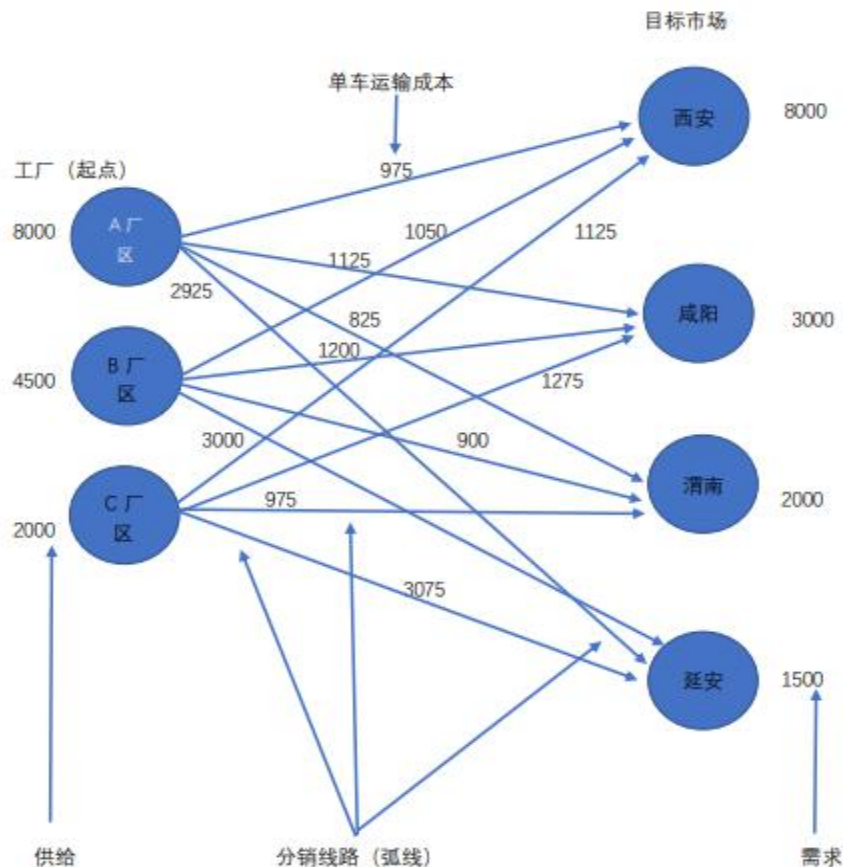


图 1 华山公司水泥运输网络图

3.1 目标函数

从三个厂区可获得的水泥量是有限的，并且每个市场需求的水泥需求量也是已知的，现需要解决的问题是要使从起点到市场的运输成本最低。首先必须确定从每个厂区运输多少水泥到每个目标市场为最佳运量，运用线性规划模型就可以解决此问题。我们将使用双下标决策变量来描述变量，用 x_{11} 表示从起点 A 厂区到西安市场的运输量，用 x_{12} 表示从起点 B 厂区到咸阳市场的运输量等等，因此三个厂区到 4 个市场目的地的运输活动的决策变量表示如下：

x_{ij} = 从起点 i 到目的地 j 之间的运输量

其中， $i=1, 2, 3, \dots, n$; $j=1, 2, 3, \dots, n$

第 1 个下标表示对应弧的起始节点，第 2 个下标表示这个弧要前往的节点。

由于运输问题的目标是使运输成本最小，我们可以用运输成本数据建立下面的成本表达式：

从 A 厂区运出水泥的运输成本 = $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14}$

从 B 厂区运出水泥的运输成本 = $x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24}$

从 C 厂区运出水泥的运输成本 = $x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34}$

3.2 供给约束条件

这些表达式加起来的总和就是华山公司水泥运输总成本的目标函数，由于每个厂区的供应能力是有限的，每个目标市场的需求量是特定的，所以运输问题需要有约束条件，这里先考虑供应约束条件，A 厂区的生产能力是 8000 吨，从 A 厂区运出的产品总量表示为 $x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14}$ ，所以 a 厂区的供应约束为：

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 8000 \quad \text{A 厂区供应}$$

同理，B 厂区、C 厂区供应约束为：

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} \leq 4500 \quad \text{B 厂区供应}$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} \leq 2000 \quad \text{C 厂区供应}$$

3.3 需求约束条件

由于有 4 个分销市场，所以同样需要 4 个需求约束来确保终点需求被满足，相应产生 4 个需求约束如下：

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} \leq 8000 \quad \text{西安市场需求}$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} \leq 3000 \quad \text{咸阳市场需求}$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} \leq 2000 \quad \text{渭南市场需求}$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} \leq 1500 \quad \text{延安市场需求}$$

4. 数据获取与统计分析

根据上述模型建构需要，采集模型所需供给数据、需求数据、运输成本如下

4.1 供给数据

水泥产品发货不仅受制于实际生产能力，还与装车能力有直接关系，华山水泥公司现有生产线每日水泥实际产量约为 15000 吨，实际日装车能力 14500 吨，据此华山水泥公司每日供应总量为 14500 吨，具体见表 1 供给变量说明。

表 1 供给变量说明 单位：吨

地点	加工厂	每天生产量
1	A 厂区	8000
2	B 厂区	2000
3	C 厂区	4500
		合计 14500

4.2 需求数据

随着生产能力和效率的提升，华山水泥公司加大了市场开拓力度，产品由专攻西安市场扩展到向西安周边的咸阳、渭南以及陕北延安市场，目前西安、咸阳、渭南、延安市场需求合计约为 14500 吨/日，具体分布见表 2 需求变量说明。

表 2 需求变量说明 单位：吨

终点	客户地址	需求
1	西安	8000
2	咸阳	3000
3	渭南	2000
4	延安	1500
		合计 14500

4.3 运输成本

目前水泥运输分为散装罐车运输和袋装运输两种，运输车辆净载重量为 30 吨

左右，运费为 0.5 元/吨·公里左右。根据 ABC 三个厂区到西安、咸阳、渭南、延安目标市场的距离（详见表 3 起点到目标市场运距说明），计算华山水泥公司 3 个厂区到西安、咸阳、渭南、延安目标市场的单车运费见表 4 单车运输成本变量说明。

表 3 起点到目标市场运距说明 单位：公里

起点	西安	咸阳	渭南	延安
A 厂区	65	75	55	195
B 厂区	70	80	60	200
C 厂区	75	85	65	205

表 4 单车运输成本变量说明 单位：元/车

起点	西安	咸阳	渭南	延安
A 厂区	975	1125	825	2925
B 厂区	1050	1200	900	3000
C 厂区	1125	1275	975	3075

5. 模型求解过程与结论

5.1 模型设定

根据上述数据，联合目标函数和供给、需求约束条件构成了一个线性规划模型，华山公司运输问题是一个含有 12 个变量和 7 个约束条件的线性规划模型：

$$\begin{aligned} \min & 975X_{11} + 1125X_{12} + 825X_{13} + 2975X_{14} + 1050X_{21} + 1200X_{22} + 900X_{23} + 3000X_{24} \\ & + 1125X_{31} + 1275X_{32} + 975X_{33} + 3075X_{34} \end{aligned}$$

s. t.

$$\begin{aligned} X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} & \leq 8000 \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} & \leq 4500 \\ X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} & \leq 2000 \\ X_{11} + X_{21} + X_{31} & = 8000 \\ X_{12} + X_{22} + X_{32} & = 3000 \\ X_{13} + X_{23} + X_{33} & = 2000 \\ X_{14} + X_{24} + X_{34} & = 1500 \end{aligned}$$

$$X_{ij} \geq 0, \text{ 其中 } i=1, 2, 3; j=1, 2, 3, 4$$

第 8 页 共 15 页

5.2 模型求解

第 1 步，在电子表格顶端部分输入三个厂区及其对应的 4 个目标市场的运输成本、三个厂区相应的供应量和目标市场的需求数据；第 2 步，在工作表的底端构建该运输问题的线性规划模型，该运输问题模型包含 4 个要素，决策变量、目标函数、左端值约束条件以及右端值约束条件。具体而言，本案例决策变量是从每一个厂区到每一个目标市场的运输量，目标函数是总运输成本，左端值为从每个厂区运出的货物量和运入每个目标市场的货物量，右端值为每个厂区的供应量和目标市场的需求量。

表 5 excel 表中模型设置

起点	西安	咸阳	渭南	延安	产量	
A 厂区	975	1125	825	2925	8000	
B 厂区	1050	1200	900	3000	2000	
C 厂区	1125	1275	975	3075	4500	
需求	8000	3000	2000	1500		
运算表						
起点	西安	咸阳	渭南	延安	产量	总运输成本
A 厂区	0	0	0	0	0	
B 厂区	0	0	0	0	0	
C 厂区	0	0	0	0	0	
总运输量	0	0	0	0		0

表 5 中 B5：E7 数据来源于三个厂区到西安、咸阳、渭南、延安的运费，F5：F7 为三个厂区的产量，第 8 行为西安、咸阳、渭南、延安三个目标市场的需求；运算表中变量公式设置如下：F12=sum(B12：E12)，F13=sum（B13：E13），F14=sum（B14：E14）；B15=sum(B12:B14)，C15=sum(C12:C14)，E15=sum(E12:E14)，G15==SUMPRODUCT(B5:E7,B12:E14)。

完成设置后，运用 excel 表格中“数据”下拉菜单“规划求解”功能求解，设置规划求解参数。目标为总运输成本（G15），设为最小值；决策变量以车为单位（30 吨）为整数故设置 B12：E14 为整数；左端值应大于等于总需求量，故设置

B15: E15≥B8: E8; 右端值总需求量应小于等于产量, 故设置 F12: F14≤F5:F17;

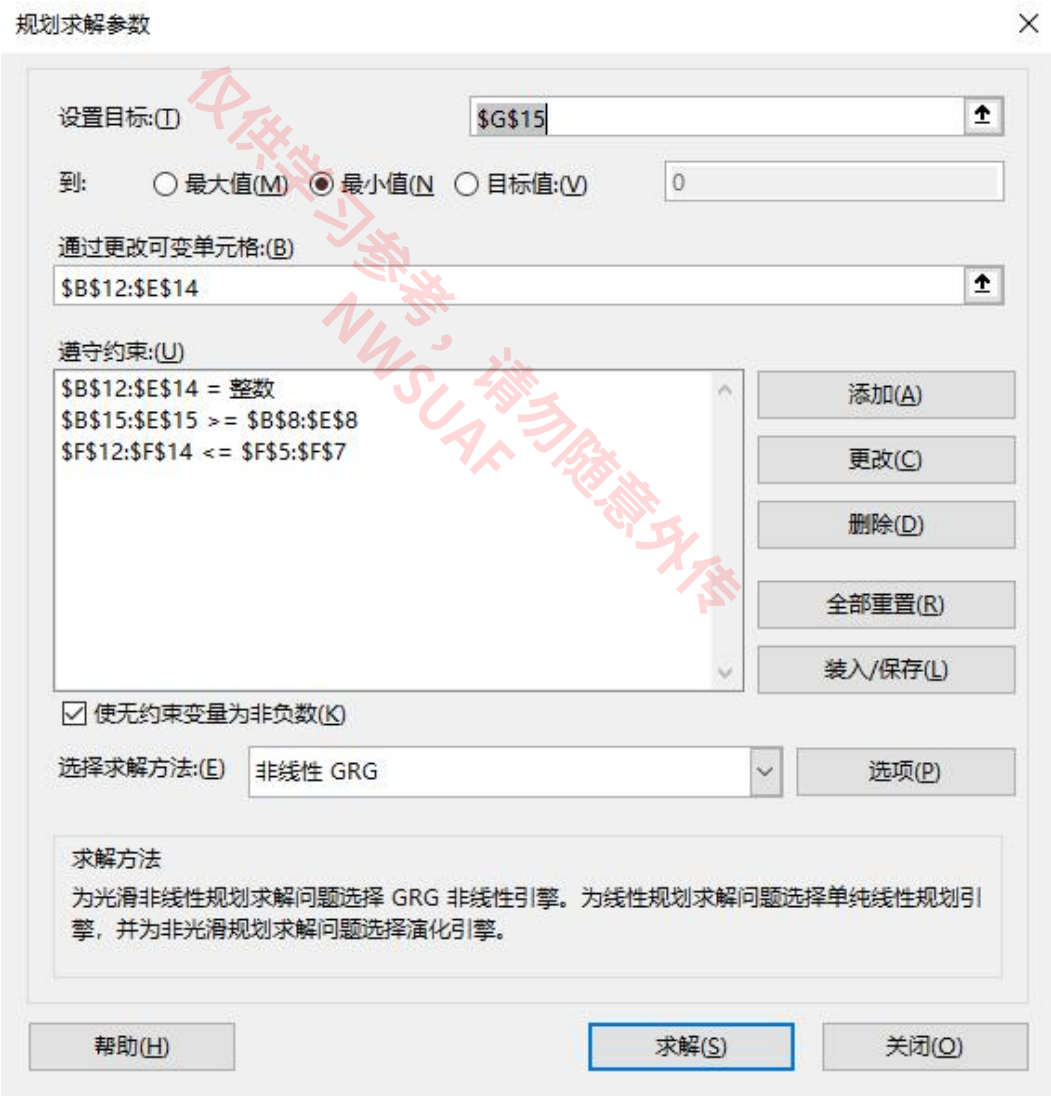


图 2 excel 表中规划求解参数设置

求解得到:

表 6 excel 表中规划求解结果

华山公司水泥运输						
数据表						
起点	西安	咸阳	渭南	延安	产量	
A厂区	975	1125	825	2925	8000	
B厂区	1050	1200	900	3000	2000	
C厂区	1125	1275	975	3075	4500	
需求	8000	3000	2000	1500		
运算表						
起点	西安	咸阳	渭南	延安	产量	总运输成本
A厂区	2333	2333	1834	1500	8000	
B厂区	2000	0	0	0	2000	
C厂区	3667	667	166	0	4500	
总运输量	8000	3000	2000	1500		18037500

根据这一求解结果，A 厂区到西安、咸阳、渭南、延安目标市场的最优运量分别为 2333、2333、1834、1500 吨，满足 A 厂区总产量 8000 吨的要求；B 厂区到西安、咸阳、渭南、延安目标市场的最优运量分别为 2000、0、0、0 吨，满足 B 厂区总产量 2000 吨的要求；C 厂区到西安、咸阳、渭南、延安目标市场的最优运量分别为 3667、667、166、0 吨，满足 C 厂区总产量 4500 吨的要求；同时也满足了西安、咸阳、渭南、延安目标市场总需求量为 8000、3000、2000、1500 吨的要求。与此相应的最低运输成本为 18037500 元。

5.3 结果验证

根据 EXCEL 提供的运算结果报告如下：

表 7 运算结果报告

目标单元格(最小值)				
单元格	名称	初值	终值	
\$G\$15	总运输量 总运输成本	18037500	18037500	
可变单元格				
单元格	名称	初值	终值	整数
\$B\$12:\$E\$14				
\$B\$12	A 厂区 西安	2333	2333	整数
\$C\$12	A 厂区 咸阳	2333	2333	整数

\$D\$12	A 厂区 渭南	1834	1834	整数	
\$E\$12	A 厂区 延安	1500	1500	整数	
\$B\$13	B 厂区 西安	2000	2000	整数	
\$C\$13	B 厂区 咸阳	0	0	整数	
\$D\$13	B 厂区 渭南	0	0	整数	
\$E\$13	B 厂区 延安	0	0	整数	
\$B\$14	C 厂区 西安	3667	3667	整数	
\$C\$14	C 厂区 咸阳	667	667	整数	
\$D\$14	C 厂区 渭南	166	166	整数	
\$E\$14	C 厂区 延安	0	0	整数	
单元格	名称	单元格值	公式	状态	型数值
\$B\$15:\$E\$15 >= \$B\$8:\$E\$8					
\$B\$15	总运输量 西安	8000	\$B\$15>=\$B\$8	到达限制值	0
\$C\$15	总运输量 咸阳	3000	\$C\$15>=\$C\$8	到达限制值	0
\$D\$15	总运输量 渭南	2000	\$D\$15>=\$D\$8	到达限制值	0
\$E\$15	总运输量 延安	1500	\$E\$15>=\$E\$8	到达限制值	0
\$F\$12:\$F\$14 <= \$F\$5:\$F\$7					
\$F\$12	A 厂区 产量	8000	\$F\$12<=\$F\$5	到达限制值	0
\$F\$13	B 厂区 产量	2000	\$F\$13<=\$F\$6	到达限制值	0
\$F\$14	C 厂区 产量	4500	\$F\$14<=\$F\$7	到达限制值	0
\$B\$12:\$E\$14= 整数					

再用 Management Scientist 软件对求解结果进行验证，在软件中输入 ABC 三个厂区到四个目标市场的运费以及三个厂区的产量和四个目标市场的需求量，求解得到总运输成本为 18037500 元，证明该方案可以满足需要。

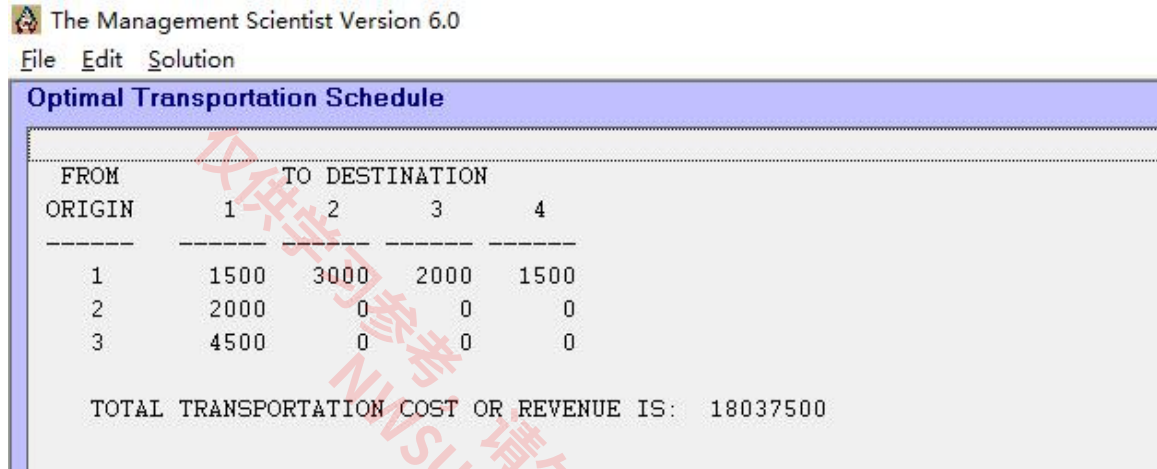
The Management Scientist Version 6.0

File Edit Solution

Enter/Edit data: Supply data in last column; Demand data in last row; Cost/Revenue data in rows 1-3 and columns 1-4 NOTE: If an origin-destination combination is unacceptable, enter a relatively large cost in a minimization problem or enter a relatively small revenue in a maximization problem.

TRANSPORTATION TABLEAU

Origin	Destination				Supply
	1	2	3	4	
1	975	1125	825	2925	8000
2	1050	1200	900	3000	2000
3	1125	1275	975	3075	4500
Demand	8000	3000	2000	1500	



The Management Scientist Version 6.0

File Edit Solution

Optimal Transportation Schedule

FROM ORIGIN	1	2	3	4
1	1500	3000	2000	1500
2	2000	0	0	0
3	4500	0	0	0

TOTAL TRANSPORTATION COST OR REVENUE IS: 18037500

图 3 Management Scientist 验证截图

5.4 主要结论

A 厂区到西安、咸阳、渭南、延安目标市场的最优运量分别为 2333、2333、1834、1500 吨，B 厂区只负责运输西安目标市场的 2000 吨需求量，为最优运量，C 厂区负责运输西安、咸阳、渭南目标市场的 3667、667、166 吨，为最优运量，最低运输成本为 18037500 元。

此类运输问题，需要收集目标市场的单位运输成本、需求量以及各起点的产量，在此基础上设定决策变量作为最优运量，运用 excel “规划求解” 功能，满足左端值运输总量大于需求总量、右端值需求总量小于生产总量的约束条件，即可获得最优运输成本的解决方案。在求出结果后，还需分析这个结果是否合适，若不合适要研究应该改善哪些方面，从而取得最优解决方案。

6. 政策建议

在传统模式下，物流属于一个重资产的行业，涉及车辆的购置、维护和管理等多个环节，对于水泥行业来说吸引力不大。原材料的进厂和产品的外销，大多数水泥企业多委托第三方物流公司承运。但互联网货运平台将全新的互联网思维注入物流行业，物流模式也在悄然发生变化，并且不断渗透到各个行业的物流环节。不少水泥龙头集团也开始思考，如何在物流这一市场，从旁观者转变为参与者，甚至成为引领者。

据媒体消息显示，红狮水泥、中国建材和海螺水泥分别于 2015 年和 2020 年先后搭建了自家互联网+物流平台。三个企业的互联网+物流平台总体思路相似——专注以水泥、熟料为主的大宗商品运输，运用互联网物流技术，对货与车进行高效匹配，实现人、货、车、线路、订单等的高效管理，提高物流全流程效率，并且积极开拓车后市场，提高平台附加值。

目前水泥企业所打造的物流平台不同于过去自建公司、自购车的传统线下重资产模式，也不同于依靠货主、司机及承运商之间的信息差赚取利润的纯线上运力撮合平台模式，更多是从自身物流需求出发，结合线下现有货运物流资源，并且利用物联网、大数据、云计算等互联网技术，自下而上地搭建网络货运平台，并逐渐从过去单纯销售水泥和熟料向综合建材集团过渡。

与此同时，充分利用“智慧物流”的力量，也能让水泥企业更快适应新形势下道路交通政策的新变化，例如“一超四罚”政策的出台和落地，就要求水泥企业积极介入货运环节，进一步降低运输中存在的风险。而运用互联网货运平台，在实现高效物流管控体验的同时，还能利用链接了交通大数据的物流平台的“智慧”，获得尽可能规避运输中交通运输风险的“超值”服务。

此外，随着水泥企业物流公司的货运服务能力和网络覆盖范围的不断扩大，企业营销模式也可能悄然发生改变。

如今，货运物流数据已是水泥企业智能制造、智慧工厂建设中不可或缺的大数据组成部分。兼顾物流后，水泥企业将更加全面掌握市场动向，提升市场敏锐度和洞察力，尤其是现阶段，水泥行业发展正在进入新周期，即将面对的全新竞争环境让企业的营销模式也亟需实现调整、升级，物流作为销售重要一环，掌握物流大数据就能拥有了市场主动权，在进行市场战略布局、营销策略制定时也将更加游刃有余。

由此可见，这些水泥企业拓展物流环节的目的，是出于提升物流效率的初衷，但恐怕更是出于战略布局考虑：在实现提升自身物流效率，增强货运安全性，尽可能地通过全面节约物流成本，为企业创造效益；与此同时，广阔车后市场更是成为

了企业的利润增值点。而物流+营销则可能是企业未来最具活力、也最具期待的重要环节。

参考文献

Adaji I, Lawal A, Abdullahi A, Abdulkadir A. Performance Evaluation of Outpatient Department Waiting Line System in a City Hospital in Nigeria[J]. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 2020, 25(1): 65-70.

刘小寒, 马晓磊, 刘钺可. 面向公共交通的电动自动驾驶模块车调度优化[J]. 中国公路学报, 2022, 35(3): 240.

戴维安德森, 侯文华(译), 杨静蕾(译). 数据、模型与决策: 管理科学篇[M]. Fourteenth 版. 北京: 机械工业出版社, 2018.

附录材料:

包括: 原始数据表、正文未充分展开的证明、软件分析等。

1. 表 5 华山公司水泥运输问题模型数据. xlsx
2. 表 6 华山公司水泥运输问题规划求解结果. xlsx
3. 验证文档.OUT