

原材料采购-运输模型与订货方案优化

摘要：随着经济社会的不断发展，大公司对原材料的需求逐步增高，在订购与运输原材料的过程中，控制成本逐渐凸显出其必要性。本文基于一个实际的供应与运输问题，参考成本、仓储、稳定度等多个因素，采用创新方法建立了供应商评价-订货方案-转运商评价-转运方案四层次模型，并基于模型提供了不同情况与优化程度下的订货、转运方案。分析得出，由模型得出方案的稳定程度、复杂程度与成本均要优于企业原本采取的订货策略，取得了初步的成果。未来收集更多信息后可将模型进行进一步精细化，并可考虑引入供应链优化稳定性。

关键词：采购管理、订货优化、供应商评价

一 引言

物资采购作为企业生产经营价值链主链条的首要环节，管理好采购对降低企业生产运营成本和维护安全、稳定生产具有重要影响[1]。对于一般企业，合理的采购可以有效降低生产成本，提升产品质量，而对部分原材料具有特殊性的企业来说，采购管理更是直接决定着能否稳定进行生产。

对于案例中的公司而言，由于供应商无法做到稳定按量供给原材料，订货时即需要尽可能保证实际供货数量充足；又由于储存成本的因素，不希望实际供货量过大。由此，亟需建立各供应商在不同订货行为下的评价模型，并以此决定订货方案。此外，转运商所造成的材料损耗也必须考虑在内，继而确定转运方案。接下来，本文会以从供货到转运的顺序一步步建立模型并优化、评价各种方案，直至确定最终的策略。

二 供应商重要性排序

§2.1 单次供货行为的计分

为合理评价各个供应商的重要程度，需要给各个供应商进行评分以作为指标。由于获得的信息仅有每次订货与供货的结果，评分的标准即为对供应商的每次订货与实际供货的偏差度。

为确立每个供应商的整体偏差度，我们先定义单次供货行为的计分。

当存在订货时，设订货量为 S ，供货量为 T ，定义供货行为的评分为 $\min\left(\frac{S}{T}, \frac{T}{S}\right)$ ，也即，当供货少于订货时，评分为 $\frac{T}{S}$ ，否则为 $\frac{S}{T}$ (图1)。

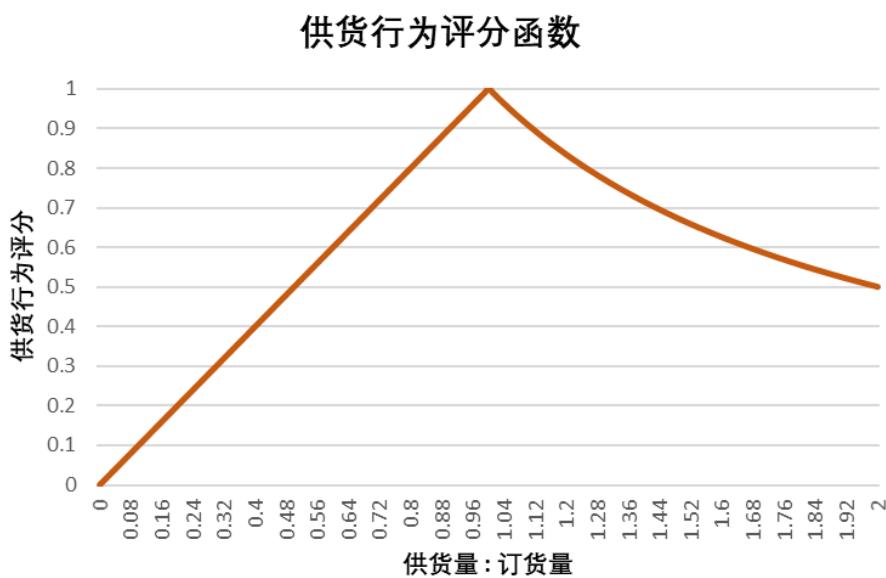


图 1: 供货行为评分函数

我们从以下几个角度说明这种计分方式的合理性：

1. 当实际供货量为0时，此次订货的评分为0，因为这意味着供应商完全没有提供货物。
2. 当实际供货量恰好为订货量时，此次订货的评分为1，因为这意味着供应商完美按照要求提供了货物。
3. 每次订货的分值都在最差情况0与最优情况1之间。
4. 此评分标准对少提供货物时惩罚高于多提供货物时(如供货少50%的评分为0.5，而多50%的评分为0.67)，这是由于增加仓储成本要好过无法维系生产。
5. 由比例确定评分不会受具体订货数量的影响，从而将供货准确程度与订货量级独立开考虑。

由此，可以将对供货行为的评分看作对供应商此次相应订货的“完成度”，并且依靠整体完成度对供应商进行排序，从而判断出最重要的供应商。

§2.2 加权排序

为将单次完成度扩展到整体的完成度，需要对供应商每次订货的完成度进行加权平均。在实际订货方案的制定中，我们发现，比起订货的具体数量，更值得关心的是订货的量级。经尝试发现，设订货量为 S ，则给每次成绩加权 $\ln S$ 是比加权 S 或 \sqrt{S} 更为合理的。

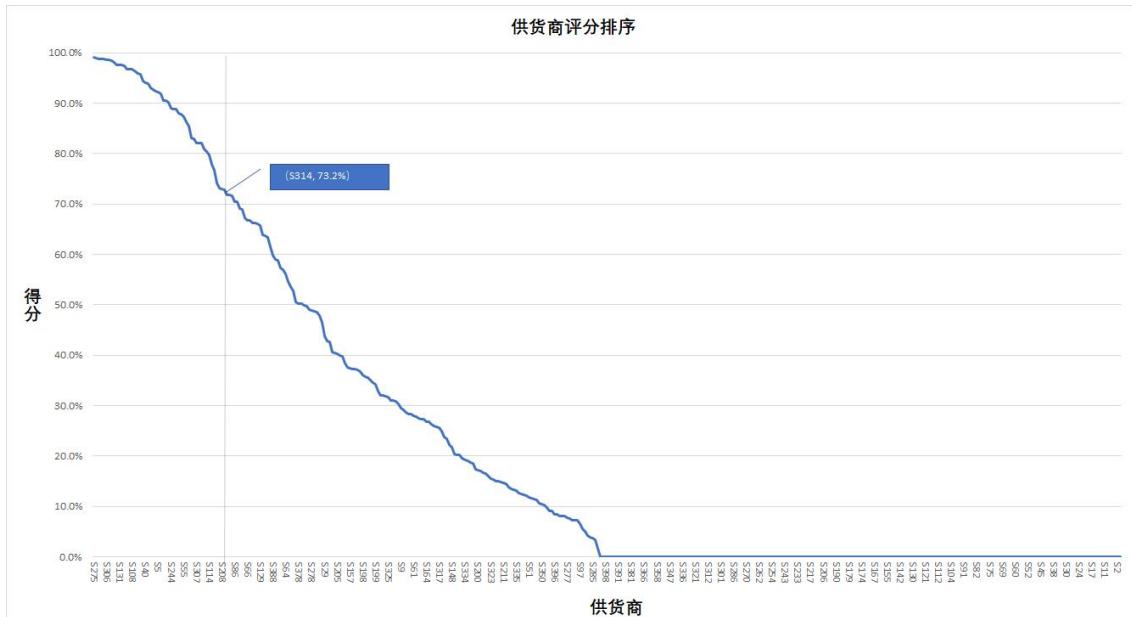


图 2: 供应商评分排序

以此加权进行成绩排名后，又出现了第二个问题，即，高名次的供应商中，有些实际只进行过小额(100以内)订货，由于订货总量一般上万，小额订货难以成为重要成分。因此，为算出重要供应商的排名，我们必须排除只进行过小额订货的供应商，而将较多目光放在大供应商上。

图2中已经排除了只进行小额订货的供应商，接着将供应商加权分值递降排列。其中第50名为供应商S314，综合得分73.2%。将排名前50的供应商制成表格，列表为表1，即为第一问的结果。

表 1: 重要程度前五十的供应商及其评分

ID	分数								
S275	99.0%	S131	97.6%	S040	94.1%	S244	89.0%	S307	82.2%
S282	99.0%	S356	97.5%	S364	93.9%	S273	88.8%	S374	82.1%
S329	98.8%	S352	97.4%	S294	93.0%	S395	88.8%	S123	82.1%
S268	98.7%	S284	96.8%	S143	92.8%	S037	88.0%	S139	80.9%
S229	98.7%	S365	96.8%	S346	92.4%	S003	87.9%	S338	80.4%
S306	98.7%	S108	96.7%	S005	92.3%	S055	87.3%	S114	79.8%
S340	98.7%	S031	96.4%	S367	91.9%	S078	86.3%	S126	77.9%
S361	98.5%	S151	96.0%	S189	90.5%	S348	85.4%	S007	76.7%
S194	98.2%	S330	95.7%	S218	90.5%	S292	83.1%	S291	74.2%
S247	97.6%	S308	94.4%	S080	90.1%	S154	83.0%	S314	73.2%

三 制定订货、转运方案

§3.1 订货方案

在制定订货方案时，主要出于三点原则考虑：

1. 在第二部分中已经找到了相对最重要的供应商，订货将优先从这些供应商中考虑。不仅如此，订货应尽量在每个供应商供应最稳定的区间。
2. 为了简化采购方案、建立更稳定的合作，应从大额开始采购，并且以此尽量避免复杂的小额订货，减少供应商的数量。并且，为了转运方便，尽量不要单次订货超过转运上限6000。
3. 由于对供应商供货能力并没有过多的数据，尽量保证对供应商的平均订货量所给数据中240周间的平均订货量，最大限度保证稳定供货。

据此，我们先找出每个供应商的最优订货量。对某家供应商，我们设每次订货按订货量从大到小排列为 a_1, a_2, \dots, a_n ，每次订货对应的评分为 $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ ，记 $t = [5\%n]$ (中括号表示取整数部分)。对某个 $t < k < n - t$ ，我们称 a_k 为“优秀订货量”当且仅当 $\forall k - t \leq s \leq k + t, \delta_s \geq 0.9$ 。这个定义事实上意味着，如果供应商能在某段订货区间内表现稳定较好，可以将这段区间的中点作为一个备选的订货量(图3)。

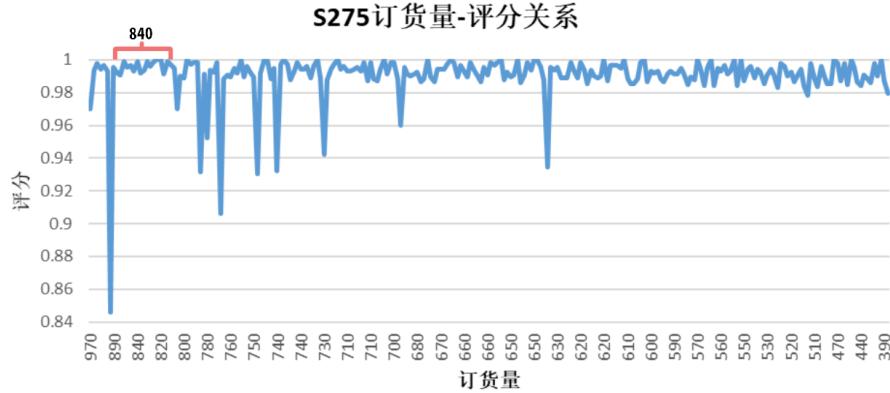


图 3: 确定最优订货量(以S275为例)

由于第二条原则，需要尽量从大额开始采购，因此将所有优秀订货量的最大值定义为这家供应商的最优订货量。基于第二部分的讨论，按照最优订货量从大到小，对每家进行最优订货量的订货。由于第三条原则，我们需要控制订货频率，使得在24周内的平均订货量与之前的平均量类似。直到计入供货与转运损失后的期望收货量可以满足每周的产能。藉此，我们得出了一个初步的订货方案，作为第二问订货方案的结果。可以看出，最少需要14家供应商即可完成原材料的供应。

§3.2 转运方案

表 2: 转运商损耗情况统计

转运商ID	平均损耗	损耗方差
T1	1.90%	0.43
T2	0.92%	0.23
T3	0.19%	0.23
T4	1.57%	3.72
T5	2.89%	3.83
T6	0.54%	1.82
T7	2.08%	2.05
T8	1.01%	1.24

为了制定转运方案，我们先统计各个转运商的损耗情况，并制成表2。注意到，平均损耗较小的转运商并不存在过大的方差，因此可以按照损耗升序排列(图4)，从前往后选择转运商。

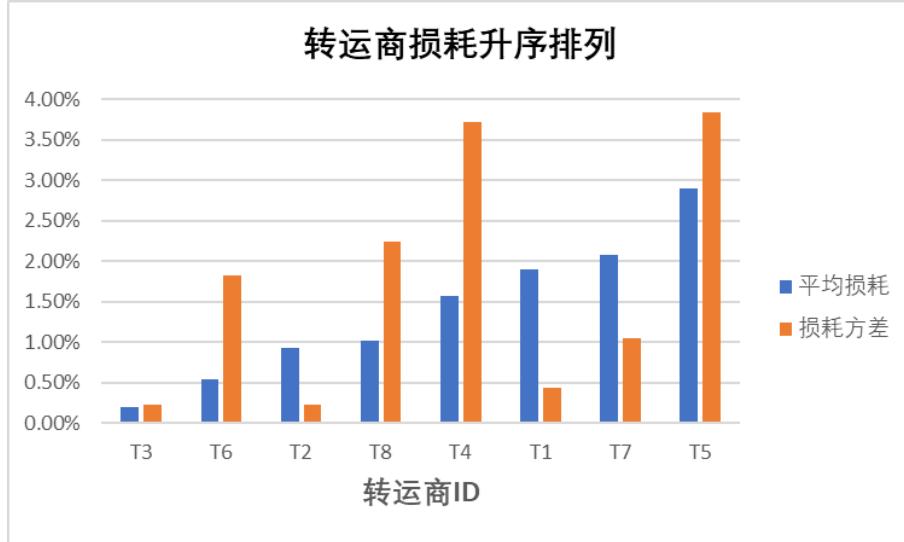


图 4: 转运商损耗升序排列

先将每次订货划分为若干个和小于转运上限6000的组合，再按照总量从大到小分配给从优到劣的转运商，即可得到第二问转运方案的结果，估算可知供货量不会超过24000，因此实际只用到了T2,T3,T6,T8四家转运商。

§3.3 实施效果分析

在订货方案的实施效果中，我们主要关注订货量与稳定程度两点。事实上，这两点相互关联，低稳定程度必然导致需要更多的订货才能解决风险。计算可知，在原本的订货方案中，平均24周的总体积为582942.3立方米，而新订购方案的总体积为443858立方米，优化了24.9%。对稳定性，仍然采取之前的函数加权计算，原本的平均评分为59.7%，而新的平均评分期望为95.4%，提升了60.0%。

关于运输方案的效果，由于没有原本具体运输方式的数据，用平均估算可知损耗较原来减少了0.72%，由此可见，新订货、运输方案确实比原方案起到了较大的提升。

四 对方案的优化

§4.1 优化库存成本

根据第三问的要求，我们需要从库存成本和转运损耗两方面对成本进行优化。在3.2节中已经进行了关于转运损耗的优化，因此当前优化的重心在库存成本上。由

条件可知，考虑库存成本时，采购优先级为A到B到C，因此我们在选择购买商家的顺序时，分别给提供B与C的供应商加权0.75与0.5(也就是视为供货量较少，从而达到排序靠后的效果)，这样即可实现尽可能多地采购A，尽可能少地采购C。籍此重新确定的订货与转运方案即为第三问的结果。新的结果中，仍为14家供应商，但结构改变较大，可明显看出成果(图5)。

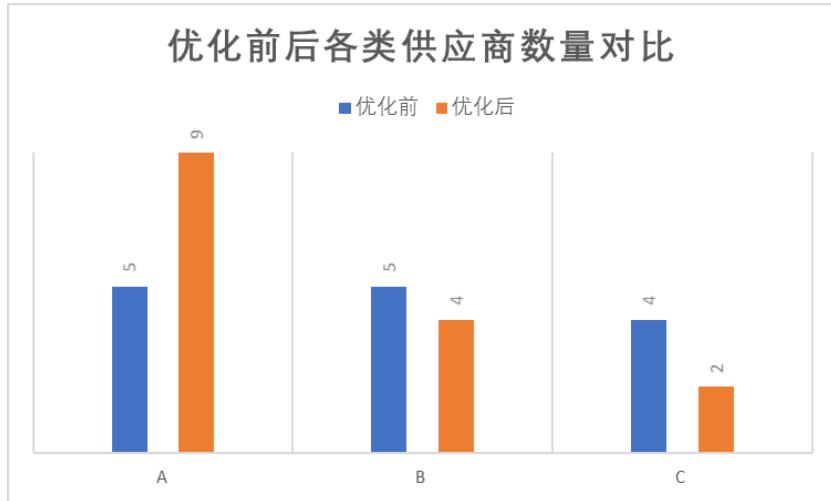


图 5: 优化前后各类供应商数量对比

计算可知，原本订购方案总体积443858立方米，新订购方案总体积431931立方米，优化了2.76%。

§4.2 提升产能

根据第四问的要求，我们去除3.1节中累计期望收货量满足产能即停止的限制，并以此确定能承受的极限产能。

将所有厂家都以最优订货量订购后，即得到新的供货方案结果，并由此确定转运方案。此时共在42家供应商进行了订购，估算极限产能为4.34万立方米，较之原本的2.82万立方米提升了53.9%。如果想要再进行提升，就要冒较大的风险进行未必稳定的订货了。

五 讨论与总结

§5.1 两种采购方案的对比

在进行关于采购方案的制定时，我们曾基于原则制定了另一套方案：将订单划分为极大(6000以上)、大(1000-6000)、中(100-1000)、小(100以内)四个类型，分别统计对每个类型评分最高的商家，并以此确定订货方案。这样做有两个缺点，一方面在订

了足够多大订单后，不需要中小型进行填补，另一方面，极大订单会导致一家转运商无法完成转运。

此外，这套方案在最终订货时由于极大订单的存在，每周的订货量波动很大，不利于保证库存、生产的稳定，因此否决。在第二间最终采取的订货方式中，每周订货量稳定在15000-22000这个区间内，不会发生过大的波动。

§5.2 进一步优化的展望

值得注意的是，在该企业的采购中，对有些供应商是进行稳定、长期订货的。对于这些供应商，如果能建立合理的供应链，可以有效降低采购的成本。并且，在订货稳定后，减少了保证生产的库存量，进一步减少了库存成本[2]。

此外，对供应商的供货能力等进行综合分析可以更好地判断供应商的稳定供货区间，并以此确定哪些供应商值得更深度的合作，哪些供应商有更大潜力、可以尝试更大的订单。

§5.3 总结

本文用较为创新的方法给出了一个评估供应商、转运商并以此确定订货、转运方案的四层次模型，并具体验证了该模型的实施效果，发现其确实可以在存储成本、运输损耗、稳定性等方面起到不小的优化作用。在不同的条件下，该模型都体现出了良好的效果，并且具有较强的适配性，因此，虽然在具体公式的设计、精细化程度上还存在改进的空间，总体上可以认为模型是成功的。

参考文献

- [1] 张欣. 关于企业物资采购监督与管理的思考[J]. 商讯, 2021(24):131-133.
- [2] 熊爱平. 传统物流与供应链管理模式下采购策略对比分析[J]. 中国物流与采购, 2021(15):60.

附录 支撑文件目录

1. 附件A 订购方案数据结果.xlsx
2. 附件B 转运方案数据结果.xlsx
3. 1.cpp (供货商权重排序)
4. 1stAnswer.csv (权重排序结果)
5. 2_1.cpp (读入第二问需要数据并统计订购次数)
6. Answer2_1.csv (2_1输出结果)
7. 2_2.cpp (按权重分配第二问的订购与转运)
8. Answer2_2.csv (2_2输出结果)
9. 2ndAnswer.txt (第二问答案)
10. 2ndTotal.txt (第二问总计)
11. 3_1.cpp (读入第三问需要数据并统计订购次数)
12. Answer3_1.csv (3_1输出结果)
13. 3_2.cpp (按权重分配第三问的订购与转运)
14. Answer3_2.csv (3_2输出结果)
15. 3rdTotal.txt (第三问总计)
16. 4_1.cpp (读入第四问需要数据并统计订购次数)
17. Answer4_1.csv (4_1输出结果)
18. 4_2.cpp (按权重分配第四问的订购与转运)
19. Answer4_2.csv (4_2输出结果)
20. 4thTotal.txt (第四问总计)
21. InitialOrder.txt (初始订购量)
22. InitialActuallyGot.txt (初始供货量)
23. Order.txt (订购量)
24. ActuallyGot.txt (供货量)