



廣東工業大學

安吉杯——汽车 SKD 零部件多式联运方案 设计

指导老师_____

联系方式 广东工业大学管理学院物流教研室

队 名 WE CAN

队 员 _____

2012 年 10 月 29 日

目录

1.前言.....	3
2.港口及集装箱的选择.....	5
2.1 国外港口的选择	5
2.2 国内港口的选择及设计	5
2.2.1 深圳港.....	5
2.2.2 广州港.....	9
2.2.3 湛江港、防城港.....	12
2.3 集装箱的选择	12
2.3.1 集装箱的分类.....	13
2.3.2 SKD 汽车零部件集装箱的选择.....	13
3.内陆运输方式的设计.....	16
3.1 铁路运输方案	16
3.1.1 铁路运输方案的形成.....	16
3.1.2 铁路运输方案分析.....	18
3.2 公路运输方案	21
3.2.1 运输路线.....	21
3.2.2 费用.....	22
3.3 内河航运	22
3.3.1 运输成本.....	23
3.3.2 不可控因素.....	23
3.4 多式联运方案小结	24
4.时间安排.....	26
4.1 考虑时间安排的因素	26
4.2 具体的时间安排	26
5.安全库存设计.....	27
6.应急运输方案的设计.....	29
6.1 铁路运输途中发生不可抗力	29
6.2 海运途中发生不可抗力	30
7.存在的问题.....	31
7.1 货物装箱优化	31
7.1.1 先堆货再装箱过程费用.....	31
7.1.2 SKD 件直接装箱运输.....	32
7.1.3 小结.....	33
7.2 不满箱的问题	33
7.3 扩容	34
7.4 开专列问题	34
8.总结.....	35

1.前言

改革开放以后，中国恢复了“开放型”技术战略，使我国的汽车行业快速地成长起来。我国加入 WTO 之后，我国国际化的深入和我国汽车行业关税壁垒的逐渐消除，我国国内汽车行业在不断快速地发展。中国部分国有汽车公司开始实施“走出去”战略，试图加快其海外扩张。中国民族汽车产业的国际化，尤其是自主品牌汽车的国际化是发展的必由之路。中国汽车产业已进入国际化进程。

从资本市场看，中国汽车行业与国际上各大汽车及零部件制造商相继建立了 800 多家合资企业，累计资本约 960 亿美元，占全国汽车工业资本总额的 50% 左右。今后几年，随着中外合资企业的发展，合作领域还将扩大。

从产品市场看，近几年，国际著名的汽车零部件集团相继在中国加大了采购力度和建立采购基地。在全球排名前 100 位的零部件供应商中，有 70% 以上已经在中国开展业务，采购金额逐年递增。汽车行业不断通过合资、合作以及并购、上市等多种形式提高了行业的总体水平和企业的竞争力，企业实现资本国际化和投资主体多元化的步伐不断加快。日本的丰田、本田、日产、韩国的现代、欧洲的宝马及戴克等大汽车集团都是在新世纪进入中国的；纵观我国汽车行业，东风汽车集团在境外实现上市；上汽、南汽已经开始国外并购；奇瑞、吉利、长城、宇通、金龙等自主品牌的集团在海外设厂的计划在实施中。

由此可见汽车行业竞争异常激烈，国际的汽车集团拥有竞争优势，其中出色的物流能力板块扮演了重要的角色。各大汽车企业的整车厂分布在世界各地，而且他们的零部件供应商也分布在世界各地，这样他们对整车运输的能力和零部件物流的能力要求都很高，他们凭借优质的汽车物流服务支持，让他们的汽车畅销全球。纵观我国的物流行业，处于低级起步发展阶段，专门为汽车行业提供物流服务的汽车物流发展尚不成熟，因此大力发展汽车物流就成为我国物流行业未来急需发展的重要任务。由于没有优质的汽车物流服务支持，使得我国汽车企业与国际的汽车集团发展差距不断增大。为了让我国汽车能“走出去”，我国汽车物流企业肩负着重大的责任。

汽车物流的中最大的两个板块是整车物流和零部件物流。零部件物流是整个汽车物流的起点，因此也成为了我国汽车物流行业发展汽车物流的瓶颈。因为只有按时，按质，按量地将零部件从供应商的仓库运到整车厂，才能确保整车厂的生产，才有后续的汽车销售。

安吉物流作为我国汽车物流行业的领头羊，汽车物流服务能力也是我国目前最完善的，下属业务包括整车物流、零部件物流、口岸物流等三大业务板块。

本设计书的主要内容是汽车零部件物流多式联运方案的设计，为了开拓印度等东南亚国家的市场，H 公司在印度收购了一家汽车工厂，准备运输零部件到印度工厂进行加工组装。最近，H 公司确立了一项零部件供应计划，准备在 2013 年 1 月开始，从广西柳州经广州向印度 Halol 公司（位于孟买）供应 SKD 汽车零部件。经过市场分析与预测，预计第一年和第二年年产量将达到 50000 辆和 100000 辆。其中，某供应商提供的 SKD 件平均重量为 1200 公斤/件，用铁框纸壁托盘包装，包装体积为 $1*1.1*0.9\text{M}$ 。发货周期为一周，出口的运输方式是集装箱。

那么安吉物流的运输任务是，将 SKD 汽车零部件从柳州仓库运到印度孟买 H 公司。因此这次运输需要利用到海运与陆运相结合的多式联运。整个多式联运方案的设计最重要考虑的两点是运输费用和时间。为了对运输方案进行更好的设计，本设计书在不同的方案中，运用多目标规划的思想去衡量每种运输方案的优劣，分别从港口及集装箱的选择、内陆运输方式的选择两大方面进行详细的分析，得出最合适的运输方案，同时通过安全库存，突发性意外的处理这两部分的分析来支撑我们的运输方案，最后再提出目前零部件物流运输存在的其它几个问题并提出建议。

2.港口及集装箱的选择

安吉的运输任务是，将 SKD 汽车零部件从广西柳州工厂运输到印度 Halol 公司（位于孟买）。这个运输任务所用到的运输方法是属于国际多式联运，需要用到海运，国内很多大的出口外贸港口都有船公司的班轮到孟买。但是，不同的港口有不同的船期、运费及口岸杂费，而且国际运输中，海运运费占总运输成本的比重最大，合适的装货港和到货港能大大降低整个多式联运的成本，所以，国内港口及国外港口的选择在整个运输方案中就显得十分重要。

2.1 国外港口的选择

运输的目的地是印度 Halol 公司，它位于印度西部第一大港口城市——孟买。孟买市有孟买老港（Mumbai）和孟买新港（Nhava Sheva）两大港口。经过我们的调查，发现孟买老港由于水深和港口企业的业务转变，目前在华南区和香港到孟买的船很少，甚至是没有去孟买老港的了，而且孟买老港距离孟买新港不远，所以到孟买的船更多的是选择停靠孟买新港。加之，孟买附近没有其他大的港口，距离远的港口也没有什么选择价值，所以，我们运输方案的目的港选择孟买新港。

2.2 国内港口的选择及设计

2.2.1 深圳港

深圳港是华南地区最大的外贸港口，而且水位深，天然条件优越，其中的大铲湾码头、盐田港还与铁路相通，更利于海铁对接的多式联运的实施。目前，深圳港已经成为了香港国际航运中心的重要补充，在地区集装箱运输中发挥了干线港的重要作用。目前，集装箱吞吐量向大港集中趋势非常明显，沿海深圳和广州两港在全省集装箱运输中的地位日益重要，沿海集装箱运输在以香港为中心的情况下，已经初步形成外贸集装箱以深圳港为干线港。

深圳港拥有这么好的条件，所以我们选择深圳港作为发货港。经过我们的调查和计算，在深圳港装船的货物，从截关日开始起，到货物运到孟买新港总的运输时间是 13 天。从深圳到孟买新港，用 20GP 箱的运费最低的是 EMI 船公司的船，每箱价格是 4834 元，在大铲湾码头开船；用 40GP 箱的运费最低的是 HMM 船公司的船，每箱价格是 7456.8 元，在蛇口港开船。（注：海运运费=基本运费+附加费，各船公司的附加费不同）。

另外，通过调查可知深圳的蛇口港、盐田港和大铲湾码头中，大铲湾码头和盐田港有铁路直达，因此如果选择大铲湾码头和盐田港作为装货港，那么就可以通过铁路将柳州工厂的 SKD 件直接运到港口，减少了从铁路终点站再转公路短途运输到港口这个流程。深圳港到孟买新港具体的班轮船期和运费，分别如表 1，表 2 所示：

表 1. 20GP 箱的海运运费

船公司	船期	航 程 (天)	基 本 费 用 (美元/箱)	港口操作费 (元/箱)	文 件 费 (元/箱)	港 口 安 保 费 (元/箱)	铅封费 (元/箱)	报关费 (元/箱)	装箱费 (元/ 箱)	海运运费 (元/箱)
EMC	2 截 3 开, 6 截 7 开	12	620	760	350	20	45	250	800	6123.4
HMM	YT 1 开, SK 2 开	11	485	725	350	20	30	250	800	5240.2
EMI	大铲湾 6 截 1 开	11	450	750	150	20	20	250	800	4834
APL	大铲湾 6 截 1 开	11	730	610	350	20	40	250	800	6683.6

(资料来源: 环球运费网 <http://www.100allin.com/fcl/list-shenzhen-NHAVA%20SHEVA--8-0-0-----1.html> 锦程物流 www.jctrans.com)

表 2. 40GP 箱的海运运费

船公司	船期	航 程 (天)	基 本 费 用 (美元/箱)	港 口 操 作 费 (元/箱)	文 件 费 (元/箱)	港口安保费 (元/箱)	铅封费(元/箱)	报关费(元/ 箱)	装箱费(元/ 箱)	海运运费(元/箱)
EMC	2 截 3 开, 6 截 7 开	12	900	1100	350	20	45	250	1050	8483
HMM	盐田 1 开, 蛇口 2 开	11	740	1080	350	20	30	250	1050	7456.8
EMI	大铲湾 6 截 1 开	11	800	1100	150	20	20	250	1050	7646
APL	大铲湾 6 截 1 开	11	1080	899	350	20	40	250	1000	9384.6

(资料来源: 环球运费网 <http://www.100allin.com/fcl/list-shenzhen-NHAVA%20SHEVA--8-0-0-----1.html> 锦程物流 www.jctrans.com)

2.2.2 广州港

广州港具有位置优越、城市依托条件好、腹地经济发达、现有吞吐量规模大、航线多、港口企业实力强等诸多优势。

从规模和经济上来看，广州港都是相当有优势的。所以，广州港也是国内港口选择重点考虑的对象之一。经过我们的调查和计算，广州港周一到周五都有到孟买新港的船期，而且从广州港装船的货物，从截关日开始起，到货物运到孟买新港总的运输时间是 14 天或 15 天。从广州到孟买新港，用 20GP 箱运输的最低费用，是 OOCL（东方海外）船公司的班轮，价格是每箱 6258.4 元，在广州黄埔港发船；用 40GP 箱运输的最低费用，OOCL（东方海外）船公司的班轮，价格是每箱 8754.4 元。

虽然，广州港的条件是比较优越，但是经过我们团队的调查发现，广州只有黄埔港才有到孟买新港的船，而黄埔港由于水较浅问题，大船没办法停靠，在国际航线上的运营都是开展驳船业务，用小船把货物运到南沙港或周边城市的深水港（如：深圳港）换大船出航。然而，我们这次运输任务中的海运段就是属于中东—印巴航线，在广州港上船运至孟买新港的货物就要通过驳船运至深圳港转换大船。而且，这段的驳船业务的费用也会在基本费用中收取。广州港到孟买新港具体的班轮船期及费用，分别如表 3，表 4 所示：

表 3. 20GP 箱的海运运费

船公司	船期	航 程 (天)	基 本 费 用 (美元/箱)	港 口 操 作 费 (元/箱)	文 件 费 (元/箱)	港 口 安 保 费 (元/箱)	铅 封 费 (元/箱)	报 关 费 (元/箱)	装箱费 (元/箱)	海运运费 (元/箱)
RCL	黄埔周三 周 五 驳 船，香港 大船一截 二开	13	700	750	350	20	20	250	950	6764
OOCL	黄埔周一 到周五驳 船，深圳 大船7截2 开	13	620	750	350	20	20	250	950	6259

(资料来源: 环球运费网 <http://www.100allin.com/fcl/list-guangzhou-NHAVA%20SHEVA--8-0-0-----1.html> 锦程物流 www.jctrans.com)

表 4.40GP 箱的海运运费

船公司	船期	航 程 (天)	基 本 费 用 (美元/箱)	港 口 操 作 费 (元/箱)	文 件 费 (元/箱)	港 口 安 保 费 (元/箱)	铅封费(元 /箱)	报关费(元/ 箱)	装箱费(元 /箱)	海运运费(元/ 箱)
RCL	黄埔周三 周 五 驳 船，香港 大船一截 二开	13	1150	1100	350	20	20	250	1200	10208
OOCL	黄埔周一 到周五驳 船，深圳 大船7截2 开	13	920	1100	350	20	20	250	1200	8755

(资料来源: 环球运费网 <http://www.100allin.com/fcl/list-guangzhou-NHAVA%20SHEVA--8-0-0----1.html> 锦程物流 www.jctrans.com)

2.2.3 湛江港、防城港

然而，我们团队在地图发现，广西的防城港、广东的湛江港从距离上比广州港、深圳港离孟买更近，而且在陆路这两个港口所在城市都是铁路的中转枢纽，选择这两个港口发货，会不会更节省成本？

从地图上位置看来，湛江港和防城港这两大港口距离孟买比珠三角的港口近，但是经过调研得知，这两个港口由于港口企业规模不大，经济实力远远比不上珠三角的港口，所以航线比较少。其中防城港主要经营的航线是以东南亚的外贸为主的，虽然有驳船业务到香港转大船，那么从防城港到孟买新港的海运费就是防城港到香港的驳船费加上香港到孟买新港的海运费，这样海运段的费用是大大增加了，实际情况并不可行的。

另外，经过我们的调查，得知湛江港在中东——印巴航线上的业务量少，很多时候，一周都不能凑齐一条船的柜，船期极不稳定，所以，也没有多少到孟买的船停靠。

虽然两个港都有开展相关的驳船业务，但是这条航线上的业务太少了，导致驳船的船期时间很不稳定，而安吉公司这个运输任务量大，对时间准确性的把握性要求高。

因此，本案例并不考虑将防城港或湛江港作为装货港。

2.3 集装箱的选择

集装箱运输作为一种新型、高效率和高效益的运输方式，在现代流通领域内运用大型装卸机械和大型载运车辆进行装卸、搬运作业和完成运输任务中扮演着相当重要的角色。采用集装箱运输可以简化包装，大量节约包装费用；减少货损货差，提高货运质量；减少营运费用，降低运输成本；装卸搬运效率高，节约大量的装卸搬运成本；而且受气候影响小。然而，选择合适的集装箱，是保证集装箱功能实现的前提，在货物运输过程中起着重要的作用。选择合适的集装箱，不但可以降低由于集装箱选择造成的货损，而且有利于运输过程中在途货物质量保存和降低运输成本。

2.3.1 集装箱的分类

1. 集装箱的类型：

集装箱分为通用集装箱和专用集装箱。其中，通用集装箱要求结构尺寸符合国际或者国内尺寸标准，便于流通和周转；而专用集装箱主要是作为专门用途或者单一品种规格的普通货物流通之用，对结构和尺寸要求不严格。

2. 集装箱的尺寸

在本设计书中，采用包括海运在内的多式联运运输方式，装有 SKD 汽车零部件的集装箱需要在多种运输方式中转换，而且，除了避免碰撞，受潮，没有其他特殊要求，从经济角度，应选择通用集装箱。通用集装箱尺寸如表 5 所示：

表 5. 通用集装箱尺寸

类型	长（米）	宽（米）	高（米）	体积（m ³ ）	载重（吨）
20GP	5.69	2.13	2.18	24-26	17.5
40GP	11.8	2.13	2.18	54	22
40HC	11.8	2.13	2.72	68	22
45HC	13.58	2.34	2.71	86	29

2.3.2 SKD 汽车零部件集装箱的选择

已知：一个 SKD 件体积为 $1*1.1*0.9\text{m}$ 即 0.99m^3 ，重量为 1.2T。

1. 集装箱装载计算

以 20GP（内容积为 5.69 米*2.13 米*2.18 米，配货毛重一般为 17.5 吨，体积为 24-26 立方米）为例：

(1) 先计算顺装的装箱量。顺装，是指将包装箱的长顺着集装箱的长摆放。

这样计算就是集装箱的长向可以摆放的数量=集装箱的长÷包装箱的长（去掉余数）
 $=5.69/1=5$

集装箱的宽向可以摆放的数量=集装箱的宽÷包装箱的宽（去掉余数） $=2.13/1.1=1$

集装箱的高向可以摆放的数量=集装箱的高÷包装箱的高（去掉余数）=2.18/0.9=2

顺装时集装箱内总的摆放数量=集装箱的长向可以摆放的数量×集装箱的宽向可以摆放的数量×集装箱的高向可以摆放的数量=5

代入数字 顺装时集装箱内总的摆放数量=5*1*2=10（台）

(2) 同理，计算侧装的装箱量。侧装，是指将包装箱的长顺着集装箱的宽摆放。

这样计算就是集装箱的长向可以摆放的数量=集装箱的长÷包装箱的宽（去掉余数）=5.69/1.1=5

集装箱的宽向可以摆放的数量=集装箱的宽÷包装箱的长（去掉余数）=2.13/1=2

集装箱的高向可以摆放的数量=集装箱的高÷包装箱的高（去掉余数）=2.18/0.9=2

侧装时集装箱内总的摆放数量=集装箱的长向可以摆放的数量×集装箱的宽向可以摆放的数量×集装箱的高向可以摆放的数量

代入数字 侧装时集装箱内总的摆放数量=5*2*2=20

(3) 明显，10<20，顺装装载数量<侧装装载数量。

(4) 集装箱载重考虑。由 20*1.2>17.5 可知，如果选择侧装，那么就已经超过集装箱的载重上限。由装运量（件数）=17.5 吨÷单件包装毛重=17.5/1.2=14（台），可知选择载重考虑比顺装方式，装载的 SKD 件台数多。故选择集装箱的装载布局时，只需要从集装箱载重考虑。

(5) 装载格局。因为 20>14>10，所以 20GP 集装箱应侧装，摆放方式有多种，为稳定起见应以 5*2*1+4=14 摆放，即 SKD 汽车零部件侧放下面一层铺满（10 台），上面一层摆放 4 台。

2.总结

根据以上计算方式，同理，可得以下汇总表

集装箱类型	顺装(台)	侧装（台）	载重考虑（台）	海运运费（元/箱）	海运运费（元/台）
20GP	10	20	14	6764	483.14
40GP	44	40	18	10208	567.11
40HC	66	60	18	10208	567.11

注：(1) 由于海运没有 45HC 集装箱，在此不作进一步分析。

(2)其中海运运费以广州黄埔港发船船价为例进行比较，数据见表 3，表 4。

由上表分析可知，很明显，案例中某个供应商所提供的资料中的台套与集装箱的比例为

10 台套/40HC 是不合理的。一方面，选择 40HC 的集装箱，至少可以装 18 台；另一方面，通过以上计算，可知，40HC 体积过大，不仅造成体积浪费，空间使用率仅为 26%，更重要的是使用 40HC 集装箱运输成本更高，达到了 567.11 元/台，跟 20GP 相比，每台费用高出 84 元，更是造成了资金的浪费。20GP 空间利用率高，而且无论从哪一港口发船运输，20GP 单位运输成本最低。因此，选择 20GP 集装箱更适合。

3.内陆运输方式的设计

本设计书中多式联运方案的优劣必须要结合整个运输方案的运费和时间，然后加以分析，而本案例中我们主要考虑的内陆运输的方式有铁路运输、公路运输、内河航运三种。

3.1 铁路运输方案

铁路运输能力大，适合大批量货物远距离运输，而且受气候和自然条件影响较小。同时我国铁路局针对性的提速，现在铁路运输的平均速度已经在五种基本运输方式中排第二，仅次于航空运输。据了解，目前很多集装箱港口都已建有铁路，这样火车就能直接将货物运到港口，减少中途装车的环节，方便实现多式联运。因此，铁路运输是我们团队重点研究的运输方式。

3.1.1 铁路运输方案的形成

在物流活动中，选择合适的运输方式，制定合理的运输路线计划，以尽可能地缩短运输时间和运输距离，从而使运输成本降低，提高对客户的运输服务水平，是物流企业追求的目标之一，安吉物流公司也不例外。本节研究的铁路运输路线主要目的是为多式联运设计方案提供铁路运输的运费和运输时间两大数据，为安吉物流公司提供一个高效的从柳州到港口的 SKD 零部件的内陆运输方案。

运输路线设计需考虑因素

由于受到地区地形和铁路已有的路线以及海运港口的限制，在设计运输路线的时候需要考虑到各种因素。

（1）不需要考虑因素

①火车终点站为防城港、湛江港的路线不需要考虑。根据第二章港口选择的详细分析，柳州到防城港、湛江港的路线已经排除在外，我们设计的路线终点站是针对广州、深圳港口。

②仓库到火车站距离不予考虑。从仓库到火车站是通过汽车来运输的，属于短途的运输，费用都是固定的。由于我们不知道明柳州仓库的具体位置，所以没有办法对这笔短途运输费进行准确的计算，而且每个铁路运输方案都有这笔短途运输的费用，所以它对评价铁路运输

方案的优劣并不影响,基于以上种种因素,因此本案例忽略柳州仓库到火车站的短途运输费。

(2) 需要考虑因素

①SKD 件的需求量。产量是路线成本的间接因素,在决定发货的批次和批量的时候要根据 SKD 件的需求量来考虑。第一年、第二年的 SKD 零部件产量分别是 50000 台,100000 台。

②集装箱规格和数量。不同的规格的集装箱的容量和运费都不同,从第二章的分析可以得知,我们的运输方案使用 20GP 的集装箱。

③以铁路运输为主,火车站点到港口的距离由公路运输完成。

④铁路运输的出发站。我们选择柳州东站作为铁路运输的出发站。原因是,柳州市的火车站分别有柳州站,柳州东站,柳州北站,柳州南站,其中柳州站和柳州东站是可以进行货运的。然而柳州站只办理铁路专线,不办理集装箱,能够 20GP 集装箱进行货物运输的火车站只有柳州东站。

⑤铁路运输的终点站。根据第二章港口选择的分析,内陆运输的终点为广州黄埔港、深圳蛇口港、深圳盐田港、深圳大铲湾码头。在设计路线时还要考虑到火车是否直达港口,如果不是直达港口,则需要选择离港口最近的火车站站点作为终点站。根据调查分析,其港口对应的火车站如表 6 所示

表 6. 港口对应的火车站

港口	火车终点站	运输形式
广州黄埔港	黄埔港站	火车直达港口
深圳蛇口港	蛇口站	铁路+公路到达港口(火车站到码头还有一段距离)
深圳盐田港	盐田港站	火车直达港口
深圳大铲湾码头	妈湾站	火车直达港口

综合以上需要考虑的因素点,可以列出以下几种情况:如图 1 所示

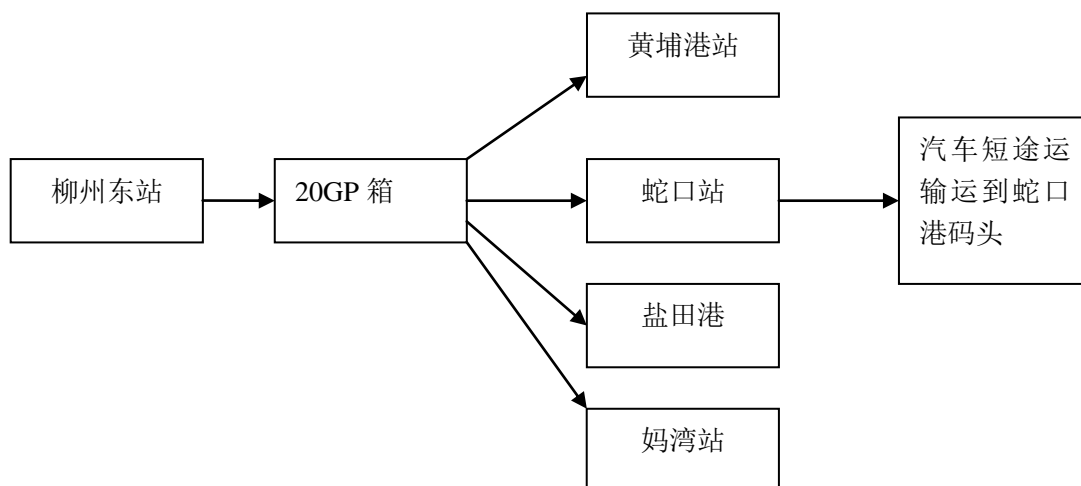


图 1

3.1.2 铁路运输方案分析

通过对铁路运输方案设计需要考虑的因素进行分析，可以得到四个运输方案。为了从中选出一个最合适的方案，我们结合调查的实际情况和收集的数据，主要从运输成本和时间去分析各个运输方案。

（1）铁路运输路程和时间计算

我们对柳州分别到广州黄埔港、深圳蛇口港、深圳盐田港、深圳大铲湾码头的铁路路程进行了计算，可以假设出发点一致确定为柳州东站。另外柳州到广东省的铁路距离是一致的，各个路线的差别在于铁路进入广东省内的路线。计算路程如表 7 所示

（2）铁路运输成本计算

铁路运输的总运费=铁路运输的基本费用+箱次费+短途公路运输运费+装卸费。如表 8 所示，可以知道用铁路运输，从柳州东出发运到黄埔港的费用是最少的，每箱价格为 2729 元。

安吉杯——汽车 SKD 零部件多式联运方案设计书

路线	运输方式	终点站	运输总路程 (公里)	运输总时间 (天)
柳州-黄埔港	火车直达	黄埔港	847.3	5
柳州-蛇口	铁路+公路	深圳蛇口	982.2	5
柳州—盐田	火车直达	深圳盐田港站	994.4	5
柳州-妈湾（大铲湾）	火车直达	深圳妈湾	976.2	5

表 7. 柳州到各港口铁路运输距离和时间表
(资料来源: 百度地图 <http://map.baidu.com/> 百度百科 <http://baike.baidu.com>)

安吉杯——汽车 SKD 零部件多式联运方案设计书

路线	集装箱箱次费（元/箱）	集装箱铁路运输基本运费（元/箱）	短途公路运输运费（元/箱）	火车转汽车装卸费（元/箱）	铁路运输总运费（元/箱）
柳州东-广州黄埔港	40	2689	0	0	2729
柳州东-深圳蛇口	40	3298	200	77	3615
柳州东-深圳盐田	40	3121	0	0	3161
柳州东-深圳大铲湾码头	40	3293	0	0	3333

表 8. 运输成本计算（含装卸费）

（数据来源：中国铁路服务中心 <http://www.12306.cn/mormhweb/hyfw/hyckcx/> 中国国际海运网 <http://www.shippingchina.com/> ）

3.2 公路运输方案

随着经济全球一体化，社会经济的高速增长，国内、国际贸易量增速迅猛，随之而来的是物流需求的增大。我国作为一个发展中国家，却具有全球最大的消费潜力和市场潜力，由此带来的物流运输量之大可想而知，中国正在成为第三方物流发展最迅速的国家之一。公路运输作为陆地运输两大主要运输方式之一，承担着陆地运输近一半的运输量，成为陆地运输不可缺少的运输方式。

3.2.1 运输路线

根据以上关于港口选择的分析，我们可知，广州黄埔港、深圳蛇口港、深圳盐田港、深圳大铲湾码头为多式联运国内运输的暂时目的港口。由于我国公路覆盖较为全面，单就从柳州到这四个目的港口的每一个港口，都有多种运输路线，这些路线各有优劣，为追求在质量保证的基础上，追求运输成本最少化原则。将从柳州到每一个港口的路线进行归类，经过分析，可以归类为最短时间、最短距离、不走高速公路这三类，多条路线。其中，最短时间即是基本上都走高速公路。在长途汽车运输过程中，为了尽量路途发生意外，一般会尽量选择走高速。因此，从柳州到这四大港口，便有四条路线。以下以从柳州到深圳大铲湾为例，运输路线如下图所示：



3.2.2 费用

深圳大铲湾、蛇口、盐田这三大港均在深圳市内，从柳州到这三大港在长途运输过程中，市内运输距离、费用及时间之间的差别，可能因人为因素，而发生误差。而且，本身差别不明显，因此，在考虑时可以忽略市内运输的差别，讨论过程以从柳州到深圳大铲湾为例。

路线	距离（公里）	费用（元/箱）	单位费用（元/台）	时间（小时）
柳州到广州黄埔	648	4173	298	10
柳州到深圳大铲湾码头	848	4714	337	12

（资料来源：无忧运力网 51yunli.com 百度地图 <http://map.baidu.com>）

3.3 内河航运

在地图上可见，从柳州港口码头到广州港口码头，是可以直接通过：柳州 → 黔江 → 浔江 → 西江 这条水运河道到达的，而水运的性价比是目前性价比最高的运输方式，内河运输有着本身的优势及不可控因素，其可行性还有待进一步讨论。



3.3.1 运输成本

由前面分析可知，水运集装箱采用 20GP 国际标准通用箱。经过调查我们得知，内河航道的计费方式是按重量来计算的，从柳州到广州全程 95 元/吨（含码头装卸费、船舶运输费、保险费、税金（发票）），运载的 SKD 件每个重 1.2 吨，每批货物包含 1000 个 SKD 件。20GP 箱每个自重 2.23 吨，1 个 20GP 箱装 14 台 SKD 件。如表 9 所示，根据上述数据核算，得出 20GP 箱运输 SKD 件，单位运费为 1808 元/箱。

表 9. 20GP 箱内河航运运费

运费率（元/吨）	20GP 箱自重 （吨）	SKD 件的重量 （吨）	SKD 件的数量 （台）	运费（元/箱）
95	2.23	1.2	14	1808

3.3.2 不可控因素

内河航运比铁路、公路运输的运费都要低。运费低只是一方面，但是不能因为的运费低就选择内河航运，注意到内河航运的运输时间。根据搜集的数据可以得知内河航运在运输的过程中有太多的不可控因素，内河航运的运输时间要取决于航道的水位，若丰水期和枯水期把握不好，很容易耽误交货期。例如：柳江的丰水期是 4-6 月，但是 2011 年由于大旱的原因，柳江早早在 4 月就已经进入枯水期，这样就导致大量船舶停留在柳江上游的水闸处。

通过资料的收集分析，柳州到广州的内河航线上的河道的统一丰水期是 4 月~~6 月，那么一整年的通航保证就在这不到 3 个月之内，而在丰水期通过全程需要大概 30 小时，其余时间只有 100 吨的货船还可以勉强全线通航。但是如果选择 100 吨级航船，至少需要订 12 艘 100 吨级的船，由于国内经营内河航运的船公司规模都比较小，很少可以一次提供 12 条 100 吨级船的运力。在种情况下，如果要选择内河运输，就需要掌握大量内河航运的船公司运力信息，至少要和 3—5 家船公司建立合作关系，这样花费的公关成本就大大提高。

通过对航线上的各条江的运载情况分析可知，柳江经过航道升级，现在常年能通过 500 吨的航船；黔江的话常年通航 300 吨航船，通航保证率 95%；浔江虽然经过一些整改，但是还没完全排除险滩，所以通航船吨位是小于 500 吨的，而一到枯水期的话，基本上是停航的；西江的通航吨位最大，达到了 2000 吨，不过枯水期的话没保障，根据调查可以得知去年枯水期的时候，西江还滞留了大量船只，把整体运输成本提高了 20%~~30%，很多船只耽误了交货期。如表 10 给出 4 条河道的运输情况：

表 10

河道	丰水期运输能力	其余时期运输能力
柳江	500 吨级	500 吨级
黔江	300 吨级	300 吨级（通航率 95%）
浔江	500 吨级	枯水期基本停航
西江	2000 吨级	枯水期时间没保障

若选择内河航运，整个航线上运输时间难以把握，大大增加了耽误交货期的风险；另外，每批都有 1000 台 SKD 件，在丰水期时只需要三艘 500 吨级的航船才能完成运输任务；若然遇上了枯水期，那么至少需要 12 艘 100 吨级的船。

3.4 多式联运方案小结

在本方案中，我们将多式联运分成陆运和海运两段进行分析。考虑到问题的整体关联性，我们运用了多目标规划方法来制定方案，如在港口选择的时候，不仅考虑运输成本和时间，也考虑了港口区中是否能跟铁路相连接这个因素。同时，根据 H 公司的预期销量及班轮船期表，可以得出每批要发 1000 件 SKD 件，要用 72 个 20GP 箱来装。这么多箱货物，如果中途转换运输方式，那么伴随着转换的货物装卸，而且这笔费用不菲，还要加上时间成本。因此，我们在制定方案的时候，转换运输方式次数也要控制，尽量避免不必要转换所带来的装卸作业。

通过分析得知从柳州到孟买最低的运费是用火车运到深圳大铲湾，再通过海运到孟买新港，最低费用是 588 元每个 SKD 件，因此我们为安吉从柳州仓库运输 SKD 汽车零部件到印度 H 公司的运输任务所制定的多式联运方案是：每周发一批货，从柳州工厂发货，经过 5 天的铁路运输到达大铲湾码头，接着经过 3 天，到星期一在大铲湾开船出发，经过 11 天的海运，到达目的港孟买新港，整个多式联运方案的线路如下：

柳州工厂 → 柳州东火车站 → 深圳大铲湾码头 → 孟买新港

具体 8 个运输方案及其所需要的运费，如表 11 所示：

表 11. 各个运输方案运输每批 SKD 件的运费

方式	方案	陆运运费 (元/箱)	海运运费 (元/箱)	运费 (元/ 箱)	每批总运费 (元)	SKD 运费 (元/ 台)
铁路+海运	柳州东 → 大铲湾码头 → 孟买新港	3333	4834	8167	588024	588
	柳州东 → 蛇口港 → 孟买新港	3614.5	5240.2	8854.7	637538.4	637.5
	柳州东 → 盐田港 → 孟买新港	3161	5240.2	8401.2	604886.4	605
	柳州东 → 黄埔港 → 孟买新港	2729	6258.4	8987.4	647092.8	647
公路+海运	柳州 → 大铲湾码头 → 孟买新港	4714	4834	9548	687456	688
	柳州 → 蛇口港 → 孟买新港	4714	5240.2	9954.2	716702.4	717
	柳州 → 盐田港 → 孟买新港	4714	5240.2	9954.2	716702.4	717
	柳州 → 黄埔港 → 孟买新港	4714	6258.4	10972.4	790012.8	791

注：数据来自表 1，表 3，表 8

4.时间安排

4.1 考虑时间安排的因素

实施本方案的具体时间安排,要以陆运的时间和海运的班轮船期结合起来考虑才能符合实际情况要求。本方案中的多式联运是属于铁海联运,从柳州到大铲湾码头的运输时间是 5 天,而大铲湾的班轮是周六截关,周一发船。由于考虑到在柳州发货到大铲湾这段陆运过程中可能会发生一些突发事件,以致运输时间要多于 5 天,因此我们在设计柳州仓库的发货时间时要预留 1-2 天的处理运输途中的突发事件。同时,调查得知,在发船前 7 天,货物运到港口指定的堆场放置,这部分的港口堆场费是全免的,所以我们就没有必要为货物提前到大铲湾,收取港口堆场费而考虑。

4.2 具体的时间安排

以下是本方案的时间安排:

柳州仓库的发货时间是:周日

柳州到大铲湾码头的运输时间:5 天(包含了中途停站以及装卸货物的时间),周四到达大铲湾

港口截关日:周六

港口发船日:周一

货物在大铲湾码头停留时间:3 天

海运时间:11 天

完成整个运输过程需要的时间是:19 天

5.安全库存设计

安全库存(又称保险库存)是指为了防止由于不确定因素影响订货需求而准备的缓冲库存,以用于满足提前期需求。本案例中安吉物流所服务的汽车生产企业,在生产中不因零部件的供应不及时而停止生产,因为其所带来的损失是巨大的。而因市场需求的突然加大而导致供不应求顾客需求得不到满足所带来的缺货损失也是巨大的。因此安全库存设计是为了防止这种情况的出现。影响该企业业务的不确定性主要是供应的不确定性,主要是运输的不确定性,由于各种原因可能导致供应不及时。不确定性带来的结果通常是一样的,企业要有安全存货来进行缓冲处理。下面对 Halol 公司安全库存的设计进行分析:

计算安全库存时假定:

- ① 客户需求是正态分布
- ② 订货提前期是正态分布

就这两个假定进行分析:

- ① 假设单位时间内的产品市场需求服从均值为 d 、标准差为 σ 的正态分布,订货提前期为 L 。当 D 表示提前期内需求均值,标准差为 σD ,通过服务水平,可以计算出订货至交货周期内需求低于再订货水平的概率,利用正态分布计算得:

$$SS(\text{安全库存})=z*\sigma D=z*\sigma*\sqrt{L}$$

Z 表示一定顾客服务水平下的安全系数

- ② 假设市场的需求相对稳定,订货提前期随机,服从均值为 L 、标准差为 σL 的正态分布,单位时间内的需求为 d ,则安全库存的设置是为了应对由于一些突发情况引起的提前期延长所需的市场需求或者是运输交货的延迟。则有:

$$SS(\text{安全库存})=z*\sigma D=z*d*\sigma l$$

该案例中 Halol 公司的市场需求相对稳定的,可知属于第二种情况。第一年 SKD 需求为 50000 件,每周 1000 台,亦即每天运输 $1000/7=143$ 台。针对该产品的订货提前期服从正态分布,其平均值为 19 天。标准差为 3 天。现在确定 H 公司的服务水平,汽车行业竞争激烈,订单满足率要求较高,一旦停产,造成损失巨大,对物流要求很高,因此汽车企业的服务水平一般都较高,设为 99.5%则安全系数 $z=2.6$ 则安全库存为:

$$SS=z*\sigma D=2.6*(1000/7)*3=1115.4=1116 \text{ 台}$$

因为得出的数量大于一批，企业要求的缺货率是 0.5%，缺货数为 $0.5\% \times 50 = 0.25$ 批，即为一批。但是因其要求的服务水平较高，订货提前期较大且时间波动大，因此安全库存应该设为两批的库存量。

常用的服务水平所对应的 z 值

存货周期内的服务水平/(%)	安全系数 z
100.00	3.09
99.99	3.08
99.5	2.6
99.00	2.33
98.00	2.05
95.00	1.65

（参考文献：《供应链通用件库存管理》林勇著 《库存管理入门》廖金福主编）

6.应急运输方案的设计

由以上章节分析，得出内陆运输的最优方案是从柳州到深圳大铲湾码头口，而从柳州发货到深圳大铲湾的最优运输方案是：铁路运输。随着科学技术的快速发展，对自然灾害的预测水平不断提高，但在运输途中依然会发生各种异常情况。这些异常情况由于其的不可预见性而会影响整个运输方案的实施，因此应急运输方案的设计是应对这些异常情况完成运输任务的保证，下面对各种异常情况进行讨论并分析其相应的应急运输方案。

6.1 铁路运输途中发生不可抗力

从柳州到深圳大铲湾铁路运输发生不可抗力事件（如撞车或出轨），首先向当地主管部门核实相关情况，确认该不可抗力事件导致火车短时间不能启动，如果等到事故处理之后到达港口会错过航期，因此有如下的解决方案：

- （1）重新从工厂发一批货，全程用公路运输直达深圳大铲湾
- （2）在事故停靠站转换公路直达深圳大铲湾
- （3）在事故停靠站转换公路，绕过事故点到下一火车站再次铁路运输到深圳大铲湾，如下所示：A 点为事故停靠站，由 A 经公路转运到下一个站点 B 再次铁路运输



经调查显示假若铁路出现事故，鉴于手续麻烦，一般不允许在排除事故过程中进行货物的装卸，，所以结合以上的分析得知在事故停靠站转换是不可行的，即只有一种方案：重新从工厂发一批货，全程用公路运输直达深圳大铲湾。

以下是 柳州——深圳大铲湾全程公路运输分析

路线	距离（公里）	费用（元/箱）	总费用（元）	时间（小时）
柳州到深圳大铲湾码头	848	4714	339408	12

6.2 海运途中发生不可抗力

海上运输属于高风险的活动，承运人经常在浩瀚的大海上遭遇不可抗力的灾难,造成货损货差或者延迟交货。不可抗力通常包括两种情况：一种是自然原因引起的，如水灾、暴风雪、地震等;另一种是社会原因引起的，如战争、罢工、政府禁令等。若发生不可抗力事件如：罢工，而导致该批货物不能准时到达目的地，此时应立即通知 H 公司动用安全库存以解决生产问题。倘若发生的不可抗力事件如地震、海啸、暴风雪等自然灾害而导致货物部分或全部灭失，经核实确认后，在下一次发货时增加一批货物。解决方案有：①向铁路部门协商增加车皮多运一批货物。②若铁路不允许一次同时运输两批货物，则应从工厂全程公路运输一批货物到大铲湾。此时应考虑柳州 H 工厂的生产能力，在要多运一批货物情况下应该及时通知工厂增加产能。由于一次增加一批批量的生产量，工厂不能一次生产以满足运输，工厂可以扩大产能，将扩大部分的产能的生产量集中于仓库，经过几次扩大产能的生产，积满一批批量，可以和同周的 SKD 件一起运输，以尽快填补库存。

7.存在的问题

纵观前几章的讨论分析，我们提出了运输线路以及运输方式的最优方案还有应急方案，在整体的结构上对运输过程做了一个定位；不过，在整个的过程分析以及讨论中，很明显的也有一些小的问题我们处理的并不完美，虽然那是我们方案的整体性以及连贯性的必然结果，但是还是在可以预见的范围内再在这几个问题上提一下建议。

7.1 货物装箱优化

一般来说，货物的运输，是生产企业将从生产线上下来之后直接运输到仓库，堆积到足够需求量时才将货物按指定的运输方式送达指定目的地。这样操作过程，一方面，特别对于批量大、批次少的运输，对仓库的要求会更高，需要更大的仓库，加大管理力度，更重要的是会产生更高的仓储成本及风险；另一方面，货物从生产线到仓库再装箱，这一过程多了一个“叉上叉下”过程，这样的过程在物流管理中不仅是不增值过程，更是导致不必要物流成本增加的过程，而且“叉上叉下”过程中，容易造成货损。

若能够通过合理安排，将刚生产线下来的 SKD 件直接装进集装箱，等到一定量的集装箱装满直接运走，则可以节省相应的成本，降低货损率，但同时会增加集装箱使用时间等相关费用。这一过程能否优化，应从成本方面考虑。

由于这两种方式在操作过程中，产生一些相同费用，如都有将集装箱运至火车站费用、将集装箱从汽车吊上火车的吊箱费、堆场费等这些费用为方便比较，在此不再赘述。

7.1.1 先堆货再装箱过程费用

将货物堆放在仓库，再在指定时间运达指定目的地每一周产生的费用有

1.仓储及管理费

按每周运输一批的批量算，需要厂房面积大约为 400 平方米，即 1000 台 SKD 件叠放 3 层，高为 3 米。根据柳州仓库费用及管理费用的核算，比较复杂，在此以柳州租赁仓库的费用 1 元/方/天等同考虑。一周产生费用为 $400 \times 1 \times 7 = 2800$ 元

2.SKD 汽车零部件装箱费

根据市面上装载集装箱 200 元/箱费用计算，一周批量产生装箱费为 $200 \times 72 = 14400$ 元

3.一周产生费用如下表

项目	仓储及管理费（元）	装箱费（元）	合计（元）
费用	2800	14400	17200

（资料来源：柳州 58 同城 liuzhou58.com、从事货代业内人士提供数据）

7.1.2 SKD 件直接装箱运输

若将从生产线上下来的 SKD 件直接装箱，按每周 7 天工作时间计算，每天需要大概是 10 个集装箱，在最后一天需要 12 个集装箱。

1.时间安排

由前面分析可知，每周星期天从柳州发货经过 5 天运输，星期四到达深圳港。按每天运输一批 SKD 件到火车站堆场算，应从上周星期天开始，到本周星期六必须将本周最后一批运达堆场。

2.相关费用

集装箱使用费：至多 10 天免费使用，第 11 天起，10 天内，100 元/箱/天

总费用

集装箱运达柳州火车站堆场时间，堆场堆放天数，集装箱使用天数明细如表 11 所示：

(表 11)

	星期天	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六
天运输量（箱）	10	10	10	10	10	10	12
集装箱运至深圳 港使用时间（天）	13	12	11	10	9	8	7
超时天数	3	2	1	0	0	0	0

资料来源：柳州铁路局，从事货代业内人士提供数据

注：集装箱使用时间：从调箱到仓库起算至集装箱运达深圳港为止

因此，总费用=集装箱使用费=10*100*（3+2+1）=6000 元

7.1.3 小结

由上面分析可得，第二种操作即 SKD 件直接装箱的成本更低，每一批 SKD 件可以节省约 11000 元成本，一年则可以节约 55 万元可观成本，而且货损率较低，因此应该选择将 SKD 件直接装箱的操作。

7.2 不满箱的问题

前面章节分析可知，我们每一批 SKD 汽车零部件的批量是相同的，是为了保证 H 公司每周产能相对稳定，生产计划相对固定，生产具有可预测性。但是，若每一周每一批批量相同，则会导致每一批 SKD 件未能够完全装满每一个集装箱，存在一个集装箱不满载。

每一周都有一个集装箱未装满，本来一个 20GP 集装箱可装 14 台，未满载集装箱只 6 台，每批都有 8 台的空间浪费，总的计算，一整年下来，总共浪费 38 个集装箱的空间，总的浪费价值到达 366016 元，是一笔不小的成本浪费，若能够通过合理规划批量，则可以减少不满载装箱的情况，则可以节约下这笔可观的成本。

以 2013 年的需求量 50000 台为例，根据前面分析每批批量，通过调整，使其满箱，我们可以安排在一整年中，前面每一批批量相同且满载，则在最后一批的批量会与前面批量不同，虽然最后一批存在不满箱，但一整年下来，浪费空间成本只是一个箱的几台 SKD 件运费成本。而且这样，H 公司的产能只是在最后一批存在差异，其他时候产能均衡，生产稳定。

7.3 扩容

根据 H 公司的销售预测，我们可知，在下一年 H 公司的需求量将进一步扩大，翻了一倍，需求量的急剧增加，每一周的运输批量也会翻了一倍，则每批的库存量大大增加，库存成本及仓储成本也会大大增加。每批运输的集装箱数量，所需火车车皮，海运船等运输工具设备也会相应增加。

若这增加的运输批量一次性运输，将会给铁路局和船公司带来不小压力，可能会无法一次性调出如此大批量的集装箱与车皮，进一步影响我们的运输准时性及稳定性。因此，我们可以根据我们已经知道的将会扩大的需求量，提前将运能需求信息发给铁路局和船公司，由于有了之前的合作，对铁路局的运营能力有了大致把握，重新规划每一批发货时间，要求增加发货批次。

提高发货批次，可以减少仓储管理成本，仓储风险，降低集装箱及车皮不足发生的概率，保证运输量的连续性。

7.4 开专列问题

将来随着需求量的增加，运输量随之增加，当每一批运输量达到一定程度时，可以通过与柳州铁路局协商合作，开设一条属于自己的专列。开设专列，不仅可以保证从起点到终点直达运输，从而节约大量时间中途停滞时间，而且可以避免因中途多次停车造成高货损率问题。宝供物流的物流专列开设为我们运输方案开设专列提供了宝贵的借鉴经验。

8.总结

随着当代经济的高速发展，国际贸易额迅猛增长，单一的运输方式将远远不能满足日益增长的国际贸易量，多式联运已经迎来了发展的高峰期。多式联运可以解决单一运输带来的较高运输成本问题，通过综合考虑总体运输过程中一定运输距离每一种运输方式的运输时间及费用，对比分析，选择在时间允许范围内，运输成本最优，从而得到一个运输成本更优的多式联运运输方案，而这种运输方式在将来将会广泛使用。

本方案提出的多式联运运输方案，具有全面性、详细性、成本最优、可行性高、数据可靠的优点。首先从我国沿海港口中，通过分析每一个港口的航线、吞吐量、船期、成本、选择具有走途径印度孟买航线，或者能够通过驳船到达走孟买航线的港口，并以此为国内运输的目的港--广州黄埔港、深圳盐田港、深圳蛇口港、深圳大铲湾。以这四大港为国内运输的目的港，通过分析从柳州到这四大港的多种运输方式--铁路、公路、内河航运的路线的运输成本、运输时间、优劣性，选择在时间允许范围内成本最少，风险最少的运输方式--铁路运输。本运输方案的数据来源真实可靠，如环球运费网，锦程物流网，物价局，以及我国交通部发布的相关法则，由此而来数据分析更贴近实操，具有说服力。

当然，本方案提出的多式联运运输方案，就目前而言最优。在以后，随着物流行业的发展，物流运输成本将逐年下降，第三利润源的发掘，多式联运的方式将进行重新调整。以后需求量的扩大，可以选择多批次，少批量运输。多式联运的优化，还应不断改进运输方式对接效率，进一步过程控制，尽量减少运输过程或者对接过程货损，以及应急方案的优化，降低运输过程的风险及损失。