

# 全国第五届研究生数学建模竞赛



## 题目 C 货运列车编组调度 0-1 规划研究

### 摘 要:

本文针对整体规模属于 NP 类的货车改编问题,采用半分离式两阶段(推峰、编组) 0-1 线性规划模型,直接对题中的上(下)行线白班、夜班联合求解,得到局部最优解。

首先,通过对无、有调车的分离,对无调车采用启发式安排(5.9.2 表 2),减少不必要的模型计算量。在到达场选取列车解体的时候可以类似的看作零件加工问题,以驼峰总工作量最大、等待时间最小为目标,以第  $i$  个驼峰是否解体第  $j$  列车  $x_{ij}$  为决策变量,以列车到达基本条件、总工作时间为主要约束,建立 0-1 规划模型 I。针对双目标的特性,我们将最长等待时间最小这一目标转化为线性约束,人为通过改变常量  $\beta$  值来限制最大等待时间,从而达到整个模型目标与约束的线性化。求解直接采用规划软件 Lingo,得到上、下行线到达场一般最长等待时间(包括解体时间)130、100 分钟,具体方案见 5.9.1 表 1。

列车解体时间与解体方向数成正比增长,但这个时间在未确定具体解体方案时是无法确定的(即模型 I 的独立),我们通过在模型 II 中对解体时间模糊化来处理两步独立的缺陷,从而达到两步规划的连续特性。

车辆新编,变量与约束属 NP 规模,并且决策变量属于多维结构。针对这一难解性,本文通过分析每组车辆到达次序与新编车辆“顺序”特点,在 6.1 节将多维空间变量有效的解除其稀疏特性,形成二维变量使得单方向决策变量 24 小时内数量级不超过  $10^4$ ,从而可以分别对每个方向白、夜班直接进行联合求解。最后以总流量最大、编组中时最小为目标;以第  $i$  辆新编列车是否由第  $j$  ( $j$  属于变维序列) 组车辆组成  $f_{ij}$  为决策变量;以解体时间模糊化界限、未来时段接续可能、车辆总重、总节数为主要约束,建立 0-1 规划模型 II。双目标同样通过转化为线性约束处理,模型采用 Lingo 求解,得到一般编组中时不超过 180 分钟,总体编成出发量为进站量的 90%,新列车的组成于编组信息见附录 A。

新列车编成后,需要安排编组股道,由于模型 II 的编组中时约束一般小于 180 分钟,而车流到序时间又不超过模糊界限 20 分钟,通过简易的顺排算法,得到上、下行线全时段分别最多只需要 21、22 个编组股道的理想结果,且一般总中时不超过 350 分钟,直观的列车编组时序图见 6.5.1。

问题二要求的“专车”多数为同方向无调车辆,故无需特别考虑都满足中转时间约束,少量改编车辆我们通过占用未使用的编组场股道加速完成其编组时间。问题三,改变了预知数据的时间,降低了规划数据范围,我们分时段带入模型 I、II 求解,结果表明,预知数据的范围与编组质量成正比。第四问我们修改原始附表数据,带入模型直接求解。第五问,我们通过仿真创建模拟数据,运用主模型求解,得到了驼峰是编组站瓶颈的关键结论;在最后,我们还对铁路资源的紧缺性、编组效率建模给出了详细改进措施。

关键字: 0-1 线性规划 列车编组时序图 时间模糊化 列车编组

参赛队号 1042609

参赛密码 \_\_\_\_\_

(由组委会填写)

# 目录

1	问题重述.....	1
5	模型 I (解体).....	3
	5.1 行驶路线分析.....	3
	5.2 数据预处理.....	3
	5.3 时间转换.....	4
	5.4 解体排序问题.....	4
	5.5 驼峰溜放时间.....	4
	5.6 目标分析.....	4
	目标一: 车流量最大.....	5
	目标二: 最长等待时间最短.....	5
	5.7 约束分析.....	6
	1)解体次数约束.....	6
	2)解体顺序约束.....	6
	3)时限约束.....	6
	5.8 模型建立.....	7
	5.9 模型求解.....	7
	5.9.1 求解软件及方法.....	7
	5.9.2 无调车方案.....	8
6	模型 II (编组).....	9
	6.1 稀疏多维关系转换.....	9
	6.2 目标分析.....	9
	目标一: 总流量最大.....	10
	目标二: 编组中时最小.....	10
	6.3 约束分析.....	10
	6.4 模型建立.....	11
	6.5 模型求解.....	12
	6.5.1 简易顺排算法(编组股道安排).....	12
	6.5.2 编成时间计算.....	13
7	问题二.....	18
	7.1 基本分析.....	18
	7.2 优先专列调度考虑因素.....	19
	7.3 模型建立.....	20
	7.4 启发式调度.....	20
8	问题三.....	21
	模型分析.....	21
	推峰模型.....	21
	编组模型.....	21
9	问题四.....	22
10	问题五.....	23
	10.1 模型分析.....	23
	10.2 模型建立.....	23
	10.3 结果分析.....	24
13	附录 A (数据).....	27
	13.1 上行线全部新发列车信息.....	27
	13.2 下行线全部新发列车信息.....	30
14	附录 B (程序).....	33
	14.1 Lingo 程序段.....	33
	14.2 Matlab 数据与处理程序段.....	35

# 1 问题重述

某货运车站采用双向纵列式三级六场机械化驼峰编组站站型，即上行线方向（发往北、西）和下行线方向（发往南、东），上行线和下行线又分别包含有到达场、编组场和出发场。其上、下行线分别有到达场 12 条，编组场 36 条，出发场 24 条。另外，下行线和上行线各有一个转发场（用于下行线与上行线之间的转换场地），各有 4 条线路。从每个到达场都有两条线路经驼峰区与相应的编组场相连。本题不考虑该车站装卸场的装卸作业。

根据实际，货运列车编组的流程为：对于从上行线和下行线的各方向经过该站的每一列货运列车分别驶入各自的到达场内停靠，然后根据每一辆车的货物去向通过驼峰解体，分别向各自的编组场不同轨道线集结，从而编组成一列新的发往某一个方向的列车，最后转往上行线或下行线的出发场待发。编组工作每天分为白班和夜班两个班次，从早晨 6:00 点到 18:00 点为白班，18:00 点到第二天早晨 6:00 点为夜班。每班各分为四个时段，白班：6:00~8:00，8:00~12:00，12:00~15:00，15:00~18:00；夜班：18:00~20:00，20:00~24:00，0:00~3:00，3:00~6:00。衡量编组调度效率的主要指标是“中时”（从列车进入到达场至重新编组成新的列车驶入出发场后，其每辆车的平均时间，即每辆车在车站的平均中转停留时间）。每个时段都有相应的任务指标要求，一般要求列车在到达场停留时间最多不得超两个时段，中时最多不得超过 8 小时。

每组车辆（一辆或同方向的若干辆）从到达场经驼峰解体到编组场集结平均大约需要 10 分钟；从编组场牵引一列车到出发场大约需要 5 分钟；无调车（无需编组的列车，含专列）直接经过转发场做必要的技术处理后进入出发场大约需要 15 分钟；由上（下）行线编组场经转发场到达下（上）行线出发场一次约需 20 分钟。编组调度规程规定每辆重车不超过 80T（含车自重 20T），一般要求每列车总重量不超过 4800T，总长最多不超过 70 辆。一般新编列车的车辆均发往同一方向，按到站次序由远至近依次排列，同一到站的车辆相连。

请根据附件 2 给出某一天 24 小时内经过该车站货运列车的相关数据解决下列问题：

(1) 试设计快速自动实现车辆编组调度方案的优化模型或算法，并给出附件 2 中车辆可行的编组方案（包括解体程序、轨道编号、车辆数量、集结程序、新列车的组成等），主要使每班的中时尽量地少。

(2) 发往  $S_1$  的货物和军用物资都为特别专供货物，需要保障优先运送。如果要求装载这类物资的车辆必须在 2 小时内发出（即中时不超过 2 小时）；同时发往地震灾区（向西方向某些车站）的救灾货物车辆要求中时不超过 1 小时，请你们给出相应的调度方案，并计算相应每班的中时。

(3) 如果调度室在列车到达前两小时能够获取列车的相关信息，请利用这些信息制定可行的列车编组调度方案，使每班的中时尽量少，发出的车辆尽量多。

(4) 如果因自然灾害导致  $S_3$  以南的铁路中断，需要将有关的车辆转向东方向经  $E_4$  向南绕行，请你们给出相应的调度方案，并计算相应每班的中时。

(5) 假设编组完成的列车都能及时发出，按照你们的编组调度方案分析研究该编组站一天 24 小时最多能编组完成多少车辆，相应每班的中时是多少？即根据所建立模型进一步分析该编组站能否再提高资源的利用率和运行效率。

(6) 目前我国的铁路资源紧张，需大于求，如何改进编组调度方案，才使得现有的铁路设施有更高的利用率，产生更高效益，谈谈建议和意见。

## 2 关键假设

- [1] 初时刻, 编组场中没有车辆;
- [2] 不考虑所有车辆装卸货物问题;
- [3] 在解体、编组、集结过程中不存在列车相撞;
- [4] 所有列车到达信息无误;
- [5] 到达列车中所有车辆按照由远到近排列。

## 3 问题分析

从编组站规模来看, 显然, 在现有微机条件下通过整体严格的规划来求得编组站编组调度与推峰最优方案是不可能事件, 所以我们考虑将问题解剖。

通过附件 2 的数据, 我们可以看出, 该货运站点的无调车辆应该尽量快的走转发场, 如果也同样占用驼峰的话势必影响有调车辆编组与集结, 当然也有可能占用到达场, 使得到达场满场。所以我们首先把无调车安排进入转发场, 减少其对有调车的干扰。

对于问题一, 我们认为关键在于怎样建立优秀的计算机算法, 来代替现有的人为控制策略。以推峰为例, 到底先解体哪一列车, 不但要考虑该车的解体数量、已经到达的车的信息, 还要考虑解体后的车辆配流问题, 回溯性非常强, 这样的问题类似于装箱问题, 而又比简单的装箱问题更加复杂, 可以考虑规划求解。

针对列车编组, 其稳定性非常重要, 我们不考虑先进算法, 例如遗传算法、模拟退火算法之类, 因为在生产实践中这类算法容易在个别时候出现异常, 导致整个工作的无法进行。虽然本身编组问题属于 NP 类, 但是具体到编组站, 去除了一些无调车辆, 还要求出发的车辆发往统一方向, 那么我们可以通过考虑简化变量, 降低搜索范围的方法求解。因此, 我们考虑在小范围内建立规划模型。

第二问需要考虑一些特需的车辆, 但是通过统计可以看出, 这些车辆很多都属于无调车辆, 正常情况下是不会超过 1~2 小时的中时的。对于少数的有调特需车辆, 只要我们能够合理的安排现有的有调车辆, 节省使用现有资源, 然后分给特需车辆即可。

问题三, 改变了预知数据的时间段, 由于第一问已经给出了 24 小时的数据, 可能本问意在总结预知数据的范围与编组质量的关系。第四问我们可以考虑修改原始附表数据, 带入主模型直接求解。第五问, 可以通过仿真创建模拟数据, 得到编组站瓶颈的关键结论。

在最后, 我们应该从生活实用的角度对铁路资源的紧缺和综合效率提高进行一些思考, 还应该给出改进的措施。

## 4 符号约定

- $\beta$  ——最大等待时间;
- $x_{ij}$  ——表示第  $j$  列货车是否在第  $i$  条驼峰轨迹线上解体的 0-1 变量;
- $f_{ij}$  ——重新编组成的第  $i$  列车是否由第  $j$  组车辆组成的 0-1 变量;
- $K_j$  ——自由变量, 从第  $j-1$  列车解体后到第  $j$  列车解体前驼峰空闲时间;

## 5 模型 I (解体)

车辆编组的快速调度方案体现于到、编、发场三场的优化，衡量编组调度效率的主要指标是“中时”，为使每辆车的中时尽量短，将整个过程分为推峰解编与编组集结。采取分步优化策略，分别建立可以求解的优化模型。

本节主要研究推峰解体的数学模型。始终将上、下行线分开考虑，将白班、夜班归化成整体联合考虑。

### 5.1 行驶路线分析

从题中信息看，列车是否需要解体、列车中每辆车的去向等因素直接影响着列车的行驶路线。针对每一类型的列车，对行走路线进行以下分析：

(1) 无调车

无调车包括列车类型：专列、救灾专列以及全部车辆均发往同一方向的列车。它们拥有共同的行驶路线：

到达场—转发场—出发场

(2) 来自上行线的列车

上行线列车中的车辆可分为两部分：驶向西北方向、驶向东南方向。

西北方向：到达场—编组场—出发场

东南方向：到达场—编组场—转发场—下行出发场

(3) 来自下行线的列车

下行线列车的车辆也可分为两部分：驶向西北方向、驶向东南方向。其行驶路线为：

西北方向：到达场—编组场—转发场—上行出发场

东南方向：到达场—编组场—出发场

### 5.2 数据预处理

附件 2 中的统计数据显然存在一些错误。我们发现上、下行线的列车中共有 22 列货运车的数据出现错误。针对这些错误，给出下列处理方法。

(1) 数据缺失

编号 X016 的到达列车中空车数为 0，合计空车数应填为 0。

X016	10:26	重车																4				15	12			5	3	10																49
		空车																																										

另外，附件中没有编号 S041 列车的情况，导致编号断续。在下面给列车重新编号时，将原始的 S042 号列车变为 S041；然后，按照到站时间顺序，依次改变编号。

S040	17:50	重车																21	15	2	3			5																46									
		空车																															6	8															
S042	18:10	重车																															54																54
		空车																																															

(2) 填写误差

S067	1:10	重车																															62																62
		空车																															59																0
S068	1:30	重车																																														59	
		空车																																														0	

编号 S067 的列车中空车数为 0、合计空车数为 59；编号 S068 的列车中重车在南 S1 方向上有 59 辆、合计重车数却为 0。从实际考虑，重车数一般不为 0，而大多数线路上的空车数均为 0，且这两辆车的编号相邻，那么在此可将该处错误理解为填写错误，即将阴影部分上下合计数交换即可。

若在相邻编号的列车中出现同种性质的错误，将上、下合计数互换即可。

### (3) 计算误差

以编号 X072 的列车为例，体现因计算时的误差而产生的错误。

X072	23:25	重车															46													46
		空车															19												16	

从上表看，该列车的空车只有南 S1 方向的 19 辆车，但合计重车数却为 16 辆，前后数据不符。我们以每列车中各方向的车辆数为准，不考虑合计数。对于存在类似错误的列车，进行同样处理。

## 5.3 时间转换

为了方便数据处理，统一将时刻转换为分钟数。

附件 2 中给出了编组站某天 6:00 车站内停放的货车数量，这些车为前一天编组结束后剩余未进行编组的货车，在下一天必定优先进行解、编等处理，因此将 6:00 或第 360 分钟作为时间转换的起始时刻。

先将各货车到站时刻  $B_j$  转化为分钟数，再与起始时间 360 分钟作差，所得时间段  $A_j$ ，即为转换后对应的分钟数，表达式如下：

$$A_j = B_j - 360$$

由于题中只给出了某一天 24 小时内经过该车站的货运列车的相关数据，那么显然各货车的到达时间  $B_j$  的最大值为 1440 分钟。

## 5.4 解体排序问题

本节只针对解体的列车进行讨论，需要剔除无调车。此外，在数据处理中已提出附件没有 S041 号车，导致编号断续。因此，为计算方便，应对需要解体的列车重新编号。

列车编号原则：将上、下行线上的列车分开考虑，按照时间转换后的到站时间从小到大的顺序。首先，将到达场内 6:00 的现有车辆排在最前面，这些车属于前一天未编组而停留在编组站内的列车；然后，再考虑其它车辆。

据统计该天内到达编组站上行线的货车共有 95 列、下行线共有 106 列。

## 5.5 驼峰溜放时间

每个到达场都有线路经驼峰区与所有的编组场相连，这里存在两种情况：两列车在单条驼峰轨道线上解体和两列车在两条驼峰轨道线上同时解体。

对于前者，显然每组车辆（一辆或同方向的若干辆）从到达场经驼峰解体到编组场集结平均需要 10 分钟，例如假设两列车先后在同一驼峰上解体，那么它们解体总共耗时应为每组车辆解体时间叠加求和（考虑解体时间的最大值）。

对于后者，当两列车组同时到达驼峰道岔时，会产生冲突，所以在此处解体两个列车时必定存在一个小的间隔。但由于两列车是在不同驼峰上解体的，时间上有交叉，不存在时间叠加求和的情况。例如，假设两列车都可解编为 3 个车组，每列车的解体时间均为 30 分钟（ $10 \times 3 = 30 \text{min}$ ），那么它们解体总共耗时为  $30 + \alpha$ （其中  $\alpha$  为由于两列车解

体交叉上的微小耗时), 我们仍可认为它们解体总耗时约为 30 分钟, 而不是它们解体的时间叠加求和的 60 分钟。

## 5.6 目标分析

从实际考虑, 在每个车组从停靠在到达场到驶入编组场的过程中, 以驼峰解体的车流量最大、等待时间最短为目标。

首先, 引入 0-1 变量  $x_{ij}$  表示第  $j$  列货车是否在第  $i$  个驼峰区解体:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{第 } j \text{ 列货车在第 } i \text{ 个驼峰区解体} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

### 目标一: 车流量最大

每个到达场有两条线路经驼峰区与相应的编组场相连, 以两条线路的解体车辆数最大, 即车流量最大为目标:

$$\text{Max} \quad \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad (1.1)$$

### 目标二: 最长等待时间最短

题中要求每辆车的中时最小且一般不超过 8 小时, 而每辆车的解体时间基本确定, 影响中时的时间只有在到达场的停留时间与编组场的编组时间。现将两者分开考虑。

因有列车正在驼峰解体, 其他列车才会在各自的到达场停靠, 所以停靠时间是一个变量, 其大小由驼峰区解体列车的繁忙程度决定, 驼峰的解体时间越短列车的停靠时间越短。为此, 引入一个自由变量  $K_{ij}$  表示在第  $i$  条驼峰轨道线上前一列车解体完成时刻与第  $j$  列车解体开始时刻的间隔时间。同时,  $K_{ij}$  的大小也表示驼峰的空闲时间。

因此, 可以将每列车解体之前的等待时间作为衡量中时大小的一个指标。为从整体上减少每列车的等待时间, 需要通过被解体列车中最长等待时间的最小来限制。

首先, 令  $T_j$  表示第  $j$  列车在驼峰轨道线上的解体时间,  $(j-1)$  列车的解体时间与其等待时间的总和为:

$$\sum_{k=1}^{j-1} (x_{ik} T_k + K_{ik})$$

然后, 令  $A_j$  表示第  $j$  列车的到站时间, 该车的解体完成时间等于该车的解体时间加上前面所有列车的解体工作时间 (包括解体时间、驼峰空闲时间)。则第  $j$  列车的等待时间等于该车的解体完成时间与其到站时间作差, 即:

$$\sum_{k=1}^{j-1} (x_{ik} T_k + K_{ik}) + x_{ij} T_j - A_j$$

则被解体列车中最长等待时间的最小值表达式为:

$$\text{Min} \quad \text{Max} \quad \sum_{k=1}^{j-1} (x_{ik} T_k + K_{ik}) + x_{ij} T_j - A_j \quad (1.2)$$

$$(j=1, 2, \dots, n)$$

由于目标函数(1.2)属于非线性、计算规模非常大, 所以引入一个常数  $\beta$  表示被解体列车的最大等待时间, 将目标转化为约束。这样处理有几点好处:

1. 常数  $\beta$  值的设定, 可以更好的人为控制;

2. 非线性问题转化成线性约束，大量减少计算的时间复杂度。  
任何一辆解体列车的等待时间都不超过最大等待时间  $\beta$ ，表达式如下：

$$\sum_{k=1}^{j-1} (x_{ik}T_k + K_{ik}) + x_{ij}T_j - A_j \leq \beta$$

$$(j = 1, 2, \dots, n)$$

其中，常数  $\beta$  通过计算机求解确定。按照适当的步长从小到大逐渐增加  $\beta$ ，使第  $j$  列货车的等待时间增大，直至可以搜索到所有解体列车中等待时间的最大值结束。此时的  $\beta$  值即为所求。

## 5.7 约束分析

### 1) 解体次数约束

每列车的解体次数不超过 1：

$$\sum_{i=1}^2 x_{ij} \leq 1$$

$$(j = 1, 2, \dots, n)$$
(1.3)

### 2) 解体顺序约束

基于以上对列车排序的讨论，依照列车先到先解原则，两条驼峰轨道线上按照列车到站时间的先后顺序进行解体工作：

$$\sum_{i=1}^2 x_{ij} \geq \sum_{i=1}^2 x_{i,j+1}$$

$$(j = 1, 2, \dots, n-1)$$
(1.4)

### 3) 时限约束

在全天（白班、夜班）的研究时间范围内，每条驼峰轨道线上的工作时间不超过 24 小时或 1440 分钟：

$$\sum_j^n (x_{ij}T_j + K_{ij}) \leq 1440$$

$$(i = 1, 2)$$
(1.5)

每列车被解体必须在前一列车解体完后才能推峰：

$$\sum_{k=1}^{j-1} (x_{ik}T_k + K_{ik}) \geq A_j$$

$$(i = 1, 2; j = 2, \dots, n)$$
(1.6)

显然，多数时候自由变量  $K_{ik} = 0$ ，因为只有第  $i$  个驼峰解体完后下一解体列车还未到达到达场时， $K_{ik}$  才会取非零值来填充。

结合目标分析，通过  $\beta$  取合适的值可以保证一般要求列车在到达场停留时间最多不得超两个时段：

$$\sum_{k=1}^{j-1} (x_{ik}T_k + K_{ik}) + x_{ij}T_j - A_j \leq \beta$$

$$(j = 1, 2, \dots, n)$$
(1.7)



## 5.8 模型建立

基于以上分析,以货车流量最大为目标,以(1.3)~(1.7)为约束,建立 0-1 规划模型,该模型对上行线、下行线都适用。表达式如下:

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^n x_{ij} \\
 & \text{s.t.} \quad \begin{cases}
 \sum_{i=1}^2 x_{ij} \leq 1 & j=1,2,\dots,n & (1.3) \\
 \sum_{i=1}^2 x_{ij} \geq \sum_{i=1}^2 x_{i,j+1} & j=1,2,\dots,n-1 & (1.4) \\
 \sum_j^n (x_{ij}T_j + K_{ij}) \leq 1440 & i=1,2 & (1.5) \\
 \sum_{k=1}^{j-1} (x_{ik}T_k + K_{ik}) \geq A_j & i=1,2; j=2,\dots,n & (1.6) \\
 \sum_{k=1}^{j-1} (x_{ik}T_k + K_{ik}) + x_{ij}T_j - A_j \leq \beta & i=1,2; j=2,\dots,n & (1.7) \\
 x_{ij} \in \{0,1\}; K_{ij} \geq 0
 \end{cases}
 \end{aligned}$$

模型说明:

(1.3) 解体次数限制: 每辆列车最多解体一次;

(1.4) 解体顺序约束: 先到先解;

(1.5) 工作时间不能超过 24 小时;

(1.6) 列车到达时间的约束;

(1.7) 货车停留时间的约束。

$x_{ij}$  —— 0-1 变量, 表示第  $j$  列货车是否在第  $i$  条驼峰轨迹线上解体;

$T_j$  —— 第  $j$  列车的解体时间;

$A_j$  —— 第  $j$  列车的到站时间;

$K_{ij}$  —— 自由变量, 驼峰的空闲时间

$\beta$  —— 常数, 表示最大等待时间, 详见 5.6 目标分析

## 5.9 模型求解

### 5.9.1 求解软件及方法

模型 I 属于小规模 0-1 规划, 可以采用 lingo 软件直接编写模型来求解, 本文在 LINGO11.0x64 版本运行 (具体程序见附录 B14.1 或光盘), 求解后得到下表推峰顺序, 其中已无无调车。

由于本文的  $\beta$  只是限制了最大的停留时间, 那么小于最大停留时间的列车推峰不紧凑, 求解过程中可以将目标函数加权改良如下 (权值的意义在于不对主目标发生影响):

$$\text{Max} \quad \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^n x_{ij} - 0.00001 \sum_{i=1}^2 \sum_{k=1}^n (x_{ik}T_k + K_{ik})$$

从下表可以看出, 缺少了末时刻的 S085\X096\X097 列车, 出现这样结果显然是合理的, 因为这些列车在第 1440 分钟前不可能解体完成。

表 1：列车解体顺序表

上行	驼峰 1	SD1,SD5,SD6,SD8,SD9,S2,S4,S6,S9,S10,S11,S14,S15,S18,S19,S21,S23,S24,S33,S35,S37,S40,S48,S51,S53,S58,S66,S69,S71,S73,S75,S80,S81,S83
	驼峰 2	SD2,SD3,SD4,SD7,SD10,S3,S8,S12,S16,S17,S20,S22,S30,S32,S34,S46,S47,S49,S52,S54,S55,S56,S57,S59,S60,S61,S62,S63,S64,S78,S79,S82,S84
下行	驼峰 1	XD1,XD5,XD8,XD9,X3,X6,X10,X11,X14,X15,X16,X18,X19,X20,X21,X22,X23,X24,X30,X33,X34,X37,X46,X49,X53,X54,X60,X62,X75,X78,X79
	驼峰 2	XD2,XD3,XD4,XD6,X2,X4,X8,X9,X12,X17,X32,X35,X40,X47,X48,X51,X52,X55,X56,X57,X58,X59,X61,X63,X64,X66,X69,X71,X73,X80

上行：最晚推峰等待时间 130 分钟。

下行：最晚推峰等待时间 100 分钟。

5.9.2 无调车方案

表 2：无调车方案表

上行线				下行线			
车号	到达时间	方向	所在转发车道	车号	到达时间	方向	所在转发车道
S001	6:20	W	SZF1	XD9	5:58	W	SZF1
S005	7:25	W	SZF1	X001	6:05	W	SZF2
S007	7:45	W	SZF1	X002	6:15	E	XZF1
S013	9:50	W	SZF1	X013	9:46	W	SZF1
S025	14:00	W	SZF1	X015	10:15	W	SZF1
S026	14:15	E	XZF1	X025	12:50	W	SZF1
S027	14:30	W	SZF1	X027	13:20	W	SZF1
S028	14:45	S	XZF1	X028	13:32	E	XZF1
S029	14:55	W	SZF1	X031	14:15	N	SZF1
S031	15:25	E	XZF1	X032	14:32	S	XZF1
S036	16:30	W	SZF1	X033	14:45	W	SZF1
S038	17:10	E	XZF1	X036	15:20	E	XZF1
S039	17:30	W	SZF1	X038	15:42	S	XZF1
S042	18:10	W	SZF1	X039	15:55	E	XZF2
S043	18:20	W	SZF2	X049	18:02	S	XZF1
S044	18:32	N	SZF2	X050	18:13	E	XZF2
S045	18:45	W	SZF3	X052	18:40	W	SZF1
S050	19:45	W	SZF1	X055	19:20	W	SZF1
S065	00:35	S	XZF1	X060	20:35	S	XZF1
S067	1:10	W	SZF1	X064	21:25	E	XZF1
S068	1:30	S	XZF1	X067	22:08	W	SZF1
S070	2:00	E	XZF1	X069	22:40	E	XZF1
S072	2:30	W	SZF1	X070	22:55	E	XZF1
S074	2:55	N	SZF1	X071	23:12	N	SZF1
S076	3:25	W	SZF1	X072	23:25	W	SZF2
S077	3:35	W	SZF2	X073	23:40	E	XZF1
S086	5:55	W	SZF1	X075	00:16	W	SZF1
				X076	00:32	E	XZF1
				X078	1:05	S	XZF1
				X079	1:22	W	SZF1
				X080	1:42	E	XZF1
				X081	1:55	W	SZF1
				X084	2:50	E	XZF1
				X085	3:05	S	XZF1
				X086	3:20	E	XZF1
				X088	3:45	W	SZF1
				X092	4:45	E	XZF1
				X093	5:00	W	SZF1
				X094	5:15	N	SZF1
				X096	5:45	E	XZF1
				X097	5:56	W	SZF1

## 6 模型 II (编组)

本节主要研究集结编组过程的数学模型，仍然将上、下行线分开考虑，白班、夜班联合考虑。

除总重量不超过 4800T、总长最多不超过 70 辆这些特点之外，新编车辆还具有“顺序”特点——从车头到车尾，车组的终点站与该编组站的距离是由远及近的。

### 6.1 稀疏多维关系转换

车辆新编的变量有 3 个：新编列车、每组车辆及车辆所在的编组轨道线。一列新编列车的属性需要三维变量表示，这样会导致问题形成 NP 规模。因此，通过简化变量之间的关系，有效解除多维空间。

在建立虚拟车组时空分布图的基础上对车组进行编号，具体步骤：

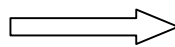
- 1) 24 小时内，在驼峰解体时对每组车辆进行车流推算，记录每组车辆的信息——到达编组的时间、到站点、重车或空车、重量。
- 2) 针对 4 个去向中的每一到站，按照站点由远及近的顺序形成虚拟横列式平行线。例如在向东方向有 10 个站点，从上到下依次形成代表  $E_1$  至  $E_8$  的 10 条虚拟线；
- 3) 根据车辆到达站信息，按照时间先后原则，将终点站相同的所有车辆分到相应线路上；此外，对于一列车含有终点站相同的重车、空车特殊情况；
- 4) 将每组车抽象成点，这些点在虚拟线路上共同形成了时空分布图，则每个点的位置代表了其到达编组场的时间，那么该图中在同一竖列的车组到达编组场的时间相等；
- 5) 结合虚拟时空分布图，先对  $E_1$  虚拟线路上的车组编号，紧接着再对  $E_2$  线路上的车组编号，依次类推，直到  $E_8$  线路上的列车编号完成为止。
- 6) 最后，对下一个去向进行以上的同等处理，给车组编号。

以上处理实质是将一个去向的所有虚拟线看作首尾相连的 1 条线，这样就将以前的三维变量转化为二维变量（新车编号，车组编号）。

转化图如下：

站点	(站点编号, 车组号)					
$E_1$	(1,1)	(1,2)	(1,3)	(1,4)		...
$E_2$		(2,1)	(2,2)		(2,3)	...
$E_3$	(3,1)	(3,2)		(3,3)		...

图 1 车组在各站点线上的分布情况



站点	车组编号					
$E_1$	1	2	3	4		...
$E_2$		5	6		7	...
$E_3$	8	9		10		...

图 2 虚拟车组时空分布图

上图直观表现了车组的编号过程，每一列表格内车组的最晚到达编组站的时间相等，如第 2、5、9 号车组。

### 6.2 目标分析

从实际出发，在新编列车时以编组列车的总流量最大、编组中时最小为目标。

首先，引入 0-1 决策变量  $f_{ij}$  表示重新编组成的第  $i$  列车是否由第  $j$  组车辆（一辆或同方向的若干辆）组成：

$$f_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{第}i\text{列新编列车是否由第}j\text{组车辆组成} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

### 目标一：总流量最大

在一定时间内，离开编组场的车辆越多，编组场内车辆的等待时间越短，从而该时间段内的工作效率越高。因此，以在 24 小时内编组车辆的总流量最大为目标：

$$\text{Max} \quad \sum_i \sum_j f_{ij} \quad (2.1)$$

### 目标二：编组中时最小

从时间方面考虑，我们将每辆车在编组场内的集结等待的时间称为**编组中时**，它作为“中时”的一部分，显然越短越好。因此，确立目标为所有列车中最大的等待时间最小。此时，目标非线性、计算规模非常大。

按模型 I 思想,引入常数  $\beta$  表示列车在编组场的最大等待时间,将目标转化为约束。

1. 常数  $\beta$  值的设定，可以更好的人为控制；

2. 非线性问题转化成线性约束，大量减少计算时间复杂度。

基于以上对多维稀疏转换的分析，通过人为控制的  $\beta$  值，可以最大限度的控制列车的编组中时。因此，以车组的选取情况体现每辆车的中时（详细讨论见约束分析）：

$$\begin{cases} f_{ij} + f_{ik} \leq 1 & k > j \text{ 且 } t_k < t_j \\ f_{ij} + f_{ik} \leq 1 & k > j \text{ 且 } t_k - t_j \geq \beta \end{cases}$$

其中，常数  $\beta$  通过计算机求解确定。按照适当的步长从小到大逐渐增加  $\beta$ ，只要模型存在可行解，此时的  $\beta$  值即为所求。

## 6.3 约束分析

### 1) 新编列车总长、总节数约束

新编列车的总长最多不超过 70 辆：

$$\sum_j f_{ij} m_j \leq 70 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2.2)$$

新编列车的总重不超过 4800T：

$$\sum_j f_{ij} w_j \leq 4800 \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (2.3)$$

其中， $m_j$ 、 $w_j$  分别表示第  $j$  组车的车辆数、第  $j$  组车的重量。

### 2) 解体时间模糊化界限约束

基于以上对稀疏多维关系转换分析，以编号为  $k$ 、 $j$  的两个车组为研究对象，对不能编组到同一列新车的两组车辆进行约束。

不妨令  $k > j$ ，此时存在两种可能：第  $k$  组车辆与第  $j$  组车辆属于同一列新车，此时第  $k$  组车辆必定在第  $j$  组车辆的后面；否则两组车辆分别组成两列不同的新车。

令  $t_j$  表示第  $j$  组车辆最晚到达编组场的时刻。

$$\textcircled{1} t_k < t_j$$

第  $k$  组车比第  $j$  组车早到编组场，在  $k > j$  的前提下第  $k$  组车与第  $j$  组车不会编组为一列车，即对于同一列新车  $i$ ， $f_{ij}$  与  $f_{ik}$  不能同时取 1：

$$f_{ij} + f_{ik} \leq 1 \quad k > j \text{ 且 } t_k < t_j$$

但是在实际分解时每列车按顺序过驼峰，解体过程是个时间段，而我们并不知道各车辆的具体顺序，所以可以在约束中加入控制常量 $\alpha$ ，使得在 $\alpha$ 时间段内车组能够顺利交叉溜放：

$$f_{ij} + f_{ik} \leq 1 \quad k > j \text{ 且 } t_k < t_j - \alpha \quad (2.4)$$

②  $t_k > t_j$

第 $k$ 组车比第 $j$ 组车晚到编组场，但间隔较长甚至超出车组从进入到离开编组场的最大时间 $\beta$ ，说明这两组车不可能同时出现在编组场内，那么这两组车一定不能编组成为一列车：

$$f_{ij} + f_{ik} \leq 1 \quad k > j \text{ 且 } t_k - t_j \geq \beta \quad (2.5)$$

**举例说明：**结合 6.1 图 2，分析新编列车如何选取车组。通过讨论任意两车组是否能同时构成一列新车，介绍车组匹配情况。令 $t_j$ 表示第 $j$ 个车组到达编组场的最晚时间。

(1) 以第 3、5 号车组为例

从图 2 可知：5 号车组比 3 号车组先到达编组场，即 $t_5 < t_3$ ；5 号车组的站点为 $E_2$ 、3 号车组的站点为 $E_1$ ，即 5 号车组的站点比 3 号车组的站点近。根据新编列车的特点，这两组车不能组成同一列新车。

(2) 以第 3、7 号车组为例

设编组场内车组的最大等待时间为 $\beta$ （具体见以下目标二）。从图 2 可知：3 号车组比 7 号车组先到达编组场，即 $t_3 < t_7$ 。假设两个车组完全到达编组场的时间间隔很大，甚至比 $\beta$ 大，说明在第 7 号车组还没有完全进入到达场时，第 3 号车组构成一列新车，已经离开编组场。

若两个车组符合以上两种情况之一，一定不能组成同一列车。

### 3) 未来时段接续可能约束

在 24 小时或 1440 分钟内，在编组场的车组必定都成为新编列车的一部分：

$$\sum_i f_{ij} \geq 1 \quad t_j + \beta \leq 1440 \quad (2.6)$$

## 6.4 模型建立

基于以上分析，以 (2.1) 为目标，以 (2.2) ~ (2.6) 为约束，建立 0-1 规划模型：

$$\begin{aligned} & \text{Max} \quad \sum_i \sum_j f_{ij} \\ \text{s.t.} \quad & \begin{cases} \sum_j f_{ij} m_j \leq 70 & i = 1, 2, \dots, n \quad (2.2) \\ \sum_j f_{ij} w_j \leq 4800 & i = 1, 2, \dots, n \quad (2.3) \\ f_{ij} + f_{ik} \leq 1 & k > j \text{ 且 } t_k < t_j - \alpha \quad (2.4) \\ f_{ij} + f_{ik} \leq 1 & k > j \text{ 且 } t_k - t_j \geq \beta \quad (2.5) \\ \sum_i f_{ij} \geq 1 & t_j + \beta \leq 1440 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2.6) \\ t_j \in E & j = 1, 2, \dots, n \\ f_{ij} \in \{0, 1\} \end{cases} \end{aligned}$$

模型说明：

(2.2) 列车长度的约束：每列车总长不能超过 70 节；

(2.3) 列车重量的约束：每列车总重量不超过 4800 吨；

(2.4)、(2.5) 列车车节顺序的约束；

(2.6) 未来时刻车流接续约束

$f_{ij}$  —— 0-1 变量，表示第  $j$  部分车节是否在第  $i$  列车上；

$m_j$  —— 第  $j$  组车辆的车节数；

$w_j$  —— 第  $j$  部分车节的重量；

$t_j$  —— 第  $j$  组车辆最晚到达编组场的时间；

$\beta$  —— 常数，表示各车辆在编组场的最大等待时间，具体分析见 (5.6)；

$E$  —— 24 小时内每组车辆最晚到达编组场时间的集合；

$j$  —— 编号，具体分析详见 (6.1)

## 6.5 模型求解

模型 II 通过四个方向分解，变量属于中等规模，在 MATLAB 软件中将变维的稀疏矩阵紧凑成一维向量，导入 LINGO 求解（代表程序见附录 B14.1，全部求解程序见光盘 CODE 的 L 目录），求解相关参数( $\alpha, \beta$ )取值如下表,其中上行 W(1)、W(2)、W(3)表示该方向变量多或者是车流不均匀，比较难求解，采用分时段求解：

表 3：模型求解参数表

	上行 E	上行 S	上行 W (1)	上行 W (2)	上行 W (3)	上行 N	下行 E (1)	下行 E (2)	下行 E (3)	下行 S (1)	下行 S (2)	下行 S (3)	下行 W (1)	下行 W (2)	下行 N
$\alpha$	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
$\beta$	550	500	180	200	180	200	200	250	300	250	250	300	200	300	500
决策变量个数	936	553	1250	720	1170	3420	425	690	616	300	371	568	172	504	560
非 0 约束条数	36439	14834	30981	16829	36699	232192	7176	10189	30712	3386	4727	12720	1259	10003	13629

通过  $\alpha, \beta$  取值我们可以看出，在求解过程中如果不对数据分时间段计算,那么需要提供较大的中时  $\beta$ ，有时候由于本来该方向该时段内的车辆到序不够使得必须增大中时  $\beta$  才能够成功求解，但是就求解答案而言，较人工安排的一般中时至少减少 50% 左右。

### 6.5.1 简易顺排算法(编组股道安排)

用 0-1 规划模型求解后，新列车的组成信息基本都已经确定了，可是作为真正的可行编组方案，我们还要考虑编组场股道的占用，和新列车从编组场牵出到出发场的 5 分钟时间约束，本文通过一下算法完成这两个要求。

算法步骤：

**Step1.**对新编列车按中时从小到大排序记录为有序集合 N；

**Step2.**对 N 内元素采用 6.7.2 节方法修改到达出发场时间顺序；

**Step3.**对集合 N 按照开编时间从小到大排序；

**Step4.**初始化二维 0 数组 G，行数代表编组场股道数（36），列数为时间（1440 分钟）；

**Step5.**提取 N 中第一个元素记为 n，I=1；

**Step6.**若  $I > 36$ , 结束程序, 输出编组股道用尽;

**Step7.**若  $n$  元素的开编时间到编组完成所有时间  $G(I, \text{开编:解完})$  都为 0, 则  $G(I, \text{开编:解完})=1$ ; 否则  $I=I+1$ , 转 Step6;

**Step8.**若  $N$  中元素为空, 则结束程序; 否则转 Step5。

### 6.5.2 编成时间计算

从编组场牵引一列车到出发场大约需要 5 分钟, 一般每列新车在编组完成之后即可牵到出发场。但仍存在编组完成时间相近列车, 可能出现冲突。现进行以下分析:

令  $a$  表示某列新车编组完成时间、 $b$  表示某列新车被牵引到出发场的时间,  $c$  表示某列新车的最后一个车组从到达场的到站时间至编组完成时间。

(1) 两列车同时完成编组 ( $a_i = a_k$ )

此时仅根据编组完成时间的大小无法确定牵引列车顺序, 为达到中时尽量少目的, 再以  $c_i$ 、 $c_k$  的大小为标准判断牵引顺序。

当  $c_i \geq c_k$  时, 应该先牵引第  $i$  列新车, 在 5 分钟后紧接着牵引第  $k$  列新车, 那么离开编组场的时间有  $b_k = b_i + 5$ , 且  $a_i = b_i$ ;

当  $c_i < c_k$  时, 优先发第  $k$  列新车, 那么离开编组场的时间有  $b_k = b_i - 5$ , 且  $a_k = b_k$ 。

第  $k$  列新车离开编组场的时间表达式:

$$b_k = \begin{cases} a_i + 5 & c_i \geq c_k \\ a_i - 5 & c_i < c_k \end{cases}$$

(2) 两列新车的编组完成时间不超过 5 分钟 ( $|a_i - a_k| \leq 5$ )

在该种情况下, 列车离开编组场的时间与两列车的间隔时间有关, 列车按照新车的编组完成时间的先后顺序牵引。在后一列车到达出发时间时, 前一列车还没有完全离开编组场, 那么后一列车必须再等待  $(5 - |t_i - t_k|)$  分钟, 然后才可牵引:

第  $k$  列新车离开编组场的时间表达式如下:

$$b_k = \begin{cases} a_i - (5 - |t_i - t_k|) & a_i > a_k \\ a_i + (5 - |t_i - t_k|) & a_i \leq a_k \end{cases}$$

(3) 两列新车的编组完成时间大于 5 分钟 ( $|a_i - a_k| > 5$ )

此时只需按照编组完成时间的先后牵引列车即可, 列车离开编组场的时间等于其编组完成时间:  $b_k = a_k$

通过执行简易顺排算法, 得到的数组  $G$  其实就是仿真了各新车辆对股道的占用情况, 根据  $G$  内的数据, 可以画出列车编组时序图可以非常直观的观察新编列车编组道占用情况:

列车编组时序图:

横坐标表示时间, 纵坐标代表股道;

长方形的长度代表列车进入编组场后的中时;

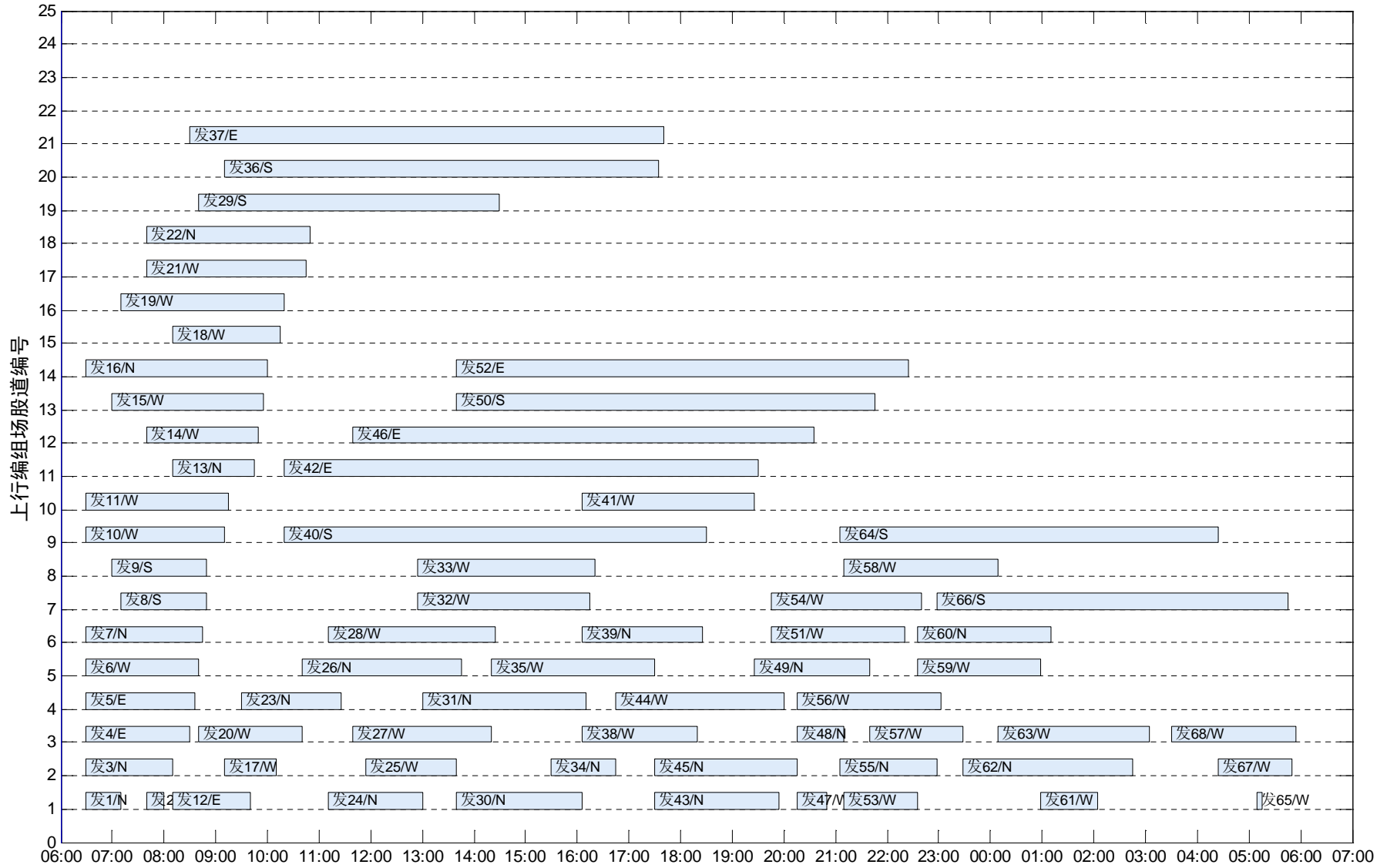


图 3：上行线列车编组时序图



表格说明:

发车号: 除去无调车后各列车按到达时间顺序的编号;

编组道: 编组场 36 条轨道的序号;

首编: 开始占用编组轨道的时间 (即该新列车第一组车解体完成时间);

转出: 新编列车从编组场驶出的时间;

编组中时: 列车进入编组场至编组成新列车后驶出编组场的时间;

新列车组成信息示例:

sd4,E1,K1: 表示上行线 6:00 已有的 sd4 号车, E1 方向, 空车 1 辆;

s21,W2,Z12: 表示上行线 s21 号车, W2 方向, 重车 12 辆。

注释: E4s 表示 E4 以南; E4n 表示 E4 以北; E5f 表示 E5 以远; E5c 表示 E5 以近

S2f 表示 S2 以远; S3f 表示 S3 西及以远; S3&4 表示 S3 与 S4 间; S4&5 表示 S4 与 S5 间

W6f 表示 W6 以远; W6c 表示 W6 以近; N2&3 表示 N2 与 N3 间; N3&4 表示 N3 与 N4 间;

Z 表示重车; K 表示空车;

表 4 : 部分 SB 新编列车信息表 (整体见附录 A13.1)

发车号	方向	编组道	首编	转出	编组中时	新列车组成信息	总重	节数
4	E	3	6:30	8:30	120	sd1,E1,Z7;sd4,E1,K1;sd8,E1,Z3;sd4,E2,K3; sd8,E2,Z4;sd4,E3,Z2;sd7,E3,Z4;sd9,E3,K3; sd7,E4s,Z2;sd9,E4s,Z2;sd7,E4n,Z1;sd9,E4n,K4; sd7,E5f,Z5;sd7,E5c,K2;sd9,E5c,Z3;sd9,E6,K2; sd9,E6,Z1;sd7,E7,Z3;	3260	52
10	W	9	6:30	9:10	160	sd1,W1,K3;sd2,W1,Z2;sd5,W1,Z10;sd6,W1,Z5; sd8,W1,Z1;sd8,W4,Z1;sd7,W4,Z2;sd8,W5,Z3; sd7,W5,Z3;sd9,W5,Z4;s2,W5,Z16;sd9,W6f,Z2; s2,W6f,Z2;sd9,W6c,K3;s2,W6c,Z3; s2,W7,Z1;s4,W7,Z2;	4680	63
17	W	2	9:10	10:10	60	s3,W3,K24;s9,W3,Z14;s10,W4,Z21;s10,W6c,Z10;	4080	69
18	W	15	8:10	10:15	120	sd7,W1,Z3;sd9,W1,Z1;s2,W1,Z24;sd10,W2,K4; s2,W2,Z1;s4,W2,Z10;s10,W5,Z14;	4320	57
22	N	18	7:40	10:50	180	sd8,N1,Z2;sd4,N2,Z1;sd8,N2,K2;sd8,N2,Z2; sd7,N2,Z2;sd9,N2,Z3;sd10,N2,Z5;s2,N2,K2; s6,N2,Z19;s4,N2&3,Z10; s10,N2&3,Z5;s11,N2&3,Z7;s11,N5,K3;	4620	63
25	W	2	11:55	13:40	105	s17,W1,Z20;s18,W2,Z30;s19,W5,Z5;s20,W5,Z2; s20,W6f,Z1;s21,W6f,K6;	4760	64
26	N	5	10:40	13:45	180	s11,N1,K6;s15,N1,Z15;s17,N1,Z3; s18,N1,Z12;s17,N2,Z3;s18,N2,Z8;s18,N2&3,Z4; s18,N3&4,Z2;s22,N5,Z6;	4360	59
32	W	7	12:55	16:15	190	s19,W2,Z15;s20,W2,Z15;s21,W2,Z12;s21,W4,Z8; s22,W5,K9;s33,W6c,K10;s32,W7,K1;	4400	70
33	W	8	12:55	16:20	190	s20,W1,Z30;s19,W3,K10;s19,W4,Z5;s24,W4,Z2; s24,W5,Z2;s33,W6f,Z3;s32,W6c,Z5;s33,W6c,Z3;	4200	60
41	W	10	16:5	19:25	200	s33,W1,Z24;s34,W2,Z2;s34,W4,Z4;s35,W4,Z1 s37,W4,Z5;s46,W4,Z8;s46,W5,Z8; s46,W6c,Z5;s46,W7,K3;	4620	60
48	N	3	20:15	21:10	55	s49,N1,Z5;s49,N2,Z13;s51,N2,Z6;s49,N2&3,Z1; s51,N2&3,Z8;s53,N2&3,Z2;s54,N2&3,K15; s54,N2&3,Z15;s53,N3&4,Z2;	4460	67
51	W	6	19:45	22:20	155	s47,W1,Z24;s47,W5,Z13;s47,W6c,K13; s54,W6c,Z1;s56,W6c,Z5;s57,W6c,Z11;	4580	67
57	W	3	21:40	23:28	108	s55,W2,Z2;s56,W2,Z18;s55,W3,Z6; s56,W3,Z13;s55,W4,Z8;s60,W5,Z12;	4720	59

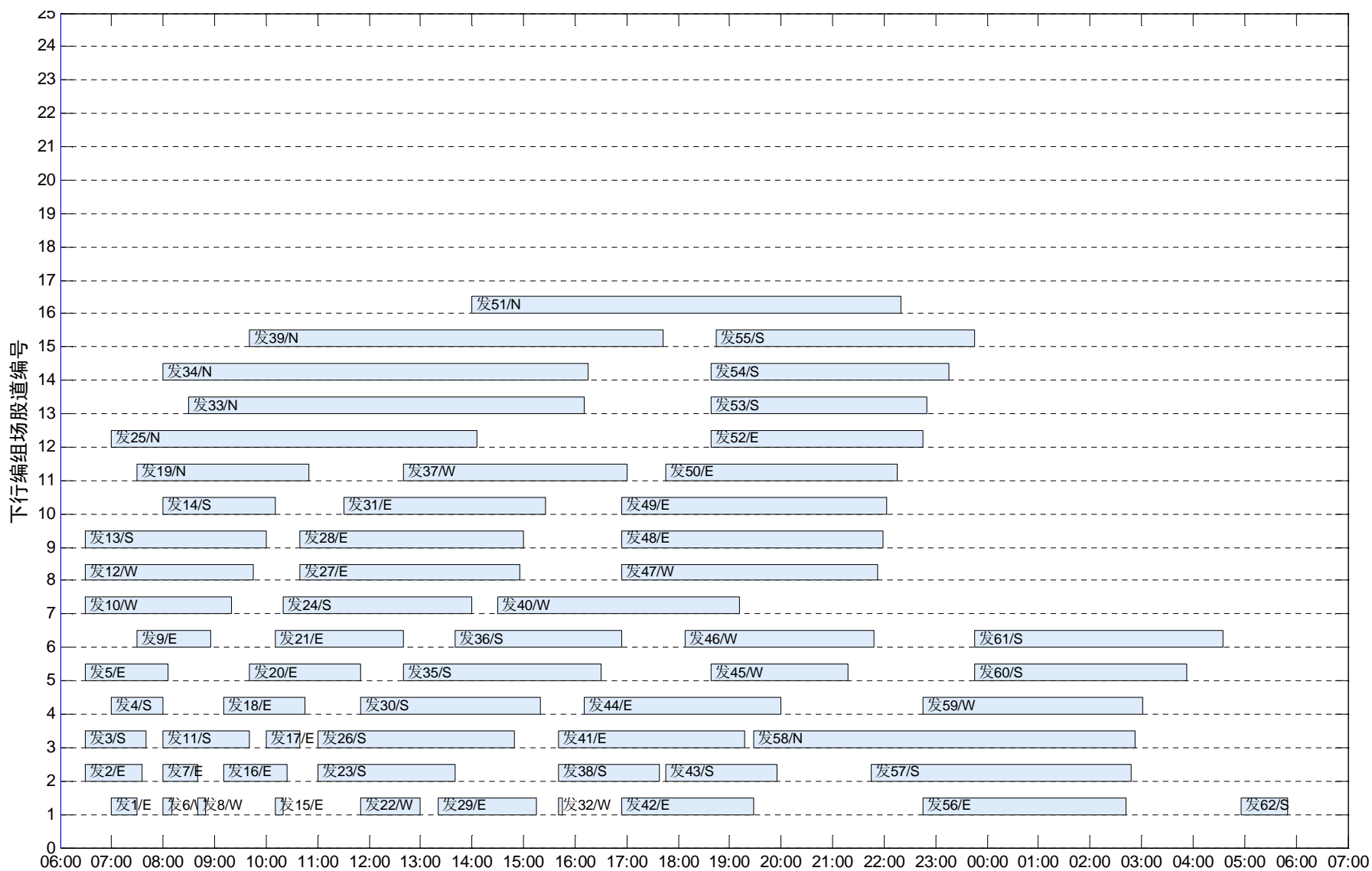


图 4：下行线列车编组时序图

表 4：部分 XB 新编列车信息表（整体见附录 A13.2）

发车号	方向	编组道	首编	转出	编组 中时	新列车组成信息	总重	节数
5	E	5	6:30	8:5	90	xd1,E1,Z2;xd2,E1,Z1;xd5,E2,Z4;xd3,E2,Z1; xd5,E3,Z6;xd3,E3,Z1;xd5,E4s,Z1; xd3,E4s,Z6;xd5,E4n,Z2;xd3,E4n,Z2; xd5,E5f,Z2;xd3,E5f,Z3;xd5,E5c,Z3; xd3,E5c,Z2;xd5,E6,K5;xd3,E6,K2;xd3,E6,Z2; xd5,E7,Z2;xd3,E7,Z1;xd5,E8,Z1; xd3,E8,Z2;xd8,E8,Z1;	3740	52
11	S	3	8:0	9:40	100	xd6,S1,Z5;xd8,S2f,Z5;xd6,S2f,Z4;xd8,S3f,Z2; x3,S3f,Z1;x6,S3f,Z10;x8,S3f,Z20;x8,S3&4,Z9; x8,S4&5,K12;	4720	68
14	S	10	8:0	10:10	130	xd8,S1,Z5;x3,S1,Z14;x4,S2f,Z7;x6,S2f,Z13; x7,S2f,Z17;x11,S2f,Z4;	4800	60
15	E	1	10:10	10:20	10	x14,E1,Z14;x11,E2,Z19;x14,E2,Z25;	4640	58
17	E	3	10:0	10:40	40	x11,E3,Z1;x11,E4n,Z3;x14,E5c,Z7; x10,E8,Z47;x12,E8,Z1;	4720	59
18	E	4	9:10	10:45	90	x6,E2,Z7;x7,E2,Z13;x6,E3,Z8;x7,E4s,K10; x11,E4s,Z14;x12,E4n,Z11;	4440	63
23	S	2	11:0	13:40	160	x16,S1,Z15;x17,S1,Z23;x17,S2f,Z6; x16,S3&4,Z5;x21,S3&4,Z5; x23,S3&4,K8;x24,S3&4,Z4;	4800	66
26	S	3	11:0	14:50	230	x16,S2f,Z12;x19,S2f,Z12;x18,S3&4,Z4; x18,S4&5,Z5;x22,S4&5,Z7;x24,S4&5,Z5; x29,S4&5,Z10;x30,S4&5,K8;	4560	63
28	E	9	10:40	15:0	250	x12,E1,Z2;x12,E3,Z5;x12,E4s,Z15;x19,E4s,Z3; x21,E4s,Z6;x21,E4n,Z5;x24,E5f,K7;x24,E5c,Z8; x30,E5c,Z8;x30,E8,Z3;	4540	62
30	S	4	11:50	15:20	205	x20,S1,Z12;x20,S2f,Z25;x18,S3f,Z4;x23,S3f,Z7; x24,S3f,Z5;x29,S3&4,Z1;x34,S3&4,Z1; x34,S4&5,Z1;x34,S6,K8;	4640	64
31	E	10	11:30	15:25	225	x19,E3,Z2;x21,E3,Z12;x23,E4s,Z8;x23,E4n,Z8; x24,E4n,K10;x23,E5f,Z12;x24,E7,Z5; x24,E8,Z4;x29,E8,Z2;x34,E8,K7;	4580	70
35	S	5	12:40	16:30	230	x21,S2f,Z12;x24,S2f,Z2;x29,S2f,Z7;x34,S2f,Z14; x35,S2f,Z13;x35,S3f,Z1;x35,S3&4,Z2; x37,S6,Z2;x40,S6,Z5;	4640	58
42	E	1	16:55	19:28	153	x42,E1,Z2;x46,E3,Z2;x43,E4s,Z12; x44,E4n,Z12;x46,E4n,Z13;x46,E5c,Z13; x54,E5c,Z2;x48,E6,K1;x48,E7,Z2;	4660	59
44	E	4	16:10	20:0	225	x37,E2,Z5;x37,E3,Z1;x37,E4s,Z7;x37,E4n,Z1; x37,E5f,Z1;x40,E6,K5;x42,E6,Z17;x51,E6,Z4; x56,E6,Z8;x56,E7,Z12;x56,E8,K9;	4760	70
47	W	8	16:55	21:53	290	x41,W1,Z16;x44,W3,Z21;x45,W3,Z9;x47,W3,Z1; x47,W4,Z2;x58,W4,Z7;x61,W4,Z1;x59,W6f,Z1;	4640	58
50	E	11	17:45	22:15	270	x46,E1,Z16;x56,E1,Z15;x56,E2,Z8;x57,E2,Z13; x63,E3,Z3;x62,E4s,Z5;	4800	60
56	E	1	22:45	26:42	237	x65,E2,Z1;x65,E3,Z2;x66,E3,Z1;x66,E4s,Z24; x66,E4n,Z9;x66,E5f,Z3;x68,E8,Z7;x82,E8,Z7;	4320	54
60	S	5	23:45	27:53	248	x68,S2f,Z1;x74,S3f,Z23;x74,S3&4,Z3; x87,S3&4,Z16;x87,S6,Z16;	4720	59
62	S	1	28:55	29:50	55	x91,S1,Z20;x91,S2f,Z3;x91,S3f,Z5; x95,S3&4,Z21;x95,S6,Z10;	4720	59

注：表格说明见表 4。

## 7 问题二

### 7.1 基本分析

在实际调度过程中，要优先保障运送一部分货车，主要包括：

发往  $S_1$  方向的列车（中时不超过 2 小时）；

军用列车（中时不超过 2 小时）；

救灾专列（中时不超过 1 小时）；

表 6：优先专列列表

车号	优先类型	到达时间	解体驼峰号/转发场	解体时间	所在轨道	最晚出发时间
SD3	$S_1$	4:40	1	6:00-6:40	SB30	8:00
SD5	军用	5:00	2	6:00-6:30	SB31	8:00
SD6	$S_1$	5:10	2	6:30-7:00	SB32	8:00
SD9	军用	5:45	1	6:40-7:10	SB33	8:00
SD10	$S_1$	5:55	2	7:00-7:30	SB34	8:00
S001	救灾专	6:20	转发场		SZF1	7:20
S003	军用	6:52	1	7:10-7:40	SB35	8:52
S005	救灾专	7:25	转发场		SZF1	8:25
S007	军用	7:45	转发场		SZF1	9:45
S011	$S_1$	8:48	2	8:48-9:18	SB36	10:48
S012	军用	9:20	1	9:20-10:00	SB30	11:20
S013	救灾专	9:50	转发场		SZF1	10:50
S014	$S_1$	10:10	2	10:10-10:40	SB31	12:10
S019	$S_1$	12:20	1	12:20-13:00	SB32	14:20
S020	军用	12:35	2	12:35-12:55	SB33	14:35
S021	$S_1$	12:50	2	12:55-13:35	SB34	14:50
S025	军用	14:00	转发场		SZF1	16:00
S027	救灾专	14:30	转发场		SZF1	15:30
S028	$S_1$	14:45	转发场		XZF1	16:45
S034	$S_1$	15:55	1	15:55-16:25	SB35	17:55
S038	军用	17:10	转发场		XZF1	19:10
S040	$S_1$	17:50	1	17:50-18:20	SB36	19:50
S042	救灾专	18:10	转发场		SZF1	19:10
S045	救灾专	18:45	转发场		SZF1	19:45
S048	$S_1$	19:15	2	19:15-19:55	SB30	21:15
S050	转发场	19:45	转发场		SZF1	21:45
S056	救灾专	21:30	1	21:30-21:50	SB31	22:30
S057	救灾专	21:50	2	21:50-22:10	SB32	22:50
S059	$S_1$	22:28	2	22:28-22:58	SB33	00:28
S060	军用	22:40	1	22:40-23:10	SB34	00:40
S063	救灾专	23:50	2	23:50-00:20	SB35	00:50
S065	$S_1$ 及军用	00:35	转发场		XZF1	2:35
S068	$S_1$	1:30	转发场		XZF1	3:30
S070	军用	2:00	转发场		XZF1	5:30
S072	救灾专	2:30	转发场		SZF1	3:30
S073	$S_1$	2:45	1	2:45-3:05	SB36	4:45
S076	救灾专	3:25	转发场		SZF1	4:25
S077	救灾专	3:35	转发场		SZF2	4:35
S079	$S_1$	3:55	2	3:55-4:15	SB36	5:55
S083	军用	5:10	1	5:10-5:40	SB30	7:10
XD1	$S_1$	3:25	1	6:00-6:30	XB30	8:00
XD2	$S_1$	3:50	2	6:00-6:30	XB31	8:00

XD3	S <sub>1</sub>	4:02	1	6:30-7:00	XB32	8:00
XD4	S <sub>1</sub>	4:28	2	6:30-7:00	XB33	8:00
XD5	S <sub>1</sub>	4:55	1	7:00-7:30	XB34	8:00
XD6	S <sub>1</sub> 及军用	5:16	2	7:00-7:30	XB35	8:00
XD7	S <sub>1</sub>	5:30	1	7:30-8:00	XB36	8:00
XD8	S <sub>1</sub>	5:45	2	7:30-8:00	XB29	8:00
X001	救灾专	6:05	转发场		SZF1	7:05
X003	军用	6:30	1	8:00-8:40	XB30	8:30
X005	救灾专	6:55	2	8:00-8:20	XB31	7:55
X008	军用	7:45	2	8:20-8:50	XB32	9:45
X012	军用	9:32	1	9:32-10:02	XB33	11:32
X015	救灾专	10:15	转发场		SZF1	11:15
X016	S <sub>1</sub>	10:26	2	10:26-10:46	XB34	12:26
X017	军用	10:40	1	10:40-11:00	XB35	12:40
X020	S <sub>1</sub>	11:30	2	11:30-11:50	XB36	13:30
X024	S <sub>1</sub>	12:38	1	12:38-12:58	XB30	14:38
X025	军用	12:50	转发场		SZF1	14:50
X027	救灾专	13:20	转发场		SZF1	14:20
X029	S <sub>1</sub>	13:45	2	13:45-14:15	XB31	15:45
X032	S <sub>1</sub>	14:32	转发场		XZF1	16:32
X033	救灾专	14:45	转发场		SZF2	15:45
X035	S <sub>1</sub>	15:10	1	15:10-15:40	XB32	17:10
X038	军用	15:42	转发场		XZF1	17:42
X040	S <sub>1</sub>	16:10	2	16:10-16:30	XB33	18:10
X045	军用	17:10	1	17:10-17:40	XB34	19:10
X047	S <sub>1</sub>	17:35	2	17:35-18:05	XB35	19:35
X049	S <sub>1</sub>	18:02	转发场		XZF1	20:02
X051	军用	18:25	1	18:25-18:45	XB36	20:25
X052	救灾专	18:40	转发场		SZF1	19:40
X053	S <sub>1</sub>	18:50	2	18:50-19:10	XB30	20:50
X055	军用	19:20	转发场		SZF1	21:20
X060	S <sub>1</sub>	20:35	转发场		XZF1	22:35
X065	军用	21:38	1	21:38-22:08	XB31	23:38
X067	救灾专	22:08	转发场		SZF1	23:08
X068	S <sub>1</sub>	22:25	2	22:25-22:55	XZF2	00:25
X073	军用	23:40	转发场		XZF1	1:40
X074	S <sub>1</sub>	00:02	1	00:02-00:22	XB32	2:02
X075	救灾专	00:16	转发场		SZF1	1:16
X081	救灾专	1:55	转发场		SZF1	2:55
X083	S <sub>1</sub>	2:36	2	2:36-2:56	XB33	4:36
X085	S <sub>1</sub>	3:05	转发场		XZF1	5:05
X086	军用	3:20	转发场		XZF1	5:20
X088	救灾专	3:45	转发场		SZF1	4:45
X091	S <sub>1</sub>	4:28	1	4:28-4:48	XB34	6:28
X094	军用	5:15	转发场		SZF1	7:15
X097	救灾专	5:56	转发场		SZF1	6:56

根据上表可以得出：上下行线白班救灾专线以单方向为主，军用专线和含 S<sub>1</sub> 的专线多方向的较多。

## 7.2 优先专列调度考虑因素

针对问题二需要优先发送某些特殊专列，包括发往 S<sub>1</sub> 方向的列车，军用列车，救灾专列。总的调度方案是在保障这部分专列在限定的时间内尽快发送的前提下，按照问题一建立的模型将其余不需优先发送的列车重新进行调度。具体考虑下列因素：

- (1) 针对优先发送的专列根据其前往方向是否单一进行分类。若优先专列为单方

向，可直接经转发场到达出发场；若优先专列为多个方向，则需经驼峰解体，到编组场的轨道集结。

(2) 排出优先发送专列所占的轨道线路。

对于单一方向的优先专列，以其经转发场所作必要的技术处理时间15分钟为前提，排出其所占转发场轨道线。如：S076和S077，到达时间相差不到15分钟，所以分别占用上行转发场轨道线SZF1和SZF2。见下表：

表 7：救灾

车号	优先类型	到达时间	所在轨道	最晚出发时间
S076	救灾专	3:25	SZF1	4:25
S077	救灾专	3:35	SZF2	4:35

对于多个方向的优先专列，以驼峰解体和其最晚出发时间为前提，排出所用解体的驼峰号和所占用的编组场轨道线。考虑让这部分专列优先占用编组场轨道30-36线，在30-36号轨道线满线时临时排在其它轨道线。如XD1, XD2, XD3, XD4, XD5, XD6, XD7分别占用的轨道线为XB30, XB31, XB32, XB33, XB34, XB35, XB36, 所以当上述优先专列在没有及时牵出编组场，XD8只能占用轨道线XB29, 对于X003由于解完体的时间在8:00之后可占用轨道XB30。见下表：

表 8：S<sub>1</sub>列表

车号	优先类型	到达时间	解体驼峰号	解体时间	所在轨道	最晚出发时间
XD1	S <sub>1</sub>	3:25	1	6:00-6:30	XB30	8:00
XD2	S <sub>1</sub>	3:50	2	6:00-6:30	XB31	8:00
XD3	S <sub>1</sub>	4:02	1	6:30-7:00	XB32	8:00
XD4	S <sub>1</sub>	4:28	2	6:30-7:00	XB33	8:00
XD5	S <sub>1</sub>	4:55	1	7:00-7:30	XB34	8:00
XD6	S <sub>1</sub> 及军用	5:16	2	7:00-7:30	XB35	8:00
XD7	S <sub>1</sub>	5:30	1	7:30-8:00	XB36	8:00
XD8	S <sub>1</sub>	5:45	2	7:30-8:00	XB29	8:00
X003	军用	6:30	1	8:00-8:40	XB30	8:30

### 7.3 模型建立

考虑优先专线在内的具体调度方案：首先要先满足这部分列车的调度需要，将它们所占的解体驼峰号、编组场轨道号、转发场轨道号作为问题1中模型中定值，而后再利用模型I和模型II计算出其余货车的调度方案。

在问题1中已经引入了0-1变量 $x_{ij}$ 表示第j列货车是否在第i个驼峰区解体：

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{第}j\text{列货车在第}i\text{个驼峰区解体} \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

在问题2中优先专列的 $x_{ij}$ 则为定值，如：

X003(军用专列)在8:00由第1个驼峰解体，故 $x_{13} = 1$ 为定值；

X005（救灾专列）在8:00由第2个驼峰解体，故 $x_{25} = 1$ 为定值。

在上述条件下重新考虑模型1和模型2以计算含优先专列在内的调度方案及相应每班的中时。

### 7.4 启发式调度

由于实际问题的复杂性和多样性，某些优先发送的列车在上述的调度方案中无法在其规定的时间发送，这种情况下不能依靠以方向和所占轨道线为主要考虑因素，而应以

时间为主要因素考虑采取人工启发式调度，即：对于这部分列车，可不经编组场或转发场直接与出发场亟待出发的车相接尽快发送。

### 8 问题三

列车预确报是编制和实现分局日班计划、车站作业计划、组织装卸车工作的基础信息资料。做好列车预确报工作，对提高计划质量，加强运输组织工作，挖掘运输潜力，提高运输效率，保证安全生产有重要作用。

根据题意，调度室只在列车到达前两小时获取列车的相关信息，即在某一时刻，调度员只能安排后两个小时以及此时刻之前未发车辆的调度方案。

根据实际，调度员不可能在任意时刻都能够得知该时刻后两个小时的列车信息，即列车信息的获取存在一定规律性，那么在此规定列车调度员在 6:00 时得知 6:00—8:00 的列车信息，之后每隔两小时获取一次信息，那么列车调度员获取列车信息的时刻表如下：

早班	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
晚班	18:00	20:00	22:00	00:00	2:00	4:00

本问与第一问不同之处在于，第一问是已知 24 小时内的列车相关信息，而本问中已知 2 小时内的列车相关信息，其预知数据的时间范围减小，但其本质是相同的，因此本问也可采用第一问模型。

#### 模型分析

此问也可以将中时最少转化为约束条件，并分别以驼峰区以及编组场的车流量最大为目标建立分步优化模型。

#### 推峰模型

由于预知数据的时间为 2 小时，那么在安排得知信息后两个小时的车辆安排时，每条驼峰的工作时间不得超过两小时，即

$$\sum_j^n (x_{ij}T_j + K_{ij}) \leq 120$$

$$(i=1,2)$$

其它约束同模型 I。

#### 编组模型

在未来时段接续可能约束中，列车的组成必定要在两小时内，即

$$\sum_i f_{ij} \geq 1 \quad t_j + \beta \leq 120$$

其他约束不变，同模型 II。

#### 结果说明(具体安排方案见附录)

根据所得结果，可明显看出当预知时间为 2 小时，即 120 分钟时，编组的方案明显差于预知时间为 24 小时的编组方案。也就是说如果能够预知较长时间的货车数据，那么我们就可以得到更好，更准确的编组方案，反之，若只能够预知较短时间的信息，那么编出的方案也很片面，不够优化，即编组质量与预知数据的范围成正比。所以在现实的货车编组调度过程中，能够预知更多的货车信息对我们就越有利，因此我们应该注重

提高铁路的信息管理情况，如可建立一个综合管理信息站，实现信息的全面性，动态化，一体化，自动化，实时性管理，以保证货车编组调度的高质量。

## 9 问题四

问题四中， $S_3$  以南的铁路由于自然灾害而中断，所有有关车辆均需转向东方向经  $E_4$  向南绕行。由附件 2 可知，表中各个方向的站名是由远到近依次排列的，那么根据下表可知  $S_3$  以南铁路上的站点包括  $S_1$ 、 $S_2$  以远、 $S_3$  西及以远三个，根据题意，到达此三个站点的列车必须经  $E_4$  向南绕行，那么首先要对附件 2 中的数据进行处理。

附件 2 中的相关数据如下：

			$E_4$ 以南		$S_1$	$S_2$ 以远	$S_3$ 西及以远
SD1	2:20	重车	5	.....			
		空车					
SD2	4:10	重车	4				
		空车	4				
SD3	4:40	重车	6		10	3	1
		空车	...		...	...	...

设每一行对应的列车编号为  $j$ （无调车不编号），设各列车中对应开往  $S_1$  站点的车辆数为  $u_{s1j}$ ，同理，开往  $S_2$  以远、 $S_3$  西及以远站点的车辆数为  $u_{s2j}$ ， $u_{s3j}$ ，开往  $E_4$  向南站点的车辆数设为  $u_{e4j}$ ，由于所有开往  $S_1$ 、 $S_2$  以远、 $S_3$  西及以远三个站点的车辆均经  $E_4$  向南绕行，那么对该编组站而言，上述三个站点的车辆的初始目的地均为  $E_4$  以南，即该编组站在编组时，将此三个站点的车辆均看作开往  $E_4$  以南站的车辆即可，即

$$u_{e4j} = u_{s1j} + u_{s2j} + u_{s3j}$$

那么上述表格经过处理后变为：

			$E_4$ 以南		$S_1$	$S_2$ 以远	$S_3$ 西及以远
SD1	2:20	重车	5	.....			
		空车					
SD2	4:10	重车	4				
		空车	4				
SD3	4:40	重车	20				
		空车	...		...	...	...

对于不参与整体编号的无调车来说，也需经过上述处理，即将开往  $S_1$ 、 $S_2$  以远、 $S_3$  西及以远三个站点的车辆均与开往  $E_4$  以南站点的车辆合在一起。

针对此改变同样运用模型 I 与模型 II 求解，得到详细的新编车辆编发信息，见附录相关表格。



## 10 问题五

本问要求在假设编组完成的列车都能及时发出的前提下，计算该编组站一天 24 小时最多编完的车辆数，假设编组完成的列车都能及时发出，即只要编组完成的车辆驶入出发场，即可立即发出，不考虑出发场轨道线的能力约束。

编组站最多编完的车辆数主要是由驼峰可解体车辆数以及编组场可编组车辆数决定的。在此将二者分别计算，找出其瓶颈所在，即可算出该编组站 24 小时内最多可编组的车辆数。

### 10.1 模型分析

- 1) 首先计算驼峰可解体的最大车辆数，采用第一问推峰模型，以附件 2 数据为标准，计算在 24 小时内经过驼峰的最大车流量；
- 2) 考虑编组场的能力限制，需要忽略推峰期的影响，采用第一问编组模型，但对进入编组场的车辆数目稍加修改，即不考虑经过驼峰的车流量对编组的限制，即令车辆一旦到达便立刻编组，以此来计算编组场的最大编组能力，即最大车流量；
- 3) 根据模型 I、II，可求解得出以附件 2 的数据为标准的驼峰可解体的车辆数，即最大车流量  $p$  以及编组场可编组的车辆数，即最大车流量  $q$ ，则

$$p = \sum x_{ij}$$

$i$  表示驼峰， $j$  表示列车按时间顺序的编号

$$q = \sum f_{ij}$$

$i$  表示新编列车的按出发时间的排序编号， $j$  表示站点编号（具体见 6.1）

- 4) 比较通过驼峰与编组场的最大车流量的大小，最大车流量小的即为该编组站编组的瓶颈，即该编组站一天 24 小时最多能够编完的车辆数  $z$  为：

$$z = \min(p, q)$$

### 10.2 模型建立

根据以上分析，可建立最大编组车辆数模型如下：

$$z = \min(p, q)$$

$$\begin{cases} p = \sum x_{ij} \\ q = \sum f_{ij} \end{cases}$$

模型说明：

$z$  ——该编组站最大能够编组的车辆数；

$p$  ——经过驼峰的最大车流量；

$q$  ——编组场的最大车流量；

$x_{ij}$  ——0-1 变量，表示第  $j$  列货车是否在第  $i$  条驼峰轨迹线上解体；

$f_{ij}$  ——0-1 变量，表示第  $j$  部分车节是否在第  $i$  列车上。

模型求解

在处理编组场最大车流量模型所需数据时，可通过仿真创建模拟数据。

求解最大可以承受的列车数为：119 列，每列解体时间按 30 分钟计算。

### 10.3 结果分析

根据求解结果可知，该编组站车辆编组的瓶颈为驼峰区的车流量。

由题可知，各个方向的站点总和共 29 个，在不考虑出发场的前提下，若使每一个站点占一条股道，即各股道上的列车均开往同一站点，那么各条股道上的车辆一旦满足车节数量及列车重量的要求，即可驶出编组场，虽然两列车不能同时牵引，在一列车牵引过程中可能会导致另一列车增加等待时间，即占用编组场股道的时间增长，但编组场的股道数目共有 36 根，远多于站点个数，因此基本不会造成编组场的阻塞与停滞。且根据第一问结果，即在考虑驼峰解体的情况下，编组场占用的股道数目为 21 根，剩余的股道数目接近一半，则在此情况下，编组场不会成为车辆编组的瓶颈。

而一个驼峰一次只能解体一列车，大大的限制了车辆的运行效率，因而该编组站 24 小时内最多能够编组完成的车辆数完全取决于驼峰能够解体的车辆数目。

从理论上分析，该编组场中驼峰的利用率是较高的，但其运行速率较低，而编组场的利用率较低，但运行效率很高。因此若想整体提高该编组站的利用率与运行效率，其根本仍在于驼峰解体效率，因而要在短时间内编组完成更多的车辆，必须从驼峰的解体效率入手。

从数据上分析，根据驼峰在 24 小时内的使用时间  $\tau$ ，可求出驼峰的利用率  $\eta$ ，

$$\eta_{\text{驼峰}} = \frac{\tau}{1440}$$

由驼峰最大车流量模型可求出一天 24 小时内，驼峰的使用时间，由此可求出驼峰的利用率  $\eta$  为 0.62 左右。

根据理论分析，结合此数据，可知，若列车一辆接一辆的经过驼峰解体，驼峰的利用率可能会更高，那么会同时提高该编组场的运行效率。

## 11 问题六

中国铁路的货物发送量、周转量、货运密度均为世界第一位，铁路资源紧张。列车编组站从事铁路货物列车编组和解体作业，其编组计划问题是铁路运输组织中的重要问题之一。随着铁路网的扩建，各方向发车站数量随之增加，可能的编组计划方案数也不断增多，仅凭现有的调度方案很难使货车车流高质量高效率的组织配发。

### 11.1 现有问题

编组站是复杂的运输系统，其主要工作是进行列车的解编作业，到达场、编组场和出发场的承载能力及其工作状态都是相互关联的，各场中的每个环节出现问题就会影响邻接场的相应环节，最终扩大到全站调度。

### 11.2 改进问题 1.

通常情况下，编组站的调度计划包括：站内接发列车工作计划、现车及调车工作计划、本务机折返工作计划、调车机工作计划、站内施工计划、货运工作计划。编组场要对这些计划的编制以及计划的执行过程的相应信息进行管理，建立综合管理信息站。在

建立过程中要注意以下问题：

(1) 全面性。凡是货车配发流程上的信息，特别是与邻近运行道路有关的信息必须纳入信息化管理范畴，缺一不可，否则会出现信息黑洞，发生信息断链，难以理清相互货车班次之间的配发先后顺序关系。只有拥有了这些全面性信息，并且正确、详尽、相互关联，才能具备合理编组调度执行的条件。

(2) 一体化。虽然编组工作可以分门别类定义，也允许不同职能的人员分开管理，但是本质上相互间是紧密相连，相互强耦合，穿插套结在一起的，因此后台的信息处理不能简单地分而治之，甚至不是简单的信息共享概念，而必须采取调度计划一体化管理方法。

(3) 动态性。编组信息站系统应该发挥计算机存储信息量大，计算速度快的优势，将过去单独凭借分时段分方向编制配发，改为随时随地动态调整，滚动调整。动态调整是编组调度能够被自动执行的先决条件，即调度不再是不一定能照办的单方面要求，而是在发车计划与执行互动基础上产生的量身定制的即刻节。引起动态调整的主要原因一是来自上级计划的变化，二是来自执行过程的偏差，而实际执行结果是引起计划动态调整的最活跃因素。

(4) 实时性。如果仅仅产生静态计划，可以从容不迫地按编制计划编组发车，基本上没有实时性要求，但是在货车实际发车时会有动态变化，那么对于调度的编制与改变，包括计划的决策、优化、调整与时间在内，必须限制在一个很短的时间范围内，即有实时性要求，否则时过境迁，丧失了调度计划的实效性，会直接影响执行效率。

(5) 自动化。编组站信息管理自动化的另外一种说法是编组调度指挥自动化，或者利用计算机辅助调度。如果能将编组调度综合自动化提高到站内所有货车均按计划自动执行的实用操作水平，如果没有信息自动化支撑，对站内计划的编组调度力度与频度压力将大大超出目前对车站现阶段调度人员的要求，因此信息自动化是建立综合管理信息站的必然。

### 11.3 改进问题 2

在编组调度中解体能力紧张的问题。

解体和编组是编组场运行过程中的一对主要矛盾，其中解体又是矛盾的主要方面。当解体能力紧张时，可由编组能力来协调。

(1) 在驼峰解体过程中合理配置编组场的轨道，以减少整个编组场的负担。

(2) 调整上下行编组场两个驼峰配合解体，交错将解完体的车辆安置在编组场的轨道上。

(3) 当解体和编组需在编组场同一轨道上作业，并且相互干扰有影响时，考虑解体优先。

(4) 允许有计划的混线，采用改进的模糊算法，如SD4和SD8在驼峰解体的时间邻近，这两列货车按照发往同一方向，到站次序由远及近依次排列的原则，在邻近的时间内，在编组场的某一轨道上可以将同一去向的原属于SD4的车节排在原属于SD8的车节之前，在编组场的另一轨道上则可以将同一去向的原属于SD8的车节排在原属于SD4的车节之前。从而提高编组调度的效率。

(5) 另外可以采用到达场与编组场横向配置的方法。这个方法的主要思想是：保留

符合发车要求的大车组（如驶往同一方向的列车或某些专线车）不动，接在解完体的同一方向的车节之后重新编组成一列车进入出发场待发。譬如：S027 均发往S方向，按照原有的调度方案无须解体直接经转发场进入出发场，横向配置方法则可将S027在到达场停留，若有其它发往S方向的解体完的车辆已编组在编组场的轨道上，将S027直接排在其后作为同一辆新车进入出发场。即在此核心车流的基础上进行适当的摘挂车辆就完成了编组新车的过程。

### 11.4改进问题 3

列车调度的重心在于编组场如何合理高效利用编组场轨道线路，按照货车发车的原则尽快，尽大装载限度的将到达场的需解体的列车在有效的时间内配置完。由于时间先后顺序、方向、优先专列等考虑的因素很多，编组场的轨道能力紧张。

(1)编组场轨道的使用应当坚持“定而不死，活而不乱”的方针，特别当货车发车信息发生变化时，需要临时调整固定线路的使用，向日均到达货车流量小的线路挖掘潜力，活用固定线路的原则应为：有利于减少货车车流和重复编组作业；有利于加速列车车流的集结；有利于调节各个车场之间的作业量分配；有利于调度效率的提高。采取的方法主要有并、分、移三种。并：指货车车节数小的合并使用一条轨道线，货车车节数大的分占两条轨道线。移：由原来的固定轨道线移到另一条轨道线。

(2)在不产生大量重复作业或严重交叉干扰的条件下，尽可能做到一线多用。挖掘其他线路的潜力，如利用变轨线、迂回线、分岔线等，少占或不占编组线。

(3)提前“预编”。及时将编组所需用编组场轨道线上的集结车组拉至出发场腾空调车线。

(4)编组场编组车列完毕，等候牵出发场，而出发场无空线的情况经常出现。因此，需要比较编组场和出发场轨道线路的紧张程度，还可能需要比较包括到达场能力在内的紧张程度。编组完毕的车列尽量占用能力相对不紧张的车场，以压缩占用编组场轨道线的时间。

## 12 参考文献

- [1]、陈静，编组站能力紧张的解决方案，2008.9.28
- [2]、郑开煌，货物列车编组作业自动化条件的探讨，<http://www.cqvip.com>, 2008. 9. 2
- [3]、师学斌，编组站作业分析，北京：中国出版社，1985。
- [4]、胡思继，铁路行车组织，北京：中国铁道出版社，2003。
- [5]、曹魁久，孔庆铃，货物列车编组计划，北京：中国铁道出版社，1992。
- [6]、Miller John At Potter Walter D. et al. An Evaluation of Local Improvement Operator Genetic Algorithms IEEE S. M. C. , 1993, 23(5), 1340-1350。
- [7]、Bazaraa M S, Shetty C M Nonlinear Programming Theory and Algorithms New York: John Wiley& Sons, 1979。

## 13 附录 A（数据）

### 13.1 上行线全部新发列车信息

表格说明：

发车号：除去无调车后各列车按到达时间顺序的编号；

编组道：编组场 36 条轨道的序号；

首编：开始占用编组轨道的时间（即该新列车第一组车解体完成时间）；

转出：新编列车从编组场驶出的时间；

编组中时：列车进入编组场至编组成新列车后驶出编组场的时间；

新列车组成信息示例：

sd4,E1,K1：表示上行线 6:00 已有的 sd4 号车，E1 方向，空车 1 辆；

s21,W2,Z12：表示上行线 s21 号车，W2 方向，重车 12 辆。

注释：E4s 表示 E4 以南；E4n 表示 E4 以北；E5f 表示 E5 以远；E5c 表示 E5 以近

S2f 表示 S2 以远；S3f 表示 S3 西及以远；S3&4 表示 S3 与 S4 间；S4&5 表示 S4 与 S5 间

W6f 表示 W6 以远；W6c 表示 W6 以近；N2&3 表示 N2 与 N3 间；N3&4 表示 N3 与 N4 间；

发车号	方向	编组道	首编	转出	编组中时	新列车组成信息	总重	节数
1	N	1	6:30	7:10	40	sd1,N2&3,Z3;sd2,N2&3,Z3;sd1,N3&4,K5; sd2,N3&4,Z2;sd5,N5,Z1;sd3,N5,Z2;	980	16
2	E	1	7:40	8:0	20	sd4,E4s,Z3;sd8,E4s,Z1;sd4,E4n,Z3; sd8,E4n,Z1;sd4,E5f,Z1;sd8,E5f,K3; sd4,E6,Z3;sd8,E6,Z2;sd4,E7,K4;sd8,E7,K2;	1300	23
3	N	2	6:30	8:10	100	sd2,N1,Z2;sd5,N1,Z7;sd3,N1,Z2;sd6,N1,K3; sd6,N1,Z2;sd3,N2,Z4;sd6,N2,Z2;sd6,N2&3,K2; sd6,N3&4,Z3;sd8,N3&4,K2; sd8,N3&4,Z5;sd7,N5,Z1;	2380	35
4	E	3	6:30	8:30	120	sd1,E1,Z7;sd4,E1,K1;sd8,E1,Z3;sd4,E2,K3; sd8,E2,Z4;sd4,E3,Z2;sd7,E3,Z4;sd9,E3,K3; sd7,E4s,Z2;sd9,E4s,Z2;sd7,E4n,Z1;sd9,E4n,K4; sd7,E5f,Z5;sd7,E5c,K2;sd9,E5c,Z3;sd9,E6,K2; sd9,E6,Z1;sd7,E7,Z3;	3260	52
5	E	4	6:30	8:35	120	sd2,E1,Z1;sd1,E2,Z2;sd2,E2,Z2;sd1,E3,Z3; sd2,E3,Z2;sd1,E4s,Z5;sd2,E4s,Z20;sd2,E5f,Z4; sd3,E8,Z2;sd7,E8,Z1;sd9,E8,K2;sd9,E8,Z2;	3560	46
6	W	5	6:30	8:40	120	sd1,W1,Z3;sd2,W3,Z3;sd1,W4,Z2;sd2,W4,Z4; sd1,W5,Z1;sd2,W5,Z2;sd1,W6f,Z3;sd2,W6f,Z1; sd1,W6c,Z4;sd2,W6c,Z2;sd1,W7,Z1;sd6,W7,Z4; sd8,W7,Z1;sd7,W7,K2;sd9,W7,K4;	2600	37
7	N	6	6:30	8:45	120	sd1,N1,Z2;sd4,N1,Z2;sd4,N3&4,Z5;sd6,N5,Z1; sd4,N5,Z5;sd8,N5,Z3;sd9,N5,Z3;	1680	21
8	S	7	7:10	8:50	90	sd3,S1,Z10;sd6,S1,Z3;sd6,S2f,Z4;sd6,S3f,K5; sd6,S3&4,Z2;sd10,S3&4,Z3; sd10,S4&5,Z5;sd10,S6,K5;	2360	37
9	S	8	7:0	8:50	100	sd5,S1,Z2;sd5,S2f,Z4;sd3,S2f,Z3;sd5,S3f,Z5; sd3,S3f,Z1;sd5,S3&4,Z1;sd5,S4&5,Z5; sd3,S4&5,Z1;sd6,S4&5,Z3;sd3,S6,Z2; sd6,S6,Z4;sd10,S6,Z6;	2960	37
10	W	9	6:30	9:10	160	sd1,W1,K3;sd2,W1,Z2;sd5,W1,Z10;sd6,W1,Z5; sd8,W1,Z1;sd8,W4,Z1;sd7,W4,Z2;sd8,W5,Z3; sd7,W5,Z3;sd9,W5,Z4;s2,W5,Z16;sd9,W6f,Z2; s2,W6f,Z2;sd9,W6c,K3;s2,W6c,Z3; s2,W7,Z1;s4,W7,Z2;	4680	63
11	W	10	6:30	9:15	160	sd1,W2,Z5;sd2,W2,Z2;sd1,W3,Z6;sd6,W3,Z2; sd4,W3,Z1;sd8,W3,Z2;sd7,W3,K5;sd7,W3,Z2; sd9,W3,Z1;sd10,W3,Z1;s2,W3,Z2; sd9,W4,Z1;sd10,W4,Z2;s2,W4,Z7;sd10,W5,Z1; s3,W5,Z1;s4,W5,Z8;s4,W6c,Z12;	4580	61
12	E	1	8:10	9:40	90	sd7,E1,K5;sd7,E2,Z2;sd9,E2,Z1;s3,E2,Z2; s3,E3,Z1;s3,E4s,Z1;s8,E5f,Z4;	980	16

13	N	11	8:10	9:45	90	sd7,N1,K3;sd9,N1,Z8;sd10,N1,Z2; s8,N1,Z1;s8,N2,Z1;s6,N2&3,Z2;s8,N2&3,Z16; s6,N3&4,Z8;	3100	41
14	W	12	7:40	9:50	130	sd4,W1,Z1;sd8,W2,Z5;sd7,W2,Z6;s3,W2,K5; s6,W2,Z5;s3,W4,Z8;s4,W4,Z7; s9,W5,Z16;s8,W6c,K12;	4180	65
15	W	13	7:0	9:55	170	sd3,W1,Z8;sd5,W2,Z4;sd5,W3,Z6;sd3,W3,Z1; sd5,W4,Z1;sd3,W4,Z6;sd5,W5,Z2;sd3,W5,Z2; sd3,W6f,Z3;sd5,W6c,Z3;sd6,W6c,Z1; sd4,W6c,K2;sd4,W6c,Z1;sd8,W6c,K5; sd8,W6c,Z4;sd7,W6c,Z2; sd10,W6c,Z4;s9,W6c,Z5;s9,W7,Z1;	4460	61
16	N	14	6:30	10:0	190	sd1,N2,Z7;sd2,N2,Z4;sd5,N2,Z3;sd5,N2&3,Z1; sd3,N2&3,Z6;sd6,N2&3,Z1;sd4,N2&3,Z6; sd8,N2&3,Z3;sd7,N2&3,K3;sd10,N2&3,Z2; s2,N2&3,Z1;sd9,N3&4,Z6;sd10,N3&4,K2; sd10,N3&4,Z2;s2,N3&4,Z3;sd10,N5,K2; sd10,N5,Z4;s8,N5,Z1;	4140	57
17	W	2	9:10	10:10	60	s3,W3,K24;s9,W3,Z14;s10,W4,Z21;s10,W6c,Z10;	4080	69
18	W	15	8:10	10:15	120	sd7,W1,Z3;sd9,W1,Z1;s2,W1,Z24;sd10,W2,K4; s2,W2,Z1;s4,W2,Z10;s10,W5,Z14;	4320	57
19	W	16	7:10	10:20	180	sd3,W2,Z1;sd6,W2,Z4;sd4,W2,Z4;sd6,W4,Z3; sd6,W5,K3;sd4,W5,Z4;sd6,W6f,Z3;sd4,W6f,Z1; sd8,W6f,K4;sd7,W6f,K3;sd7,W6f,Z1;sd10,W6f,Z4; s4,W6f,Z2;s9,W6f,Z6;s10,W6f,Z10;	3640	53
20	W	3	8:40	10:40	120	sd10,W1,Z2;s4,W1,Z3;s12,W1,Z12;s10,W1,Z3; s11,W3,Z12;s12,W5,K10;s11,W5,Z4;s12,W6c,Z7; s11,W6c,Z7;	4200	60
21	W	17	7:40	10:45	180	sd4,W1,K2;sd9,W2,Z4;sd10,W2,Z2;s3,W2,Z1; s8,W2,Z12;s9,W2,Z13;s12,W2,Z2;s10,W2,Z1; s11,W2,Z6;s12,W4,Z5;s11,W4,Z6;s11,W6f,K6;	4320	60
22	N	18	7:40	10:50	180	sd8,N1,Z2;sd4,N2,Z1;sd8,N2,K2;sd8,N2,Z2; sd7,N2,Z2;sd9,N2,Z3;sd10,N2,Z5;s2,N2,K2; s6,N2,Z19;s4,N2&3,Z10; s10,N2&3,Z5;s11,N2&3,Z7;s11,N5,K3;	4620	63
23	N	4	9:30	11:25	115	s6,N1,Z22;s12,N2,K9;s11,N2,Z2;s14,N3&4,Z4; s16,N3&4,Z7;	2980	44
24	N	1	11:10	13:0	110	s14,N1,Z8;s16,N1,Z21;s16,N2,Z4;s16,N2&3,Z7; s15,N2&3,Z7;s17,N2&3,Z2;s19,N2&3,K6; s20,N2&3,K10;	4240	65
25	W	2	11:55	13:40	105	s17,W1,Z20;s18,W2,Z30;s19,W5,Z5;s20,W5,Z2; s20,W6f,Z1;s21,W6f,K6;	4760	64
26	N	5	10:40	13:45	180	s11,N1,K6;s15,N1,Z15;s17,N1,Z3; s18,N1,Z12;s17,N2,Z3;s18,N2,Z8;s18,N2&3,Z4; s18,N3&4,Z2;s22,N5,Z6;	4360	59
27	W	3	11:40	14:20	160	s15,W2,K7;s15,W2,Z1;s17,W2,Z1;s15,W3,Z5; s17,W4,Z11;s15,W5,Z5;s17,W5,Z8;s15,W6c,Z5; s19,W6c,Z8;s22,W6c,K9;s24,W6c,K6;	3960	66
28	W	6	11:10	14:25	190	s14,W1,Z4;s14,W3,Z10;s16,W3,K6;s14,W4,Z8; s14,W6f,K12;s16,W6f,K7;s14,W7,K2;s14,W7,Z2; s17,W7,Z12;s21,W7,Z3;s24,W7,Z4;	3980	70
29	S	19	8:40	14:30	340	sd10,S1,Z2;sd10,S2f,Z2;sd10,S3f,Z3; s3,S3f,Z1;s9,S3f,Z1; s21,S3&4,Z10;s21,S4&5,Z8;s24,S4&5,Z3;	2400	30
30	N	1	13:40	16:5	145	s22,N1,Z18;s23,N2&3,K7;s22,N3&4,Z12; s32,N3&4,K23;	3000	60
31	N	4	13:0	16:10	185	s19,N1,Z10;s21,N2,K8;s23,N2,K12;s30,N2,Z16; s30,N2&3,Z8;s30,N5,Z2;s32,N5,Z6;s33,N5,K1;	3780	63
32	W	7	12:55	16:15	190	s19,W2,Z15;s20,W2,Z15;s21,W2,Z12;s21,W4,Z8; s22,W5,K9;s33,W6c,K10;s32,W7,K1;	4400	70
33	W	8	12:55	16:20	190	s20,W1,Z30;s19,W3,K10;s19,W4,Z5;s24,W4,Z2; s24,W5,Z2;s33,W6f,Z3;s32,W6c,Z5;s33,W6c,Z3;	4200	60
34	N	2	15:30	16:45	75	s30,N1,Z28;s32,N2,Z3;s32,N2&3,Z9; s33,N2&3,Z8;s35,N5,K2;	3880	50

35	W	5	14:20	17:30	190	s24,W2,Z15;s24,W3,K12;s35,W3,Z3;s34,W5,Z18; s35,W5,Z3;s34,W6f,K4;s35,W6f,Z2;s34,W6c,Z1; s35,W6c,Z5;s34,W7,K2;s34,W7,Z3;s37,W7,Z1;	4440	69
36	S	20	9:10	17:35	500	s3,S2f,Z10;s11,S2f,Z2;s16,S2f,Z12;s14,S3f,Z6; s24,S3f,Z16;s24,S3&4,Z2;s24,S6,Z3;s37,S6,Z1;	4160	52
37	E	21	8:30	17:40	540	sd9,E1,Z2;s8,E1,Z1;s8,E2,Z3;s8,E3,Z2;s8,E4s,Z5; s12,E4s,Z4;s12,E4n,Z1;s23,E5f,Z25;s37,E8,Z3;	3680	46
38	W	3	16:5	18:20	135	s33,W3,Z2;s32,W4,Z8;s33,W4,Z1;s32,W5,Z8; s33,W5,Z13;s37,W5,Z1;s37,W6f,Z7;s37,W6c,Z1; s40,W6c,K6;s40,W7,K8;	3560	55
39	N	6	16:5	18:25	135	s32,N1,Z4;s35,N1,K7;s35,N1,Z5;s35,N2,Z13; s35,N2&3,Z1;s35,N3&4,Z2;s37,N5,K3;s37,N5,Z4; s40,N5,K4;	2600	43
40	S	9	10:20	18:30	480	s12,S1,Z14;s11,S1,Z5;s14,S1,Z8;s19,S1,Z1; s19,S2f,Z1;s21,S2f,Z2;s34,S2f,Z1;s40,S2f,Z15; s40,S3f,Z2;s40,S3&4,Z3;s40,S6,Z5;	4560	57
41	W	10	16:5	19:25	200	s33,W1,Z24;s34,W2,Z2;s34,W4,Z4;s35,W4,Z1 s37,W4,Z5;s46,W4,Z8;s46,W5,Z8; s46,W6c,Z5;s46,W7,K3;	4620	60
42	E	11	10:20	19:30	545	s12,E1,Z2;s12,E2,Z3;s15,E2,Z4;s17,E2,K8; s15,E3,K11;s15,E3,Z1;s17,E3,K4;s19,E4s,Z1; s30,E4s,K10;s32,E8,Z2;s35,E8,Z2;s46,E8,Z2;	2020	50
43	N	1	17:30	19:55	145	s37,N1,K18;s37,N3&4,Z10;s48,N5,K6;s47,N5,K1;	1300	35
44	W	4	16:45	20:0	190	s35,W1,Z4;s48,W2,Z2;s48,W4,Z4;s48,W5,Z18; s48,W6c,Z1;s48,W7,Z3;	2560	32
45	N	2	17:30	20:15	165	s37,N2,Z6;s37,N2&3,Z8;s46,N2&3,Z3; s47,N2&3,Z8;s46,N5,K24; s46,N5,Z3;s49,N5,K7;	2860	59
46	E	12	11:40	20:35	535	s15,E1,Z5;s19,E1,Z2;s19,E2,Z3;s21,E2,Z5; s22,E2,Z2;s34,E3,Z1;s35,E3,Z4;s48,E3,Z1; s49,E3,Z4;s49,E8,Z2;s51,E8,Z3;	2560	32
47	W	1	20:15	20:50	35	s49,W3,Z3;s49,W4,Z1;s51,W4,Z5;s49,W5,Z3; s51,W5,Z1;s49,W6f,Z2;s51,W6f,Z7;s51,W6c,Z1; s51,W7,K18;s51,W7,Z1;s52,W7,Z27;	4440	69
48	N	3	20:15	21:10	55	s49,N1,Z5;s49,N2,Z13;s51,N2,Z6;s49,N2&3,Z1; s51,N2&3,Z8;s53,N2&3,Z2;s54,N2&3,K15; s54,N2&3,Z15;s53,N3&4,Z2;	4460	67
49	N	5	19:25	21:40	135	s46,N2,Z4;s46,N3&4,Z9;s49,N3&4,Z2; s51,N3&4,Z10;s51,N5,K3; s51,N5,Z4;s52,N5,Z2; s53,N5,K1;s55,N5,K32;	3200	67
50	S	13	13:40	21:45	480	s21,S1,Z2;s34,S1,Z2;s40,S1,Z21;s48,S1,Z2; s48,S2f,Z1;s51,S6,Z1;s55,S6,Z3;	2560	32
51	W	6	19:45	22:20	155	s47,W1,Z24;s47,W5,Z13;s47,W6c,K13; s54,W6c,Z1;s56,W6c,Z5;s57,W6c,Z11;	4580	67
52	E	14	13:40	22:25	520	s22,E1,Z10;s23,E1,Z20;s53,E1,Z2;s52,E4s,Z6; s53,E4s,Z7;s53,E4n,Z8;s53,E8,Z2;s57,E8,Z2;	4560	57
53	W	1	21:10	22:35	85	s54,W4,Z1;s55,W5,Z7;s56,W5,Z22; s57,W5,Z25;s58,W5,Z3;	4640	58
54	W	7	19:45	22:40	170	s47,W3,Z2;s47,W4,Z1;s47,W6f,Z3;s49,W7,Z5; s55,W7,Z3;s58,W7,K55;	2220	69
55	N	2	21:5	22:58	113	s53,N1,Z17;s53,N2,Z5;s59,N2&3,Z4;	2080	26
56	W	4	20:15	23:3	163	s49,W1,Z4;s54,W1,Z8;s55,W1,Z4;s57,W2,Z9; s57,W3,Z1;s57,W4,Z10;s59,W4,Z20;s59,W6f,Z4;	4800	60
57	W	3	21:40	23:28	108	s55,W2,Z2;s56,W2,Z18;s55,W3,Z6; s56,W3,Z13;s55,W4,Z8;s60,W5,Z12;	4720	59
58	W	8	21:10	24:8	178	s54,W5,Z7;s54,W6f,Z18;s56,W6f,Z1; s57,W6f,Z2;s60,W7,K10;s62,W7,Z22;	4200	60
59	W	5	22:35	24:58	143	s58,W1,Z1;s59,W1,Z14;s63,W1,Z12;s63,W2,Z1; s63,W3,Z2;s64,W3,Z2;s63,W5,Z4; s64,W5,Z15;s63,W6f,Z1;	4160	52
60	N	6	22:35	25:10	155	s58,N1,Z4;s60,N1,Z15;s62,N1,Z1;s66,N1,Z9; s66,N2,Z5;s66,N2&3,Z6;s66,N3&4,Z2;	3360	42

61	W	1	24:58	26:5	67	s64,W2,Z24;s69,W4,Z4;s69,W5,Z4;s69,W6c,Z2;	2720	34
62	N	2	23:28	26:45	197	s61,N1,Z35;s60,N2,Z2;s61,N2,Z8;s60,N2&3,Z1; s61,N2&3,Z3;s60,N3&4,K5;s61,N3&4,Z6; s61,N5,K1;s62,N5,K5;s71,N5,K3;	4680	69
63	W	3	24:8	27:5	177	s62,W4,Z2;s63,W4,Z28;s64,W7,Z6; s69,W7,Z5;s73,W7,K15;	3580	56
64	S	9	21:5	28:25	440	s53,S3&4,Z1;s59,S3&4,Z3;s63,S3&4,Z4; s73,S3&4,Z12;s71,S6,Z1;s73,S6,K7; s73,S6,Z1;s79,S6,Z8;	2540	37
65	W	1	29:10	29:15	5	s82,W1,Z15;s81,W2,Z6;s82,W2,Z18; s82,W3,Z3;s81,W4,Z1;s82,W4,Z4;s82,W6f,Z5; s81,W6c,Z1;s81,W7,K5;s82,W7,K7;	4480	65
66	S	7	22:58	29:45	407	s59,S1,Z5;s73,S1,Z23;s79,S1,Z24; s83,S3&4,Z5;s83,S6,K10;	4760	67
67	W	2	28:25	29:50	85	s79,W1,Z10;s84,W2,Z12;s83,W3,Z1;s84,W3,Z3; s84,W4,Z2;s83,W5,Z7;s84,W6c,Z5;	3200	40
68	W	3	27:30	29:55	140	s75,W2,Z15;s75,W3,Z6;s80,W3,Z5;s80,W4,Z9; s80,W7,K3;s84,W7,K6;	2980	44

### 13.2 下行线全部新发列车信息

表格说明：

发车号：除去无调车后各列车按到达时间顺序的编号；

编组道：编组场 36 条轨道的序号；

首编：开始占用编组轨道的时间（即该新列车第一组车解体完成时间）；

转出：新编列车从编组场驶出的时间；

编组中时：列车进入编组场至编组成新列车后驶出编组场的时间；

新列车组成信息示例：

xd4,E2,Z1：表示下行线 6:00 已有的 xd4 号车，E2 方向，重车 1 辆；

x26,S6,K15：表示下行线 x26 号车，S6 方向，空车 15 辆。

注释：E4s 表示 E4 以南；E4n 表示 E4 以北；E5f 表示 E5 以远；E5c 表示 E5 以近

S2f 表示 S2 以远；S3f 表示 S3 西及以远；S3&4 表示 S3 与 S4 间；S4&5 表示 S4 与 S5 间

W6f 表示 W6 以远；W6c 表示 W6 以近；N2&3 表示 N2 与 N3 间；N3&4 表示 N3 与 N4 间；

发车号	方向	编组道	首编	转出	编组中时	新列车组成信息	总重	节数
1	E	1	7:0	7:30	30	xd5,E1,Z3;xd3,E1,Z3;xd7,E2,Z2;xd4,E2,Z1; xd7,E3,Z4;xd4,E3,Z2;xd7,E4s,Z2;xd4,E4s,Z3; xd7,E4n,Z1;xd4,E4n,Z3;xd7,E5f,Z5; xd4,E5f,K1;xd4,E5f,Z1;xd7,E5c,K2; xd4,E5c,Z2;xd4,E6,Z3;xd7,E7,Z3; xd4,E7,Z1;xd7,E8,Z1;	3260	43
2	E	2	6:30	7:35	60	xd1,E2,Z2;xd2,E2,Z2;xd1,E3,Z3;xd2,E3,Z2; xd1,E4s,Z5;xd2,E4s,K4;xd2,E4s,Z4;xd1,E4n,Z2; xd2,E4n,Z1;xd1,E5f,Z3;xd1,E5c,Z1;xd2,E5c,Z3; xd1,E6,Z2;xd2,E6,Z2;xd1,E7,K2;xd2,E7,Z3; xd1,E8,Z2;xd4,E8,Z2;	3240	45
3	S	3	6:30	7:40	60	xd1,S1,Z2;xd2,S2f,Z12;xd1,S3f,Z3;xd2,S3f,K3; xd2,S3f,Z1;xd1,S3&4,Z1;xd2,S3&4,Z2; xd1,S4&5,K2;xd1,S4&5,Z1;xd2,S4&5,Z3; xd1,S6,Z1;xd2,S6,Z1;xd5,S6,Z2;xd4,S6,Z2;	2580	36
4	S	4	7:0	8:0	60	xd5,S1,Z6;xd3,S1,Z2;xd7,S1,Z6;xd4,S1,Z4; xd7,S2f,K3;xd4,S2f,Z4;xd7,S3f,Z2;xd4,S3f,Z5; xd7,S3&4,K3;xd7,S3&4,Z1;xd4,S3&4,Z2; xd8,S3&4,Z1;xd6,S3&4,Z2;	2920	41
5	E	5	6:30	8:5	90	xd1,E1,Z2;xd2,E1,Z1;xd5,E2,Z4;xd3,E2,Z1; xd5,E3,Z6;xd3,E3,Z1;xd5,E4s,Z1; xd3,E4s,Z6;xd5,E4n,Z2;xd3,E4n,Z2; xd5,E5f,Z2;xd3,E5f,Z3;xd5,E5c,Z3; xd3,E5c,Z2;xd5,E6,K5;xd3,E6,K2;xd3,E6,Z2;	3740	52



						xd5,E7,Z2;xd3,E7,Z1;xd5,E8,Z1; xd3,E8,Z2;xd8,E8,Z1;		
6	W	1	8:0	8:10	5	xd6,W1,Z5;xd6,W2,Z4;xd6,W3,Z2; xd6,W4,Z3;xd6,W6f,Z3;	1360	17
7	E	2	8:0	8:40	40	xd6,E1,Z10;xd8,E2,Z4;xd6,E2,Z2;xd8,E3,Z2; xd6,E3,Z2;xd8,E4s,Z1;xd6,E4s,Z1; xd8,E4n,Z1;xd6,E4n,Z3;xd8,E5f,K3; xd8,E5f,Z3;xd6,E5f,Z1;xd8,E5c,Z1; xd8,E6,Z2;xd8,E7,K2;x3,E7,K8;	2900	46
8	W	1	8:40	8:50	10	x5,W1,Z1;x3,W2,Z1;x5,W2,Z24;x5,W3,Z4; x3,W4,Z3;x5,W4,Z4;x3,W5,Z8;	3600	45
9	E	6	7:30	8:55	80	xd4,E1,Z2;xd8,E1,Z3;x4,E1,Z4;x5,E1,Z7; x3,E2,Z3;x4,E3,Z1;x4,E4s,Z15;x5,E4s,Z4; x4,E4n,Z10;x3,E6,K3;	3980	52
10	W	7	6:30	9:20	170	xd1,W1,Z3;xd1,W2,Z4;xd2,W2,Z2;xd1,W3,Z2; xd2,W3,Z3;xd1,W4,Z2;xd2,W4,K2;xd1,W5,K2; xd1,W5,Z1;xd2,W5,Z2;xd1,W6f,Z3;xd2,W6f,Z1; xd1,W6c,Z4;xd2,W6c,Z2;xd1,W7,Z1;xd7,W7,K2; xd6,W7,Z1;x7,W7,K3;	2660	40
11	S	3	8:0	9:40	100	xd6,S1,Z5;xd8,S2f,Z5;xd6,S2f,Z4;xd8,S3f,Z2; x3,S3f,Z1;x6,S3f,Z10;x8,S3f,Z20;x8,S3&4,Z9; x8,S4&5,K12;	4720	68
12	W	8	6:30	9:45	190	xd2,W1,Z2;xd7,W1,Z3;xd7,W2,Z6;xd7,W3,K5; xd7,W3,Z2;xd7,W4,Z2;xd7,W5,Z3;xd7,W6f,K3; xd7,W6f,Z1;xd7,W6c,Z2;xd6,W6c,Z1; x8,W6c,Z21;x8,W7,K1;	3620	52
13	S	9	6:30	10:0	210	xd2,S1,Z2;xd1,S2f,Z4;xd5,S2f,Z4;xd3,S2f,Z3; xd5,S3f,Z2;xd3,S3f,Z1;xd5,S3&4,Z1; xd3,S3&4,Z10;xd5,S4&5,Z2;xd3,S4&5,K3; xd3,S4&5,Z1;xd4,S4&5,Z4;xd8,S4&5,K4; xd8,S4&5,Z3;xd6,S4&5,Z3;xd8,S6,K5; xd6,S6,Z4;x10,S6,Z3;	4000	59
14	S	10	8:0	10:10	130	xd8,S1,Z5;x3,S1,Z14;x4,S2f,Z7;x6,S2f,Z13; x7,S2f,Z17;x11,S2f,Z4;	4800	60
15	E	1	10:10	10:20	10	x14,E1,Z14;x11,E2,Z19;x14,E2,Z25;	4640	58
16	E	2	9:10	10:25	70	x6,E4s,Z9;x7,E4s,Z23;x9,E4n,Z3; x9,E5f,Z1;x9,E8,K3;x14,E8,Z2;	3100	41
17	E	3	10:0	10:40	40	x11,E3,Z1;x11,E4n,Z3;x14,E5c,Z7; x10,E8,Z47;x12,E8,Z1;	4720	59
18	E	4	9:10	10:45	90	x6,E2,Z7;x7,E2,Z13;x6,E3,Z8;x7,E4s,K10; x11,E4s,Z14;x12,E4n,Z11;	4440	63
19	N	11	7:30	10:50	190	xd4,N1,Z2;xd4,N2,K2;xd4,N2,Z1;xd4,N2&3,Z6; xd4,N3&4,Z5;xd8,N3&4,Z5;x4,N3&4,Z9; x9,N3&4,Z3;x12,N3&4,Z4;	2840	37
20	E	5	9:40	11:50	130	x9,E1,Z21;x9,E2,Z4;x9,E3,Z4;x9,E4s,Z2; x16,E6,Z4;x18,E7,Z7;x19,E8,Z3;x18,E8,Z2;	3760	47
21	E	6	10:10	12:40	150	x11,E1,Z1;x19,E1,Z24;x19,E2,Z5;x19,E5f,Z6; x18,E5f,Z2;x18,E5c,Z4;x18,E6,Z6;x21,E6,Z6;	4320	54
22	W	1	11:50	13:0	70	x18,W1,Z3;x18,W2,Z5;x20,W3,Z6;x20,W5,Z3; x18,W6f,K10;x18,W6c,K7;x22,W7,Z12;	2660	46
23	S	2	11:0	13:40	160	x16,S1,Z15;x17,S1,Z23;x17,S2f,Z6; x16,S3&4,Z5;x21,S3&4,Z5; x23,S3&4,K8;x24,S3&4,Z4;	4800	66
24	S	7	10:20	14:0	220	x12,S2f,Z3;x14,S4&5,K10;x16,S4&5,Z3; x16,S6,Z10;x20,S6,Z6;x23,S6,K8;x26,S6,K15;	2420	55
25	N	12	7:0	14:5	420	xd5,N1,Z3;xd3,N1,Z2;xd5,N2,Z3;xd3,N2,Z4; xd5,N2&3,Z1;xd3,N2&3,K2;xd3,N2&3,Z3; xd5,N3&4,Z3;xd3,N3&4,Z3;xd5,N5,Z1; xd3,N5,Z2;xd8,N5,Z3;x4,N5,Z1;x8,N5,Z3; x9,N5,K4;x11,N5,Z5;x26,N5,Z12;	4040	55
26	S	3	11:0	14:50	230	x16,S2f,Z12;x19,S2f,Z12;x18,S3&4,Z4; x18,S4&5,Z5;x22,S4&5,Z7;x24,S4&5,Z5; x29,S4&5,Z10;x30,S4&5,K8;	4560	63

27	E	8	10:40	14:55	250	x12,E2,Z2;x21,E2,Z5;x23,E2,Z7;x30,E2,Z2; x30,E3,Z12;x30,E4n,Z12;x29,E6,Z3;x30,E6,Z8;	4080	51
28	E	9	10:40	15:0	250	x12,E1,Z2;x12,E3,Z5;x12,E4s,Z15;x19,E4s,Z3; x21,E4s,Z6;x21,E4n,Z5;x24,E5f,K7;x24,E5c,Z8; x30,E5c,Z8;x30,E8,Z3;	4540	62
29	E	1	13:20	15:15	115	x23,E1,Z2;x30,E1,Z4;x34,E2,Z15; x34,E3,Z12;x34,E4s,Z7;	3200	40
30	S	4	11:50	15:20	205	x20,S1,Z12;x20,S2f,Z25;x18,S3f,Z4;x23,S3f,Z7; x24,S3f,Z5;x29,S3&4,Z1;x34,S3&4,Z1; x34,S4&5,Z1;x34,S6,K8;	4640	64
31	E	10	11:30	15:25	225	x19,E3,Z2;x21,E3,Z12;x23,E4s,Z8;x23,E4n,Z8; x24,E4n,K10;x23,E5f,Z12;x24,E7,Z5; x24,E8,Z4;x29,E8,Z2;x34,E8,K7;	4580	70
32	W	1	15:40	15:45	5	x35,W1,Z4;x35,W3,Z3;x35,W4,Z1; x35,W5,Z3;x35,W6c,Z5;	1280	16
33	N	13	8:30	16:10	460	x3,N1,Z1;x4,N1,Z2;x4,N2,Z1;x6,N2,Z1; x12,N2,Z5;x17,N2,Z7;x26,N2,Z10; x26,N2&3,Z5;x37,N2&3,Z8;x37,N5,Z4;	3520	44
34	N	14	8:0	16:15	490	xd8,N1,Z2;xd8,N2,Z2;xd8,N2&3,Z3;x9,N2&3,Z1; x11,N2&3,Z3;x12,N2&3,Z2;x17,N2&3,K10; x17,N3&4,K1;x26,N3&4,Z7; x37,N3&4,Z10;x37,N5,K3;	2680	44
35	S	5	12:40	16:30	230	x21,S2f,Z12;x24,S2f,Z2;x29,S2f,Z7;x34,S2f,Z14; x35,S2f,Z13;x35,S3f,Z1;x35,S3&4,Z2; x37,S6,Z2;x40,S6,Z5;	4640	58
36	S	6	13:40	16:55	195	x24,S1,Z22;x29,S1,Z12;x29,S3f,Z9;x34,S3f,Z1; x40,S3f,Z2;x40,S3&4,Z3;x41,S4&5,Z7;	4480	56
37	W	11	12:40	17:0	255	x21,W1,Z3;x22,W2,Z15;x22,W3,Z4;x22,W4,Z7; x22,W6f,Z6;x29,W6f,K15;x35,W6f,Z2;x41,W6f,Z4;	3580	56
38	S	2	15:40	17:38	118	x35,S1,Z5;x40,S1,Z21;x40,S2f,Z15; x43,S2f,Z10;x44,S2f,Z1;x43,S3f,Z2;	4320	54
39	N	15	9:40	17:43	478	x9,N1,Z7;x12,N1,Z2;x17,N1,Z12;x37,N2,Z6; x42,N2,K10;x42,N2&3,K6; x43,N2&3,K21;x44,N2&3,Z6;	3380	70
40	W	7	14:30	19:12	284	x29,W2,Z6;x41,W2,Z12;x41,W4,Z3; x44,W5,Z7;x45,W5,Z8;x45,W6f,Z1; x45,W6c,Z1;x47,W7,K7;x53,W7,Z7;	3740	52
41	E	3	15:40	19:17	208	x35,E3,Z4;x35,E7,K7;x35,E8,Z2;x37,E8,Z3; x41,E8,K10;x42,E8,Z2;x45,E8,Z20; x47,E8,Z2;x51,E8,Z16;x48,E8,K3;	4320	69
42	E	1	16:55	19:28	153	x42,E1,Z2;x46,E3,Z2;x43,E4s,Z12; x44,E4n,Z12;x46,E4n,Z13;x46,E5c,Z13; x54,E5c,Z2;x48,E6,K1;x48,E7,Z2;	4660	59
43	S	2	17:45	19:55	130	x46,S3&4,Z8;x45,S3&4,Z2;x45,S4&5,Z4; x47,S4&5,Z3;x47,S6,Z2;x51,S6,Z20; x48,S6,Z3;x53,S6,Z2;x56,S6,K5;	3620	49
44	E	4	16:10	20:0	225	x37,E2,Z5;x37,E3,Z1;x37,E4s,Z7;x37,E4n,Z1; x37,E5f,Z1;x40,E6,K5;x42,E6,Z17;x51,E6,Z4; x56,E6,Z8;x56,E7,Z12;x56,E8,K9;	4760	70
45	W	5	18:38	21:18	160	x47,W1,Z5;x47,W2,Z13;x48,W2,Z8;x48,W3,Z8; x53,W3,Z10;x48,W5,Z5;x61,W7,K3;	3980	52
46	W	6	18:8	21:48	220	x45,W2,Z11;x58,W2,Z1;x59,W2,Z11;x59,W3,Z9; x63,W3,Z6;x59,W5,Z8;x63,W6f,Z7;x59,W6c,Z1;	4320	54
47	W	8	16:55	21:53	290	x41,W1,Z16;x44,W3,Z21;x45,W3,Z9;x47,W3,Z1; x47,W4,Z2;x58,W4,Z7;x61,W4,Z1;x59,W6f,Z1;	4640	58
48	E	9	16:55	21:58	293	x42,E3,Z12;x42,E4s,Z4;x46,E4s,Z1;x46,E5f,Z3; x48,E5f,K23;x54,E5f,Z2;x63,E5f,Z2;x59,E8,Z22;	4140	69
49	E	10	16:55	22:3	293	x42,E2,Z15;x43,E3,Z13;x57,E3,Z12;x58,E4s,Z2; x61,E4s,Z4;x63,E4s,Z12;	4640	58
50	E	11	17:45	22:15	270	x46,E1,Z16;x56,E1,Z15;x56,E2,Z8;x57,E2,Z13; x63,E3,Z3;x62,E4s,Z5;	4800	60
51	N	16	14:0	22:20	495	x26,N1,Z16;x37,N1,K9;x44,N1,Z2;x43,N2,Z1; x54,N2,Z12;x54,N5,K8;x57,N5,K13;x59,N5,K1; x59,N5,Z3;x62,N5,K3;	3400	68

52	E	12	18:38	22:45	247	x47,E2,Z4;x51,E3,Z5;x54,E3,Z14;x56,E3,Z4; x56,E4s,Z1;x56,E4n,Z2;x63,E4n,Z8;x62,E4n,Z4; x62,E8,Z7;x65,E8,Z6;	4400	55
53	S	13	18:38	22:50	247	x47,S3f,Z3;x51,S3f,Z1;x47,S3&4,Z1;x48,S3&4,Z9; x53,S3&4,Z4;x53,S4&5,Z9;x57,S4&5,K8; x59,S4&5,Z4;x62,S6,Z11;x65,S6,Z2;	3680	52
54	S	14	18:38	23:15	277	x47,S1,Z4;x53,S1,Z2;x57,S2f,Z10;x58,S2f,Z1; x61,S2f,Z7;x65,S2f,Z19;x65,S3f,Z9; x66,S3&4,Z2;x66,S4&5,Z3;	4560	57
55	S	15	18:45	23:45	300	x51,S2f,Z12;x48,S2f,Z4;x53,S2f,Z16;x48,S3f,Z3; x53,S3f,Z1;x57,S3f,Z2;x68,S3f,Z6; x68,S4&5,Z14;x68,S6,Z1;	4720	59
56	E	1	22:45	26:42	237	x65,E2,Z1;x65,E3,Z2;x66,E3,Z1;x66,E4s,Z24; x66,E4n,Z9;x66,E5f,Z3;x68,E8,Z7;x82,E8,Z7;	4320	54
57	S	2	21:45	26:47	297	x63,S3f,Z16;x59,S3&4,Z2;x65,S4&5,Z2; x74,S4&5,Z5;x74,S6,Z4;x82,S6,Z11;	3200	40
58	N	3	19:28	26:52	434	x54,N1,Z22;x57,N1,Z1;x58,N1,Z2;x58,N2&3,Z6; x62,N2&3,Z1;x62,N3&4,Z3;x66,N3&4,Z5; x82,N3&4,Z3;x82,N5,K3;	3500	46
59	W	4	22:45	27:2	257	x65,W2,Z3;x65,W3,Z3;x65,W5,Z5;x65,W6f,Z2; x65,W7,Z1;x68,W7,K5;x74,W7,K8;x83,W7,Z22;	3140	49
60	S	5	23:45	27:53	248	x68,S2f,Z1;x74,S3f,Z23;x74,S3&4,Z3; x87,S3&4,Z16;x87,S6,Z16;	4720	59
61	S	6	23:45	28:35	290	x68,S1,Z25;x74,S1,Z5;x74,S2f,Z12;x83,S2f,Z6; x83,S3&4,Z3;x87,S4&5,Z3;x90,S6,K10;	4520	64
62	S	1	28:55	29:50	55	x91,S1,Z20;x91,S2f,Z3;x91,S3f,Z5; x95,S3&4,Z21;x95,S6,Z10;	4720	59
63	E	24	16:10	28:50	745	x62,E4s,Z5;x82,E4s,Z5;x62,E4n,Z4;x37,E5f,Z1; x90,E5c,Z2;x48,E6,K1;x56,E6,Z8;x47,E8,Z2;	2180	28
64	S	1	28:55	29:50	55	x91,S1,Z20;x91,S2f,Z3;x91,S3f,Z5; x95,S3&4,Z21;x95,S6,Z10;	4720	59

## 14 附录 B (程序)

### 14.1 Lingo 程序段

(全部程序见光盘 Code/L 目录, 调试环境为 LINGO 11.0 x64)

```

模型 I 求解
Sets:
  A/1..2/:ab;
  B/1..68/:AA,T;
  L(A,B):x,q;
endsets
Data:
  AA=@file('Tui_S\A.txt');
  T=@file('Tui_S\T.txt');
@text()=@write('x1=',@newline(1));
@text()=@writefor(B(j)|x(1,j)#gt#0.1:j,',');
@text()=@write(' ',@newline(2),'x2=',@newline(1));
@text()=@writefor(B(j)|x(2,j)#gt#0.1:j,',');
enddata
max=@sum(L:x)
-0.0001*@sum(L(i,j):x(i,j)*T(j)+q(i,j));
!+0.000001*@sum(B(j):x(2,j)*T(j));
!@sum(B(j):x(1,j)*T(j))>=@sum(B(j):x(2,j)*T(j));
@for(B(j):

```

```

@sum(A(i):x(i,j))<=1);

@for(B(j)|j#lt#@size(B):
@sum(A(i):x(i,j))>=@sum(A(i):x(i,j+1)));

@for(A(i):
@sum(B(j):x(i,j)*T(j)+q(i,j))<=1440);

@for(A(i):
@for(B(j)|j#gt#1:
@sum(B(k)|k#lt#j:x(i,k)*T(k)+q(i,k))
>=AA(j);
@sum(B(k)|k#lt#j:x(i,k)*T(k)+q(i,k))+x(i,j)*T(j)
<=AA(j)+160;
);
);

@for(L:@bin(x));

```

## 模型 II 求解

```

model:
sets:
A/1..8/:;
B/1..117/:w, t, m;
L(A,B):F;
! R(B,B)/@file('L1-1\tt_idx.txt')/:tt;

endsets

data:
w=@file('L1-1\w.txt');
t=@file('L1-1\t.txt');
m=@file('L1-1\m.txt');
! tt=@file('L1-1\tt.txt');
beta=550;
alpha=20;
enddata

max=@sum(L(i,j):F(i,j));

@for(L(i,j):
@for(B(k)|k#gt#j#and#t(k)-t(j)#gt#beta:f(i,k)+f(i,j)<=1);
@for(B(k)|k#gt#j#and#t(k)#lt#t(j)-alpha:f(i,k)+f(i,j)<=1);
);
!@for(A(i):
@for(R(j,k)|tt(j,k)#gt#60:f(i,j)+f(i,k)<=1));
@for(A(i):
@sum(B(j):F(i,j)*m(j))<=70;
@sum(B(j):F(i,j)*w(j))<=4800;
);
@for(B(j):
@sum(A(i):F(i,j))<=1;
);
@for(B(j)|t(j)+beta#lt#1440:
@sum(A(i):F(i,j))>=1;
);
@for(L:@bin(F));
END

```

## 14.2 Matlab 数据与处理程序段

(全部程序见光盘 Code/M 目录, 调试环境为 MATLAB 2008A 7.6 x64)

### ANS\_Creat1

```
s_BZ=0;
Readdatal
S_ans={0};
ttt=0;
MMMM={'E1','E2','E3','E4s','E4n','E5f','E5c','E6','E7','E8','S1','S2f',
'S3f','S3&4','S4&5','S6','W1','W2','W3','W4','W5','W6f','W6c','W7','N1',
'N2','N2&3','N3&4','N5'};
%% E

Tuifengl
[t_w,t_t,t_m,ind]=fun1(s_A_t,s_m,s_m_k,s_m_z,1);
fidl=fopen('ans1-1/1.txt','r');
Readans1
s_BZ=BZ;

for i=1:size(BZ,2)
    ttt=ttt+1;
    S_ans{ttt,1}=F_ans(F_ans(:,1)==i,[3 4 5 6 7]);
    S_ans{ttt,1}(:,2)=S_ans{ttt,1}(:,2)+0;
end
%% S

Tuifengl
[t_w,t_t,t_m,ind]=fun1(s_A_t,s_m,s_m_k,s_m_z,2);
fidl=fopen('ans1-1/2.txt','r');
Readans1
s_BZ(:,end+1:end+size(BZ,2))=BZ;

for i=1:size(BZ,2)
    ttt=ttt+1;
    S_ans{ttt,1}=F_ans(F_ans(:,1)==i,[3 4 5 6 7]);
    S_ans{ttt,1}(:,2)=S_ans{ttt,1}(:,2)+10;
end
%% W 1-19

Tuifengl
    s_A_t(40:end,:)=[];
    s_A_t(20:39,:)=[];
[t_w,t_t,t_m,ind]=fun1(s_A_t,s_m,s_m_k,s_m_z,3);
fidl=fopen('ans1-1/3-1-19.txt','r');
Readans1
s_BZ(:,end+1:end+size(BZ,2))=BZ;

for i=1:size(BZ,2)
    ttt=ttt+1;
    S_ans{ttt,1}=F_ans(F_ans(:,1)==i,[3 4 5 6 7]);
    S_ans{ttt,1}(:,2)=S_ans{ttt,1}(:,2)+16;
end
%% W 20-39

Tuifengl
    s_A_t(40:end,:)=[];
    s_A_t(1:19,:)=[];
[t_w,t_t,t_m,ind]=fun1(s_A_t,s_m,s_m_k,s_m_z,3);
fidl=fopen('ans1-1/3-20-39.txt','r');
```

```

Readans1
s_BZ(:,end+1:end+size(BZ,2))=BZ;

for i=1:size(BZ,2)
    ttt=ttt+1;
    S_ans{ttt,1}=F_ans(F_ans(:,1)==i,[3 4 5 6 7]);
    S_ans{ttt,1}(:,2)=S_ans{ttt,1}(:,2)+16;
end
%% W 20-39

Tuifeng1
s_A_t(20:39,:)=[];
s_A_t(1:19,:)=[];
[t_w,t_t,t_m,ind]=fun1(s_A_t,s_m,s_m_k,s_m_z,3);
fidl=fopen('ans1-1/3-40-end.txt','r');
Readans1
s_BZ(:,end+1:end+size(BZ,2))=BZ;

for i=1:size(BZ,2)
    ttt=ttt+1;
    S_ans{ttt,1}=F_ans(F_ans(:,1)==i,[3 4 5 6 7]);
    S_ans{ttt,1}(:,2)=S_ans{ttt,1}(:,2)+16;
end
%% N

Tuifeng1
[t_w,t_t,t_m,ind]=fun1(s_A_t,s_m,s_m_k,s_m_z,4);
fidl=fopen('ans1-1/4.txt','r');
Readans1
s_BZ(:,end+1:end+size(BZ,2))=BZ;

for i=1:size(BZ,2)
    ttt=ttt+1;
    S_ans{ttt,1}=F_ans(F_ans(:,1)==i,[3 4 5 6 7]);
    S_ans{ttt,1}(:,2)=S_ans{ttt,1}(:,2)+24;
end
%% μ+Û ³ö·çÊ±çÏ£¨Ê¹μÃ·û°Ï±à×é³;μ½³ö·ç³;Ë³Ðð£©

N=zeros(size(s_BZ,2),4);
t=1:1440; t=t';
for j=1:size(s_BZ,2)
    tt=s_BZ(:,j).*t;
    N(j,1)=min(tt(tt~=0));
    N(j,2)=max(tt);
    if N(j,1)==N(j,2)
        N(j,2)=N(j,2)+5;
    end
end
end
%ÖÐÊ±ÓÀÏÈ
N(:,3)=N(:,2)-N(:,1);
[t,IX]=sort(N(:,3));
N=N(IX,:);
S_ans=S_ans(IX,:);

for i=1:length(N)
    for j=1:length(N)
        if i==j , continue ,end
        if abs(N(j,2)-N(i,2))<5
            if N(i,2)-N(j,2)>=0
                N(j,2)=N(j,2)+5+N(i,2)-N(j,2);
            end
        end
    end
end

```

```

        N(j,3)=N(j,3)+5+N(i,2)-N(j,2);
    else
        N(j,2)=N(j,2)+N(j,2)-N(i,2);
        N(j,3)=N(j,3)+N(j,2)-N(i,2);
    end
end
end
end
end

%% ·çÊ±ÓÃÏÈ
[t,IX]=sort(N(:,2));
N=N(IX,:);
S_ans=S_ans(IX,:);

%% plot
figure1 = figure('PaperSize',[20.98 29.68]);
axes1 = axes('Parent',figure1,...
    'YTickLabel',{'0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','10',
    '11','12','13','14','15','16','17','18','19','20','21','22',
    '23','24','25'},...
    'YTick',[0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
    160 170 180 190 200 210 220 230 240 250],...
    'YGrid','on',...
    'XTickLabel',{'06:00','07:00','08:00','09:00','10:00','11:00',
    '12:00','13:00','14:00','15:00','16:00','17:00','18:00','19:00',
    '20:00','21:00','22:00','23:00','00:00','01:00','02:00','03:00',
    '04:00','05:00','06:00','07:00'},...
    'XTick',[0 60 120 180 240 300 360 420 480 540 600 660 720 780
    840 900 960 1020 1080 1140 1200 1260 1320 1380 1440 1500]);
box('on');
GD=zeros(1500,36);

hold('all');
plot([0 0],[0 250])
MMM=['E','S','W','N'];
for j=1:size(s_BZ,2)
    for i=1:36
        if sum(GD(N(j,1):N(j,2),i))==0
            GD(N(j,1):N(j,2),i)=1;
            N(j,4)=i;
            rectangle('Parent',axes1,'Position',
[N(j,1),i*10,N(j,2)-N(j,1),5],...
                'Curvature',[0,0],...
                'FaceColor',[0.87 0.92 0.98])
            text('Parent',axes1,'String',...
                strcat('·ç',num2str(j),'/' ,
MMM(MM(S_ans{j,1}(1,2))))),...
                'Position',[N(j,1),i*10+2.5,0],'FontSize',8)
            ylabel('ÉÏÐ±à×é³;¹ÊµÀ±à°Å',
'FontSize',12,'FontName','oUÏâ');
            break
        end
    end
end
end

%% Êä³Ö×ÏÖ±"±í
s_OUT(1:size(s_BZ,2),1:9)={0};
S{80}='Z';
S{20}='K';
for i=1:size(s_BZ,2)

```

```

s_OUT{i,1}=i;%·ç³µ°Ä
s_OUT{i,2}=MMM(MM(S_ans{i,1}(1,2)));%·½İð
s_OUT{i,3}=N(i,4);%±à×éµÄ
s_OUT{i,4}=strcat(num2str(floor(N(i,1)/60)+6),
' ',num2str(N(i,1)-floor(N(i,1)/60)*60));%çª±à
s_OUT{i,5}=strcat(num2str(floor(N(i,2)/60)+6),
' ',num2str(N(i,2)-floor(N(i,2)/60)*60));%Ä-³ö
s_OUT{i,6}=N(i,3);%±à×éÖÐÊ±
%×é³ÊÐÄİç
s_OUT{i,7}='';
for j=1:size(S_ans{i,1},1)
    s_OUT{i,7}=strcat(s_OUT{i,7},' ',num2str(S_ans{i,1}(j,1))
, ', ',MMM(S_ans{i,1}(j,2)),' ',S{S_ans{i,1}(j,3)/S_ans{i,1}(j,4)}
,num2str(S_ans{i,1}(j,4)),' ');
end
s_OUT{i,8}=sum(S_ans{i,1}(:,3));
s_OUT{i,9}=sum(S_ans{i,1}(:,4));
end

%% ³ö·ç³;°²ÄÄ

```

## fun1

```

function [t_w,t_t,t_m,ind]=fun1(s_A_t,s_m,s_m_k,s_m_z,c)
a=[1 11 17 25];
b=[10 16 24 29];
s_m=s_m(s_A_t(:,2),a(c):b(c));
s_m_k=s_m_k(s_A_t(:,2),a(c):b(c));
s_m_z=s_m_z(s_A_t(:,2),a(c):b(c));
t_w=zeros(sum(sum(s_m~=0)),1);
t_t=zeros(sum(sum(s_m~=0)),1);
t_m=zeros(sum(sum(s_m~=0)),1);
ind=zeros(sum(sum(s_m~=0)),5);
t=0;
for j=1:size(s_m,2)
    for i=1:size(s_m,1)
        if s_m_k(i,j)~=0

            t=t+1;
            t_w(t,1)=20*s_m_k(i,j);
            t_t(t,1)=s_A_t(i,1);
            t_m(t,1)=s_m_k(i,j);
            ind(t,:)=[s_A_t(i,2) j t_w(t,1) t_m(t,1) s_A_t(i,1)];

        end
        if s_m_z(i,j)~=0

            t=t+1;
            t_w(t,1)=80*s_m_z(i,j);
            t_t(t,1)=s_A_t(i,1);
            t_m(t,1)=s_m_z(i,j);
            ind(t,:)=[s_A_t(i,2) j t_w(t,1) t_m(t,1) s_A_t(i,1)];

        end
    end
end
end
S=strcat('L1-',num2str(c));
fid1 = fopen(strcat(S,'\w.txt'),'w');
fid2 = fopen(strcat(S,'\t.txt'),'w');
fid3 = fopen(strcat(S,'\m.txt'),'w');
%fid4 = fopen(strcat(S,'\tt_idx.txt'),'w');
for i=1:length(t_w)

```



```

fprintf(fid1, '%5.0f\n', t_w(i,1));
fprintf(fid2, '%5.0f\n', t_t(i,1));
fprintf(fid3, '%5.0f\n', t_m(i,1));
end
fclose(fid1);
fclose(fid2);
fclose(fid3);

```

## Readdata1

```

%% Read ĒİĐĐ
MM=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 2 2 2 2 2 2 3 3 3 3 3
3 3 3 4 4 4 4 4];
t=0;
s_num=95; %ĒİĐĐİİİĒËŸĂ;
s_w=zeros(s_num,29); %ĒİĐĐ, ÖŦĂ;
s_m_z=zeros(s_num,29); %ĒİĐĐ, ÖŦ³µĂŸĒŸ
s_m_k=zeros(s_num,29); %ĒİĐĐ, ħŦ³µĂŸĒŸ
s_R=zeros(s_num,29); %ĒİĐĐ, ĒÇ·ñŸüŦĂ
s_J=zeros(s_num,29); %ĒİĐĐ, ĒÇ·ñŸĒŦŦ
[num, txt, raw] = xlsread('Data1.xls',1, 'UP');
[num_r, txt, raw_r] = xlsread('Data1.xls',2, 'JY_UP');
[num_J, txt, raw_J] = xlsread('Data1.xls',3, 'JZ_UP');
t=0;
for i=1:2:size(num,1)
    t=t+1;
    for j=1:29%ŦŦ³µ
        if ~isnan(raw{i,j})
            s_w(t,j)=80*raw{i,j};
            s_m_z(t,j)=raw{i,j};
        end
        if ~isnan(raw_r{i,j})
            s_R(t,j)=1;
        end
        if ~isnan(raw_J{i,j})
            s_J(t,j)=1;
        end
    end
end

for j=1:29%ħŦ³µ
    if ~isnan(raw{i+1,j})
        s_w(t,j)=s_w(t,j)+20*raw{i+1,j};
        s_m_k(t,j)=raw{i+1,j};
    end
    if ~isnan(raw_r{i+1,j})
        s_R(t,j)=1;
    end
    if ~isnan(raw_J{i+1,j})
        s_J(t,j)=1;
    end
end
end
s_A=zeros(s_num,1); %µŸ'îĒ±Ÿă
[num, txt, raw] = xlsread('Data1.xls',1, 'B6:B195');
num=num(~isnan(num));
for j=1:size(num,1)
    s_A(j,1)=str2double(datestr(num(j,1), 'HH'))*60 ...
        +str2double(datestr(num(j,1), 'MM'));
    if s_A(j,1)<=360&& j>40

```

```

        s_A(j,1)=s_A(j,1)+1440;
    end
end
end
%Ã¿³µ½âîâÊ+¼ä
Fang=zeros(size(s_w,1),1);
for i=1:size(s_w,1)
    Fang(i)=sign(sum(s_w(i,1:10)))*10+...
        sign(sum(s_w(i,11:16)))*10+...
        sign(sum(s_w(i,17:24)))*10+...
        sign(sum(s_w(i,25:29)))*10;
end
s_A(1:10,1)=360;
s_A=s_A-360;
%baiban
%{
s_A(1:50,:)=[];
s_w(1:50,:)=[];
s_m_z(1:50,:)=[];
s_m_k(1:50,:)=[];
s_R(1:50,:)=[];
s_J(1:50,:)=[];
Fang(1:50,:)=[];
s_num=50;
%}

%% îþµ÷³µ ½øÈë×ª·ç³;
%
id=1:s_num;
id=id-10;
id(51:end)=id(51:end)+1;
id=id';
id(Fang<=10,:)=[];
id(:,2)=1:length(id);
%}
s_w(Fang<=10,:)=[];
s_m_z(Fang<=10,:)=[];
s_m_k(Fang<=10,:)=[];
s_R(Fang<=10,:)=[];
s_J(Fang<=10,:)=[];
s_A(Fang<=10,:)=[];
s_m=s_m_k+s_m_z;
Fang(Fang<=10,:)=[];
s_num=length(Fang);

```

## Readans1

```

F_ans=0;
t=0;
while 1
    tline = fgetl(fid1);
    if ~ischar(tline), break, end
    if strcmp(tline,'')
        continue
    end
    t1=findstr(tline,'(');
    t2=findstr(tline,',');
    t3=findstr(tline,')');
    t=t+1;
    F_ans(t,1)=str2double(tline(t1+1:t2-1));
    F_ans(t,2)=str2double(tline(t2+1:t3-1));
end

```

```

fclose(fid1);
F_ans(:,3:7)=ind(F_ans(:,2),:);
BZ=zeros(1440,max(F_ans(:,1)));
t=zeros(max(F_ans(:,1)),3);
for i=1:size(t,1)
    if sum(F_ans(:,1)==i)~=0
        BZ(min(F_ans(F_ans(:,1)==i,7)):max(F_ans(F_ans(:,1)==i,7)),i)=1;
        t(i,3)=max(F_ans(F_ans(:,1)==i,7))-min(F_ans(F_ans(:,1)==i,7));
    end
end

for i=1:length(F_ans)
    t(F_ans(i,1),1)=t(F_ans(i,1),1)+F_ans(i,5);
    t(F_ans(i,1),2)=t(F_ans(i,1),2)+F_ans(i,6);
end

F_ans(:,3)=id(F_ans(:,3),1);

```

### Tuifeng1

```

T1=[1,5,6,8,9,11,13,14,16,17,18,20,21,24,25,27,29,30,33,35,36,37...
,40,42,44,49,56,57,58,59,60,63,64,66,];
T2=[2,3,4,7,10,12,15,19,22,23,26,28,31,32,34,38,39,41,43,45,46,47,...
48,50,51,52,53,54,55,61,62,65,67];
TF1=zeros(1440,1);
TF2=zeros(1440,1);
SD=[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,0,0];
s_A_t=0;%Ê»Êäà×é³;Ê±;Ï
SD_t=s_A;
SD_t(:)=0;%µ½`i³;°²ÅÅ
SD_t(1:10)=1:10;
t1=0;
for i=1:1440

    if TF1(i)==0
        if ~isempty(T1)
            if ismember(T1(1),SD)
                t1=t1+1;
                SD(SD==T1(1))=0;
                TF1(i:i+Fang(T1(1))-1)=T1(1);
                s_A_t(t1,1)=i+Fang(T1(1))-1;
                s_A_t(t1,2)=T1(1);
                T1(1)=[];
            end
        end
    end

    if TF2(i)==0
        if ~isempty(T2)
            if ismember(T2(1),SD)
                t1=t1+1;
                SD(SD==T2(1))=0;
                TF2(i:i+Fang(T2(1))-1)=T2(1);
                s_A_t(t1,1)=i+Fang(T2(1))-1;
                s_A_t(t1,2)=T2(1);
                T2(1)=[];
            end
        end
    end

    for j=1:s_num
        if s_A(j)==i

```

```

        if sum(SD==0)>=1
            for k=1:12
                if SD(k)==0
                    SD(k)=j;
                    SD_t(j)=k;
                    break
                end
            end
        else
            disp('μ½'i³;Âú')
        end
    end
end
end
TF=[TF1(:,1) TF2(:,1)];
% W ·½İð °x°à-Ò¹°à

% s_A_t(40:end,:)=[];
% s_A_t(20:39,:)=[];
% s_A_t(1:19,:)=[];

```