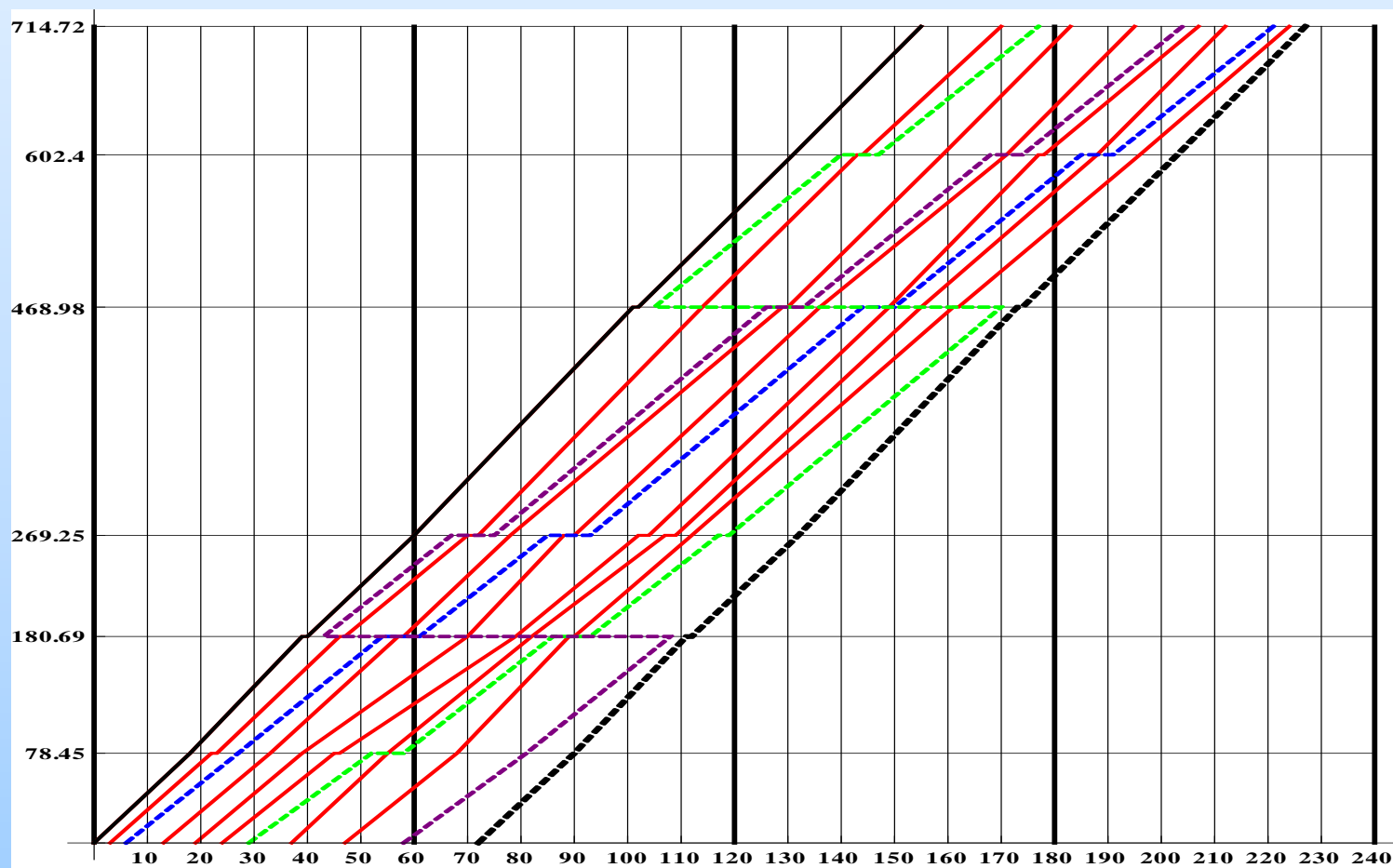


### (一) 高速铁路运行图问题的描述

高铁列车运行图指在铁路网上同时考虑各客运车站衔接区间各列车安全或作业时间间隔、区间运行时间、起停附加时间、天窗起止时间和最少停站时间的作业时间等标准的约束，确定列车开行方案中各次列车在各个车站出发、到达或通过时间，还要确保列车在合理时间域内始发和终到，在这些约束下使得各次列车总旅行时间最短，并且保证运行线间的鲁棒性，得到方案中各次列车运行轨迹的时间—空间图解。

## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

例1.某高速列车运行图，如下图所示，有7列快车3列车慢车：



## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

约束：

高速铁路列车运行图根据区段和线路实际情况的不同，需要考虑如下约束：

1. 车站间隔时间与越行约束。
2. 区间运行时间约束。
3. 停站时间约束。
4. 天窗时间约束。
5. 到发线约束
6. 机车数量约束
7. 其他约束

其中，约束1、2、3称为最基本的约束，此外，根据实际情况添加相应的约束，相应的模型的复杂程度会有所增加。

### (二) 最基本高速铁路运行图问题的数学模型:

目标函数: 
$$\min z = \sum_i^N [x_{im} - y_{i1}]$$

车站间隔时间与越行约束:

$$x_{ik} + a_k - y_{jk} \leq M(1 - \sum_{r=k} q_{ij}^r) (k = 2, 3, \dots, m-1)$$

$$y_{jk} + d_k - y_{ik} \leq M(\sum_{l=k+1}^m q_{ij}^l) (k = 2, 3, \dots, m-1)$$

$$i, j = 1, 2, \dots, N, i \neq j$$

## 第四章IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

区间运行时间约束:

$$x_{ik+1} - x_{ik} \geq r_{ik} + \beta_{ik} S_{ik} + \gamma_{ik+1} S_{ik+1} (i = 1, 2, \dots, N; k = 1, 2, \dots, m-1)$$

停站时间约束

$$y_{ik} - x_{ik} \geq w_{ik} (i = 1, 2, \dots, N; k = 2, 3, \dots, m-1)$$

越行对停站的改变

$$2S_{ik} \geq \theta_{ik} + \sum_j q_{ij}^k (i = 1, 2, \dots, N; k = 2, 3, \dots, m-1)$$

## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

### （三）计算机模型的**OPL**语言：

模型文件：

```
int nctrain=...; //200km/h动车组数量
int nhtrain=...; //300 km/h动车组数量
int nstation=...; //车站数
range station=1..nstation;
range section=1..nstation-1;
//range ctrain=1..nctrain;
range htrain=1..nctrain+nhtrain;
int a[station]=...; //车站高速列车到达间隔
int d[station]=...; //车站高速列车发车间隔
```

## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

### 模型文件（续）：

```
int r[htrain][section]=...; //不同列车在相应区间运行时间
int b[htrain][station]=...; //列车在车站停车附件时分
int c[htrain][station]=...; //列车在车站起车附件时分
int w[htrain][station]=...; //列车在车站的停站时间
int M=...;
//int e[htrain][station]=...;
dvar int+ x[htrain][station] in 0..1000; //列车到达车站时分，整数变量
dvar int+ y[htrain][station] in 0..1000; //列车车站出发时分，整数变量
dvar int+ q[htrain][htrain][station] in 0..1; //0-1变量，两列车是否在车站越
行，是取1，否为0
dvar int+ s[htrain][station] in 0..1; // 0-1变量，列车是否在车站要求停站，
是取1.否为0.
```

## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

### 数据文件:

例1: 假定2列中速列车, 1列高速列车, 5个车站。

数据文件编码为:

```
nctrain=2;  
nhtrain=1;  
nstation=5;  
a=[4,4,4,4,4];  
d=[3,3,3,3,3];  
r=[[24,8,20,38],[24,8,20,38],[16,6,13,25]];  
b=[[1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1]];  
c=[[2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2]];  
w=[[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0]];  
M=100000000;  
e=[[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0],[0,0,0,0,0]];
```



## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

### 例1求解结果:

// solution (optimal) with objective 240

x = [[0 24 32 52 90]

[0 28 36 56 94]

[0 54 60 73 98]]

y = [[0 24 32 52 90]

[4 28 36 56 94]

[38 54 60 73 98]]

## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

**例2：**假定3列中速列车，7列高速列车，7个车站。  
数据文件编码为：

```
/*中速列车数量*/  
nctrain=3;  
/*高速列车数量*/  
nhtrain=7;  
/*车站数量*/  
nstation=7;  
/*发车间隔时间*/  
a=[3,3,3,3,3,3,3];  
/*到达间隔时间*/  
d=[3,3,3,3,3,3,3];  
/*区间运行时间*/  
r=[[16,20,18,40,27,23],[16,20,18,40,27,23],[19,25,21,48,32,27],[16,20,18,  
40,27,23],[16,20,18,40,27,23],[16,20,18,40,27,23],[19,25,21,48,32,27],[1  
6,20,18,40,27,23],[16,20,18,40,27,23],[16,20,18,40,27,23]];
```

## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

数据文件编码（续）：

/\*停站附加时间\*/

```
b=[[1,1,1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1,1,1],  
[1,1,1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1,1,1],[1,1,1,1,1,1,1],  
[1,1,1,1,1,1,1]];
```

/\*启动附加时间\*/

```
c=[[2,2,2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2,2,2],  
[2,2,2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2,2,2],[2,2,2,2,2,2,2],  
[2,2,2,2,2,2,2]];
```

/\*停站时间矩阵\*/

```
w=[[0,0,1,0,1,0,0],[0,1,0,2,0,1,0],[0,0,1,2,1,0,0],[0,0,1,0,1,0,0],[0,0,0,2,0,0,0],  
[0,1,0,2,0,1,0],[0,1,1,2,1,1,0],[0,0,0,2,0,0,0],[0,0,1,0,1,0,0],[0,0,1,2,1,0,0],  
[0,0,0,2,0,0,0]];
```

```
M=100000000;
```

## 第四章 IBM ILOG CPLEX在高速铁路列车运行图编制中的应用

### 例2求解结果:

// solution (optimal) with objective 1606

x = [[0 17 39 59 101 129 152]	y = [[0 17 40 59 102 129 152]
[0 21 43 63 106 135 159]	[3 22 43 65 106 136 159]
[0 26 54 79 131 164 191]	[6 26 55 81 132 164 191]
[0 59 81 101 143 171 194]	[42 59 82 101 144 171 194]
[0 63 85 105 147 174 197]	[45 64 85 107 147 174 197]
[0 66 88 108 151 180 204]	[48 67 88 110 151 181 204]
[0 73 102 127 180 215 243]	[51 74 103 129 181 216 243]
[0 110 131 151 194 223 246]	[94 110 131 153 194 223 246]
[0 114 136 156 198 226 249]	[97 114 137 156 199 226 249]
[0 117 140 162 206 234 257]]	[100 117 141 164 207 234 257]]