最终结果：先看车次，再看里程差距

每种方式完整运行30分钟。柱长只表示相对久章定制算法的额外里程，0表示持平；右侧同时给出绝对里程与车次。

本次最终最短里程
24,348.389
km · 久章定制算法

最少车次
176
7种方式并列；OR-Tools为177

最佳混合方案相对基线
+51.764
km · 久章定制算法 + Gurobi

求解方式	额外里程 / km（越短越好）	总里程 / km	车次
久章定制算法	0.000	24,348.389	176
Gurobi	+51.764	24,400.153	176
HiGHS	+60.945	24,409.334	176
COPT	+63.302	24,411.691	176
SCIP	+67.429	24,415.818	176
CBC	+81.554	24,429.943	176
OR-Tools	+84.526	24,432.915	177
SeedMIP	+156.461	24,504.850	176

30分钟结论：久章定制算法同时取得最短里程与并列最少车次。混合方案的额外里程为51.764-156.461 km；这个结论仅适用于本次实例和完整算法配置。

数据：240个正式分钟快照；CBC采用第三次完整运行。所有混合方式均包含久章定制算法。

短时间内，谁给出的解更好?

固定比较第1、3、5、10分钟。车次与里程分开显示：蓝色表示较好，橙色表示较差；数值是判断依据，不使用加权总分。

A 车次：越少越好

	1 分钟	3 分钟	5 分钟	10 分钟
久章定制算法	179	178	178	178
Gurobi	179	179	179	179
COPT	179	178	178	178
OR-Tools	180	178	177	177
SeedMIP	180	178	178	178
SCIP	180	179	179	179
HiGHS	179	178	178	178
CBC	179	178	178	178

前15分钟以里程为第一目标；不同车次的解不能只按里程认定全面占优。

B 比同分钟最短里程多多少 / km

	1 分钟	3 分钟	5 分钟	10 分钟
久章定制算法	0.000	0.000	0.000	0.000
Gurobi	14.467	78.928	91.869	86.111
COPT	5.705	35.357	52.852	50.038
OR-Tools	45.286	87.387	72.077	57.347
SeedMIP	18.744	99.749	119.683	113.608
SCIP	74.120	37.285	64.775	68.227
HiGHS	50.726	34.439	33.873	28.425
CBC	58.285	78.160	75.027	51.000

各分钟最短绝对里程（均为久章定制算法）

1 分钟	3 分钟	5 分钟	10 分钟
24,672.718	24,454.088	24,420.819	24,411.211

第10分钟：OR-Tools为177车次，比久章定制算法少1车次；代价是多57.347 km。

数据：240个正式分钟快照；CBC采用第三次完整运行。所有混合方式均包含久章定制算法。

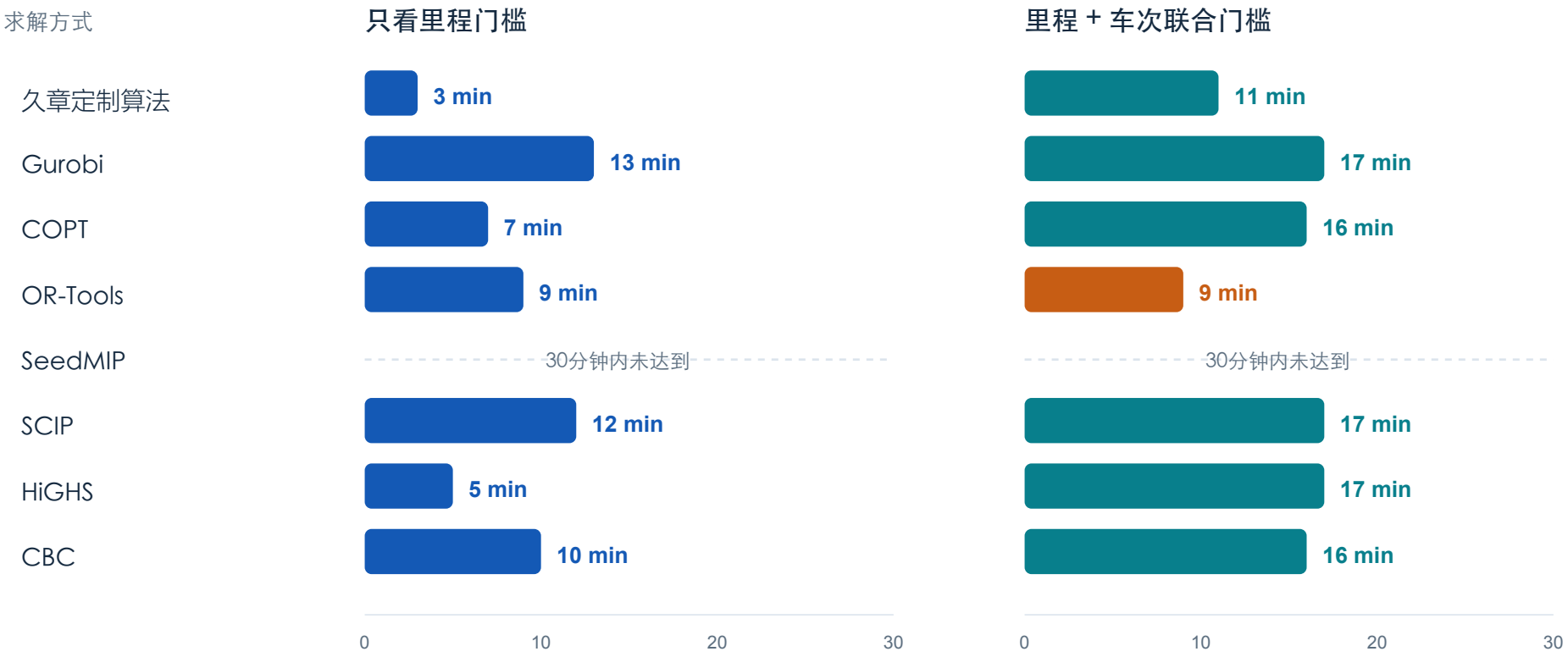
达到同一质量门槛，需要等多久?

使用事后设定的示例门槛回看收敛速度；更换门槛可能改变排序。这里只计首次记录达标的分钟，条形越短表示越早达到。

里程门槛：⩽ 24,470.131 km

即不超过本次最短最终里程24,348.389 km的100.5%。这不是相对全局最优解的gap。

联合门槛：在上述里程门槛基础上，再要求车次 ⩽ 177。



OR-Tools第9分钟首次达到联合门槛；久章定制算法第11分钟达到。

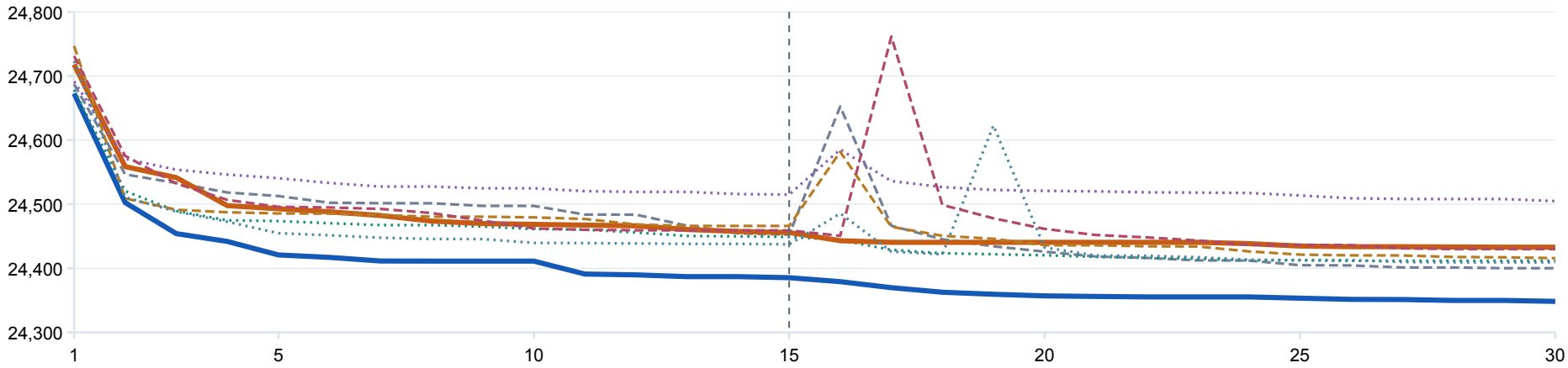
按每分钟记录，时间精度为1分钟；首次达标后可能因减车而短暂增加里程，不能视为持续达标。

数据：240个正式分钟快照；CBC采用第三次完整运行。所有混合方式均包含久章定制算法。

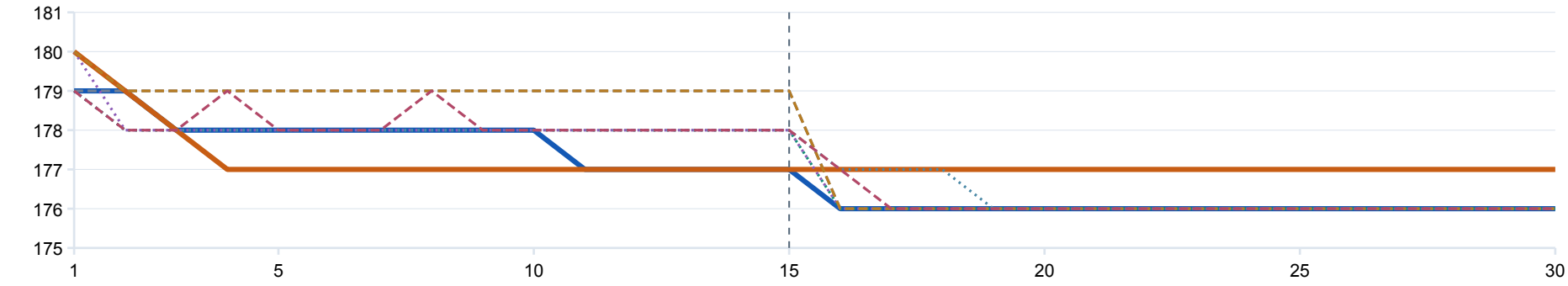
完整收敛过程：前期提质，后期减车

虚线为第15分钟目标切换点。纵轴聚焦观测范围，不从0起；里程短暂上升可能是在允许范围内换取更少车次。

总里程 / km（横轴：运行分钟）



车次（横轴：运行分钟）



久章定制算法　Gurobi　COPT　OR-Tools

SeedMIP　SCIP　HiGHS　CBC

数据：240个正式分钟快照；CBC采用第三次完整运行。所有混合方式均包含久章定制算法。

实验口径、稳定性与证据

原始实例、计算预算与独立复核口径。所有图表均来自已完成的30分钟正式运行。

数据与硬约束

原始3000客户、5独立无限库存仓合成实例，180×180 km虚拟平面；不是江浙沪地理路网。总需求1,362,715 L（已含1.3倍放大）；单路线容量8000 L，每点服务25分钟。

客户恰好访问一次，同仓出发并返回；21:00至次日06:00服务，行驶加服务≤11小时，总工时≤13小时。

计算预算与优化目标

每组总预算1800秒，固定同样8个物理核心；久章定制算法种子20261109。0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组参考里程102%的上限内优先减少车次。

混合组由久章定制算法生成

候选，再由指定后端组合路线。

复核结果与CBC异常

240个正式分钟快照全部从原始CSV独立重算并通过约束校验；同一初解、矩阵及各代码版本哈希均已核对。

CBC前两次分别因无效中间解和原生进程崩溃退出。完善错误隔离后，第三次完整运行30分钟；正式结果仅采用第三次。前两次29个快照及日志完整归档，没有拼接。

如何理解比较结果

各组实际搜索轨迹与候选池不同，比较的是完整算法配置，不是同一固定路线池上的求解器速度。SeedMIP接口不支持初始解注入和种子设置。

单个合成实例、每方法一次完整运行，不能推断一般排名。第3页的0.5%门槛来自本次结果，属于回看指标，不是全局最优性证明。

可复核附件：逐分钟对比.csv、10分钟对比.csv、final_verification.json、server_evidence.tar.gz。

质量门槛的派生明细保存在 pdf_quality_metrics.json；PDF为矢量图文，可放大查看数值。

车次、里程与短时间内的解质量

统一预算1800秒；以下均为实际观测的可行解。表格保留绝对结果，差值与门槛用于辅助判断。

30分钟最终车次
176
车次 = 最终配送路线数

30分钟最终总里程
24,348.389
km · 越少越好

相对本次最佳最终里程
+0.000
km · +0.000%

固定时点对比：先看车次，再结合里程判断

运行时点	车次	总里程 / km	较同分钟最短多 / km	校验
1 分钟	179	24,672.718	+0.000	通过
3 分钟	178	24,454.088	+0.000	通过
5 分钟	178	24,420.819	+0.000	通过
10 分钟	178	24,411.211	+0.000	通过
15 分钟	177	24,385.318	+0.000	通过
30 分钟	176	24,348.389	+0.000	通过

首次记录达标

里程门槛：第 3 分钟

里程 + 车次联合门槛：第 11 分钟

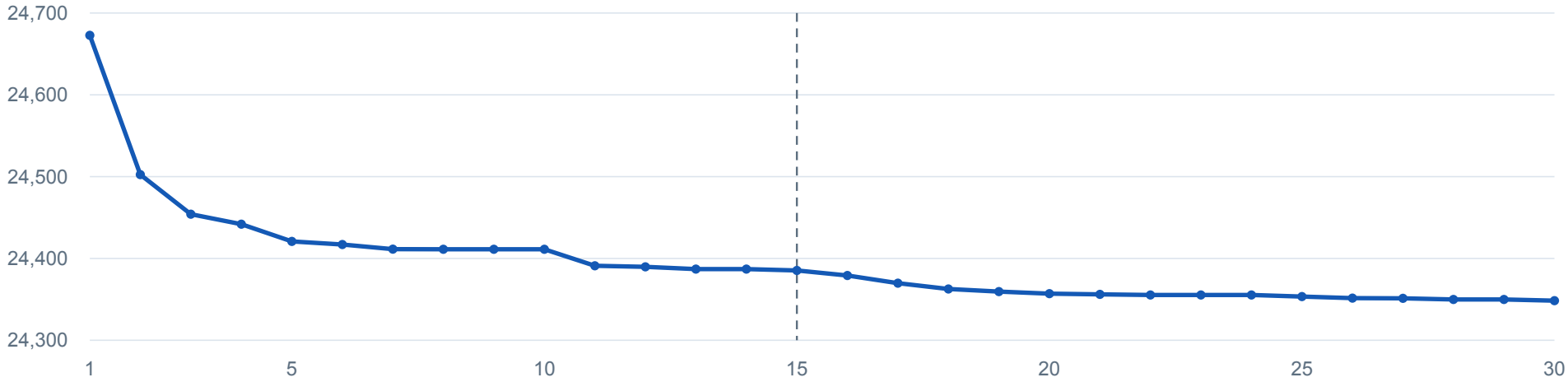
事后示例门槛：里程 ≤ 24,470.131 km（本次最短最终里程的100.5%）；联合门槛另需车次 ≤ 177。时间精度1分钟，不代表全局最优性，也不代表之后持续达标。

每一分钟，解如何变化?

仅展示本方法的30个正式观测点。纵轴聚焦观测范围；虚线为15分钟目标切换点，横轴单位为分钟。

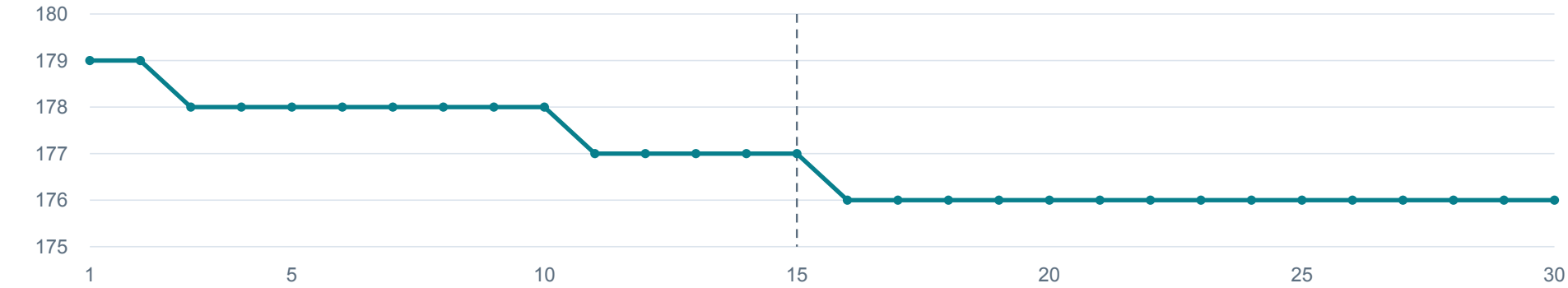
总里程 / km

第30分钟：24,348.389



车次

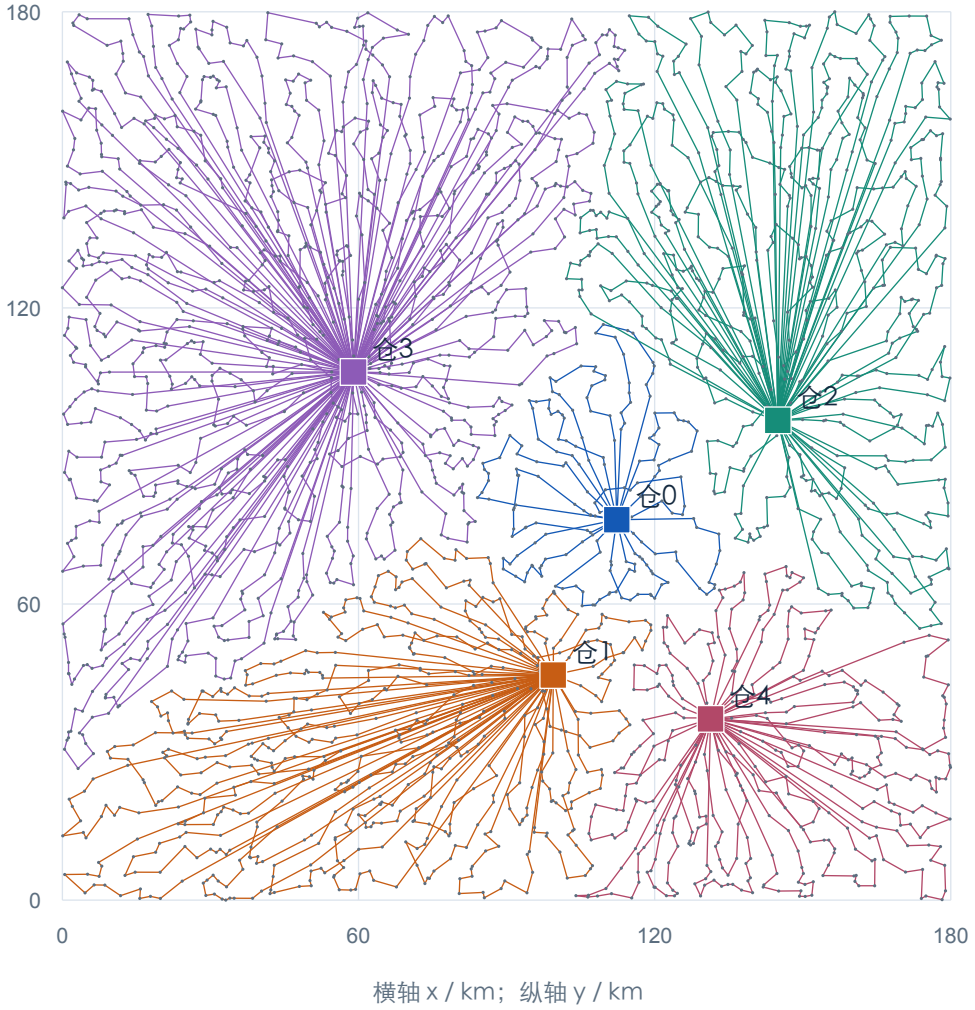
第30分钟：176



0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组里程上限 24,873.024 km 内优先减车。目标切换或接受更少车次时，里程可能上升；各组上限不同，不能仅据曲线斜率评判求解器。

最终路线分布与实验口径

坐标来自原始180×180 km合成平面，不代表真实地理路网。路线按所属仓库着色，方形标记为仓库。



5仓任务分布

仓库	车次	客户数	平均客户/车
仓0	11	186	16.91
仓1	35	592	16.91
仓2	38	651	17.13
仓3	69	1179	17.09
仓4	23	392	17.04

计算与约束

3000客户、5独立无限库存仓。每路线容量8000 L；每点服务25分钟；19:00后发车，21:00至次日06:00服务；行驶加服务≤11小时，含等待≤13小时。客户恰好访问一次，同仓往返。

由久章定制算法完成候选生成与搜索。

复核：30/30分钟快照通过；最终3000客户无遗漏、无重复。

单实例、每方法一次完整运行；不同方法候选池随搜索变化，结果不构成一般排名或全局最优证明。

车次、里程与短时间内的解质量

统一预算1800秒；以下均为实际观测的可行解。表格保留绝对结果，差值与门槛用于辅助判断。

30分钟最终车次
176
车次 = 最终配送路线数

30分钟最终总里程
24,400.153
km · 越少越好

相对本次最佳最终里程
+51.764
km · +0.213%

固定时点对比：先看车次，再结合里程判断

运行时点	车次	总里程 / km	较同分钟最短多 / km	校验
1 分钟	179	24,687.185	+14.467	通过
3 分钟	179	24,533.016	+78.928	通过
5 分钟	179	24,512.688	+91.869	通过
10 分钟	179	24,497.322	+86.111	通过
15 分钟	179	24,452.458	+67.140	通过
30 分钟	176	24,400.153	+51.764	通过

首次记录达标

里程门槛：第 13 分钟

里程 + 车次联合门槛：第 17 分钟

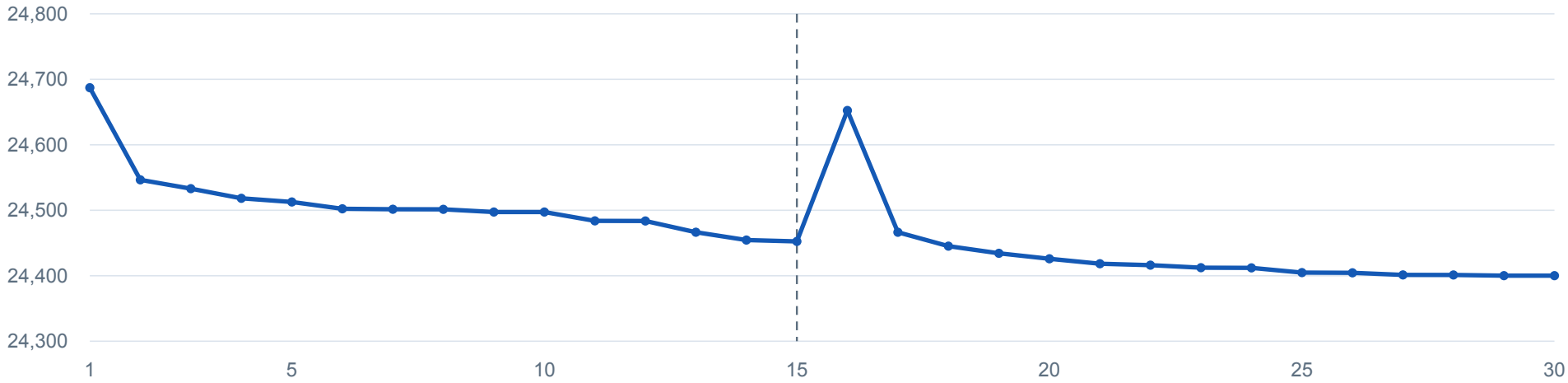
事后示例门槛：里程 ≤ 24,470.131 km（本次最短最终里程的100.5%）；联合门槛另需车次 ≤ 177。时间精度1分钟，不代表全局最优性，也不代表之后持续达标。

每一分钟，解如何变化?

仅展示本方法的30个正式观测点。纵轴聚焦观测范围；虚线为15分钟目标切换点，横轴单位为分钟。

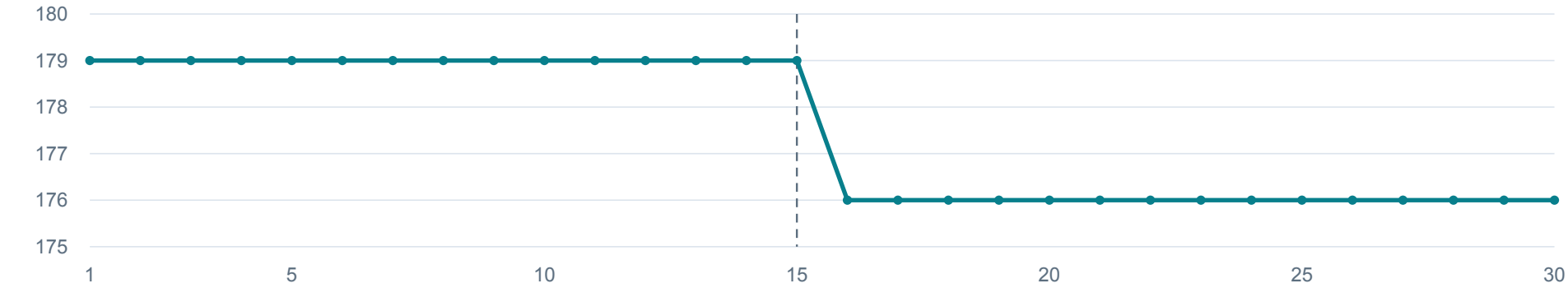
总里程 / km

第30分钟：24,400.153



车次

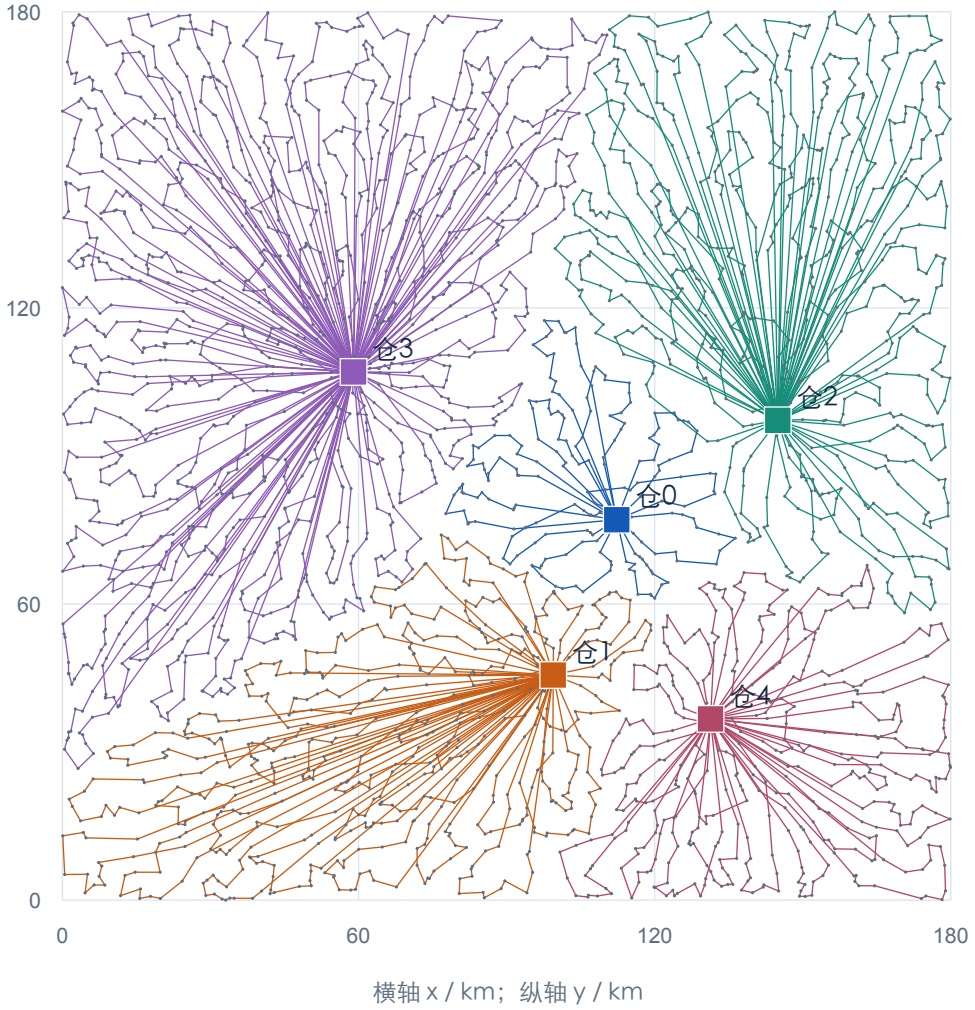
第30分钟：176



0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组里程上限 24,941.507 km 内优先减车。目标切换或接受更少车次时，里程可能上升；各组上限不同，不能仅据曲线斜率评判求解器。

最终路线分布与实验口径

坐标来自原始180×180 km合成平面，不代表真实地理路网。路线按所属仓库着色，方形标记为仓库。



5仓任务分布

仓库	车次	客户数	平均客户/车
仓0	11	188	17.09
仓1	34	568	16.71
仓2	39	667	17.10
仓3	68	1160	17.06
仓4	24	417	17.38

计算与约束

3000客户、5独立无限库存仓。每路线容量8000 L；每点服务25分钟；19:00后发车，21:00至次日06:00服务；行驶加服务≤11小时，含等待≤13小时。客户恰好访问一次，同仓往返。

由久章定制算法生成候选，Gurobi组合可行路线。

复核：30/30分钟快照通过；最终3000客户无遗漏、无重复。

单实例、每方法一次完整运行；不同方法候选池随搜索变化，结果不构成一般排名或全局最优证明。

车次、里程与短时间内的解质量

统一预算1800秒；以下均为实际观测的可行解。表格保留绝对结果，差值与门槛用于辅助判断。

30分钟最终车次
176
车次 = 最终配送路线数

30分钟最终总里程
24,411.691
km · 越少越好

相对本次最佳最终里程
+63.302
km · +0.260%

固定时点对比：先看车次，再结合里程判断

运行时点	车次	总里程 / km	较同分钟最短多 / km	校验
1 分钟	179	24,678.423	+5.705	通过
3 分钟	178	24,489.445	+35.357	通过
5 分钟	178	24,473.671	+52.852	通过
10 分钟	178	24,461.249	+50.038	通过
15 分钟	178	24,448.914	+63.596	通过
30 分钟	176	24,411.691	+63.302	通过

首次记录达标

里程门槛：第 7 分钟

里程 + 车次联合门槛：第 16 分钟

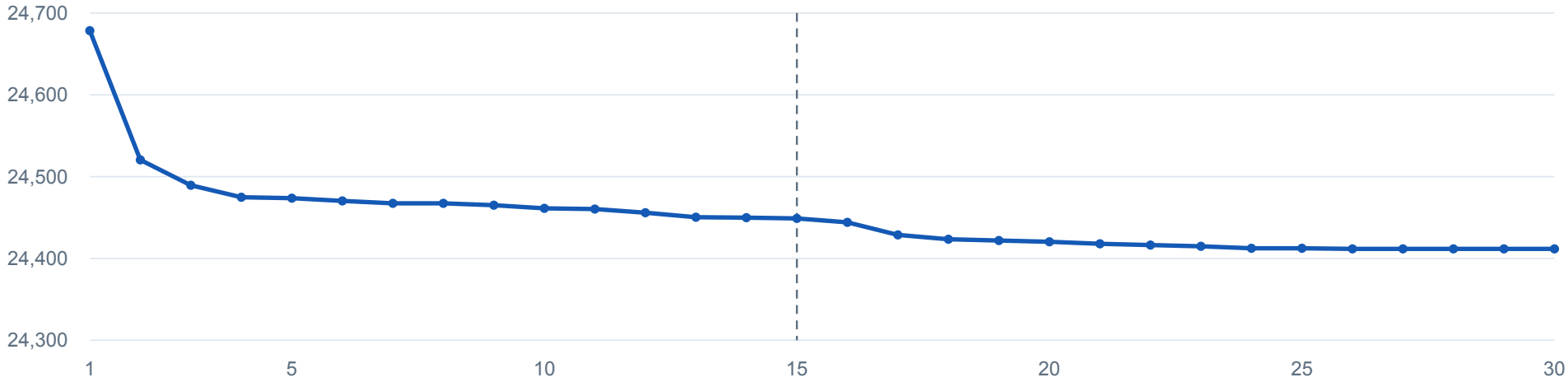
事后示例门槛：里程 ≤ 24,470.131 km（本次最短最终里程的100.5%）；联合门槛另需车次 ≤ 177。时间精度1分钟，不代表全局最优性，也不代表之后持续达标。

每一分钟，解如何变化?

仅展示本方法的30个正式观测点。纵轴聚焦观测范围；虚线为15分钟目标切换点，横轴单位为分钟。

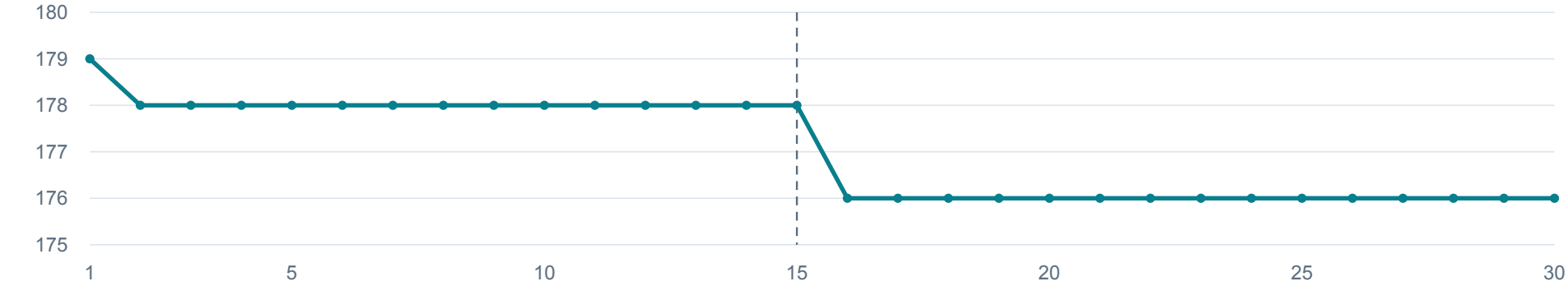
总里程 / km

第30分钟：24,411.691



车次

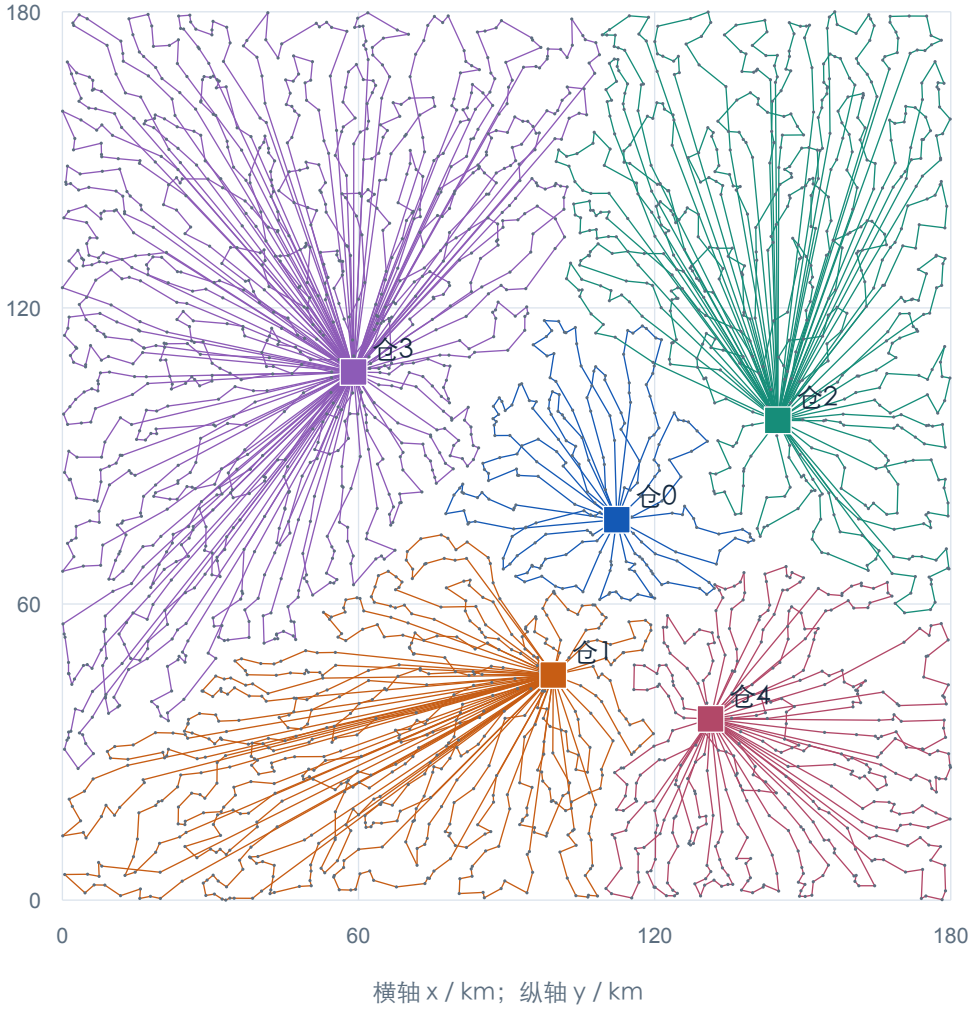
第30分钟：176



0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组里程上限 24,937.892 km 内优先减车。目标切换或接受更少车次时，里程可能上升；各组上限不同，不能仅据曲线斜率评判求解器。

最终路线分布与实验口径

坐标来自原始180×180 km合成平面，不代表真实地理路网。路线按所属仓库着色，方形标记为仓库。



5仓任务分布

仓库	车次	客户数	平均客户/车
仓0	13	222	17.08
仓1	36	609	16.92
仓2	38	651	17.13
仓3	66	1120	16.97
仓4	23	398	17.30

计算与约束

3000客户、5独立无限库存仓。每路线容量8000 L；每点服务25分钟；19:00后发车，21:00至次日06:00服务；行驶加服务≤11小时，含等待≤13小时。客户恰好访问一次，同仓往返。

由久章定制算法生成候选，COPT组合可行路线。

复核：30/30分钟快照通过；最终3000客户无遗漏、无重复。

单实例、每方法一次完整运行；不同方法候选池随搜索变化，结果不构成一般排名或全局最优证明。

车次、里程与短时间内的解质量

统一预算1800秒；以下均为实际观测的可行解。表格保留绝对结果，差值与门槛用于辅助判断。

30分钟最终车次
177
车次 = 最终配送路线数

30分钟最终总里程
24,432.915
km · 越少越好

相对本次最佳最终里程
+84.526
km · +0.347%

固定时点对比：先看车次，再结合里程判断

运行时点	车次	总里程 / km	较同分钟最短多 / km	校验
1 分钟	**180**	**24,718.004**	+45.286	通过
3 分钟	**178**	**24,541.475**	+87.387	通过
5 分钟	**177**	**24,492.896**	+72.077	通过
10 分钟	**177**	**24,468.558**	+57.347	通过
15 分钟	**177**	**24,455.828**	+70.510	通过
30 分钟	**177**	**24,432.915**	+84.526	通过

首次记录达标

里程门槛：第 9 分钟

里程 + 车次联合门槛：第 9 分钟

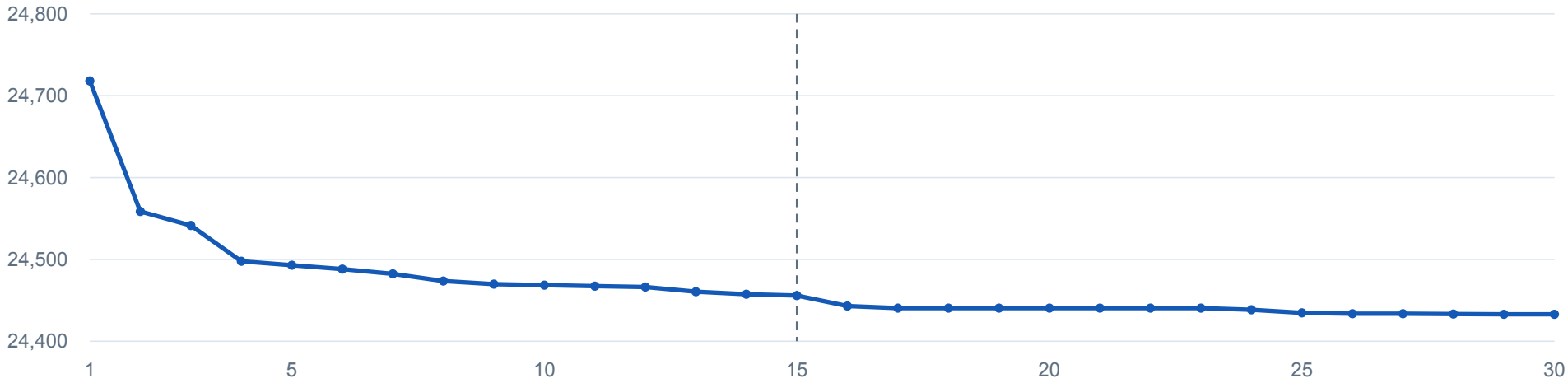
事后示例门槛：里程 ≤ 24,470.131 km（本次最短最终里程的100.5%）；联合门槛另需车次 ≤ 177。时间精度1分钟，不代表全局最优性，也不代表之后持续达标。

每一分钟，解如何变化?

仅展示本方法的30个正式观测点。纵轴聚焦观测范围；虚线为15分钟目标切换点，横轴单位为分钟。

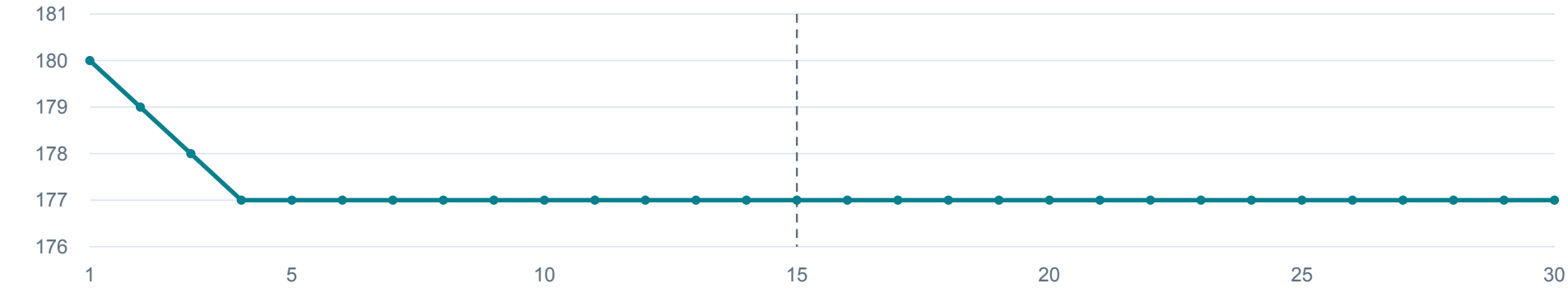
总里程 / km

第30分钟：24,432.915



车次

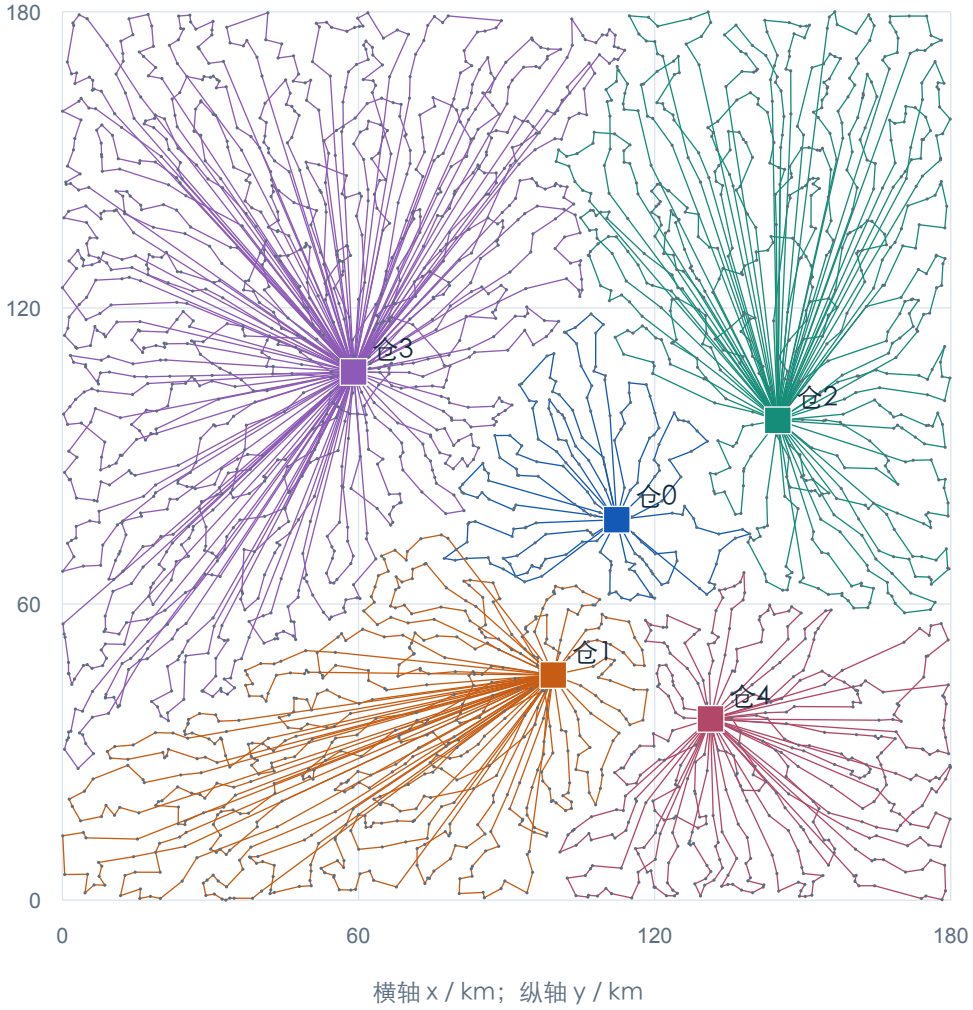
第30分钟：177



0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组里程上限 24,944.944 km 内优先减车。目标切换或接受更少车次时，里程可能上升；各组上限不同，不能仅据曲线斜率评判求解器。

最终路线分布与实验口径

坐标来自原始180×180 km合成平面，不代表真实地理路网。路线按所属仓库着色，方形标记为仓库。



5仓任务分布

仓库	车次	客户数	平均客户/车
仓0	12	199	16.58
仓1	34	570	16.76
仓2	39	664	17.03
仓3	69	1175	17.03
仓4	23	392	17.04

计算与约束

3000客户、5独立无限库存仓。每路线容量8000 L；每点服务25分钟；19:00后发车，21:00至次日06:00服务；行驶加服务≤11小时，含等待≤13小时。客户恰好访问一次，同仓往返。

由久章定制算法生成候选，OR-Tools组合可行路线。

复核：30/30分钟快照通过；最终3000客户无遗漏、无重复。

单实例、每方法一次完整运行；不同方法候选池随搜索变化，结果不构成一般排名或全局最优证明。

车次、里程与短时间内的解质量

统一预算1800秒；以下均为实际观测的可行解。表格保留绝对结果，差值与门槛用于辅助判断。

30分钟最终车次
176
车次 = 最终配送路线数

30分钟最终总里程
24,504.850
km · 越少越好

相对本次最佳最终里程
+156.461
km · +0.643%

固定时点对比：先看车次，再结合里程判断

运行时点	车次	总里程 / km	较同分钟最短多 / km	校验
1 分钟	**180**	**24,691.462**	+18.744	通过
3 分钟	**178**	**24,553.837**	+99.749	通过
5 分钟	**178**	**24,540.502**	+119.683	通过
10 分钟	**178**	**24,524.819**	+113.608	通过
15 分钟	**178**	**24,514.945**	+129.627	通过
30 分钟	**176**	**24,504.850**	+156.461	通过

首次记录达标

里程门槛：30分钟内未达到

里程 + 车次联合门槛：30分钟内未达到

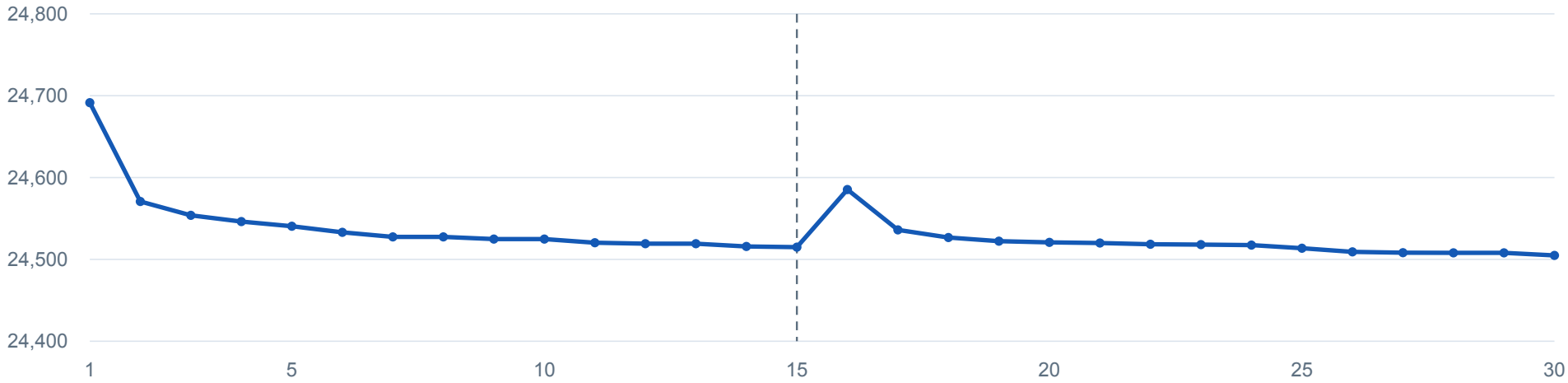
事后示例门槛：里程 ≤ 24,470.131 km（本次最短最终里程的100.5%）；联合门槛另需车次 ≤ 177。时间精度1分钟，不代表全局最优性，也不代表之后持续达标。

每一分钟，解如何变化?

仅展示本方法的30个正式观测点。纵轴聚焦观测范围；虚线为15分钟目标切换点，横轴单位为分钟。

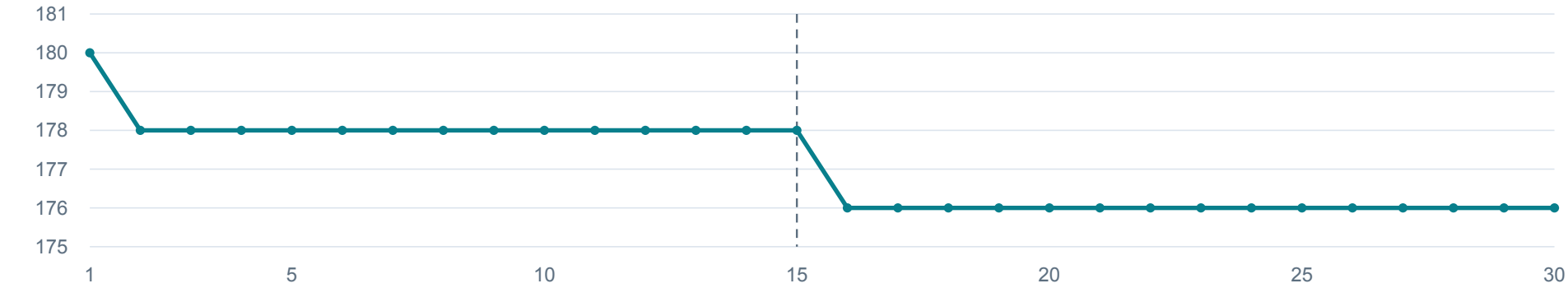
总里程 / km

第30分钟：24,504.850



车次

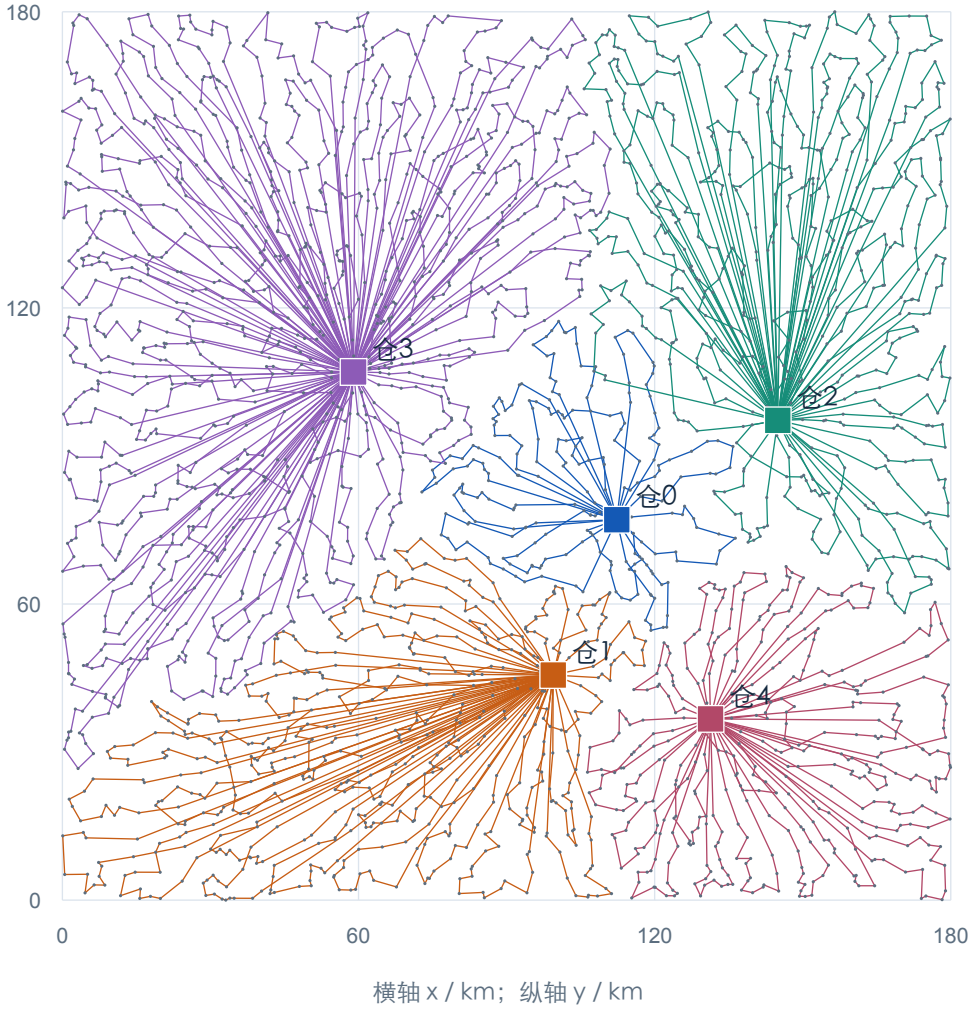
第30分钟：176



0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组里程上限 25,005.243 km 内优先减车。目标切换或接受更少车次时，里程可能上升；各组上限不同，不能仅据曲线斜率评判求解器。

最终路线分布与实验口径

坐标来自原始180×180 km合成平面，不代表真实地理路网。路线按所属仓库着色，方形标记为仓库。



5仓任务分布

仓库	车次	客户数	平均客户/车
仓0	13	225	17.31
仓1	35	588	16.80
仓2	37	634	17.14
仓3	67	1142	17.04
仓4	24	411	17.12

计算与约束

3000客户、5独立无限库存仓。每路线容量8000 L；每点服务25分钟；19:00后发车，21:00至次日06:00服务；行驶加服务≤11小时，含等待≤13小时。客户恰好访问一次，同仓往返。

由久章定制算法生成候选，SeedMIP组合可行路线。

复核：30/30分钟快照通过；最终3000客户无遗漏、无重复。

SeedMIP接口不支持初始解注入及种子设置。本次是单实例、单次完整运行，不能推断一般排名。

车次、里程与短时间内的解质量

统一预算1800秒；以下均为实际观测的可行解。表格保留绝对结果，差值与门槛用于辅助判断。

30分钟最终车次
176
车次 = 最终配送路线数

30分钟最终总里程
24,415.818
km · 越少越好

相对本次最佳最终里程
+67.429
km · +0.277%

固定时点对比：先看车次，再结合里程判断

运行时点	车次	总里程 / km	较同分钟最短多 / km	校验
1 分钟	**180**	**24,746.838**	+74.120	通过
3 分钟	**179**	**24,491.373**	+37.285	通过
5 分钟	**179**	**24,485.594**	+64.775	通过
10 分钟	**179**	**24,479.438**	+68.227	通过
15 分钟	**179**	**24,466.073**	+80.755	通过
30 分钟	**176**	**24,415.818**	+67.429	通过

首次记录达标

里程门槛：第 12 分钟

里程 + 车次联合门槛：第 17 分钟

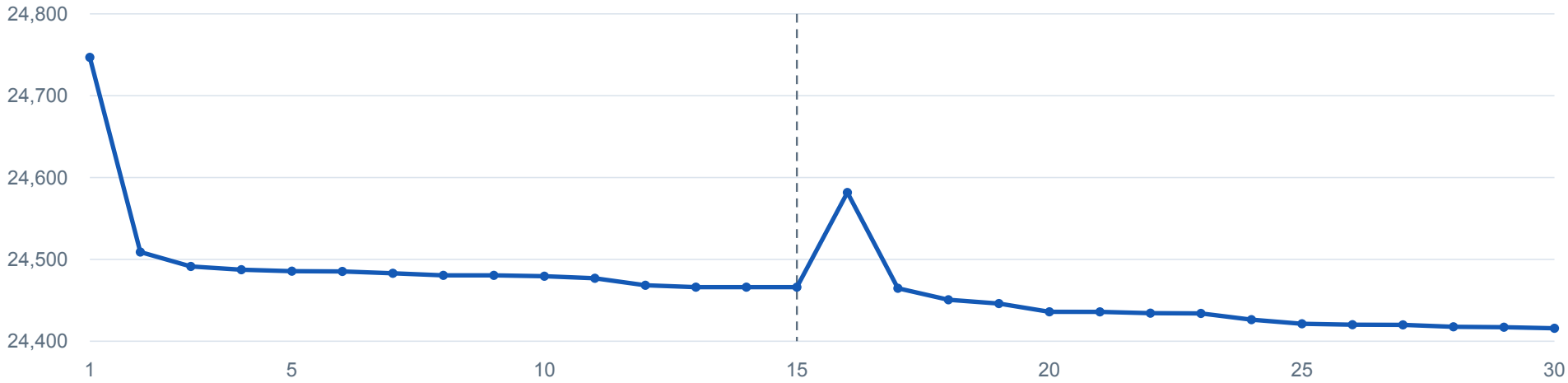
事后示例门槛：里程 ≤ 24,470.131 km（本次最短最终里程的100.5%）；联合门槛另需车次 ≤ 177。时间精度1分钟，不代表全局最优性，也不代表之后持续达标。

每一分钟，解如何变化?

仅展示本方法的30个正式观测点。纵轴聚焦观测范围；虚线为15分钟目标切换点，横轴单位为分钟。

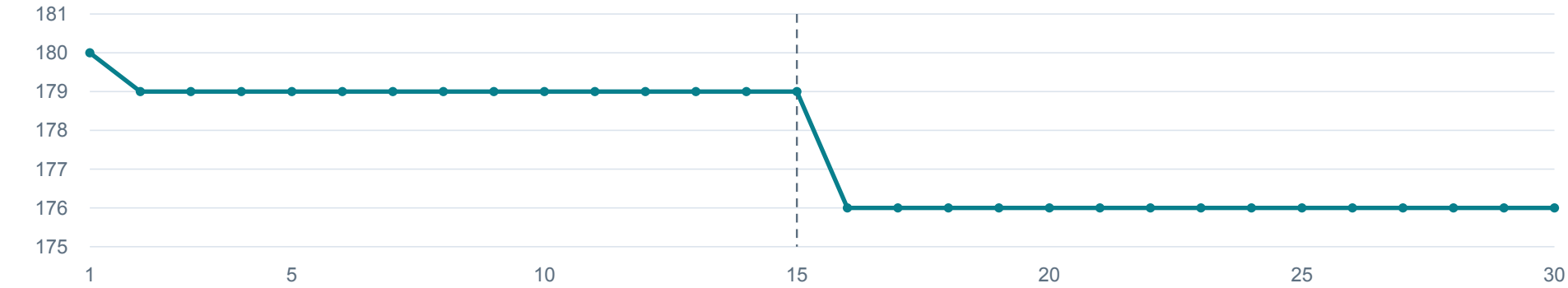
总里程 / km

第30分钟：24,415.818



车次

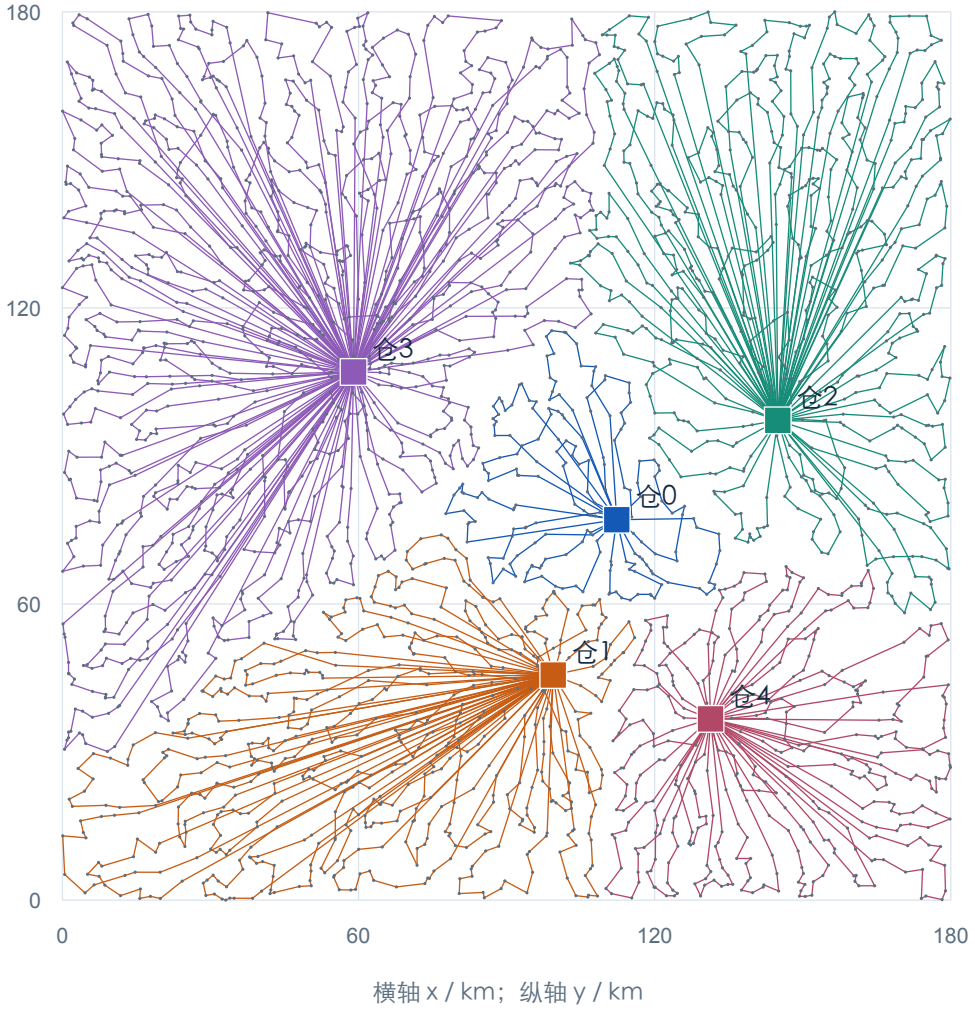
第30分钟：176



0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组里程上限 24,955.394 km 内优先减车。目标切换或接受更少车次时，里程可能上升；各组上限不同，不能仅据曲线斜率评判求解器。

最终路线分布与实验口径

坐标来自原始180×180 km合成平面，不代表真实地理路网。路线按所属仓库着色，方形标记为仓库。



5仓任务分布

仓库	车次	客户数	平均客户/车
仓0	**11**	191	17.36
仓1	**35**	592	16.91
仓2	**39**	662	16.97
仓3	**67**	1145	17.09
仓4	**24**	410	17.08

计算与约束

3000客户、5独立无限库存仓。每路线容量8000 L；每点服务25分钟；19:00后发车，21:00至次日06:00服务；行驶加服务≤11小时，含等待≤13小时。客户恰好访问一次，同仓往返。

由久章定制算法生成候选，SCIP组合可行路线。

复核：30/30分钟快照通过；最终3000客户无遗漏、无重复。

单实例、每方法一次完整运行；不同方法候选池随搜索变化，结果不构成一般排名或全局最优证明。

车次、里程与短时间内的解质量

统一预算1800秒；以下均为实际观测的可行解。表格保留绝对结果，差值与门槛用于辅助判断。

30分钟最终车次
176
车次 = 最终配送路线数

30分钟最终总里程
24,409.334
km · 越少越好

相对本次最佳最终里程
+60.945
km · +0.250%

固定时点对比：先看车次，再结合里程判断

运行时点	车次	总里程 / km	较同分钟最短多 / km	校验
1 分钟	**179**	**24,723.444**	+50.726	通过
3 分钟	**178**	**24,488.527**	+34.439	通过
5 分钟	**178**	**24,454.692**	+33.873	通过
10 分钟	**178**	**24,439.636**	+28.425	通过
15 分钟	**178**	**24,437.321**	+52.003	通过
30 分钟	**176**	**24,409.334**	+60.945	通过

首次记录达标

里程门槛：第 5 分钟

里程 + 车次联合门槛：第 17 分钟

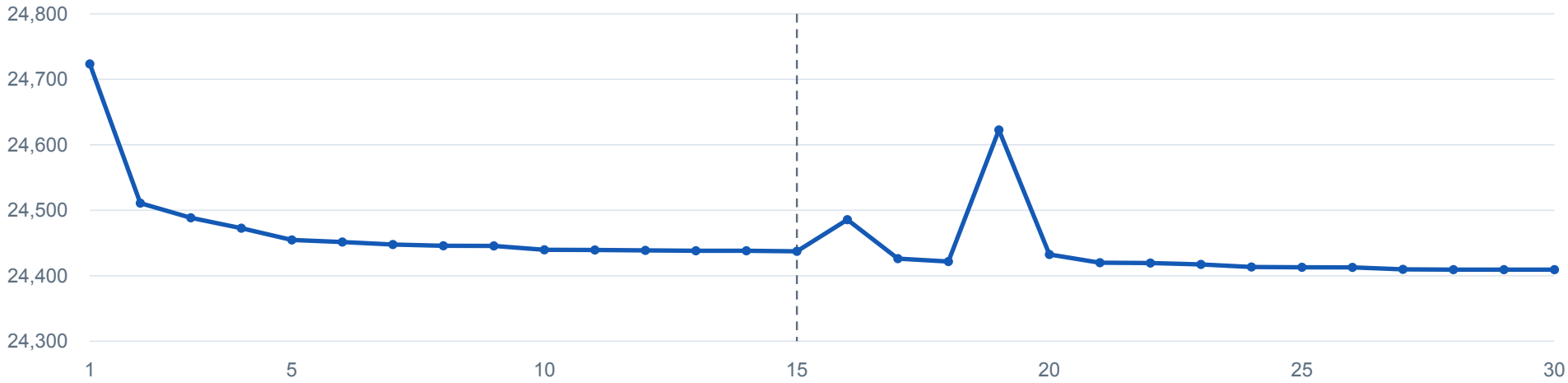
事后示例门槛：里程 ≤ 24,470.131 km（本次最短最终里程的100.5%）；联合门槛另需车次 ≤ 177。时间精度1分钟，不代表全局最优性，也不代表之后持续达标。

每一分钟，解如何变化?

仅展示本方法的30个正式观测点。纵轴聚焦观测范围；虚线为15分钟目标切换点，横轴单位为分钟。

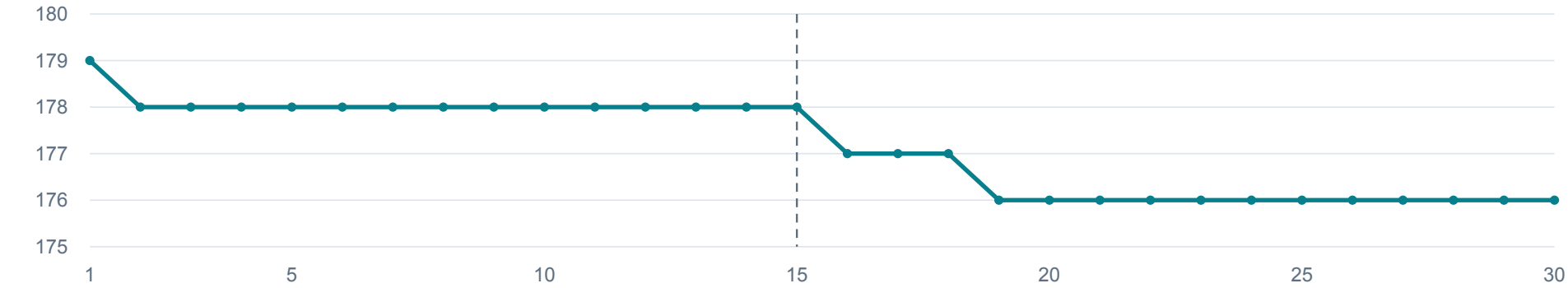
总里程 / km

第30分钟：24,409.334



车次

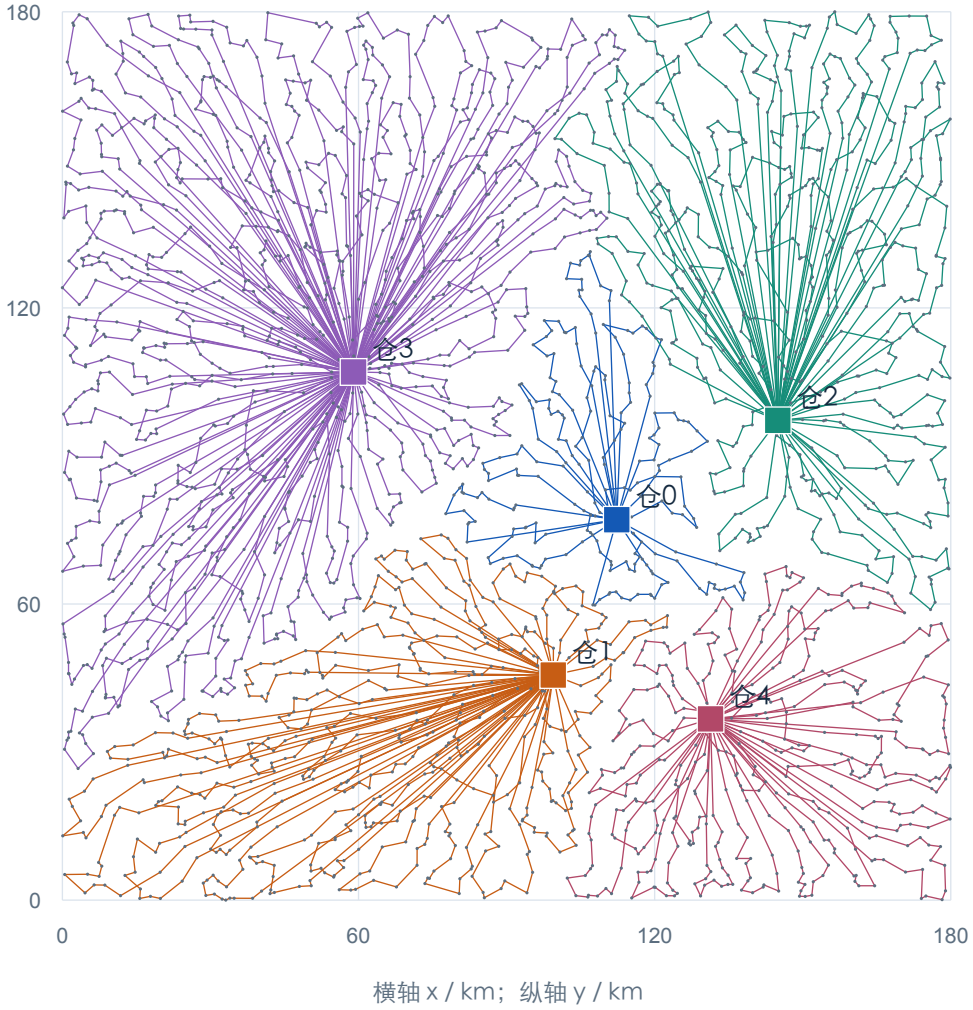
第30分钟：176



0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组里程上限 24,926.067 km 内优先减车。目标切换或接受更少车次时，里程可能上升；各组上限不同，不能仅据曲线斜率评判求解器。

最终路线分布与实验口径

坐标来自原始180×180 km合成平面，不代表真实地理路网。路线按所属仓库着色，方形标记为仓库。



5仓任务分布

仓库	车次	客户数	平均客户/车
仓0	13	225	17.31
仓1	34	573	16.85
仓2	36	615	17.08
仓3	69	1171	16.97
仓4	24	416	17.33

计算与约束

3000客户、5独立无限库存仓。每路线容量8000 L；每点服务25分钟；19:00后发车，21:00至次日06:00服务；行驶加服务≤11小时，含等待≤13小时。客户恰好访问一次，同仓往返。

由久章定制算法生成候选，HiGHS组合可行路线。

复核：30/30分钟快照通过；最终3000客户无遗漏、无重复。

单实例、每方法一次完整运行；不同方法候选池随搜索变化，结果不构成一般排名或全局最优证明。

车次、里程与短时间内的解质量

统一预算1800秒；以下均为实际观测的可行解。表格保留绝对结果，差值与门槛用于辅助判断。

30分钟最终车次
176
车次 = 最终配送路线数

30分钟最终总里程
24,429.943
km · 越少越好

相对本次最佳最终里程
+81.554
km · +0.335%

固定时点对比：先看车次，再结合里程判断

运行时点	车次	总里程 / km	较同分钟最短多 / km	校验
1 分钟	**179**	**24,731.003**	+58.285	通过
3 分钟	**178**	**24,532.248**	+78.160	通过
5 分钟	**178**	**24,495.846**	+75.027	通过
10 分钟	**178**	**24,462.211**	+51.000	通过
15 分钟	**178**	**24,459.150**	+73.832	通过
30 分钟	**176**	**24,429.943**	+81.554	通过

首次记录达标

里程门槛：第 10 分钟

里程 + 车次联合门槛：第 16 分钟

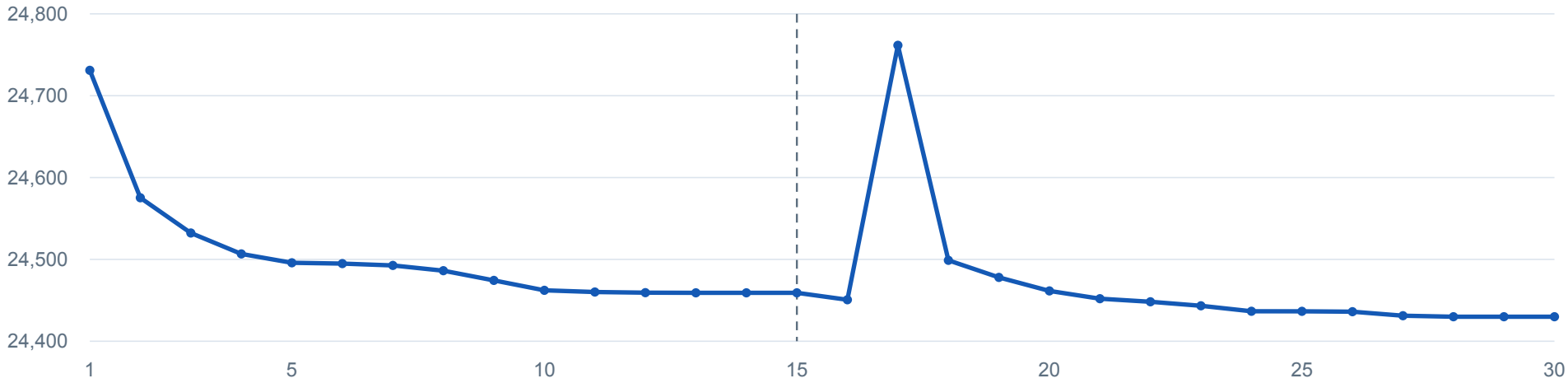
事后示例门槛：里程 ≤ 24,470.131 km（本次最短最终里程的100.5%）；联合门槛另需车次 ≤ 177。时间精度1分钟，不代表全局最优性，也不代表之后持续达标。

每一分钟，解如何变化?

仅展示本方法的30个正式观测点。纵轴聚焦观测范围；虚线为15分钟目标切换点，横轴单位为分钟。

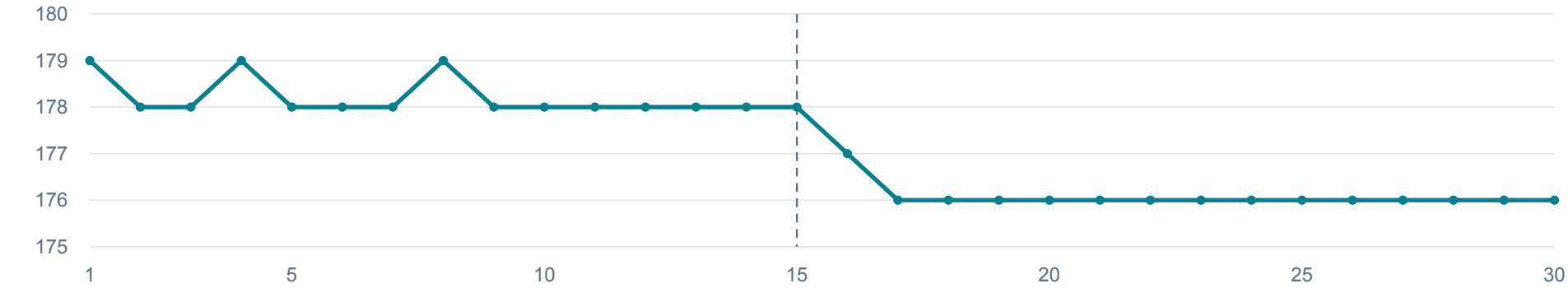
总里程 / km

第30分钟：24,429.943



车次

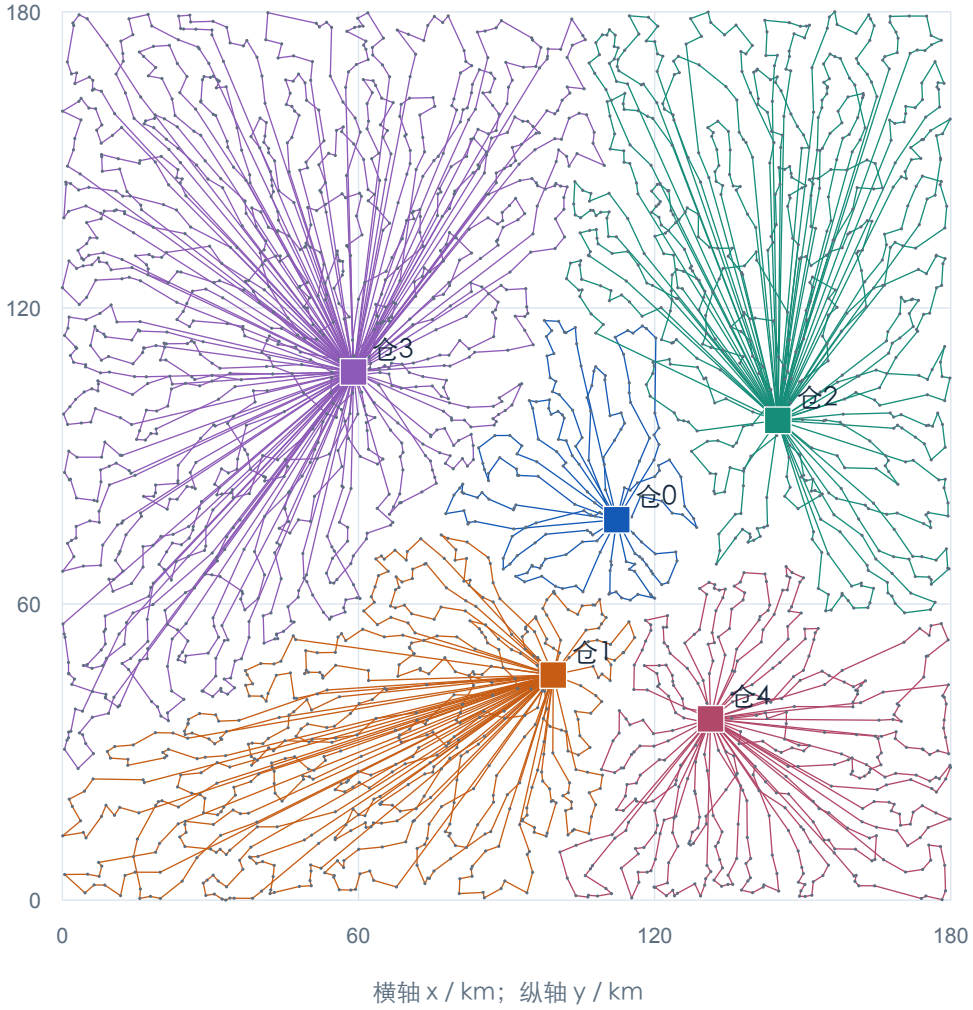
第30分钟：176



0-15分钟里程优先；15-30分钟在本组里程上限 24,948.333 km 内优先减车。目标切换或接受更少车次时，里程可能上升；各组上限不同，不能仅据曲线斜率评判求解器。

最终路线分布与实验口径

坐标来自原始180×180 km合成平面，不代表真实地理路网。路线按所属仓库着色，方形标记为仓库。



5仓任务分布

仓库	车次	客户数	平均客户/车
仓0	11	186	16.91
仓1	34	569	16.74
仓2	40	684	17.10
仓3	67	1149	17.15
仓4	24	412	17.17

计算与约束

3000客户、5独立无限库存仓。每路线容量8000 L；每点服务25分钟；19:00后发车，21:00至次日06:00服务；行驶加服务≤11小时，含等待≤13小时。客户恰好访问一次，同仓往返。

由久章定制算法生成候选，CBC组合可行路线。

复核：30/30分钟快照通过；最终3000客户无遗漏、无重复。

CBC采用第三次完整运行。前两次因无效中间解、原生崩溃退出；加固异常隔离后重跑，未拼接结果。