

引用格式:Gao Lei,Xie Jinbao,Kong Deyang,*et al.* Research on Placing-in and Taking-out of Wagons on Branch-shaped Sidings[J].Journal of Gansu Sciences,2021,33(4):84-89.[高磊,谢金宝,孔德扬,等.树枝型专用线取送车问题的研究[J].甘肃科学学报,2021,33(4):84-89.]
doi:10.16468/j.cnki.issn1004-0366.2021.04.015.

树枝型专用线取送车问题的研究

高磊¹,谢金宝¹,孔德扬¹,付婕²

(1.西安交通工程学院交通运输学院,陕西 西安 710300

2.兰州理工大学经济管理学院,甘肃 兰州 730050)

摘要 铁路树枝型专用线取送车作业内容复杂,如果不考虑作业调动辆数会产生很多不利影响,不仅增加车辆走行公里,降低作业效率,加剧机车能源消耗,并可能危及调车作业安全及人身安全。如何确定专用线取送车作业方案,在取送车作业中尤为重要。通过分析利用图论中树的性质及铁路取送车作业的特殊性,以总调动辆数最少并且车辆走行公里数最小为目的进行作业,提出能够快速找到复杂取送作业的较优作业顺序及步骤。通过实例得出在作业复杂情况下取送及专用线间空车调移的作业顺序,并且考虑了机车进入专用线作业时以单机或带动最少车辆进行作业的调车机使用方案。

关键词 铁路树枝型专用线;取送作业;专用线间空车调移;调车机使用方案

中图分类号:U291.5

文献标志码:A

文章编号:1004-0366(2021)04-0084-06

铁路专用线取送车是利用专门调车机在专用线内进行挑选车组、连挂车辆以取出装卸完毕车辆、送入待装卸车辆、完成专用线间空车调配为目的的调车作业。我国多数车站只有一台调机执行取送车作业,调机运用模式比较单一^[1]。按专用线与车站的布置形式可分为树枝型和放射型两大类。放射型专用线取送车作业是向一作业点取送完车组后必须返回车站才能再去另一作业点进行取送车作业,各线车辆入线时刻不同,取回站内时刻也不同^[2]。树枝型专用线是指一批作业中每次取送不需要返回车站,各线车辆入线时间不同,但取回站时间相同^[3]。按照车站调机实际作业内容的不同,取送车作业可以分为“只取不送”、“只送不取”、“取送结合”、“取兼专用线间空车调移”、“送兼专用线间空车调移”、“取送兼专用线间空车调移”等作业模式^[4]。

合理确定取送车作业顺序,以最少的调动辆数、最少的车辆走行公里进行作业,不仅可以节约调车机车能源消耗,提高调车作业效率,对调车安全也有一定积极意义。按照复杂情况下,即一批作业需“取

送兼专用线间空车调移”为典型任务,以机车车辆总走行公里最少为目标,建立树枝型专用线调车数学模型,能够快速找到复杂取送作业的较优作业方案及取送顺序并进行实例验证。

1 问题提出

在现场实际调车作业过程中,由于不同取送车顺序将导致调动车辆数不同,对于同一类型、长度相近的调车程而言,调车程时间和调动辆数之间存在着线性关系,即每增加或减少调动一辆车将相应增加或减少调车作业时间^[5],从而对作业效率产生较大影响。

对于取送车问题目前已经有许多专家学者提出了丰富的解决方法,如郭垂江等^[3]以调车机车完成一批调车作业任务后所走路程最短为优化目标建立了树枝型专用线取送车作业的哈密尔顿图模型,并设计启发式算法进行求解,尤其针对“连送带取并兼顾专用线间车组交换”这一较复杂的方式设计了算法,进行了求解,进一步拓展了解决复杂取送作业

收稿日期:2020-04-17;修回日期:2020-05-28

基金项目:西安交通工程学院中青年基金项目(19KY-14)

作者简介:高磊(1986-),男,甘肃兰州人,硕士,工程师,研究方向为交通运输规划与管理。E-mail:907886548@qq.com

过程的方法;石红国等^[6]运用图论中的哈密尔顿图,将树枝型专用线取送车问题转化为求哈密尔顿图中权值最小的哈密尔顿回路问题,并运用近似算法,求得最小哈密尔顿回路,以此作为机车走行方案;黄向荣^[7]将树枝型专用线取送车问题,转化为求哈密尔顿图中权值最小的哈密尔顿回路问题,并利用最小生成树算法进行了求解。

同时在方法论上通过对该问题的数学模型抽象产生了较为有效的解决方法,如杨运贵等^[8]将取送问题抽象为类似 TSP 问题并利用遗传算法进行了求解;李斌等^[9]对该问题利用遗传蚁群算法进行求解,同时进行了验证;方华^[10]利用禁忌搜索算法对树枝型专用线取送车进行了求解;易慧妮^[11]采用分层序列的思想进行求解多目标优化模型,并设计了贪婪算法。

研究利用哈密尔顿回路,对树枝型专用线取送车顺序进行求解,能够得到走行距离(时间)最短的机车走行最优方案,在最优方案中每个作业点被访问恰好一次最后回到原点,该方法对于机车遍历各作业点的作业过程可以得到最优解,即每个作业点的作业完毕后,返回原点且机车的走行距离(时间)最短。

在现场实际作业中,取送车作业内容可能出现较复杂的情况,即不仅有进行单机“只取不送”,或“只送不取”单机返回,也会出现机车带车作业如“取送结合”、“取兼专用线间空车调移”、“送兼专用线间空车调移”、“取送兼专用线间空车调移”等作业。所以不仅需要考虑机车的走行方案,同时还需要考虑调车作业调动辆数及所带车辆走行“辆·公里”最小的要求,对于有取车作业任务时(如单机取车或取送结合),若每个点被访问一次且仅一次回到原点会产生先取出的车辆必须与机车连挂后随着机车与所带车辆去其他作业点作业直到返回出发车站,不仅增加了辆·公里数,同时调车作业中会出现“长竿钓鱼”现象,即不断带动大组车向待取车组连挂作业,这显然是不合理的。

2 建立模型

2.1 模型假设及约束

为解决上述问题,首先提出约束条件及假设^[12]:

- (1) 配属一台专用调车机,且均在左侧作业;
- (2) 每条专用线至少 2 条股道,可以进行专用线内车组挑选调车作业;
- (3) 各条专用线待取待送车数已确定;

(4) 各段专用线走行距离或调车机走行时间已知;

(5) 有送车作业时待送车组在出发车站已按照各专用线作业点去向别车组挑选完毕并符合专用线与出发车站由近及远的顺序;

(6) 各条走行线都能容纳待取出车组和待送车组的停放。

2.2 模型建立

某个具有 6 个节点的树枝型专用线布置示意图^[3]如图 1 所示。图 1 中 V_0 为调车机车的出发车站, $V_2 \sim V_6$ 为专用线的叶节点;路段上的数字表示调车机车在专用线各路段的走行距离(或走行时间)。

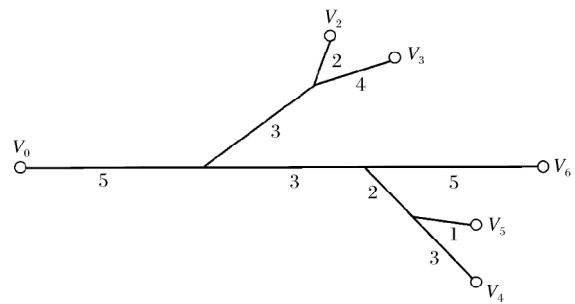


图 1 树枝型专用线图示意图

Fig.1 Layout of branch-shaped railway siding

对图 1 的各个分歧道岔标明位置后形成的树枝型专用线如图 2 所示,图 2 中 $V_7 \sim V_{10}$ 为各专用线路分歧道岔所在位置,将该树图进行分段,其中边 $e_{ij}(V_i, V_j)$ 的长度为 $w_{ij}(V_i, V_j)$,如 $w_{07} = 5$,表示 0 点至 7 点间的距离(或时间)。

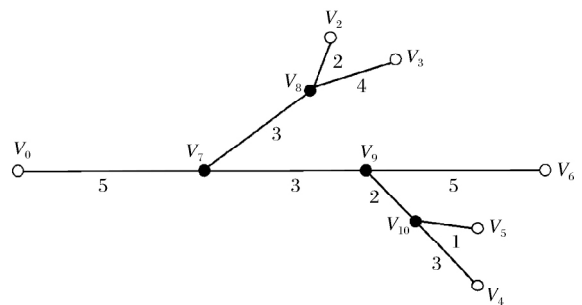


图 2 标明线路分歧道岔位置的树枝型专用线图示意图

Fig.2 Layout of branch-shaped railway siding indicating the location of the branching turnout

建立目标函数 Z 为求最小的车辆走行距离(时间),计算结果为“辆·公里”或“辆·小时”,计算公式为

$$Z = \min \sum w_{ij}(m_{oj} + n_{i0} + q_{ij}), \quad (1)$$

其中: m_{oi} 为由发站至第 i 个作业点待送车辆数,某次送车作业的待送车列组成集合为 $M_0 = \{m_{oi}\}$,这

里集合 M_0 中元素排列顺序与待送车列中车组排列顺序相同并且待送车列按专用线别距发站由近及远挑选完毕,无待送车时 $m_{0i} = 0$; n_{i0} 为第 i 个作业点待取回发站车辆数,无待取车时 $n_{i0} = 0$,构建待取车列组成集合为 $N_0 = \{n_{i0}\}$; q_{ij} 为第 i 个作业点去第 j 个作业点的交换车辆数,专用线间调移车组集合 $Q = \{q_{ij}\}$ 。

3 问题求解方法

3.1 问题分析

根据树的性质,相邻两点间有且仅有 1 条边相连,任意两点间恰有 1 条链^[13],由该性质易知图 2 中从车站 V_0 至 $V_2 \sim V_6$ 作业点间的最短距离是唯一的。如 V_0 至 V_6 间,最短走行径路为

$$V_0 - V_7 - V_9 - V_6,$$

其走行距离为 $w_{06} = 13$ 。

同时任意两点间的走行最短路径是唯一的,如 V_2 至 V_4 间的最短走行径路为

$$V_2 - V_8 - V_7 - V_9 - V_{10} - V_4,$$

其走行距离为 $w_{24} = 13$ 。

利用该性质可知要使走行“辆·公里”最小只需要使某一专用线作业点 i 的待送车辆 m_{0i} ,从车站 V_0 至专用线 V_i 走行唯一最短路径、某一专用线的待取车辆 n_{i0} 走行专用线 V_i 至出发站 V_0 唯一最短路径、专用线间空车调移车组 q_{ij} 走行专用线 V_i 至专用线 V_j 间的唯一最短路径,即待取、待送、转场车辆均向“任意两点间的唯一 1 条链”运行,不折角、不走重复距离,若存在这样的作业方案则取送方案是最优的。

3.2 作业方法步骤

根据以上分析将树枝型专用线取送车问题抽象为运筹学图论中树的问题,利用树的性质能够快速的找到复杂取送作业的较优作业方案。

步骤 1 构建任意两点间权值矩阵 W ,按照与发站距离权值由近及远顺序构建待送车集合 M_0 、

待取车集合 N_0 、场间调移车组集合 Q ;机车带待送车车组 M_0 由发站 V_0 出发(默认为在左侧作业)。

步骤 2 机车带车越过分歧道岔的警冲标后或规定的安全地点停车,根据分歧道岔所控制与发站距离较近专用线去向,摘下非最近专用线待送车组,暂存于走行线。

步骤 3 机车带动未摘下车组向邻近目标专用线送车,遇到分歧道岔时重复步骤 3,由于需要返岔记录返岔辆数,为方便计算或实际查定每次机车带车返岔作业平均每辆货车走行为常数 k (单机返岔忽略不计)。

步骤 4 机车送入该专用线目标车组,从 M_0 、 Q 内删除该车组,同时取出该专用线待取车组及该专用线需调移车组保证调移车组为露头位置(机次),并检查邻近分歧道岔走行线是否存放车组;有存放则将当前机车取出车组暂存走行线,单机挂车送存放待送车组并在 M_0 、 Q 内删除该车组,取出该专用线车组,存放至走行线。

步骤 5 将露头需专用线间调移车组连挂去往下一分歧道岔并与之前暂存走行线的车组连挂。

步骤 6 不断重复步骤 2~步骤 5 直至 $M_0 = \{\emptyset\}$ 、 $Q = \{\emptyset\}$ 。

步骤 7 检查该分歧道岔连接专用线无待送车后开始由远及近顺序对已取出暂存于走行线的车组进行连挂并删除待取车集合 N_0 内车组,直至 $N_0 = \{\emptyset\}$ 后返回车站,作业完毕。

4 典型取送任务实例分析

为了说明该方法的有效性,现以一个较复杂的“取送兼专用线间车组调移”典型作业任务进行分析,其中具体作业为待送车列集合为 $M_0 = \{5_{02}, 6_{03}, 0_{05}, 8_{04}, 5_{06}\}$,共计 24 车;待取车集合 $N_0 = \{2_{20}, 3_{30}, 0_{40}, 5_{50}, 4_{60}\}$,共计 14 车;待调移车组集合为 $Q = \{5_{35}, 4_{56}\}$,共计 9 车,如表 1 所列。

表 1 取送车作业任务

Table 1 Assignments of wagons placing-in and taking-out

任务序号	任务内容
1	由车站 V_0 进行选编完毕的待送车列集合 $M_0 = \{5_{02}, 6_{03}, 0_{05}, 8_{04}, 5_{06}\}$, 共计 24 车
2	专用线待取车集合 $N_0 = \{2_{20}, 3_{30}, 0_{40}, 5_{50}, 4_{60}\}$, 共计 14 车
3	专用线待调移车组集合 $Q = \{5_{35}, 4_{56}\}$, 共计 9 车

由分析得待取、待送、待交换车组始终向目标点走行唯一最短径路即可求得车组最短走行,现按车组最小“辆·公里”的走行方案。依据这一原则进行

该作业任务,具体作业步骤如下所列。

步骤 1 构建任意两点间权值矩阵 W 、按照与发站距离权值由近及远顺序构建带送车集合 M_0 、

待取车集合 N_0 、场间调移车组集合 Q 均已知; 机车推送待送车列 $M_0 = \{5_{02}, 6_{03}, 0_{05}, 8_{04}, 5_{06}\}$ 由出发站 V_0 出发。

步骤 2 机车带车越过分歧道岔 V_7 至 $V_7 - V_9$ 间安全地点停车摘下 $0_{05}, 8_{04}, 5_{06}$ 车组暂存在 $V_7 - V_9$ 线路间, 机车带 $5_{02}, 6_{03}$ (11 车) 返岔至 V_7 前, 准备去 $V_7 - V_8$ 方向 (如图 3 所示, 其中 \blacktriangle 为调车机车所在方向)。

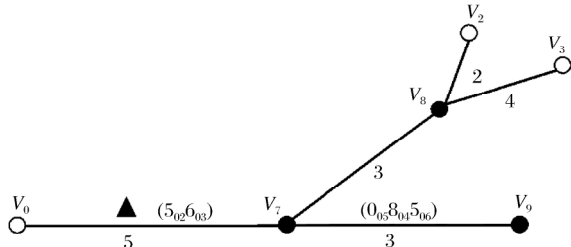


图 3 送车返岔示意图

Fig.3 Diagram of wagons placing-in and passing through a fork road

步骤 3 机车推送车组 $5_{02}, 6_{03}$ (11 辆) 车组去 $V_7 - V_8 - V_3$ 方向 (由于露头处为 6 辆 V_3 点的作业车), 遇到分歧道岔 V_8 将车组 6_{03} 暂存至 $V_8 - V_3$ 间 (必须放置在警冲标后或规定的安全地点) 返岔至 V_8 , 记录 5 辆车返岔走行距离为 $5l$ 。

步骤 4 送车组 5_{02} 去 V_2 从 M_0 内删除该车组, 机车取出 V_2 点的待取车组 2_{20} 共 2 辆暂存至 $V_8 - V_2$ (由于邻近分歧道岔存有车组 6_{03})。

重复步骤 4: 单机返岔至 V_8 前连挂暂存在 $V_8 - V_3$ 间车组 6_{03} 送至 V_3 , 在 M_0 内删除该车组, 并且取出车组 3_{30} 及需要在专用线间空车调移的车组 5_{35} (取车时必须满足车组 5_{35} 在露头机次, 由于需随机车继续去作业点 V_5)。

步骤 5 机车带车连挂线 $V_8 - V_2$ 路间暂存车组 2_{20} , 现机后车组为 $5_{35} 3_{30} 2_{20}$, 牵引运行至 V_7 分歧道岔警冲标或安全地点前摘下 $3_{30} 2_{20}$ 暂存至 $V_7 - V_8$ 间, 机车带 5_{35} 返岔后与暂存在 $V_7 - V_9$ 线路间的车组 $0_{05} 8_{04} 5_{06}$ 连挂, 现机后车组顺序为机后 $5_{35} 0_{05} 8_{04} 5_{06}$ 。

重复步骤 2 ~ 5: 机车推送 $5_{35} 0_{05} 8_{04} 5_{06}$ 车组通过 V_9 (越过分歧道岔的警冲标) 后, 摘下 5_{06} 暂存在 $V_9 - V_6$ 线路间, 带车组 $5_{35} 0_{05}, 8_{04}$ (13 车) 返岔过 V_9 , 准备去 $V_9 - V_6$ 方向。

由于露头处为 8 辆专用线 V_4 的作业车, 机车推送车组去 $5_{35} 0_{05} 8_{04}$ (13 车) $V_9 - V_{10} - V_4$ 方向, 将车组 8_{04} 暂存至 $V_{10} - V_4$ 间返岔至 V_{10} 。

机车推送车组 $5_{35} 0_{05}$ 去 V_5 作业点, 删除 M_0, Q 内该车组并取出 V_5 的待取车组 5_{06} 及空车调移车组 4_{56} 并保证车组 4_{56} 在机次 (由于需随机车继续去作业点 V_6), 将车组 $4_{56} 5_{50}$ 摘下暂存在 $V_5 - V_{10}$ 线路间。

单机返岔过 V_{10} , 连挂暂存至 $V_{10} - V_4$ 间车组 8_{04} , 推送 8_{04} 至专用线 V_4 , 删除 M_0 内删除该车组, 由于作业点待取车为 0_{40} , 送车对位后单机出返岔过 V_{10} 。

连挂暂存在 $V_5 - V_{10}$ 线路间车组 $4_{56} 5_{50}$, 并在 $V_{10} - V_9$ 线路间道岔 V_9 警冲标前摘下车组 5_{50} , 机车带 4_{56} 返岔过 V_9 , 并与暂存在 $V_9 - V_6$ 车组 5_{06} 进行连挂, 推送车组 $4_{56} 5_{06}$ 去 V_6 , 删除 M_0, Q 内该车组, 并取出待取车组 4_{60} 。

$M_0 = \{\emptyset\}, Q = \{\emptyset\}$ 送车完毕, 各段线路及各作业点车辆情况如图 4 所示, 然后进行取车作业。

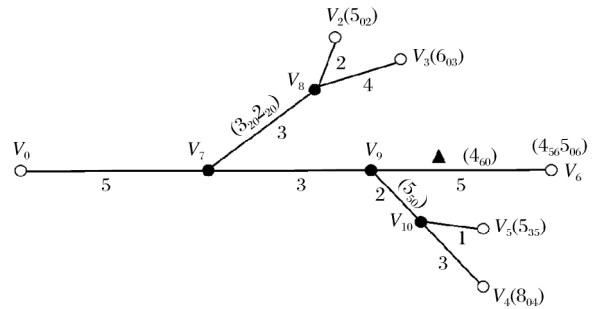


图 4 送车完毕后各点作业车情况示意图

Fig.4 Diagram of working-wagons in freight yard and stabling point after placing-in

步骤 6 机车带车组 4_{60} 返过 V_9 道岔, 删除待取车集合 N_0 内车组; 连挂暂存在 $V_9 - V_{10}$ 线间车组 5_{50} , 删除待取车集合 N_0 内车组连挂妥当后牵引 $4_{60} 5_{50}$ 越过 V_7 号道岔停车。

机车带 $4_{60} 5_{50}$ 连挂暂存在 $V_8 - V_7$ 线间的车组 $3_{30} 2_{20}$ 删除待取车集合 N_0 内该车组 (如果此时带车数较多, 可以先将车组 $4_{60} 5_{50}$ 暂存至 $V_7 - V_9$ 线间, 单机取车组 $3_{30} 2_{20}$ 后再与车组 $4_{60} 5_{50}$ 连挂) $N_0 = \{\emptyset\}$ 后返回车站, 作业完毕。

根据上述作业步骤, 需要消耗返岔“辆·公里”的车组有 2 种情况: 一是由于先摘下的车组停在线路警冲标内或安全地点, 机车需要带动车组返岔后连挂去下一分歧道岔或作业点; 二是车列中有需要暂存的车组, 非暂存车组需要越过当前分歧道岔后返回, 去下一分歧道岔或作业点。

例如, 待送作业车车组 5_{02} 符合条件假设位于机次 1 位, 本次送车过程按照“任意两点间的唯一一条链”作业顺序, 即“ $V_0 - V_7 - V_8 - V_2$ ”走行, 根据图 2

所示各点间的 w_{ij} 可得该顺序走行消耗距离为 50 辆·公里。由于需要 2 次暂存其他专用线车组, 第一次为越过分歧道岔 V_7 暂存 $0_{05}, 8_{04}, 5_{06}$, 机车带 $5_{02}, 6_{03}$ (11 辆) 车组返岔, 需要消耗 5*l* 辆·公里(车组 6_{03} 的返岔走行距离另行计算), 第二次越过分歧道岔 V_8 暂存 6_{03} , 机车带 5_{02} (5 辆) 车组返岔, 需要消耗 5*l* 辆·公里, 即 5_{02} 车组在送车过程中以“ V_0-V_7 需返岔- V_8 需返岔- V_2 ”的走行顺序, 消耗的总“辆·公里”为 50+10*l*。其他待送车组根据以上作业过程分析, 如表 2 所列。

表 2 待送作业车车组走行顺序

Table 2 Arranged route of placing-in wagons

待送车组	走行顺序	辆·公里
5_{02}	V_0-V_7 需返岔- V_8 需返岔- V_2	50+10 <i>l</i>
6_{03}	V_0-V_7 需返岔- V_8-V_3	72+6 <i>l</i>
0_{05}	$V_0-V_7-V_9$ 需返岔- V_{10} 需返岔- V_5	0
8_{04}	$V_0-V_7-V_9$ 需返岔- $V_{10}-V_4$	104+8 <i>l</i>
5_{06}	$V_0-V_7-V_9-V_6$	65

待取车组 2_{20} 由单机取出并 2 次暂存在 V_8-V_2 与 V_7-V_8 线路处, 故不需返岔, 按“ $V_2-V_8-V_7-V_0$ ”的作业顺序, 其消耗的“辆·公里”为 20, 其余待取车组走行顺序及消耗“辆·公里”如表 3 所列。

表 3 待取作业车车组走行顺序

Table 3 Arranged route of taking-out wagons

待送车组	走行顺序	辆·公里
2_{20}	$V_2-V_8-V_7-V_0$	20
3_{30}	V_3-V_8 需返岔- V_7-V_0	36+3 <i>l</i>
0_{40}	—	0
5_{50}	$V_5-V_{10}-V_9-V_7$ 需返岔- V_0	55+5 <i>l</i>
4_{60}	V_6-V_9 需返岔- V_7 需返岔- V_0	52+8 <i>l</i>

待调移车组 5_{35} 由 V_3 点取出后, 走行顺序为“ $V_3-V_8-V_7-V_9-V_{10}-V_5$ ”, 消耗的“辆·公里”为 65; 同时需返岔 V_8 (挂暂存在 V_8-V_3 间车组 6_{03})、 V_7 (挂暂存在 V_7-V_9 间车组 $0_{05}, 8_{04}, 5_{06}$)、 V_9 (将 5_{06} 暂存在 V_9-V_6 线路间)、 V_{10} (将 8_{04} 暂存在 $V_{10}-V_4$ 线路间), 需返岔消耗的“辆·公里”为 20*l*, 消耗的总“辆·公里”为 65+20*l*。其他各空车调移车组走行径路及消耗“辆·公里”如表 4 所列。

汇总表 2~表 4 可得, 完成该任务所需的最小“辆·公里”为 551+64*l*。

5 结论

通过以上分析及方法步骤, 对树枝型专用线较复杂的作业能够快速找到较优作业方案。

表 4 空车调移车走行径路

Table 4 Arranged route of exchange of empty wagons between freight yards

待送车组	走行顺序	辆·公里
5_{35}	V_3-V_8 需返岔- V_7 需返岔- V_9 需返岔- V_{10} 需返岔- V_5	65+20 <i>l</i>
4_{56}	$V_5-V_{10}-V_9$ 需返岔- V_6	32+4 <i>l</i>

第一, 由于树枝型专用线具有树的性质(两点间最短路线是唯一的), 只要满足取送车辆按照树的唯一最短进路顺序编制调车作业计划, 一定能得到“辆·公里”最少的取送兼空车调移作业任务方案。

第二, 由于考虑进入专用线时均以单机方式或带动目标车组进入作业点, 调动辆数最少。单机或带动最少车辆便于调车人员及调车司机作业, 能够提高调车作业效率。

第三, 由于调车作业调动车辆数少, 尽可能避免“长竿钓鱼”现象, 对调车安全也有一定的积极意义。

需要进一步讨论的问题是, 由于在作业中为了达到“调动辆数最少, 车组走行距离最短, 方便调车作业”这一目的, 需要将部分车组摘下暂存在某一条走行线, 这会产生额外作业时间(如需要实施防溜时间, 等待车组前端领车调车人员返回时间)、带动车辆返岔作业时间(如案例中的 64*l* 辆·公里走行的消耗)、连挂暂存车辆时产生作业时间(如调车安全连挂的速度较低需额外时间、需要撤除防溜作业时间、部分专用线作业需要调车人员尾部添乘时人员行走至尾部的时间)等, 在现场实际作业中这些时间需通过写实分析。如果这些作业时间(或折算为辆·公里)大于带动车辆去挂车作业时间(辆·公里), 则不应当摘下车组而是直接带车作业(例如带动车辆数较少时), 需根据现场实际情况查定分析, 进一步研究确定取送方案。

参考文献:

- [1] 靳磊. 铁路树枝型专用线取送车作业优化[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
- [2] 牟峰, 王慈光, 左大杰, 等. 放射形专用线取送车模型及算法[J]. 西南交通大学学报, 2010, 45(1): 104-110, 123.
- [3] 郭垂江, 雷定猷. 树枝型铁路专用线取送车作业模型及启发式算法[J]. 铁道科学与工程学报, 2015, 12(1): 208-213.
- [4] 杨新春. 技术站货物作业车取送优化研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2011.
- [5] 钱名军, 宋建业. 铁路行车组织基础[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2015.
- [6] 石红国, 彭其渊, 郭寒英. 树枝型专用线取送车问题的哈密尔

- 顿图解法[J].中国铁道科学,2005,26(2):132-135.
- [7] 黄向荣.树枝型专用线取送车的模型及算法研究[J].兰州交通大学学报:自然科学版,2007,26(3):51-54.
- [8] 杨运贵,王慈光,薛锋.树枝形铁路专用线取送车问题的遗传算法研究[J].计算机工程与应用,2008,44(12):211,214.
- [9] 李斌,董昱,孙云霞.树枝形专用线取送车优化问题的研究[J].郑州大学学报:工学版,2014,35(1):20-24.
- [10] 方华.对于树枝形铁路专用线取送车顺序的探讨[C]//中国铁道学会运输委员会第十八届站场与枢纽年会论文集,2017.
- [11] 易慧妮.突发事件应急救援物资调度的优化研究[J].甘肃科学学报,2014,26(2):110-113.
- [12] 王慈光.树枝形专用线取送车问题的研究[J].西南交通大学学报,1996,31(6):675-677.
- [13] 甘应爱,田丰.运筹学[M].北京:清华大学出版社,2005.

Research on Placing-in and Taking-out of Wagons on Branch-shaped Sidings

Gao Lei¹, Xie Jinbao¹, Kong Deyang¹, Fu Jie²

(1.School of Traffic and Transportation, Xian Traffic Engineering Institute, Xian 710300, China;

2.School of Economics and Management, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract The operation of placing-in and taking-out of wagons on branch-shaped railway sidings is complicated. There are many adverse effects if the number of wagons not considered during shunting operation. It not only increases wagons running distance, weakens operating efficiency, aggravates locomotive energy consumption, but also brings adverse factors to shunting personnel and operating safety. How to determine the order of the placing-in and taking-out of wagons, with the minimum number of wagons and vehicle miles during shunting operation in branch-shaped railway sidings is particularly important. It uses the properties of branches in graph theory and analysis. The optimization scheme of wagons placing-in and taking-out and moving empty wagons under the complicated operation plan is obtained. The plan also considers the locomotive into the freight yard with a single locomotive or carried the least wagons for the operation.

Key words Branch-shaped railway sidings; Placing-in and taking-out of wagons; Exchange of empty wagons between freight yards; Optimized operation of locomotive scheme

(本文责编:葛 文)