

# 广州地铁6号线萝岗车辆段早高峰时段 发车效率分析及其提升对策

马 骁

(广州地铁集团有限公司, 510220, 广州//工程师)

**摘 要** 基于广州地铁6号线萝岗车辆段的实际情况,分析了列车出段路径,并仔细测算了列车出段运行时间。测算发现,早高峰时段的列车出场运行平均时间为483 s,大于时刻表的计划运行间隔,进而导致萝岗车辆段列车出场延误。提出通过调整列车出场路径来减少列车出场时间。深入分析了限制车辆段发车能力的瓶颈位置,并针对性提出优化规章、提高出库速度,提高司机驾驶水平,优化检修库库门确认流程,以及提升司机的弓靴转换操作效率等一系列对策。建议将分段出场及正线摆放过夜车作为储备应急方案,并阐述了方案风险和预防措施。

**关键词** 地铁;车辆段;发车效率;出场运行时间

**中图分类号** U292.4

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2022.04.031

## Analysis of Vehicle Dispatching Efficiency During Peak Hours of Guangzhou Metro Line 6 Luogang Depot and Improvement Measures

MA Xiao

**Abstract** Based on the actual condition of Guangzhou Metro Line 6 Luogang Depot, the train departing route is analyzed, and the depot-exiting time is carefully measured. The measurement finds that the average train exit time at morning peak hours is 483 s, longer than the planned interval on timetable, which further causes delay of Luogang Depot train dispatching. It is proposed to decrease the train exit time by adjusting the route. The bottleneck position that limits depot train delivering capacity is analyzed in-depth. Specific measures including regulation optimization, garage-exiting speed increase, driver ability improvement, optimization of inspection garage door confirmation process and efficiency improvement of driver pantograph shoe conversion operation are proposed. It is suggested to dispatch by section and to park overnight train on mainline as back-up plan. The risk and preventive measures of the scheme are expounded.

**Key words** metro; vehicle depot; vehicle dispatching efficiency; depot-exiting time

**Author's address** Guangzhou Metro Group Co., Ltd., 510220, Guangzhou, China

目前,广州地铁6号线(以下简为“6号线”)线路长度为41.81 km,共设32座车站。

在早晨发车高峰时段,萝岗车辆段曾多次出现多列列车延误出段,以及香雪站下行方向列车延误开出的情况。这反映出萝岗车辆段发车能力不足的问题。

本文通过对萝岗车辆段发车情况进行分析,研究了导致发车能力不足的瓶颈位置,给出提升发车能力的建议,并针对作业风险提出相应的防范措施。

## 1 萝岗车辆段及正线接口概况

### 1.1 线路布置

萝岗车辆段呈南北走向,西北端与正线香雪站连接,东南端为尽头,采用与正线平行的非贯通尽头式布置。出段线连接折返线Ⅱ道至香雪站下行站台,入段线连接折返线Ⅰ道至香雪站上行站台。出入段线均具备双方向行车功能。萝岗车辆段内共55个列位(不含试车线及牵出线等线路)可以停放运营列车,均可通过转换轨向折返线Ⅰ道及Ⅱ道发出出段列车。

### 1.2 信号设备及功能

萝岗车辆段使用DS6-60型计算机联锁系统。列车接发车进路由信号楼集中排列。在组织列车出段时,信号楼先排列列车由库内往转换轨的出段进路;然后,出段列车以RM1(限制性人工驾驶模式)运行至转换轨Ⅰ道及Ⅱ道,转换受电模式(降弓升靴)后,凭车载信号运行至香雪站折返线Ⅰ及Ⅱ道。出段列车出清转换轨后,信号楼可排列下一列列车往转换轨的出段进路。

2 车辆段发车运作现状及问题

2.1 列车出段路径

根据目前 6 号线的工作日运营时刻表(如表 1 所示),需从萝岗车辆段发 26 列车。按时刻表计划,在早高峰时段前,有 12 列列车从转换轨 I 道及 II 道依次交替平行出段。

如表 1 所示,06:18:00 左右,浔峰岗车辆段出段列车(上行列车)到达香雪站,并利用香雪站折返线 I 道折返。因此,从第 13 列车(02401 次,计划发车时间为 06:00:35)起,萝岗车辆段出段车全部采用转换轨 II 道-折返线 II 道的路径出段。即在萝岗车辆段,早高峰时段列车出段路径为库内股道-转换轨 II 道-折返线 II 道。

表 1 6 号线萝岗车辆段及香雪站工作日运营时刻表(部分)

Tab.1 Train operation schedule of Line 6 Luogang Depot and Xiangxue Station on weekdays (partial)					
车次	萝岗车辆段计划发车时刻		上行列车到达香雪站折返线 I 道的时刻	香雪站计划到发时刻	
	转换轨 I 道	转换轨 II 道		到达站台	离开站台
00301		05:02:03		05:15:03	05:15:53
00501	05:05:33			05:18:33	05:19:23
00601		05:08:24		05:21:24	05:23:24
00801	05:13:43			05:26:43	05:28:43
01001		05:19:02		05:32:02	05:34:02
01110	105:23:22			05:36:22	05:38:22
01301		05:27:42		05:40:42	05:42:42
01501	05:34:04			05:47:04	05:49:04
01701		05:39:32		05:52:32	05:54:32
01901	05:45:00			05:58:00	06:00:00
02001		05:49:15		06:02:55	06:04:55
02201	05:55:15			06:08:15	06:10:15
02401		06:00:35		06:13:35	06:15:35
00103			06:18:12	06:19:07	06:20:36
02501		06:10:37		06:23:37	06:25:37
00203			06:26:44	06:27:39	06:29:37
02701		06:18:37		06:31:37	06:33:37
00403			06:34:28	06:35:23	06:37:37
02901		06:26:37		06:39:37	06:41:37
00703			06:42:08	06:43:03	06:45:03
03001		06:34:37		06:47:37	06:49:37
00903			06:50:26	06:51:21	06:53:11
03201		06:41:37		06:54:37	06:56:37
01203			06:57:14	06:58:09	06:59:59

2.2 列车出段运行时间

本文选取 2020 年 9 月 22 日萝岗车辆段高峰时段 2401 次~4901 次列车的发车数据进行分析(见表 2)。按表 2 分析,萝岗车辆段列车在出段路径的设计运行时间为 480 s。然而这与实际情况不符。

从表 2 可知,3001 次列车虽正点动车,但其从发车至出清转换轨运行用时达 502 s,大于发车间隔 480 s,导致该车延误了 26 s 出段。根据实际测算结果,早高峰时段的列车出段运行平均时间为 483 s,

超过 480 s。

进一步分析表 2 数据。当时刻表计划发车间隔为 480 s 时,车辆段的发车能力已达饱和,从 2901 次列车开始出现发车延误:2901 次列车延误 7 s,3001 次列车延误 26 s,3201 次列车延误 93 s。之后,当时刻表计划发车间隔调整为仅 390 s 时,受之前累计增晚的影响,后续列车延误情况更为严重:3301 次列车延误 239 s,3501 次列车延误 363 s,3701 次列车、3801 次列车及 4101 次列车延误 7~9

min。最终,从 3301 次列车开始,有 6 列列车延误到达香雪站,且最多延误了 403 s。可见,列车出段实际运行时间大于计划发车间隔,是导致萝岗车辆段列车出段延误的主要原因。

经测算:列车出段运行时间平均为 483 s,而早高峰时段的发车间隔仅为 390 s,故车辆段每发 1 趟车平均累积增晚 93 s。至 3801 次列车出段,理论最大延误时间为 509 s。这一结论与实际情况相符。

由上述分析,萝岗车辆段早高峰时段发车延误

的原因是萝岗车辆段的发车能力与时时刻表要求不匹配。

在时刻表中,4101 次列车之后的计划发车间隔增至 585 s。而行车调度员为减少延误临时变更了 4401 次列车的出段路径,使之由转换轨 I 道出段,进而使得 4701 次列车提前发车,从而消除了累积延误。这说明调整出段路径可有效改善列车延误的情况。

表 2 6 号线发车时间分析表  
Tab.2 Analysis of the departure time of Line 6

股道	车次	时刻表 出段时刻	出段信号 开放时刻	延误出段 时间/s	时刻表香雪站 到达时刻	实际到达 香雪站时刻	延误到达 香雪站时间/s	时刻表 发车间隔/s	实际 发车间隔/s
4A	2401	06:00:35	05:55:50		06:13:35	06:12:12			
24A	2501	06:10:37	06:09:20		06:23:37	06:21:44		602	816
25A	2701	06:18:37	06:17:58		06:31:37	06:31:09		480	511
32A	2901	06:26:37	06:26:44	7	06:39:37	06:38:53		480	515
26A	3001	06:34:37	06:35:03	26	06:47:37	06:46:47		480	516
17A	3201	06:41:37	06:43:10	93	06:54:37	06:54:24		420	486
29A	3301	06:48:20	06:52:19	239	07:01:20	07:03:21	121	403	545
27A	3501	06:54:50	07:00:53	363	07:07:50	07:10:55	185	390	514
20A	3701	07:01:20	07:08:41	441	07:14:20	07:18:52	272	390	465
30A	3801	07:17:35	07:16:19	929	07:20:50	07:27:33	403	390	454
9 道	4101	07:17:35	07:25:16	461	07:30:50	07:35:31	281	585	546
33A	4401	07:27:20	07:33:03	343	07:40:20	07:45:21	301	585	469
11A	4701	07:40:20	07:39:13		7:53:20	07:52:12		780	363
18A	4901	07:50:05	07:47:31		8:03:05	08:02:03		585	498

注:组织从单条转换轨出段时,需要等前车出清转换轨后,才可以排列后车往转换轨的进路,因此 1 个完整的发车流程为从排列进路到列车出清转换轨。

### 3 提高出段能力的建议、风险及措施

#### 3.1 调整出段路径,优化时刻表

在 06:00—07:00 时段,萝岗车辆段出段列车通过转换轨 I 道及转换轨 II 道平行出段,香雪站上行列车利用折返线 I 道及 II 道交替折返。

根据时刻表平行发车时段的设计数据进行测算,出段路径调整后的出段用时为 260 ~ 6 382 s,小于该时段的时刻表最小计划发车间隔 390 s,可有效解决出段延误问题。

#### 3.2 减少出段时间,提高发车效率

根据对实际发车情况的分析,限制萝岗车辆段发车能力的瓶颈主要有以下几点:

1) 出段走行线路较长。该车辆段线路设计长度较大,经现场测量,萝岗车辆段运用库出库平交道口至转换轨停车位置的距离为 750 ~ 800 m。走行距离长导致运行时间较长。根据实测,列车从平交道至转换轨的平均运行时间为 264 s(4 min 24 s)。

2) 列车运行速度低。根据《萝岗车辆段运作手册》的规定,停车库股道 A 端(有地沟)列车需限速 5 km/h 出库。限速规定导致列车出库速度低。此外,列车出库后以 RM1 模式运行,限速为 15 km/h,而司机为保证驾驶安全,大多将车速控制在 12 ~ 13 km/h。

3) 从检修股道发车。按照《萝岗车辆段运作手册》,列车进出检修库大门应一度停车,待司机下车

确认库门处于安全位置并加固稳妥后方可通过。因上述库门检查环节,根据 2020 年 9 月全月数据,与其他股道相比,列车由检修股道出段平均多耗时 70 s。

4) 弓靴转换操作效率。列车在转换轨后司机需进行弓靴转换及确认车辆状态,故司机操作效率也影响着列车出段能力。目前司机操作效率差异较为明显,根据 2020 年 9 月 22 日及 23 日共 50 列车出场的数据统计,列车在转换轨平均停车用时为 123 s,用时最少为 93 s,用时最多为 150 s(已排除信号未开放需等待等特殊情况下),最大相差近 1 min。这说明司机作业效率存在一定提升空间。

对此,建议从以下 4 个方面优化,减少出段运行时间,提高发车效率:

1) 优化规章,提高出库速度。建议在保证安全的前提下,将《车辆段运作手册》中出库限速 5 km/h 的要求适度放宽,改为按《行车组织细则》中“车辆段停车库限速 10 km/h”的要求执行,进而提高列车出库速度。经计算,如列车出库限速为 10 km/h,则列车出库时间可节省约 25 s。

2) 提高司机驾驶水平。乘务部门应提高司机驾驶水平,并加强对司机在车辆段驾驶水平的评估,要求列车出库后的运行速度应控制为 15 km/h。经测算,列车出库后运行速度每提升 3 km/h,其出场运行时间可节省约 50 s。

3) 优化检修库库门确认流程。优化方案有 3 个:① 方案 1,在满足消防等相关要求的条件下拆除检修库库门,可取消库门确认环节;② 方案 2,通过在库门底部加角铁等方式增加库门稳固性,并满足消防要求,可取消库门确认环节;③ 方案 3,由调车班司机在早上发车前统一检查确认所有库门状态,而列车出段时无需再停车及下车确认。以上 3 个方案均能使列车出段时间减少 60 s 左右。综合考虑消防安全要求及人力成本等,建议选择方案 2。

4) 提升司机的弓靴转换操作效率。由于弓靴转换作业风险高,因此不建议改动目前流程及措施。为提高司机弓靴转换操作效率,建议比照正线站台作业及终点站折返作业,建立弓靴转换作业效率评价体系,要求司机将操作时间控制在 100 s 以内,同时加强现场评估及录像抽查,以提高司机作业紧凑度。

经测算,优化后最多可以使列车出段时间减少 165 s,使列车出段效率提升 34%。

### 3.3 开拓新思路,储备应急方案

#### 3.3.1 分段出段

根据萝岗车辆段现有条件(如图 1 所示),可利用 D7 及 D9 信号机实现分段出段。先按调车方式组织列车从车库运行至 D7 或 D9 信号机前,此调车进路始端信号机显示白灯,终端信号机显示蓝灯;待转换轨列车出清后,再以调车方式组织列车运行到转换轨。经测算,列车采用分段出段方式预计可节省约 200 s/列,可将发车间隔压缩至 303 s(4 min 42 s)。

分段出场方案的缺点是:受 D7、D9 调车信号机功能限制,只能排列调车进路,不能排列列车进路。经咨询信号设备厂家,对信号机进行改造可使其具备排列列车进路的功能,且会进一步提升安全性,但会增加改造成本。

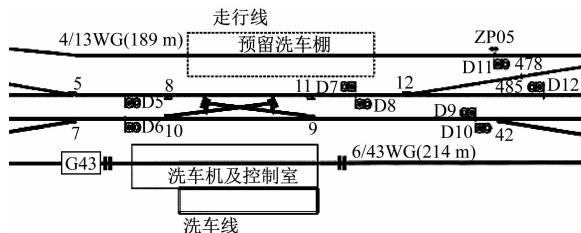


图 1 萝岗车辆段分段出场示意图

Fig. 1 Schematic diagram of Luogang Depot dispatching by section

采用分段出段方案,也存在一定风险。

风险一:信号楼错误排列进路,即信号楼排列进路时错点信号机。

针对风险一,建议采取以下措施:① 分段出段进路固定为运用库-D7-转换轨,统一都排到 D7 信号机前,减少排错路的风险;② 信号楼排列进路时,1 人监控 1 人操作,手指口呼规定执行到位。

风险二:列车冒进信号,即司机未及时停车,越过 D7 信号机蓝灯。

针对风险二,建议采取以下措施:① 目前 D7、D9 信号机均为调车信号机,只能开放调车信号,建议对 D7、D9 信号机进行改造,使其具备开放出段信号的功能,同时具备信号追踪自排功能;② 在 D7 信号机前增加停车标识;③ 增加互控提醒,信号楼通过 HMI 监控列车即将进入 D7 信号机所在轨道区段时,通过车载电台呼叫司机“XX 次 XX 车司机注意在 D7 信号机前停车。”

风险管控措施:① D7 信号机旁增设“严禁转

换受电模式”提示牌,起警示提醒作用;②规范列车在D7信号机前停稳后司机与信号楼的联控措施,重点提醒司机在D7信号机前严禁转换受电模式。

### 3.3.2 正线摆放过夜车

将列车在正线摆放过夜,并在早高峰发车时段将其改开为出段列车。例如,在香雪站存车线摆放1台过夜列车,早高峰时段,该车改按3001次直接在香雪站投入服务,而车辆段后续列车均可比照时刻表提前发车,从而减少延误。组织正线摆放过夜车,存在一些风险。

风险一:人身安全。易发生列车走错线路或接触轨带电等事故。

针对风险一,建议采取以下措施:①司机下线路前做好个人防护,与行调确认清楚过夜车存放地点、改开投入车次、走行路径等;②制定走行路线图,加装登车梯,司机必须从登车梯上下车,禁止在接触轨一侧上下车,行走时与接触轨保持安全距离;③原则上,香雪站轮值现场监控司机上、下过夜车作业。

风险二:司机误操作。

针对风险二,建议采取以下措施:①司机与轮值或派班员联控确认蓄电池开关状态、蓄电池电压;②增加确认表格,轮值或派班员与司机联控后对开转过夜车中涉及操作的重要开关状态进行逐项核对并打勾确认。

## 4 结语

萝岗车辆段早高峰时段发车能力不足,一是受

到线路条件及作业流程等影响;二是受单股道出场限制,其发车能力与时刻表发车间隔不匹配,导致列车延误出段。为有效解决萝岗车辆段出段能力不足的问题,一方面要调整出场路径,优化时刻表,实现高峰时段平行出段;另一方面可通过提高运行速度、优化库门确认流程等方法来减少列车出段时间。此外,分段出段及正线摆过夜车可提高发车效率,但作业风险较大,建议作为应急储备方案,并针对风险落实好防范措施。

## 参考文献

- [1] 姚洪川. 铁路通过能力与输送能力的确定方法[J]. 中国铁路, 2006(10): 41.  
YAO Hongchuan. Method for determining railway passing capacity and transport capacity[J]. China Railways, 2006(10): 41.
- [2] 罗剑文. 地铁高密度线路大面积晚点情况下行车调整方法策略研究[J]. 中国新技术新产品, 2016(20): 168.  
LUO Jianwen. Study on operation organization adjustment strategy in the situation of metro high-density lines delay in large area[J]. New Technology & New Products of China, 2016(20): 168.
- [3] 赵钢, 李映红. 城际快速铁路通过能力研究[J]. 城市轨道交通研究, 2008(12): 28.  
ZHAO Gang, LI Yinghong. Research on the carrying capacity of intercity railway[J]. Urban Mass Transit, 2008(12): 28.
- [4] 雷黎明, 朱亨国, 任颖, 等. 提升长沙地铁2号线出入段能力研究[J]. 铁路通信信号工程技术, 2021(10): 81.  
LEI Liming, ZHU Hengguo, REN Ying, et al. Promoting capacity for trains entering or exiting the depot of Changsha Metro Line 2[J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2021(10): 81.

(收稿日期: 2021-03-29)

(上接第146页)

- [3] 王惠凤. 现代有轨电车折返线布置形式及长度研究[J]. 城市轨道交通研究, 2017(4): 90.  
WANG Huifeng. Layout and length of the turn-back line for modern tram[J]. Urban Mass Transit, 2017(4): 90.
- [4] 广州地铁集团有限公司. 广州市轨道交通新线工程设计技术标准: Q/GZMTR-JS-SJ-001—2018[S]. 广州: 广州地铁集团有限公司, 2018.  
Guangzhou Metro Group Co., Ltd. Code for the design technical standard of Guangzhou rail transit new lines: Q/GZMTR-JS-SJ-001—2018[S]. Guangzhou: Guangzhou Metro Group Co., Ltd.,

2018.

- [5] 翟倩. 城市轨道交通故障车停车线布置形式简单分析[J]. 科技信息, 2010(36): 637.  
ZHAI Qian. Simple analysis of urban rail transit fault vehicle parking line layout[J]. Science & Technology Information, 2010(36): 637.
- [6] 王京峰. 地铁安全线长度分析[J]. 城市轨道交通研究, 2008(2): 53.  
WANG Jingfeng. An analysis of the length of metro safety line[J]. Urban Mass Transit, 2008(2): 53.

(收稿日期: 2020-06-04)