

圩洋线路所 CTCS-2/3 级间转换优化方案研究

周茂强

中铁第五勘察设计院集团有限公司 北京 106200

摘 要：高速铁路 CTCS-3 级、CTCS-2 级列控系统线路衔接时，尤其当衔接的线路所联络线无区间信号点时，CTCS-2/3 级间转换方案较为复杂，本文以圩洋线路所为例，研究分析短区间联络线 CTCS-2/3 列控等级转换方案的合理性。

关键词：高速铁路；短区间联络线；CTCS-2；CTCS-3；列控等级转换

引言

随着我国高速铁路快速发展，CTCS-3 级、CTCS-2 级列控系统^[1-2]线路衔接越来越普遍。列控系统是高速铁路运行安全的“大脑”，CTCS-2/3 级间转换^[3-4]方案的合理性是决定列车跨线安全运行的关键因素。本文以徐盐铁路圩洋线路所为例，通过方案比较、优化设计和测试验证，研究分析短区间联络线 CTCS-2/3 列控等级转换方案，解决车载设备异常制动问题。

1 原方案概况

1.1 线路概况

徐盐铁路正线设计速度 250km/h，采用 CTCS-3 级列控系统。本线由圩洋线路所经联络线与青盐铁路盐城北站（CTCS-2 级）衔接，线路所正线设置 42 号道岔。联络线无区间信号点及电分相，设计速度 120km/h，区间设置 C3/C2 级间转换，因区间较短，级间切换执行点常用制动距离内 RBC 数据延伸至盐城北站。

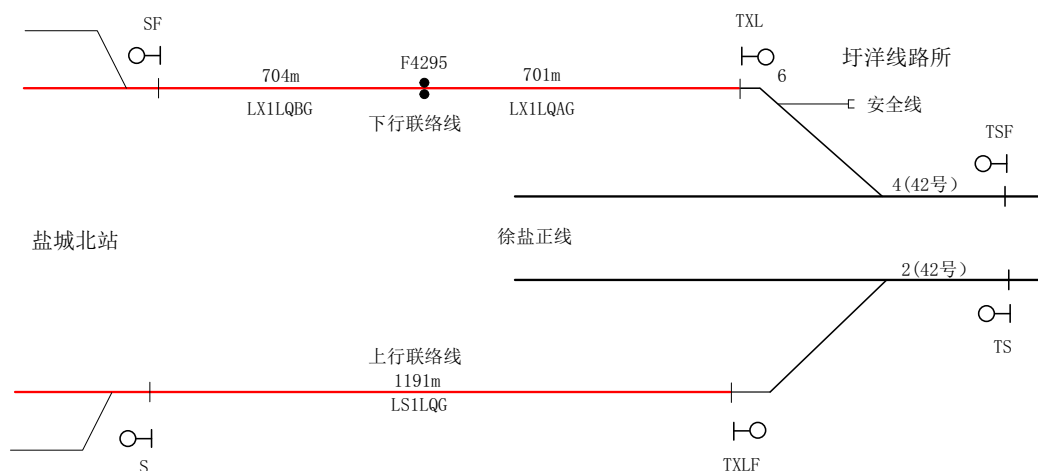


图 1 圩洋线路所联络线示意图

1.2 列控等级转换设置方案

联络线区间无信号点，C3 动车组由圩洋线路所向盐城北站运行时，在圩洋线路所上行进站信号机（TS、TSF）应答器组^[5-6]处由 RBC 向动车组发送 C3 → C2 预告信息，经过联络线 C3 → C2 执行应答器组后转为 C2 等级；由盐城北站

经圩洋线路所进入徐盐正线时，在盐城北上行进站信号机（S、SF）应答器组处接收 RBC 呼叫连接信息，在线路所联络线进站信号机（TXL、TXLF）定位应答器处设置 C2 → C3 预告应答器组，在线路所正线第二个闭塞分区设置 C2 → C3 执行应答器组，如图 2 所示。

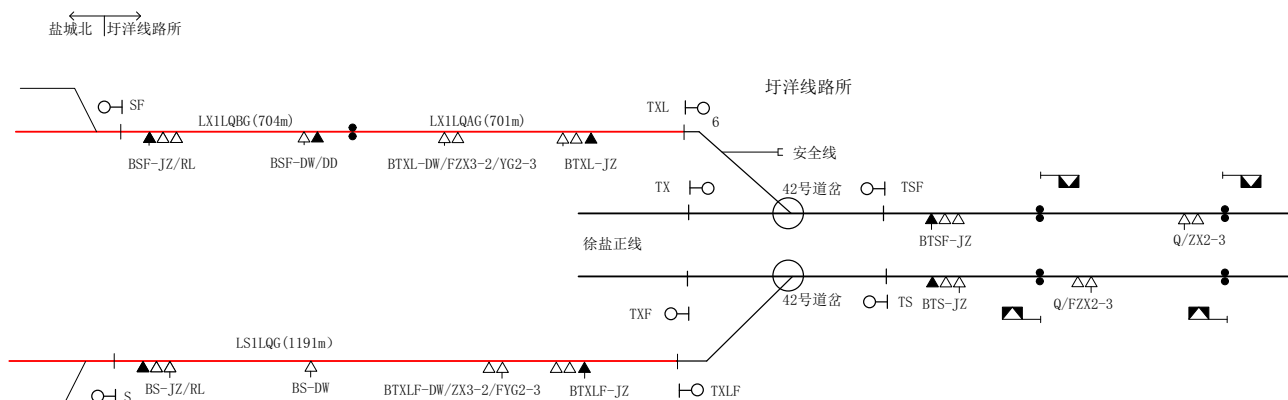


图 2 圩洋线路所列控级间转换示意图

2 原方案存在的问题

2.1 故障现象

办理圩洋线路所 TS 至盐城北站的侧向通过进路, 司机按顶棚速度 120km/h 运行, 装备 300H 车载设备 [7-8] 的动

车组在通过坪洋线路所 BTXLf 应答器组时, 因 ATP 限速曲线突降导致触发最大常用制动, 1 分钟后制动缓解, 未影响运行, 后续运行正常。以下是坪洋线路所上行联络线 C3 → C2 转换示意。

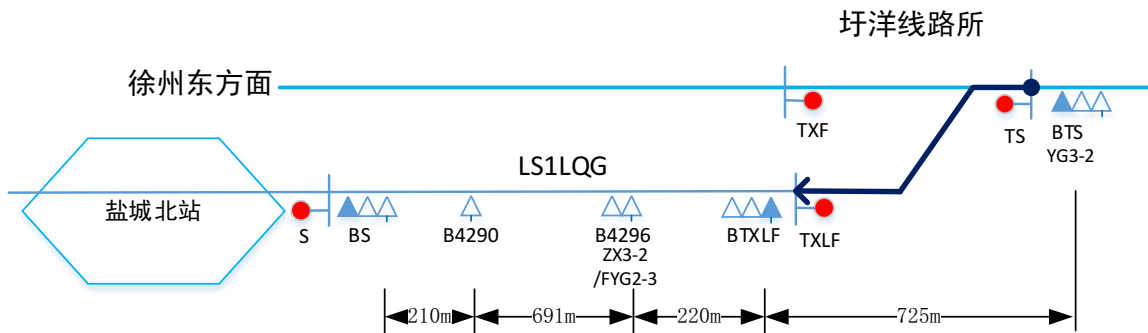


图 3 圩洋线路所上行联络线 C3 → C2 转换示意图

2.2 原因分析

根据 300H 型 ATP 逻辑, 车载设备经过 BTS 应答器处, 从 RBC 收到 P#41 包 (C3→C2 等级转换预告报文), C2 主控单元向 C3 主控单元报告等级转换点的目标速度。

根据《列控系统应答器应用原则》(TB/T 3484-2017)附录 B.4 的要求,侧接 -2 进路的 TSR 有效区段长度为“接车进路始端应答器至发送进路延续临时限速的应答器并延伸 80m”,因此 BTS 应答器中描述的临时限速有效长度为 $LBTS \sim BTXLF + 80m = 805m$,执行点 B4296 距 BTXLF 为 220m (大于 80m),BTS 应答器中描述的临时限速管辖范围未覆盖到级间切换执行点 B4296 应答器处。

根据《CTCS-3 级列控车载设备技术条件》(TB/T

3483-2017) 8.4.5.2 规定: “车载设备临时限速信息更新失败或临时限速信息耗尽时, 由临时限速引起的限速曲线 SBI 突降为 50km/h, EBI 缓降为 55km/h, 同时应根据其他限速条件按最不利限制速度进行控制。” 由于临时限速信息未覆盖至级间切换执行点, 所以级间切换执行点 C2 主控单元的目标速度为 45km/h。

故 300H 车载设备根据等级转换点 C2 主控单元的目标速度 45km/h 生成 C3 等级控车模式曲线。预告点到执行点距离为 $725+220=945\text{m}$ ，20‰下坡，不满足 120km/h 到 45km/h 制动距离要求，SBI 限速曲线和 EBI 限速曲线均出现突降，列车速度超过 SBI 限速曲线，车载设备触发最大常用制动，如图 4 所示。

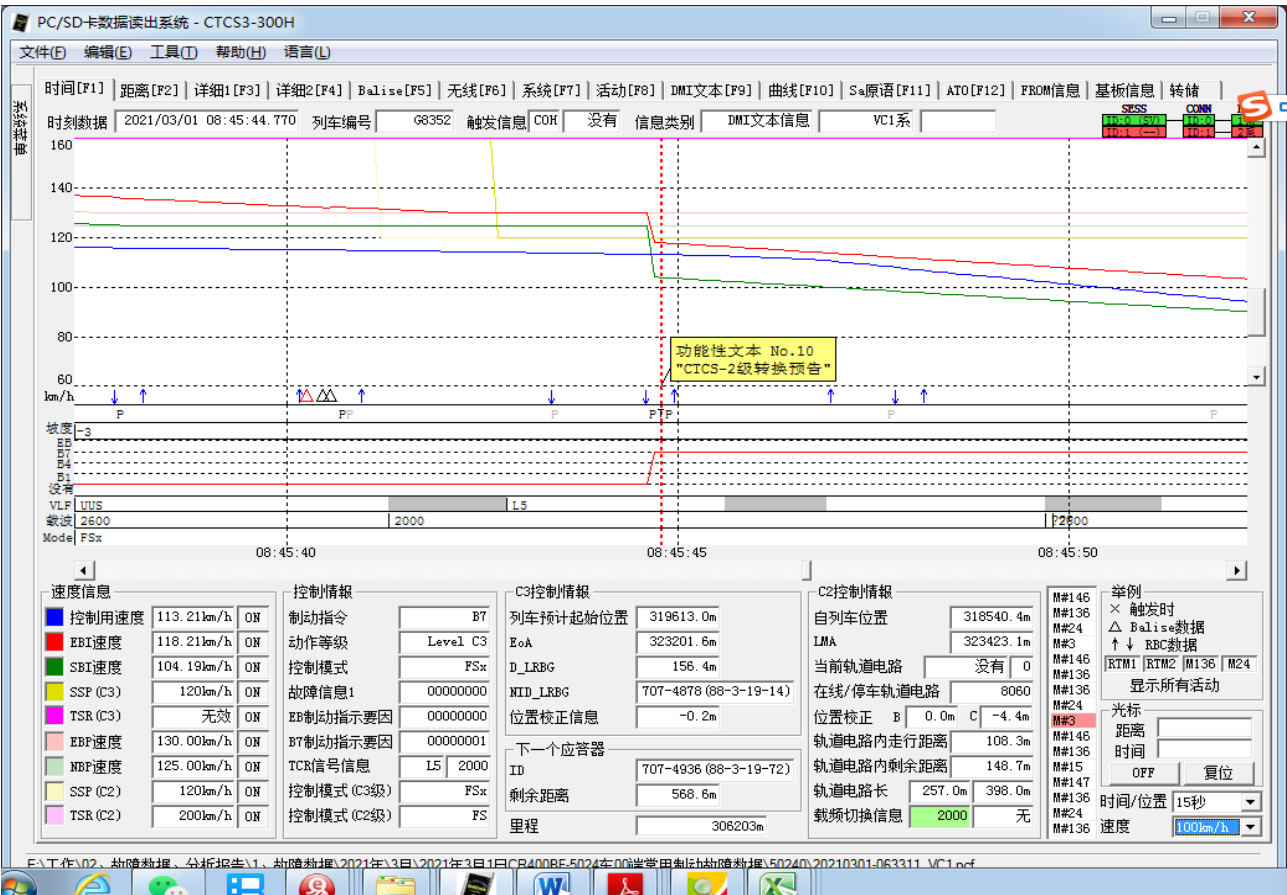


图 4 触发最大常用制动时车载数据

本次制动的表面原因是临时限速信息未覆盖至级间切换点,但仔细分析,该处还存在其他导致车载触发制动的情况。

即便临时限速信息覆盖至执行点,圩洋线路所至盐城北站站间距较短,在进行临时限速检查时,L3 检查范围除联络线外还延伸至盐城北站内,当 L3 检查范围内(盐城北站内+联络线)下达小于大号码道岔侧向速度为 120km/h 的临时限速时,TCC 停放大号码道岔预告报文(最不利情况为先排进路、后下限速),进站口降级发 UU 码,此时从线路所进站信号机开始 C2 速度为 45km/h。因级间切换执行点距出站口应答器组 220m,小于一个车长,即执行点位于车尾保持范围内,导致执行点 C2 目标速度为 45km/h。由于预告点到执行点距离不满足预告点到执行点常用制动距离要求,300H 车载设备同样会触发制动。

所以该级间切换处的主要问题是级间切换预告点到执行点距离不足,执行点位于车位保持范围内,预告点到执行点距离不满足最不利情况下预告点车载设备 C3 速度 120km/h 到执行点 45km/h 的常用制动距离要求。

3 优化方案

3.1 优化比较方案

为避免有临时限速影响列车正常运行,提出 6 种优化方案,并于实验室基于仿真平台+实物车载设备(300H、300T)的环境对各方案进行了试验。各方案在正常情况下,均能实现优化目标,但在特殊场景下,会存在一定的限制,试验涵盖了以下场景:

- ①盐城北站办理正线接车进路;
- ②盐城北站办理侧线接车进路;
- ③盐城北站办理引导接车进路;
- ④盐城北站不办理接车进路;
- ⑤圩洋线路所侧线设置 80km/h 限速(RBC 全进路限速,TCC 全进路限速);
- ⑥联络线区间设置 80km/h 限速(RBC 全进路限速,TCC 全进路限速);
- ⑦盐城北进站信号内方设置 80km/h 限速(RBC 精确预告,TCC 全进路限速);

⑧盐城北正线股道设置 80km/h 限速（RBC 精确预告，TCC 全进路限速）；

⑨盐城北出站信号内方设置 80km/h 限速（RBC 管辖范围之外）。

方案 1：预告点、执行点不变，将临时限速信息覆盖至

执行点

延长 BTS 应答器中【CTCS-2】包临时限速有效区段长度至 C3 → C2 级间切换执行点 B4296 应答器组并延伸 80m，使其覆盖等级转换点。

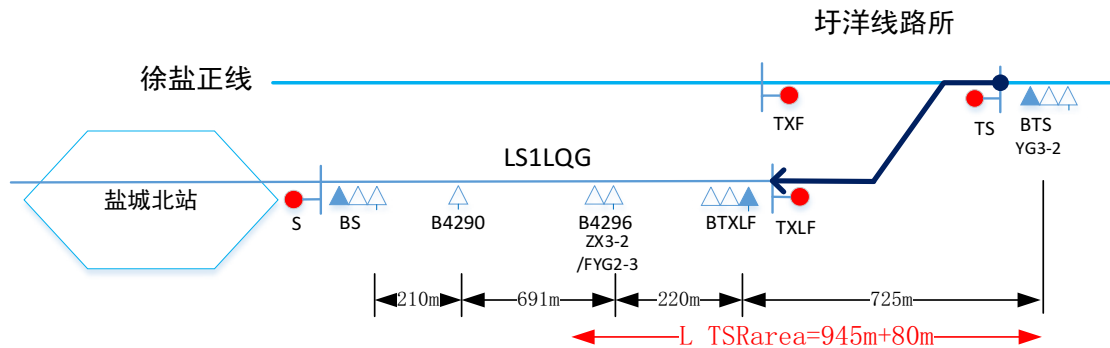


图 5 优化方案 1 示意图

试验未通过场景 1-1：盐城北进站信号机 S 内方设置 80km/h 限速，300T 通过预告点后制动。

原因分析：由于盐城北站内下达 80km/h 限速，RBC 按实际限速情况控车，TCC 因该限速在 L3 范围内，停发大号码道岔预告报文，BTS 应答器描述全进路限速为 80km/h。

300T 车载在经过 YG3-2 点后，开始 C3、C2 曲线比较，此时 C3 速度为 120km/h，C2 速度为 80km/h，预告点 C3 与

C2 速差较大，以及预告点到执行点距离不足，不满足 20‰下坡 C3 速度 120km/h 到 C2 速度 80km/h 最大常用制动距离要求，所以 300T 过预告点时触发制动。

方案 2：预告点移至出站口，执行点不变

上行线 C3 → C2 等级转换执行点不变，将 C3 → C2 等级转换预告点移至出站口 BTXLF 处，仅由 RBC 发送预告信息。

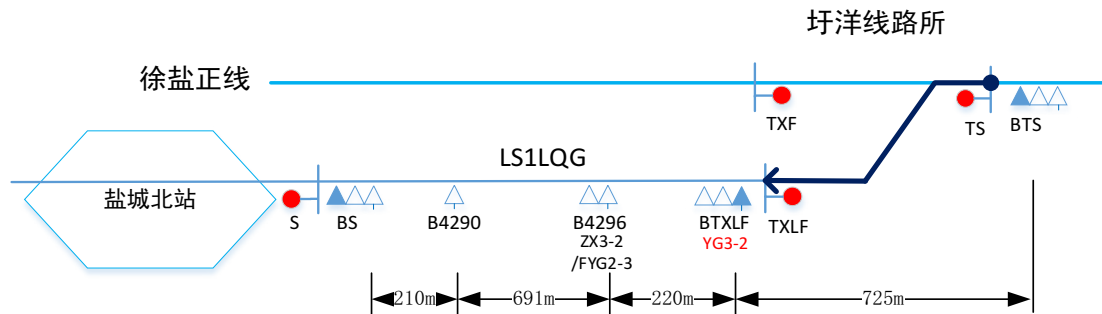


图 6 优化方案 2 示意图

试验未通过场景 2-1：盐城北进站信号机内方设置 80km/h 限速，300T、300H 通过预告点后制动。

原因分析：预告点、执行点均位于车尾保持范围内，下限速后预告点 C2 速度为 80km/h，C3 速度为 120km/h，300T 因 C3-C2 曲线不一致导致制动。

300H 因预告点距离执行点太近，在该场景下无法满足

预告点 120km/h 到制动 80km/h 的常用制动距离要求导致制动。

方案 3：预告点移至出站口，执行点外移

将 C3 → C2 等级转换预告点移至出站口 BTXLF 处，仅由 RBC 发送预告信息，C3 → C2 等级转换执行点外移 691m 至 B4290 处。

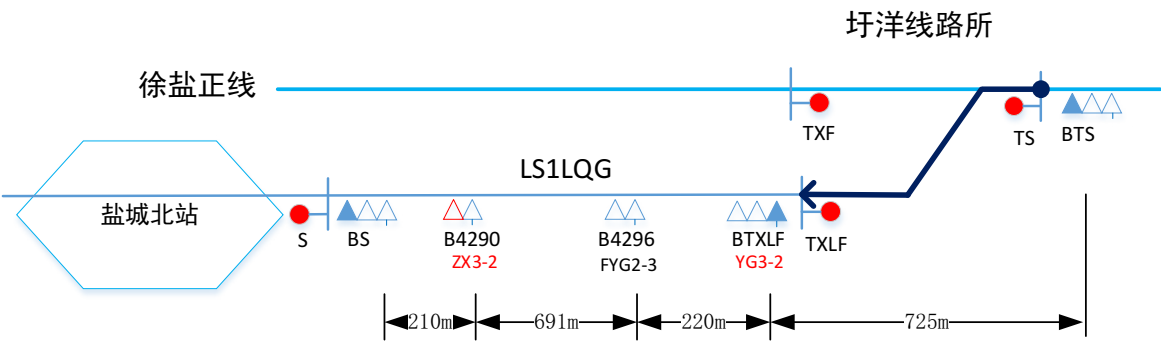


图 7 优化方案 3 示意图

试验未通过场景 3-1：盐城北进站信号机内方设置 80km/h 限速，300T 通过预告点后制动。

原因分析：预告点位于车尾保持范围内，300T 因预告点 C3-C2 曲线不一致导致制动，原因同方案 2。

方案 4：预告点、执行点均外移

将 C3 → C2 等级转换预告点由出站口外移 220m 至 B4296 处，仅由 RBC 发送预告信息，将 C3 → C2 等级转换执行点外移 691m 至 B4290 处。

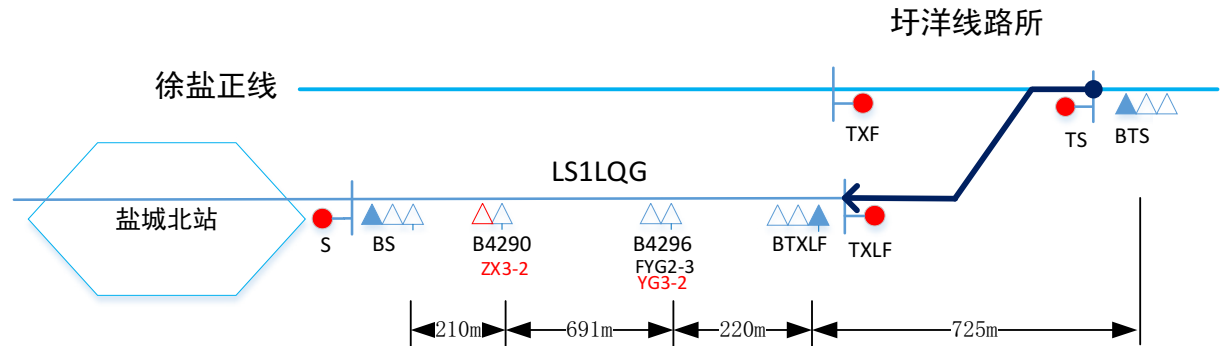


图 8 优化方案 4 示意图

试验未通过场景 4-1：盐城北进站信号机内方设置 80km/h 限速，300T 通过预告点后制动。

原因分析：预告点位于车尾保持范围内，300T 因预告点 C3-C2 曲线不一致导致制动，原因同方案 2。

方案 5：预告点、执行点继续外移

将 C3 → C2 等级转换预告点移至 B4290 处，仅由 RBC 发送预告信息，C3 → C2 等级转换执行点外移至盐城北站进站口 BS 应答器处。

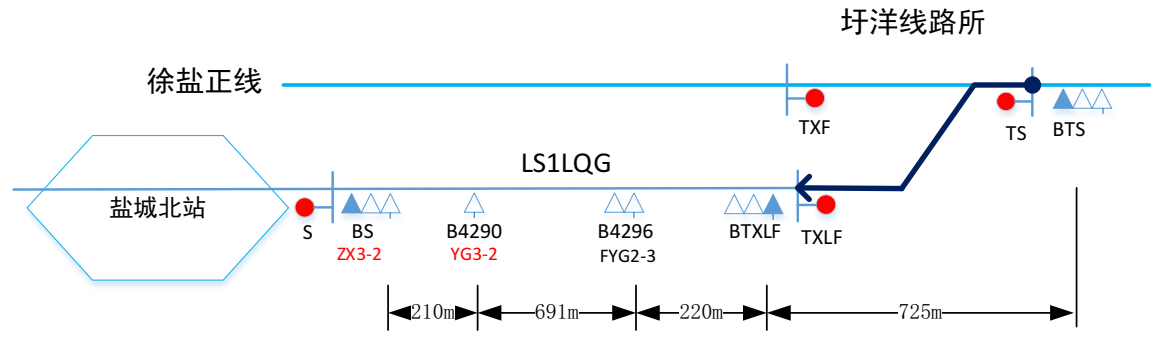


图 9 优化方案 5 示意图

试验未通过场景 5-1: 盐城北站未办理列车进路, 300H 通过预告点后制动, 速度有 5km/h 左右的突降。

原因分析: 300H 车载计算 C2 曲线时会在打靶点前留 110m 安全距离, 导致 C3、C2 曲线在低速区不一致, 因此列车通过 YG3-2 后, 因 C3-C2 曲线不一致而制动。该问题现象较为轻微, 测试时控制车速紧贴 SBI 曲线运行才会触发制动, 影响较小。

试验未通过场景 5-2: 盐城北站办理引导接车进路,

300H 转 C3 引导模式, 过 YG3-2 点后速度制动到 0。

原因分析: 300H 车载计算 C2 曲线时会在打靶点前留 110m 安全距离, 执行点距进站信号机 40m, 此时 300H 车载 C2 曲线的打靶点距进站信号机 110m, 即 C2 行车许可终点未越过 ZX3-2 点, 导致列车无法越过 ZX3-2 点。

方案 6: 不设预告点, 仅设执行点

不设预告点, 上行线 C3 → C2 等级转换执行点移至 B4290 处。

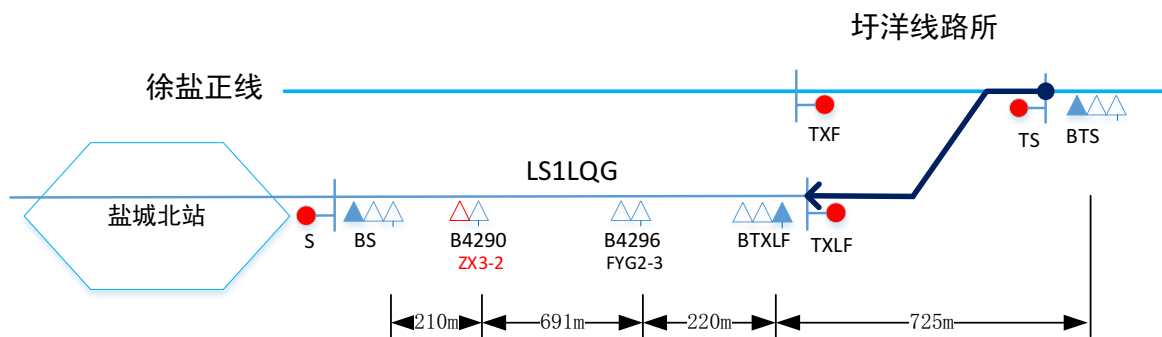


图 10 优化方案 6 示意图

试验未通过场景 6-1: 盐城北站未办理列车进路, 300H 通过预告点后制动, 速度有 5km/h 左右的突降。

原因分析: 300H 车载计算 C2 曲线时会在打靶点前留 110m 安全距离, 导致 C3、C2 曲线在低速区不一致, 执行点距进站信号机 250m, 因此列车通过执行点后, 因 C3-C2 曲线不一致而制动。

试验未通过场景 6-2: 盐城北站办理侧线接车进路, 300H 通过预告点后制动, 速度有 5km/h 左右的突降。

原因分析: 300H 车载 C2 曲线的打靶点为盐城北站 S 信号外方 110m, 目标速度 45km/h; C3 曲线的打靶点为盐城北站 S 信号机, 目标速度 45km/h, 因此列车越过执行点后由于 C3-C2 曲线有速度差产生制动。

试验未通过场景 6-3: 盐城北站办理引导接车进路, 300H 过执行点后输出紧急制动。

原因分析: 300H 车载 C2 曲线的打靶点为盐城北站 S 信号外方 110m, 目标速度 0km/h; C3 曲线的打靶点为盐城北站 S 信号, 目标速度 40km/h, 因此列车越过执行点后由于 C3-C2 曲线有速度差产生制动。

3.2 最终优化方案

根据上述分析可知, 上述 6 个方案均存在缺陷, 需要

进一步优化。车载设备 C3 → C2 级间切换逻辑如下:

300H、300S: 收到级间转换预告信息后, 以转换点的 C2 速度作为目标速度对列车速度进行控制。

300T: 收到级间转换预告信息后, 实时比较 C3、C2 曲线对列车速度进行控制。

可见 300T 车载设备对预告点、执行点 C3 和 C2 速度一致性要求非常高, 若要确保 300T 能够正常通过预告点、执行点, 应充分考虑有临时限速及车尾保持对 C2 速度的影响, 合理确定预告点和执行点。

预告点设于岔前时, 应考虑有临时限速时进站口降级为 UU 的最不利情况, 此时 C2 速度为 45km/h, C3 速度为线路允许速度, 因此预告点到执行点的距离应满足预告点 C3 速度到 45km/h 常用制动距离要求。

C2 需要考虑车尾保持, 按 17 辆编组“复兴号”动车组车长 440m, 再附加一定余量, 岔后车位保持范围按 500m 计算, 即出站口应答器组发车方向 500m 范围内为车尾保持范围。有临时限速时进站口降级为 UU 的最不利情况下, 车尾保持范围内 C2 速度为 45km/h。由于在车尾保持范围内 C3 速度与 C2 速度差异较大, 因此, 从 300T 车载逻辑角度, 级间切换预告点、执行点不宜设在车尾保持范围内。

圩洋线路所与盐城北站站间距较短,无区间信号点,给级间切换执行点设置增加了很多难度。即便执行点位于圩洋线路所岔后车尾保持范围外,因执行点位于前方站进站信号机外方第一个闭塞分区,当前方站有限速时,将会影响联

络线执行点 C2 速度,导致 C3、C2 存在速差。即联络线执行点既要考虑岔后车尾保持,又面临前方站下限时影响 C2 速度。

综合上述分析,提出优化方案(见图 11)如下:

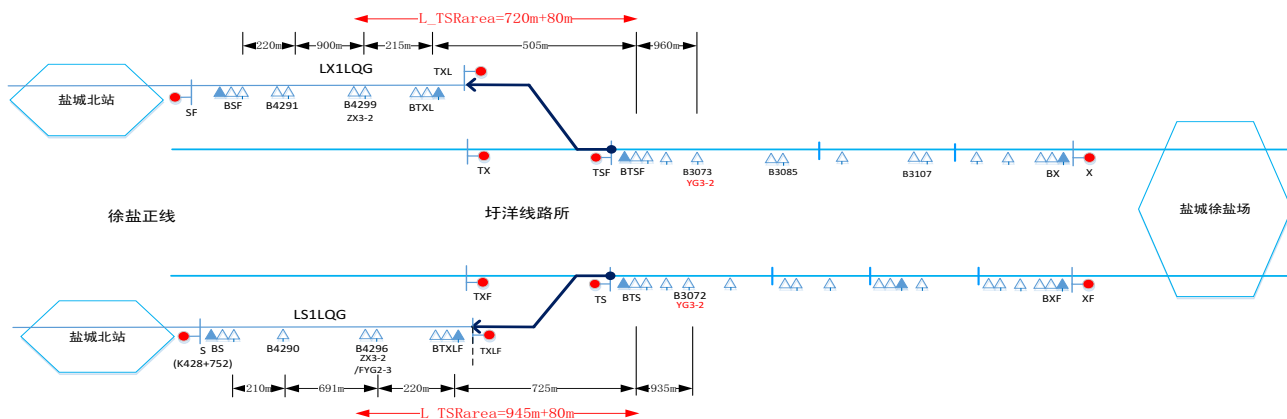


图 11 最终优化方案示意图

1. 维持 C3 → C2 执行点不变,优化预告点位置,上行线预告点移至 B3072 应答器处,下行线反向预告点移至 B3073 应答器处,由 RBC 发送等级转换预告报文。(因执行点位于车尾保持范围内,所以应拉大预告点到执行点间的距离,满足新的预告点 C3 速度到执行点 45km/h 制动距离再加 5s 执行点线路允许速度走行距离的要求。)

2. 优化 BTS 应答器中描述的临时限速管辖范围,延伸至 C3 → C2 执行点 +80m 处。

3. 将 BTS 应答器组中线路坡度信息移至有源应答器中描述(该应答器处正线线路为平坡,侧线线路为 -20‰ 坡度,故将坡度信息移致有源应答器中描述。但由于有源应答器报文容量原因,需要对部分坡度信息、轨道区段信息进行合并)。

最终优化方案通过在实验室对相关车载设备进行测试,均满足要求。

4 结束语

无区间信号点^[9]联络线 CTCS-2/3 级间转换应答器组的设置除了执行相关标准规范外,还应考虑车载设备逻辑,级间切换预告点、执行点不宜设在车尾保持范围内。另外,在工程实施时,应充分测试验证各场景下方案的合理性。

参考文献:

- [1] 国家铁路局.TB/T 3581-2022 CTCS-3 级列控系统总体技术要求[S].北京:中国铁道出版社,2023.
- [2] 国家铁路局.TB/T 3516-2018 CTCS-2 级列控系统总体技术要求[S].北京:中国铁道出版社,2018.
- [3] 国家铁路局.TB 10007-2017 铁路信号设计规范[S].北京:中国铁道出版社,2017:41.
- [4] 国家铁路局.TB 10621-2014 高速铁路设计规范[S].北京:中国铁道出版社,2014:176-181.
- [5] 中国国家铁路集团有限公司.TB/T 3484-2017 列控系统应答器应用原则[S].北京:中国铁道出版社,2018.
- [6] 中国国家铁路集团有限公司.Q/CR 769-2020 列控系统应答器应用技术条件[S].北京:中国铁道出版社,2020.
- [7] 国家铁路局.TB/T 3483-2017 CTCS-3 级列控车载设备技术条件[S].北京:中国铁道出版社,2018.
- [8] 国家铁路局.TB/T 3529-2018 CTCS-2 级列控车载设备技术条件[S].北京:中国铁道出版社,2019.
- [9] 武汝涵.高速铁路枢纽信号工程设计指南[M].北京:中国铁道出版社,2023:144-147.