

1.1.1 推峰进路遥控算法

4.2.1.1 继电控制下的驼峰推送进路的弊端

推送进路是指从到达场股道或牵出线至峰顶间向峰顶推送车列的进路，包括去往禁溜线、迂回线取送车进路的峰上部分。**推送进路可以分成解体推送进路和去往禁溜线、迂回线推送进路两种形式。**

7021 驼峰继电自动集中控制电路中，对于推送进路采用简单的联锁关系，操作手续繁琐，人工介入量大，隐含着诸多不安全因素，体现在以下几点：

- 不是严格意义上的进路的概念，只是将道岔、驼峰信号机简单地联系起来；
- 没有自动选路，只能由作业员逐个搬动道岔手柄来操纵道岔，选路对道；
- 由作业员确认道岔位置正确后，办理“允许预推”、“允许推送”（通常为纵列式驼峰场）或办理“推送照查”（通常为纵列式驼峰场）；
- 通常是在开放驼峰信号机时才通过推送锁闭继电器落下来锁闭道岔、锁闭敌对信号和切断敌对进路；
- 推送过程中有去往禁溜线、迂回线取送车作业时，由作业员确认时机，关闭驼峰信号机，搬动道岔手柄来操纵道岔，然后再开放驼峰信号机。

繁杂的操作，简陋的联锁一方面增加了作业员的劳动强度，影响了驼峰场的推送效率；另一方面隐含着诸多不安全因素，降低了推送作业的安全性。

4.2.1.2 驼峰推送作业特点分析

根据驼峰场与到达场、出发场的布局可将驼峰场分为纵列式和横列式两种，纵列式驼峰场和横列式驼峰场在峰上推送部分的信号设备布置差别很大，场间联系也不尽相同，从而造成两种类型驼峰场推送作业的不同特点。

4.2.1.2.1 纵列式推送作业特点

如下图所示为典型的纵列式驼峰场。

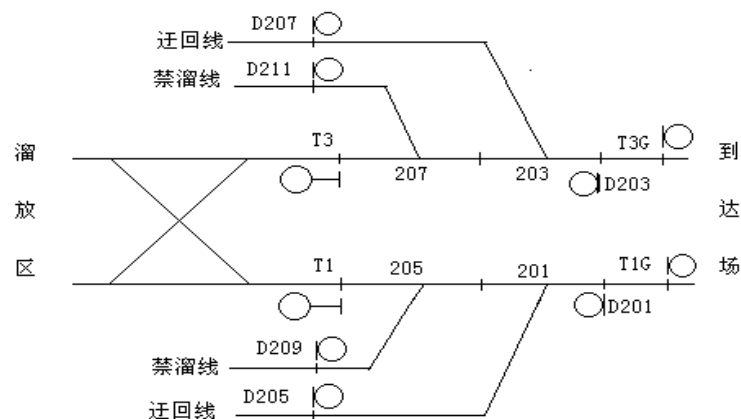


图 4-5 典型的纵列式驼峰场推送作业区域

由到达场推送解体：推峰机车从到达场股道推送解体车列经 D201 到达 T1，或经 D203 到达 T3，通过 T1 或 T3 向溜放区解体车列。通过开放驼峰信号机绿闪、绿、黄闪、红、红闪等信号来指挥推送作业。

解体过程中去往迂回线：推送车列经 D201 到达 D205，或经 D203 到达 D207 完成取送车作业后通常由 D205 后退到 D201，或由 D207 后退到 D203。通过开放驼峰信号机白闪、红、红闪等信号来指挥取送作业。

解体过程中去往禁溜线：推送车列经 D201 到达 D209，或经 D203 到达 D211 完成取送车作业后通常由 D209 后退到 201 道岔，或由 D211 后退到 203 道岔。通过开放驼峰信号机白闪、红、红闪等信号来指挥取送作业。

由调车线股道牵引上峰后推送解体：通过调车进路牵引上峰后，占用被调车进路锁闭的 207、203 道岔后，直接推送解体。

场间联系：与到达场通过“允许预推”、“允许推送”实现联系。

4.2.1.2.2 横列式推送作业特点

如下图所示为典型的横列式驼峰场。

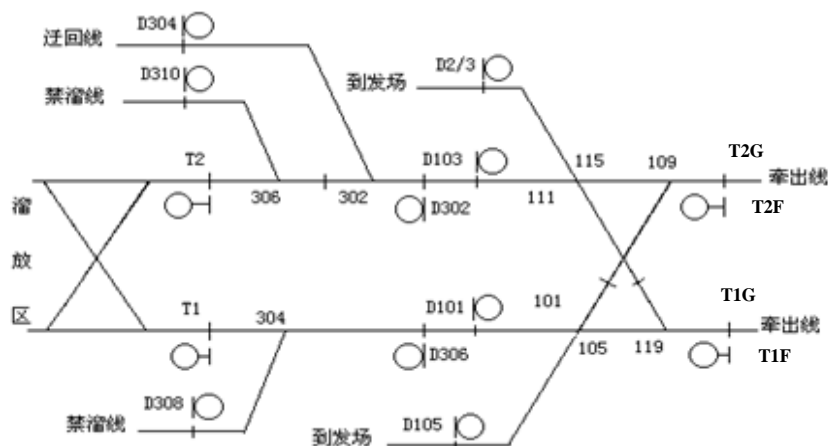


图 4-6 典型的横列式驼峰场推送作业区域

由到达场推送解体：推峰机车从到达场股道牵引解体车列由 D105 或 115 衔接道岔走调车进路到达牵出线，再由牵出线经 T1F 到达 T1、T2 解体，或经 T2F 到达 T1、T2 解体。可以看出 T1、T2 分别有两条推送进路，这也是横列式与纵列式明显的一个区别。同样通过开放驼峰信号机绿闪、绿、黄闪、红、红闪等信号来指挥推送作业。

对于横列式驼峰场，解体过程中去往迂回线、禁溜线取送车作业，由调车线股道牵引上峰后推送解体作业与纵列式站场一样，不再累述。

场间联系：D105 与到发场是通过场间无岔形式联系的，而 D2/3 与到发场是通过衔接道岔 115 联系的。

4.2.1.3 驼峰推送进路自动控制

本系统针对继电控制下驼峰推送进路的弊端，通过分析纵列式、横列式驼峰场推送作业的特点，从实现推送作业自动化角度出发，**提出了全新的驼峰推送进路控制思路。**

4.2.1.3.1 推送作业实现“进路”控制

以严格意义上的“进路”概念来标识推送作业，通过推送进路将管辖的道岔、驼峰信号机、调车信号机和无岔区段等信号设备联锁起来。**在进路的选排、锁闭方面参照 6502 电路调车进路技术条件**，但在进路的信号开放、开放检查、解锁等方面又有特殊之处。

(1) 推送进路的始、终端

始端：纵列式驼峰场以与到达场连接的场间无岔为始端，如图 4-5 中的 D201、D203 的名称，不选择 D201、D203 是因为与调车进路的始端重叠；横列式驼峰场以牵出线为始端，如图 4-6 中的 T1F、T2F 的名称。

终端：纵列式、横列式驼峰场一样，解体推送进路以驼峰信号机为终端，例如图 4-5 中的 T1、T3；去往禁溜线、迂回线推送进路以禁溜线、迂回线上开向峰上的调车信号机为终端，例如图 4-5 中的 D209、D205。

(2) 推送进路的手动办理

采用始、终端办理方式。

一旦**确认了推送进路始端和终端**后，首先**检查进路建立的基本联锁条件**（进路空闲、区段锁闭状态等），若**不满足即自动取消**选路操作；条件**满足即发送道**

岔转换命令。在规定的时间内，若道岔转换到规定位置并且有关联锁条件，如进路空闲、未建立敌对进路等条件具备时，即可对有关道岔及敌对进路实现进路锁闭。若 30 秒内进路未完成锁闭，则由程序自动取消选路操作。

考虑到由调车线股道牵引上峰后直接推送解体的作业需求，应允许推送进路覆盖上峰的调车进路。

推送进路的总取消、总人工解锁或区段故障解锁等的办理方法参照 6502 电路调车进路技术条件。

（3） 驼峰信号机的开放

在推送进路锁闭的情况下，如果办理的是去往禁溜线、迂回线推送进路时，驼峰信号机可开放白闪或红闪信号；如果办理的是解体推送进路时，驼峰信号机可开放红闪信号，要开放绿闪、绿、黄闪等溜放信号时还需要与调车作业计划、峰下相关道岔发生联锁。

建立推送进路并锁闭后，推送进路上的调车信号机，应随驼峰信号机开放或关闭而自动开放或关闭。

（4） 推送进路的解锁

推送进路的解锁无法采用 6502 电路调车进路技术条件中的分段解锁方法，而是根据驼峰场的布局和作业要求采取不同方式，通常情况下：在推送进路使用完毕后，纵列式驼峰场实行一段解锁方式；横列式驼峰场实行两段解锁方式，第一段从始端到最靠近驼峰信号机的反向信号机，如图 4-6 中的 D101、D103，第二段为剩余部分。

与调车作业计划相关联的解体推送进路，在调车作业计划未执行完毕或未暂停执行时不允许解锁。

4.2.1.3.2 与调车作业计划结合，实现推送进路自动控制

在推送作业实现“进路”控制的基础上，将推送作业与调车作业计划相结合，同时将去往禁溜线、迂回线取送车作业也以勾形式储存在调车作业勾计划中，实现推送进路的自动控制。

（1） 解体推送进路的自动执行

启动调车作业计划后，根据启动参数实现推送进路自动选路。启动参数通常包括溜放峰位、推送线路等，其中推送线路主要用在一个峰位对应多条推送进路的横列式驼峰场。

调车作业计划启动后，随着推送进路和峰下相关道岔的锁闭，系统根据调车作业计划及溜放情况自动控制驼峰信号机，给出绿闪、绿、黄闪、红等不同信号来指挥解体推送。

对于纵列式驼峰场，调车作业计划启动后场间联系中的“允许推送”或“允许预推”能自动选择、自动办理和自动取消。

(2) 去往禁溜线、迂回线推送进路的自动执行

调车作业计划启动后，当执行到去往禁溜线、迂回线的勾计划时，先关闭驼峰信号机，而后自动开放红闪信号指示推峰机车后退，一旦通向禁溜线、迂回线的进路联锁条件满足，即控制相关道岔转换到要求位置，同时锁闭推送进路，开放白闪信号。

当车列完全进入禁溜线、迂回线时，系统自动将白闪信号切换到红闪信号；如果车列在没有完全进入就需要中途折返退出禁溜线、迂回线时，要求作业员人工操作驼峰信号机停止并开放后退信号。

一旦车列退出了与禁溜线、迂回线相关的道岔区段，系统自动在延时后控制道岔转换到指向峰顶的位置，同时锁闭推送进路，以便继续解体作业。

1.1.2 溜放进路遥控算法

溜放进路信息来源于列车解体计划，在解体计划中，调度员已根据车辆目的地指定了对应的目标股道。上层控制机进路控制模块以轨道电路、道岔表示、计轴器为传感装置，对每一个溜放车辆实行跟踪，并以道岔旁的转辙机作为执行装置，在跟踪过程中对车辆途经的每一级道岔按车辆的计划股道要求实时监控。控制过程要判别和智能处理溜放中的以下异常情况：

- (1) 追钩——溜放中车辆间的距离不够或车辆连接上，无法将其分至不同股道；
- (2) 错道——溜放中车辆因故未按计划去往计划规定的股道；
- (3) 途停——车辆因故停留在道岔区或溜放速度低于下限；
- (4) 侧冲——溜放车速前慢后快，速差较大，当前车通过道岔转往不同方向，可能因前车未驶离道岔的警冲点（安全区），后车的前部与前车侧面相撞，车辆极易受侧力翻倒，属应该严防的恶果；
- (5) 满线——峰下某股道存车已满，无法接受后来者；

- (6) 堵门——车辆所停留位置未完全进入某股道，影响到了相邻股道溜放车辆的进入；
- (7) 摘错钩——溜放计划中，目标股道相同的相连车辆要求组合在一起，不分开溜放，因此对车辆的分钩位置有要求，若峰顶提钩人员未按计划分钩即摘错钩；
- (8) 钓鱼——推峰时因上坡车辆间挤压使车钩处于松懈状态，越过峰顶的车辆过了平衡点车钩转为伸拉状态，车钩只有在松懈状态才能打开。因故在车辆越过平衡点未打开车钩，只能反牵回来重新推峰，这就形成了溜放中的“钓鱼”现象；
- (9) 道岔恢复——道岔在溜放车辆通过的间歇启动转换，若因道岔异物卡阻使其不能转到位，应迅速转回原位，防止道岔处于中间状态发生溜放车辆脱线掉道。
- (10) 轨道分路不良——车辆走行在道岔上方是通过车辆轮对的导电特性对轨道电路形成短路探测到的，当车辆轮对踏面锈蚀或受到绝缘物质的污染，会形成轨道分路不良。假若车辆实际在道岔上方误判为车辆已驶离道岔，可能造成误发令驱动道岔中途转动，构成道岔“四开”，发生车辆脱线掉道的严重后果。

上述情况一旦发生并判明，进路控制逻辑应采取相应的对策，在进路与速度控制合一的系统中，还需要从车辆调速的角度配合处理。

4.2.2.1 正常溜放车组跟踪

溜放车组的处理，首先要解决的是在错综复杂的动态连续溜放过程中，能够始终正确地识别车组的位置，即正确判别溜放区任意轨道电路的占用与出清所对应的车组，不能正确识别则不可能正确处理。本系统的识别手段采用的是车组跟踪原理，根据车组正常溜放与错道溜放分为按计划方向主动跟踪和按表示方向被动跟踪两种情况。

车组的跟踪是实现溜放进路正确控制和进行相关处理的前提，对于正常溜放的车组，采用主动跟踪手段，即传统的“命令传递”方式，表现为每当车组压入某分路道岔的 DG1 区段或 DG 区段，总是将表征该车组的信息（先导）传至下一级道岔先导/跟踪队列的规律，从第一分路道岔开始，直至警冲标区段，逐级传

递，完成车组在溜放进路的整个跟踪过程。

由于溜放中分路道岔之间可能存在车组，此时另一车组进入上级道岔就要向下级道岔上传递先导/跟踪，而下级道岔的队列上已事先存有道岔间车组的先导/跟踪，在下级道岔上就形成多个先导或跟踪排队的情况。如果分路道岔间可同时容下多个车组，其道岔上的先导/跟踪可能超过 2 个。根据溜放的物理现象，当道岔上有多个先导/跟踪时，其跟踪过程应遵循先进先出（FIFO）的原则，对应的先导/跟踪队列的处理手段也采用 FIFO 的堆栈方式。

先导的传递方向总是朝着计划的进路方向，若错道则先导变身成为跟踪继续传递；传递时机是通过现场传感器获知车组压入 DG1 区段或 DG 区段；保障先导正确逐级传递的条件是正常溜放情况下每车组必须占用/出清一次分路道岔轨道电路（DG1+DG），且仅一次。

4.2.2.1.1 溜放进路传递的“敏感点”

对溜放车组的跟踪（无论主动或被动）而言，只有分路道岔和警冲标区段组合构成跟踪的“敏感点”，而溜放进路上必经的背向道岔轨道区段、减速器轨道区段等其他轨道区段不属于溜放进路传递的“敏感点”。

为了减速器定速与控制的需要，先导/跟踪会传递到减速器区段上，但仅仅是“复制”关系，并不会影响溜放进路上敏感点的先导/跟踪的传递过程。

4.2.2.1.2 先导的诞生

先导总是诞生在第一分路道岔，逻辑是当车组占用第一分路道岔，如果存在下一个溜放勾，且具备溜放条件，则将下一勾的先导创建在第一分路道岔上。先导创建在进路巡测程序中实现，先导的诞生体现了溜放进路处理与溜放指令的衔接关系、溜放进路与推峰进路、溜放进路与调车单中的非溜放钩的衔接关系。

4.2.2.1.3 先导的传递

当正常溜放的车组压入敏感设备时将发生先导传递，由于客观上正常车组进入道岔时道岔尚没有转换到底属于正常情况，因此传递时机分为两种情况：

（1）压入 DG1

在车组占用分路道岔的 DG1 保护区段的事件处理中，如果道岔表示方向与计划方向一致，则将先导记录从所占用的设备，按计划规定的方向移动到下一级设备上；否则不传。

先导移动过程在上级设备队列的“出列”取其先，在下一级设备队列的“入

列”取其后，即先进先出。

(2) 压入 DG

如果车组占用 DG1 时因道岔表示方向与计划方向不一致，先导未向下传，则车组压入 DG 区段时应该获得确切的道岔表示，认定为车组的实际溜放去向。因此，如果道岔表示方向与计划方向一致，按计划规定的方向将先导从所占用的设备的队列上（首）移动到下一级设备队列上（末）；如果道岔表示方向与计划方向不一致，则将先导转换为跟踪，沿着表示方向传递跟踪至下级；如果道岔无表示，也沿着计划方向传先导。

本级先导或跟踪中记录有车组信息，当区段压入时被认定为当前占用该设备的车组，填写至设备表的进路 ID 单元中。利用先导/跟踪为载体，确定每个道岔的实际占用勾，这是采用先导/跟踪逻辑机制的根本目的。

随着溜放过程中车组从一分路开始顺序压入到警冲标区段，先导逐级传递并最终移动到警冲标区段。

设备上的进路 ID 记录和对应该压入设备的实际溜放车组，其存在与轨道区段的占用与出清完全一致——车组占用填记，车组出清则清除，故可能发生以下情况：

- 溜放车组的进路 ID 不存在于任何设备上——车组行进在道岔之间；
- 多个设备上存在相同溜放车组的进路 ID——长车组同时压入多个分离道岔。

4.2.2.1.4 先导的消失

每个溜放车组的先导/跟踪在敏感设备上具有唯一性，正常溜放时，警冲标区段上的先导是终点，当车组压入警冲标区段时，先导完成历史使命并消失。

除正常溜放外，先导在以下情况会从敏感设备上消失：

- 错道时，车组从错向道岔开始，先导变为跟踪传至下级；
- 追勾时清除追车组的先导；
- 溜放暂停/溜放取消操作；
- 人工操作清除残留；
- 发生途停的延时时间到。

4.2.2.1.5 进路状态变化

由指令产生的基本进路，其溜放进路的状态会发生如下变化：

- 等待——已触发但未执行；
- 受理——上一个溜放已经大于成功状态；
- 开始——也称为解锁，如果溜放区相关道岔锁闭则先解锁，若未锁闭跳过；
- 选路——如果需要改变道岔位置的道岔已解锁进入该状态，若位置正确跳过；
- 锁闭——如果道岔转换到要求为止进入该状态，发令锁闭，若道岔位置正确并锁闭跳过该状态；
- 开信号——如果相关道岔位置正确并锁闭进入该状态，可能从受理直接跳到该状态，进入该状态给一分路上先导；
- 成功——一分路道岔未占用且按照先导的要求转换到位时进入该状态；
- 启用——溜放车组压入一分路；
- 结束——溜放车组出清一分路；
- 入线——溜放车组出清三部位；
- 连挂——溜放车组在测长区段间停；
- 截止——溜放车组未连挂，但后车组进入股道；或追勾且被追车组结束；或途停因故被清除；或满线；或途停转为堵门；
- 故障——溜放中发生故障。

4.2.2.1.6 溜放结束

对于溜放进路控制而言，结束的时机是车组出清警冲标区段，需要完成以下工作：

- 计算并在基本进路表中填实际溜放股道；
- 将进路状态置为结束；
- 对指令反馈结束；
- 如果是错道车，进行错道报警，见错道跟踪。

4.2.2.2 错道跟踪

当车组发生错道时，如果没有特别要求，车组将从错向道岔开始顺其自然沿着所经过道岔的表示方向，进入事先不确定的调车线。与正常溜放的主动跟踪（命名为先导）有别，错道溜放采用被动跟踪（命名为跟踪）方式，差别是，传递时

机仅在压入 DG 区段时沿着表示方向传递，且仅跟不控，除此之外与先导相同，每个道岔的先导或跟踪在同一个 FIFO 队列中。

4.2.2.2.1 跟踪的诞生

先导因控制与表示不一致，无法按照计划方向向前传递，则变为跟踪，即先导在上级队列中消失，在表示方向的下级队列创建跟踪。作为记录车组运动的载体，跟踪与先导名称不同、传递方向不同、是否操道岔不同，其余完全相同，且跟踪与先导在一个设备的队列中排队。

如果某车组溜放中发生错道，在错道前为先导，错道后为跟踪，不影响其传递过程。

4.2.2.2.2 跟踪的传递

跟踪传递时机只有一种情况：

在压入 DG 的事件中（首次压入），如果本级先导/跟踪队列之首为跟踪，且跟踪勾为占用勾，则将本级跟踪沿着道岔表示方向移动到下级设备上，移动方法同先导。

随着溜放过程中车组从错向开始顺序压入到警冲标区段，跟踪逐级传递并最终移动到警冲标区段。

4.2.2.2.3 跟踪的消失

同先导，警冲标区段上的跟踪是终点，当车组压入警冲标区段时，跟踪完成历史使命并消失。

当车组错道后压入警冲标区段，跟踪所记录进路 ID 的车组最终实际进入的调车线即确定，可进行错道报警，以及在进路表中填写进路的实际目的。此外，跟踪在以下情况会中途消失：

- 发生追勾时清除追车组的跟踪；
- 人工操作清除残留；
- 发生途停的延时时间到。

4.2.2.2.4 错向报警

先导因道岔表示与计划方向不一致创建跟踪的同时进行错向报警，利用跟踪的传递可获知车组的最终去向，且可如同正常溜放的车组一样进行追勾、途停、堵门、满线、钓鱼等判断与处理，但是错向的原因需进一步分析，可分为以下情况：

- 跟勾太紧道岔来不及转换——当道岔前车组出清后 3 秒内后车组再次压入；
- 道岔恢复——有道岔恢复标志；
- 途停锁闭——因途停锁闭防止侧冲形成的错道；
- 堵门锁闭——因堵门锁闭防止侧冲形成的错道；
- 满线锁闭——因满线不允许再进车形成的错道；
- 股道封锁——因不能去往被封锁股道形成的错道；
- 道岔单操——人工优先通过界面或手柄形成的错道；
- 风压太低——因风压低锁闭道岔形成的错道；
- 道岔单锁——因道岔单锁形成的错道；
- 调车锁闭——因道岔有调车进路锁闭形成的错道；
- 道岔故障——排除上述原因无法判断的错道。

错向报警的同时要及时切断驼峰主体信号，错道报警则不然。

4.2.2.3 道岔选路

主动跟踪的目的是为了对溜放进路进行正确的控制，连续溜放进路的选路是在溜放过程中逐个、逐级控制道岔实现的。道岔选路的关键是选择控制方向和控制时机。

4.2.2.3.1 控制方向

首先要解决的问题是为谁而控，已知为谁而控，即获知特定道岔发起控制的进路 ID，则根据进路设备表可获得所控道岔的选择方向。溜放车组进路 ID 的获取完全根据设备队列中的先导。

4.2.2.3.2 控制时机

总体上控制规律是车组压入控制下级道岔，车组出清控制本级道岔，具体如下：

(1) 压入控制

当车组压入 DG1 或压入 DG，发生先导传递的同时，如果

- 下级队列之首=本级占用车；
- 且队列首=先导；
- 且下级无占用车。

证明了道岔之间无车，下级道岔上也无车，则构成了下级道岔的选路时机，

其进路 ID 为下级首先导。如果下级队列之首是跟踪而不是先导，则严禁依据跟踪来控制道岔。

作为一个改善功能，本次升级可以增加如下处理：当根据下级的先导决定控下级道岔的同时，可沿着计划方向逐一查看道岔，只要被查看的道岔上没有先导/跟踪也没有占用车，就可以发令控制，其道岔和方向从进路设备表获得。该功能可在车组溜放间隔较大时提前转动下级之后的道岔，如果道岔因故不能转换就被提前暴露，安全性有所提高。

(2) 出清控制

在出清事件中，如果：

- 本级先导/跟踪队列中有内容；
- 本级队列首=先导；

证明该道岔即将有正常溜放的车组进入，构成了本级道岔的选路时机，其进路 ID 为本级首先导。

4.2.2.3.3 道岔控制执行

以上虽然具备了道岔控制的基本条件，但执行时应进一步检查不存在任何缘由的道岔锁闭（包括内/外锁闭），如果有锁闭拒绝执行且报警。

道岔控制执行的实现方法是将控制方向改写至设备表输出字段的相应比特中，由输出控制程序据此组织通信数据，定时刷新发送至 PLC 中执行。

4.2.2.3.4 道岔停控

溜放进路的道岔控制输出后一直维持，用以支撑道岔恢复，尤其是控表不一致且轨道区段占用时支撑控制继电器接口电路转极来切断室外不安全供电，直至车组进入道岔 DG 后撤消输出。

4.2.2.4 道岔上追勾判断与处理

道岔上或道岔间的追勾判断与处理均在出清事件处理程序中完成，原理简述为两种情况，第一是直接判为追勾，第二是先有追勾预警，后确认追勾或排除追勾。追勾逻辑的运算基于先导/跟踪信息和站场地图信息。

4.2.2.4.1 直接追勾

车组出清道岔时，如果道岔间的死区段长度小于本车组长度，且下级有占用车但不等于本级占用车，或者下级无占用车但首先导/跟踪不等于本级占用车（发生该情况可能性最大的是下级设备的队列中残留有先导或跟踪），则认为本车组

出清时已压入下一个区段，直接判定为在下级道岔上追勾，本级出清的车组认定为追车组，下级占用（或首先导/跟踪）的车组认定为被追车组。

4.2.2.4.2 追勾预警

车组出清道岔时，如果道岔间的死区段长度大于本车组长度，且下级有占用车但不等于本级占用车，或者下级队列之首（先导或跟踪）不等于本级占用车，则认为有发生追勾的可能性，将出清的车组标志为追勾预警，在车组出清下级道岔时进一步判断。

预警的方法是，已知从本区段出口到下个出口的距离为 L ，假设本车组以最快的速度 $V_{\max}=7$ 米/秒走行完成这段距离，所需要的最短时间为 t_{\min} ，车组最快可能出清下个区段的时刻命名为追勾门槛 $T_{\text{追}}$ 。

$$T_{\text{追}} = \frac{L}{V_{\max}}$$

将该时刻记录在本车组位于下级道岔队列末的先导或跟踪中，作为追勾预警标志。

4.2.2.4.3 追勾确认

车组出清道岔时，检查：

本道岔队列的先导/跟踪是否存在车组信息（无则表示从上级道岔区段入口到本道岔出口之间无车，反之表示有车），有则：

本道岔队列首的先导或跟踪上是否有追勾门槛时刻，有则：

当前时刻是否大于 $T_{\text{追}}$ ，是则判为追勾，否则判为未追勾。

若判为追勾，本道岔上队列的首先导/跟踪的车组为追车组，本道岔出清的车组为被追车组。

此追勾确认方法保证道岔间的距离越短越可靠。

4.2.2.4.4 追勾处理

一旦判定为追勾，进行如下处理：

- 报警；
- 切断驼峰溜放信号；
- 清除追车组的先导或跟踪；
- 将追车组的进路状态置为截止；

追车组的实际目的股道根据被追勾溜放结束后获知的实际股道填写。

4.2.2.5 减速器追勾

减速器追勾分为以下情况，其处理也不相同，需要进路控制给予配合。

4.2.2.5.1 减速器上追勾

减速器上追勾是减速器控制模块本身能够识别的追勾，其前提是减速器设备的队列上有不少于两个先导/跟踪，通过减速器模块识别出前一车组未出清减速器前，另一车组已进入该减速器，由减速器模块进行报警和处理。

由于减速器区段大于分路道岔区段长度，且减速器上追勾可能通过减速器的处理拉开其间隔，并不一定引起道岔上追勾，其追勾/被追车组的进路 ID 也不会紊乱，进路控制不需要刻意处理。

4.2.2.5.2 减速器前追勾

减速器上追勾判别的前提是车组之间的间隔距离大于 13 米、小于 25 米（减速器区段长度）。如果小于 13 米，减速器模块本身无法判别为追勾，按一车组进行控制，从进路控制的角度属于减速器前追勾，其判别和处理为，当减速器报出清时，如果满足以下条件：

- 其出清车组的轴数大于预计轴数；
- 减速器上有另外的车组先导/跟踪；
- 出清轴数略等于当前勾与后勾的轴数之和（允许有 2 个轴负误差）。
- 则认定为减速器前追勾，其被追车组为当前出清减速器的车组，追车组为减速器设备的下一个先导/跟踪，并进行如下处理：
- 报警；
- 将被追车组的进路状态置为截止；
- 如果是一、二部位减速器，清除追车组在减速器上和其后道岔上的先导/跟踪；
- 如果是三部位，清除追车组在减速器上的先导。

4.2.2.5.3 轨道分路不良判别与处理

轨道分路不良在驼峰属常见、多发的状况，尤其是第一分路道岔，导致道岔中途转换脱线屡见不鲜，虽然原驼峰控制系统采取了一些对策，但仍有漏网，因此根据过去的经验和新的研发，增加一些强化措施，考虑采取以下发现与处理。

4.2.2.5.4 双区段轨道电路

该措施是硬件继电接口的措施，为了兼顾解决轨道分路不良和快速出清高灵敏，将分路道岔轨道电路划分为两个区段，前一个区段为 DG1，具有 FDGJ1 延时继电器参与道岔控制的轨道锁，后一个区段 DG 没有延时。由此构成分别采集两个区段的轨道电路的条件，其道岔轨道电路的逻辑占用与出清按合并考虑，但是在钓鱼判断、峰下摘钩判断、道岔入速/出速测量等功能按分开考虑，且溜放进路控制的主逻辑也是在 DG1 占用、DG 占用和 DG 出清 3 个时机中完成。

因此双区段轨道电路防护法在软件上并不必刻意采取措施，只要适应和利用其双区段即可。由于 DG1 和 DG 一般均小于车辆 2-3 轴距离，车组走行中正常情况可能会分别发生多次占用出清，根据软件需要应分析与识别出逻辑占用/出清，以及第一次占用 DG 和最后一次出清 DG1，方法是：

（1） 逻辑占用/出清

当 DG1 变为占用时 DG 未在占用状态，或者 DG 变为占用时 DG1 未在占用状态视为分路道岔的逻辑轨道占用；当 DG 变为出清时 DG1 在出清状态，或者 DG1 变为出清时 DG 已在出清状态视为分路道岔的逻辑轨道出清，其它组合均不为逻辑占用/出清。

（2） 第一次占用 DG

为了正确的触发 DG 占用处理程序和计算入速，需识别第一次占用 DG，方法是在设备表中记录车组入速，如果是第一次占用 DG，入速为零，认为是首次占用 DG，计算入速并保存，再次占用则因入速已存在不认为是第一次。对计算入速要求逻辑占用必须从 DG1 开始，否则放弃入速计算，将入速值填为特殊速度，以表示第一次占用 DG 已发生。

（3） 最后一次出清 DG

为计算出速需识别最后一次占用 DG，方法是逻辑出清且为 DG 出清。

4.2.2.5.5 屏蔽时间判别法

该算法为传统方法，根据车组辆数，估算最短车组长度和区段长度之和，再除以最快过岔速度计算获取屏蔽时间，当车组从压入计算起在该屏蔽时间内 DG1+DG 出清，不认可逻辑出清，等待再次占用或延迟时间到后延时出清。

该方法尤其对于一分路因不同辆数的车过岔速度差异很大，有效性受到限制，如果调节单辆车的最小长度或最大过岔速度，会导致正常溜放的车组“二次出清”

而影响效率。另一个问题是当摘错钩且少摘时，会因屏蔽时间长而迟迟不能出清。

4.2.2.5.6 计轴判别法

因只有一分路安装计轴/测重设备，该方法仅对一分路有效，方法是根据车组辆数计算过岔轴数，当 DG1+DG 出清时，如果实际计轴数少于预计轴数，则启动固定的延时出清，等待延迟时间内再次占用或延迟时间到后出清。

4.2.2.5.7 案底延时法

根据此前发生的案例，常见在屏蔽时间内已经因轨道分路不良而发生报警，而后屏蔽时间到再次发生分路不良而脱线，因此可以考虑采取以下强化措施。

第一分路道岔因上述情况发生而未进行出清处理，而且屏蔽时间或延迟时间内再次占用时，

- (1) 在轻车跳动报警的同时切断驼峰主体信号机；
- (2) 判别下一勾的计划方向与道岔表示方向相反时，延时计算从头开始。

4.2.2.5.8 轨道分路不良处理

无论何方法均采取以下处理措施：

- 认定物理轨道出清为分路不良引起时，不进行常规的出清处理；
- 之后如果延迟时间之内再次占用，产生报警，并恢复轨道的占用状态；
- 之后如果延迟时间到，来自接口的轨道仍维持在出清状态，认定为逻辑出清，后补该进路在该设备的出清处理。

其延时出清处理在进路巡测中，查看有占用车且轨道出清的设备，如果屏蔽/延迟时间到则启动出清处理。

4.2.2.6 途停判别与处理

途停是防止溜放中发生侧冲的重要举措，当车组停留在道岔上或道岔间时，要求将上级道岔锁在同方向上，即宁可正撞勿侧撞；将上上级道岔锁在异向位置。途停范围是从一分路开始到警冲标区段为止，不包括警冲标区段后的途停。

途停判别根据车组当前速度与临界速度相比较，大、小驼峰选取的速度临界值不同，但是无论如何选取临界值，溜放过程中车组因减速器减速、甚至减速顶减速致使车组溜放速度低于临界值情况是客观存在和正常情况下经常发生的，致使溜放中频频切断驼峰信号和频频报警令人生厌。因此在本次升级中应采取改善措施，改善后的途停判别与处理归纳如下。

途停的判别与处理统一放在进路巡测程序中实现。

4.2.2.6.1 途停判别

由于系统采用了车组动态计算新功能，其车组的当前速度是现成的，根据临界速度判其是否途停较容易，途停的条件是：

- 当前速度低于临界速度，且；
- 从峰上向下搜索，查找有低速车进路 ID 的设备，或设备上无进路 ID，但敏感设备上有先导/跟踪的设备为途停预警设备，其上级道岔为防侧冲预警道岔，且；
- 在基本进路表中查找当前勾之后各溜放勾（包括连溜和单溜）的进路状态大于“受理”的基本进路，查其进路设备表中是否存在经过防侧冲预警道岔的进路，有则判为途停；
- 如果没有，进一步查看防侧冲预警道岔上是否存在跟踪，有则判为途停，否则没有途停。

该措施排除了没有侧冲机会的无谓的报警与处理。

4.2.2.6.2 途停处理

确定有途停的可能性时采取如下处理，由于途停处理在进路巡测程序中，应查看进路表中是否有途停报警状态，如果无，进行以下处理：

- 途停报警；
- 切断驼峰主体信号；
- 将防侧冲预警道岔当轨道未占用时锁闭至与本溜放勾相同的位置；
- 将防侧冲预警道岔的上级道岔（如果存在）当轨道未占用时锁闭至与本溜放勾相反的位置；
- 在进路表中置途停标志。

如果进路表中有途停报警标志，则进行以下处理：

- 重新获取防侧冲预警道岔，
- 新的防侧冲预警道岔已锁至与本溜放勾相同的位置，不处理，否则；
- 解除之前认定的防侧冲预警道岔的上级道岔的途停锁；
- 按照新的防侧冲预警道岔将防侧冲预警道岔当轨道未占用时锁至同向；将其上级道岔当轨道未占用时锁至异向。

4.2.2.6.3 途停解除

如果在途停判别中认定该勾没有途停，进一步查看进路表中是否有途停报警

标志，如果有，则进行以下处理：

- 清除进路表中的途停标志；
- 根据车组在设备上的占用车或先导/跟踪，获取原防侧冲预警道岔以及其上级道岔；
- 对原防侧冲预警道岔以及其上级道岔解除其途停锁；
- 如果解除途停锁的道岔轨道未占用，也无其他锁，且队列之首有先导，对道岔发令控制。

原驼峰控制系统还考虑了途停后延时解除和清除残留命令解除，其中途停延时解除是为了发生途停后允许办理调车进路前往顶车，但是存在风险，下一步可考虑办理进路时，如果车组所占用设备的位置与进路的位置相同，且途停后达到一定的延迟时间，允许进路办理时清除途停锁，同时将途停车组的进路状态置为截止，实际股道置为调车的目的线路。

4.2.2.6.4 道岔锁闭至定位/反位

上述处理涉及到将道岔锁闭至某个位置，其处理方法是：

如果道岔表示位置与锁闭位置相符，直接将设备的状态置为所要求的锁闭类型，否则应在锁闭的同时发出道岔单操控制命令，与命令传递发令所不同的是单操发令后延迟时间（为 1.2 秒）到如果控表一致则撤消输出，不一致则等待道岔控表不一致报警，或道岔恢复报警与处理，或道岔挤岔报警与处理。

4.2.2.7 堵门判别与处理

堵门特指警冲标区段压标的逻辑判别与处理，分为两种情况，

4.2.2.7.1 途停转为堵门

如果溜放车组的途停地点在警冲标区段上的车组速度低于临界速度达到一定时间，或在警冲标区段上报途停达到一定时间，或该钩车在三部位减速器上报途停，且车组仍占用警冲标区段，判别为堵门。

4.2.2.7.2 尾部顶车堵门

如果警冲标轨道区段在没有溜放先兆的情况下占用，与此同时三部位减速器轨道区段已经占用，则立刻认定为堵门，该情况对应尾部顶车过界压入警冲标区段的情况。但是没有考虑倒溜的情况，如果有倒溜的可能性，应该不需要检查对应的三部位减速器区段同时占用。

4.2.2.7.3 堵门处理

如果是途停转堵门，应先解除途停锁，强制结束该溜放车组，将该勾进路的状态置为截止，且清除该车组在三部位上的先导，清除警冲标区段的占用车，顶车堵门则没有这些处理；

- 堵门报警；
- 关闭驼峰主体信号；
- 将对应的末级道岔按堵门锁状态锁至接通警冲标区段的位置；
- 警冲标区段置为堵门锁。

4.2.2.7.4 堵门解锁

警冲标区段出清，如果警冲标设备上有堵门锁，则进行堵门解锁处理：

- 清除警冲标区段和末级道岔的堵门标志；
- 如果末级道岔轨道未占用，也无其他锁，且队列之首有先导，对道岔发令。

4.2.2.8 满线判别与处理

满线特指警冲标区段后到三部位减速器之间的死区段上途停，或三部位减速器上途停产生的满线报警与处理。

4.2.2.8.1 调车线减速器前途停

其调车线减速器前途停判别也在进路巡测中进行，条件是：

- 车组已离开警冲标区段报结束，且
- 车组尚未进入三部位减速器，且
- 车组当前速度低于满线的临界速度

则认定为对应的车组在减速器上满线

4.2.2.8.2 调车线减速器上途停

三部位减速器控制模块对该勾报减速器上途停。

4.2.2.8.3 满线处理

满线报警；

对该股道自动发起与实施股道封锁，将末级道岔及相关道岔锁至相反的位置，不允许后面车组的进入。

4.2.2.8.4 满线解除

人工操作办理股道解锁解除满线封锁。

4.2.2.9 防侧冲判别与处理

主要针对动态溜放中前后车组间隔较小，且前慢后快，其前车组的速度大于途停临界速度，测算其是否有在道岔上发生侧冲的可能性，如果有，切断驼峰信号，但是尚未采取锁闭道岔的措施。侧冲判别与处理均在车组出清道岔区段的出清处理中。

4.2.2.9.1 防侧冲判别

当车组出清道岔区段时：

- 该设备队列之首有先导，证明已经有后续车组进入了上级道岔，且
- 后继车组对该道岔要求的计划方向与表示相反，且
- 根据出清道岔车组的当前速度计算其离开该道岔警冲点的时间 T_1 ，且
- 根据队列中首先导车组的当前前端位置和当前速度，计算后车组到达同一个警冲点的时间 T_2 ，且
- 如果 $T_2 < T_1$ ，则认为有侧冲的可能性，否则不会侧冲。

4.2.2.9.2 防侧冲处理

- 切断驼峰主体信号；
- 可能侧冲报警；
- 将道岔锁至当前位置，直至再次有车组出清。

4.2.2.10 钓鱼判别与处理

4.2.2.10.1 道岔区段上判钓鱼

方法是：

- 道岔区段发生逻辑出清，且
- 最后出清区段为 DG1，且
- 表示方向的下级设备的队列中有末先导/跟踪，且
- 下级设备队列的末先导或跟踪的进路 ID=本级占用车 ID

则判为钓鱼出清，且钓鱼出清不受区段占用屏蔽时间的限制。

4.2.2.10.2 警冲标区段上判钓鱼

条件是：

- 警冲标区段发生出清，且
- 上级设备（末级道岔）的占用车 ID=本级占用车 ID

则判为在警冲标区段钓鱼出清。

4.2.2.10.3 一分路上钓鱼处理

处理为：

- 钓鱼报警；
- 如果一分路上有先导，证明后续溜放车组命令已经到位，将先导对应的基本进路状态回退到等待，清除其在一分路上的先导；
- 将表示方向的下级设备队列之末的先导/跟踪（等于本级占用车）反向移动至本级，并且是先导；
- 将出清车组的基本进路的状态回退到受理；
- 清除该车组对应一分路的计轴、测重等值；
- 调整车组当前的前端/后端的距离（前端调至未占用一分路）；
- 置当前速度=0 米/秒；
- 如果先导反向移动后下级设备上没有占用车，也没有先导，但有道岔控制输出，发道岔停控命令。

4.2.2.10.4 其他道岔上钓鱼处理

处理为：

- 钓鱼报警；
- 如果表示方向的下级设备队列末是先导（等于本级占用车）则将其反向移动至本级首先导；
- 如果表示方向的下级设备队列末是跟踪（等于本级占用车），则根据所出清道岔是否为该勾计划方向进路上的设备，将跟踪反向移动至本级首跟踪，或恢复为本级首先导；
- 调整车组当前的前端/后端的距离（前端调至占用该设备之前）；
- 置当前速度=0 米/秒；
- 如果先导反向移动后下级设备上不再有先导，也没有占用车，但有道岔控制输出，发道岔停控命令。

4.2.2.10.5 警冲标区段上钓鱼处理

处理为：

- 钓鱼报警；
- 根据车组进路正确与否将占用车重新创建为警冲标区段的首先导或首

跟踪

- 调整车组当前的前端/后端的距离（前端调至占用警冲标区段之前）；
- 置当前速度=0 米/秒；

4.2.2.11 峰下摘钩判别与处理

4.2.2.11.1 峰下摘钩判别

峰下摘钩的判别与处理均在出清处理中，判别分两种情况：

（1）正向出清情况

该情况排除一分路，当车组正向出清某道岔（逻辑出清且从 DG 出清），如果满足：

- 上级设备有占用车且进路 ID 等于本级占用车，且
- 从上级开始直至一分路均满足占用车的进路 ID 等于本级占用车，且
- 下级设备占用车 ID 也等于本级占用车，或者下级设备队列之末的先导/跟踪的进路 ID 等于本级占用车

则判别为峰下摘钩。

（2）反向出清情况

当车组反向出清某道岔（逻辑出清且从 DG1 出清），如果满足：

- 下级设备占用车的进路 ID 等于本级占用车，
- 如果存在多级上级设备，直至一分路的占用车 ID 均等于本级占用车

则判别为峰下摘钩。

4.2.2.11.2 峰下摘钩处理

采取以下处理办法：

- 报警；
- 所出清的道岔非一分路，且
 - 在基本进路表中存在下一勾，且
 - 下一勾为连溜，且
 - 下一勾的进路状态为“开信号”，在一分路上有先导。
- 从一分路开始至出清设备的上级设备的占用车填为下一勾；
- 将一分路的先导直接跳跃移动至所出清设备的队列之末，且
 - 如果所出清设备不属于下一勾进路所经设备，移动后变身为跟踪；
 - 否则移动后仍是先导，且根据先导对所出清的道岔为下一勾发控制

命令。

- 将下一勾的进路状态置为“占用”；
- 对当前车组轴数、速度、位置、重量整理；
- 对下一勾的轴数、速度、位置、重量进行整理。

4.2.2.12 道岔恢复判别与处理

4.2.2.12.1 产生道岔恢复

当溜放车组选路引起道岔选路后（有输出道岔队列中有先导），经过道岔恢复时间延时道岔的控表仍不一致，则判为道岔恢复，并进行以下处理：

- 道岔恢复报警；
- 切断驼峰主体信号；
- 对道岔发相反的命令；
- 对道岔进行道岔恢复锁闭（置道岔恢复锁闭标志）。

4.2.2.12.2 溜放防护

当道岔发生恢复后，只要有道岔恢复锁闭标志，任何会引起道岔动作的输出均会在统一的道岔控制程序中被拒绝并报警。

4.2.2.12.3 道岔恢复锁闭解除

道岔恢复锁闭只有人工操作道岔恢复复原的命令有效处理才能被解除，其解除条件是：

- 道岔上没有占用车；
- 区段的轨道电路未占用；
- 道岔设备的队列中没有先导。

4.2.2.13 挤岔判别与处理

4.2.2.13.1 挤岔判别

任何情况下分路道岔失去表示并超过一定时间被判定为挤岔，如果道岔上有先导且失去表示则道岔恢复逻辑在先，构成道岔回转输出，挤岔时间到仍回转不成功没有表示回来，道岔有可能四开，判为挤岔，并进行挤岔处理；道岔上没有先导失去表示经过挤岔时间则直接判为挤岔。

4.2.2.13.2 挤岔处理

- 挤岔报警；
- 道岔设备置挤岔标志；

- 将上级道岔锁往异向，即挤岔锁，若轨道占用则出清后发令。

4.2.2.13.3 挤岔恢复

道岔表示回来则解除挤岔，进行如下处理：

- 清除道岔的挤岔状态
- 清除上级的挤岔锁
- 如果轨道未占用，也无其他锁，且队列之首有先导，对道岔发令

4.2.2.14 先导的创建

一分路上创建先导逻辑构成了溜放进路与计划指令的关系，在进路巡测处理中进行，描述如下：

4.2.2.14.1 进路状态为等待

基本进路表中有连续溜放进路，且状态为等待（进路已触发）进行以下检查和处理：

- 该进路为流程中排序第一，或流程中存在上一个进路，且上一个进路（可能是不同的进路类型）的状态为大于等于“成功”；
- 检查该连续溜放进路的目的是否属于可溜放调车线，否则置为故障并报警；
- 如果该溜放进路不在流程中排序第一，检查其进路的源是否与上一个进路相同，否则置为故障并报警。
- 满足上述条件将进路的状态置为受理。

4.2.2.14.2 进路状态为受理

基本进路表中有连续溜放进路，且状态为受理进行以下检查和处理：

- 根据该流程余下的指令运算获得全场或半场溜放要求（算法描述见后）；
- 根据所计算获得的全场/半场溜放和溜放峰位检查背向道岔位置和锁闭状态；
- 根据所计算获得的全场/半场溜放、溜放峰位及溜放的目的股道检查调车线出岔的道岔位置和锁闭状态，或检查相关最后分路道岔的位置和封锁状态；
- 如果上述检查的背向道岔/调车线出岔道岔/股道封锁等位置表示和锁闭条件正确，且进路设备上的第一分路道岔上没有先导（即一分路上永远只有一个先导），则在一分路道岔设备状态表中创建先导，并将进路

状态置为“开信号”，否则将进路始端驼峰信号机置为溜放关闭，同时检查关联道岔中表示不正确的道岔是否满足以下解锁条件：

- 涉及背向道岔解锁条件是交叉渡线上均无轨道占用；
 - 涉及调车线出岔/防护道岔的解锁条件是无轨道占用、无先导/跟踪。
- 满足解锁条件则发起解锁，外锁闭则改变输出，同时将进路状态改为解锁。

4.2.2.14.3 进路状态为开始（解锁）

基本进路表中有连续溜放进路，且状态为解锁时，则：检查已发解锁命令的道岔的锁闭表示，如果所有待解锁道岔的锁闭表示回来，按照该进路对关联道岔的转换要求对道岔发令输出，同时将进路状态置为选路。

4.2.2.14.4 进路状态为选路

基本进路表中有连续溜放进路，且状态为选路；

如果所选路的道岔表示全部正确返回，则根据进路所要求的全场/半场溜放和溜放峰位检查背向道岔位置；根据全场/半场溜放、溜放峰位及溜放的目的股道检查调车线出岔的道岔位置，或检查相关最后分路道岔的位置；

总之所有关联道岔的表示正确，则对应锁闭而未锁闭的道岔发出锁闭命令，同时将进路状态置为锁闭。

4.2.2.14.5 进路状态为锁闭

基本进路表中有连续溜放进路，且状态为锁闭；

检查所有应锁闭的道岔锁闭表示反馈回来，即所有应锁闭道岔已锁在正确位置，则进路始端的驼峰主体信号置为溜放允许，同时将进路的状态置为开信号；与此同时，查获第一分路道岔，并将该进路 ID 创建为一分路的先导。

4.2.2.14.6 进路状态为锁闭

基本进路表中有连续溜放进路，且状态为开信号：

检查一分路上道岔表示与进路要求一致，且无占用车，则将进路状态更新为成功；或者检查一分路道岔上占用车进路 ID 相符，将进路状态更新为启用。

4.2.2.14.7 进路状态为成功

基本进路表中有连续溜放进路，且状态为启用，检查一分路道岔上占用车进路 ID 是否为所检查的进路，是则将进路状态置为启用。

4.2.2.15 全场/半场溜放的判别

在一个流程的溜放开始、溜放过程中判别与转换溜放模式有待摸索，不同的驼峰其要求可能不一样，但至少以下逻辑可通用。

4.2.2.15.1 溜放开始

如果流程从第一勾到最后一勾（包括连溜、单溜、上下峰）其进路的目的均在与源相同的半场，可选择半场溜放，否则为全场溜放。

4.2.2.15.2 溜放中

如果之前为全场溜放，流程中间存在受理勾为机车下峰，且从受理勾开始余下勾的目的线路为与源相同的半场，则转换为半场溜放。由于换溜放模式要关闭驼峰信号，仅考虑遇峰下调车时从全场变换为半场。

如果先前为半场溜放，流程中从受理勾开始余下各勾有目的线路为与源不相同的半场，则转换为全场溜放，例如计划修改。

从半场转换为全场溜放应检查另一个峰对应的第一分路道岔是否有先导或占用车，否则不得切换，只能溜放到进入受理状态的全场溜放勾关闭驼峰信号等待条件成熟。

4.2.2.16 去往被封锁股道

在进路巡测中如果某溜放勾进入受理状态，检查其目的线路是否封锁，如果封锁，切断驼峰主体信号、报警、进路中置故障标并停留在受理状态等待，直至股道解锁继续。

1.1.3 峰下线束进路遥控算法

1.1.3.1 驼峰线束调车现状

驼峰调车场机车走行进路的调车作业分为驼峰峰上调车作业和峰下线束调车作业，峰下线束调车作业是指驼峰溜放区内的推峰机车下峰整理作业、股道取送车作业及转线作业等。7021 驼峰继电自动集中控制电路，对这两种调车作业采取了的控制思路：峰上调车进路控制除了省略选路网络外，基本上采用 6502 电路调车进路技术条件，联锁严密可靠；而峰下线束调车控制仅采用简单的联锁关系，操作手续繁琐，人工介入量大，隐含着诸多不安全因素。

7021 电路中峰下线束调车控制过程的繁杂操作和不安全隐患：

（1）线束调车控制是以整个线束为控制对象的，没有严格意义上的进路

概念。

(2) 由于没有自动选路，只能由作业员逐个搬动分路道岔手柄来操纵道岔，选路对道。在较大的驼峰场，通常需要 3 个信号楼分别协同办理，才能完成一条进路的选路操作。

(3) 由作业员确认道岔位置正确后，按下控制台的线束信号机按钮手动开放信号，锁闭整个线束。先开放信号后锁闭道岔，而且是利用信号继电器的吸起接点锁闭该线束道岔，这样简陋的联锁关系非常不安全。

(4) 车列使用完毕后，信号不自动关闭，由作业员人工确认车列已完全驶过后，拔出线束信号机按钮，关闭信号，解锁该线束。在任何情况下，作业员都可无条件关闭信号，解锁道岔，当车列还在线束上走行时，作业员的一个疏忽就有可能造成安全隐患。因作业员办理解锁时机过早而造成挤岔事故在驼峰场时有发生。

(5) 线束调车作业与溜放进路之间无任何联锁关系，在溜放过程中，如果作业员误操作线束信号机按钮，就会造成溜放勾车失去控制而错道。因作业员的误操作而造成勾车错道事件在驼峰场经常发生。

(6) 线束信号的开放不检查侵限绝缘（可能造成侧面冲撞），不检查减速器缓解状态（可能造成夹机车）。

复杂的操作，简陋的联锁增加了作业员劳动强度，延长了驼峰作业整理时间，进而影响到驼峰场编解能力；同时又隐含着诸多不安全因素，降低了驼峰作业的安全性。

1.1.3.2 驼峰上下峰进路控制思路

针对继电系统既有控制模式的弊端，提出上下峰进路自动控制的思路：

(1) 抛开线束调车的“线束”概念，以进路作为控制单元，将完成线束调车作业的进路称为上下峰进路。

(2) 每组道岔增设一个锁闭继电器，由锁闭继电器落下接点锁闭道岔。

(3) 实现自动选路，以适应驼峰自动化的需要。

(4) 先检查进路锁闭条件，进路锁闭后开放信号，信号开放后连续检查进路上的联锁条件。

(5) 信号关闭要及时，由车组走行自动关闭信号。

- (6) 进路应根据车组走行自动解锁。
- (7) 在联锁严密的基础上，兼顾驼峰线束调车区灵活的特点。
- (8) 实现上下峰进路存储办理。

为了峰下线束调车与峰上调车的一致性，驼峰上下峰进路控制思路很大程度上参照了 6502 电路调车进路技术条件，但由于 6502 电路主要考虑的是车站调车作业情况，而未考虑到驼峰溜放区线束调车的特殊性。本系统结合驼峰线束调车的特殊性及溜放区信号布置的特点，为了区别 6502 电路中的调车进路控制，上下峰进路控制范围为驼峰主体信号机一下直至调车场股道（不包括迂回线），控制对象为上下峰进路，上下峰进路根据运行方向又分为上峰进路和下峰进路。如下图所示为典型的驼峰场局部的信号平面图。

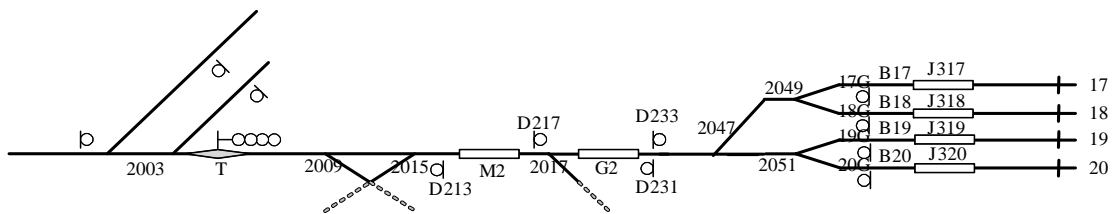


图 4-7 典型的驼峰场局部的信号平面图

(1) 基本进路

图中 T 至 D213，D217 至 D231，D233 至调车场股道为基本下峰进路，一条长下峰进路可以由这 3 条基本下峰进路构成；调车场股道至 D233，D231 至 D217，D213 至 T 为基本上峰进路，一条长上峰进路可以由这 3 条基本上峰进路构成。

(2) 最后上峰线调和最后下峰线调

D213、D231 称为上峰线束信号机，D217、D233 称为下峰线束信号机，其中 D231 开放后通过道岔位置区分点亮相应股道的线路表示器，股道上没有调车信号机，为了下面叙述方便，称该信号机为最后上峰线调，对应 D233 称为最后下峰线调。

上下峰进路的信号机一般只防护信号机内方进路，但由于最后上峰线调的特殊作用，它的开放不仅要检查信号机内方联锁条件，还要检查信号机外放直到调车场股道的联锁条件。

(3) 上下峰进路始终端

上下峰进路可采用始终端方式办理，一般情况下以信号机作为进路的始端和

终端，但需注意以下几点特殊性：

- 股道以警冲标无岔区段作为进路的始端或终端，如上图中的 17G、18G、19G 和 20G；
- 股道至 D233 虽然是基本上峰进路，但由于股道只有线路表示器而无调车信号机，因此 D233 不允许作进路的终端，只能选择长上峰进路，例如从股道至 D217；
- D213 至 T 虽然是基本上峰进路，但由于 T 作为调车信号机使用时是单置型的，因此 T 也不允许作为进路的终端，而必须向峰上延伸至峰上调车进路。
- D231 至 D217 虽然是基本上峰进路，但由于 D231 作为最后上峰线调的特殊作用，它只能作为有条件的始端，即只有 D231 外方至股道的进路处于锁闭状态时才具备条件。

（4） 途停

驼峰溜放区主要进行勾车溜放作业，由于溜放作业的动态性，溜放的勾车可能因为走行性能不好，减速器控制等原因未溜入股道，停留在溜放区，称为“途停”；途停的车辆必须及时用机车送入股道，以免影响后续溜放。

考虑到溜放作业的这一特殊性，为了避免机车走“黑路”下峰整理，上下峰进路锁闭和信号开放采用不检查区段占用但需检查溜放勾车已“途停”的处理方法。

（5） 上下峰进路上的减速器

含调速控制的驼峰场，溜放区内设置有减速器，上图中设有一、二、三部位减速器，减速器只对溜放勾车起制动作用，在上下峰作业时必须强制缓解，以免“夹机车”。

上下峰进路上的减速器应参与联锁关系：

- 含有减速器的区段和道岔区段、无岔区段一样作为联锁的一个环节参与联锁关系（如进路解锁、信号关闭等），一部位减速器 M2 区段和三部位减速器区段作为上峰进路的接近区段以及下峰进路的离去区段，二部位减速器 G2 区段则作为进路内方的一个区段参与联锁。
- 减速器区段内的减速器在上下峰进路锁闭时也必须锁闭，即上层控制机

内部切断减速器的制动输出；同时信号开放既要检查减速器处于锁闭状态，还要检查减速器处于缓解位置（针对带有可靠制动或缓解表示装置的减速器而言）。

另外需要注意一部位减速器 M2 受其前后两条基本进路的共同控制，只有这两条进路都解锁时，M2 才可以解锁。

（6）死区段

驼峰溜放区分路道岔轨道电路、减速器轨道电路的绝缘划分是基于溜放作业考虑的，特殊要求的分割造成溜放区内轨道电路的不连续，存在“死区段”。

图中 D217 与 M2 之间、三部位减速器与警冲标无岔区段之间、分路道岔之间都存在“死区段”，有些“死区段”甚至可以搁下一个单机，6502 电路基于轨道电路连续的三点检查及分段解锁概念在此遇到了麻烦，因此上下峰进路不宜采用分段解锁方式。

（7）中途折返

推峰机车下峰整理或取送车时常常带有较长的车列，因此有可能在溜放区的任意区段就完成有关作业而不再继续前进或无法继续前进，需要由进路上的任意区段中途折返，这就要求在允许“越过道岔看信号”的情况下进路是安全的。

只有保证折返退行的区段在车列正向驶过后不解锁，才能够实现由进路任意区段折返，这项特殊性也决定上下峰进路不能采用分段解锁方式。因此上下峰进路只有采用进路正常使用后一次解锁方式，进路非正常使用后也只能采用进路故障解锁方式延时解锁。

（8）“跟踪式”三点检查

轨道电路不连续情况下的三点检查的实现步骤：

通过分析车列占用区段的各种可能情况，可以得出每个区段在不同占用情况下的状态特征，继而通过区段状态的转化实现三点检查。通过分析归纳可将区段状态分为下列几种：

- 外部解锁状态：区段已解锁或未锁闭。
- 进路锁闭状态：区段已进路锁闭，未使用。
- 第一解锁状态：后方区段和本方区段同时占用。
- 第二解锁状态：后方区段出清并内部解锁，本方区段占用，前方区段未

占用。

- 第三解锁状态：后方区段出清并内部解锁，本方区段占用，前方区段占用。
- 第四解锁状态：后方区段出清并内部解锁，本方区段出清，前方区段未占用。
- 内部解锁状态：区段完成三点检查，实现内部解锁。

处于第三解锁状态的区段在车列出清该区段后，即实现三点检查进入内部解锁状态；处于第四解锁状态的区段在车列驶过“死区段”占用前方区段后，也实现三点检查进入内部解锁状态；当进路内方所有区段都进入内部解锁状态时，进路就可实现一次解锁了。

(9) 侵限绝缘

由于驼峰溜放区轨道电路的特殊分割，不可避免地造成分路道岔之间大量的侵限绝缘，由于溜放区内侵限绝缘是普遍存在的，因此信号平面图一般都不标注。

警冲标无岔区段 17G 与 18G，19G 与 20G，道岔 2049 与 2051 的绝缘互相侵限。上下峰进路的信号开放必须检查侵限绝缘，以防止车列侧面冲撞。

(10) 上下峰进路与溜放作业的联锁关系

由于驼峰溜放区与上下峰进路重叠，因此溜放进路与上下峰进路之间必须有联锁关系。

上下峰进路在建立前需检查进路所经过的溜放命令传递环节中没有溜放命令，或溜放勾车，防止正在溜放的勾车失去控制而错道。

1.1.3.3 上下峰进路技术条件

(1) 上下峰进路在未溜放状态下采用始终端方式办理，微机自动选排进路、锁闭进路、开放信号；采用始终端方式可办理基本上下峰进路，可办理长上下峰进路，也可办理包括峰上调车进路的长调车进路；办理长上下峰进路或长调车进路时，信号的开放顺序从远到近。股道无调车信号机的，可选择警冲标无岔区段作为进路的始端或终端；最后下峰线调不允许作为进路的终端；最后上峰线调在最后下峰线调至股道进路正确锁闭的条件下，允许做进路的始端。

(2) 上下峰进路建立前需要检查以下条件

- 检查进路所经过的溜放命令传递环节中没有溜放命令；

- 检查进路上没有溜放勾车，如果有溜放勾车需要确认溜放车辆已发生途停；
- 检查与进路侵限的道岔区段上无溜放勾车或溜放命令。

(3) 上下峰进路锁闭和信号开放不检查进路内方的区段占用，但要检查道岔区段占用时道岔表示必须正确。

(4) 上下峰进路锁闭和信号开放需要检查绝缘侵限的区段占用。

(5) 上下峰进路上（包括进路内方、接近区段和离去区段）的减速器区段包括在联锁范围内；进路锁闭的同时必须将减速器锁闭在缓解位置，信号开放必须检查减速器锁闭在缓解位置。

(6) 信号开放需要检查的基本条件包括道岔位置正确、敌对进路未建立、减速器处于缓解、绝缘侵限区段空闲、进路锁闭及灯丝完好等。

(7) 最后上峰线调信号的开放不仅要检查进路内方的上述基本条件，还要检查信号机外方直至股道的基本进路上的道岔位置、减速器状态、侵限绝缘及进路锁闭等条件。

(8) 信号正常关闭的时机：当信号机接近区段有车占用时，或信号机外方存在“死区段”时，或信号机内方存在“死区段”时，在车列出清该信号机后方第一轨道区段时关闭信号；其它情况下，当车列全部越过该信号机时关闭信号。

(9) 上下峰进路实行按基本进路一次解锁方式。

(10) 允许在进路上的任意区段中途折返，在检查车列全部顺序反向出清该进路后，实行中途折返解锁。

(11) 上下峰进路的人工解锁和故障解锁。在进路未使用的情况下，如果进路始端信号机未开放过，或者信号机外方存在接近区段且无车占用时，可对进路实行总取消；进路在信号关闭后无延时解锁。

在进路未使用的情况下，如果进路始端信号机开放过，且信号机外方存在“死区段”或者接近区段有车占用时，只可对进路实行总人解；进路在信号关闭后延时 30s 解锁。在延时过程中，一旦车列冒进信号机即自动取消总人解操作。

进路在使用过程中由于轨道电路故障或其它因素不能正常解锁时，在确认车列已经通过进路后，可对进路实施进路故障解锁（不是区段故障解锁），进路延时 30s 解锁。

(12) 在溜放状态下,上下峰进路可以同溜放勾一样,以勾计划形式储存在作业计划中,由微机确认勾计划的最佳执行时机;勾计划可删除、变更、插入,勾计划有3种形式:上峰勾、下峰勾和上下峰勾;上峰勾是指由股道至峰上的长上峰进路,下峰勾是指由峰上至股道的长下峰进路,上下峰勾是由下峰勾和上峰勾构成的,机车上峰后原路返回。

在上下峰勾的执行过程中,引入了平面单勾溜放技术条件中的退路锁闭概念,即机车上峰过程中,正常通过进路后进路不解锁,只是关闭下峰信号,开放上峰信号,待机车上峰正常通过进路后才实施解锁。采用退路锁闭既可提高作业安全性,又省去了解锁进路再排列进路的时间,提高了效率。

1.2 速度遥控

1.2.1 速度控制综述

车组在溜放过程速度因受力不同而发生变化,只有实时采集各种受力及其变化,才能精确地按需调控车辆溜放速度,才能保证车组溜放的安全和高效。车辆受力主要有坡度形成的动力、线路曲线、走行摩擦力和风阻力等,共同决定了车辆的加速或减速。影响车辆受力的主要参数分为静态和动态两种,静态参数包括线路信息、车辆信息等可事先固化在系统的数据库中,动态参数包括车组速度、车组重量、调车线空闲长度、计轴信息、气象等,这些信息只能通过各种传感装置测量和采集获得。

将上述动态和静态数据集中到上层控制机中,通过“定速”算法计算出指定减速器出口速度后,为了进一步提高车组溜放的效率,可以通过缩短车组通过减速器的时间:对于非重力式减速器,由于可以选择不同的制动等级变换摩擦阻力,从而可控制车辆的减速度,达到缩短通过时间的目的;对于重力式减速器,其制动力是由车辆自身重量自行调节的,制动使车辆减速度不可控,常用的方法是“放头拦尾”,即车辆进入减速器时不制动,从中段甚至末段开始制动,该方法对多车辆组合在一起溜放的“大组车”尤其有效。减少车辆通过减速器时间的措施必须以保障减速器的制动能量足以抵消车辆的能量(动能加势能)为前提,否则就会使车辆超速出口发生失控。衡量速度控制优劣的主要指标是控制精度和安全连挂率。

本系统中上层控制机的速度计算模块主要计算车组预计驶出减速器时的速

度和开始控制轴数，或称为给定速度，简称定速。

我国驼峰通常有三个部位的减速器，第一、二部位设在道岔区，因减速器制动能高相对三部位减速器较大，简称大缓，其主要功能是调整车辆的间隔，其次是调节车组的入线速度，辅助三部位进行目的控制；第三部位设在调车线入口，或称调车线减速器，简称小缓，其主要功能是“打靶”，即调节车组与调车线内的集结车以安全速度连挂。

1.2.2 速度遥控原理

在本系统中，为了提高速度控制的安全性和高效率采用信息联锁技术，下层减速控制器实时采集各种动态数据并反馈给上层控制机，上层控制机速度控制模块结合数据库服务器中的线路静态数据和车辆信息，通过定速算法计算出各部位减速器的出口速度和开始控制轴数，根据计划的执行实绩、溜放进路的状态和参数信息将定速信息和车辆信息下传给相应部位的减速控制器。下层减速控制器通过实施动态数据和制动能够闭环算法，输出控制减速器的制动或缓解指令，使得车辆的出口速度达要求数值，实现对车辆溜放速度的自动控制。如下图所示为速度控制原理图。

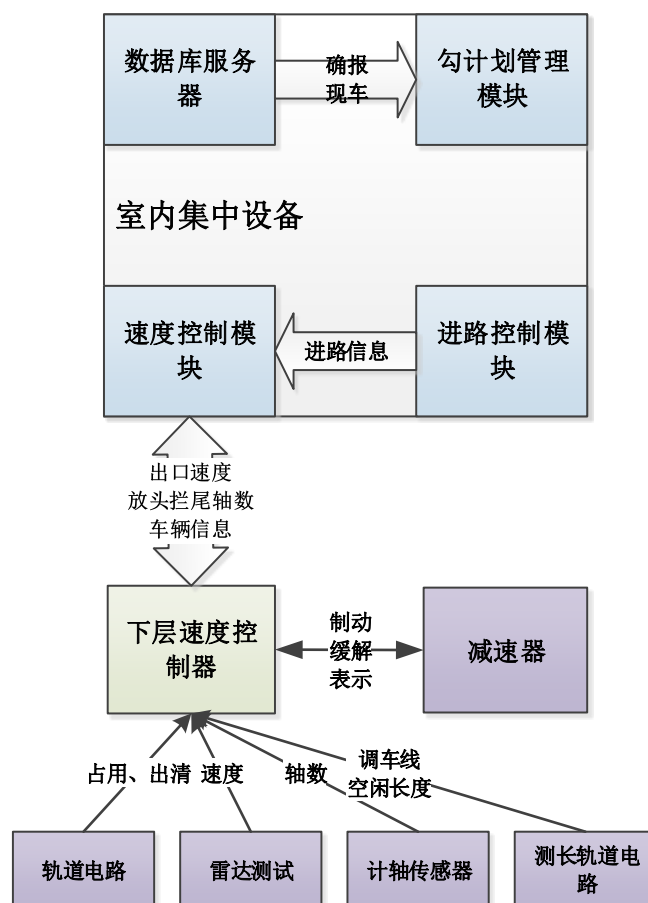


图 4-8 速度室内集中遥控原理图

1.2.3 速度控制模块与进路控制模块接口

定速计算模块的运算采取进路定时巡测和获得车组入口速度事件处理两种途径进行计算。

(1) 巡测处理

进路巡测同时检查一、二、三部位是否需要定速计算，不同的部位其计算模型不同，巡测处理的定速运算主要解决目的控制的运算。进路巡测处理需要满足以下条件：

- 巡测处理选择类型为连续溜放和单溜类型的基本进路，当进路状态为大于等于“启用”，一、二部位小于等于“结束”、三部位小于等于“入线”的车组。
- 其次检查减速器上的先导中是否存在与所巡测进路 ID 相同的记录，如果有则满足定速计算。
- 检查该进路表中是否有对应减速器的定速，如果有，说明已经进行过定速计算和下发，不再处理；如果没有，检算其定速，并下发送至减速器。

当已经进行过定速计算但计算参数发生变化（例如测重、测长）需要重新计算时，删除定速，引起重新计算并发送至减速器控制模块更新。

进路模块将命令传至减速器的末先导时，减速器上可能还有其它先导，也应在巡测处理中及时计算定速并下达至减速器模块，这是因为减速器上可能发生追勾，如果不及时送达，减速器上追勾时就无法确定追车组。

（2） 事件处理

当车组进入减速器，并获得入口速度时，减速器模块应上报入口信息，触发减速器的定速计算。

事件处理的定速计算主要解决间隔控制运算。通常情况下，每台减速器的定速会计算和命令下发两次：第一次是车组进入减速器前端设备，命令下达到减速器上时（有先导）；第二次是车组进入减速器时。两次之间，如果计算输入的外界条件发生变化达到一定程度时会偶发性地出现一次或多次定速更新。对于一二部位减速器，车组在减速器上时不应再改变定速，但对于三部位，可能会因测长变化而改变定速。

一、二、三部位均会在得到入口速度时重新计算定速，但其计算模型各不相同。

当采集到入口时，其入口速度对应的进路 ID 通常应与首先导相对应，应清除所对应的先导，并设定进路 ID 为减速器的占用车。车组报出清时，所出清的进路 ID 应与占用车一致，应清除减速器设备的占用车。

减速器模块支持同一车组多次更新定速，方法是收到定速命令时逐一比较进路 ID，有相同者属于更新，无相同时属于排队在后增加。

考虑到特殊情况，当减速器模块无命令情况下，不明车组进入减速器，减速器控制模块按照特殊的默认进路 ID（例如-1）控车，若在控制期间收到新的定速命令，立刻将当前车组替换为新收到命令的进路 ID 及其参数控车。例如减速器模块刚运行，侦测到轨道电路占用或计轴进入，即刻开机按特殊车组 ID 进行控制，与此同时重启程序会导致向减速器控制模块补发定速命令，减速器模块转为按补发命令控车。

当然进路控制正常，而减速器控制出现故障的情况下，由于没有来自于减速器反馈的进入/出清减速器的先导清除机制，先导会不正常的越积越多，且与实

际车组不同步,应通过钩车出清减速器后下级设备或延时自灭机制清除减速器上的先导,尽量保持进入减速器的车组与首先导同步。

1.2.4 二部位调速算法

1.2.4.1 二部位目的调速算法

1.2.4.1.1 定速计算

定速计算是以车组进入下级减速器的入口速度达到选取的固定值为目标,计算本级减速器的出口速度。取固定入口速度的好处是:

- 车组之间的速差越小,越有利于保持车组之间的间隔;
- 在不超出下级减速器能力范围的前提下,充分利用下一级减速器的制动能高。

下级减速器的入口速度目标值,可根据驼峰的效率要求、减速器的磨耗程度等因素选取,速度越低越安全,但不利于效率,例如三部位入口速度选择范围为16~19km/h,常用的是18 km/h;二部位入速选择21~23 km/h。

目的控制定速 v_d 通过以下公式计算:

$$v_d = \sqrt{v_0^2 + 2g'((l \times W_{\text{中}} + 24 \times n + 8 \times \alpha) \times 0.001 - h)} \quad (4-1)$$

v_0 ——三部位默认入口速度,该值需要在数据字典中添加,根据精调需要修改,常用值为18km/h。

l ——二三部位间的长度(m)

$W_{\text{中}} = R_{\text{中}} - R_{\Delta}$ ——车辆溜放单位重量所受到的阻力系数,

其中:

$R_{\text{中}} = 2.401 - 0.0154T + 0.00017T^2$ ——根据气温回归基本阻力中值(N/kN);

$R_{\Delta} = 0.015Q - 0.00008QT - 0.32 + 0.002T$ ——不同重量等级的阻力中值补偿(N/kN);

式中:

Q ——车辆平均轴重(吨);

T ——温度(℃);

n ——从二三部位间道岔级数；

α ——二三部位间轨道的曲线转角和(弧度值)；

h ——二三部位间高度差(m)。

$$g' = \frac{g}{1 + \frac{0.42}{Q} N} \quad (4-2)$$

其中：

g ——标准重力加速度，为 9.8m/s²；

N ——计算车辆平均轴数。

具体实现步骤是：

- 判断当前进路的状态和类型，通过进路 ID 提取出该进路的源和目的，从而在线路表中取出该进路的定速计算参数。
- 溜放车组的目标股道根据进路的目的线路 ID 确定，其二、三部位减速器则根据进路设备表确定；错道车组则根据二三部位之间的道岔表示，跟踪获得其目标调车线。
- 高差、转角、长度和道岔级数等参数从调车线的站场线路参数的字典中获取，该字典按照调车线检索，记录从峰顶开始直至调车线末端的每个坡段长度、坡度、曲线、道岔、减速器、减速顶布置等参数。
- 固定参数集中放置在参数字典中，例如重力加速度等值，车组的重量、轴数、气温等测量参数取自基本进路表，由车组动态测量模块写入。

1.2.4.1.2 开始控制轴数计算

放头拦尾是减少车组通过减速器时间，提高溜放效率的重要措施。原理是根据车组总辆数或者总轴数和车组的平均轴重，计算开始控制轴数。车组总轴数越多，放得轴数比例越大，反之越小；车组总轴重越轻，放得轴数比例越大，反之越小。

$$n = \left\{ \begin{array}{ll} \left(\frac{(K + \frac{Z-K}{m_Z - m_K}(m - m_K) - \frac{1}{4})(C-1)}{C_x - 1} + \frac{1}{4} \right) \times C \times 4 & C \in (1, C_x) \\ (K + \frac{Z-K}{m_Z - m_K}(m - m_K)) \times C \times 4 & C \geq C_x \end{array} \right\} \quad (4-3)$$

n ——开始控制轴数；

C ——车组总辆数;

m ——车组平均辆重;

K ——空车 ($m_k=20$) 最大放头率, 最大开始控制轴数为 $4 \times C \times K$; K 可根据驼峰的效率指数调整, 例如取 $K = 2/3$;

Z ——重车 ($m_z=80$) 最大放头率, 最大开始控制轴数 $4 \times C \times Z$; Z 可根据驼峰的效率指数调整, 例如取 $Z = 1/2$;

C_x ——最大计算辆数, 例如 $C_x=30$, 可根据效率指数调整。

1.2.4.2 二部位间隔定速算法

间隔计算的时机是车组进入减速器, 间隔计算的基本原理可简称为“瞻前顾后”。所谓“瞻前”, 即“朝前看”, 通过计算检查本车组与前方路径上另一个溜放的车组之间是否存在间隔问题, 如果有问题, 先减少开始控制轴数, 仍有问题则调减速度, 直至满足间隔要求。当瞻前不存在间隔问题, 则顾后, 即“朝后看”, 通过计算检查后方路径上另一个溜放的车组与本车组之间是否存在间隔问题, 如果有问题, 则增加本车组定速, 满足间隔要求, 在增速的同时, 重复“朝前看”避免无法保障与前方车组的间隔, 当车组的前、后方间隔均有问题时, 以保障前方的间隔优先。如果前后方间隔均没有问题, 其定速以目的计算结果为准, 不更新定速。

1.2.4.2.1 朝前看

朝前看是通过计算检查进入减速器的车组按目的定速的值出口, 与前方车组之间的间隔是否满足要求, 不满足则重新计算新的放头拦尾轴数或定速值。其检查或降速的计算原理分为“不追勾”和“不侧冲”两个方面分别计算。

(1) 目标车组的确定

间隔是指两个车组之间的距离关系, 因此首先应确定本车组进路前方的另一车组的 ID, 方法是从减速器出口开始, 沿着进路前进方向 (正常看进路设备表, 错道按道岔表示方向搜索) 检查每个设备上是否存在其他车组, 如果没有目标车组, 则没有间隔调速问题。只要能找到了车组, 其车组 ID 即为前方目标车组, 根据进路 ID 可从基本进路表中获取该车组的当前速度, 以及车组后部与峰顶的距离。

此外，还要根据前方目标车组的进路，对比后方进路，确定其共同经路，如果进路的目的不同，找其分歧道岔；如果两者的进路目的相同，检查计算过程将延伸至三部位减速器。为叙述方便，定义前方目标车组为车组 A；进入减速器的车组为车组 B。

(2) 不侧冲检查与降速计算

只有当两车组（车组 A 与车组 B）的进路不相同，才具备不侧冲检查的条件，且其分歧道岔的警冲点为计算参照点。

1) 车组 A 行至警冲点的时间计算

首先应检查车组 A 离开分歧道岔警冲点时是否已进入三部位减速器的制动状态，设：

L_a ——车组 A 的长度

L_{a1} ——车组 A 在三部位的“放头”距离， $L_{a1}=L_a \times \frac{M_a}{N_a}$ ；

L_{a2} ——车组 A 在三部位的“拦尾”距离， $L_{a2}=L_a - L_{a1}$ ；

L_3 ——计算获得的从分歧道岔警冲点至三部位减速器入口的距离；

N_a ——车组 A 的总轴数；

M_a ——车组 A 在三部位的放头拦尾轴数；

V_{r3} ——车组 A 在三部位上的定速；

T_1 ——车组 A 后部从当前位置走行到分歧道岔警冲点所需时间；

V_a ——车组 A 的当前速度；

L_d ——计算获得的车组 A 后部从当前位置至分歧道岔警冲点的距离；

L_j ——车组的悬挂距离，取常量 $L_j=3\text{m}$ 。

考虑车组 A 离开分歧道岔的警冲点前是否会遭遇三部位减速器制动的影响，则有：

$$T_1 = \begin{cases} \frac{L_d + L_j}{V_{r3}} & L_{a2} \geq L_d + L_3 \\ \frac{L_d + L_3 - L_{a2}}{V_a} + \frac{L_{a2} - L_3 + L_j}{V_{r3}} & L_{a2} < L_d + L_3, L_{a2} > L_3 \\ \frac{L_d + L_j}{V_a} & L_{a2} \leq L_3 \end{cases} \quad (4-4)$$

上述三种情况是：当前位置已经制动；当前尚未制动，但行至计算点会遇到制动；走至计算点不会遇到制动。

假设车组未进入三部位减速器前按匀速运动，进入三部位一旦开始制动，车组速度立刻降至定速。

2) 车组 B 行至警冲点的时间计算

计算车组 B 从减速器入口行至分歧道岔警冲点的时间需要分入速放头时间、制动时间、按定速走行时间三段计算。

T_2 ——车组 B 前部从进入二部位减速器行至分歧道岔警冲点的时间；

M_b ——车组 B 按目的控制计算的二部位开始控制轴数；

N_b ——车组 B 的总轴数；

V_{e2} ——车组 B 二部位入口速度；

V_{r2} ——车组 B 按目的控制计算的二部位定速；

L_f ——计算获得的二部位减速器出口至分歧道岔警冲点的距离；

L_b ——车组 B 的长度；

L_{n2} ——二部位减速器长度；

L_{b1} ——车组 B 在二部位的“放头”距离， $L_{b1} = L_b \times \frac{M_b}{N_b}$ ；

L_{b2} ——车组 B 在二部位的“拦尾”距离， $L_{b2} = L_b - L_{b1}$ 。

则：

T_2 = 放头时间 + 制动时间 + 缓解后走行时间为 $\frac{L_{b1}}{V_{e2}} + \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_{r2}} + \frac{L_f + L_{n2} - L_b - L_j}{V_{r2}}$

(4-5)

3) 侧冲判别

将式(4-5)的计算结果与式(4-4)的计算结果进行比较, 如果 $T_2 \geq T_1$ 不会发生侧冲, 否则具有发生侧冲的危险, 应通过减轴或者减速来达到不侧冲的目的。

4) 减轴计算

当通过侧冲判别存在侧冲的风险时, 首先尝试不减定速, 仅减少开始控制轴数来达到防侧冲的目的。假设车组 B 在二部位上的制动距离 L_{b2} 是常数, 不会因为调整开始控制轴数而变化, 设:

m ——车组 B 考虑间隔控制的开始控制轴数。

按照 $T_1 = T_2$, 建立以下等式:

$$T_1 = \frac{L_b}{V_{e2}} \times \frac{m}{N_b} + \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_{r2}} + \frac{L_b - L_{b2} - L_b \frac{m}{N_b}}{V_{r2}} + \frac{L_f + L_{n2} - L_b - L_j}{V_{r2}} \quad (4-6)$$

化简并获得 m 的计算式为:

$$m = \frac{N_b \times V_{e2} \times V_{r2}}{L_b (V_{r2} - V_{e2})} \left[T_1 - \frac{L_f + L_{n2} - L_b - L_j}{V_{r2}} - \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_{r2}} - \frac{L_b - L_{b2}}{V_{r2}} \right] \quad (4-7)$$

求解获得 m 的有效值范围应 $0 \leq m \leq m_b$, 如果 $m > m_b$ 存在错误; 如果 $m < 0$, 说明减少开始控制轴数不足以防侧冲, 应选择减小定速。

5) 减速计算

当减轴无法达到防侧冲时, 应在停止放头拦尾的前提下进而减少车组 B 在二部位减速器上的出口速度, 设

V ——车组 B 考虑间隔控制的定速

建立如下减速计算式, 按照 $T_1 = T_2$, 并且按车组 B 进入二部位减速器即刻可开始制动, 建立以下等式:

$$T_1 = \text{制动时间} + \text{缓解后走行时间} = \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V} + \frac{L_f + L_{n2} + L_b - L_{b2} - L_j}{V} \quad (4-8)$$

整理为一元二次方程: $aV^2 + bV + c = 0$, 其中:

$$\begin{cases} a = T_1 \\ b = T_1 \times V_{e2} - (L_f + L_{n2} + L_b + L_{b2} - L_j) \\ c = -V_{e2}(L_f + L_{n2} + L_b + L_{b2} - L_j) \end{cases} \quad (4-9)$$

求解后，间隔定速值 V 的算式为：

$$V = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4-10)$$

求解获得 V 的值域为 $0 \leq V \leq V_{r2}$ ，选择正确的解。

(3) 不追勾检查与降速计算

当两车组（车组 A 与车组 B）的进路不相同，从二部位减速器出口至分歧道岔之间每个区段均存在追勾的可能性，当车组 A 的定速大于车组 B 的当前速度时，其限制点在远端，即分歧道岔；当车组 A 的定速小于车组 B 的当前速度时，其限制点在近端，即二部位减速器外方的第一个道岔，追勾检查在两者之间取其一。

当两车组的进路相同时（常见于隔钩车），其追勾的限制点在三部位减速器，只需要对三部位减速器进行追勾检算，以及根据三部位减速器的间隔计算减轴和减速。

1) 车组 A 行至道岔出口的时间计算

该计算适用于 A、B 两车组进路不相同的情况，首先应检查车组 A 离开道岔时是否已进入三部位减速器的制动状态，设：

L_a ——车组 A 的长度；

N_a ——车组 A 的总轴数；

M_a ——车组 A 在三部位的放头拦尾轴数；

L_{a1} ——车组 A 在三部位的“放头”距离， $L_{a1} = L_a \times \frac{M_a}{N_a}$ ；

L_{a2} ——车组 A 在三部位的“拦尾”距离， $L_{a2} = L_a - L_{a1}$ ；

L_3 ——计算获得的从道岔出口至三部位减速器入口的距离；

V_{r3} ——车组 A 在三部位上的定速；

T_1 ——车组 A 后部从当前位置走行到道岔出口所需时间；

V_a ——车组 A 的当前速度；

L_d ——计算获得的车组 A 后部从当前位置至道岔出口的距离。

需考虑车组 A 离开道岔出口前不会是否会遭遇三部位减速器制动，则有：

$$T_1 = \begin{cases} \frac{L_d}{V_{r3}} & L_{a2} \geq L_d + L_3 \\ \frac{L_d + L_3 - L_{a2}}{V_a} + \frac{L_{a2} - L_3}{V_{r3}} & L_{a2} < L_d + L_3, L_{a2} > L_3 \\ \frac{L_d}{V_a} & L_{a2} \leq L_3 \end{cases} \quad (4-11)$$

上述三种情况是：当前位置已经制动；当前尚未制动，但行至计算点会遇到制动；走至计算点不会遇到制动。

这里假定车组未加入三部位减速器前按匀速运动，进入三部位一旦开始制动，车组速度立刻降至定速。

2) 车组 A 行至减速器出口的时间计算

该计算适合于 A、B 车组进路相同的情况，直接计算车组 A 从当前位置至出清三部位减速器的时间，如果车组 A 尚未进入三部位制动状态，分为 2 段计算：车组从当前位置至三部位开始控制点，按当前速度计算；从开始制动直至出清减速器，按定速计算。

首先应检查车组 A 当前是否已进入三部位减速器的制动状态，设：

L_a ——车组 A 的长度；

N_a ——车组 A 的总轴数；

M_a ——车组 A 在三部位的放头拦尾轴数；

L_{a1} ——车组 A 在三部位的“放头”距离， $L_{a1} = L_a \times \frac{M_a}{N_a}$ ；

L_{a2} ——车组 A 在三部位的“拦尾”距离， $L_{a2} = L_a - L_{a1}$ ；

L_{a3} ——计算获得的车组 A 从当前位置至三部位减速器入口的距离；

V_{r3} ——车组 A 在三部位上的定速；

T_1 ——车组 A 后部从当前位置走行到三部位出口所需时间；

V_a ——车组 A 的当前速度；

L_d ——计算获得的车组 A 从当前后部位置至三部位减速器入口的距离；

L_{n3} ——三部位减速器长度。

假定车组未进入三部位减速器前按匀速运动，进入三部位一旦开始制动，车组速度立刻降至定速，则有：

T_1 =进入减速器前走行时间+放头时间+减速后走行时间

$$= \frac{L_d}{V_a} + \frac{L_{a1}}{V_a} + \frac{L_{a2} + L_{n3}}{V_{r3}} \quad (4-12)$$

3) 车组 B 行至道岔/减速器入口的时间计算

计算车组 A 从二部位减速器入口行至道岔入口或三部位减速器入口所需要花费的时间，分三段计算：按入速放头时间；制动时间；按定速走行时间。设

T_2 ——车组 B 前部从进入二部位减速器行至道岔或减速器入口的时间；

V_{e2} ——车组 B 二部位入口速度；

V_{r2} ——车组 B 按目的控制计算的二部位定速；

L_b ——车组 B 的长度；

L_f ——计算获得的二部位减速器出口至道岔或三部位减速器入口的距离；

L_{n2} ——二部位减速器长度；

L_{b1} ——车组 B 在二部位的“放头”距离， $L_{b1}=L_b \times \frac{M_b}{N_b}$ ；

L_{b2} ——车组 B 在二部位的“拦尾”距离， $L_{b2}=L_b - L_{b1}$ ；

L_s ——道岔区段车组间隔的富余量，通常取 3 米。

则：

T_2 =放头时间+制动时间+缓解后走行时间为

$$T_2 = \begin{cases} \frac{L_{b1}}{V_{e2}} + \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_{r2}} + \frac{L_f + L_{n2} - L_b - L_s}{V_{r2}} & \text{道岔} \\ \frac{L_{b1}}{V_{e2}} + \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_{r2}} + \frac{L_f + L_{n2} - L_b}{V_{r2}} & \text{减速器} \end{cases} \quad (4-13)$$

4) 追勾判别

将式 (7-13) 的计算结果与式 (7-12) 或式 (7-11) 的计算结果进行比较, 如果 $T_2 \geq T_1$, 不会发生追勾, 否则具有发生追勾的危险, 应通过减轴直至减速来达到不追勾目的。

5) 减轴计算

当通过追勾判断存在追勾的风险时, 首先尝试不减速, 仅减少开始控制轴数来达到防追勾的目的。假设车组 B 在二部位上的制动距离 L_{b2} 是常数, 不会因为调整开始控制轴数而变化, 设:

m ——车组 B 考虑间隔控制的开始控制轴数

按照 $T_1 = T_2$, 建立以下等式:

$$T_1 = \frac{L_b}{V_{e2}} \times \frac{m}{N_b} + \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_{r2}} + \frac{L_b \frac{m}{N_b} - L_{b2}}{V_{r2}} + \frac{L_f + L_{n2} - L_b - L_s}{V_{r2}} \quad (4-14)$$

化简并获得 m 的计算式为:

$$m = \begin{cases} \frac{N_b \times V_{e2} \times V_{r2}}{L_b (V_{r2} - V_{e2})} \left[T_1 - \frac{L_f + L_{n2} - L_b - L_s}{V_{r2}} - \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_{r2}} - \frac{L_b - L_{b2}}{V_{r2}} \right] & \text{道岔} \\ \frac{N_b \times V_{e2} \times V_{r2}}{L_b (V_{r2} - V_{e2})} \left[T_1 - \frac{L_f + L_{n2} - L_b}{V_{r2}} - \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_{r2}} - \frac{L_b - L_{b2}}{V_{r2}} \right] & \text{减速器} \end{cases} \quad (4-$$

15)

求解获得 m 的有效值范围应 $0 \leq m \leq m_b$, 如果 $m > m_b$ 存在错误; 如果 $m < 0$, 说明减少开始控制轴数不足以防追勾, 应选择减小定速。

6) 减速计算

当减轴无法达到防追勾时, 应在停止放头拦尾的前提下进而减少车组 B 在二部位减速器上的出口速度, 设

V ——车组 B 考虑间隔控制的定速。

建立如下减速计算时，按照 $T_1 = T_2$ 建立以下等式：

$$T_1 = \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V} + \frac{L_f + L_{n2} + L_b - L_{b2}}{V} \quad (4-16)$$

整理为一元二次方程： $aV^2 + bV + c = 0$ ，其中：

$$a = T_1$$

$$b = \begin{cases} T_1 \times V_{e2} - (L_f + L_{n2} + L_b + L_{b2} - L_s) & \text{道岔} \\ T_1 \times V_{e2} - (L_f + L_{n2} + L_b + L_{b2}) & \text{减速器} \end{cases}$$

$$c = \begin{cases} -V_{e2}(L_f + L_{n2} + L_b + L_{b2} - L_s) & \text{道岔} \\ -V_{e2}(L_f + L_{n2} + L_b + L_{b2}) & \text{减速器} \end{cases}$$

求解后，间隔定速值 V 的算式为：

$$V = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4-17)$$

求解获得 V 的值域为 $0 \leq V \leq V_{r2}$ ，选择正确的解。

7) 逻辑运算

如果车组 A、B 并非相同进路，既要进行侧冲检算和减轴/减速运算，又要进行追勾检算和减轴/减速运算，两者取其低。如果车组 A、B 进路相同，则只有追勾检算而不要侧冲检算。

根据经验所得二部位的最低定速值应不小于 12.5km/h，当根据间隔运算获得的车组在二部位的计算定速 $V < 12.5\text{km/h}$ ，取 $V = 12.5\text{km/h}$ ，不及之处由进路控制的途停逻辑或者防侧冲逻辑锁闭在相同方向配合防护。

当二部位和三部位之间存在途停、堵门封锁、满线封锁、打靶距离不够等异常情况发生时，也直接将二部位的定速给定为最低值 12.5km/h，并且不进行放头拦尾，不再进行间隔检算和减轴/减速计算。

8) 参数获取

减速器、道岔等距离的计算参数从线路字典中获取。

车组 A 的当前速度、前部/后部位置、车组长度、三部位目的定速、开始控制轴数等根据车组 A 的进路 ID 从进路表中获取。

车组 B 的目的定速、目的轴数、车组长度等根据车组 B 的进路 ID 从进路表

中获取。

车组 A 的入口速度来自减速器控制模块的报告。

1.2.4.2.2 朝后看

朝后看是通过计算检查进入减速器的车组按目的定速的值从二部位减速器出口时，后续是否有另一车组进入同一组减速器，即保障其不同时占用同一台减速器，不满足则通过计算获得新的定速值，即仅有“不追勾”原理。

(1) 目标车组的确定

首先应确定本车组进路后方的另一车组 ID，方法是从减速器，沿着进路的反方向（正常车组看进路设备表，错道向峰顶方向搜索）检查一、二部位之间每个设备上是否存在其他车组，如果没有目标车组，或车组尚未进入一部位减速器，则没有间隔问题，无须再进行间隔计算。只要能找到了车组，其车组 ID 即为后方目标车组，根据进路 ID 可从基本进路表中获取该车组当前速度、前/后部位置等各种信息。

此外，还要根据后方目标车组的进路，确定其是否与当前进入二部位的车组是相同的二部位减速器，否则没有追勾问题，不检算和改变定速，是则要追勾检算和升速。为叙述方便，定义进入减速器的当前车组为车组 B，后方目标车组为车组 C。

(2) 不追勾检查与升速计算

检算和调速的要点是保障车组 B 未离开二部位减速器时，车组 C 未进入相同的减速器。

(3) 当前车组出减速器的时间计算

计算车组 B 尾部出清二部位的时间 T_1 可化为放头和制动两个阶段。为保守起见，分两个速度段计算，第一段放头过程当前速度；第二段拦尾过程为目的定速。设：

L_b ——车组 B 的长度；

N_b ——车组 B 的总轴数；

M_b ——车组 B 按目的控制计算的二部位开始控制轴数；

L_{b1} ——车组 B 在二部位的“放头”距离， $L_{b1}=L_b \times \frac{M_b}{N_b}$ ；

V_{r2} ——车组 B 按目的控制计算的二部位定速；

V_{e2} ——车组 B 二部位入口速度；

L_{n2} ——二部位减速器长度。

则有：

$$T_1 = \frac{L_{b1}}{V_{e2}} + \frac{L_{n2} + L_b - L_{b1}}{V_{r2}} \quad (4-18)$$

(4) 后续车组进入减速器的时间计算

考虑到车组 C 的当前速度可能较低，应考虑其加速过程，设：

L_{c2} ——计算获得的车组 C 的前部从当前位置至二部位减速器入口的距离；

$\overline{V_{e2}}$ ——车组 C 在二部位上的缺省入速（平均入速）；

T_2 ——车组 C 前部从当前位置走行到二部位入口所需时间；

V_c ——车组 C 的当前速度。

则有：

$$T_2 = \frac{2 \times L_{c2}}{\overline{V_{e2}} + V_c} \quad (4-19)$$

(5) 追勾判别

将式（4-19）的计算结果与式（4-18）的计算结果进行比较，如果 $T_2 \geq T_1$ ，不会发生追勾，否则具有发生追勾的嫌疑，应通过升速来达到不追勾目的。

(6) 升速计算

当通过上述判断存在追勾的风险时，尝试提升车组 B 的定速以规避追勾，设：

V ——车组 B 考虑间隔控制的定速，

按照 $T_1 = T_2$ ，建立以下等式：

$$T_2 = \frac{L_{b1}}{V_{e2}} + \frac{L_{n2} + L_b - L_{b1}}{V} \quad (4-20)$$

求解获得 V 的计算式为：

$$V = \frac{L_{n2} + L_b - L_{b1}}{T_2 - \frac{L_{b1}}{V_{e2}}} \quad (4-21)$$

如果计算正确，该值应大于目的定速值 V_{r2} 。

(7) 逻辑处理

按照式 (4-21) 计算所得到的车组 B 的定速值 V 后，应按照正常放头拦尾轴数，重新朝前看，存在车组 A 时替换式 (4-6) 和式 (4-13) 中的 V_{r2} 值进行防侧冲和防追勾检算，如果检算通过，式 (4-21) 的 V 成立，否则应按朝前看重新计算一个介于朝后看计算的 V_2 与目的定速 V_{r2} 之间的数值，方法如下：

(8) 朝前看防侧冲计算

建立以下等式：

$$T_1 = \frac{L_{b1}}{V_{e2}} + \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_2} + \frac{L_{n2} + L_f - L_b - L_j}{V_2} \quad (4-22)$$

整理为一元二次方程并求解得到：

$$V_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4-23)$$

其中：

$$\begin{cases} a = T_1 - \frac{L_{b1}}{V_{e2}} \\ b = (T_1 - \frac{L_{b1}}{V_{e2}}) \times V_{e2} - (L_f + L_{n2} - L_{b1} + L_{b2} - L_j) \\ c = -V_{e2}(L_f + L_{n2} - L_b - L_j) \end{cases}$$

(9) 朝前看防追勾计算

建立以下等式：

$$T_1 = \frac{L_{b1}}{V_{e2}} + \frac{2 \times L_{b2}}{V_{e2} + V_3} + \frac{L_{n2} + L_f - L_b}{V_3} \quad (4-24)$$

整理为一元二次方程并求解得到：

$$V_3 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4-25)$$

其中：

$$a = T_1 - \frac{L_{b1}}{V_{e2}}$$

$$b = \begin{cases} (T_1 - \frac{L_{b1}}{V_{e2}}) \times V_{e2} - (L_f + L_{n2} - L_{b1} + L_{b2} - L_s) & \text{道岔} \\ (T_1 - \frac{L_{b1}}{V_{e2}}) \times V_{e2} - (L_f + L_{n2} - L_{b1} + L_{b2}) & \text{减速器} \end{cases}$$

$$c = \begin{cases} -V_{e2}(L_f + L_{n2} - L_b - L_s) & \text{道岔} \\ -V_{e2}(L_f + L_{n2} - L_b) & \text{减速器} \end{cases}$$

先朝前看由式（4-21）获得升值的 V ，之后朝前看检查升值障碍，进而由式（4-23）、（4-25）计算其升值上限，取其最低值，其物理意义是车组 B 受到了前后夹击，难以两全，此时控制轴数保全后方，但定速值保全前方。

朝后看计算获得的定速提升值 V 需限定在车组二部位的平均入速 $\overline{V_{e2}}$ 以下。

1.2.5 一部位间隔调速算法

一部位间隔计算的时机是车组进入一部位减速器，也是“瞻前顾后”，“朝前看”与“朝后看”，先检算后调速，前后均没有间隔问题则维持目的定速。

与二部位减速器有所不同，一部位的车组的入速往往低于定速，进入减速器后车组加速，达到定速受到制动减速，然后再加速，甚至车组进入一部位时还没有提勾，因此其计算方法有别于二部位减速器。

因此，一部位的开始控制轴数几乎没有意义，永远为 0，不存在减少开始控制轴数调整间隔的逻辑与运算。

1.2.5.1 朝前看

朝前看是通过计算检查进入一部位的车组按目的定速的值出口，与前方二部位之前的车组之间的间隔是否满足要求，不满足则通过计算获得新的放头拦尾轴数或定速值。其检查或降速的计算原理分为“不追勾”和“不侧冲”两个方面分别检算。

1.2.5.1.1 目标车组的确定

首先确定本车组进路前方的另一车组 ID，方法是从一部位出口开始，沿着进路前进方向（正常看进路设备表，错道按道岔表示方向搜）检查二部位之前（包括二部位）每个设备上是否存在其他车组，如果没有目标车组，则没有间隔问题，

无须再进行间隔计算。只要能找到了车组，其车组 ID 即为前方目标车组，继而可获得进路 ID 的各种参数。

其次，要对比目标车组与当前车组的进路，如果不共用二部位减速器，找其分歧道岔；如果两者的二部位相同，其检查/计算过程至二部位出口。为叙述方便，定义前方目标车组为车组 A；进入一部位减速器的车组为车组 B。

1.2.5.1.2 不侧冲检查与降速计算

只有当两车组（车组 A 与车组 B）的二部位不相同，才具备不侧冲检查的条件，且其分歧道岔的警冲点为计算参照点。

（1） 车组 A 行至警冲点的时间计算

首先应检查车组 A 离开分歧道岔警冲点时是否已进入二部位减速器的制动状态，设：

L_a ——车组 A 的长度；

L_{a1} ——车组 A 在二部位的“放头”距离， $L_{a1}=L_a \times \frac{M_a}{N_a}$ ；

L_{a2} ——车组 A 在二部位的“拦尾”距离， $L_{a2}=L_a - L_{a1}$ ；

L_2 ——计算获得的从分歧道岔警冲点至二部位减速器入口的距离；

N_a ——车组 A 的总轴数；

M_a ——车组 A 在二部位的放头拦尾轴数；

V_{r2} ——车组 A 在二部位上的定速；

T_1 ——车组 A 后部从当前位置走行到分歧道岔警冲点所需时间；

V_a ——车组 A 的当前速度；

L_d ——计算获得的车组 A 后部从当前位置至分歧道岔警冲点的距离；

L_j ——车组的悬挂距离，取常量 $L_j=3\text{m}$ 。

需考虑车组 A 离开分歧道岔的警冲点前是否会遭遇二部位减速器制动的影响，则有：

$$T_1 = \begin{cases} \frac{L_d + L_j}{V_{r2}} & L_{a2} \geq L_d + L_2 \\ \frac{L_d + L_2 - L_{a2}}{V_a} + \frac{L_{a2} - L_2 + L_j}{V_{r2}} & L_{a2} < L_d + L_2, L_{a2} > L_2 \\ \frac{L_d + L_j}{V_a} & L_{a2} \leq L_2 \end{cases} \quad (4-26)$$

上述三种情况是：当前位置已经制动；当前位置尚未制动，但行至计算点会遇到制动；走至计算点不会遇到制动。

(2) 车组 B 行至警冲点的时间计算

计算车组 B 从一部位入口行至分歧道岔警冲点的时间需要分二段计算：按实测入速至定速的变速过程；按定速匀速走行至警冲点的过程，粗略估算其分界点为车组的一半到达减速器入口，设

T_2 ——车组 B 前部从进入一部位减速器行至分歧道岔警冲点的时间；

V_{e1} ——车组 B 一部位入口速度；

V_{r1} ——车组 B 按目的控制计算的一部位定速；

L_f ——计算获得的一部位减速器出口至分歧道岔警冲点的距离；

L_b ——车组 B 的长度；

L_{n1} ——一部位减速器长度；

则：

$T_2 = \text{变速时间} + \text{匀速时间}$

$$T_2 = \frac{L_{b1}}{V_{e1} + V_{r1}} + \frac{L_f + L_{n1} - \frac{L_{b1}}{2} - L_j}{V_{r1}} \quad (4-27)$$

(3) 侧冲判别

将式 (4-27) 的计算结果与式 (4-26) 的计算结果进行比较，如果 $T_2 \geq T_1$ ，不会发生侧冲，否则具有发生侧冲的嫌疑，应通过减速来达到不侧冲的目的。

(4) 减速计算

检查通不过时，通过减少车组 B 在一部位减速器上的定速达到不侧冲，设

V ——车组 B 考虑间隔控制的定速

按照 $T_1 = T_2$ 建立以下等式:

$$T_1 = \frac{L_b}{V_{e1} + V_{r1}} + \frac{L_f + L_{n1} - \frac{L_b}{2} - L_j}{V_{r1}} \quad (4-28)$$

整理为一元二次方程:

$aV^2 + bV + c = 0$, 其中:

$$\begin{cases} a = T_1 \\ b = T_1 \times V_{e1} - (L_f + L_{n1} + \frac{L_b}{2} - L_j) \\ c = -V_{e1} (L_f + L_{n2} - \frac{L_b}{2} - L_j) \end{cases}$$

求解后, 间隔定速值 V 的算式为:

$$V = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4-29)$$

求解获得 V 的值域为 $0 \leq V \leq V_{r1}$, 选择正确的解。

1.2.5.1.3 不追勾检查与降速计算

当两车组 (车组 A 与车组 B) 的进路不相同时, 从一部位减速器出口至分歧道岔之间每个区段均存在追勾的可能性, 当车组 A 的定速大于车组 B 的当前速度时, 其限制点在远端, 即分歧道岔; 当车组 A 的定速小于车组 B 的当前速度时, 其限制点在近端, 即二部位减速器外方的第一个道岔, 追勾检查在两者之间取最小值。

当两车组的下一级减速器相同时, 其追勾的限制点在二部位减速器, 只需要对二部位减速器进行追勾检算, 以及根据二部位减速器的间隔计算车组 A 减轴和减速。

(1) 车组 A 行至道岔出口的时间计算

该计算适用于 A、B 两车组进路不相同的情况, 首先应检查车组 A 离开道岔时是否已进入二部位减速器的制动状态, 设:

L_a ——车组 A 的长度;

N_a ——车组 A 的总轴数;

M_a ——车组 A 在二部位的放头拦尾轴数；

L_{a1} ——车组 A 在二部位的“放头”距离， $L_{a1}=L_a \times \frac{M_a}{N_a}$ ；

L_{a2} ——车组 A 在二部位的“拦尾”距离， $L_{a2}=L_a - L_{a1}$ ；

L_2 ——计算获得的从道岔出口至二部位减速器入口的距离；

V_{r2} ——车组 A 在二部位上的定速；

T_1 ——车组 A 后部从当前位置走行到道岔出口所需时间；

V_a ——车组 A 的当前速度；

L_d ——计算获得的车组 A 后部从当前位置至道岔出口的距离。

需考虑车组 A 离开道岔出口前不会是否会遭遇二部位减速器制动，则有：

$$T_1 = \begin{cases} \frac{L_d}{V_{r2}} & L_{a2} \geq L_d + L_2 \\ \frac{L_d + L_2 - L_{a2}}{V_a} + \frac{L_{a2} - L_2}{V_{r2}} & L_{a2} < L_d + L_2, L_{a2} > L_2 \\ \frac{L_d}{V_a} & L_{a2} \leq L_2 \end{cases} \quad (4-30)$$

上述三种情况是：当前位置已经制动；当前尚未制动，但行至计算点会遇到制动；走至计算点不会遇到制动。

(2) 车组 A 行至减速器出口的时间计算

该计算适合于 A、B 车组下级减速器相同的情况，直接计算车组 A 从当前位置至出清二部位减速器的时间，如果车组 A 尚未进入二部位制动状态，分为 2 段计算：车组从当前位置至二部位开始控制点，按当前速度计算；从开始制动直至出清减速器，按定速计算。

首先应检查车组 A 当前是否已进入二部位减速器的制动状态，设：

L_a ——车组 A 的长度；

N_a ——车组 A 的总轴数；

M_a ——车组 A 在二部位的放头拦尾轴数；

L_{a1} ——车组 A 在二部位的“放头”距离, $L_{a1}=L_a \times \frac{M_a}{N_a}$;

L_{a2} ——车组 A 在二部位的“拦尾”距离, $L_{a2}=L_a-L_{a1}$;

L_{a3} ——计算获得的车组 A 从当前位置至二部位减速器入口的距离;

V_{r3} ——车组 A 在二部位上的定速;

T_1 ——车组 A 后部从当前位置走行到二部位出口所需时间;

V_a ——车组 A 的当前速度;

L_d ——计算获得的车组 A 从当前后部位置至二部位减速器入口的距离;

L_{n2} ——二部位减速器长度。

假定车组未进入二部位减速器前按匀速运动, 进入二部位一旦开始制动, 车组速度立刻降至定速, 则有:

T_1 =进入减速器前走行时间+放头时间+减速后走行时间

$$= \frac{L_d}{V_a} + \frac{L_{a1}}{V_a} + \frac{L_{a2}+L_{n2}}{V_{r2}} \quad (4-31)$$

(3) 车组 B 行至道岔/减速器入口的时间计算

计算车组 B 从一部位减速器入口行至道岔入口或二部位减速器入口所需要花费的时间, 分二段计算: 按变速计算前半段走行时间; 按定速计算后半段走行时间。设

T_2 ——车组 B 前部从进入一部位减速器行至道岔或减速器入口的时间;

V_{e1} ——车组 B 一部位入口速度;

V_{r1} ——车组 B 按目的控制计算的一部位定速;

L_b ——车组 B 的长度;

L_f ——计算获得的一部位减速器出口至道岔或二部位减速器入口的距离;

L_{n1} ——一部位减速器长度;

L_s ——道岔区段车组间隔的富余量, 通常取 3 米。

则：

$$T_2 = \begin{cases} \frac{L_b}{V_{e1} + V_{r1}} + \frac{L_f + L_{n1} - \frac{L_b}{2} - L_s}{V_{r1}} & \text{道岔} \\ \frac{L_b}{V_{e1} + V_{r1}} + \frac{L_f + L_{n1} - \frac{L_b}{2}}{V_{r1}} & \text{减速器} \end{cases} \quad (4-32)$$

(4) 追勾判别

将式 (4-32) 的计算结果与式 (4-31) 或式 (4-30) 的计算结果进行比较，如果 $T_2 \geq T_1$ ，不会发生追勾，否则具有发生追勾的危险，应通过减轴直至减速来达到不追勾目的。

(5) 减速计算

减少车组 B 在一部位减速器上的出口速度计算，设

V ——车组 B 考虑间隔控制的开始控制轴数

建立如下减速计算时，按照 $T_1 = T_2$ 建立以下等式：

$$T_1 = \frac{L_b}{V_{e1} + V_{r1}} + \frac{L_f + L_{n1} - \frac{L_b}{2}}{V_{r1}} \quad (4-33)$$

整理为一元二次方程：

整理为一元二次方程： $aV^2 + bV + c = 0$ ，其中：

$$a = T_1$$

$$b = \begin{cases} T_1 \times V_{e1} - (L_f + L_{n1} + \frac{L_b}{2} - L_s) & \text{道岔} \\ T_1 \times V_{e1} - (L_f + L_{n2} + \frac{L_b}{2}) & \text{减速器} \end{cases}$$

$$c = \begin{cases} -V_{e1} (L_f + L_{n1} + \frac{L_b}{2} - L_s) & \text{道岔} \\ -V_{e1} (L_f + L_{n1} + \frac{L_b}{2}) & \text{减速器} \end{cases}$$

求解后，间隔定速值 V 的算式为：

$$V = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (4-34)$$

求解获得 V 的值域为 $0 \leq V \leq V_{r1}$ ，选择正确的解。

(6) 逻辑运算

如果车组 A、B 下级减速器不同，既要进行侧冲检算/减速运算，又要进行追勾检算减速运算，两者取其低。如果车组 A、B 下级减速器相同，则只有追勾检算而不要侧冲检算。

根据当年的经验，一部位的最低定速值应不小于 18km/h，当根据间隔运算获得的车组在一部位的计算定速 $V < 18\text{km/h}$ ，取 $V = 18\text{km/h}$ ，不及之处由进路控制的途停逻辑/防侧冲逻辑锁闭在相同方向配合防护。

当一部位和二部位之间存在道岔/减速器途停等异常情况，直接将二部位的定速给定为最低值 18km/h，不再进行间隔检算/减速计算。

(7) 参数获取

减速器、道岔等距离的计算参数从线路字典中获取。

车组 A 的当前速度、前部/后部位置、车组长度、二部位目的定速、开始控制轴数等根据车组 A 的进路 ID 从进路表中获取。

车组 B 的目的定速、目的轴数、车组长度等根据车组 B 的进路 ID 从进路表中获取。

车组 A 的入口速度来自减速器控制模块的报告。

1.2.5.2 朝后看

朝后看是通过计算检查进入减速器的车组按目的定速的值从一部位减速器出口时，后续是否有另一车组进入同一组减速器，即保障其不同时占用同一台减速器，不满足则改变定速，即“不追勾”原理。

1.2.5.2.1 目标车组的确定

首先应确定本车组进路后方的另一车组 ID，方法是从减速器，沿着进路的反方向（正常车组看进路设备表，错道向峰顶方向搜索）检查从一分路到一部位减速器之间设备上是否存在其他车组，如果没有目标车组，或车组尚未进入一分路，没有间隔问题，无须再进行间隔计算。只要能找到了车组，其车组 ID 即为后方目标车组，根据进路 ID 可从基本进路表中获取该车组当前速度、前/后部位

置等各种信息。

此外，还要根据后方目标车组的进路，确定后方车组与当前车组是否是相同的一部位减速器，否则没有间隔问题，是则要进行以下逻辑处理。为叙述方便，定义进入减速器的当前车组为车组 B，后方目标车组为车组 C。

1.2.5.2.2 逻辑处理

只要车组 C 存在，说明当下车组 B 进入一部位减速器，有另一个车组 C 至少已占用一分路，间隔已比较小，应选择一部位减速器不再制动，即放过车组 B，方法是将定速从目的定速值提高 2km/h，一般车组的实际溜放速度够不上，故不会制动。

因此，对一部位而言，朝后看不必采用数学运算检查其间隔和计算提速值。同理，“朝前看”有减速则不再“朝后看”，只有“朝前看”未采取减速措施时才走“朝后看”的逻辑。

1.2.6 三部位目的调速算法

1.2.6.1 车组未出减速器动态超速连挂

1.2.6.1.1 控制目标

当前一车组离开减速器后不久，后面有车组进入减速器，因后车组放头拦尾，可能还没有通过制动降至定速值就与前方正在走行中的车组高速连挂，就需要采取减少、甚至取消放头拦尾开始控制轴数，避免进入三部位减速器的车组在出减速器前与前方车高速连挂，保障安全。

1.2.6.1.2 参数

不考虑间隔的情况下，就已经根据目的打靶的需要计算获得了进入减速器车组的定速 V_r 和开始控制轴数 n ，设

L ——前车组的当前距离；

V ——前车组当前速度；

V_e ——进入减速器车组的入口速度；

V_r ——进入减速器车组的定速；

L_r ——减速器区段长度；

L_b ——进入减速器车组的长度；

N ——进入减速器车组的总轴数；

n ——根据目的计算获得的进入减速器车组的开始控制轴数；

m ——根据间隔计算获得的进入减速器车组的开始控制轴数。

1.2.6.1.3 验算

首先应验算按目的打靶计算得到的 V_r 和 n 是否满足间隔要求，是则维持不变，否则计算减轴。验证所建立的算式为：

$$L_b = L + V \times t + L_r \quad (4-35)$$

等式左边为后车组到达定速时走行距离，假设车组全部进入减速器入口时才能达到定速，一般情况应在此之前达到定速，因此留有安全量；等式右边为前车组在后车组制动到位时需要腾出的空间，其中 t 为后车组制动到位所需要的时间，且前车组在 t 时间内按匀速运动估算。

若按照标准放头拦尾，且按全程制动达到定速计算，设

l_1 ——后车组放头距离；

t_1 ——后车组放头时间；

l_2 ——后车组制动距离；

t_2 ——后车组制动时间。

则：

$$l_1 = \frac{n}{N} \times L_b \quad (4-36)$$

$$t_1 = \frac{l_1}{V_e} = \frac{nL_b}{NV_e} \quad (4-37)$$

$$l_2 = \frac{N-n}{N} \times L_b \quad (4-38)$$

$$t_2 = \frac{2l_2}{V_e + V_r} = \frac{2(N-n)L_b}{N(V_e + V_r)} \quad (4-39)$$

$$t = t_1 + t_2 = \frac{nL_b}{NV_e} + \frac{2(N-n)L_b}{N(V_e + V_r)} \quad (4-40)$$

将已知参数代入式（4-40）计算获得 t ，然后代入式（4-35）右边计算进入减速器的车组达到定速前调车线内走行的车组所腾出的空间，如果大于等式左边的车组长度 L_b ，没有间隔问题，否则要根据间隔计算新的开始控制轴数 m 。

1.2.6.1.4 开始控制轴数计算

假设改变开始控制轴数，并不改变制动距离 l_2 ，即 l_2 为常数，且从式（4-38）运算获得，则建立新的平衡算式：

$$l_1 + l_2 = L + V \times t + L_r \quad (4-41)$$

$$l_1 = \frac{m}{N} \times L_b \quad (4-42)$$

$$t = t_1 + t_2 = \frac{mL_b}{NV_e} + \frac{2l_2}{N(V_e + V_r)} \quad (4-43)$$

将式（4-42）、（4-43）代入式（4-41）后直接运算求解 m ：

$$m = \frac{N}{L_b} \left[\frac{V_e}{V_e - V} \times (L + L_r - l_2) + \frac{2V_e \times V}{(V_e + V_r)(V_e - V)} \times l_2 \right] \quad (4-44)$$

当 $m > n$ ，取 $m = n$ ；

当 $m < n$ ，取 $m = 0$ 。

1.2.6.1.5 分析

防止未达到定速追其正在走行的车组只能通过改变放头拦尾解决，降低定速几乎不可行，因为定速越低，所需要的制动时间越长，仍不能避免尚未降速到位即连挂的问题。

上述模型中前车组按当前速度匀速前进估算也许与实际情况有出入，但是 l_2 按全程制动计算也留出了较大的富裕量。

1.2.6.2 车组出减速器后动态超速连挂

1.2.6.2.1 控制目标

车组离开减速器后可能与调车线内正在走行的车组发生途挂，应避免相对连挂速度超速。该情况发生只会在前慢后快、且达到一定速度差时才会发生，其计算时机也是在车组进入减速器时评估前面走行的车组。

1.2.6.2.2 计算

通过车辆走行距离获取前车组的当前距离：

- 当该距离在打靶区以内时，后车组的最大允许出口速度限定为：

$$V_{\max} = \text{前车组的实际出口速度} + 5 \text{ 公里/小时；}$$

- 当该距离在打靶区以内以外，在打靶区长度+60 米以内时，后车组的最大允许出口速度限定为：

$$V_{\max} = \text{前车组的实际出口速度} + 7 \text{ 公里/小时}$$

- 当该距离在打靶区长度+60 米开外时，后车组的最大允许出口速度没有特别的限制。

因为前车组距离取走行长度，当走行距离大于停留长度时有快速鉴停机制，原计算时与动长的比较取其最短的比较逻辑可以取消。