

文章编号：1005-8451(2007)10-0018-03

基于自动驾驶的动力制动使用研究

廖 勇

(西南交通大学 交通运输学院, 成都 610031)

摘要：在分析列车各种工况特性和工况转换间的约束条件后，设计列车在下坡道上自动工况优选策略，实现列车以坡段限速动力制动匀速出坡。

关键词：列车牵引计算；动力制动；均衡速度；研究

中图分类号：U260.13 文献标识码：A

Research about power brake based on automatic train operation

LIAO Yong

(College of Traffic and Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

Abstract: After characteristic analysis of train different work status and constraint conditions of switching of work status, it was designed automatic selection of optimal strategy that made train run at the speed of constraint speed.

Key words: train traction calculation; power brake; balanced speed; research

在列车牵引计算中，机车的工况有5种形式：牵引、惰行、动力制动、空气制动和空电联合制动。惰行、动力制动、空气制动、空电联合制动工况都能降低列车速度。惰行工况通常作为牵引工况与制动工况转换的过渡。空电联合制动的技术要求较高，并且由于其制动力过大容易造成“抱轮”事故，实际应用中较少采用。在调速过程中，起主导作用的是动力制动和空气制动。《列车牵引计算规程》规定，动力制动仅作为列车运行时调整速度使用。在计算最大制动距离，验算列车在下坡道运行的最高允许速度或计算列车进站停车时，不应将动力制动计算在内。本文重点研究在牵引计算系统的自动计算过程中，列车如何优选动力制动工况的问题。

1 工况转换的原则

1.1 满足工况转换时间原则

在任何工况进行转化时都必须要满足一定的工况转换时间。工况转换时间包括司机的反应时间和司机转换手柄到实际列车发生作用所需时间，后者主要是列车传动装置发生作用需要的时间。在工况转换时间内列车只受到基本阻力和各种附加阻力的作用，列车实际在惰行工况下运行。

收稿日期：2007-02-09

作者简介：廖 勇，在读硕士研究生。

1.2 满足空气制动的充风时间原则

长大下坡道上施行空气制动的周期制动时，每次再制动前，全列车车辆副风缸的空气压强都必须恢复到规定值，这个过程所需要的时间，称为充风时间(t_c)。同时列车施行制动时还有一个制动空走时间(t_k)，将空走时间和充风时间之和定义为相临两次空气制动间惰行需要时间(t_{xy})。为了满足制动力的要求，列车缓解后速度上升到该坡道限制速度时所经过的增速时间(t_2)应大于 t_{xy} 。

1.3 列车高速运行原则

牵引计算的结果是反应区间通过能力的重要因素，列车高速运行对挖掘区间通过能力具有指导意义。在我国现阶段铁路能力严重短缺的情况下，显得尤为突出。

1.4 减少工况转换次数原则

工况频繁转换不利于列车操纵，计算结果与实际情况不符，实际意义不大。因此，应尽量避开工况频繁转换。当列车采用空电联合制动的机车牵引时，空气制动与动力制动之间工况转换可勿需工况转换时间。当空气制动转动力制动时，在列车还没有缓解空气制动时预先施加动力制动，待工况转换时间满足后再缓解空气制动。反之，动力制动转空气制动时，先施行空气制动待工况转换时间满足后再缓解动力制动。这样空气制动与动力制动之间的衔接消除了列车的惰行过程。减少了工况转换次数，利于司机的操纵驾驶。

2 概念定义

工况选取策略指的是在充分处理好列车的运行速度、运行工况、均衡速度和限速的关系后，在满足工况转换原则的前提下，对列车工况做出合理的选择。在讨论工况选取策略前首先定义与本文研究相关的概念。

2.1 惰行需要时间

列车的空走过程和在工况转换时间里运行的过程都是惰行过程。列车在坡段上空走过程中运行的时间叫空走时间。空走时间和工况转换时间之和定义为惰行需要时间。

2.2 坡段限速

坡段限速（又叫限制速度、限速或列车限速）是列车在某一坡段上允许运行的最高速度。坡段限速度应取紧急制动限速、常用制动限速、曲线限速、机车车辆限速和线路限速等与行车安全相关的所有限制速度的最小者。

2.3 惰行控制速度

由工况的转换原则可知，工况转换间必须满足惰行需要时间。若在坡度较大的下坡段上，列车的惰行使列车速度增加，为了使列车速度上升到限速的时间满足惰行需要时间的要求，根据限制速度和惰行需要时间反算出列车惰行前的最高运行速度。将该速度定义为惰行控制速度。若在该坡段上列车采用惰行工况，速度不会上升，那么在该坡段列车的惰行控制速度等于其坡段限速。

2.4 缓解控制速度

在长大下坡道上需采用空气制动进行周期制动，根据两次空气制动间的需要惰行时间反算出前次制动的最高允许运行速度。将其定义为缓解控制速度。同惰行控制速度，当列车在该坡段上惰行速度不会上升时，其缓解控制速度等于其坡段限速。

3 列车最大出坡速度

在牵引计算中工况转换需要满足一定的工况转换时间，为了保证行车安全列车的运行速度又不能超过坡段限速，再加上列车出坡工况不确定等因素，限制了列车的出坡速度。列车的最大出坡速度需要根据相临下一坡段限制速度、惰行均衡速度、缓解控制速度，结合列车的出坡工况、惰行前工况、出坡速度和相应的惰行时间来动态确定。

(1) 列车的出坡工况为牵引，其出坡速度不能大于下一坡段的惰行控制速度。可以保证牵引与空气制动之间的惰行时间满足惰行需要时间。

(2) 列车的出坡工况为空气制动，其出坡速度不能大于下一坡段的限速。列车制动出坡，只要列车的出坡速度小于限速，随时可以继续采用空气制动调整速度。

(3) 列车的出坡工况为动力制动、下一坡段的动力制动均衡速度大于其坡段限速，列车的出坡速度不能大于下一坡段的惰行控制速度。两次动力制动间的惰行时间才能满足惰行需要时间。

(4) 列车的出坡工况为动力制动、下一坡段的动力制动均衡速度小于其坡段限速，列车的出坡速度不能大于下一坡段惰行控制速度。列车的速度在动力制动均衡速度与限速之间时，即使采用全部的动力制动力也不能降低列车的运行速度，这时只能采用空气制动降低列车的速度。

(5) 列车的出坡工况是惰行、惰行前为牵引（或动力制动）、惰行时间大于惰行需要时间，其出坡速度不能大于下一坡段的限速。出坡惰行时间已经满足惰行需要时间，当列车进入下一个坡段时可以随时采用制动工况调整列车速度。

(6) 列车的出坡工况是惰行、惰行前为牵引（或动力制动）、惰行时间小于惰行需要时间，其出坡速度不能大于下一坡段的惰行控制速度。若出坡限速大于惰行控制速度，可能会造成列车惰行到限制速度时，其惰行时间不能满足惰行需要时间。

(7) 列车的出坡工况是惰行、惰行前为空气制动、惰行时间大于相临两次空气制动间的需要时间，其出坡速度不能大于下一坡段的限速。由于惰行时间已经满足两次制动的充分时间，列车可随时采用空气制动调整列车速度。

(8) 列车的出坡工况是惰行、惰行前为空气制动、惰行时间小于相临两次空气制动间的需要时间，其出坡速度不能大于下一坡段的缓解控制速度。若出坡速度大于缓解控制速度，可能会造成列车惰行到限速时的惰行时间不能满足两次制动间的需要惰行时间。

4 动力制动的使用

列车动力制动的使用与列车的限速相关，当列车的动力制动均衡速度大于该坡段上列车限速度

时, 如图1中列车运行在*i*₁的坡段上, 列车的均衡速度v₃大于列车的限速v_限, 此时只要列车速度在(v₁, v_限)之间, 列车的单位合力总是小于零的。如果施加全部的动力制动力列车的速度将降低。若在该坡段上不需要降低速度, 只是为了保障列车的速度不超过限速, 只须采用部分的动力制动便可以使得列车在该坡段上以限制速度匀速运行。在该类坡段上最适合使用动力制动调速。

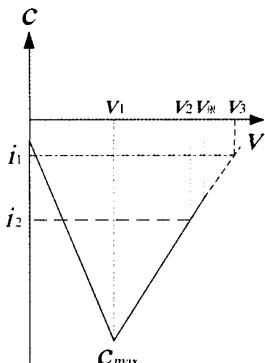


图1 动力制动单位合力

工况选择过程应为:

(1) 进坡工况为牵引则让列车牵引到惰行控制速度立即转惰行, 当列车惰行到限速后转动力制动(采用部分的动力制动力)匀速出坡。

(2) 进坡工况是惰行、进坡速度大于惰行控制速度, 则惰行到限速后动力制动匀速出坡。

(3) 进坡工况是惰行、进坡速度小于惰行控制速度、惰行时间大于惰行需要时间, 则牵引到惰行控制速度转惰行, 到限速后动力制动匀速出坡。

(4) 进坡工况是惰行、进坡速度小于惰行控制速度、惰行时间小于惰行需要时间, 则先惰行到惰行时间足够后转牵引到惰行控制速度, 惰行到限速再转动力制动匀速出坡。

(5) 进坡工况为空气制动、进坡速度大于惰行控制速度, 制动到惰行控制速度后惰行到限速, 最后动力制动匀速出坡。

(6) 进坡工况为空气制动、进坡速度小于惰行控制速度, 先惰行到惰行需要时间, 然后牵引到惰行控速度再惰行到限速, 最后动力制动匀速出坡。

(7) 进坡工况为动力制动、先惰行到惰行需要时间, 然后牵引到惰行控速度再惰行到限速, 最后动力制动匀速出坡。

5 模拟

将图2的工况选择流程, 通过计算语言反应在计算机中, 模拟后的牵引计算速度时分曲线如图2所示。图中实线代表列车牵引工况, 虚线代表惰行工况, 带圈的线代表动力制动工况, 最上面的虚线代表列车坡段的限速曲线, 点划线代表空气制动工况, 列车停车时曲线比较短, 没能画出点划线来。

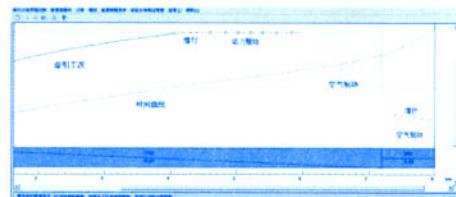


图2 动力制动使用计算机模拟

图2以SS1单机牵引4 000 t货物滚动轴承重车50辆, 列车换算制动力0.3的列车运行在4‰的下坡道上为基础数据模拟的速度时间曲线。在4‰的下坡段上求得该简化编组列车的限速为87 km/h。根据空走时间和缓解充风时间反算出其缓解控制速度为82.2 km/h。根据空走时间和工况转换时间算出其惰行控制速度为86.2 km/h。列车的动力制动均衡速度为93.7 km/h, 大于其限制速度87 km/h。以列车在坡段上起车为前提, 则列车先牵引到惰行控制速度86.2 km/h, 然后转惰行工况, 惰行到限速87 km/h, 再动力制动以87 km/h匀速运行, 为了满足进站停车的要求, 列车运行到大约公里标5.8 km/h时转空气制动, 最后采用两次制动进站停车。

6 结束语

通过实际模拟结果, 本文研究的动力制动方法能很好地满足工况转换时间和列车高速运行的要求。模拟成功也证明了该动力制动使用策略的可行性。

参考文献:

- [1] 孙中央. 列车牵引计算实用教程[M]. (第2版) 北京: 中国铁道出版社, 2005.
- [2] 饶忠. 列车牵引计算[M]. (第2版) 北京: 中国铁道出版社, 1999.
- [3] 中华人民共和国铁道部. 列车牵引计算规程[R]. 北京: 中国铁道出版社, 1999.