

商用车电控柴油机调速特性与车辆动力性改善研究

电控柴油机调速特性是一种控制策略，在发动机转速区域内采用的特定算法对发动机工作状态进行控制。常规的调速特性是常规输入电子节气门开度，开度值反应了驾驶人的需求，再根据软件内部算法不同区分为ABT（两极调速特性）和ABS（全程调速特性）模式，分别实现对发动机的扭矩输出的响应或对发动机转速需求的响应。在综合上述两种调速特性的基础上，又可产生出混合调速特性。本文结合车辆道路试验对调速特性进行优化，得到在综合油耗不增加甚至有所降低的基础上，提高车辆的动力性。

调速特性原理

康明斯电控柴油机节气门变化可以实现转速控制、扭矩控制以及混合控制三种不同的调速方式：全程调速特性ABS、两极调速特性ABT、混合调速特性。

全程调速特性以发动机转速为控制目标，两极调速特性以发动机喷油量（转矩）为控制目标，混合调速特性是两者兼顾，都有相同的控制源——节气门踏板。

ABS把节气门踏板开度值标定对应于发动机转速，在发动机的调整控制区域内控制发动机的转速。

此控制模式具有一定的Droop（斜率）和同步转速控制，这样ABS全程调速特性工作的需求交互、接口、初始化及性能要求才能确定。ABS不需要对控制需求特别明确。简而言之，节气门开度对应于发动机的转速，ABS调速特性适用于要求发动机转速稳定的设备中，常应用于非道路设备。

ABT是一种基于控制油门踏板位置开度对标定发动机输出扭矩的一种发动机控制策略。根据节气门位置开度对应发动机的负载标，调速发动机转速使其稳定在低怠速和最大负载转速之间，此时发动机的转速与负载状况相关。表现为发动机转速随着发动机负载的增加而降低。ABT模式下要增加发动机转速，应增加转矩需求即增加开度。简而言之，节气门踏板开度对应着需求的转矩。ABT调速模式工作状态因发动机转速变化较平滑，故在低载和道路负载的设备中较优异，常应用于道路车辆。

混合调速特性是综合ABT和ABS的一种模式，具有较优异的动力性。ABT模式是由发动机转速控制使负载变化平稳为目标；而ABS模式由发动机转矩变化控制使发动机转速稳定为目标；故ABT相对ABS来说，优点是驾驶操作平滑，但转矩响应动力性差。试



验证明，优化混合调速特性标定设值，可以在良好的驾驶特性基础上，综合油耗不增加或略有优化的基础上对动力性有较大改善。

调速特性研究

本次研究对象是康明斯9L电控柴油机，发动机输出功率为290~375马力（1马力≈0.735kW）。

ABT的调速特性如图1所示。标定图表分析如下：在0%节气门的标定转矩为负值，其目的是松节气门时让发动机快速回怠速表现是发动机转速下降得快。如果车辆在上坡时换挡，驾驶人会感觉发动机转速下降较快，动力感觉不充沛。如果再出现换挡失误重新起步，发动机在低速最大负荷区域加速时间可能会长甚至发生熄火，驾驶人感觉动力不足。

在100%节气门时，标定转矩值远远大于外特性，其目的是加节气门时发动机快速响应。

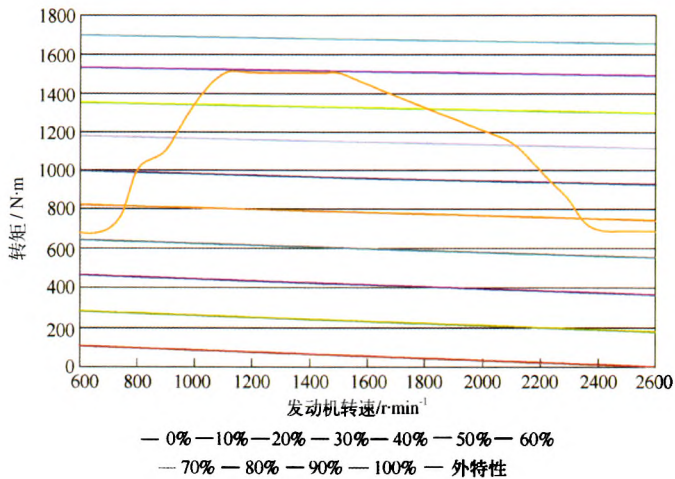


图1 ABT调速特性

ABS的调速特性如图2所示。标定图表分析如下：在0%节气门开度时储备转矩大，使发动机起动带载能力强，当发动机载荷变化大时，发动机转速稳定。在100%节气门的高怠速区域仍具有较强的的高负荷变化能力。

全程调速特性应用于非道路车辆时，发动机转速稳定性高，抗负载变化能力强。但是燃油消耗率偏高。如果应用于道路行驶车辆，则在高速行驶中有利于驾驶人换挡，但舒适性不佳，车辆行驶路面稍差，发动机加减速时，车辆有可感知的颤抖。

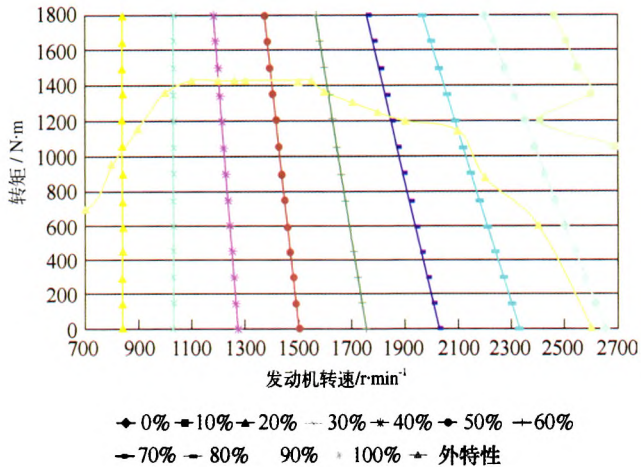


图2 ABS调速特性

混合型1调速特性（定斜率型）的调速特性如图3所示。标定图表分析如下：此种调速特性是以ABT为基础兼顾两种两极调速特性和全程调速特性的优点综合的一种调速特性模式，目的是改善动力性，兼顾油耗和舒适性调整的一种模式，具有较好的线性，便于参数发放和集成。

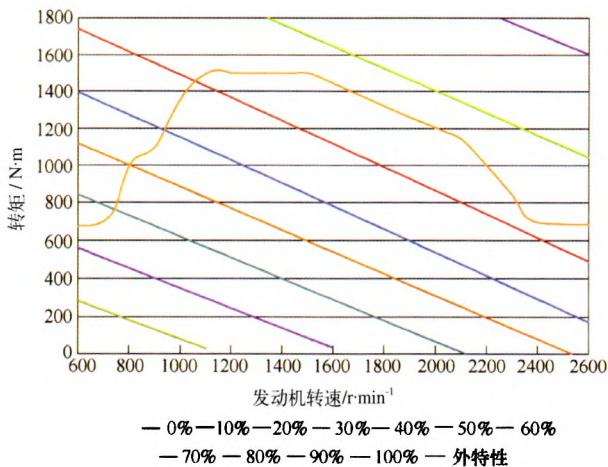


图3 混合型1调速特性

混合型2调速特性（变斜率型）的调速特性如图4所示。此种调速特性也是以ABT为基础兼顾两种两极调速特性和全程调速特性的优点综合的一种调速特性模式，目的也是改善动力性，兼顾燃油消耗率和舒适性调整的一种模式，但不具备有较好的线性。

混合型2调速特性相对混合型1调速特性的优点是实现工况区域细分。在动力性需求较大时，即对发动机常规转矩需求值大的低转速区域提高其抗变化性，发动机高转速区域平滑提高舒适性和降低燃油消耗

的制造和应用
商用车零部件

率。经试验证明，在综合油耗变化较小的前提下实现了对动力性较好的改善。

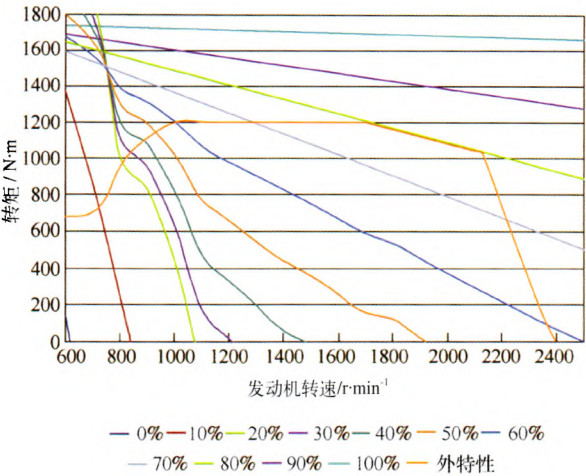


图4 混合型2调速特性

车辆试验研究

1.试验车辆信息

试验车辆信息见表1。

表1 试验车辆信息

发动机	变速器	转向胎	驱动	后桥
康明斯9L 电控柴油 机	法士特9挡变速器， 速比 12.11/8.08/5.96/4.42/3. 36/2.41/1.77/1.32/1.00		东风 11.00/R20	东风德纳 桥速比 4.44

2.车辆试验方法

(1) 控制条件 车辆、驾驶人、路线、驾驶操作均一致，标载，小于三级风的晴天，环境温度10℃～16℃。

(2) 数据来源 发动机开发使用的软件记录数据，实车实时监测操作状况，确保数据准确性。

(3) 调整坡道 同物理位置，同挡位，同车速入坡，满油门控制，换挡条件操作方式相同。

(4) 动力分析 以车辆挡位状态，换挡状况，发动机转速变化，综合时长，燃油消耗等数据进行分析对比。

(5) 油耗分析 坡度油耗，记录路段油耗和里程；综合油耗，统计全天油耗数据和里程。

(6) 测试路段 山区高速坡道关注点坡度约3.5%，国道坡道关注点坡度约6.5%。

3. 试验数据分析

(1) 高速坡道换挡状况分析 在相同坡路和同一驾驶人的条件下，最高挡入坡，发动机转速1200r/min时减挡，1800r/min时加挡，监测车速及速比（挡位），满油门上坡。分别试验ABT、ABS、混合型1和混合型2调速特性。ABT调速特性的换挡状况如图5所示。ABS调速特性的换挡状况如图6所示。混合型1调速特性的换挡状况如图7所示。混合型2调速特性的换挡状况如图8所示。根据图5 a 图8，分析如下：

1) 从挡位上看混合型2调速特性（ABT2），在入线车速最低的状态下使用7挡即完成上坡，动力性好。

2) 从低挡（6挡）在挡时长分析，全程调速特性（ABS）模式因其斜率较大相对较优，混合型1调速特性（ABT1）相对两极调速特性（ABT）有较大优势。

3) 综合分析结论是调速特性对动力性有影响，混合型调速特性具有改善车辆动力性的功能。

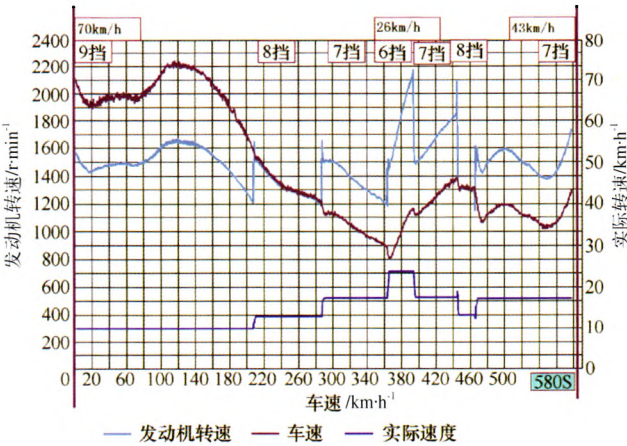


图5 ABT调速特性的换挡状况

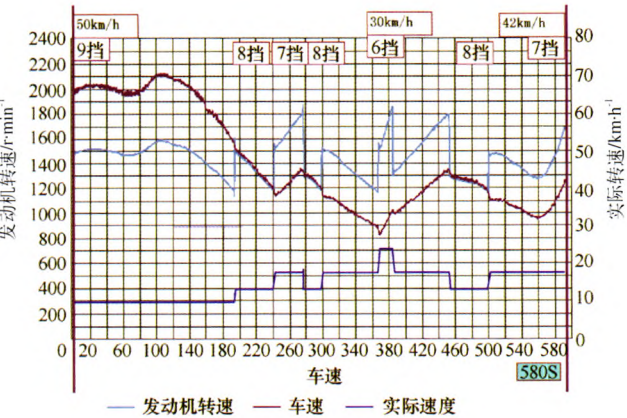


图6 ABS调速特性的换挡状况

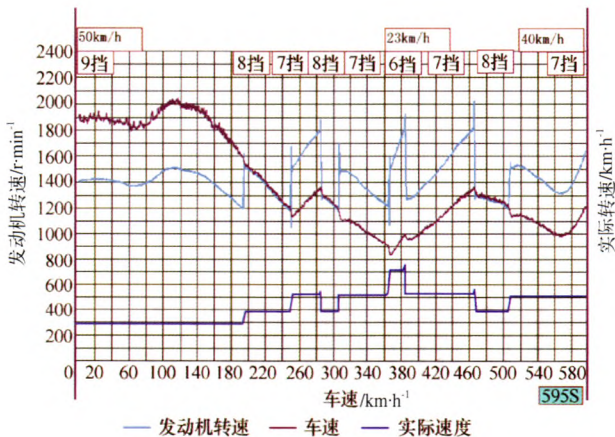


图7 混合型调速特性的换挡状况

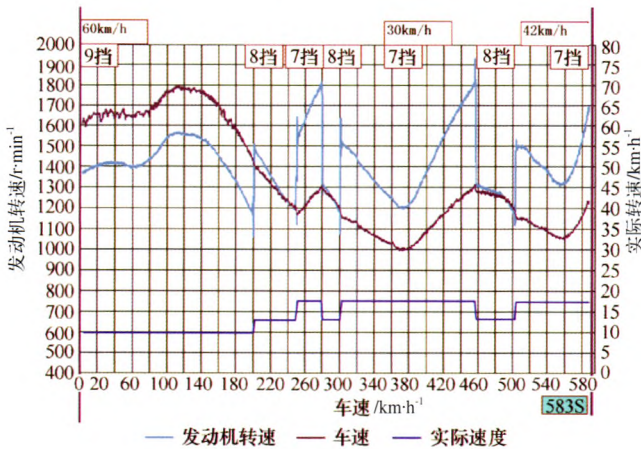


图8 混合型2调速特性的换挡状况

(2) 国道坡道换挡状况分析 在相同坡路和同一驾驶人的条件下，入线车速50km/h，加减挡由驾驶人根据使用经验决定，整个试验在连续四天内完成。分别试验ABT、ABS、混合型1和混合型2调速特性。试验结果见表2。

表2 国道坡道换挡试验结果

调速特性	试验次数	入线车速 /km·h ⁻¹	入线挡位 /NONE	出线车速 /km·h ⁻¹	出线挡位 /NONE	试验长度 /m	试验时长 /s	平均车速 /m·s ⁻¹
两极ABT	1	50	8	30	6	1336	200	6.68
	2	50	8	30	6	1328	189	7.03
全称ABS	1	50	8	27	6	1289	185	6.97
	2	50	8	30	7	1326	192	6.91
混合1ABT	1	50	9	30	7	1524	221	6.90
	2	50	9	28	7	1500	210	7.14
混合2ABT	1	50	8	28	7	1539	220	7.00
	2	50	8	30	7	1601	188	8.52

国道试验条件复杂，换挡次数较多。本次评价是根据当前数据和工况的综合性进行的。

1) 低挡位状况分析：评价因素是低挡位次数和低挡位总时长，综合越少越好，分析结论是混合型2调速特性优于全程调速特性ABS；全程调速特性ABS优于混合型1调速特性；混合型1调速特性优于两极调速特性ABT。

2) 高挡位状况分析：挡位越高，占时越长，综合性越大越好，分析结论是混合型2调速特性优于全程调速特性ABS；全程调速特性ABS优于混合型1调速特性；混合型1调速特性优于两极调速特性ABT。

3) 是混合型调速特性动力性有较好改善，有利于国道坡路的行车换挡，混合型2调速特性综合性更好。

(3) 车辆综合性油耗分析 在相同路段和同一驾驶人的条件下，试验车辆分别在平原高速、山区高速及综合路况下进行燃油消耗率试验，每种试验在连续4天内完成。分别试验ABT、ABS、混合型1和混合型2调速特性。试验结果如图9所示。由此可见，混合型调速特性综合燃油消耗率较有优势。

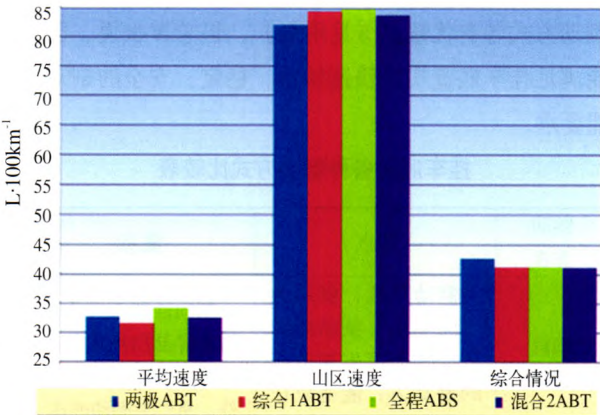


图9 车辆综合性油耗试验结果

结语

通过以上的分析可以看出：混合型调速特性可以改善车辆动力性；混合型调速特性的综合燃油消耗率较有优势；全程调速特性在公路运输车辆中不是动力性最强的。

关键词：

电控柴油机 调速 动力性

(收稿日期20130715)