

列车无线重联协同控制系统技术规范
(征求意见稿)
编制说明

标准起草组

2025年6月

目 录

一、 任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人	1
二、 制定标准的必要性和意义	2
三、 主要工作过程	4
四、 制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系	6
五、 主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述	7
六、 重大意见分歧的处理依据和结果	9
七、 采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况	9
八、 贯彻标准的措施建议	10
九、 其他应说明的事项	10

一、任务来源，起草单位，协作单位，主要起草人

1.1 任务来源

根据中国交通运输协会发布的“2023年度中国交通运输协会团体标准项目立项的公告”（中交协秘字〔2023〕3号）要求，起草本技术规范。

1.2 起草单位

本技术规范由中南大学联合多家单位作为起草单位，联合中国国能神华集团、中车株洲电力机车有限公司、北京全路通信信号研究设计院有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司、大秦铁路股份有限公司科学技术研究所、长沙南睿轨道交通电气设备有限公司等参编来进行本规程的编制工作。

1.3 主要起草人

本技术规范编制主要起草人：李蔚、王松旭、陈春阳、樊运新、王兴中、张萍、于晓泉、宋宗莹、李辉、王飞宽、左自辉、阮一凡、韩锬、王建华、郭尽朝、于永生、邢毅、吕浩炯、贺佳、姚文华、易海旺、陈哲、黄苏苏、王凯、侯卓璞、黎婷、何宇强。

主要任务及分工如下：

序号	姓名	单位	职务	承担工作
1	李蔚	中南大学	教授	编制总负责人
2	陈春阳	中南大学	教授	技术指导
3	王松旭	中南大学	博士研究生	无线通信编制
4	樊运新	中车株洲电力机车有限公司	正高工	列车编组编制
5	王兴中	中国国能神华集团	正高工	列车重联编制
6	张萍	中国铁道科学研究院有限公司	研究员	列车安全防护编制
7	于晓泉	中南大学、北京全路通信信号研究设计院有限公司	博士研究生/正高工	列车重联编制

8	宋宗莹	中国国能神华集团	副研究员	列车协同编组
9	李辉	中国铁道科学研究院有限公司	研究员	列车无线通信编制
10	王飞宽	中国国能神华集团	正高工	列车无线重联编制
11	左自辉	中国铁道科学研究院有限公司	研究员	列车无线通信编制
12	阮一凡	中国铁道科学研究院有限公司	副研究员	列车无线通信编制
13	韩锬	中南大学	副教授	列车协同控制编制
14	王建华	中国国能神华集团	正高工	列车无线重联试验检验编制
15	郭尽朝	中国国能神华集团	正高工	列车重联协同编制
16	于永生	大秦铁路股份有限公司(科学技术研究所)	正高工	列车协同重联编制
17	邢毅	中南大学、北京全路通信信号研究设计院有限公司	博士研究生/正高工	列车协同控制编制
18	吕浩炯	中车株洲电力机车研究所有限有限公司	正高工	列车信号控制编制
19	贺佳	中国国能神华集团	工程师	列车无线重联试验检验编制
20	姚文华	中南大学	博士研究生	列车编制模式编制
21	易海旺	中国铁道科学研究院有限公司	正高工	列车重联协同编制
22	陈哲	中车株洲电力机车有限公司	正高工	列车重联协同编制
23	黄苏苏	中国铁道科学研究院有限公司	助理研究员	列车重联协同编制
24	王凯	长沙南睿轨道交通电气设备有限公司	工程师	列车协同控制编制
25	侯卓璞	中国铁道科学研究院有限公司	研究员	列车无线通信编制
26	黎婷	长沙南睿轨道交通电气设备有限公司	助理工程师	列车协同控制编制
27	何宇强	中国国能神华集团	高级工程师	列车试验检验编制

二、制定标准的必要性和意义

2.1 编制意义

通过调研发现，不同类型的列车重联协同困难，同时还存在异构列车重联协同

运行安全性等等问题，无法保证列车重联联控制的协同控制、协同防护、协同驾驶等性能。从国内相关标准调研来看，列车重联联控制规定不全且不够详细及体系化。在列车牵引运行中，由于列车重联系协同控制无详细的结构参数与技术参数标准，造成牵引运行过程中列车的纵向作用力较大，引起列车纵向动力学性能劣化，甚至变异，使得列车运行中存在较大的安全隐患，同时加大了运营维养成本。因此有必要制定列车无线重联协同控制的技术标准。

2.2 编制的必要性

本标准立足于干线铁路列车、城际铁路列车、地铁列车互联互通技术体系，并适合机车与动车组、货运列车虚拟重联技术规范，创立无线通信网络以及不同制式通信网络的多网融合技术构架，基于TCN的列车级、车辆级、驱动级构建新型的满足未来云平台的列车无线管理与控制级、列车级、车辆级、驱动级，形成列车-线路-环境下一体化的列车内部智能设备协同联动、列车与地面设备协同互动、列车间追踪协同运动、列车与运行环境协同智动的实时控制技术体系，实现协同决策、协同控制、协同运行的目的，从系统构架上形成保障泛域互联互通列车运行的安全。基于未来的列车智能控制及信息化要求，建立新型的实时通信网络层次架构。同时，本标准的制订，规范了列车间无线重联、依据编队列车重联系统的设计、制造和应用，具体包括列车无线重联协同控制系统的架构、设计、施工、验收、维护保养与检测，保障列车无线重联协同控制系统的一致性与兼容性，特制定本技术规范。本规范适用于重载组合列车、普速货运列车、推挽货运列车之间的无线重联协同牵引运行，其他领域包括高速列车、城际列车等之间的无线重联控制可参照使用。从国内相关标准调研来看，列车无线重联协同控制系统规定尚不够详细；有必要制定列车无线重联协同控制系统技术标准，以便规范行业及市场应用，保证列车重联运行的工程应用。

综上，根据未来乃至 2035年中长期轨道交通发展主线，将围绕“方便快捷、安全可靠、温馨舒适、节能环保、经济高效”和“运营区域联通化、控制装备智能化、调度指挥综合化、安全保障泛在化、协同控制群组化”总要求，需开展新一代重大轨道交通高效协同控制理论和技术创新。因此，针对泛区域列车互联互通与协

同控制技术，构建区域轨道交通协同控制运输体系、实现列车信息无缝衔接控制，建立列车无线重联协同控制标准原型及系统构架。因此，为响应《交通强国战略》及助力下一代智能列车的发展，迫切需要开展本标准的制定。

三、主要工作过程

本标准通过收集既有工程应用经验，以及相关研究成果、试验检测结果及使用单位反馈信息，确定标准编制方向。经中国交通运输协会立项和大纲审批通过，根据评审会专家意见，形成征求意见稿，报中国交通运输协会评审。再根据评审会专家意见进行补充、修改，经中国交通运输协会同意，挂网征求意见。针对反馈意见，提出处理办法，进行补充、修改，形成送审稿。经中国交通运输协会同意，进行专家审查。根据专家审查会形成的专家意见进行修改，形成报批稿，上报审批。

3.1 起草组工作概述

本技术标准起草工作过程分为如下几个阶段：

（1）调研整理阶段：分析当前的应用情况，以及国内外技术现状，为本标准的制定打下基础。

（2）标准大纲起草阶段：基于调研，本标准起草工作组进行标准的内容确定，并进行标准的大纲起草，并进行评审，根据评审意见进行修正完善。

（3）标准内容起草阶段：根据拟定的标准大纲进行标准内容的起草，完成标准文本的制定。

（4）标准草案审查评审阶段：针对标准草案进行专家评审，根据评审的意见进行修改完善，形成标准征求意见稿。

3.2 历次审查会专家审查意见及结论

历次审查会标准主要内容修改情况如下：

（1）标准大纲审查会：会议审议了标准大纲，听取了汇报，审阅了相关资料，经质询、讨论，专家组一致同意本标准编制大纲通过，起草组提交的编制工作大纲资料齐全、内容完整、分工合理，符合《中国交通运输协会团体标准管理办法》的要求。同时，专家建议标准名称《列车无线重联协同控制系统》修改为《列车无线重联协同

控制系统技术规范》，增加“4 缩略语”，对应的章节编号顺次调整。对此，根据评审专家意见，进行全部修改。

（2）标准征求意见草案审查会：会议审查了标准征求意见稿草案，听取了汇报，审阅了相关资料，经质询、讨论，专家组一致同意标准征求意见稿草案，符合《中国交通运输协会团体标准管理办法》的规定，文本格式基本符合GB/T 1.1—2020的要求。同时，建议调整完善第2、3、4章相关内容，优化完善各章节功能和性能的要求与试验方法的对应，按照专家意见和GB/T 1.1—2020的要求进行编辑性修改。对此根据评审专家意见，对标准全文进行全部修改。

3.3 征求意见及意见处理情况

为了完善本标准规范的征求意见稿草案，向应用单位诸如国能包神铁路有限公司、国能朔黄铁路有限公司、大秦铁路股份有限公司等单位征求意见，并向科研院所及企业诸如中国铁道科学研究院有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司、长沙南睿归档交通电气设备有限公司等单位征求意见，与此同时，向同济大学、北京交通大学、西南交通大学、华东交通大学、兰州交通大学、大连交通大学等高校征求意见。上述单位均有丰富从事重载铁路及重载列车的应用经验，通过交流、咨询等各种方式进行意见获取。对所获得的意见进行归纳如下：

序号	建议	修正	备注
1	组合列车中机车无线重联的车型不仅限于电力机车，也包括内燃机车。	采纳，在全文中进行修改	
2	组合列车中机车无线重联的频段需考虑铁路频段新要求	采纳，机车无线重联的 800MHz 频段改为 400MHz 频段	
3	列车重联控制装置的运行在高于海波高度大于铁路电子产品要求时，需进行注明采用特殊要求时，进行适配性修改。	采纳，6.1.9 系统装置海拔高度运行要求中说明	
4	无线通信运行在弱场区，可采用地面补强措施。	采纳，全文对应性修改。	
5	列车无线重联应能支持多台机车编组	采纳，列车无线重联协同控制系统至少能支持 4 台机车的编组。	
6	虚拟重联编组时，支持列车编组数量。	采纳，6.2.1 无线重联通信要求，明晰至少支持 2 列列车的虚拟重联	

		编组。	
7	车顶天线布置间距要求	采纳，6.2.1 无线重联通信要求，无线通信装置布置在机车车顶的天线之间应至少保持 1.5m 距离	
8	装置的数据记录时长至少应保留 1 个月记录容量	采纳，在 6.3.3 机车无线重联协同控制故障诊断要求，录数据应不少于 3 个月数据记录，采用 FIFO 方式清除最前面的数据。	
9	不同至少的通信系统切换时间是否明确	采纳，不同制式的无线通信系统需采用无缝切换方式，全文对应明确。	
10	机车从 LKJ 获取信息，也需考虑未来 ATP 系统的信息获取。	采纳，全文对应进行修改。	
11	组合列车机车无线重联编组的时间限制需确定	采纳，在 7.3 无线编组要求中进行了明确	
12	组合列车无线编组时各从车应答时间是否明确	采纳，在 7.3 无线编组要求中进行了明确	
13	组合列车无线编组时主从车参数设置要求需明确。	采纳，在 7.3 无线编组要求中进行了明确	
14	编组确定中进行列车管排风测速排序，减压量是否明确。	采纳，在 7.3.1 中进行了说明及明确。	
15	群组列车中通信断开多少时间进行人工介入	采纳，7.3.2 中进行了说明，当列车无线通信断开 10s 后，后序列车应进行主权切换，可恢复本机车人工操纵控制本列车运行。	
16	列车无线重联控制系统的安全完整性等级要求多少？	采纳，在 10.1.1 列车重联协同控制系统安全等级要求中进行了说明，需达到 SIL2 等级。	
17	列车无线重联控制系统的冗余要求如何？	采纳，在 10.1 中相关条文及全文其他部分都有相应描述，应采用动态冗余系统。	
18	故障存储记录间隔是多少？	采纳，在 10.2.2 中，系统存储记录的间隔不大于 500ms。	
19	出厂实验检验项应尽量涵盖功能要求	采纳，12 中进行了描述。	

四、制定标准的原则和依据，与现行法律、法规、标准的关系

本标准制订的基本原则是以现有研究为基础，参照国家规范、标准，依据列车无线重联控制的基本要求，针对组合列车重联的特点进行定义、描述和规范。

本规程编制过程中，查阅了下列规范、标准和技术规程：

TB/T 3060-2016 机车信号信息定义及分配；

TB/T 1407.1-2018 列车牵引计算 第1部分：机车牵引式列车；

TG/JW104-2012 铁路机车操作规则；

运基信号〔2008〕572号 列车运行监控装置(LKJ)技术规范；

IEC61375-1 列车通信网络标准；

EN 50126 《铁路应用—可靠性、可用性、可维护性和安全性（RAMS）技术条件和验证》；

EN 50128 《铁路应用—通信、信号和处理系统—铁路控制和防护系统软件》；

EN 50129 《铁路应用—通信、信号和处理系统—信号的安全相关电子处理系统》；

EN 50159 《铁路应用—通信、信号和处理系统—信号的安全相关通信传输系统》

现行标准对机车及列车控制系统要求做了初步的规定，但未给出详细的列车重联的设计指标和较为详细的无线重联处理措施，实际工程中该部分设计内容在不同项目中做法差异较大，致使列车的重联控制不具有普适性，甚至十分苦难，如何协同列车的重联控制是本标准着重解决的问题之一。

五、主要条款的说明，主要技术指标、参数、实验验证的论述

（1）定义了列车重联编组运行架构

本技术规范单元列车的联挂重联编组、前后推挽编组、组合推挽推挽编组、虚拟联挂协同牵引等运行架构。

定义了列车重联编组运行架构的总统技术要求

本技术规范定义了列车重联编组运行架构的总统技术要求，包括支持编组列车的中能支持达4台机车的协同控制，车-车通信方式下组合推挽无线重联协同控制的宏周期不超过2.5s，车-地-车通信方式下无线重联协同控制的宏周期不超过0.6s，机车牵引/电制动特性调节的偏差不超过0~10%，支持不同类型机车的混联互编。

（3）规范了列车无线通信及编组要求

本技术规范重联列车无线重联协同控制系统的车-车通信模式，即400KHz接触网感应通信、400MHz空中全向波通信，以及车-地-车无线宽带通信，规范定义了多种通信的融合以实现动态冗余，并采用无缝切换，切换时间应不大于100ms。其次，针对采

用车-车通信模式，中间的从控机车应可同时作为通信中继转发的节点。再者，有主控机车发起，结合从控机车节点，进行列车的编组。主车在发出编组确认帧10s内收到各从车的应答后，应与设置参数核对，如无误，则无线编组通信链路建立。

（4）规范了列车重联协同控制要求

本技术规范了重联列车的主、从控机车的协同空中要求，列车牵引/制动的同步操纵、异步控制处理模式，以及个车系统装置接收到指令需在100ms内进行处理。规范了两台机车的空气制动机作为本务位需在列车中间隔距离达500m。规范了协同控制在原列车级、车辆级、驱动级三级控制体系上构建四级控制体系，即无线重联级、列车级、车辆级、驱动级。

（5）规范了列车重联协同控制系统接口要求

本技术规范在机车上构建重联列车无线重联协同控制系统的要求，以及与机车系统的关联关系。包括系统的冗余构建，冗余系统之间的通信及切换，无线重联协同控制系统与机车系统的车辆通信网络接口、电气接口等。其次，规范了无线重联协同控制系统装置的唯一地址识别设置。无线重联协同控制系统与机车系统的通信网络接口，以MVB（EMD）总线或基于TRDP的实时以太网为主，同时与第三方设备也可采用RS485接口，通信协议数据传输采用CRC校验。无线重联协同控制系统与机车电气系统的接口，输入信号应能采集持续时间不小于30 ms的高电平（/低电平）输入信号，DC110 V开关量输入低电平电压应满足0 V~30 V范围，DC110 V开关量输入高电平电压应满足77 V~137.5 V范围，DC110 V开关量输出低电平电压应满足0 V~2 V范围，DC110 V开关量输出高电平电压应满足77 V~137.5 V范围。电气接口输出的最大电流可达2A，并具备短路保护功能。

（6）规范了列车协同控制安全及防护要求

本技术规范了重联列车无线重联协同控制系统安全等级要求，即达到SIL2级要求。规范了列车无线重联协同控制系统冗余切换时间，即最大切换时间应不大于100ms。定义了列车故障等级（A级、B级、C级），以及故障情况的处理要求。规范了故障记录及履历记录存储容量应达到8G，记录容量应保证数据可存储3个月，系统存储记录的间隔不大于500ms。规范了重联列车无线重联协同控制系统安全导向原则，列车重

联协同控制运行中，如发送故障，控制列车无线重联协同控制功能从高到低进行降级，保障列车重联运行的可用性。

（7）规范了试验要求

本技术规范重联列车无线重联协同控制系统装置的外观检查要求、IP防护等级试验、性能试验、电磁兼容试验、高低温及湿热试验、绝缘试验及测试、振动及冲击试验、装置通信的一致性测试、老化试验等。试验要求需达到铁路车辆电子产品的技术要求规定。

（8）规范了检验要求

本技术规范重联列车无线重联协同控制系统装置的检验要求，包括出厂检验、型式检验。出厂检验用于在正常环境条件下验证产品特性与型式检验中测得的是否一致，需逐台装置进行出厂检验。型式检验针对产品的设计、改进或者相应变更时，需要抽样样品进行该项试验。

六、重大意见分歧的处理依据和结果

无。

七、采用国际标准和国外先进标准的，说明采标程度，以及与国内外同类标准水平的对比情况

（1）本标准未采用国际标准和国外先进标准。

（2）随着重在铁路牵引技术的发展需求，重载组合列车的协同控制应用愈发广泛。通过项目研究及推广应用，不同类型的列车重联协同困难，同时还存在异构列车重联协同运行安全性等等问题，无法保证列车重联联控制的协同控制、协同防护、协同驾驶等性能。从国内相关标准调研来看，列车重联联控制规定不全且尚不够详细及体系化。在列车牵引运行中，由于列车重联系协同控制无详细的结构参数与技术参数标准，造成牵引运行过程中列车的纵向作用力较大，引起列车纵向动力学性能劣化，甚至变异，使得列车运行中存在较大的安全隐患，同时加大了运营维养成本。

（3）在解决上述问题的过程中，合作的科研院所、应用部门及科研团队迫切希望建立列车无线重联协同控制技术规范。

八、贯彻标准的措施建议

（1）精心组织安排，开展宣贯培训。建议由行业主管部门统一安排，召开标准宣贯会，对涉及的列车重联系统设计、列车运营等单位开展标准实施培训和宣贯普及。明确列车无线重联协同控制的设计技术指标、材料性能要求、施工工艺、检测方法、质量验收、维护管理等方面的具体要求，指导列车无线重联协同控制技术规范的实施，有效推动贯标工作的开展及落实。

（2）组织相关人员到施工现场参观学习，直观列车无线重联协同控制系统运行效果及具体技术规范；

（3）定期组织科研、生产、应用、检验各环节人员进行技术交流，不断对列车无线重联协同控制系统技术规范进行改进，保持技术领先、性能优化、安全可靠。

（4）定期进行研讨，结合推广情况，不断修订及提升本技术规范。

九、其他应说明的事项

无。