

团体标准

T/CAMET XXXXX—XXXX

城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第4部分：服役评估方法及要求

Urban rail transit—Vehicle maintenance procedures optimization
method—

Part 4: Methods and requirements for service assessment

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布

目 次

前 言 II

引 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 输入数据 2

5 实施流程 2

6 工作内容及要求 2

 6.1 确定服役评估范围 2

 6.2 选取服役评估方法 3

 6.3 选取评估样件 4

 6.4 服役评估执行 4

 6.5 服役评估报告 4

 6.6 维修评估 4

 6.7 确定修程优化项点 4

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是T/CAMET XXXXX《城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法》的第4部分。T/CAMET XXXXX已经发布了以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：运维检修数据要求；
- 第3部分：维修策略评估方法及原则；
- 第4部分：服役评估方法及要求；
- 第5部分：验证评估方法及要求。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会提出并归口。

本文件起草单位：广州地铁集团有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、上海申通地铁集团有限公司、天津轨道交通集团有限公司、福州地铁集团有限公司、深圳地铁集团有限公司、天津一号线轨道交通运营有限公司、天津三号线轨道交通运营有限公司、石家庄市轨道交通集团有限责任公司、青岛地铁集团有限公司、中交（天津）轨道交通投资建设有限公司、呼和浩特市地铁运营有限公司、南京地铁运营有限责任公司、中车南京浦镇车辆有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、成都盛锴科技有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司、中车制动系统有限公司、北京航空航天大学、西南交通大学、北京交通大学、上海轨道交通设备发展有限公司、上海轨道交通检测认证（集团）有限公司。

本文件主要起草人：邓东强、陈刚、陈希隽、申天亮、陈斯、白彦超、赵计胜、荆红伟、吴俊汉、俞之益、肖惠杰、游利春、王师成、徐洪亮、耿誉玮、田青、石鹏飞、王南、段景体、张弛、魏刚、郭世欣、邢宇飞、尚江傲、杭惠峰、赖伟、汤磊、李军、刘轶喆、万铁军、石海明、牛玉国、赵俊强、张志辉、胡方阳、顾友华、梁树林、吴兴文、杨广雪、姬程翔、辛格、王洵、李欢、尹洪权、王磊、徐博、周丽莎、金晓群、管凯凯、高春良。

引 言

从2020年起,我国城市轨道交通已从以建设为主导走向以车辆运营为主导的发展新阶段。发展较早的各大城市从以往“增量为主,规模扩张”的阶段转向“存量为主,持续优化”的阶段,发展方式转变为新线建设与既有线改造双轮驱动,地铁车辆系统运营的稳定性、安全性和运营效率成为行业关注的重点。伴随着《中国城市轨道交通既有线改造指导意见》的发布,城市轨道交通维修策略的优化,作为保障城市轨道交通系统高效、稳定运行的关键环节,受到行业内的高度重视。

为规范城市轨道交通地铁车辆服役评估工作流程及内容,规定地铁车辆维修策略优化服役评估技术方法及要求等,制定本文件。

T/CAMET XXXXX由以下五个部分构成。:

第1部分:总则。目的在于明确地铁车辆维修策略优化工作流程及内容,规定各个环节的技术要求,指导地铁车辆维修策略优化规范化执行。

第2部分:运维检修数据要求。目的在于规定地铁车辆维修策略优化数据结构及规范要求,确保维修策略评估、服役评估及验证评估规范化实施。

第3部分:维修策略评估方法及原则。目的在于规定地铁车辆维修策略评估输入数据、实施流程和工作内容。

第4部分:服役评估方法及要求。目的在于规定地铁车辆维修策略优化服役评估的输入数据、实施流程和工作内容。

第5部分:验证评估方法及要求。目的在于规定地铁车辆维修策略优化验证评估的输入数据、实施流程和工作内容。

本文件是维修策略优化方法的第4部分“服役评估方法及要求”。总则是纲领性指导文件,是对第2部分、第3部分、第4部分和第5部分总体性概括;4个分部分是对总则执行的进一步细化,其中:第2部分为第3部分、第4部分和第5部分提供数据规范基础,保障第3部分、第4部分和第5部分所需数据的规范化;第3部分、第4部分和第5部分分别从现有修程评估、更改后修程和服役状态评估以及验证修程和服役状态评估三个维度进行风险评价,科学遵循“现有修程评估、更改修程评估、评审确认、验证修程评估、评审发布”的路径,实现维修策略优化风险闭环。总则明确了地铁车辆维修策略优化实施流程和技术要求,为运维检修数据、维修策略评估、服役评估及验证评估提供技术依据。运维检修数据要求是基于总则中输入数据要求,给出了地铁车辆维修策略优化数据结构及规范要求,确保维修策略评估、服役评估及验证评估规范化实施。维修策略评估方法及原则规定了地铁车辆维修策略评估方法及技术要求,实现对现有车辆修程状态评价。服役评估方法及要求基于总则中输入数据要求,评价车辆服役过程中的运用状态,预测系统、部件寿命,基于维修策略评估中规定的方法实施维修评估,确定修程优化项点。验证评估方法及要求基于总则中输入数据要求,基于运维检修数据要求整理验证数据,评价车辆验证过程中的运用状态,确认修程优化项点。

城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第4部分：服役评估方法 及要求

1 范围

本文件规定了地铁车辆维修策略优化服役评估的输入数据、实施流程和工作内容等。
本文件适用于地铁车辆维修策略优化服役评估的实施与管理，其他制式车辆可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 21562-2008 轨道交通 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例

GB/T 2828.1-2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

T/CAMET XXXXX—XXXX 城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第1部分 总则

T/CAMET XXXXX—XXXX 城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第3部分 维修策略评估方法
及原则

3 术语和定义

T/CAMET XXXXX—XXXX 《城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第1部分 总则》中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

服役评估 Service Assessment

是指从车辆安全可靠角度出发，对车辆系统、部件当前状态和性能的退化趋势进行判断、分析的活动，一般包括状态评估和寿命评估。

3.2

状态评估 State Assessment

是指在车辆寿命周期内对各系统或部件的结构、性能和参数进行检查、检测和监测，用以对系统或部件当前的状态进行估算或判定的活动。

3.3

寿命评估 Life Evaluation

是指通过数据分析、仿真计算及寿命试验等方法，对车辆系统、部件在复杂运营环境下的性能退化规律进行量化，预测系统、部件的使用寿命或剩余寿命的活动。

4 输入数据

T/CAMET XXXXX—XXXX 《城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第1部分 总则》中规定的输入数据适用于本标准。

5 实施流程

按照车辆维修策略优化工作流程，维修策略评估后需实施服役评估，评价车辆运用状态、寿命周期，确定修程优化项点。车辆服役评估实施流程如下图 1 所示。

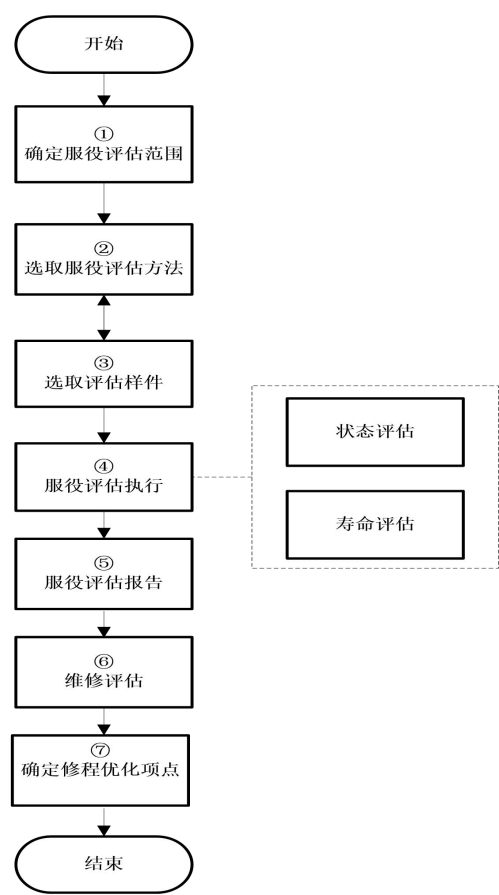


图 1 服役评估工作流程

6 工作内容及要求

6.1 确定服役评估范围

根据地铁车辆技术文档和运用数据等，对系统、部件的设计寿命、历史故障进行统计分析，结合检修维护需求，确定需要进行服役评估的范围。一般从以下三个方面进行考虑：

（1）故障数据统计分析包括各系统、部件故障变化规律、故障分布规律等内容；对于故障率高、更换频繁、故障率呈上升趋势的系统、部件应纳入服役评估范围；

（2）根据系统、部件设计寿命梳理情况，对于缺乏设计寿命信息或者设计寿命不能满足维修间隔延长要求的必换件应纳入服役评估范围。

（3）车辆系统、部件的检修维护中存在维修不足或过度维修，需要进行修程调整的应纳入服役评估范围。

6.2 选取服役评估方法

对需评估的系统、部件进行损伤机理分析，确定其损伤因素、损伤形式，根据损伤形式确定合理的评估方式及评估方法，评估方式一般分为状态评估与寿命评估。

6.2.1 状态评估方法

状态评估方法一般包括：外观检查、分解检查、尺寸测量、功能测试、性能检测和监测等，可根据需要选择一种或几种方法。

（1）针对不影响车辆安全或行车秩序的部件，可仅进行外观检查或分解检查；

（2）针对影响车辆安全或行车秩序的部件，一般通过多种方法对部件进行状态评估，如对轴承进行外观检查、尺寸测量、油脂检测等，综合判断轴承的磨损状态；对于可在线监测部件，利用车载数据，结合 PHM 模型对部件状态进行评估。

6.2.2 寿命评估方法

寿命评估常用的方法包括基于故障数据的可靠性寿命计算、仿真计算和寿命试验，寿命试验宜采用疲劳试验、老化试验、耐久试验等。

（1）对于可基于故障数据判定分布规律的系统、部件，进行可靠性寿命计算，具体方法参见《城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第3部分 维修策略评估方法及原则》；

（2）对于疲劳、老化失效部件，如轴承类部件、橡胶类部件、减振部件等，可通过寿命试验开展寿命评估。开展寿命试验的部件应从重要性、成本和数量三个方面确定：

——重要性

从部件发生故障后影响车辆的安全、行车秩序和使用/经济三个维度确定部件的重要性，分为高、中、低三个等级。

——成本

根据部件检修或更换发生的费用占所在系统维修费用的比例，分为高、中、低三个等级。

——数量

根据车辆系统结构中部件的数量与车辆编组数量的比值，分为高、中、低三个等级。

以上三方面梳理结果有 2 项以上为“高”等级的部件，建议纳入寿命试验清单。

（3）通过仿真计算进行寿命评估时，要求有明确的边界条件和载荷工况。

6.3 选取评估样件

6.3.1 对于车辆级服役评估，列车抽样数量不低于同批次车辆数量的10%；

6.3.2 对于部件级服役评估，样件数量按GB/T 2828.1-2012等抽样标准执行，无标准规定时，由地铁运营公司/主机企业、部件供应商、评估单位共同协商确定。

6.4 服役评估执行

6.4.1 车辆入修后，结合车辆拆解对系统、部件实施状态检查，通过拆解检查清单记录部件外观、缺陷，了解系统、部件状态；

6.4.2 用多种方法对系统、部件进行状态评估时，应从系统的整体状态、性能参数和评估项点的偏离程度、样品中的偏离数量以及单个偏离对故障模式的影响等方面综合考虑；

6.4.3 根据故障数据判定各系统、部件的分布规律，并进行可靠性寿命计算；

6.4.4 按照寿命试验清单制定各部件试验大纲，开展寿命试验，并对试验结果进行分析，确定部件剩余寿命，并给出置信区间。

6.5 服役评估报告

汇总状态评估结果、部件寿命评估结果，编制服役评估报告，报告至少包含以下内容：

- (1) 评估目的；
- (2) 评估范围，包括车辆号、运营里程、评估部件名称、数量等；
- (3) 评估/试验标准；
- (4) 评估技术路线；
- (5) 评估内容，包括评估方式、评估项点等；
- (6) 评估结论，对部件性能能否继续使用，是否存在维修不足或过度维修，给出判定结论。

6.6 维修评估

根据服役评估报告中状态评估、寿命评估结果，选取不同的技术方法，实施维修评估，支撑确定修程优化项点。技术方法的确定详见《城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化 第1部分总则》。

6.6.1 更改后修程风险分析

在T/CAMET XXXXX—XXXX《城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第3部分维修策略评估方法及原则》中现有修程风险分析的基础上，按照GB/T 21562-2008中风险评价准则实施更改后修程风险分析，判定维修策略调整后的风险可接受程度，形成更改后的修程风险分析表。

6.6.2 更改后RCM分析

根据车辆部件状态评估、寿命评估结果，在既有RCM分析结果的基础上，实施维修策略适应性调整，形成RCM分析结果。具体方法详见《城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第3部分维修策略评估方法及原则》。

6.7 确定修程优化项点

对更改后修程风险分析结果中“可行”、“可忽略”的修程项点，进行维修策略调整，确定为修程优化的项点。对处于“不理想”、“不可行”的修程项点，具体处理方法详见《城市轨道交通 地铁车辆维修策略优化方法 第3部分维修策略评估方法及原则》。
