

团体标准

T/CAMETXXXXX—XXXX

有轨电车 控制保护区结构安全保护 技术要求

Tramway system—Control the structural safety protection of protected areas—
Technical requirement

(送审稿)

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

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 有轨电车结构安全保护标准和控制指标.....2

5 临近有轨电车建设项目安全保护分级.....3

6 设计要求..... 9

 6.1 一般要求..... 9

 6.2 规划线路..... 9

 6.3 基坑工程..... 9

 6.4 桩基工程..... 10

 6.5 地下水作业..... 10

 6.6 爆破作业..... 10

7 施工要求..... 10

 7.1 一般要求..... 10

 7.2 基坑施工..... 11

 7.3 桩基施工作业..... 11

 7.4 地下水作业..... 11

 7.5 爆破作业..... 12

8 安全风险评估要求..... 12

 8.1 一般要求..... 12

 8.2 安全风险评估内容..... 12

 8.3 风险接受准则..... 12

9 监测要求..... 13

 9.1 一般要求..... 13

 9.2 监测范围和内容..... 13

 9.3 监测点布设..... 14

 9.4 监测精度、频率和周期..... 15

 9.5 预警管理和信息反馈..... 15

 9.6 监测成果及信息反馈..... 16

10 围挡要求..... 17

 10.1 围挡设施类别..... 17

 10.2 围挡设置相关要求..... 17

参考文献..... 18

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。

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低运能系统分会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：苏州高新有轨电车集团有限公司、淮安市现代公共交通集团有限公司、武汉光谷交通建设有限公司、广州地铁交通发展有限公司、佛山市南海区铁路投资有限公司、中铁四院集团新型轨道交通设计研究有限公司、中建铁路投资建设集团有限公司、江苏省建苑岩土工程勘测有限公司、江苏省纺织工业设计研究院有限公司、苏州市建设工程质量检测中心有限公司。

本文件主要起草人：孙宁、肖玉刚、李春杰、张攀、葛宇文、应承静、杜康、朱磊、王安军、胡活力、马宏梁、苏浚、秦华、周黄诚、周华海、燕喜军、徐广祥、张学超、张永乐、薛永军、雷秋生、张来丰、张志权、徐岱。

有轨电车 控制保护区结构安全保护 技术要求

1 范围

本文件规定了有轨电车控制保护区结构安全保护的標準和控制指标、保护区及邻近有轨电车建设项目安全保护分级、设计要求、施工要求、安全风险评估要求、监测要求、围挡要求等内容。

本文件适用于规划、在建、运营的有轨电车交通结构的安全保护工作。

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 50061 66kV及以下架空电力线路设计规范

GB 50183 石油天然气工程设计防火规范

GB 50251 输气管道工程设计规范

GB/T 50308 城市轨道交通工程测量规范

GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准

GB 50545 110kV~750kV架空输电线路设计规范

GB 50652 城市轨道交通地下工程建设风险管理规范

GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范

GB/T 51234 城市轨道交通桥梁设计规范

CJJ/T 202 城市轨道交通结构安全保护技术规范

JGJ 8 建筑变形测量规范

JGJ 120 建筑基坑支护技术规程

JGJ 311 建筑深基坑工程施工安全技术规范

3 术语和定义

3.1

有轨电车 tramway

电力驱动，沿轨道运行，可以与地面道路混行的中低运量轨道交通方式。

[来源T/CAMET 07001—2018，3.1，有修改]

3.2

既有结构及设施 existing structures and facilities

轨道、隧道、高架线路（含桥梁）、车站（含出入口、通道）、设备、机电系统和其他附属设施，以及为保障有轨电车运营而设置的相关设施。

3.3

控制保护区 control protected area

为保护有轨电车既有结构及设施的正常使用和安全，在其结构及周边的特定范围内设置的控制和保护区域。

[来源: CJJ/T202—2013, 2.0.2, 有修改]

3.4

规划线路 **planned route**

已经政府职能部门批准但尚未开工建设的有轨电车线路。

3.5

运营线路 **lines in operation**

已经投入试运行和正常载客运行的线路。

3.6

安全保护等级 **safety protection level**

根据有轨电车结构的安全现状及其保护要求, 针对周边建设项目的特点, 为保障结构安全使用而制定的保护等级。

3.7

地下车站 **underground station**

轨道设在地面下的车站。

3.8

高架车站 **elevated station**

轨道设在高架结构上的车站。

3.9

高层建筑 **high rise building**

10层及10层以上或房屋高度大于24 m的建筑。

3.10

地下水作业 **groundwater operation**

直接或间接诱发有轨电车结构周边水位变化或水质变化的外部作业, 包括地表水的抽排、引导以及地下工程中的排水、降水、截水或回灌水作业等。

[来源: CJJ/T202—2013, 2.0.8, 有修改]

3.11

中间场地 **intermediate site**

有轨电车结构边线与建设或作业活动边线之间的区域范围。

3.12

外部作业 **exterior action**

在有轨电车交通结构周边进行的可能对其产生影响的作业。主要包括基坑、隧道、基础、降水、打桩、道路、绿化、管线、开挖、顶管、钻孔、爆破等作业。

4 有轨电车结构安全保护标准和控制指标

4.1 在建、运营的有轨电车线路, 其邻近建设项目施工对有轨电车既有结构及设施产生的综合影响, 应满足以下指标:

- a) 有轨电车道床结构竖向位移量、水平位移量的控制值均为 $\pm 5\text{ mm}$ (包括各种加载和卸载过程和最终位移量);
- b) 有轨电车桥墩结构竖向位移量、水平位移量的控制值均为 $\pm 5\text{ mm}$ (包括各种加载和卸载过程和最终位移量)。

4.2 有轨电车控制保护区内的建设项目施工不应造成有轨电车既有结构开裂、错台、表面剥落、道床与结构脱空和渗漏水等现象。

5 临近有轨电车建设项目安全保护分级

5.1 外部作业对有轨电车的安全保护等级，应根据其对有轨电车影响程度的不同按表 1 进行划分。

表 1 安全保护等级分级表

安全保护等级	附加影响程度
限制	对有轨电车既有结构及设施影响特别强烈或无类似经验的
1 级	对有轨电车既有结构及设施影响很强烈
2 级	对有轨电车既有结构及设施影响一般
3 级	对有轨电车既有结构及设施影响轻微

5.2 外部作业对有轨电车控制保护区的结构安全保护，根据其安全保护等级采取相应的安全保护等级管理原则应符合表 2 的规定。

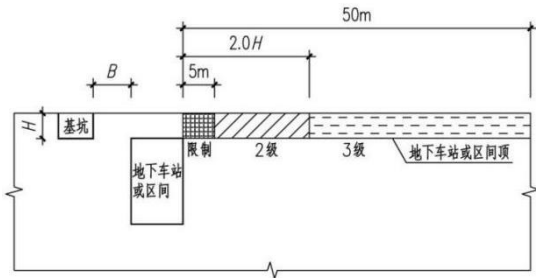
表 2 安全保护等级管理原则

安全保护等级	安全保护管理措施						
	既有有轨电车结构限制调查	方案需组织审查	安全风险评估		现场监管	监控测量	
			定性分析	定量分析		运营线路	非运营线路
限制	不应进行建设或者作业活动（法律、法规另有规定的除外）						
1 级	详细调查结构状况	应通过专家论证	应进行	应进行	重点监管	人工/自动化监测	人工监测
2 级	调查结构状况			宜进行	常规监管	人工/自动化监测	
3 级	巡查结构状况	宜进行专家论证	—		日常巡查	人工监测	可不测

5.3 根据基坑工程与既有有轨电车结构的位置关系，安全保护等级应满足表 3～表 13 的要求。

表 3 邻近地下车站、地下区间的基坑工程（基坑设计深度≤地下车站顶板埋深的）安全保护等级分级

	基坑设计深度（ H ） m	水平净距（ B ） m	基坑工程安全保护等级
1	$H \leq$ 车站顶埋深	$B \leq 5$	限制
		$5 < B \leq 2.0 H$	2 级
		$2.0 H < B \leq 50$	3 级
注：基坑设计深度 $\leq$ 地下车站顶板埋深的基坑工程安全保护等级的分级示意图见图1。			



标引序号说明：

H ——基坑设计深度，单位为米（m）；

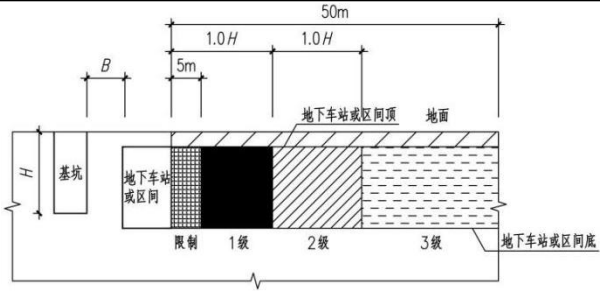
B ——基坑围护结构与有轨电车线路结构外边线的最小水平净距，单位为米（m）。

注：地下车站、地下区间为地下车站、地下区间的主体结构。

图1 基坑设计深度≤地下车站顶板埋深的基坑工程安全保护等级的分级示意图

表 4 邻近地下车站、地下区间的基坑工程（地下车站顶埋深<基坑设计深度≤地下车站底埋深的）安全保护等级分级

序号	基坑设计深度（ H ） m	水平净距（ B ） m	基坑工程安全保护等级
1	车站埋深 $<H\leq$ 车站底埋深	$B\leq 5$	限制
		$5<B\leq 1.0\ H$	1 级
		$1.0\ H<B\leq 2.0\ H$	2 级
		$2.0\ H<B\leq 50$	3 级
注：地下车站顶埋深 $<$ 基坑设计深度 $\leq$ 地下车站底埋深的基坑工程安全保护等级分级示意图见图2。			



标引序号说明：

H ——基坑设计深度，单位为米（m）；

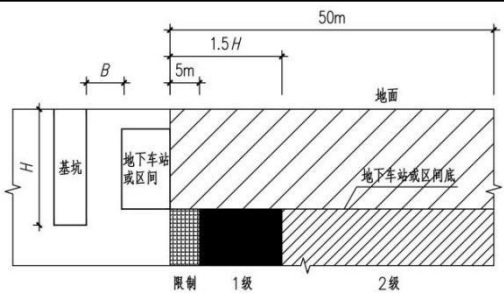
B ——基坑围护结构与有轨电车线路结构外边线的最小水平净距，单位为米（m）。

注：地下车站、地下区间为地下车站、地下区间的主体结构。

图2 地下车站顶埋深<基坑设计深度≤地下车站底埋深的基坑工程安全保护等级分级示意图

表 5 邻近地下车站、地下区间的基坑工程（基坑设计深度>地下车站底埋深的）安全保护等级分级

序号	基坑设计深度（ H ） m	水平净距（ B ） m	基坑工程安全保护等级
1	$H >$ 车站底埋深	$B \leq 5$	限制
		$5 < B \leq 1.5 H$	1 级
		$1.5 H < B \leq 50$	2 级
注：基坑设计深度 $>$ 地下车站底埋深的基坑工程安全保护等级分级示意图见图3。			



标引序号说明：

H ——基坑设计深度，单位为米（m）；

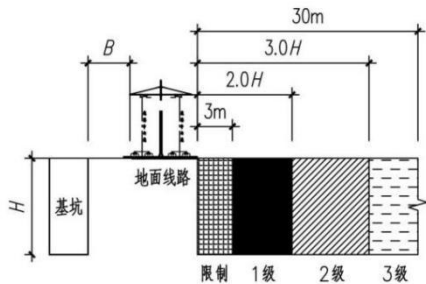
B ——基坑围护结构与有轨电车线路结构外边线的最小水平净距，单位为米（m）。

注：地下车站、地下区间为地下车站、地下区间的主体结构。

图3 基坑设计深度>地下车站底埋深的基坑工程安全保护等级分级示意图

表 6 邻近地面线路的基坑工程安全保护等级分级

序号	基坑设计深度 (H) m	水平净距 (B) m	基坑工程安全保护等级
1	$H\geq 3$	$B\leq 3$	限制
		$3<B\leq 2.0\ H$	1 级
		$2.0\ H<B\leq 3.0\ H$	2 级
		$3.0\ H<B\leq 30$	3 级
注：邻近地面线路的基坑工程安全保护等级分级示意图见图4。			



标引序号说明：

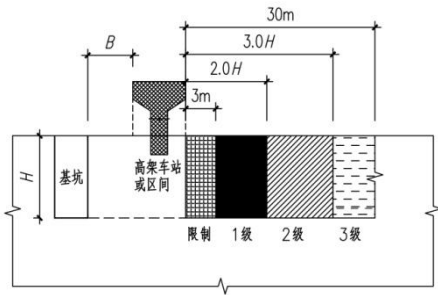
H ——基坑设计深度，单位为米（m）；

B ——基坑围护结构与有轨电车线路结构外边线的最小水平净距，单位为米（m）。

图4 邻近地面线路的基坑工程安全保护等级分级示意图

表 7 邻近高架车站、高架区间的基坑工程安全保护等级分级

序号	基坑设计深度 (H) m	水平净距 (B) m	基坑工程安全保护等级
1	$H \geq 3$	$B \leq 3$	限制
		$3 < B \leq 2.0 H$	1 级
		$2.0 H < B \leq 3.0 H$	2 级
		$3.0 H < B \leq 30$	3 级
注：邻近高架车站、高架区间的基坑工程安全保护等级分级示意图见图5。			



标引序号说明：

H ——基坑设计深度，单位为米（m）；

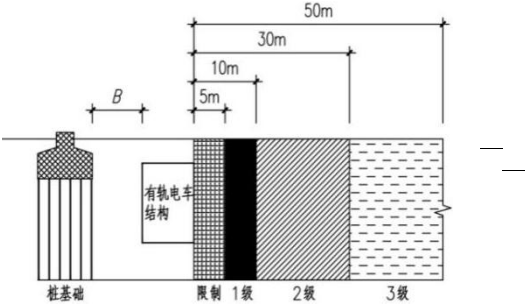
B ——基坑围护结构与有轨电车线路结构外边线的最小水平净距，单位为米（m）。

图5 邻近高架车站、高架区间的基坑工程安全保护等级分级示意图

5.4 根据桩基工程与既有有轨电车结构的位置关系，有轨电车控制保护区内施工期间的桩基工程安全保护等级应满足表 8 的要求, 同时应满足图 6 的要求。

表 8 桩基工程安全保护等级分级

序号	工况	水平净距（ B ） m	桩基工程安全保护等级
1	-	≤ 5	限制
2	有轨电车周边	$5 < B \leq 10$	1 级
		$10 < B \leq 30$	2 级
		$30 < B \leq 50$	3 级
注：桩基工程安全保护等级分级示意图见图6。			



标引序号说明：

B ——桩基础与有轨电车线路结构外边线的最小水平净距，单位为米（m）。

图6 桩基工程安全保护等级分级示意图

5.5 根据非开挖管线与既有有轨电车结构的位置关系，有轨电车控制保护区内的非开挖管线安全保护等级应满足表 9～表 11 的要求。

表 9 非开挖管线在有轨电车结构下方（无桩基础）穿越工程的安全保护分级表

序号	工况	竖向净距（ L ） m	非开挖管线安全保护等级
1	非开挖管线通道在有轨电车结构下方（无桩基础）穿越工程	$L \leq 3$	限制
		$3 < L \leq 5 D$	1 级
		$5 D < L \leq 10 D$	2 级
		$L > 10 D$	3 级
注：邻近既有有轨电车结构的非开挖管线道床下方穿越示意图见图7。			

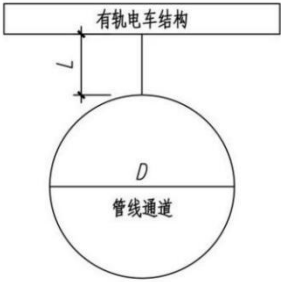


图7 邻近既有有轨电车结构的非开挖管道道床下方穿越示意图

标引序号说明：

D ——非开挖管线外径，单位为米（m）；

L ——非开挖管线与既有有轨电车结构的竖向净距，单位为米（m）。

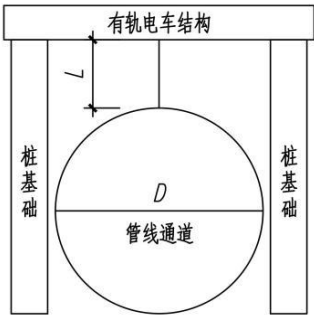
注 1：开挖管线按基坑进行安全保护分级。

注 2：通信、电力等管道直径小于 200 m 的除外。

图7 邻近既有有轨电车结构的非开挖管线道床下方穿越示意图（续）

表 10 非开挖管线在有轨电车结构下方（桩基础间）穿越工程的安全保护分级表

序号	工况	竖向净距（ L ） m	非开挖管线安全保护等级
1	非开挖管线通道在有轨电车结构下方（桩基间）穿越工程	$L\leq 3$	限制
		$3<L\leq 5\ D$	1 级
		$5\ D<L\leq 10\ D$	2 级
		$L>10\ D$	3 级
注：邻近既有有轨电车结构的非开挖管线桩基础之间穿越示意图见图8。			



标引序号说明：

D ——非开挖管线外径，单位为米（m）；

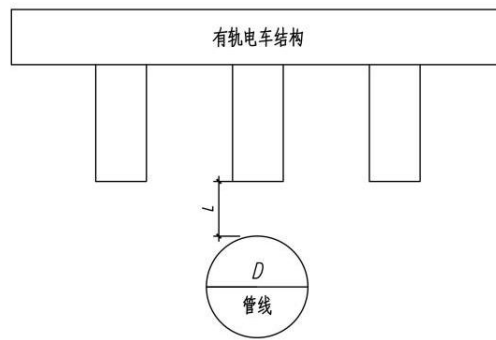
L ——非开挖管线与既有有轨电车结构的竖向净距，单位为米（m）。

注：开挖管线按基坑进行安全保护分级。

图8 邻近既有有轨电车结构的非开挖管线桩基之间穿越示意图

表 11 非开挖管线在有轨电车结构下方（管径>2m 或桩型为梅花桩）穿越工程的安全保护分级表

序号	工况	竖向净距（ L ） m	非开挖管线安全保护等级
1	非开挖管线通道在有轨电车结构下方（管径>2m或桩型为梅花桩）穿越工程	$L\leq 1.5 D$	限制
		$1.5 D<L\leq 3 D$	1 级
		$3 D<L\leq 5 D$	2 级
		$L>5 D$	3 级
注：邻近既有有轨电车结构的非开挖管线桩基（管径>2m或桩型为梅花桩）之间穿越示意图见图9。			



索引序号说明：
 D ——非开挖管线外径，单位为米（m）；
 L ——非开挖管线与既有有轨电车结构的竖向净距，单位为米（m）。
注：开挖管线按基坑进行安全保护分级。

图9 邻近既有有轨电车结构的非开挖管线桩基（管径 $>2\text{m}$ 或桩型为梅花桩）之间穿越示意图

5.6 根据挖土深度和范围，有轨电车控制保护区内的卸载工程安全保护等级应满足表 12 的要求，需同时按照表 12 中序号“1”和序号“2”划分等级，应由所得最高等级确定卸荷工程的安全保护等级。

表 12 既有隧道上方卸载工程安全保护分级表

序号	等级划分	分级标准	卸载工程安全保护等级
1	依据残留土体高度（ h ）划分等级	$h \leq 1.0 d$	限制
		$1.0 d < h \leq 1.5 d$	1级
		$h > 1.5 d$	2级
2	依据土体残留比（ Δ ）划分等级	$h \leq 1.0 d$	限制
		$h > 1.0 d$ 且 $\Delta \leq 0.5$	1级
		$\Delta > 0.5$	2级

注： d 指既有隧道外径或跨度； h 指残留土体高度； Δ 指残留土体高度/既有隧道顶埋深。

5.7 根据有轨电车结构上方的附加荷载大小，地下车站、区间隧道上方加载工程安全保护等级应满足表 13 的要求。

表 13 地下车站、区间隧道上方加载工程安全保护分级表

$\Delta P/\text{kPa}$	上方加载工程安全保护等级
$\Delta P \geq 20$	限制
$10 \leq \Delta P < 20$	1级
$5 \leq \Delta P < 10$	2级
$\Delta P < 5$	3级

注： ΔP 指地下车站（含附属结构）、区间隧道上方的附加荷载。

5.8 对于邻近有轨电车特殊区段（旁通道、引道段、车站出入口等）、结构缺陷区段、使用状况恶化区段、地质条件以及施工情况复杂的建设项目，可视情况提高或降低安全保护等级。

5.9 对有轨电车主体结构进行对接连通、拆除、改造或切断有轨电车基础桩的建设工程安全保护等级应为 1 级。

5.10 涉及在有轨电车控制保护区范围内的危险性较大的分部分项工程的安全保护分级除应满足表 3～表 13 的要求，同时也宜兼顾专家认证意见确定是否须按规定进行安全风险评估的必要性。

6 设计要求

6.1 一般要求

6.1.1 有轨电车控制保护区内建设项目的设计方案，应包括针对有轨电车既有结构及设施的专项安全保护方案。建设项目不应影响有轨电车结构的使用功能、承载能力和耐久性。

6.1.2 建设项目在规划、设计阶段，应结合有轨电车结构安全保护指标进行，并分析其对有轨电车结构和设施的影响。

6.1.3 建设项目设计阶段应对既有有轨电车结构进行现状调查，调查报告应满足建设项目对有轨电车的影响分析与评价需要。

6.1.4 建设项目勘察时宜适当加密有轨电车控制保护区内的勘探孔，勘探孔与有轨电车设施净距应大于 5 m。

6.1.5 有轨电车控制保护区内多个建设项目同时施工时，应综合评估各个项目对有轨电车结构产生的叠加影响。

6.1.6 建、构筑物宜尽量远离有轨电车结构布置，如有减振降噪需求的，应自行综合评估采取减振降噪措施。

6.1.7 与有轨电车高架结构交叉的市政道路应设置限高标志和防护、防撞设施。桥下净空高度应符合 GB/T 51234 的规定。

6.1.8 油气、燃气、天然气等易燃易爆物的新建、改建、扩建项目与有轨电车的安全距离、安全净距控制值应符合 GB 50183 和 GB 50251 的规定，宜综合考虑其防火、防爆的安全保护要求后确定。

6.1.9 高压电力管线、架空电力线等设施的新建、改建、扩建项目与有轨电车的安全距离、安全净距控制值应符合 GB 50061、GB 50545 的规定。

6.2 规划线路

6.2.1 规划线路控制保护区内的建设项目，应综合评估后期有轨电车线路的实施需要，并应预留有轨电车线路调整的余量。

6.2.2 建设项目邻轨道侧基坑不宜采用放坡施工；如采用放坡施工时，回填土体密实度不应小于原状土体的密实度。

6.2.3 先于有轨电车规划线路周边实施的建设项目，应预留后期有轨电车线路建设的条件，建设项目的结构应采取加强措施。

6.2.4 进入有轨电车规划线路控制保护区的建设项目，除了按照上述要求预留线路设置及实施条件外，还应评估有轨电车后期运营引起的环境评价影响，特别是对振动、噪声比较敏感的建设项目，应事先做好相关措施进行控制。

6.2.5 进入有轨电车控制保护区的建设项目，在进行项目选址（规划）方案审查时，应事先告知项目建设单位有轨电车运营引起的环境影响，环境影响的具体解决方案应由项目建设单位自行综合评估和解决。

6.3 基坑工程

6.3.1 基坑围护设计应遵循近浅远深、近小远大、先远后近的原则。

6.3.2 对平行隧道方向较长的深基坑工程，宜结合工程地质、水文地质及影响等级等，采取分区措施，沿平行隧道方向划分成 50 m~60 m 的长条分区基坑，其宽度宜为 20 m~30 m，坑与坑之间应设置隔离桩（墙）。应综合评估分区施工的叠加影响。

6.3.3 安全保护等级为 1 级的基坑围护结构宜采用地下连续墙；2 级基坑宜采用灌注桩排桩（含咬合排桩）围护墙、型钢水泥土搅拌墙等；3 级基坑宜采用水泥土重力式围护墙。

6.3.4 安全保护等级为1级的基坑，采用地下连续墙时，墙厚度不应小于0.8m，接头应采用刚性接头，且应对邻近有轨电车侧的槽壁进行预加固，槽壁预加固宜采用三轴水泥土搅拌桩。

6.3.5 靠近有轨电车一侧的基坑围护结构，其结构应与地下室结构侧墙之间密贴，不宜采用离壁结构，且应按一级防水要求设计。由于特殊原因要采用离壁结构的，其间隙应采用C20的素混凝土回填。

6.3.6 基坑内外地基加固应结合地层情况和工程安全保护等级进行，加固深度不宜小于坑底以下4m；对于邻近有轨电车侧采用分区施工的小基坑，宜采用满堂加固。

6.3.7 支撑系统应结合基坑安全保护等级、规模与平面形状综合确定；首道支撑宜选用钢筋混凝土支撑；特殊情况下钢支撑应采用自动伺服钢支撑系统。砼支撑宜选用静力切割措施，确保拆除过程中有轨电车既有结构和人员的安全。

6.3.8 基坑围护体、止水帷幕及地基加固等施工应减少对环境的影响，应通过现场试验确定施工设备、工艺及施工控制参数。

6.4 桩基工程

6.4.1 有轨电车控制保护区内不应进行打入桩施工，当采用静压桩时应结合表1、表2、表6的相关内容分析其对有轨电车结构的影响，并做好保护措施。

6.4.2 有轨电车控制保护区内桩基应进行桩基承载力计算和沉降验算，对于高层建筑应评估对有轨电车的影响，并满足第4章的安全控制标准。距离有轨电车区间隧道2倍埋深范围内的桩基，其桩底标高宜超过隧道结构底3m。

6.4.3 有轨电车控制保护区内的高层建筑，其单桩承载力设计值不应超过3000kN；沉降不满足要求时，可通过增加桩长等措施控制沉降。

6.5 地下水作业

6.5.1 有轨电车控制保护区内不应采用开放式降水。

6.5.2 有轨电车控制保护区内的基坑应设置封闭的隔水帷幕。需降（微）承压水时，隔水帷幕应隔断（微）承压水层，对于特殊情况无法隔断的，应通过降水分析评估抽降（微）承压水对有轨电车结构的影响，并采取回灌等措施。

6.5.3 降水井与隔水帷幕的距离不宜小于3m；单井降水面积不宜超过250m²；靠近有轨电车一侧应设置一定数量的观测井，观测井宜采用管井。

6.5.4 降水工程效果预报应包括水位降深曲线、达到给定降落曲线所需时间和因降水而引起的有轨电车地下结构变形、地面沉降以及降水结束后的回弹变形。

6.6 爆破作业

6.6.1 在建、运营的有轨电车线路，有轨电车控制保护区内不应进行爆破作业。由于特殊情况需要爆破作业的，应采取相应安全措施，编制专项技术方案、应急预案及安全监控方案，并进行专项论证。

6.6.2 爆破作业应确保有轨电车结构及其设施的安全和正常使用，靠近有轨电车侧应做好隔震措施；爆破施工应在停运时进行。

6.6.3 在安装有精密设备的有轨电车车站，在其附近进行爆破作业时，应满足设备振动速度的安全允许值。

7 施工要求

7.1 一般要求

- 7.1.1 建设单位在项目开工前应当办妥在有轨电车安全控制保护区内作业的监护手续，其有轨电车保护专项施工方案应组织专家论证，并通知有轨电车公司参加，应按照专项保护方案组织施工。
- 7.1.2 邻近有轨电车侧应控制地面临时超载活动，不应超过 20 kPa。
- 7.1.3 有轨电车控制保护区内的建设项目在实施过程中应有应急措施和预案。
- 7.1.4 建设项目施工不应影响有轨电车车站的正常运行。周边工程和建筑物不应侵入运行线路的限界。
- 7.1.5 有轨电车控制保护区内的建设项目施工，应对建设项目和有轨电车结构实施全过程动态监控。

7.2 基坑施工

- 7.2.1 基坑土方开挖时应综合评估时空效应，遵循“分层、分块、对称、平衡、限时”的原则。
- 7.2.2 有轨电车两侧同时存在基坑施工的情况下，不宜两侧同时开挖。
- 7.2.3 搅拌桩应选择三轴搅拌桩施工，在施工前应远离有轨电车结构，并通过试成桩确定施工参数。
- 7.2.4 基坑加固宜按垂直轨道走向“先近后远”的顺序进行。基坑的加固宜采用三轴搅拌桩；邻近有轨电车侧不宜采用高压旋喷注浆加固。
- 7.2.5 有轨电车控制保护区内的深、大基坑应分层、分块实施。
- 7.2.6 邻近有轨电车侧每一层土体的留土宽度不应小于 4 倍单层土体开挖深度，且应最后挖除。
- 7.2.7 支撑与围护墙之间应有可靠连接；采用钢支撑支护时，宜采用自动伺服钢支撑系统，不宜采用无围檩的支撑体系。
- 7.2.8 钢筋混凝土支撑拆除应遵循“先换撑，后拆除”的原则，邻近有轨电车一侧支撑拆除应采用人工拆除。
- 7.2.9 垫层施工应分块进行，每块开挖面积不宜大于 200 m²，并在开挖后 12 h 内完成垫层施工。垫层施工完成后应在 7 d 内完成底板浇筑。
- 7.2.10 基坑内存在局部深坑时，宜在完成大底板施工后进行落深区基坑施工。

7.3 桩基施工作业

- 7.3.1 有轨电车控制保护区内或有轨电车结构在挤土桩桩基入土深度 2 倍范围内进行桩基施工时，应在施工前进行试桩确定施工工艺并分析对有轨电车结构的影响。
- 7.3.2 钻孔灌注桩施工应连续不间断地一次完成，成孔完毕至灌注混凝土的间隔时间不宜大于 24 h。
- 7.3.3 钻孔灌注桩施工中可采用优质泥浆护壁、提高泥浆液面高度等措施提高钻孔灌注桩的成桩质量、控制孔壁塌陷。
- 7.3.4 针对不同地质层应选用不同的钻头、钻进压力、钻进速度及适当的泥浆比重。钻头中心与钻孔中心位置偏差应控制在 2 cm 内。钻进过程中，通过深度计数器（测绳）控制钻孔深度。
- 7.3.5 护筒内径应比桩径大 20 cm~30 cm，长度至少应为 1.5 m~2 m。护筒顶面中心与设计桩位偏差不应大于 5 cm，倾斜度不应大于 1%。为便于泥浆循环，在护筒顶端应留有高 30 cm~50 cm，宽 20 cm 的出浆口。
- 7.3.6 成孔后，应用水准仪复测护筒标高并及时查看是否达到桩长。应用测绳测孔深并用钢尺对测绳进行标定看是否准确（或成孔成槽检测仪）。
- 7.3.7 基桩应按照设计和规范要求确定检测方法，应采用小应变、声波透射检测桩身混凝土的质量，应采用静载试验检测桩基承载力，应确保桩基础承载力检验结果符合设计要求。

7.4 地下水作业

- 7.4.1 基坑开挖前应做现场抽水试验，以确定降水施工参数和止水帷幕的有效性，评价降水对周围环境的影响程度。
- 7.4.2 有轨电车控制保护区内的地下水作业，应监测有轨电车结构周边地层的水位变化。

7.4.3 当外部作业影响有轨电车地下结构周围的水位变化时，应验算作用于地下结构上的水土压力，并结合有轨电车沉降控制值进行验算地下结构的安全。

7.4.4 基坑施工时应按需降水，不应大量抽取地下水，降水系统宜远离有轨电车结构。欠固结土层应避免大面积降水。

7.4.5 基坑底层有承压水且不能满足稳定性要求时，应先采用隔水帷幕隔断承压水，因特殊情况不能隔断时可采用水平封底加固隔渗、降压以及回灌等措施。管井降水、集水明排应采取措施控制出水含砂量；降水水位稳定后其含砂率应小于 1/20000。

7.4.6 降水期间应对地下水位变化及有轨电车既有结构进行监测。

7.5 爆破作业

7.5.1 有轨电车控制保护区内的爆破作业应遵循“多孔布设、分散装药、分段装药、严密防护、规模控制”的原则。

7.5.2 有轨电车车站附近进行爆破作业前，应张贴安全告示，严密警戒，做好应急预案演练。

7.5.3 爆破作业应采取有效的防护措施，防止飞散物破坏有轨电车地面结构，且不应在有轨电车运营时间进行爆破作业。

7.5.4 有轨电车控制保护区内进行爆破作业前，应制定技术方案、安全措施、安全应急预案和爆破安全监控方案。城市轨道交通控制保护区内的水下爆破作业方案，应通过爆破测试和专家论证后确定。

7.5.5 有轨电车控制保护区内的爆破作业前，应进行试爆作业和爆破震动监测，并应根据试爆效果及监测信息优化爆破作业。

7.5.6 有轨电车控制保护区内的爆破作业应做好包括爆破作业点、爆破规模、爆破参数、爆破效果及爆破有害效应等的作业记录。

8 安全风险评估要求

8.1 一般要求

8.1.1 当外部作业的安全保护等级为限制、1 级时，应进行安全风险评估，2 级宜进行安全风险评估。

8.1.2 应委托有资质的第三方单位或机构进行安全风险评估，并组织专家审查安全风险评估报告。

8.1.3 安全风险评估宜贯穿于外部作业的设计、实施多个阶段全过程，包括有轨电车结构现状评估、外部作业影响评估、外部作业施工过程评估和外部作业影响后评估。

8.1.4 安全风险评估应符合 GB 50652、JGJ 120、CJJ/T 202 的规定。

8.2 安全风险评估内容

有轨电车控制保护区内的建设工程安全风险评估应包括以下内容：

- a) 界定风险管理对象与目标，划分工程建设风险评估单元，制定工程建设风险等级标准，分析对有轨电车结构的影响；
- b) 进行工程潜在风险源辨识，给出重大风险源；
- c) 给出风险评估等级和总体风险评估结果；
- d) 根据风险等级提出控制措施与应急措施，并对监控量测提出具体要求。

8.3 风险接受准则

针对风险评估得出的风险等级，应采用不同的风险处置原则和控制方案，各等级风险的接受准则应符合表 14 的规定。

表 14 风险接受准则

风险等级	接受准则	处置原则	控制方案
I 级	不可接受	应采取风险控制措施降低风险, 至少应将风险降低至可接受或不愿接受的水平	应编制风险预警与应急处置方案, 或进行方案修正或调整等
II 级	不愿接受	应实施风险管理降低风险, 且风险降低的所需成本不应高于风险发生后的损失	应实施风险防范与监测, 制定风险处置措施
III 级	可接受	宜实施风险管理, 可采取风险处理措施	宜加强日常管理与监测
IV 级	可忽略	可实施风险管理	可开展日常审视检查

9 监测要求

9.1 一般要求

- 9.1.1 有轨电车控制保护区监测应对有轨电车既有结构及设施、有轨电车与建设项目中间场地环境进行监测。
- 9.1.2 建设工程施工前, 应由建设方委托具备相应能力的第三方对监测对象实施现场监测。监测单位应编制监测方案, 监测方案应经建设方、设计方、有轨电车管理单位等认可, 必要时还应与周边环境涉及的有关管理单位协商一致后方可实施。
- 9.1.3 监测方案应符合 GB 50497 的规定, 并结合有轨电车既有结构形式、建设工程安全保护等级及安全风险评估结果等内容进行编制。
- 9.1.4 监测数据初始值采集和有轨电车交通设施现状的确认应在外部作业活动前完成。
- 9.1.5 监测工作应建立完备的信息反馈制度。监测成果应准确、完整、连续、及时地反映周边外部活动对有轨电车交通设施的影响。
- 9.1.6 符合以下情况之一的, 可实施自动化监测:
- a) 人工监测频率无法满足要求的监测项;
 - b) 不便于实施人工监测的监测项;
 - c) 其他具有特殊要求的监测项。

9.2 监测范围和内容

- 9.2.1 有轨电车既有结构和设施以及中间场地的监测范围应满足表 15 的要求。

表 15 有轨电车结构监测范围

序号	监测对象	建设项目	安全保护等级	监测范围
1	有轨电车既有结构和设施	基坑工程、桩基工程、顶管等危险性较大的工程、爆破作业等	1 级	外部作业项目沿有轨电车线路方向两端各延长 50 m，且总长不小于 100 m 的区域。
2			2 级	外部作业项目沿有轨电车线路方向两端各延长 20 m 的区域，且总长不小于 60 m 的区域。
3			3 级	
4	中间场地		1 级	外部作业项目沿有轨电车线路方向两端各延长 50 m，且总长不小于 100 m 的区域。
5			2 级	外部作业项目沿有轨电车线路方向两端各延长 20 m 的区域，且总长不小于 50 m 的区域。
6			3 级	

- 9.2.2 有轨电车既有结构和设施、中间场地监测项目的选择应符合表 16 的规定。监测项目选择, 应结合有轨电车安全保护等级和监测对象共同确定。

表 16 监测项目

序号	监测项目	安全保护等级			监测对象
		1级	2级	3级	
1	竖向位移	√	√	√	有轨电车既有结构和设施
2	水平位移	√	√	√	
3	隧道净空收敛	√	△	△	
4	变形曲率半径	△	△	△	
5	结构变形缝	√	△	△	
6	隧道断面变形	△	△	△	
7	车站、附属结构侧墙、高架桥墩垂直度	√	△	△	
8	高架桥梁挠度	△	△	△	
9	道床与轨道形变	√	△	△	
10	围护桩（土）体深层位移	√	△	△	中间场地
11	地下水位	√	△	△	
12	地表沉降	√	√	√	
13	管线沉降	√	√	△	

注1：√为必测项目；△为选测项目。

9.2.3 当外部作业活动采用爆破作业施工时，应对有轨电车结构进行爆破振动监测，并应符合 GB 50497 的规定。

9.2.4 有轨电车既有结构和设施、中间场地巡视检查应符合 GB 50911 和 GB 50308 的规定，并应由专人进行和填写巡视检查表单。

9.3 监测点布设

9.3.1 根据安全保护等级，监测点应布设在监测对象变形和受力的关键特征点上，线路曲线段监测断面应加密布设，布设要求应符合 GB 50911 的规定。

9.3.2 基准点应布设在安全保护等级规定范围外不受扰动的区域，且稳定可靠。

9.3.3 监测点的布置应在外部建设或者作业活动前完成。

9.3.4 监测点布设应按照监测断面布设，监测断面应满足表 17 的要求。

9.3.5 应根据安全保护等级选择对应的必测监测项目，必测的监测点数量应满足表 17 要求；

9.3.6 监测断面间距应根据安全保护等级确定，且布设的断面间隔不宜大于表 17 中规定的监测断面间距要求。

9.3.7 9.2 中涉及的监测项目，且未在表 17 中体现的监测点数量和布设要求，应符合 GB 50911 和 GB 50308 的规定。

表 17 监测点布设要求

监测部位	线路性质	监测断面间距		断面监测点数	布点数量及位置
		1级	2级、3级		
地下车站或区间	运营线路	5 m	10 m	不少于4个	道床2个，结构2个
	非运营线路	5 m	10 m	不少于3个	路基2个，结构1个
地面车站或区间	运营线路	5 m	10 m	不少于4个	道床2个、两侧路基各1个
	非运营线路	5 m	10 m	不少于2个	路基（道床）2个
高架车站或区间	运营线路	5 m	10 m	不少于6个	道床2个，桥墩、结构各2个
	非运营线路	5 m	10 m	不少于4个	底板2个，桥墩、结构各1个
中间场地	运营线路	20 m	40 m	不少于6个	每断面地表沉降不少于5个、水位1个、测斜1孔
	非运营线路	20 m	40 m	不少于6个	每断面地表沉降不少于5个、水位1个、测斜1孔

注：表中所列的监测断面监测点数量为有轨电车站或区间的单线监测点数量。

9.4 监测精度、频率和周期

- 9.4.1 有轨电车结构的水平位移监测精度应符合 JGJ 8 的规定。
- 9.4.2 有轨电车结构的竖向位移监测精度应符合 JGJ 8 的规定。
- 9.4.3 中间场地监测项目、有轨电车既有结构、设施以及附属结构监测项目的监测精度应符合 GB 50911、JGJ 8 的规定。
- 9.4.4 监测频率应根据新建工程性质、施工工况确定，并应符合表 18、表 19 的规定。

表 18 桩基工程、顶管等危险性较大工程的监测频率

外部作业类型	施工工况	监测频率
桩基工程、顶管等危险性较大的工程	施工前	完成初始数据采集
	工程桩、顶进施工期间	(1次~3次)/天
	滞后观测期(3个月)	1次/15天

表 19 基坑工程的监测频率

外部作业类型	施工工况	监测频率
基坑工程	施工前	完成初始数据采集
	基坑开挖前	1次/天
	靠近有轨电车侧围护结构施工	3次/天
	开挖~底板浇筑后7 d	3次/天
	底板浇筑后(7 d~建筑结构±0高度)	1次/天
	如有支撑拆除作业，支撑结构拆除过程中及拆除完成后3日	3次/天
	建筑结构±0高度~建筑物封顶	1次/(7天~10天)
	滞后观测期(3个月~6个月)	1次/15天

- 9.4.5 监测周期应从监测项目采集初始值开始至外部作业完成后三个月。其中滞后观测期为外部作业完成后三个月。如外部作业为高层建筑，滞后观测期应为六个月。
- 9.4.6 在规定滞后监测期内，监测数据尚未稳定的，应持续监测至监测数据稳定。监测数据稳定的判断依据应符合 JGJ 8 的规定。

9.5 预警管理和信息反馈

- 9.5.1 有轨电车道床、结构和桥墩结构监测报警值应符合表 20、表 21 的规定。

表 20 有轨电车道床结构沉降监测预警、报警及控制值

单位为毫米

日变化量报警值		累计报警值		
预警值	报警值	预警值	报警值	控制值
±1	±1.5	±2	±3	±5

表 21 有轨电车桥墩结构沉降监测预警、报警及控制值

单位为毫米

日变化量				累计变化量最大值		相临桥墩 差异沉降
预警值		报警值				
横桥向及顺桥 向水平位移	竖向位移	横桥向及顺桥向 水平位移	竖向位移	横桥向及顺桥 向水平位移	竖向位移	不大于5
±1	±1	±1.5	±1.5	±5	±5	

9.5.2 中间场地监测点以及有轨电车其他结构监测项目的监测预警值与报警值应根据安全保护等级、设计文件和安全风险评估报告确定，且应符合 GB 50911、JGJ 8 的规定。

9.5.3 监测数据达到预警值时，应立即发布预警，上报有轨电车管理单位、建设单位、施工单位、监理单位；同时应按照表 22 的规定划分监测预警等级及采取应对管理措施。当同一测点每天的监测数据变化率值连续三天超过 2 mm 时，监测预警等级应评定为橙色。

表 22 监测预警等级划分及应对管理措施

监测预警等级	监测比值 G	应对管理措施
—	$G < 0.6$	可正常进行外部作业
黄色预警	$0.6 \leq G < 0.8$	监测报警，并采取加密监测点或提高监测频率等措施加强对城市轨道交通结构的监测
橙色预警	$0.8 \leq G < 1.0$	应暂停外部作业，进行施工过程安全评估工作，各方共同制定相应安全保护措施，并经技术审查后，开展后续工作
红色预警	$1.0 \leq G$	启动安全应急预案
注： G = 监测项目实测值 / 结构安全控制指标值。		

9.5.4 巡视检查出现异常时，应立即上报管理单位，分析原因并采取相应的措施。

9.5.5 监测数据消除报警应满足以下条件：现场采取妥善的措施后，且连续 6 个监测周期的日变化量小于报警值的 50% 时，方可消除预警，外部作业恢复施工。

9.6 监测成果及信息反馈

9.6.1 监测成果资料应完整、清晰、签字齐全，监测成果应至少包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、文字报告。

9.6.2 监测资料宜包括外业观测记录、现场巡查记录、记事项目以及仪器、视频等电子数据资料。外业观测记录、现场巡查记录应在现场直接记录在正式的监测记录表格中，监测记录表格中应有相应的工况描述。

9.6.3 取得现场监测资料后，应及时对监测资料进行整理、分析和校对，监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行现场核对或复测。

9.6.4 对监测数据应及时计算累计变化值、变化速率值，并绘制时程曲线，必要时绘制断面曲线图、等值线图，并应根据施工工况、地质条件和环境条件分析监测数据的变化原因和变化规律，预测其发展趋势。

9.6.5 监测报告可分为日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。监测报告应采用文字、表格、图形、照片的形式表达，监测报告提供的内容应真实、准确、完整。监测报告宜包括下列内容：

a) 日报：

- 1) 工程施工概况；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录；
- 3) 监测项目日报表：仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、控制值、监测点平面位置图；
- 4) 监测数据、现场巡查信息的分析与说明；
- 5) 结论与建议。

b) 警情快报：

- 1) 警情发生的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录；

- 3) 监测数据图表：监测项目的累计变化值、变化速率值、监测点平面位置图；
- 4) 警情原因初步分析；
- 5) 警情处理措施建议。

c) 阶段性报告：

- 1) 工程概况及施工进度；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录；
- 3) 监测数据图表：监测项目的累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图；
- 4) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
- 5) 结论与建议。

d) 总结报告：

- 1) 工程概况；
- 2) 监测目的、监测项目和监测依据；
- 3) 监测点布设；
- 4) 采用的仪器型号、规格和元器件标定资料；
- 5) 监测数据采集和观测方法；
- 6) 现场巡查信息：巡查照片、记录；
- 7) 监测数据图表：监测值、累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图；
- 8) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
- 9) 结论与建议。

9.6.6 监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告应及时向相关单位报送。

10 围挡要求

10.1 围挡设施类别

- 10.1.1 移动式围挡设施应至少包括：水马（推荐使用）、重力式围栏、伸缩式围栏、架立式围栏、锥筒。
- 10.1.2 围挡设施应至少包括：带砦基础铝合金施工围挡（推荐使用）、夹心彩钢板围挡、镂空式围挡。
- 10.1.3 标牌标志设施应至少包括：提示标牌、导向标牌、警示标志。
- 10.1.4 移动式围挡宜使用水马，固定式围挡宜使用带砦基础铝合金施工围挡。

10.2 围挡设置相关要求

- 10.2.1 养护作业、临时道路挖掘等作业具有施工区域小、作业分布无规律、作业周期短、作业受现场条件制约等特点，围挡设置应结合现场作业实际面积，不宜设置过大，应选用轻便、牢固、醒目特性的材质，且满足安全生产和文明施工要求。
- 10.2.2 规模较大道路挖掘修复、道路专项养护工程、道路专项大修工程具有工程面积大、施工区域固定、施工周期长、交通组织困难等特点，设置的围挡采用材质应保证强度和刚度，安装后应稳定、牢固，应能适用于各类不良天气条件，且满足安全生产和文明施工要求。
- 10.2.3 外部作业需在有轨电车控制保护区范围内进行围挡搭设作业时，围挡与有轨电车交通设备设施的结构外边线相对净距宜不小于 6 m。
- 10.2.4 外部作业施工围挡距离有轨电车平交道路、小道口 20 m 范围内设置施工围挡的，应采用全通透性围挡或上部 0.8 m 以上部分采用通透性围挡，不应影响路口有轨电车行车视距。

参 考 文 献

- [1] GB 50007 建筑地基基础设计规范
 - [2] GB 50009 建筑结构荷载规范
 - [3] GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准
 - [4] GB/T 50502 建筑施工组织设计规范
 - [5] GB 55033 城市轨道交通工程项目规范
 - [6] JGJ 94 建筑桩基技术规范
 - [7] DB32/T 4351 城市轨道交通结构安全保护技术规程
 - [8] T/CSPSTC 44 城市轨道交通运营保护区安全管理技术规范
 - [9] T/CAMET 07001 现代有轨电车运营管理规范
 - [10] T/CAMET 07002 现代有轨电车运营安全评价规范
 - [11] 城市轨道交通运营管理规定
 - [12] 危险性较大的分部分项工程安全管理规定
 - [13] 北京市轨道交通运营安全条例
 - [14] 上海市轨道交通管理条例
 - [15] 苏州市轨道交通条例
 - [16] 广州市城市轨道交通管理条例
 - [17] 淮安市现代有轨电车交通运营管理办法
 - [18] 武汉市有轨电车管理暂行办法
 - [19] 南海区现代有轨电车保护区管理办法
-