

UDC

中华人民共和国行业标准

TB

TB XXXX—2016
J XXX—2016

P

铁路工程爆破振动安全技术规范

Safety Technical Specification for Blasting Vibration
of Railway Engineering

(送审稿)

2017-XX-XX 发布

2017-XX-XX 实施

国家铁路局 发布

中华人民共和国行业标准

铁路工程爆破振动安全技术规范

**Safety Technical Specification for Blasting Vibration
of Railway Engineering**

TB XXXX - 2017

J XXX - 2017

主编单位：中国铁道科学研究院

批准部门：国家铁路局

施行日期：2017年XX月XX日

2017年 北京

前 言

本规范是根据原铁道部《关于印发 2011 年铁路工程建设标准编制计划的通知》（铁建设函〔2011〕10 号）的要求，在广泛征求意见的基础上编制而成。

本规范认真总结了近年来铁路工程爆破振动实践经验，吸纳了工程爆破振动科研成果，借鉴了其它行业相关标准，明确了铁路工程建设的爆破振动安全标准，规定了爆破振动检测方法，提出了爆破振动安全控制措施，有利于控制爆破振动对铁路工程和周围环境的影响，确保铁路工程建设和运营安全，体现了科学性和可操作性。

本规范共分 6 章，包括总则、术语与符号、基本规定、爆破振动安全控制标准、爆破振动检测、爆破振动控制等，另有 1 个附录。主要内容如下：

1. “总则”中，规定了本规范适用范围，明确了与铁路相关的爆破工程，其勘察、设计、施工、安全评估、振动检测等要求。

2. “基本规定”中，提出了爆破振动控制指标，明确了检测频次，规定了爆破振动控制技术的要求。

3. “爆破振动安全控制标准”中，规定了边坡、桥梁、涵洞、隧道、路基、接触网支柱、站房等主要铁路工程爆破振动安全允许值。

4. “爆破振动检测”中，规定了爆破振动现场检测方法、数据整理与分析、检测报告编写等要求。

5. “爆破振动控制”中，提出了降低爆破振动影响、监测控制爆破振动有害效应等的技术措施。

在执行本规范过程中，希望各单位结合工程实践，认真总结经验，积累资料。如发现需要修改和补充之处，请及时将意见和有关资料寄交中国铁道科学研究院（北京市海淀区大柳树路 2 号，邮政编码：100081），并抄送中国铁路经济规划研究院（北京市海淀区北蜂窝路乙 29 号，邮政编码 100038），供今后修订时参考。

本规范由国家铁路局科技与法制司负责解释。

主编单位：中国铁道科学研究院。

主要起草人：杨年华、张志毅、孟海利、薛里、邓志勇。

主要审查人员：冯叔瑜、王立川、梅锦煜、傅锋、倪光斌、史雅语、张翠兵、吴新霞、张俊兵、张金柱等

目 录

1 总则.....	III
2 术语与符号.....	IV
3 基本规定.....	1
4 爆破振动安全控制标准.....	3
4.1 一般规定.....	3
4.1 路基.....	3
4.2 涵洞.....	3
4.3 边坡.....	4
4.4 桥梁.....	4
4.5 隧道.....	5
4.6 接触网支柱.....	5
4.7 站房.....	5
5 爆破振动检测.....	7
5.1 一般规定.....	7
5.2 现场检测.....	7
5.3 检测数据整理与分析.....	8
5.4 检测报告.....	8
6 爆破振动控制.....	10
附录 A 爆破振动检测记录单	12
本规范用词说明.....	13
条文说明.....	14

1 总则

1.0.1 为统一铁路工程爆破施工的振动安全技术标准，控制爆破振动对铁路工程和周围环境的影响，确保铁路工程建设和运营安全，做到安全可靠、技术先进、经济合理，特制订本规范。

1.0.2 本规范适用于铁路工程以及铁路附近其它工程的爆破施工振动安全控制。

1.0.3 铁路工程勘察、设计、施工应考虑爆破振动安全影响，并采取相应的技术措施。

1.0.4 邻近铁路和其它保护物爆破施工时，应进行安全评估和全程监控，爆破安全评估和振动检测应由有相关资质的第三方承担。

1.0.5 非铁路工程爆破施工对铁路工程和设施有影响时，其勘察、设计、施工、安全评估、振动检测应符合本规范的规定。

1.0.6 铁路工程及铁路附近其它工程爆破振动安全控制除应符合本规范外，尚应符合现行国家和行业相关标准的规定。

2 术语与符号

2.1 术语

2.1.1 爆破振动 blasting vibration

在岩土等介质中发生爆炸，部分能量以地震波的形式向外传播，引起附近地层和结构物的振动。

2.1.2 爆破振动强度 blasting vibration strength

爆破振动强度用介质质点的运动物理量来描述，包括质点位移、速度和加速度。在工程爆破中，多用质点振动速度峰值表达爆破振动强度。

2.1.3 爆破振动速度 blasting vibration velocity

爆破地震波作用下，介质质点往复运动的速度。

2.1.4 主振频率 main vibration frequency

介质质点最大振幅所对应振动波的频率。

2.1.5 振动允许值 permitted vibration level

在保证保护物安全的条件下，保护目标所承受的爆破振动幅值。

2.1.6 爆破振动检测 blasting vibration detection

采用专用爆破振动测试仪器对爆破引起的振动进行测试，判断爆破振动峰值、主振频率和振动持续时间等指标的大小。

2.1.7 振动衰减规律 attenuation relation of vibration

爆破振动幅值随爆炸单段药量、距离的衰减关系。

2.1.8 单段药量 charge weight per delay

采用延时爆破技术分段爆破时，各延时段爆破的炸药总量。

2.2 符号

V ——质点振动速度峰值。

K ——与爆破作用条件、地形地质条件有关的爆破振动衰减系数。

α ——与爆区至测点间的地形、地质条件有关的爆破振动衰减指数。

Q ——炸药量，齐发爆破为总装药量，延时爆破为单段药量。

R ——测点至爆源的距离。

S ——爆破点至铁路或其它保护物的距离。

$[V]$ ——爆破振动速度允许值。

f ——爆破振动主振频率。

r ——相关系数。

CMA——中国计量认证简称。是根据中华人民共和国计量法的规定，由省级以上人民政府计量行政部门对检测机构的检测能力及可靠性进行的一种全面的认证及评价。

3 基本规定

3.0.1 铁路工程前期勘察应查明线路附近对爆破振动敏感的保护物，进行详细地质勘探，提供爆破开挖区至保护物区间的有关地质资料。

3.0.2 铁路工程设计应验算爆破开挖产生的最大振动对保护物的安全影响，优化线路走向，尽量绕避或采取爆破振动安全控制工程措施。

3.0.3 邻近铁路爆破施工及邻近其他保护物的铁路工程爆破施工，应进行爆破专项设计，并对爆破产生的振动等有害效应进行安全评估。爆破安全评估单位应持有公安部门颁发的相应许可证，并具有铁路工程专业背景。安全评估项目负责人应具有高级爆破技术人员安全作业证资格。

3.0.4 邻近铁路的爆破方案和安全评估意见除应上报当地公安机关审批外，还应取得铁路运输管理单位同意。

3.0.5 爆破振动安全评估应包括下列内容：

- 1 根据铁路工程和设施的相关资料，被保护对象的性质和特点，爆区与保护设施的相对位置、距离以及场地条件等，论证爆破振动控制指标的合理性。

- 2 评价爆破设计方案的可行性、钻爆参数的合理性。

- 3 论证爆破有害效应的影响范围是否可控，爆破振动控制方案与施工措施是否合理。

- 4 爆破振动检测方案和安全保证措施是否可行。

- 5 事故预防对策和应急预案是否适当。

3.0.6 铁路工程爆破振动安全控制应符合下列要求：

- 1 铁路工程和设施的允许爆破振动强度应以最大质点振动速度作为控制指标，以 XYZ 三向振动速度矢量和的最大值为安全判据。

- 2 根据不同的爆破类型考虑爆破振动频率对保护物的安全影响。爆破前可根据类似工程或现场实测波形估算振动频率范围，爆破过程中根据振动检测波形作频谱分析，计算主振频率。

- 3 铁路工程和设施的允许爆破振动速度，应根据结构类型、结构状态、重要性以及爆破条件等因素综合选用。

3.0.7 邻近铁路爆破施工及邻近其他保护物的铁路工程爆破施工应开展爆破振动

检测。爆破振动检测频次可根据爆破点至保护目标的距离确定，并应符合表 3.0.7 的规定。

表 3.0.7 爆破振动检测频次要求

类别	爆破点至铁路或其它保护物的距离	检测频次	要求
I	$S \leq 100m$	每次爆破都实时监测	以允许值的 85% 作为预警值
II	$100m < S < 300m$	爆破初始不少于 5 次，每次不少于 5 个测点。	由爆破振动实测数据回归分析当地爆破振动衰减规律，据此核算最大单段药量，其单段药量和总药量不超过爆破测试的安全限量
III	$300m \leq S < 1000m$	爆破初始不少于 1 次	每次爆破的单段药量和总药量不超过爆破测试的安全限量

3.0.8 重要保护物的振动检测频次应由安全评估确定。非铁路部门的保护物，若对爆破振动检测频次有相关要求，应按照其要求执行。

3.0.9 爆破施工方案的编制、审核人应具有从事相应级别的爆破工程作业资格证书。爆破施工方案应对爆破振动衰减进行计算分析，确定爆破振动安全距离或最大允许单段爆破药量。

3.0.10 爆破区 300m 范围内有振动控制保护物时，应进行爆破试验，检测分析爆破振动传播衰减规律，获取衰减参数。检测测点宜布置在具有代表性的监测断面上，同次测点不应少于 5 个，并按对数距离间隔布置。

4 爆破振动安全控制标准

4.1 一般规定

4.1.1 铁路工程和设施的爆破振动安全判据以质点峰值振动速度和主振频率为主。当爆破振动影响范围内有多项铁路工程和设施，应按最小的爆破振动速度允许值为控制标准。

4.1.2 铁路工程的爆破施工对其它保护物造成振动影响时，其爆破振动速度允许值以国家及其它行业标准为依据，尚无标准的应进行专家论证。

4.2 路基

4.2.1 铁路路基爆破振动安全标准应根据结构型式和技术状态等因素综合确定。

4.2.2 铁路路基爆破振动安全允许值应选择迎爆侧路肩的振动速度峰值为基准。

4.2.3 铁路路基爆破振动安全允许值可按表 4.2.3 确定。

表 4.2.3 铁路路基爆破振动安全允许值

类别	爆破振动速度允许值[V] cm/s		
	$f \leq 10$ Hz	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$f > 50$ Hz
有砟轨道路基	5~6	6~7	7~8
无砟轨道路基	3~4	4~5	5~6

4.2.4 特殊路基或有特殊要求线路，其爆破振动速度允许值应进行论证。

4.3 涵洞

4.3.1 铁路涵洞爆破振动安全标准应根据结构类型、建筑材料、覆土厚度和技术状态等因素综合确定。

4.3.2 铁路涵洞爆破振动安全允许值应根据结构类型选择迎爆侧涵洞侧壁、顶板或底板的振动速度峰值为基准。

4.3.3 铁路涵洞爆破振动安全允许值可按表 4.3.3 确定。

表 4.3.3 铁路涵洞爆破振动安全允许值

类别	爆破振动速度允许值[V] cm/s		
	$f \leq 10$ Hz	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$f > 50$ Hz
圆管涵、整体式箱涵	4~5	5~6	6~7

混凝土盖板涵	3~4	4~5	5~6
石砌涵	2~3	3~4	4~5

4.3.4 特殊结构涵洞或有病害的涵洞，其爆破振动速度允许值应进行论证。

4.4 边坡

4.4.1 铁路边坡爆破振动安全控制标准应根据地质条件、支护类型、边坡高度和稳定状态等因素综合确定。

4.4.2 岩石边坡爆破振动安全允许值应以坡顶边缘的振动速度峰值为基准。

4.4.3 岩石边坡爆破振动安全允许值可按表 4.4.3 确定：

表 4.4.3 岩石边坡爆破振动安全允许值

类别	爆破振动速度允许值[<i>V</i>] cm/s		
	$f \leq 10$ Hz	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$f > 50$ Hz
高度大于 8m	3.0~4.0	4.0~5.0	5.0~6.0
高度 $\leq 8\text{m}$	4.0~5.0	5.0~6.0	6.0~7.0

4.4.4 特殊边坡或有病害的边坡，其爆破振动速度允许值应进行论证。

4.5 桥梁

4.5.1 铁路桥梁爆破振动安全标准应根据结构类型、建筑材料、支座类型和技术状态等因素综合确定。

4.5.2 铁路钢结构桥、圬工桥、混凝土及预应力混凝土桥的爆破振动安全允许值应以无列车通过时桥墩顶部的振动速度峰值为基准。

4.5.3 一般桥梁的爆破振动安全允许值可按表 4.5.3 确定。

表 4.5.3 桥梁爆破振动安全允许值

类别	爆破振动速度允许值[<i>V</i>] cm/s		
	$f \leq 10$ Hz	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$f > 50$ Hz
钢结构桥	5~6	6~7	7~8
圬工桥、混凝土及预应力混凝土桥	4~5	5~6	6~7

4.5.4 特殊结构桥梁或有病害的桥梁，其爆破振动允许值应进行论证。高速铁路、城际铁路桥梁，其爆破振动速度允许值应减小 10%。

4.6 隧道

4.6.1 铁路隧道爆破振动安全标准应根据地质条件、结构型式、断面、埋深和技术状态等因素综合确定。

4.6.2 铁路隧道爆破振动安全允许值应选择迎爆侧拱墙至爆源最近处的振动速度峰值为基准。

4.6.3 铁路隧道爆破振动安全允许值可按表 4.6.3 确定。

表 4.6.3 铁路隧道爆破振动安全允许值

类别	爆破振动速度允许值[V] cm/s		
	$f \leq 10$ Hz	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$f > 50$ Hz
单线隧道	6~7	7~8	8~9
双线隧道	5~6	6~7	7~8

4.6.4 有缺陷和病害的铁路隧道，其爆破振动速度允许值应进行论证。

4.7 接触网支柱

4.7.1 铁路接触网支柱爆破振动安全标准应根据安装位置和材质类型等因素综合确定。

4.7.2 接触网支柱爆破振动安全允许值应以支柱基座的振动速度峰值为基准。

4.7.3 接触网支柱基座的爆破振动安全允许值可按表 4.7.3 确定。

表 4.7.3 接触网支柱基座的爆破振动安全允许值

类别	爆破振动速度允许值[V] cm/s		
	$f \leq 10$ Hz	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$f > 50$ Hz
钢支柱	6~7	7~8	8~9
钢筋混凝土支柱	4~5	5~6	6~7

4.7.4 特殊接触网支柱，其爆破振动速度允许值应进行论证。

4.8 站房

4.8.1 铁路站房爆破振动安全标准应根据结构型式和技术状态等因素综合确定。

4.8.2 铁路站房爆破振动安全允许值应以靠近爆源侧的室外地面的振动速度峰值为基准。

4.8.3 铁路站房爆破振动安全允许值可按表 4.8.3 确定。

表 4.8.3 铁路站房的爆破振动安全允许值

类别	爆破振动速度允许值[V] cm/s		
	$f \leq 10$ Hz	$10\text{Hz} < f \leq 50\text{Hz}$	$f > 50$ Hz
一般砖房、非抗震的大型砌块站房	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~2.5
钢筋混凝土结构站房	1.5~2.0	2.0~3.0	3.0~3.5
钢结构站房	2.0~3.0	3.0~4.0	4.0~5.0
有大面积玻璃幕墙和粘贴板装饰的站房	0.5~1.5		

4.8.4 铁路站房内仪器仪表、通信设施的爆破振动速度允许值应进行论证。

5 爆破振动检测

5.1 一般规定

5.1.1 爆破振动检测应符合下列要求：

1 测点布置应根据工程爆破动力响应条件，按照振动安全允许值的基准要求布置测点。

2 检测方法和仪器设备应符合相关标准的规定。

3 检测设备应定期进行校准或标定，检测设备应满足精度要求。

5.1.2 爆破振动安全检测前应进行爆破振动安全检测设计并编制实施计划。

5.1.3 爆破振动检测应由有资质的单位承担；检测人员应持有公安部门颁发的《爆破人员安全作业证》，并具有铁路工程专业背景。

5.2 现场检测

5.2.1 现场检测应符合下列规定：

1 收集地形地质、保护对象、爆破设计文件、爆破实施情况等资料。

2 合理选择自触发设定值。设置的量程、记录时间及采样频率等应满足被测物理量的要求。

3 合理选择开机时间，做好仪器和人员安全保护。有远程控制的测试设备，可根据爆破程序，设置开机指令。

4 采用爆破振动自动记录仪测量，需测试爆破地震波传播速度时，应采用同步触发装置使多测点的爆破振动自动记录仪同步记录。

5 检测过程中应做好爆破安全检测的原始记录。

5.2.2 传感器的安装应符合下列规定：

1 安装前根据测点布置情况对测点及其传感器进行统一编号，约定传感器的X方向为水平径向，Y方向为水平切向；Z方向为垂直向。严格控制每一测点不同方向的传感器安装角度，误差不大于 5° 。

2 测点应布置在结构物上指定位置点，振动速度传感器与被测目标的表面用石膏牢固粘结，形成紧密连接。

3 所有测点位置应测出坐标，确定至爆源的传播距离；

5.3 检测数据整理与分析

5.3.1 爆破振动检测应做好数据储存和记录，填写爆破振动检测记录单，并应符合附录 A 的规定。

5.3.2 检测数据应输入专用分析软件进行处理，分别读出质点振动速度的峰值、对应的时间和爆破段别等，并宜采用快速傅里叶变换（FFT）方法进行频谱分析，获得爆破振动主振频率。

5.3.3 爆破振动速度最大值应按相同时刻的三向振动速度值进行矢量求和，并根据矢量和对应时间的波形，取最大波峰值。

5.3.4 现场检测数据应及时分析，比较检测的爆破振动速度最大值和振动速度允许值，判别爆破振动的安全性，分析爆破施工中存在的问题，提出改进意见。

5.3.5 爆破振动传播衰减规律统计分析应符合下列规定：

1 将相同地形地质条件和爆破条件下测得的爆破振动速度最大值、对应的单段爆破药量、测点距离，根据式 5.3.5 采用最小二乘法回归计算，求得 K 、 α 值。

$$V = K \left(\frac{\sqrt[3]{Q}}{R} \right)^\alpha \quad (5.3.5)$$

式中： V ——质点振动速度峰值，cm/s；

K 、 α ——与爆区至测点间的地形、地质条件有关的系数和衰减指数，统计分析获得；

Q ——炸药量，齐发爆破为总装药量，延时爆破为对应于 V 值时刻起爆的单段药量，kg；

R ——测点至爆源的距离，m。

2 对回归计算结果应进行相关性检验，相关性系数 r 应大于 0.9。

3 实测数据不能满足爆破振动衰减规律计算条件时，不宜进行统计分析。

5.4 检测报告

5.4.1 爆破振动安全检测报告应包括检测目的和方法、测点布置、测试系统的标定结果、实测波形图及其处理、各种实测数据、判定标准和判定结论等内容。

5.4.2 重复爆破的检测项目，应在每次爆破后及时提交检测简报，待现场检测工作结束后编制完整的检测报告。

5.4.3 检测报告应由取得计量认证合格证书的检测机构出具，并在其检测报告上使用中国计量认证（CMA）标记。

6 爆破振动控制

6.0.1 爆破振动控制设计应符合下列规定：

1 铁路爆破施工宜采用限制单段最大药量控制振动安全，并可采用先进爆破器材和技术优化爆破设计。

2 爆破振动安全核算时，宜将延时时差小于 15ms 的起爆药包按同段累加计算单段爆破药量。

3 隧道开挖爆破应区分掏槽孔、底板孔、周边孔、扩槽孔的最大允许单段起爆药量。初步设计中掏槽爆破的振动衰减系数 K 值可取常规预估值的 1.5 倍，周边孔爆破的振动衰减系数 K 值可取常规预估值的 0.5 倍，振动衰减指数 α 值根据地质条件按常规预估值选取。施工阶段按围岩类别进行现场振动速度检测获取相应炮孔的爆破振动衰减参数后，可据此调整爆破设计。

4 边坡开挖爆破应采用光面爆破或预裂爆破。坡面预裂爆破设计应根据周边保护物的振动允许值核算单段起爆药量、设计起爆网路。预裂爆破的振动衰减参数 K 、 α 值宜通过现场爆破试验获取，初步设计中预裂爆破的振动衰减系数 K 值可取常规预估值的 1.5 倍，振动衰减指数 α 值根据地质条件按常规预估值选取。

6.0.2 爆破振动控制可采取下列措施：

1 炮孔布置和延时网路设计应尽量保证每个炮孔起爆时有良好的临空面条件。隧道掏槽爆破中宜增加空孔或采用多级斜孔楔形掏槽降低爆破振动。

2 爆源后侧有振动敏感保护物时，可在爆破区边缘预先进行预裂爆破或预设密集隔振孔。

3 采用不耦合装药结构或孔内分段装药降低爆破振动幅值。

4 调整最小抵抗线方向和起爆阵面，避开最小抵抗线和起爆阵面法线背向振动敏感保护物。

5 采用电子雷管精确调整逐孔起爆时差，利用错峰干扰降振降低爆破振动幅值、提高爆破振动频率。

6 在重要保护物前方开挖减震沟，减震沟宽度以方便施工为原则，深度和长度根据被保护物与爆源关系确定。

6.0.3 爆破振动控制管理应符合下列规定：

1 实测爆破振动达到保护物的振动安全允许值的 85% 时，应对爆破施工发出

预警，加强爆破振动控制措施。

2 实测爆破振动达到保护物的振动安全允许值时，应提出整改措施。

3 实测爆破振动超出保护物的振动安全允许值时，应停工整改，提出加固保护措施，并经论证批准后方可继续爆破。

附录 A 爆破振动检测记录单

爆破振动检测记录单

检测日期： 年 月 日

记录编号：

工程名称					
爆破单位			检测单位		
仪器名称			仪器型号		
检测地点			天气		
开机时间			关机时间		
总分段数			总装药量 (kg)		
起爆方式			地形地质条件		
采样时长			采样频率		
测点号					
通道号					
传感器编号					
测量方向					
量程选择(V)					
灵敏度(V/cm/s)					
至爆区的距离(m)					
序号	单段药量(kg)	峰值质点振动速度 (cm/s)			
最大峰值速度(cm/s)					
主振频率(Hz)					
检测工程师评述：					

检测人：

校核人：

本规范用词说明

执行本规范条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中严格对待。

(1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”；

反面词采用“严禁”。

(2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

(3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

《铁路工程爆破振动安全技术规范》

条文说明

本条文说明系对重点条文的编制依据,存在的问题以及在执行中应注意的事项等予以说明。为了减少篇幅,只列条文号,未抄录原文。

1.0.2 凡是铁路工程的爆破施工,或是其它工程在铁路附近 1000 米范围内的爆破施工,均应遵守本标准。

1.0.3 为认知铁路工程爆破施工的风险程度,在铁路工程建设的各环节中均应考虑核算爆破振动安全影响。设计阶段可根据地形地质条件,参照相似工程的爆破振动衰减系数估算重点保护物的爆破振动安全性;施工初始阶段可通过现场小型爆破试验,检测爆破振动衰减系数,以此优化爆破施工方案;施工主体阶段对重点保护物进行爆破振动跟踪监测,一旦爆破振动影响超出预设值,应采取进一步的技术控制措施,以全面保证铁路工程的安全。

1.0.4 根据《铁路运输安全保护条例》规定,邻近铁路是指距离既有铁路中心线 1000 米范围内。在邻近既有铁路进行爆破施工时,应出具安全评估报告,安全评估单位需有铁道工程和爆破专业背景,具有相关咨询或评估资质,评审会议可聘请铁道爆破专业委员会的爆破专家对爆破施工方案中的安全指标核算和控制措施进行审查;监理方将根据安全评估意见及修改后的爆破施工方案监督爆破安全措施的执行;对保护物的爆破振动安全检测应由有相关资质的第三方承担,检测单位由建设方聘请,施工前应提交详细的检测方案。

1.0.5 非铁路工程的爆破施工,如天然气管道、高压线塔、公路工程在靠近铁路 1000m 范围内进行爆破作业,对铁路工程和设施可能造成安全影响时,起工程的勘察、设计、施工、安全评估、振动检测等各个环节中应按本标准的要求执行。

1.0.6 铁路工程爆破施工涉及到铁路之外的保护物,如天然气管道、高压线塔、水电站等,应参照相关行业规定的规定和国家《爆破安全规程》的规定,制定相应的爆破振动(包括飞石、烟尘等其它有害效应)安全控制和防护措施。

3.0.1 铁路建设前期勘察选线工作中应查明爆破开挖段需要考虑振动影响的保护物特征,并且提供该区域的地质条件和参数。其目的是为爆破设计时选择合理爆

破方法、预估爆破地震影响提供计算依据。

3.0.2 在铁路工程设计中通过验算爆破振动对保护物的影响程度，作为是否需要调整铁路走向的因素之一，或者考虑是否需要增加爆破振动控制措施。

3.0.3 按照《爆破安全规程》GB6722 的规定，在爆破施工前应对爆破设计方案进行安全评估。凡涉及到对铁路工程的安全影响，应在安全评估报告中专门针对爆破振动等有害效应和控制措施提出评估意见，评估结论必须是爆破对铁路工程的影响在安全范围内。爆破安全评估单位应有铁道工程专业背景，具有高级爆破技术人员作业资格的工程师负责安全评估工作。

3.0.4 涉及到铁路安全的爆破工程设计方案和安全评估意见除上报当地公安机关审批外，还必须争得铁路运输管理单位同意，需要在铁路天窗或行车间隔时间爆破的，应与附近车站取得联系。爆破应急处理方案也需要与铁路运输管理单位协调。

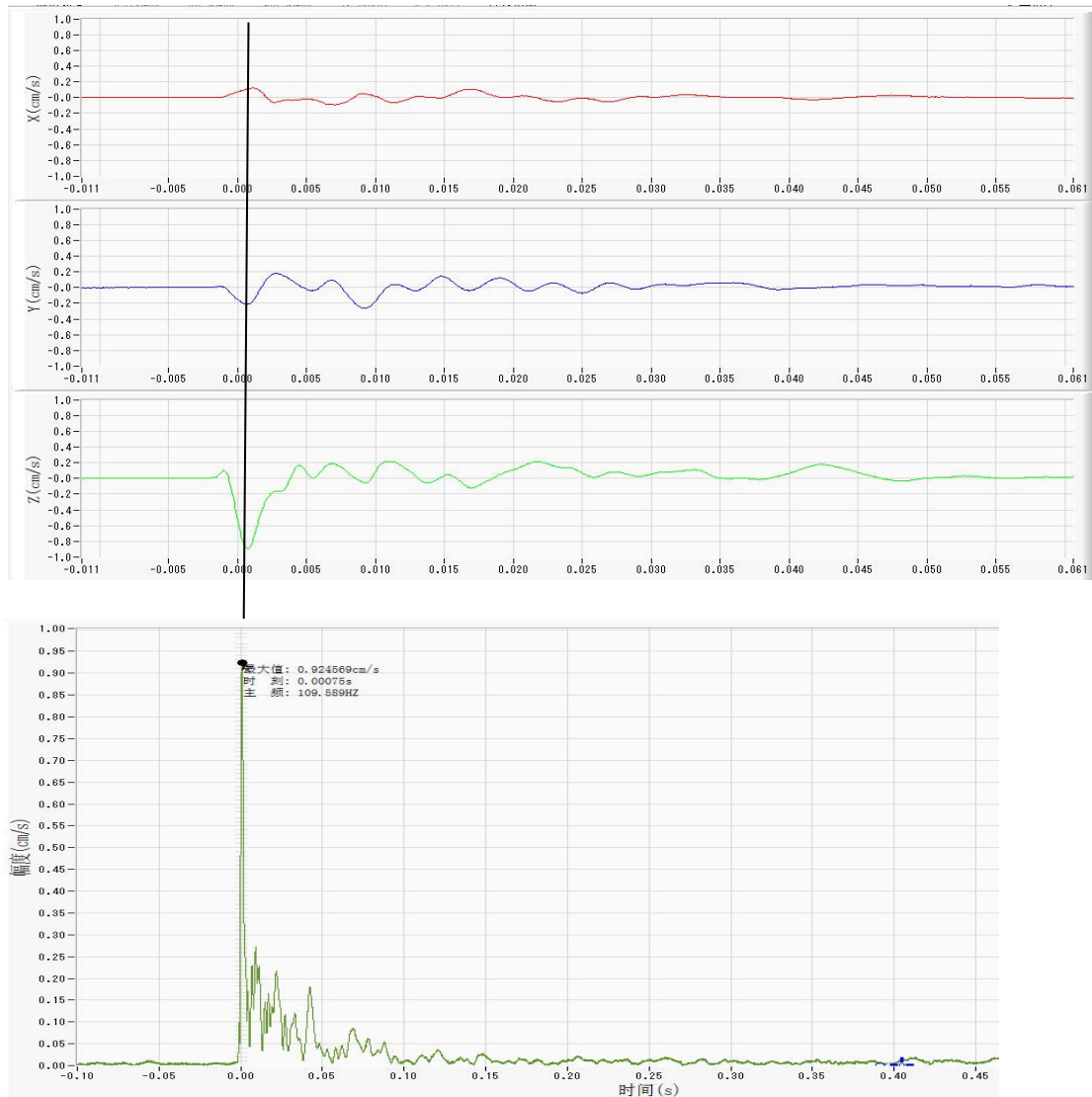
3.0.5 爆破有害效应主要包括：爆破振动、爆破飞石、爆破冲击波、爆破烟尘等，论证爆破有害效应对铁路的影响时，除了进行爆破振动影响外，其它有害效应的影响需要同时论证。

3.0.6 铁路工程爆破振动安全标准的要求为：

1 在爆破振动检测中需要同时测试水平径向 X 方向，水平切向 Y 方向，垂直向 Z 方向的质点振动速度，以这三向振动速度分量计算不同时刻的矢量和，找出振动速度矢量和的最大值作为衡量爆破振动是否超出标准的依据。

速度矢量和计算方法：同一台仪器测得 XYZ 三向振动速度波形，以数字化保存后，可以将任意相同时刻的三向振动速度值进行矢量求和，计算公式为：

$V(t)=\sqrt{V_x(t)^2+V_y(t)^2+V_z(t)^2}$ ，得到合速度（标量）随时间的变化，可以找到合速度的最大值。见下图。



2 振动波形的频谱分析一般用快速傅里叶变换（FFT）法计算，由频谱分析获得主振频率。

3 标准给出的允许爆破振动速度有一定范围值，根据现场踏勘判断其结构类型和状态以及爆破频次等综合条件，结构状态差、爆破频次多时允许爆破振动速度应选小值，反之选大值。

3.0.7 开展爆破振动检测是确保爆破施工对保护物振动安全的有效保障。

3.0.9 爆破施工按其爆破药量和环境特点分为不同级别，爆破方案的设计和审核人员应有相应级别的资格证，并在设计方案中亲笔签名。爆破设计中必须包括爆破振动分析和主要控制技术措施，方案应通过专家论证认可后方可实施。

4.1.1 爆破振动质点峰值振动速度和主振频率作为安全判据是国际通行的规则。若爆破振动影响范围内有多项铁路工程和设施，如路基、边坡和涵洞都有影响，则应分别核算并检测它们的振动峰值，按其中最小的爆破振动速度允许值为控制

标准。

4.1.2 铁路的爆破施工如果对其它保护物（如文物、燃气管道等）造成振动影响时，其爆破振动速度允许值有标准的按标准控制，没有标准的应进行专家论证，根据其保护物材质、结构、状态及其重要性确定合理的爆破振动速度允许值。

4.2.3 无砟轨道基本用于高速铁路或城际铁路，对振动变形允许值较小，抗振能力偏低，所以无砟轨道路基的爆破振动安全允许值较低。

4.3.2 铁路涵洞的形式很多，其抗振能力基本介于隧道和钢筋混凝土结构之间。涵洞迎爆侧侧壁或底板的爆破振动速度最大，所以按距爆源最近的侧壁或底板为基准控制点。

4.4.3 铁路岩石边坡的台阶高度大多数为 8~10m，将多台阶的边坡定为高边坡。铁路边坡稳定性要求很高，一旦边坡松动有石块掉落，轻则影响列车正点通行，重则出现安全事故。所以，铁路边坡的振动安全指标比公路和矿山边坡更高。

4.5.2 考虑铁路桥梁部分桥墩淹没在水中，且桥墩的高度差异较大，为便于振动量测、避开桥墩结构的高差放大效应，直接以桥墩顶部的振动速度峰值为安全控制基准最为合理。

4.5.3 高速铁路和客运专线铁路桥对变形和稳定性要求更高，因此其桥梁的爆破振动安全允许值降低 10%；

4.6.1 本标准认为正在运营的无病害铁路隧道，不管属何类地质条件和结构类型，通过初步支护和二次衬砌后都有合格的安全系数，因此隧道的跨度和断面大小对振动安全影响更为显著，因此将隧道类型分为单线隧道和双线（或多线）隧道。

4.6.4 隧道的衬砌结构随年限增加会逐渐疲劳、腐蚀，从而降低结构的强度，参考百年历史的八达岭铁路隧道抗震指标（定为 1.5cm/s），推断隧道服务年限每增加 10 年，爆破振动允许值应降低 8%。

4.7.1 电气化铁路的接触网支柱是接触网中最基本的支撑设备，按其使用材质分为预应力钢筋混凝土支柱和钢支柱两大类。因此对最常见的两类接触网支柱规定了爆破振动安全允许值。电气化铁路的接触网若受到过强振动会引起局部装置松动、甚至支柱偏斜，将影响铁路运营安全。

4.7.2 接触网的爆破振动检测点就安装在接触网支柱的底部。

4.8.1 铁路站房的爆破振动安全不仅指房屋结构的安全性，更需要考虑内部装饰、

重要仪器仪表的抗振能力，特别要考虑内部人员的心理感受。因此，铁路站房的爆破振动安全指标应偏严格。

5.1.1 爆破振动检测是确认铁路工程（设施）是否处于安全状态的重要手段，必须保证检测的数据真实可靠，为此要求：

1 测点布置应按照对相应结构规定的振动允许值基准点要求布置。如铁路桥梁规定以桥墩顶部的振动速度峰值为安全控制基准，振动测点应布置在距爆源最近的桥墩顶部上。

2 爆破振动检测设备的误差通常不大于 5%，振动传感器的频响范围宜在 1~300Hz。推荐采用无线网络直接将检测数据实时传输至铁路运输管理部门，以及监理方、爆破施工方，一旦发生爆破振动超标可立即启动应急预案，并且在爆破振动接近规定的允许值时可引起相关方面的重视。

3 检测仪器设备的校准/标定应符合计量部门的相关标准和规定。

5.1.2 在爆破振动安全检测实施前，应编写《爆破振动安全检测设计方案》，可包含实施计划。

5.1.3 有资质的爆破振动安全检测检测人的基本条件是：

1 持有《计量认证证书》（CMA 认证），检测范围应包括爆破振动检测；

2 检测方为独立法人，且与设计、施工方无关联；

3 检测人员应熟悉爆破及铁道工程的相关专业，因此要同时持有《爆破人员安全作业证》和铁道工程专业的学历或技术职称证；

5.2.1 爆破振动现场检测应保证做到以下几点：

1 应尽可能收集更多的原始资料，一旦出现检测波形异常，帮助分析其原因，便于进一步改进爆破和检测技术；

2 特殊情况下要求检测爆破振动加速度或位移量，其检测单位应有相关检测资质，按照其程序文件及操作指南执行，并保证相应仪器设备进行了合法标定、人员有培训上岗证书。仪器参数调试到合适范围，才能确保检测到各项振动指标和正确的振动波形；

5 检测过程中应保留详细的爆破振动安全检测记录。对于既有线隧道、桥梁和轨道等保护物的爆破振动检测需要采用无线网络传输技术，振动监测数据通过互联网直接读取，避免检测人员频繁进入运营线路内安装和收取仪器，给铁路运

营增添安全隐患。

5.2.2 传感器安装不合格产生的测量误差很容易超出仪器的误差，应特别重视传感器的安装。

5.3.2 近距离的爆破振动波形可读出多个振动峰值及对应的时间，根据振动峰值的时间可判别不同段别的爆破药量对应振动值，据此能判读更多爆破振动信息。推荐频谱分析统一采用幅值频谱 FFT 方法计算，其中窗函数推荐采用汉宁窗。按此计算求得最大幅值对应的频率为主振频率。方法统一才能标准统一。

5.3.5 爆破振动传播衰减规律统计分析：

在相同地形地质条件和爆破条件下测得的爆破振动速度峰值或合速度峰值、测点距离、振动速度峰值时刻对应的同段爆破药量，按最小二乘法回归求得 K 、 α 值。统计回归分析的距离数据点应符合：最大距离与最小距离的比值大于 10。对回归计算结果应进行相关性检验，若相关系数小于 0.9，大部分原因是统计的药量和距离误差偏大，或统计的数据点地质条件有较大变化。应随时统计分析，发现问题及时寻找原因。不能随意将所有检测数据合并进行统计分析。

5.4 爆破振动安全检测报告应内容齐全，格式统一。封面应加盖 CMA 编号章才具有法律效应。

6.0.1 爆破设计阶段振动估算和控制应考虑以下几点：

1 限制单段最大药量是控制爆破振动安全最常用、最有效的方法，减少爆破次数也是对保护物有益，并便于爆破顺利完成。

2 露天钻孔爆破采用逐孔毫秒延时起爆网路时，某些炮孔起爆间隔时差很短，产生的爆破振动可能会发生叠加，计算爆破振动值需要确定单段爆破最大药量，鉴于估算值应偏于安全和保守，故规定当炮孔间的延时时差小于 15ms，按同段位炮孔计算单段爆破药量和评价爆破振动安全性。

3 隧道开挖爆破的掏槽孔、底板孔、周边孔、扩槽孔爆破振动衰减参数会有较大差别。一般情况下隧道爆破中掏槽孔爆破振动最大，安全校核时应按掏槽爆破的振动衰减参数进行爆破振动安全距离或最大单段爆破药量核算。有时当被保护对象距离隧道很近时，周边眼及内圈眼的爆破可能成为控制因素，实际爆破控制中按实测结果调整。

4 大孔径爆破对边坡内部岩体损伤较大，边坡开挖爆破禁止采用洞室爆破和 150mm 孔径以上的大炮孔，坡面开挖应采用光面或预裂爆破。预裂爆破的夹制

作用大，爆破振动更强，故初步设计中预裂爆破的衰减系数 K 值宜取常规预估值的 1.5 倍。

6.0.2 爆破施工阶段振动控制应考虑以下几点：

1 改善爆破炮孔的临空面条件是降低爆破振动的重要手段，这在深孔爆破和隧道爆破中得到了有效验证。无临空面的夹制爆破与良好临空面的爆破相比其爆破振动幅值增大 50~100%。

2 经验证明在爆破区后缘的预裂爆破缝可使主孔爆破振动幅值降低 10~50%。

3 不耦合装药结构相当于装低爆速炸药，使孔壁压力下降和缓冲，能在一定程度上降低爆破振动幅值。

4 大量实践证明最小抵抗线方向背向的爆破振动最大，侧向次之，最小抵抗线方向前方振动最小，一般比背向偏小 10~30%。除最小抵抗线方向外，同时起爆的炮孔连成起爆阵面，起爆阵面背后法向的爆破振动也是偏大，因此应调整最小抵抗线方向和起爆阵面，避开最小抵抗线和起爆阵面法线背向振动保护物。

5 采用电子雷管可精确调整逐孔起爆时差，最理想的效果是前后炮孔产生的振波达到波峰与波谷叠加，综合效果是振动幅值会小于单孔爆破产生的振动值，还可以利用高频振源达到更高的振动频率，有利于爆破振动安全。

6 开挖减震沟是被动安全措施，只在重要保护物或其它措施不足安全要求的前提下采用。

6.0.3 爆破振动监测是确保振动安全的重要措施，也是提高爆破振动控制水平的重要手段，应当在爆破施工过程中大力推广应用。

引用标准：

- [1] 《铁路施工安全技术规程》 TB10201
- [2] 《铁路路基施工规范》 TB 10202
- [3] 《铁路桥涵施工规范》 TB10203
- [4] 《铁路隧道施工规范》 TB10204
- [5] 《建筑抗震设计规范》 GB50011
- [6] 《铁路运输安全保护条例》（国务院令，第 430 号，2005）
- [7] 《爆破作业单位资质条件和管理要求》 GA990

[8] 《爆破作业项目管理要求》 GA991

[9] 《爆破安全规程》 GB6722