



公路工程标准规范理解与应用丛书

JTG B02—2013

《公路工程抗震规范》释义手册

Explanation Handbook of Specification of Seismic Design for
Highway Engineering

鲍卫刚 等编著

人民交通出版社

公路工程标准规范理解与应用丛书

《公路工程抗震规范》释义手册

鲍卫刚 等编著



人民交通出版社

内 容 提 要

本手册为《公路工程抗震规范》(JTG B02—2013)的配套图书,对规范条文的编制背景、编制目的等进行了详细解释,并以附件形式列出了相关桥梁抗震分析算例。

本手册可供公路工程设计人员使用,也可供相关科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

《公路工程抗震规范》释义手册 / 鲍卫刚等编著.

— 北京:人民交通出版社,2014.3

ISBN 978-7-114-11174-7

I. ①公… II. ①鲍… III. ①道路工程—抗震规范—技术手册 IV. ①U41-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 023266 号

公路工程标准规范理解与应用丛书

书 名:《公路工程抗震规范》释义手册

著 作 者:鲍卫刚 等

责任编辑:李 农 丁 遥 李 洁

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpress.com.cn>

销售电话:(010) 59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×960 1/16

印 张:12.25

字 数:190千

版 次:2014年3月 第1版

印 次:2014年3月 第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11174-7

定 价:55.00元

(有印刷、装订质量问题的图书,由本社负责调换)

前 言 QIANYAN

根据原交通部交公路发〔2006〕190号文《关于下达2006年度公路工程标准制修订项目计划的通知》的要求，由中交路桥技术有限公司承担《公路工程抗震设计规范》(JTJ 004—89)（以下简称“原规范”）的修订工作。参加规范编制工作的还有同济大学、中国地震局工程力学研究所、交通运输部公路科学研究院、长安大学、中交公路规划设计院有限公司、哈尔滨工业大学、云南省交通规划设计研究院等单位。

《公路工程抗震规范》(JTG B02—2013)（以下简称“抗震规范”）是对原规范的全面修订，经交通运输部批准后于2014年2月1日实施。

为充分重视公路工程的抗震防灾，结合抗震防灾理论研究的不断深入和实践经验的持续总结和提升，依照交通运输部主管部门的设想，将《公路工程抗震规范》(JTG B02—2013)作为行业的基础性规范之一，再配合相应的推荐性标准，如已经颁布的《公路桥梁抗震设计细则》(JTG/T B02-01—2008)，以构成一个完整的体系。

规范的编写组在总结近年来国内外工程实践经验和科研成果的基础上，依据《中华人民共和国防震减灾法》的要求和《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)的规定，对原规范进行了系统的修订，期间，广泛征求了业内外有关单位和专家的意见，同时，适当吸取了2008年汶川大地震中的抗震经验，在此基础上，完成了《公路工程抗震规范》(JTG B02—2013)。

修订后，抗震规范由九章、一个附录构成，主要内容包括基本要

求、地基和基础、桥梁、隧道、挡土墙、路基、涵洞等的抗震要求。较原规范变化主要有：

(1) 根据《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)的有关规定，修改了地震作用的表述方法，用地震动参数代替地震基本烈度作为表征地震作用的主要形式。

(2) 增加了“基本规定”章，对公路工程抗震设防目标、设防标准、地震作用、抗震设计的要求及基本的抗震措施做出了系统的规定，突出了“概念设计”的理念。

(3) 调整了对公路工程构筑物的抗震重要性分类和设防标准的规定，提出了对于生命线工程和有特殊要求的工程，可以结合具体情况适当提高抗震设防等级的要求。

(4) 增加了液化土的判别及处治措施的内容。

(5) 提出了桥梁两水平设防的设计要求和办法，增加了桥梁延性设计和减隔震设计的基本要求。

(6) 增加了一些成功的抗震设防措施，并尽量使其与地震作用相对应，提高规范的可操作性。

本手册的编写体例采用与抗震规范相对应的方式，第1章总则由鲍卫刚、刘延芳编写，第3章基本规定由鲍卫刚、李建中、刘延芳、苗家武编写，第4章地基和基础由鲍卫刚、赵茂才编写，第5章桥梁由李建中、王克海、刘延芳、苗家武、康士彬、董振华、李冲、惠迎新编写，第6章隧道由鲍卫刚编写，第7章挡土墙由鲍卫刚、赵茂才编写，第8章路基由鲍卫刚和昆明理工大学的潘文编写，第9章涵洞由刘延芳编写。为便于理解与应用抗震规范，本手册提供了3个附件，附件1地震震害由四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院庄卫林编写；附件2连续梁抗震分析算例由康士彬、刘延芳编写，附件3斜

拉桥抗震分析算例由李建中、刘延芳编写。全书由鲍卫刚统稿审定。

本手册内容如有与《公路工程抗震规范》(JTG B02—2013)不一致之处,以后者规定为准。为便于读者阅读,本手册中抗震规范条文采用楷体,条文释义内容采用宋体。

抗震规范的修订或编制体现了当时阶段对相关技术和管理问题的相对成熟或通用的认识,鉴于对地震机理和抗震防灾技术的认识深度等原因,某些科研成果暂时没有及时纳入抗震规范的技术规定中,期待在进一步验证、完善或深入研究后再补充进入抗震规范中。

鲍卫刚

2014年2月于北京

目 录 M U L U

1 总则	1
2 术语和符号	9
2.1 术语	9
2.2 符号.....	11
3 基本规定.....	14
3.1 桥梁工程抗震设防标准.....	14
3.2 其他公路工程构筑物抗震设防标准.....	22
3.3 地震作用.....	24
3.4 作用效应组合.....	25
3.5 抗震设计.....	26
3.6 抗震措施.....	28
4 地基和基础.....	34
4.1 一般规定.....	34
4.2 天然地基抗震承载力.....	35
4.3 液化地基.....	36
4.4 桩基础.....	42
5 桥梁.....	44
5.1 一般规定.....	44
5.2 设计加速度反应谱.....	47
5.3 设计地震动时程.....	52
5.4 抗震设计.....	57
5.5 强度和变形验算.....	64
5.6 抗震措施.....	69

6 隧道	85
6.1 一般规定.....	85
6.2 强度和稳定性验算.....	87
6.3 抗震措施.....	89
7 挡土墙	94
7.1 一般规定.....	94
7.2 强度和稳定性验算.....	94
7.3 抗震措施	105
8 路基	107
8.1 一般规定	107
8.2 抗震稳定性验算	108
8.3 抗震措施	113
9 涵洞	120
附录 A 地震土压力计算	121
本规范用词用语说明	123
附件 1 地震震害	124
附件 2 连续梁抗震分析算例	145
附件 3 斜拉桥抗震分析算例	166

1 总则

1.0.1 为落实预防为主的防震减灾工作方针，减轻公路工程构筑物的地震破坏，保障人民生命财产的安全和减少经济损失，依据《中华人民共和国防震减灾法》，制定本规范。

2009年5月1日起施行的《中华人民共和国防震减灾法》指出，防震减灾工作实行预防为主、防御与救助相结合的方针，其对我国的防震减灾工作提出了明确要求和具体规定。

地震是对人类生存安全危害最大的自然灾害之一。我国地处世界两大地震带——环太平洋地震带和亚欧地震带之间，是世界上地震活动最强烈和地震灾害最严重的国家之一，尤其是1976年的唐山大地震和2008年的汶川大地震。我国占全球陆地面积的7%，但20世纪全球大陆35%的7.0级以上地震发生在我国；20世纪全球因地震死亡120万人，我国占59万人，居各国之首。我国大陆大部分地区位于地震烈度Ⅵ度以上区域；50%的国土面积位于Ⅶ度以上的地震高烈度区域，包括23个省会城市和2/3的百万人口以上的大城市。

我国各级政府一直十分重视抗震防灾问题。

国发〔2000〕14号文《国务院关于加强防震减灾工作的通知（抗震规划、设防、加固部分）》指出：加强对工程抗震技术、新材料和新结构体系研究与工程震害的分析，不断提高抗震技术水平和抗震能力。要加强地震安全性评价工作，对工程建设提供必要的防范措施。各地区、各有关部门要加大投入，采取有效措施，加强对现有工程的抗震鉴定与加固工作。建设工程必须按照抗震设防要求和抗震设计规范进行抗震设计。

国发〔2010〕18号文《国务院关于加强防震减灾工作的意见》要求：加强建设工程抗震设防监管。完善全国地震区划图，科学确定抗震设防要求。修订抗震设计规范和分类设防标准。要把抗震设防要求作为建设项目可行性论证的

必备内容,严格按照抗震设防要求和工程性建设标准进行设计。加强工程勘察、设计、施工、监理和竣工验收等环节的抗震设防质量监管,切实落实工程建设各方责任主体的质量责任。全面提升交通基础设施抗震能力。严格落实公路、铁路、航空、水运等交通设施抗震设防标准,加快危险路段、桥梁整治改造,在地震重点监视防御区、人口稠密和经济发达地区适当提高设防标准。完善交通运输网络,建立健全紧急情况下运力征集、调用机制,增强应对巨灾的区域综合运输协调能力和抢通保通能力。

交通运输部交公路发〔2008〕446号文《关于进一步提高公路基础设施防震抗震能力的若干意见》强调:要充分认识全面加强和提高公路基础设施防震抗震能力建设的重要意义,增强忧患意识,始终将公路基础设施防震减灾工作放在突出的位置,认真做好,确保“生命线”的畅通和安全,增强公路基础设施防震抗灾的风险意识。科学评估,合理确定设防标准。进一步加强公路基础设施防震防灾基础科学、抗震设防标准的研究力度,提高地震对公路基础设施破坏机理的认识,不断增强公路基础设施的抗震性能检测评价能力,以及高烈度地震区公路基础设施建设和恢复重建水平。

2010年5月17日,交通运输部在成都召开全国交通基础设施抗震减灾技术研讨会,明确提出:要进一步加快科技创新,为提高交通防灾减灾和应急保障能力提供更有力的科技支撑。继续开展交通防灾减灾基础性、前瞻性关键技术研究。加快形成交通防灾减灾系列技术储备,继续保持稳定的科技投入。同时,要加强防灾减灾科技成果的转化应用。

《国家防震减灾规划(2006—2020年)》指出:地震是我国今后一段时期面临的主要自然灾害之一。迅速提高我国预防和减轻地震灾害的综合能力,是实施城镇化战略,解决三农问题,实现公共安全,构建和谐社会的必然要求。

原规范自颁布实施以来,对指导公路工程抗震设计,保证工程质量起到了重要的作用。随着我国公路建设的发展,以及近10年来国内外多次强震抗震救灾经验的积累,我国的工程技术人员在抗震设计理念、设计思想、设计方法和抗震构造措施上有了新的认识。

2008年的汶川大地震,给公路工程构筑物造成了巨大的破坏。从外部看,

一是次生地质灾害,包括滑坡和崩塌、震后的泥石流、卵砾石液化等引发或造成了大量公路工程构筑物的破坏,且随不同地貌、不同岩性条件下次生灾害的发育程度而有很大的不同;二是对于公路工程构筑物本身来说,基本经受了汶川大地震的考验,从整体上表明原规范所规定的设防标准基本符合我国国情,与我国的经济水平基本匹配;三是采取了一定防护或保护措施的公路工程构筑物,如挡土墙、不同形式的边坡防护措施(挂网、护面墙、骨架防护等)、桥梁挡块等,在汶川大地震中均实现了预计的功能性要求,对减轻地震灾害的影响以及抗震救灾都起到了应有的作用。同时,隧道结构在汶川地震中的整体表现良好,没有出现显著的震害。

1.0.2 本规范适用于各等级公路的工程构筑物抗震设计。

原规范规定:规范适用于中国地震烈度区划图所规定的基本烈度为7、8、9度地区的公路工程抗震设计。对于基本烈度大于9度的地区,公路工程的抗震设计应进行专门研究;基本烈度为6度地区的公路工程,除国家特别规定外,可采用简易设防。

《中华人民共和国防震减灾法》第35条规定:新建、扩建、改建建设工程,必须达到抗震设防要求。《国家防震减灾规划(2006—2020年)》的要求:位于地震烈度6度及以上地区的城市,全部完成修订或编制防震减灾规划,新建工程全部实现抗震设防。抗震规范适用于桥梁、挡土墙、路基、隧道、涵洞等各等级公路工程构筑物,所有的公路工程构筑物都应考虑抗震防灾的要求。

1.0.3 公路工程构筑物应进行抗震设计。不需要进行专门工程场地地震安全性评价的公路工程构筑物,应根据现行《中国地震动参数区划图》(GB 18306)规定的地震动参数进行抗震设防。地震动峰值加速度大于或等于 $0.40g$ 地区的公路工程构筑物的抗震设计应专门研究。

《中华人民共和国防震减灾法》第38条规定:建设单位对建设工程的抗震设计、施工的全过程负责。设计单位应当按照抗震设防要求和工程建设强制性标准进行抗震设计,并对抗震设计的质量以及出具的施工图设计文件的准确性负责。施工单位应当按照施工图设计文件和工程建设强制性标准进行施工,并对施工质

量负责。建设单位、施工单位应当选用符合施工图设计文件和国家有关标准规定的材料、构配件和设备。工程监理单位应当按照施工图设计文件和工程建设强制性标准实施监理，并对施工质量承担监理责任。

2001年，中国地震局颁布了《中国地震动参数区划图》(GB 18306—2001)，以地震动峰值加速度来表征地震动的主要特性。长期以来，人们已习惯的综合考虑地震动峰值加速度、地震震后的地表变化及结构物的破坏程度等宏观现象而确定的地震烈度的概念，在GB 18306中不再使用。抗震规范采纳了与GB 18306相对应的表述方式。

《中国地震动参数区划图》(GB 18306)对各类场地的区划有了一个比较清晰的划分标准，具体的规定也详尽许多，接近修订完成的新版《中国地震动参数区划图》已经将具体的场地地震动参数细分至全国各地具体的村镇，也规定了反应谱标准曲线，这些都将十分便于各行各业的使用。公路工程构筑物的抗震理论研究和应用实践研究的成熟成果很多，不少的抗震工程技术措施和构造措施经受了地震的考验和检验。

但同时，对地处地震动峰值加速度大于 $0.40g$ 地区的震害调查工作开展得很少，缺乏相应的强震观察记录资料，如何科学、合理、恰当地设计地震动峰值加速度大于 $0.40g$ 地区的公路工程构筑物，分析强震作用下的抗震措施的工作机理等，需要进一步地研究，暂难以提出系统的规律性的具体指导意见。因此，抗震规范也不具备条件对相关具体条文做出规定。

1.0.4 独立特大型桥梁工程及独立特长隧道工程、地震动峰值加速度大于或等于 $0.40g$ 地区的高速公路和一级公路的抗震危险地段，应按照有关规定，进行工程场地地震安全性评价。

《中国地震动参数区划图》(GB 18306)规定的地震动峰值加速度是对应于475年重现期的设防水准，给出的地震动峰值加速度与场地的实际的岩土工程条件关系不大，对于做过工程场地安全性评价的公路工程构筑物，应按批准的地震安全性评价实际确定的地震动参数进行抗震设防。

《中华人民共和国防震减灾法》第35条规定：重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程，应当按照国务院有关规定进行地震安全性评价，并按照经

审定的地震安全性评价报告所确定的抗震设防要求进行抗震设防。建设工程的地震安全性评价单位应当按照国家有关标准进行地震安全性评价，并对地震安全性评价报告的质量负责。其他建设工程，应当按照地震烈度区划图或者地震动参数区划图所确定的抗震设防要求进行抗震设防。第 34 条规定：国务院地震工作主管部门和省、自治区、直辖市人民政府负责管理地震工作的部门或者机构，负责审定建设工程的地震安全性评价报告，确定抗震设防要求。

及时有效地对社会有重大价值或者有重大影响的一些特殊的或结构极其复杂的构筑物，以及可能发生严重次生灾害的公路工程构筑物工程，开展地震安全性评价，便于正确评估工程在遭受地震后可能产生的具体工程的损伤程度，提前采取恰当的工程措施，也便于损坏后的快速修复，保障抗震救灾工作的顺利开展，以及灾后重建工作。

抗震规范对“重大建设工程和可能发生严重次生灾害的建设工程”的定义，结合公路工程的具体特点，予以了进一步的明确。

对具体工程来说，地震安全性评价可以促进工程抗震学科及其相关技术的发展和进步。对于桥梁工程，地震安全性评价可以得到桥址处的地震动参数，有利于深入研究桥梁结构的抗震性能，进行更为深入细致的抗震分析和计算，选择更为安全、合理的设计，有利于研究开发桥梁的抗震构造措施，并通过一定的理论和试验研究来考量所采取抗震措施的效果。

原规范规定：对于修建特别重要的特大桥的场址，宜进行烈度复核或地震危险性分析。抗震规范将作工程场地安全性评价工作的对象扩大到独立特大型桥梁工程及独立特长隧道工程，地震动峰值加速度大于或等于 $0.40g$ 区域的高速公路和一级公路的地震危险地段，并对此工作予以了强调。

独立特大型桥梁工程及独立特长隧道工程，无论是其在公路交通通道上的重要性，还是其社会价值或社会影响程度，以及其极高的设计建造的技术复杂性程度，都决定了一旦在地震作用下产生一些难以预控的损伤，难以修复，将对社会产生极其不利的影响，必须予以充分的重视。高速公路和一级公路在我国公路生命线工程中占有重要的地位，抗震规范规定：地震动峰值加速度大于或等于 $0.40g$ 区域的高速公路和一级公路的抗震危险地段，应按照有关规定，进行工程

场地地震安全性评价。

同时,抗震规范已经在《中华人民共和国防震减灾法》规定的基础上,主要依据《中国地震动参数区划图》(GB 18306)的基本抗震设防要求,对通用形式的公路工程构筑物提供了用于抗震分析和计算的基本方法、参数和公式、基本的构造措施,故不建议将开展地震安全性评价的范畴过于扩大。

工程场地的地震安全性评价,主要是在研究工程场地及其附近区域内的地震地质构造、地震衰减关系特征的基础上,通过建立适合工程场地区域的地震安全性分析模型,划分出相应的潜在震源区,确定地震动的相关参数。经过一系列的运算,给出场地不同年限、不同超越概率水平下的烈度、加速度峰值、加速度时程等,作为抗震设防的依据。

工程场地的安全性评价的技术要求,可以按照《工程场地地震安全性评价技术规范》(GB 17741—2005)的基本规定,结合公路工程构筑物的具体特点,开展相应的工作。一般应得到如下用于行政和技术决策以及工程建设需要的结果:

- (1) 工程场址 1 年、50 年、100 年的地震加速度、速度、唯一的超越概率曲线;
- (2) 场址地区基岩表面不同超越概率的加速度反应谱;
- (3) 满足年超越概率为 2×10^{-3} 、 1×10^{-3} 、 2×10^{-4} 的基本峰值加速度、反应谱、持续时间的加速度时程;
- (4) 场址地区土的非线性动力参数(剪切模量比、阻尼比、剪切波速)以及土层传递函数谱;
- (5) 地面竖向及水平向地震波时间历程,不同超越概率的加速度、速度、位移及反应谱;
- (6) 墩台基础底面的加速度峰值、反应谱和相应的时程;
- (7) 场址地区的滑坡、液化等低级失效安全性分析。

根据以上地震安全性分析结果,对工程项目进行决策,选择合理、安全的抗震、设防依据。

首先对工程建设场址地震作用超越概率的取值进行决策,因为该值为工程结

构抗震设计中的最基本的设计依据。超越概率值是个具体的安全度的取值问题，用于确定地震作用大小并表明该工程构筑物可接受的安全性程度。在决策其超越概率大小时，应考虑以下三方面的因素：

- (1) 根据构筑物的重要性程度等确定构筑物的设计基准期；
- (2) 发生地震后，构筑物功能丧失而可能产生的次生灾害的损失；
- (3) 项目业主所能承担的抗震防灾的最大经济实力。

其次，根据地震安全性评价分析结果，对建设工程承担地震风险较大的需要进行决策。可进行安全性转移，处理方法常用的有如下几种：

- (1) 对于重点工程或社会影响大的工程，如投资规模大，可转移至建设场地条件更好、相对安全的场址；
- (2) 有条件时，改变构筑物的结构类型，进行方案比选；
- (3) 通过购买保险来承担可能由地震所造成的损失。

1.0.5 地震动峰值加速度大于或等于 $0.20g$ 的地区，可将对抗震救灾以及在经济、国防上具有重要意义的公路工程构筑物，或破坏后修复（抢修）困难的公路工程构筑物确定为生命线工程。生命线工程，可按国家批准权限，报请批准后，适当提高抗震设防标准。

综合汶川地震的经验教训，生命线工程在抗震救灾中具有举足轻重的作用。因此，对于一个区域的公路路网，可以提前规划或认定其为生命线工程，保证一旦发生类似地震这样的灾害，至少有一个可以使用的公路通道。规划时，要优先考虑建设条件相对较好、抗灾能力强、能够保障对外交通并具有较强的应变交通能力的通道作为生命线工程。

国务院（国发〔2010〕18号文）《国务院关于进一步加强防震减灾工作的意见》提出：城乡建筑、重大工程和基础设施能抗御相当于当地地震基本烈度的地震。严格落实公路、铁路、航空、水运等交通设施抗震设防标准，加快危险路段、桥梁整治改造，在地震重点监视防御区、人口稠密和经济发达地区适当提高设防标准。根据上述精神，抗震规范做出了相应规定。

公路路网的布局会随着各地区政治、经济的发展发生一定的变化，生命线工程的认定也可以随之予以适当调整。

1.0.6 公路工程构筑物的抗震设计应积极采用成熟可靠的新技术、新材料、新设备、新工艺。

《中华人民共和国防震减灾法》第43条规定：国家鼓励、支持研究开发和推广使用符合抗震设防要求、经济实用的新技术、新工艺、新材料。《国家综合防灾减灾规划（2011—2015年）》提出：开展防灾减灾新材料、新产品和新装备研发。建设防灾减灾技术标准体系，提高防灾减灾的标准化水平。新技术、新材料、新设备、新工艺的应用程度也是工程抗震技术进步的标志之一。

1.0.7 公路工程构筑物的抗震设计除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

规范体系是一整体，抗震规范主要涉及与抗震有关的技术规定，其他，如涉及安全、耐久性、材料、施工、质量、管理等方面的内容需要按照相应的标准去执行。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 抗震设防标准 seismic fortification criterion

衡量抗震设防要求的尺度,根据地震动参数和公路工程构筑物使用功能的重要性确定。

2.1.2 设计基本地震动峰值加速度 design basic acceleration of ground motion

50年超越概率10%的地震动峰值加速度,也即重现期为475年的地震动峰值加速度。

2.1.3 地震作用 earthquake action

作用在结构上的地震动,包括水平地震作用和竖向地震作用等。

2.1.4 E1地震作用 E1 earthquake action

重现期为475年的地震作用。

2.1.5 E2地震作用 E2 earthquake action

重现期为2000年的地震作用。

2.1.6 地震效应 seismic effect

由地震作用引起的结构内力与变形等效应的总称。

2.1.7 特征周期 characteristic period

抗震设计用的加速度反应谱曲线下降段起始点对应的周期值,取决于地震环境和场地类别。