

交通运输行业安全风险评估规范 第5部分：公路工程建设

Specification for safety risk assessment of transportation industry
Part 5: Highway engineering construction

2023 - 09 - 27 发布

2023 - 11 - 01 实施

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 基本要求	2
5 工作准备	4
6 评估范围确定	4
7 总体风险评估	4
8 专项风险评估	5
8.1 评估对象确定	5
8.2 风险辨识与分析	5
8.3 风险估测	6
9 风险管控措施	9
9.1 风险管控措施建议提出	9
9.2 风险管控措施的制定、实施及调整	10
9.3 警示告知	10
9.4 监测预警	11
9.5 风险应对	11
9.6 应急处置	11
附录 A（资料性） 施工安全风险评估信息表	12
附录 B（资料性） 作业单元施工作业程序分解清单	13
B.1 总则	13
B.2 路基工程	13
B.3 路面工程	19
B.4 桥梁工程	20
B.5 隧道工程	27
B.6 交通安全设施	31
B.7 附属设施	33
B.8 绿化工程	38
B.9 机电工程	39
B.10 其他工程	41
附录 C（资料性） 公路工程施工的典型风险事件类型	50

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DB45/T 2757《交通运输行业安全风险评估规范》的第5部分。DB45/T 2757已经发布了以下部分：

- 第1部分：总则；
- 第2部分：道路运输；
- 第3部分：水路运输；
- 第4部分：港口营运；
- 第5部分：公路工程建设；
- 第6部分：水运工程建设。

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。

本文件由广西壮族自治区交通运输厅提出并宣贯。

本文件由广西交通运输标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：广西交通设计集团有限公司、广西智慧交通安全咨询有限公司、广西壮族自治区交通运输厅、广西北部湾投资集团有限公司、广西新恒通高速公路有限公司、交通运输部科学研究院、广西交科集团有限公司。

本文件主要起草人：陈梅、杨莉婕、胡华平、姚凤金、蓝日彦、李迎春、吴小流、卢达聪、王景哲、冯学茂、陆山风、潘荣建、黄耀国、覃淇锋、江二中、何廷全、陆宇翔、昌毓虹、李清逸、张渝、廖俊锋、彭建华、王龙林、莫振辉、陈显忠。

引 言

为了解决广西交通运输行业安全风险管理工作未全面开展风险评估、风险分级管控落实不到位、风险管理无章无序等突出问题，非常有必要建立一套全面风险评估机制和评估标准，从而有效促进交通运输行业安全风险评估工作向系统化、规范化、精细化转变。

通过开展交通运输行业安全风险防控标准研究，对生产经营活动安全风险全覆盖，建立安全生产风险评估网格体系，规范交通运输行业安全风险评估管理机制，固化工作流程，制定行业指导的判定标准，最终编制形成《交通运输行业安全风险评估规范》。本文件的实施可有效指导交通运输生产经营单位开展风险自辨自控工作，强化落实安全生产风险防控主体责任，并为行业主管部门日常监管提供依据。

DB45/T 2757由六个部分构成：

- 第1部分：总则。目的是规定交通运输行业安全风险评估的共性要求。
- 第2部分：道路运输。目的是规定道路运输行业安全风险评估的基本要求，以及风险辨识与分析、风险估测、风险管控措施的要求。
- 第3部分：水路运输。目的是规定水路运输行业安全风险评估的基本要求，以及风险辨识与分析、风险估测、风险管控措施的要求。
- 第4部分：港口营运。目的是规定港口营运行业安全风险评估的基本要求，以及风险辨识与分析、风险估测、风险管控措施的要求。
- 第5部分：公路工程建设。目的是规定公路工程建设安全风险评估的基本要求，以及风险辨识与分析、风险估测、风险管控措施的要求。
- 第6部分：水运工程建设。目的是规定水运工程建设安全风险评估的基本要求，以及风险辨识与分析、风险估测、风险管控措施的要求。

交通运输行业安全风险评估规范

第5部分：公路工程建设

1 范围

本文件规定了公路工程建设项目施工安全风险评估的相关要求与评估流程，给出了常见作业单元和典型风险事件，提出了风险管控措施建议。

本文件适用于广西壮族自治区行政区域内新建公路工程建设项目的施工安全风险评估。

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 6441 企业职工伤亡事故分类

GB/T 13861 生产过程危险和有害因素分类与代码

GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准

JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程

JTG 2182 公路工程质量检验评定标准 第二册 机电工程

JTG F90 公路工程施工安全技术规范

JT/T 1375.6 公路水运工程施工安全风险评估指南 第6部分：航道工程

DB45/T 2757.1—2023 交通运输行业安全风险评估规范 第1部分：总则

3 术语和定义

DB45/T 2757.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

单个风险 individual risk

作业单元中单个风险事件发生可能性及其不利后果的组合。

3.2

整体风险 overall risk

多个不确定因素对评估对象或作业单元整体产生的影响，安全领域中表现为若干个风险相互叠加与相互作用的效应，其值不小于单个风险的最大值。

3.3

单位工程 unit project

在合同段中，具有独立施工条件和结构功能，竣工后不能独立发挥生产能力或工程效益的工程。如路基工程、桥梁工程、房建工程等。

3.4

子单位工程 subunit project

具有独立个体性质或单位长度的单位工程。如路基工程（xx-xx区段）、桥梁工程（单座）等。

3.5

全面风险评估 comprehensive risk assessment

围绕安全生产目标，对工程建设项目施工中各作业环节和作业对象执行全面的、系统的风险辨识、分析与估测的基本流程，并提出控制措施建议，包含总体风险评估和专项风险评估。

3.6

总体风险评估 general risk assessment

以单位工程或具有独立使用功能的主体结构为评估对象，施工前根据评估对象的建设规模、环境条件、结构特点等，对评估对象施工总体风险进行估测，并提出总体控制措施建议。为评估对象施工安全整体风险初级评估阶段。

3.7

专项风险评估 specific risk assessment

按风险值以子单位工程、具有独立使用功能的单个结构物或其合集为评估对象，根据其环境条件、作业特点和类似工程事故案例，执行定性、定量或两者相结合的风险辨识、分析与估测的基本流程，并提出控制措施建议。

3.8

一般作业活动 general construction activity

施工工艺较简单或受外部因素影响较小，其致险因素间关联性较低，运用一般知识与经验即可防范的作业活动。

3.9

重大作业活动 major construction activity

施工工艺较复杂或受外部因素影响较大，其致险因素间关联性较高，可能引发的风险事件后果严重程度较大，需要从多方面采取综合防控措施的作业活动。

4 基本要求

4.1 施工单位应依据相关要求，自主开展施工安全风险评估工作。当被评估项目由多个施工单位共同承担时，可由建设单位牵头组织开展评估工作。建设单位和施工单位可全部或部分委托第三方技术服务机构协助开展施工安全风险评估工作。

4.2 施工单位应对施工全过程及施工各环节进行全面风险评估，施工单位可直接或间接引用第三方技术服务机构的总体和专项风险评估报告内容，且其自评结果不宜低于第三方技术服务机构评估结果。

4.3 开展施工安全风险评估前，应组织成立评估小组，评估小组组长应具有5年以上工程管理或安全评估相关经验。

4.4 风险辨识与分析、风险管控等工作需动员参建单位全员参与，评估指标和评估结果应由评估小组集体讨论确定。

4.5 施工安全风险评估工作流程宜按图1实施，施工单位自主实施的风险评估工作可执行简易程序，采用LEC法进行作业活动风险估测。法律法规和现行标准规范另有规定的从其规定。

4.6 评估小组应根据评估工作流程分步填写安全风险评估信息表，见附录A，信息汇总后形成安全风险评估手册。

4.7 安全风险评估手册应根据施工进度每年更新不少于1次,当工程设计方案、施工方案、工程地质、水文地质、施工队伍等致险因素发生重大变化或有新的致险因素出现时,应重新评估,及时更新安全风险评估手册。施工单位应根据隐患排查治理情况,动态更新安全风险评估手册。

4.8 公路工程项目个案间差异性较大,评估小组可根据实际情况对评估指标、分级标准、评估方法等进行相应改进与优化。

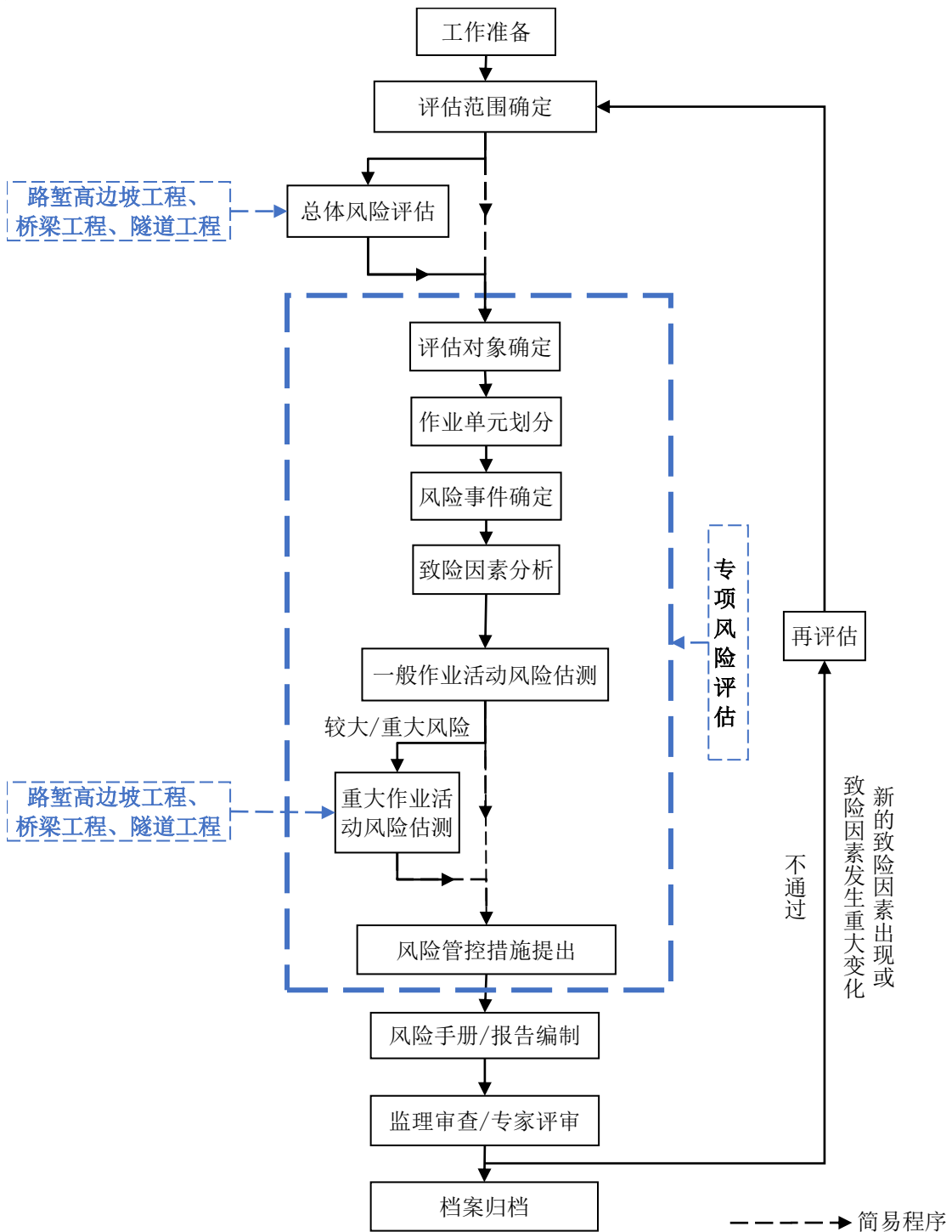


图1 公路工程建设施工安全风险评估流程图

5 工作准备

5.1 评估小组在开展施工安全风险评估前应进行资料收集，主要包括：

- a) 相关法律法规及标准规范；
- b) 本工程相关的地质和水文勘察报告、施工图设计文件等设计资料；
- c) 环境影响评价、社会稳定风险评估、安全预评价、设计安全风险评估、场地地震安全性评价等成果文件；
- d) 环评、用地、涉航，涉铁，电力管线交叉、穿越保护区等相关批复文件；
- e) 施工组织设计、施工方案等施工资料；
- f) 施工单位基本情况、信用情况及类似工程业绩；
- g) 类似工程事故案例；
- h) 其他与风险评估相关的资料。

5.2 评估小组在开展施工安全风险评估前应进行现场调查，主要调查工程区域内地形地貌、（水文）地质情况、自然灾害发生历史情况、建（构）筑物（含管线、民防设施、铁路、公路、水利设施、航道等）和敏感保护区分布情况、路网条件等。

6 评估范围确定

评估小组开展施工安全风险评估前应确定评估范围，公路工程项目评估范围主要包含路基工程、路面工程、桥梁工程、隧道工程、交通安全设施、附属设施、绿化工程、机电工程和其他工程等。

7 总体风险评估

7.1 评估小组应依据现行标准规范的要求组织开展路堑高边坡工程、桥梁工程、隧道工程的总体风险评估，《公路工程施工安全技术规范》规定的危险性较大工程可根据施工特点、事故后果严重程度和评估技术成熟度选择开展总体风险评估。

7.2 总体风险评估可采用专家评估法、风险指标体系法、重大风险直接判定法等方法。

7.3 专家评估法主要依靠专家专业知识和丰富工作经验，在现场踏勘的基础上，根据工程规模、地质条件、施工工艺、施工环境、资料完整性和主要致险因素等对评估对象进行总体风险的预估。当采用专家评估法时，应成立专家评估小组，小组成员不应少于5名，且为单数，成员均应具备高级及以上工程技术职称，并具有15年及以上公路工程相关工作经验，小组组长宜优先选择具有丰富的工程安全管理或评估经验的专家。评估结论应由小组成员共同签名并负责。

7.4 风险指标体系法宜根据环境条件、建设规模、结构特点、工艺特点、资料完整性等孕险环境和致险因子，提出风险评估指标，估测评估对象总体风险等级。对于同一施工区段或地质单元，宜采用同一风险评估指标体系，并综合考虑各施工区段（地质单元）间指标分值和权重值的整体性。

7.5 重大风险直接判定法应依据法律法规、标准规范相关判定标准或行业内重大风险清单进行直接判定，对符合相关判定标准或清单中任何一项的，可判定该对象总体风险等级为重大风险等级。

7.6 总体风险等级应由高到低统一划分为四级：重大风险、较大风险、一般风险、低风险。

7.7 评估小组宜根据总体风险评估结论提出施工组织优化措施、项目安全管理投入分配和资源配置重点、从业人员素质要求、应急配置要求和下一步专项风险评估工作要求等措施建议。

8 专项风险评估

8.1 评估对象确定

评估小组宜结合作业活动风险特性确定评估对象大小。《公路工程施工安全技术规范》规定的危险性较大工程和总体风险等级为较大及重大风险的子单位工程,宜将子单位工程或独立结构物定为独立评估对象;其他一般危险性工程和总体风险等级为一般及低风险的子单位工程,可将地形和地质条件相近、结构形式和施工工艺相同的若干个子单位工程合集定为独立评估对象。

8.2 风险辨识与分析

8.2.1 风险辨识与分析程序

风险辨识与分析主要步骤包括:作业单元划分、风险事件确定、致险因素分析。

8.2.2 风险辨识与分析方法

风险辨识与分析一般可采用经验分析法,包括对照分析法、类比推断法、专家评议法;系统安全分析法,包括安全检查表法(SCL)、预先危险性分析法(PHA)等。

8.2.3 作业单元划分

8.2.3.1 评估人员可参照 GB 50300、JTG F80/1 和 JTG 2182、施工组织设计文件和施工方案按分部分项工程、施工工艺、结构类型、作业活动等类别进行评估对象作业单元划分,并应对作业单元进行作业程序和作业内容分解,宜列出相关作业设备和危险物料。

8.2.3.2 作业单元大小视风险评估需求而定,可选分部工程、分项工程、施工工艺、结构类型或作业活动等作为评估单元,并将作业单元分解情况一并记录,建立作业单元分解清单,如表 1 所示。公路工程项目常见作业单元和作业程序分解清单参见附录 B。

表1 作业单元分解清单

工程名称	作业单元1	作业单元2	分解项目	备注
子单位工程、 独立结构物 或其合集	分部工程 工程类别	分项工程 施工工艺 结构类型 作业活动	作业内容 作业程序	机械设备和物料
示例: xx隧道	洞口工程	洞口边仰坡作业	危石清除→爆破→...	撬棍 手持浅孔钻机 炸药

8.2.4 风险事件确定

8.2.4.1 评估人员应通过工程类比、小组讨论、专家咨询等方式,分析评估单元中可能发生的风险事件类型,形成风险事件分析表,见表 2。

8.2.4.2 公路工程项目施工作业风险事件类型可参照 GB 6441 进行辨识分析。公路工程项目常见施工作业活动与典型风险事件对照表参见附录 C。

表2 风险事件分析表

工程名称	作业单元1	作业单元2	风险事件

8.2.5 致险因素分析

8.2.5.1 评估人员应针对确定的风险事件，基于划分的作业单元，结合本单位安全生产实际，参照 GB/T 13861 或 GB 6441 进行致险因素分析。致险因素一般包含以下方面：

- 人的因素：从业人员和外来人员的安全意识、安全与应急技能、安全行为或状态；
- 物的因素：施工作业设施设备、运输设备、结构物、配电系统、防护设施和监控检测设施等的可靠性和物料的危险特性；
- 环境因素：施工作业环境的安全性，以及周边环境和自然环境对施工作业的影响；
- 管理因素：安全生产管理机构、管理制度和操作规程的合规性、完备性和落实情况，施工方案和应急预案的合理性及安全性。

8.2.5.2 致险因素分析可采用因果分析图法（鱼刺图）、故障树分析法、专家咨询法、工程类比法等方法进行分析。致险因素分析信息应填入表 3。

表3 致险因素分析表

作业单元	风险事件	致险因素				备注
		人的因素	物的因素	环境因素	管理因素	

8.3 风险估测

8.3.1 风险估测方法

风险估测分为一般作业活动风险估测和重大作业活动风险估测。风险估测宜采用定性（检查表法）、半定量（LEC法、LCD法）或定性与定量相结合（风险矩阵法）的方法。

8.3.2 一般作业活动风险估测

8.3.2.1 一般作业活动风险估测宜优先采用 LEC 法，可采用 LCD 法进行比对验证。当采用两种及以上方法比对验证风险评估结果时，若得出的评估结果出现较大差异，应分析导致较大差异的原因，并遵循就高原则，合理确定作业活动的安全风险等级。估测方法按 DB45/T 2757.1—2023 中 6.3 的标准执行。

8.3.2.2 事故发生的可能性宜结合致险因素现状、设计资料完整性和类似事故案例等综合考虑取值。

8.3.2.3 暴露于危险环境的频繁程度宜根据作业人员短期暴露频率和长期暴露频率综合考虑，并应取其较大值。

8.3.2.4 事故后果严重程度宜综合考虑人员伤亡、直接经济损失、社会影响等判定因素，并采用就高原则确定严重程度等级。

8.3.2.5 作业活动安全风险等级由高到低统一划分为四级：重大风险、较大风险、一般风险、低风险，分别用红、橙、黄、蓝四种颜色标示。

8.3.2.6 作业活动安全风险等级为低风险或一般风险时宜按本文件第9章要求进行管控，作业活动安全风险等级为较大风险和重大风险时宜采用定性与定量相结合的方法进一步开展重大作业活动风险估测。

8.3.3 重大作业活动风险估测

8.3.3.1 路堑高边坡工程、桥梁工程、隧道工程的重大作业活动风险估测宜按现行标准规范要求开展，其他工程可自行建立可能性评估指标体系选择开展重大作业活动风险估测。

8.3.3.2 重大作业活动风险估测宜采用风险矩阵法，以风险事件发生可能性大小为纵坐标，风险事件后果严重程度大小为横坐标，并绘制风险矩阵图。

8.3.3.3 重大作业活动风险事件发生可能性估测宜采用指标体系法，风险事件后果严重程度估测宜采用专家调查法。

8.3.3.4 重大作业活动风险事件发生可能性可结合（水文）地质条件、气象条件、环境条件、物料特性、结构物和设施设备安全可靠、施工方案、施工队伍水平和项目管理水平等重大致险因素建立相应的可能性评估指标，其中（水文）地质条件、气象条件等自然条件指标在施工前宜以定性指标为主，定量指标为辅，开工后宜以定量指标为主，定性指标为辅。

8.3.3.5 重大作业活动风险事件发生可能性宜结合分值划分区间，将可能性等级分为5级，见表4。

表4 重大作业活动风险事件发生可能性等级标准

概率等级描述	概率等级
很可能	5
可能	4
偶然	3
可能性很小	2
几乎不可能	1

8.3.3.6 重大作业活动风险事件发生后果严重程度宜结合人员伤亡程度、直接经济损失大小、社会影响等后果因素建立相应的后果严重程度判定标准，后果严重程度等级宜分为5级，见表5。当多种后果同时产生时，应采用就高原则或其并发性后果严重程度确定后果严重程度等级。

表5 重大作业活动风险事件发生后果严重程度等级标准

等级	严重程度描述	后果严重程度总体判断标准
5	特别严重	（1）人员伤亡：可能发生人员死亡30人以上的，或者发生人员重伤（包括急性工业中毒）100人以上的； （2）经济损失：可能发生直接经济损失1亿元以上的； （3）社会影响：可能对国家或区域的社会、经济等产生特别重大影响。
4	严重	（1）人员伤亡：可能发生人员死亡10人以上30人以下的，或者发生人员重伤（包括急性工业中毒）50人以上100人以下的； （2）经济损失：可能发生直接经济损失者5 000万元以上1亿元以下的； （3）社会影响：可能对国家或区域的社会、经济等产生重大影响。

表5 重大作业活动风险事件后果严重程度等级标准（续）

等级	严重程度描述	后果严重程度总体判断标准
3	较严重	(1) 人员伤亡：可能发生人员死亡3人以上10人以下的，或者发生人员重伤（包括急性工业中毒）10人以上50人以下的； (2) 经济损失：可能发生直接经济损失者1 000万元以上5000万元以下的； (3) 社会影响：可能对国家或区域的社会、经济等产生较大影响。
2	一般	(1) 人员伤亡：可能发生人员死亡1人以上3人以下的，或者发生人员重伤（包括急性工业中毒）5人以上10人以下的； (2) 经济损失：可能发生直接经济损失者100万元以上1000万元以下的； (3) 社会影响：可能对国家或区域的社会、经济等产生一般影响。
1	较轻	(1) 人员伤亡：可能发生人员重伤（包括急性工业中毒）5人以下的； (2) 经济损失：可能发生直接经济损失者100万元以下的； (3) 社会影响：可能对国家或区域的社会、经济等产生轻微影响。
注：表中同一等级的不同后果之间为“或”关系，即满足条件之一即可。条款内所称的“以上”包括本数，所称的“以下”不包括本数。括号中为取值分数		

8.3.3.7 重大作业活动宜根据表6进行风险等级判定并按本文件第9章要求进行管控，重大作业活动风险等级由高到低统一划分为四级：重大风险、较大风险、一般风险、低风险，分别用红、橙、黄、蓝四种颜色标示。

表6 重大风险作业活动风险等级标准

风险等级			后果严重程度等级				
			较轻	一般	较严重	严重	特别严重
			1	2	3	4	5
可能性等级	几乎不可能	1	低风险（I）	低风险（I）	一般风险（II）	一般风险（II）	较大风险（III）
	可能性很小	2	低风险（I）	一般风险（II）	一般风险（II）	较大风险（III）	较大风险（III）
	偶然	3	一般风险（II）	一般风险（II）	较大风险（III）	较大风险（III）	重大风险（IV）
	可能	4	一般风险（II）	较大风险（III）	较大风险（III）	重大风险（IV）	重大风险（IV）
	很可能	5	较大风险（III）	较大风险（III）	重大风险（IV）	重大风险（IV）	重大风险（IV）

8.3.4 风险估测信息管理

风险估测信息应分别按照一般作业活动和重大作业活动进行汇总，估测信息应填入表7、表8。

表7 一般作业活动风险估测信息表

编号	风险辨识与分析		风险估测				
	作业单元	风险事件	可能性	暴露程度	后果严重程度	风险分值	风险等级

表8 重大作业活动风险估测信息表

编号	风险辨识与分析		风险估测					
	作业单元	风险事件	严重程度			后果严重程度	可能性	风险等级
			人员伤亡	经济损失	社会影响			

8.3.5 整体风险等级确定

8.3.5.1 评估小组应综合考虑作业单元中多项风险相互叠加和相互作用的效应，对多个风险事件合并发生可能性、事故后果复加程度和事故影响范围扩大化等进行综合评估，最终确定评估对象整体风险等级，评估对象整体风险不应低于所包含的单个风险的最大值。整体风险等级应填入安全风险评估信息表，参见附录A。

8.3.5.2 评估小组宜根据整体风险等级绘制项目“红橙黄蓝”四色安全风险分布图。

8.3.6 风险等级的调整与变更

8.3.6.1 整体风险等级与总体风险等级不一致时，应结合工程实际进一步核查风险事件评估指标和判定标准设计的合理性和分值取值的准确性，并通过评估小组集体讨论或专家咨询等方式确定风险事件最终风险等级和整体风险等级。建设单位应根据整体风险等级调整总体控制措施。

8.3.6.2 作业单元和风险事件初评为“重大风险”后，作为不可接受风险，应针对主要致险因素（人、物、环、管），及时调整人、财、物、技术等方面的投入，以降低风险等级，经重新评估后可变更风险等级。

9 风险管控措施

9.1 风险管控措施建议提出

评估小组根据风险评估结果与接受准则，提出风险管控对策和措施，风险接受准则与风险分级管控措施建议见表9。

表9 风险接受准则与管控措施

风险等级	接受准则	风险管控措施	风险分级管控措施			
低风险 (I级)	可忽略	日常管理，规范作业。	日常管理	告知		
一般风险 (II级)	可接受	需采取风险防控措施，加强安全管理力量，严格日常安全生产管理，加强现场巡视。	严格管理	告知	专项整治	
较大风险 (III级)	不期望	应采取降低风险措施，优化施工组织方案，加大安全管理力量投入、强化安全资源配置、选择有经验及自控能力强的施工单位、增加工程保险投保、监控监测和应急准备等措施，将风险至少降低到可接受的程度。	强化管理	警示告知 监测预警	风险降低 /风险转移	应急准备

表9 风险接受准则与管控措施（续）

风险等级	接受准则	风险管控措施	风险分级管控措施			
重大风险 (IV级)	不可接受	<p>应高度重视项目的组织实施，采取加大安全管理力量和资金投入、强化安全资源配置、选择有经验及自控能力强的施工单位、增加工程保险投保、强化应急资源配置等措施，并加强监控监测和应急准备。</p> <p>未开工项目应暂停开工，并研究采取措施降低风险，通过优化工程设计、改进施工工艺，进一步完善施工组织设计，将风险降低至可接受程度。</p> <p>已开工项目应暂停施工，同时采取风险防范措施，做好停工期间安全保障工作，并研究采取措施降低风险，通过调整设计及专项施工方案、改进施工工艺，完善施工组织设计，将风险降低至可接受程度。</p> <p>无法绕避的重大自然灾害风险，应通过加强监控与监测，加强作业防护与个体防护，采用机械化与自动化施工，加强人工智能投入等措施降低事故后果严重程度。</p>	重点监管	警示告知 监测预警	风险降低 /风险转移/ 风险回避/ 加强管控	应急准备

9.2 风险管控措施的制定、实施及调整

9.2.1 施工单位应根据作业单元和风险事件的风险等级，制定相应的风险管控措施，并将风险管控措施填入安全风险评估信息表，参见附录 A。风险管控措施包括但不限于警示告知、监测预警、风险应对、应急处置等。

9.2.2 施工单位应制定风险分级管控制度，实施风险分级管控措施，落实风险分级管控责任。

9.2.3 重大风险的致险因素超出管控范围，应及时调整风险管控措施。重大风险管控失效发生生产安全事故的，项目相关建设单位应按照相关应急预案开展应急处置工作，应急处置和事故调查处理后，应及时对相关工作进行评估总结，明确改进措施。

9.3 警示告知

9.3.1 施工单位应建立安全风险公告制度，结合风险等级开展风险分级警示告知工作，并加强风险教育和技能培训。

9.3.2 施工单位应落实风险警示告知工作，可通过安全手册、警示标志、公告提醒、培训交底、讲解宣传、网络信息等方式将风险的基本情况、防范、应急措施等风险信息告知直接影响范围内的相关部门和人员。

9.3.3 施工单位应在主要作业场所的醒目位置和重点区域分别设置安全风险公告栏，公告栏应标明主要风险位置、可能发生的风险事件及后果、风险等级、风险防控措施和应急措施、风险管控部门和责任人等风险信息。

9.3.4 施工单位应根据岗位特性制作岗位安全风险告知卡，告知卡应标明本岗位的主要风险位置、致险因素、可能引发事故隐患类别、可能发生的风险事件及后果、整体风险等级、风险防控措施、应急措施和报告方式等信息。

9.3.5 施工单位应在存在较大和重大风险的工作场所和岗位附近醒目位置处、进入较大和重大风险工作场所的出入口处设置明显的警示标示牌，警示牌应有禁止标志、警告标志、警示用语等内容。

9.4 监测预警

- 9.4.1 施工单位应建立安全风险监测预警机制，结合风险等级开展风险监测预警工作。
- 9.4.2 施工单位应重点监测风险区域内的不利自然条件、恶劣作业环境、结构物稳定性、大型临时设施和重大危险源等，并依据采集的监测信息数据指导风险预警工作。
- 9.4.3 风险监测预警人员应通过监测系统或人工手段实时掌握作业单元的安全状态和风险变化趋势，根据主要致险因素的风险阈值，定期或不定期发布预警信息。
- 9.4.4 风险预警信息级别宜分为红、橙、黄、蓝四级，分别对应重大风险预警、较大风险预警、一般风险预警、低风险预警。施工单位应建立分级报送预警信息机制，及时报告相关部门和人员。
- 9.4.5 重大风险进入预警状态的，项目相关单位应依据有关要求采取措施全面立即响应，施工单位应将预警信息同步报送属地负有安全生产监督管理职责的部门。
- 9.4.6 项目相关单位收到预警信息后，应及时做好人员、物资、装备等防御性工作或安全撤离工作，防范生产安全事故发生。
- 9.4.7 施工单位应制定风险动态监测计划，定期更新监测数据或状态，更新频次应每月不少于1次，较大和重大风险监测应单独建档。

9.5 风险应对

- 9.5.1 施工单位应根据不同的风险等级采取相应的风险应对措施，风险应对措施宜包括风险回避、风险降低、风险转移等。
- 9.5.2 存在重大风险的作业单元，施工单位可通过严格选址及审批，施工组织方案调整，工程方案调整、施工工艺更换，物料替代等方式回避风险。
- 9.5.3 因客观因素影响而无法回避的重大风险，应加强风险监控与监测，加强人工智能投入，加大自动化设备投入等措施降低事故后果严重程度。
- 9.5.4 风险降低应以降低风险发生的概率和降低事故后果严重程度为目的，从人、物、环境、管理等方面采取措施，宜包括控制作业人数，提升人员安全水平，改进施工工艺，加强安全防护，加强监督管理和其他工程技术措施等。施工单位应建立重大风险降低专项资金。
- 9.5.5 施工单位应投保安全生产责任保险，并宜结合项目整体风险等级选择保额，将损失进行转移或转嫁。

9.6 应急处置

- 9.6.1 项目相关单位应加强风险事件应急管理体系建设，包括建立健全应急组织机构，建立完善统一指挥、协调联动、信息报告、信息发布、应急处置、灾后评估等应急管理工作机制，制定上下统一的应急预案，组建专（兼）职应急队伍，储备应急物资和装备，加强应急演练等。
- 9.6.2 发生生产安全事故后，项目相关单位应按照“分级负责、属地管理”的原则，严格执行相关应急预案、应急管理工作机制，积极开展突发事件应急处置工作。
- 9.6.3 施工单位应针对存在较大及以上风险的作业活动和 JTG F90 规定的危险性较大工程编制生产安全事故专项应急预案和现场处置方案，对一般及以下风险的作业活动可只编制现场处置方案，并按相关要求开展应急演练。
- 9.6.4 施工单位宜针对工作岗位特点编制应急处置卡。

附 录 A
(资料性)
施工安全风险评估信息表

见表A.1。

表A.1 施工安全风险评估信息表

名称	风险辨识		风险分析				风险估测			结论与建议		
	作业单元	风险事件	致险因素				后果严重程度	可能性	(暴露程度)	风险事件风险等级	整体风险等级	风险管控措施
人的因素			物的因素	环境因素	管理因素							
子单位工程或其合集												

附录 B
(资料性)
作业单元施工作业程序分解清单

B.1 总则

公路工程建设项目主要包括路基工程、路面工程、桥梁工程、隧道工程、交通安全设施、附属设施、绿化工程、机电工程等单位工程和其他工程等。

B.2 路基工程

路基工程可按工程类别及分部分项工程进行作业单元划分，可分为土石方工程、排水工程、地下管道及管线工程、防护支挡工程、涵洞、通道、人行天桥、渡槽等。常见作业程序见表B.1~表B.4。

表B.1 一般路基工程施工作业程序分解清单

分部工程	分项工程	工序(单位)作业
土石方工程	路堑挖方工程	爆破作业
		开挖作业
		车辆运输
		弃渣
	路堤填方工程	表层土清除
		基底台阶开挖
		基底检验
		地基处置
		取土/石
		车辆运输
		填筑
		压实
	土工合成材料处置	材料验收
		场地平整
		材料敷设与连接
压载回填		
排水工程	地表排水设施	基坑开挖
		基底处理
		砌体作业/混凝土作业
		爬模施工
		预制件预制
		预制件运输
		预制件安置
		养护
	地下排水设施	基坑/槽/井开挖
		隔离层施工

表 B.1 一般路基工程施工作业程序分解清单（续）

分部工程	分项工程	工序（单位）作业
排水工程	地下排水设施	排水垫层施工
		管沟埋设
		回填压实
		砌体作业/混凝土作业
		钢筋作业
地下管道及管线工程	地下管道及管线工程	基槽开挖
		基础垫层施工
		管道敷设/保护
		填土压实

表B.2 特殊路基地基处置工程施工作业程序分解清单

分部工程	分项工程	工序（单位）作业	
土石方工程	地基处置	软基换填	挖除→摊铺→碾压→运输
		抛石挤淤	清表→抛投片石→整平碾压
		强夯	清表→强夯作业
		反压护道	取土/石→车辆运输→填筑→压实
		排水砂垫层	垫层铺设→振实
		塑料排水板	测量放样→插板作业
		袋装砂井	测量放样→砂井机就位→砂井机作业→灌砂装袋作业
		真空(堆载)预压	测量放样→渗排水系统施工→密封系统施工→真空泵抽真空→堆载预压→卸载
		粉喷桩	场地平整→物料制备→钻进→喷粉提升→复搅→桩头处理
		旋喷桩	场地平整→测量放样→浆液制备→钻孔→插管→旋喷作业→泥浆处理→清洗
		挤密桩	场地平整→测量放样→成孔挤密→桩孔回填夯实
		CFG（水泥粉煤灰碎石）桩	场地平整→试桩→测量放样→浆液制备→桩基施工→桩间土清除→桩头环切→桩基检测→桩帽施工→回填夯实→垫层施工
		砂（碎石）桩	场地平整→测量放样→物料制备→桩基施工
		加固土（水泥搅拌）桩	场地平整→测量放样→浆液制备→预搅钻进→喷浆搅拌→重复搅拌→清洗
		沉管灌注桩	场地平整→桩位测放→浆液制备→沉管钻进→下放钢筋笼→灌浆拔管→养护
		人工挖孔桩	施工准备→锁口施工→人工挖孔→出渣运输→护壁施工→钢筋笼制安→灌注混凝土
钻孔灌注桩	施工准备→浆液制备→护筒埋设→成孔清孔→桩底压浆→钢筋笼制安→灌注混凝土		
静压管桩	场地平整→测量定位→吊装喂桩→压桩→接桩→切割桩头		

表B.3 路基防护支挡工程施工作业程序分解清单

分部工程	分项工程	工序(单位)作业
防护支挡工程	植物防护	参见绿化工程
	骨架植物防护	坡面修整
		脚墙开挖
		作业平台搭设
		基槽开挖
		砌体作业
		模板作业(现浇)
		混凝土作业(现浇)
		预制块预制(预制)
		预制块运输(预制)
		预制块砌筑(预制)
		回填土
		植物防护
		护面墙护坡
	基础开挖	
	垫层铺砌	
	砌体作业	
	模板作业(现浇)	
	混凝土作业(现浇)	
	泄水管理设	
	伸缩缝施工	
	喷护/挂网喷护	平台搭设
		坡面清理
		钻进成孔
		锚杆制安
		灌注砂浆
		挂设钢筋网
		喷射混凝土
	土工织物软体沉排	坡面平整
		锚固
		排体/膜袋制作
		沉排
土工膜袋	坡面平整	
	卷膜袋	
	定位桩打设	
	铺展膜袋	
	压稳	
	灌浆	

表B.3 路基防护支挡工程施工作业程序分解清单（第2页，共3页）

分部工程	分项工程	工序（单位）作业
防护支挡工程	石笼防护	基底及坡面平整
		石笼网组装
		网箱摆设绞合
		石料分层装填
		盖板绞合
	浸水挡墙	基坑开挖
		基坑排水
		基础施工
		墙身施工
		墙背回填
	抛石防护	石料加工
		抛石
		反滤层施工
		整坡
	导流工程	围堰作业
		沉排护底
		抛筑/吹填坝体
		反滤层施工
		夯实/碾压
	挡土墙	基坑开挖
		基底检验
		模板支架搭设
		钢筋制安
		混凝土作业
		模板支架拆除
		砌体砌筑
		墙背回填
	人工挖孔抗滑桩	锁口施工
		人工挖孔
		出渣运输
护壁施工		
钢筋笼制安		
灌注混凝土		
桩间挡板浇灌		
机械成孔抗滑桩	护筒安装	
	机械成孔	

表B.3 路基防护支挡工程施工作业程序分解清单（第3页，共3页）

分部工程	分项工程	工序（单位）作业
防护支挡工程	机械成孔抗滑桩	清孔
		钢筋笼制安
		混凝土浇注
	土钉支护	平台搭设
		坡面清理
		钻进成孔
		锚杆制安
		灌注砂浆
		挂设钢筋网
		喷射混凝土
		边坡锚固
	坡面清理	
	钻进成孔	
	锚杆（索）制安	
	注浆	
	坡面结构施工	
	预应力张拉	
	封锚	
	防落石网	坡面清理
		基础施工
		立柱及拉锚绳安装
		减压环安装（被动型）
		支撑绳安装
钢丝绳网安装		
格栅安装		
接地处理		
信息化作业	监控监测	

表B.4 小桥涵工程施工作业程序分解清单

分部分项工程	工序（单位）作业
涵洞、通道	基础开挖
	管座浇筑
	管节预制与安装
	管节运输
	防水层施工
	洞口结构浇筑/砌筑
	洞口铺砌
	台背回填

表B.4 小桥涵工程施工作业程序分解清单（第2页，共3页）

分部分项工程		工序（单位）作业
涵洞、通道	盖板涵/通道	基坑开挖
		基础浇筑
		钢筋及模板施工
		涵台、台帽浇筑
		盖板预制/现浇
		防水层施工
		洞口结构浇筑/砌筑
		洞口铺砌
		台背回填
	拱涵	基坑开挖
		基础浇筑
		钢筋及模板施工
		涵身浇筑/砌筑
		拱架制安
		拱圈砼浇筑/砌筑
		洞口结构浇筑/砌筑
		洞口铺砌
	台背填土	
	箱涵	基坑开挖
		基础底板浇筑
		钢筋及模板施工
		侧墙砼浇筑
		支架搭设
		顶板浇筑
		洞口结构浇筑/砌筑
		洞口铺砌
		墙背回填
渡槽	基坑开挖	
	基础浇筑	
	钢筋及模板施工	
	墩台浇筑	
	槽身浇筑	
	接缝处理	
	盖板预制安装	
	通水试验	

表B.4 小桥涵工程施工作业程序分解清单（第3页，共3页）

分部分项工程	工序（单位）作业
天桥	基坑开挖
	基础施工
	墩台施工
	钢筋及模板施工
	主梁预制安装/现浇
	梯道施工
	桥面及附属设施施工
	锥溜坡砌筑
	台背回填
注：天桥施工可参照桥梁工程施工作业程序进行分解。	

B.3 路面工程

路面工程可按路面类型及分项工程进行作业单元划分，可分为面层、防水结构层、基层与底基层、垫层、路缘石、路肩等。常见作业程序见表B.5。

表B.5 路面工程施工作业程序分解清单

单位工程	分项工程	工序（单位）作业
路面工程	水泥混凝土面层	模板及钢筋作业
		混凝土拌合
		运输
		摊铺
		振捣
		接缝施工
		养生拆模
		刻槽及切缝
	沥青面层	运输
		沥青洒布
		摊铺
		碾压
	防水结构层	表面处理
		透层洒布
		封层铺筑
	基层与底基层（厂拌）	设备管理
		备料
		混合料拌制
		运输
		摊铺

表B.5 路面工程施工作业程序分解清单（续）

单位工程	分项工程	工序（单位）作业
路面工程	基层与底基层（厂拌）	压实
		接缝处理
		养护
	基层与底基层（路拌）	原材料运输
		摊铺
		混合料拌制
		压实
		接缝处理
		养护
	垫层	摊铺
		振捣/碾压
	路缘石 路肩	测量放线
		支模
		垫层浇筑
		路缘石安装
		靠背施工
勾缝		
支模		
铺筑/浇筑		

B.4 桥梁工程

桥梁工程可按结构型式及分部分项工程进行作业单元划分，可分为桥梁基础及下部结构、钢筋混凝土和预应力混凝土梁式桥上部结构、拱桥上部结构、斜拉桥上部结构、悬索桥上部结构、钢桥上部结构、索塔、锚碇、桥面系及附属工程、防护工程、引道工程等，常见作业程序见表B.6。跨越施工见表B.15。

表B.6 桥梁工程施工作业程序分解清单

分部工程	分项工程/施工工艺	工序（单位）作业
桥梁基础及下部结构	人工挖孔灌注桩	锁口施工
		人工挖孔
		出渣运输
		护壁施工
		钢筋笼制作与安装
		灌注混凝土
	钻孔灌注桩	平台搭建
		浆液制备
		埋设钢护筒
		成孔清孔
		桩底压浆

表B.6 桥梁工程施工作业程序分解清单（第2页，共8页）

分部工程	分项工程/施工工艺	工序（单位）作业
桥梁基础及下部结构	钻孔灌注桩	钢筋笼制作与安装
		灌注混凝土
	沉入桩	桩的制作
		桩的存放
		运输
		试桩
		沉桩（吊装、锤击沉桩、振动沉桩、水上沉桩、射水沉桩）
		拔桩
	沉井	沉井制作
		浮运与就位
		下沉与着床
		基底检验、沉井封底
		井孔填充、顶板浇筑
	地下连续墙	平整场地
		导墙施工
		成槽、清底
		钢筋笼制作与安装
		浇筑混凝土
	钢套筒围堰	桩基钻孔平台拆除
		钢材加工与运输
		承重牛腿及底板拼装
		钢套筒拼装与下放
		浇筑封底混凝土
		围堰内抽水
	土石围堰	测量放样
		河道杂物清除
		筑土、夯土（抛填石渣）
		编织袋投放、堆码
	钢板桩围堰	桩基钻孔平台拆除
		钢材加工与运输
		钢板桩插打及支撑
		围堰内吸泥、清底
浇筑封底混凝土		
围堰内抽水		
明挖扩大基础	截排水施工	
	基坑开挖	
	开挖边坡及防护	

表B.6 桥梁工程施工作业程序分解清单（第3页，共8页）

分部工程	分项工程/施工工艺	工序（单位）作业
桥梁基础及下部结构	明挖扩大基础	清底
		钢筋绑扎、立模
		混凝土浇筑与养护
	承台、桩系梁	基坑开挖
		桩头破除
		支架搭设及立模
		钢筋制作安装
		混凝土浇筑
		模板及支架拆除
		支架搭设与立模
	墩身、台身	钢筋制作、安装
		混凝土浇筑
		模板及支架拆除
		支架搭设与立模
	盖梁、帽梁 (含挡块、垫石)	钢筋制作安装
		混凝土浇筑
		预应力张拉、管道压浆
模板及支架拆除		
运梁		
钢筋混凝土和 预应力混凝土 梁式桥上部结构	预制梁架设	喂梁
		梁板起吊
		梁板就位
		架桥机过孔
		支架基础处理
	支架现浇	支架搭设、预压与立模
		钢筋绑扎
		内模安装
		混凝土浇筑
		预应力张拉
		管道压浆
		模板及支架拆除
	移动模架现浇	场地平整
		移动模架安装
		移动模架预压及预拱度设置
		钢筋制作安装
		混凝土浇筑
预应力张拉		

表B.6 桥梁工程施工作业程序分解清单（第4页，共8页）

分部工程	分项工程/施工工艺	工序（单位）作业
钢筋混凝土和 预应力混凝土 梁式桥上部结构	移动模架现浇	管道压浆
		移动模架脱模过孔
		完成制梁，移动模架拆除
	挂篮悬浇施工	挂篮安装、预压
		钢筋制作与安装
		模板作业
		混凝土浇筑
		预应力张拉
		管道压浆
		挂篮前移或拆除
	顶推法施工	场地平整
		模板作业
		钢筋制作与安装
		混凝土浇筑
		预应力张拉
		管道压浆
		顶推预制节段就位
	张拉后期预应力筋、落梁变换支座	张拉后期预应力筋、落梁变换支座
		张拉后期预应力筋、落梁变换支座
		张拉后期预应力筋、落梁变换支座
		张拉后期预应力筋、落梁变换支座
张拉后期预应力筋、落梁变换支座		
张拉后期预应力筋、落梁变换支座		
转体法施工	场地平整，测量放样	
	梁体浇筑	
	转体系统安装与调试	
	桥体称重与配重	
	转体就位、轴线及标高调整	
	落梁施工	
拱桥上部结构	拱架施工法	拱圈放样
		拱架制作及安装
		拱圈及拱上建筑的施工（含立柱、盖梁、吊杆等）
		拱架拆除
	缆索吊装系统	桥面结构施工
		扣、吊系统地锚施工
		塔架基础施工
		扣塔安装
		缆索系统安装
		缆索系统、扣塔拆除
	缆索吊装法	拱肋构件预制（含钢结构加工和涂装）
		运输
		拱肋构件吊装、拼接

表B.6 桥梁工程施工作业程序分解清单（第5页，共8页）

分部工程	分项工程/施工工艺		工序（单位）作业
拱桥上部结构	缆索吊装法		灌注钢管混凝土
			拱上建筑施工（含立柱、盖梁、吊杆等）
			桥面结构施工
	转体施工法		场地平整，测量放样
			拱肋预制
			扣索张拉，脱架试转
			转体合拢、轴线及标高调整
			拱上建筑的施工（含立柱、盖梁、吊杆等）
			桥面结构施工
			场地平整
	劲性骨架工法		骨架分段制作（含钢结构加工和涂装）
			运输
			缆索吊装系统安装
			缆索吊装法安装骨架、成拱
			骨架上立模，浇筑混凝土拱圈
			拱上建筑施工（含立柱、盖梁、吊杆、主梁等）
			桥面结构施工
			桥面结构
	钢、钢混组合梁	完成拱肋吊装	
		钢梁制作（含钢结构加工和涂装）	
		运输	
安装吊杆			
	安装桥面钢格子梁		
斜拉桥上部结构	桥面结构	主梁悬臂拼装 （钢、钢混组合梁）	钢梁制作（含钢结构加工和涂装）
			运输
			搭设存梁支架、作业平台
			桥面吊机安装、浮吊准备
			梁段吊装
			对称悬臂施工和连接
			主梁合拢
			挂篮安装、预压
			钢筋绑扎及模板安装
			混凝土浇筑
		挂篮悬浇施工 （混凝土梁）	预应力张拉
			管道压浆
			挂篮前移或拆除

表B.6 桥梁工程施工作业程序分解清单（第6页，共8页）

分部工程	分项工程/施工工艺		工序（单位）作业	
斜拉桥上部结构	斜拉索		主梁匹配焊接完成	
			三角提升系统安装	
			穿索	
			斜拉索张拉	
			设置塔壁吊笼	
悬索桥上部结构	先导索	水下牵引法	封航	
			先导索和拖船准备	
			拖船牵引先导索过江（先导索可沉入水底）	
			卷扬机拉起先导索，完成架设	
			先导索拆除	
		水面浮运法	封航	
			先导索和拖船准备	
			先导索过塔顶	
			拖船牵引先导索过江	
			卷扬机拉起先导索，完成架设	
	先导索拆除			
	空中牵引法	先导索和牵引设备准备		
		牵引设备收、放平台搭建		
		先导索空中牵引		
		两岸牵引系统施工，完成架设		
		先导索拆除		
	猫道	猫道		塔顶预埋件安装
				承重索安装
				猫道面网、横梁和扶手安装
				索股牵引系统、横向天桥安装
				猫道拆除
		主缆		主缆索股制作及运输
				主缆架设
				主缆线型调整
				紧缆
				主缆涂装、缠丝
		索夹与吊索		成品制作及运输
安装位置测量放样				
索夹起吊与安装				
猫道面层开孔，吊索安装				
索鞍		索鞍制作、运输		
		塔吊、门架、起吊系统安装		

表B.6 桥梁工程施工作业程序分解清单（第7页，共8页）

分部工程	分项工程/施工工艺		工序（单位）作业	
悬索桥上部结构	索鞍		格栅/底板安装	
			索鞍吊装、就位、连接	
			塔吊、门架、起吊系统拆除	
	加劲梁		加劲梁制作（含钢结构加工和涂装）	
			运输	
			搭设移梁支架及轨道	
			缆索吊系统安装	
			加劲梁吊装、合龙	
钢桥上部结构	主梁制作运输		工厂钢结构制作	
			构件加工、焊接、预拼、涂装	
			船运或车运至施工现场	
			存梁、架设	
	主梁架设		起重吊装法	梁段吊装与拼接
				桥面板施工
				模板及支架拆除
			支架拼装法	支架基础处理
				支架搭设、预压
				梁段吊装与拼接
				桥面板施工
			悬臂拼装法	模板及支架拆除
				搭设存梁支架、作业平台
				吊机安装
				梁段吊装
			顶推安装法	悬臂施工和连接
	主梁合拢			
	场地平整			
	支架搭设			
	钢梁拼装			
	导梁、顶推设备安装与调试			
	顶推预制节段就位			
	转体施工法	落梁变换支座		
		场地平整，测量放样		
		钢梁拼装		
		转体系统安装与调试		
		桥体称重与配重		
		转体就位、轴线及标高调整		
落梁施工				

表B.6 桥梁工程施工作业程序分解清单（第8页，共8页）

分部工程	分项工程/施工工艺	工序（单位）作业
索塔		塔吊、电梯、支架搭设
		爬模安装、调试
		钢筋制作安装
		塔柱、横梁混凝土浇筑
		钢锚梁或塔顶鞍座安装
		预应力张拉或主缆安装
		塔吊、支架及爬模拆除
锚碇		基坑开挖
		基础填芯
		顶板施工
		支架搭设与立模
		钢筋制作安装
		混凝土浇筑
		安装锚固连接件、索鞍、缆索股
		模板支架拆除
		附属工程安装
桥面及附属工程	护栏	钢筋、钢材制作安装
		立模
		混凝土浇筑
		模板拆除
	桥面铺装	钢筋铺设
		混凝土浇筑
		防水及面层施工
	其他附属设施	支座安装
		伸缩缝安装
		搭板浇筑
		排水管安装
		防雷接地预埋
		防撞设施施工
防护、引道工程	路基及锥溜坡回填	台背回填
		锥溜坡回填、压实
		锥溜坡坡面、坡脚防护施工
	坡岸防护施工	参照路基工程中浸水路基支挡防护内容
注：以上桥梁结构为常见结构体系，其他特殊结构或协作体系可参考进行组合。		

B.5 隧道工程

隧道工程可按分部分项工程进行作业单元划分，可分为洞口工程、洞身开挖、洞身衬砌、辅助通道、防排水、路面、附属设施、信息施工、辅助施工措施等。常见作业程序见表B.7。

表B.7 隧道工程施工作业程序分解清单

分部工程	分项工程	工序（单位）作业
洞口工程	边仰坡作业	清表作业
		危石清除
		爆破作业
		机械开挖
		防护支档
		绿化
	洞门墙施工	基坑开挖
		基底检验
		基础施工
		模板及钢筋作业
		混凝土灌注
		墙面装饰
	排水系统	沟槽开挖
		立模
		钢筋制安
		砂浆砌筑/混凝土现浇
		排水垫层铺设
		隔水层铺设
	明洞施工	回填碾压
		核心土开挖
		基底检验
		仰拱施工
		模板台车作业
		钢筋作业
		混凝土作业
		仰拱回填
		防水层敷设
		洞顶回填
	棚洞施工	基础施工
		混凝土棚洞
轻型钢架棚洞		
（桩基施工同路基工程）		
洞身 （导洞/联络风道） 开挖	钻爆法开挖	开挖台车作业
		凿岩机作业
		人工风钻钻孔
		装药与起爆
		通风
		危石清除（找顶）

表 B.7 隧道工程施工作业程序分解清单（第 2 页，共 4 页）

分部工程	分项工程	工序（单位）作业	
洞身 （导洞/联络风道） 开挖	洞内运输	装渣	
		无轨运输/有轨运输	
		卸渣弃渣	
		爆破器材运输	
洞身 （导洞/联络风道） 衬砌	超前支护	套拱施工	
		导向管焊接安装	
		钻孔搭设钢管	
		注浆	
	初期支护	打设锚杆	
		铺设钢筋网	
		拱架架立	
		喷射混凝土	
	临时支撑	导坑临时支护（同初期支护）	
		钢（木）支撑	
		拆除	
	仰拱	钢筋作业	
		仰拱混凝土作业	
		仰拱混凝土回填	
	二次衬砌	模板台车作业	
		钢筋作业	
		拱墙混凝土作业	
	中隔墙	钢筋作业	
		模板作业	
		中隔墙混凝土作业	
		拱顶注浆	
		导洞临时回填	
	其他辅助通道	竖井	锁口圈施工
			提升系统安装
提升系统拆除			
设备运行与维护			
井身开挖			
抽排水			
通风作业			
出渣			
弃渣			
钢架架设			
锚杆施工			
钢筋网铺设			

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/31800610060006063>