

# 1 概 述

## 1.1 山区高速公路的现状其特征

过去十几年来，中国在经济和技术增长上取得了举世瞩目的成就，其中一项重要成就是基础设施建设，尤其是交通基础设施的发展和建设。

### 1.1.1 我国高速公路的发展

中国产业调研网发布的《中国高速公路行业现状调研及发展前景分析报告（2015—2021年）》认为，目前我国各地区高速公路建设情况同其经济发展情况大体保持一致，兼顾区域间的均衡化发展。这将有助于减小和改善东西部地区高速公路建设的巨大差距和区域协调发展。回顾多年的发展历程，我国的高速公路走过了2个发展阶段：

#### 1. 起步阶段

从1988年到1997年的10年，相继建成了沈大、京津塘、成渝、济青、京石、沪宁、广深等一大批具有重要区域性影响的高速公路工程，突破了多项我国高速公路建设的重大技术“瓶颈”，积累了设计、施工、监理和运营等建设和管理全过程的经验。

#### 2. 高速发展阶段

从1998年至今，高速公路建设进入了发展高峰期，年均通车里程超过4000千米，

年均完成投资 1 400 亿元。到 2002 年底，我国高速公路通车里程一举达到 2.5 万公里。

仅仅 15 年，中国高速公路的发展走过了许多发达国家一般需要 40 多年才能完成的发展进程，创造了世界瞩目的中国速度。同时，位于高速公路上的大型桥梁和长大隧道建设水平，中国也已经跻身世界先进行列。

### 1.1.2 我国山区高速公路的发展建设

截至 2010 年年底，我国公路通车总里程已达到 398.4 万千米，位居世界第二位。在我国公路路网组成中，高速公路是不可或缺的一部分。时至今日，我国已形成初具规模、基本覆盖全国的高速公路网。高速公路建设事业的不断发展，极大改善了人们的出行条件，同时更促进了全国经济建设事业的发展。当前，中国高速公路占公路的总里程的 1.64%，居世界前列。如表 1.1 所示。

表 1.1 世界主要国家高速公路占公路总里程百分比

国别	中国	美国	德国	法国	加拿大	日本
百分比	1.64	1.40	1.74	1.15	1.84	0.53

## 1.2 山区高速公路工程安全事故特点分析

### 1.2.1 山区高速公路安全现状简介

我国是一个多山的国家，山区面积占全国陆地面积的 2/3 左右。近年来，高速公路建设逐渐向山区推进，山区高速公路通车里程迅速增加，极大促进了山区经济的发展。

但是，受地形地质、水文条件、建设资金等因素的限制，山区高速公路的线形条件复杂多变，建设过程中安全事故多发。目前的高速公路工程施工安全存在一些不容忽视的问题，安全形势不容乐观，安全问题也日益突出。在一些山区高速公路工程建设的施工现场，受作业环境条件的限制和人为因素的影响，违章指挥、违章作业、违反劳动纪律的现象仍然广泛存在，现场安全隐患未能彻底消除，因工伤亡的重大安全事故还时有发生。与此同时，高速公路的交通安全状况也不容乐观，尤其是山区高速公路，更是事故多发的热点路段。

据交通部通报的统计资料，2005 年全国发生公路工程施工安全事故 32 起，死亡 76 人，受伤 51 人。其中，还发生了多起隧道塌方、倒塌和失稳等重大安全事故。如：2005 年 11 月 5 日，贵州省遵义市务川至彭水公路上珍珠大桥正在悬拼的拱架突然发生垮塌，造成 16 人死亡、3 人受伤的特大安全事故；2005 年 12 月 22 日，在四川省都江堰至汶川公路董家山隧道右洞施工过程中，发生瓦斯爆炸，造成 44 人死亡、11 人受伤的特别重大事故。

### 1.2.2 安全事故特点

山区高速公路工程安全生产的空间、平面延展特点，决定了山区高速公路工程安全生产伤害事故的行业特性。山区高速公路施工安全生产的特点和规律相对于平原区而言，受地形、地貌、地质、气象、水文等自然条件的影响较大。其特点和规律主要

有以下几个方面。

### 1. 现场作业环境条件艰巨复杂

施工现场地处高山河谷，作业环境十分复杂，条件恶劣，安全隐患源、危险源较多且分布范围较广。在气候冷暖、洪水、雨雪、大风、暴雨等自然灾害影响下，塌方、倒塌、水毁、滑坡、泥石流等安全事故随时都会发生。

### 2. 安全生产事故诱因多样化

山区高速公路建设项目，构造物形式多种多样，包括路基、路面、桥梁、涵洞、隧道、防护构造物和交通工程设施等。高墩桥梁、隧道、高边坡等工程施工难度很大，施工周期较长，一般需要 3 年以上，涉及的材料、机械、人员多，从业人员安全素质普遍偏低。陆地、水下、水上、高空、爆破等各种特种作业多，工序之间施工协作性要求高。传统质量、进度、资金三目标对安全生产形成的压力。项目前期工作深度不足，例如，勘察设计深度特别是地质勘探精度不够，地质情况变异大，会增大后期施工难度，埋下安全隐患。

### 3. 事故后果异常严重

山区高速公路工程建设自然环境条件复杂，由于工程建设诱发的自然灾害事故，常常带来重大的经济损失和大量人员伤亡。

### 4. 安全事故的发生具有突发性

山区高速公路工程建设过程是对自然结构体系的加工处理过程，这一过程意味着

原先自然结构体系平衡的破坏，新的平衡体系的重构。在这个系统中，存在着能量转换，能量的意外释放和约束能量的装置的失效而导致事故，并可能造成伤害。正是由于事故的突发性，使其后果异常严重。

### 5. 安全事故的多发性

工程建设安全事故具有突发性，增加了安全事故预防的难度。但统计发现工程建设安全事故的类别具有重复发生或多发特性，如坍塌事故，触电事故，高处坠落事故等，由此，可以发现事故发生具有其内在规律性，针对事故发生的原因，可制定切实可行的防范措施。

### 6. 事故发生的不可逆性

高速公路工程作为线状工程，线长点多，一个施工标段短则几公里，长则十到几十公里，而且山区高速公路施工场地狭小，工种复杂，地质条件差，施工技术难点多，存在许多不可预见的因素，因此易发、多发施工安全事故。工程建设安全事故的发生，是能量的意外释放，表现为能量的转化和耗散。事故一旦发生，只有能量完全消耗或重新被约束，才会中止，其结果是工程结构的破坏和人员的伤亡。事故发生过程不可逆转，事故造成的后果不可逆转（人死不能复生，结构破坏同样不能再生）。因此，预防安全事故的发生，控制事故发生过程的能量流动，是工程建设安全管理的重要工作。

### 7. 事故发生的阶段性

虽然事故的发生是突发的，但事故发生又具有明显的阶段性。由于事故发生是能

量的意外释放，能量的意外释放通常是因为约束能量的装置失效。如同千里大堤（约束洪水的装置）溃于蚁穴，大堤决口是蚁穴从无到有，从小到大。同大堤从渗漏到破坏的过程一样，任何事故的发生，都具有诱发因素，都有征兆，只要积极预防、监控事故诱发的因素，就能控制事故的发生和事故的后果。

### 1.2.3 山区高速公路工程安全事故分类

山区高速公路工程伤害事故主要分布于高处坠落、坍塌、物体打击、机械伤害、电击伤害和其他等 6 类,如图 1.1 所示,加大了山区高速公路工程施工安全管理的难度。

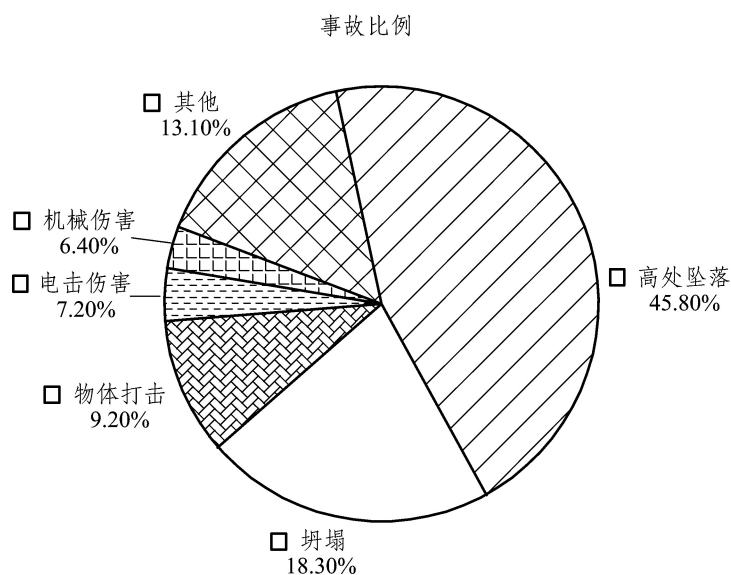


图 1.1 各类施工安全事故死亡人数比例关系图

### 1.3 山区高速公路交通事故原因分析

我国的山区高速公路事故原因表现多为地形地质复杂。地形复杂表现为地面高差

大，变化频繁，横坡陡；地质复杂表现为岩溶、滑坡、不稳定斜坡、崩塌、陡崖、煤气地层等不良地质。因此在通车运行的山区高速公路中，安全隐患突出的路段较多，给高速公路的管理和运营单位带来了较大压力。这些路段由于多处于偏远地区，社会救援力量难以快速到达，为事故的快速处理和畅通带来了严峻的挑战。而且随着通车年限的不断增加，道路路面和交通安全设施的老化期将不可避免的到来，山区高速公路的安全隐患将日趋严重。

根据国家安全生产监督管理总局对工程建设施工安全生产形势的分析，工程建设施工事故多发的主要原因，有以下几点：

① 部分地方政府主管部门执法不严、监管不力，监管能力与日益增大的工程建设规模不相适应。

② 一些项目不依法履行建设程序。

③ 部分施工单位安全生产基础薄弱、管理混乱、投入不足，安全生产保证能力低下。

④ 部分建设单位不认真履行安全管理职责，任意压缩合理工期，不及时支付安全生产措施费用。

⑤ 一些工程监理单位对自身应负的安全职责不清，不熟悉相关法规标准，未起到应有安全监理作用。

### 1.3.1 从管理的方面分析

#### 1. 认识不到位

对安全生产认识不到位是施工安全问题的根本原因，主要表现在三个方面：

一是对安全责任认识不清，一些交通行业主管部门认为，施工安全生产实行属地管理，施工安全管理是安全监督部门的事。对建设项目而言，项目业主的认识也不到位，不少项目业主认为安全生产是施工企业的事情，现场安全监管是监理的事情，认为自己不应该承担安全责任。

二是对安全生产愚昧无知，部分施工单位一味追求进度和效益，在安全方面，虽然建立了安全生产管理制度，但并未真正落到实处，存在麻痹大意的思想和侥幸心理，安全检查也是流于形式。

三是对安全生产规律缺乏研究，认识不够深入，对安全生产的系统性、长期性、艰巨性和复杂性认识不足。

#### 2. 管理不到位

对安全生产管理不到位是施工安全问题的直接原因。管理不到位也主要表现在三个方面：

一是安全生产管理机构和安全保证体系未真正建立，一些施工企业为了节约成本甚至取消安全生产管理机构和专职安全员，使得管理力量更加薄弱。

二是安全生产责任制度没有层层落实到位，对分包单位实行以包代管，制订的安



全生产有关管理制度也形同虚设。

三是一些施工单位一味强调进度而赶抢工期，片面注重经济利益，忽视安全生产管理，对违章违规的行为，处罚措施和整改落实均不到位，致使施工现场到处存在安全隐患，安全事故随时都有可能发生。

### 3. 监管不得力

政府安全监管不得力是施工安全问题的间接原因。监管不得力主要表现在两个方面：

一是监管方式大多以不定期大检查为主，日常监督管理缺乏有效措施，而且检查形式单一化，手段较为落后，还存在建设规模大与监管人员不足的矛盾，使得安全监管覆盖面小，监督力度不够，不适应当前公路工程建设发展的需要。

二是执法不严格，我国目前虽然已经出台了《中华人民共和国安全生产法》《建设工程安全生产管理条例》等安全方面的有关法律法规，但随着社会的发展，这些法律法规暴露出可操作性差、部分条款交叉等问题，致使对施工安全问题纠正不及时、处罚不到位、执法不严格，导致安全隐患未能及时消除。

### 4. 经费投入少

安全经费投入少，是施工安全问题的关键环节。施工单位对安全生产投入的不足，使得安全生产基础薄弱。不少施工单位以低价获取工程，施工中通过压缩安全经费来扩大利润空间，从而埋下事故隐患。

### 5. 人员素质低

现场作业人员素质低是施工安全问题的决定因素。当前，我国正处于实现工业化、加速城镇化的发展阶段，大量农村剩余劳动力进入其他行业，公路工程建设门槛较低，吸纳的农民工较多。与产业工人相比，农民工职业技能培训教育严重不足、安全风险意识低、安全技能和防范能力都相当差。

### 1.3.2 从技术方面分析

#### 1. 高危边坡路段

高危边坡是山区高速公路常见的安全隐患之一。通常认为高度在 20 m 以上且处于不稳定状态的边坡体为高危边坡。高危边坡常有碎石滚落，暴雨期间极易形成较大滑坡，为高速通行的车辆带来较大的安全威胁。

对于高危边坡路段，应做好基本的预防措施，如边坡挂网、利用废弃护栏板阻挡落石等，降低个别落石造成大的损害的概率。具体方案一般有：对坡面采用土钉墙支护，以控制局部变形，提高边坡整体安全系数。坡脚下陡坎与边坡一起采用土钉墙支护加固。采取上堵下排的排水措施，防止上部水流入。坡面设置导水管，以排除坡内可能的积水。坡顶的渗水井拆除。对坡脚未处理的失陷性黄土进行灌浆处理。

#### 2. 桥台跳车路段

桥台跳车是山区高速公路常见的路面病害之一。

山区高速公路的桥梁比例较高，由于公路桥头及伸缩缝（桥头引道）处的差异沉降或伸缩缝破坏而使路面纵坡出现台阶，引起车辆通过时产生跳跃。这一病害在个别