

# 高速公路桥隧工程施工风险控制探究

刘宇杨 张 琼

重庆建工桥梁工程有限责任公司 重庆 400060

**【摘要】**：高速公路桥隧工程施工中存在各种风险，针对《公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估指南（试行）》，探讨了桥涵基础、上部结构、隧道施工中应注意的几个关键问题，为施工安全管理提供借鉴。

**【关键词】**：桥梁工程；隧道工程；施工；风险控制

## Exploration of Construction Risk Control of Highway Bridge and Tunnel Projects

Yuyang Liu, Qiong Zhang

Chongqing Construction Engineering Bridge Engineering Co., Ltd. Chongqing 400060

**Abstract:** There are various risks in the construction of highway bridge and tunnel projects, and according to the Guidelines for Safety Risk Assessment of Highway Bridge and Tunnel Engineering Construction (Trial), several key issues that should be paid attention to in the construction of bridge and culvert foundations, superstructures and tunnels are discussed, which provide reference for construction safety management.

**Keywords:** Bridge engineering; Tunnel engineering; Construction; Risk control

### 引言

随着我国经济的迅速发展，公路、隧道的建设也越来越多，大量的桥隧项目也陆续竣工，据有关数据显示，在公路工程中，因桥隧施工而死亡的人数占总体死亡人数的80%左右。因此，正确认识桥隧施工过程中的各类危险因素，并及时采取相应的防治措施，降低事故的发生，具有十分重要的现实意义。

### 1 桥隧工程施工风险评估

风险评价是在风险事件发生前，对其所产生的各种后果及其可能的定性或定量分析。《公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估指南（试行）》将其划分为整体风险评估与特殊风险评价。桥梁建设的整体安全风险评估包括：桥梁建设规模、地质条件、气候条件、地形地貌、桥位特征和施工技术的成熟性。隧道工程的整体安全风险评估，应从隧道地质条件、建设规模、气候、地形条件等方面进行综合评价。以杭州湾跨海大桥为例，其总体风险评估见表1。

表1 杭州湾跨海大桥工程施工安全风险总评估

评估指标	桥梁工程实际参数	风险分值
建设规模 A1	主桥为斜拉桥，主跨 780m	5
地质条件 A2	主桥段土体层厚度 20m--40m，岩体以花岗岩为主，岩体差异风化现象明显，地质条件较复杂，对钻孔平台的稳定性围堰施工都会造成影响	3
气候环境 A3	台风季节风力可达 7-10 级，最大 12 级以上，施工安全极易受台风的影响，桥址附近 52 年中热带气旋共出现 344 个。平均每年 6.7 次。	5

	最多达 14 次。最大风速 >24.5m/s。共出现 212 次，平均每年为 4.2 次	
地形地貌 A4	桥区地貌单元属东南沿海低山丘陵至滨海平原区低潮时部分海床显露，大型船舶设备的作业时间受潮汐影响，不利于组织水上施工	2
桥位特征 A5	施工期间附近海域禁止通行，但还是存在施工用船	1
施工工艺成熟度 A6	施工单位经验丰富，具有总承包特级资质，在国内有相关应用	1
总体风险值 $R=A1+A2+A3+A4+A5+A6$		17

### 2 基础工程

基础工程的共同特点是：（1）施工对周围区域尤其是建筑物产生的震动、地面前下沉导致建筑物开裂、倾斜甚至倒塌；（2）施工造成的地下管道破坏，但由于大部分地下管道是公用的；常常会造成很大的影响和间接的损失。

预防与控制措施：（1）在工程开工前，要对现场的地质情况进行全面调查，对施工过程中可能产生的影响进行全面的评价，采取科学的施工管理方法，对工程的影响进行有效控制。

（2）应建立必要的监测体系，对工程建设的影响进行系统的追踪和评价，尽早地发现问题并进行有效的控制。（3）尽量调查、掌握现场地下管道的状况，并根据需要进行相应的调整，以防止事故的发生。（4）在施工前，要对现场进行勘察，对可能造成危害的目标，尤其是存在安全风险的建筑，进行调查。下面将着重介绍在钻孔灌注桩施工中的风险管理：

## 2.1 桥梁钻孔灌注桩成孔过程中或成孔后坍孔

坍孔是在成孔过程中或成孔后,孔壁坍落,桩底积聚厚厚的泥层,致使孔深达不到设计和施工规范要求。坍孔是钻孔灌注桩施工中的常见事故。因此,钻孔灌注桩施工现场应采取以下控制措施:(1)护筒顶应高出地面0.3m或水面1-2m;当孔内有承压水时,应高于稳定后的承压水位2.0m以上;处于潮水影响地区时,应高于最高施工水位1.5-2.0m。成孔后,保持孔内水面标高。(2)陆上护筒埋设时,在护筒底部夯填0.5m厚粘土,并分层夯打密实。放置护筒后,在护筒四周对称均衡地夯填粘土,以防止护筒变形或位移,夯填应密实不渗水。施工通道、吊机、发电执等的位置应与孔保持一定距离,尤其在地表下有淤泥质粘土之类的软弱土层时更应注意。当发现护筒下沉、孔口坍塌时,应尽快撤离钻机、回填孔位,重新埋置护筒。(3)熟悉钻井设备的工作特性,了解桩基础的地质条件,开钻时应慢速钻进;根据不同的成孔阶段、不同的地层情况,采取不同的钻进工艺。(4)当相邻桩基之间的距离过短时,不能同时进行两个桩位的施工,必须在邻近桩基灌注完成并达到一定强度后方可开始。(5)在下放钢筋笼时,不要摇晃得太厉害,要平稳、小心地进行。如果孔底有太多的沉淀物,必须进行清理。如果孔底的沉降层仍然没有达到规定的深度,应将钢筋笼从孔井中抬起,然后再进行钻机的钻进和清理。

## 2.2 钻杆折断

在正循环和反循环旋转钻进,钻杆断裂是常见的。当出现断棒时,钻机的载荷会立即得到缓解,传动机构运行噪音降低,钻速几乎于零,如果在提钻后再次钻入仍然不起作用,那么就说明出现了折杆失效。为了预防折断的发生,可以采用下列方法:

(1)在选用适当的钻柱直径及管壁厚时,必须按照有关的计算公式来确定。(2)不可采用较大弯曲的钻杆,每节的连接必须良好,并且要保证钻杆与钻头的联接螺栓良好,采用螺纹联结的钻杆接头要有固定装置,防止翻转松动。(3)在钻井作业中,进尺的速度要严格控制。遇到坚硬复杂的地质时,要谨慎小心。(4)在钻井期间,应定期对钻具的各个部件进行磨损,并保证接头的强度。如有不符合条件,将立即进行调换。(5)在钻井过程中,如发现杂质,必须进行加工后才能进行钻井。(6)在出现钻杆断裂的情况下,可以将掉落的钻杆捞起,进行原因分析,更换新的或大的钻杆。

## 3 上部结构

### 3.1 梁板加工纵(横)向预应力滑丝、断丝

造成断丝的原因有:材料不均匀或严重腐蚀;锚圈在处理预应力筋时,会发生交叉重叠;在作业时未做到孔道、锚圈、千斤顶三对,导致钢丝脱离中心轴、受力不均、个别钢丝应力集中;液压计失效,导致张力过度;没有按照要求对千斤顶进

行检查。造成滑丝的主要原因是:锚环锥孔与夹板间存在着杂质;拉力绳及千斤顶卡盘中有油渍;锚杆的喇叭孔中有水泥及其他残余物;锚固的质量问题,因其硬度不够而引起的变形<sup>[1]</sup>。在工程建设中,如果发生了丝滑、断丝等情况,会导致人员的生命安全,同时也会影响工程进度和投资。为了预防这种情况,应采取下列措施:在预应力施工中,必须严格遵守相关法规;断丝后需最好更换;每批的预应力钢筋都要进行检验,并对产品的质量进行检验。

### 3.2 主梁支架失效

主要问题有主梁浇筑过程中支架失效、支架拆除时发生事故等。支架安装在不稳固的地基上,地基处理不均匀,步高随意加大,扣件螺栓未拧紧,选材不严,支架不按规范要求施工等都可能造成事故。如果基础没有经过妥善的处理,在浇筑时会使基础沉降,使支架产生变形和下沉,从而导致模板变形、下挠、线形不顺,从而对梁体的受力产生不利的影晌,甚至导致结构的坍塌。在桥梁工程中,支架失效是一种常见事故,近年来,我国桥梁支架的失效事故时有发生。一旦出现支架失效问题,其处理费用将会很高,而且会造成更大的成本和工期的延迟。应该采取下列措施来预防这种情况:

(1)认真地检验支撑杆的材料、尺寸、铺板、栏护、连接等,以确保其质量及连接的可靠性;

(2)托架体系由专业设计人员设计,并由相关部门对其进行全面的结构复审,以保证其安全性;

(3)对支架上方的临时堆料进行严格的控制,并进行规范的管理;

(4)在拆除临时设施时,应制定详细的安全技术计划,并确保其安全<sup>[2]</sup>;在安装支架之前,应按照规定要求对基础进行处理;

(5)在使用沙袋进行预压的过程中,遇到雨天要及时采取防雨措施,避免由于沙袋的吸水量增大,造成坍塌;在施工过程中,要经常对支架、模板进行检查,一旦出现不正常情况,要及时进行处理。

## 4 隧道工程

在施工过程中,要按照工程地质特征,制订详细的施工组织,严格按照施工计划,做到施工安全、预防崩塌、对岩体裂缝水的正确处置。为了确保工程的质量和进度,必须分别制订安全施工计划,并配备充足的技术人员和设备。从技术上讲,应该从以下几个方面来分析:第一,隧道工程外部的主要危险因素,如地震、洪水、火灾、爆炸、坍塌;二是影响隧道施工的主要内部危险因素,即开挖方式、支护方式等。

## 4.1 外在风险

### 4.1.1 地震风险

传统的看法是，与地表结构相比，隧道受地震影响较小。然而，实际情况却并非如此，在隧道的建设中，经常会出现破裂裂纹和邻近缺陷的破裂，一次轻微的地震经常会造成较大的破坏。另外，在隧道工程设计中，一般只考虑建筑完工后的抗震设计，并没有专门针对施工期间的抗震问题，尤其是在施工阶段进行地震破坏时，要把工程的规划范围也纳入其中。

### 4.1.2 洪水风险

对隧道施工来说，水患主要来源于两个方面：一是地表水，如果施工场地位于容易发生洪灾的地区，一旦发生洪灾，必然会造成已经开挖的隧洞渗水，造成一定的经济损失；二是地下水问题，当隧道开挖到地下水位以下，而隧道顶部没有防水层的防护，则需要考虑地下水大量渗漏所带来的危害。

### 4.1.3 火灾、爆炸风险

隧道工程施工中的火灾爆炸危险主要与地下机械设备的使用密切相关，在施工中可能发生火灾、爆炸事故。尤其是在采用压缩空气进行建筑时，有较高的着火风险。若不是专门为压缩空气施工而设计的施工机械、材料，其火灾、爆炸危险较大，应予以重点注意，而火灾的发生也会成为次要危险。由于隧道施工中的危险物料的选用也是火灾、爆炸的风险因素，所以必须严格控制此类物料的使用、储存，以减少火灾、爆炸的风险。因此，在靠近煤气管道、下水道或其他危险的地下设施（尤其是老旧的设备），或施工现场有瓦斯等易爆气体时，施工时要注意控制火灾和爆炸的风险。

## 4.2 内在风险

隧道类型按隧道穿越地层的不同情况及施工方式进行分类，隧道施工应考虑工程地质、水文地质条件，同时考虑隧道断面尺寸、长度、衬砌类型、使用功能及施工工艺。隧道工程的主要危险在于施工进度的控制，而大多数的安全生产事故都不是因为技术问题，而是因为管理上的问题，特别是在工期和费用的控制上。在开挖过程中，一些施工单位往往会采取大剂量爆破等方法，以求缩短工期，减少投资，造成塌方。在支护阶段，施工单位采取降低早期支护水平，甚至不采取早期支护

措施，以节约工程造价，造成塌方。因此，在这两个阶段，要加强对工程建设的监测，以避免坍塌，并采取以下措施：

### 4.2.1 开挖阶段风险控制

开挖是隧道工程的首要工作，也是最重要的一步。在保证隧道围岩稳定性、减小扰动强度、扰动范围、扰动持续时间等方面，是开挖施工安全的重要原则。所以，在挖掘过程中，能够采用机械方法进行挖掘的，不必采用钻孔爆破；在进行钻孔爆破时，必须严格按设计的规定，根据现场的地质状况和变化情况进行爆破。但是，一些施工单位为了节约时间，为了节约成本，在施工过程中，往往会违反技术规程，增加井筒的临界直径和密度，从而导致井口周围的岩体受到严重的干扰，造成严重的崩塌，甚至冒顶。

### 4.2.2 支护阶段风险控制

隧道的支护可分为初期（临时）支护和二次（永久）支护，前者是为了保证隧道在施工过程中的稳定性和施工的安全性，而二次支护是保证隧道的永久稳定和安全。采用早期支护和二次支护组成了复合衬砌结构。支护不当是造成隧道安全事故的主要原因之一，特别是在早期支护阶段。作为控制工程风险的重要环节，规范规定在工程建设中必须严格按照规定及时进行支护。

## 5 结语

在桥隧工程建设中，如果能够迅速反应，及时处理，采取适当的措施，就可以化解危险。

(1) 反应要迅速，处理要果断，特别是遇到突发、紧急、危险的情况。

(2) 操作紧张有序，忙而不乱，加强观察，根据需要及时调整处理方案，必要时启动应急预案。

(3) 在需要的时候，请相关专家对危险原因进行全面的分析，采取明确的、切实可行的应对措施，并做好相应的预案。

(4) 制定出一套合理的处置计划，并在任何时候都做好各种突发事件的准备。

总之，风险是客观存在的，但如果进行有效的管理，大部分的风险都会被控制住。关键是施工单位要认真履行自己的责任，将各种危险因素扼杀在萌芽状态。

## 参考文献：

- [1] 张风华.桥梁风险评估方法与发展研究[J].城市道桥与防洪,2019(5):164-167.
- [2] 阙名前.跨既有高速公路桥梁施工风险评估与控制[J].交通企业管理,2020,26(4):69-71.