

# 公路隧道安全性评价范围及技术要点解读

钟小明<sup>1</sup>, 周娟<sup>1</sup>, 李瑞美<sup>1</sup>, 王维利<sup>2</sup>, 张晓芹<sup>1</sup>

<sup>1</sup>华杰工程咨询有限公司, 北京

<sup>2</sup>贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司, 贵州 贵阳

收稿日期: 2021年12月13日; 录用日期: 2022年1月11日; 发布日期: 2022年1月18日

## 摘要

公路隧道安全性评价是保障隧道交通安全的重要手段。但是由于现行标准中隧道安全性评价范围及技术要求不够具体, 造成小部分项目安全性评价报告质量不能满足实际需要。本文在《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)编制过程中, 总结相关科研成果及工程实践经验, 从隧道路段的线形、交通安全设施、机电设施、应急救援等方面, 明确了工程可行性研究阶段、设计阶段、交工阶段及运营阶段中公路隧道安全性评价的范围及技术要点。本文作为《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)隧道部分条文规定的解读, 阐述了与《公路项目安全性评价规范》(JTG B05-2015)相关条文的差异, 明确了修订条文和新增条文的内容、目的、原因、背景等, 划分了安全性评价与设计及质量管理等相关工作界面, 目的是通过解读帮助标准使用人员和评价人员更好理解和运用《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)隧道部分条文, 把握评价重点内容、评价范围和评价深度, 有效地提高公路隧道安全性评价工作的质量, 进而提升公路隧道的安全水平及运营效率。文章成果写入《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)、贵州省公路项目安全性评价指南(2020-141-022)。

## 关键词

交通安全, 公路项目安全性评价, 隧道, 评价质量

# Interpretation of Highway Tunnel Safety Audit Scope and Technical Key Points

Xiaoming Zhong<sup>1</sup>, Juan Zhou<sup>1</sup>, Ruimei Li<sup>1</sup>, Weili Wang<sup>2</sup>, Xiaoqin Zhang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Chelbi Engineering Consultants, Inc., Beijing

<sup>2</sup>Guizhou Transportation Planning Survey & Design Academe Co. Ltd., Guiyang Guizhou

Received: Dec. 13<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jan. 11<sup>th</sup>, 2022; published: Jan. 18<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Highway tunnel safety evaluation is an important technical way to guarantee traffic safety. How-

文章引用: 钟小明, 周娟, 李瑞美, 王维利, 张晓芹. 公路隧道安全性评价范围及技术要点解读[J]. 交通技术, 2022, 11(1): 17-30. DOI: 10.12677/ojtt.2022.111003

ever, the scope and technical requirements of tunnel safety evaluation in the current standard are not specific and detail enough, resulting in the quality of some evaluation reports could not meet the practical needs. The authors summarize the recent research achievements and engineering practice experience during drafting Technical Specifications for Highway Safety Audit (T/CECS G: E10-2021) (TSHSA). In TSHSA, the authors have put forward the scope and main technical points of road tunnel safety evaluation in the feasibility stage, design stages, pre-opening traffic stage and operation stage of highway, including tunnel alignments, traffic safety facilities, mechanical and electrical facilities, emergency rescue, etc. This paper is interpreted as the tunnel part of TSHSA. The paper explains the differences between TSHSA and the relevant tunnel provisions of highway safety audit (JTG B05-2015), has cleared about the purpose, cause, background, etc., of the revised provisions and the new provisions, divides the evaluation interface with the design and quality control related work. The paper's purpose is to help the user of auditors and readers understand, grasp the evaluation scope, key contents, and evaluation depth, which will be to guarantee effectively the quality of highway tunnel safety evaluation and improve the safety level and operational efficiency of the highway tunnel. The conclusions of this paper will be written into TSHSA and Guizhou Provincial Highway Safety Audit Guidelines (2020-141-022).

## Keywords

Traffic Safety, Highway Safety Audit, Tunnel, Evaluation Quality

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国公路密度的不断增大,公路隧道在逐年增加,隧道与桥梁、互通相接情况越来越多。截至2020年底,我国公路隧道共计21,316处,其中特长隧道1394处,长隧道5541处[1]。隧道作为公路极其重要的组成部分,有缩短运输距离、减少运输时间、改善道路线形等特点,因公路环境的突变,驾驶人行车过程中处理信息量较大,易引起判断和操作失误现象,以致隧道路段成为公路交通安全提升的重要瓶颈[2],2017年~2019年累计发生事故1640起,造成2621人,直接经济损失4478万元[3],类似2018年京昆高速公路秦岭1号隧道重特大事故给公路安全造成严重的影响。

《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)是公路行业标准《公路项目安全性评价规范》(JTG B05-2015) (以下简称安评规范)的重要补充,将作为公路安全性评价(以下简称安评)领域的新技术规范。公路行业标准《公路项目安全性评价指南》(JTG/T B05-2004)、安评规范[4]颁布实施以来,隧道安全性评价条文在诊断隧道安全问题、评价隧道交通安全等方面发挥着重要作用[5][6][7][8]。但是随着安评工作的深入,发现安评规范的技术要求较高,评价范围和工作界面不够清晰,出现安评人员技术实力与安评规范规定的隧道安全性评价范围及技术要求不够适应,造成小部分项目评价报告质量不能满足实际需要[9]。为此,安评规范编写组曾拟以“公路项目安全性评价细则(安评细则)”名称申请交通运输部公路工程行业标准立项研究,但申报行业标准立项时,正遇国家标准化工作改革方案实施,结合业务归口管理的相关要求转至中国工程建设标准化协会(公路分会)立项,随后依照评审意见更名为《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021),作为安评规范的补充和细化。笔者作为编写组主要编写人员,深入调查了当期的隧道安全性评价的需求,结合《公路隧道设计规范》(第一册 土建工程)(JTG 3370.1-2018)、《公路隧道提质升级行动技术指南》等标准、规范的新要求,从隧道路段的线形、交通安全设施、机电设施、

应急救援等方面,重新提出了工程可行性研究阶段、设计阶段、交工阶段及运营阶段中公路隧道安全性评价的范围及技术要点,并提炼成条文写入该规程并已通过审查。该规程已由中国工程建设标准化协会2021年9月30日批准发布(中国工程建设标准化协会公告第954号),并将于2022年2月1日正式实施,为了帮助规程使用人员和评价人员更好理解和运用隧道部分条文撰写此文作为该部分内容的解读。

本文将阐述与安评规范相关条文内容的差异,说明修订条文和新增条文的目的、原因、背景、使用要求和注意事项等,明晰安评与设计 and 质量管理等相关工作界面,目的是通过解读使安评规范(规程)使用人员和读者更好地把握隧道安全性评价重点内容、评价范围和评价深度,有效地提高公路隧道安全性评价工作的质量,进而提升公路隧道的安全水平及运营效率。

## 2. 工程可行性研究阶段评价

本阶段确定的公路隧道初定选址方案、隧道的走向、与其他构造物的间距等对交通安全影响较大。隧道安全性评价需从交通组织方面评价隧道的选址、高程和安全运营需求等对交通安全的影响;根据路网条件、出入交通量及沿线城镇布局等,评价互通式立体交叉与隧道选址间距的协调性;列出易燃、易爆等危险源或污染源的分布情况,分析危险点距离隧道的安全距离,预估可能存在安全风险和措施。

安评规范中对隧道的选址、规模和安全运营需求等提出评价要求,但是实际中交通事故表明,隧道与互通式立体交叉的间距(或净距)、与危险源之间的距离直接影响安全。因此,《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)中保留隧道选址、隧道规模评价内容,增加了与周边危险源或污染源间距的评价要求(图1)。

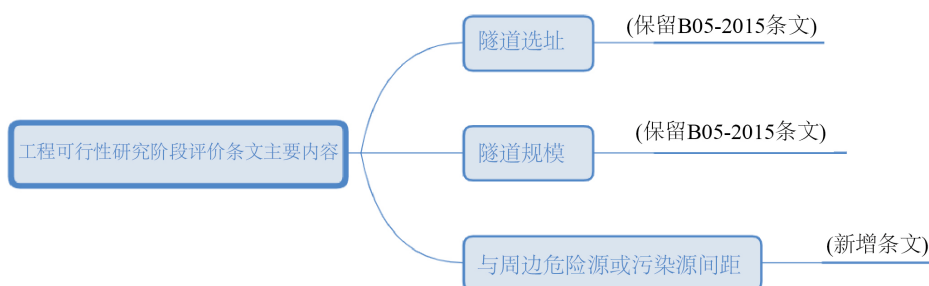


Figure 1. Provision revisions in feasibility study stage for TSHSA

图1. 工程可行性研究阶段评价条文制修订情况

## 3. 设计阶段评价

本节依次分析了公路项目初步设计阶段及施工图设计阶段公路隧道安全性评价的范围及技术要点,以提升公路隧道的安全水平。

### 3.1. 初步设计阶段

本阶段公路隧道选址方案、隧道线形、排水设施、隧道路段横断面宽度的一致性、应急救援横通道等主体工程对交通安全影响较大。本阶段评价范围及技术要点主要包含以下内容:

- 1) 采用设计速度或运行速度评价隧道洞口内外各3s行程长度范围的平纵线形一致性,列出线形不一致的隧道洞口。
- 2) 评价隧道洞口排水设施系统。
  - ① 洞口向外的路线为上坡时,核查是否设置反坡排水或采取横向排水设施。
  - ② 台风暴雨频繁地区,下沉式隧道核查是否采用应急排水设计方案和应急逃生条件。
  - ③ 列出对隧道防排水设计原则的评价结论,包括洞口的截水、隧道内的防水、排水设计原则。

3) 评价隧道洞口外接线横断面与隧道横断面的衔接过渡方式。

比较隧道横断面与路基横断面、隧道横断面与桥梁横断面布置，当洞口内外横断面布设存在差异或安全隐患时，核查过渡段位置和渐变率、渐变段长度，提出土建优化建议。

4) 分别采用设计速度或运行速度核查隧道洞口、曲线隧道的最小横净距和竖曲线半径。

5) 根据隧道、隧道群、明洞的洞口选址和朝向，评价隧道洞外亮度 L20 (S)取值的合理性、洞外减光设施设置的必要性。

6) 评价横通道、平行通道、紧急停车带的设置位置、间距。

① 人行横通道间距的规范符合性。

② 车行横通道设置的位置、间距的规范符合性。

③ 紧急停车带设置的位置、间距的规范符合性。

④ 单洞双向行车的特长隧道核查平行通道设置情况、临时避难洞室等设施。

7) 改扩建公路利用既有隧道时，应根据交通事故统计数据，分析交通事故原因，判定交通事故与隧道线形、主体工程、交通工程及附属设施的相关性。当提高设计速度时，评价利用的既有隧道线形几何设计参数规范符合性及其对交通安全影响。

初步设计阶段与隧道地质、结构安全、隧道通风计算、照明计算、消防设计计算等内容，主要由设计和设计咨询审查进行审查和质量把关。在设计质量总体符合标准、规范的前提下，安评重点解决上述(1)~(7)与道路使用者相关的交通安全的问题。

安评规范中对隧道的线形一致性、排水、横断面衔接过渡、洞口朝向等上述(1)~(5)有评价要求，但是条文规定不够详细，实际评价人员难以把握深度，因此，《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)对此内容进行细化。安评规范未在此阶段考虑避险的横通道和紧急停车带位置等问题，实际工程可能会导致救援、逃生通道设计遗漏影响交通安全，后续施工图设计变更困难，因此，新增条文在此阶段提出评价要求。《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)中保留线形一致性、改扩建隧道评价内容，增加了横通道、紧急停车带评价内容，修订了排水设施、横断面衔接过渡、洞口亮度取值的评价要求(图 2)。此外，明确了安评与设计、设计咨询审查的工作界面，有助于准确把握安评职责和评价工作深度。

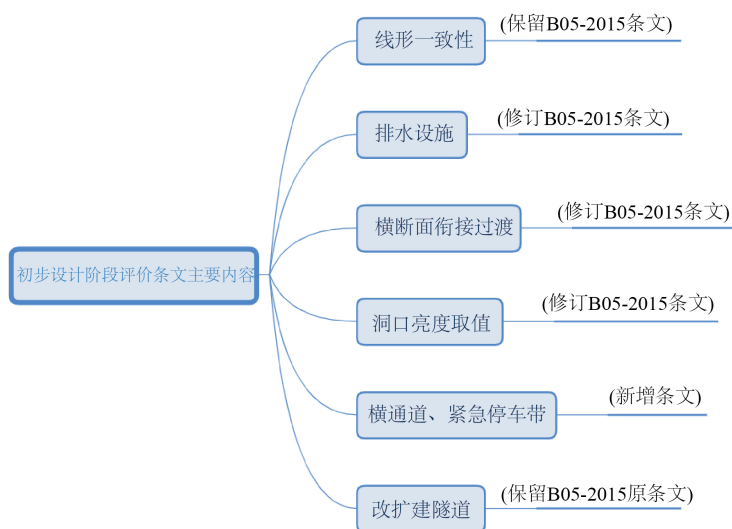


Figure 2. Provision revisions in preliminary design stage for TSHSA

图 2. 初步设计阶段评价条文制修订情况

### 3.2. 施工图设计阶段

本阶段确定的公路隧道路面抗滑性能、交通控制设施、交通安全设施、应急救援条件、机电系统等对交通安全影响较大。本阶段评价范围及技术要点主要包含以下内容：

1) 隧道洞外采用沥青混凝土路面而洞内采用水泥混凝土路面时，或洞内外路面抗滑性能存在差异时，宜对抗滑改善措施进行评价。当存在明显差异时，结合抗滑性能衰减规律、交通条件和气候条件提出优化建议。

2) 评价交通安全设施、监控设施、交通控制设施及诱导设施对交通安全的影响。

① 评价交通标志、标线、护栏、视线诱导设施等规范符合性。

② 列出交通监测设施(摄像机、视频事件检测器等)、交通控制设施(车道指示器、可变限速标志)及诱导设施(可变信息标志)设计原则、设置要求和功能，核查规范符合性。

③ 结合驾驶行为安全分析需求，核查监控设施设置合理性。

3) 隧道应急救援评价。

① 评价紧急停车带端部、车行横通道端部规范符合性。

② 根据隧道洞口线形、视距等，评价分离式隧道洞口交换联络车道的设置位置及其辅助设施等对交通安全的影响。

③ 评价长隧道、特长隧道和隧道群的应急救援条件。

④ 考虑交通事故工况下应急救援条件，必要时可提出设置救援通道或逃生通道的相关建议。

4) 受条件限制的改扩建公路隧道宜核查改扩建后的规范符合性。

① 评价利用既有隧道的改造方案是否满足规范要求。

② 受到改扩建条件限制难以满足规范的设计方案，分析降低风险的安全措施并提出建议。

5) 通风、照明、监控、消防、供配电、中央控制管理、紧急呼叫设施等系统设计宜结合项目情况提出专题研究或专项工作(专业咨询审查、专项论证)的建议。

通风、照明、监控、消防、供配电、中央控制管理、紧急呼叫设施等系统功能设计直接影响到交通事故预防、应急救援、防范二次交通事故(次生交通事故)等，评价应按照《公路隧道设计规范第二册交通工程与附属设施》(JTG D70/2-2014)、《公路隧道照明设计细则》(JTG D70/2-01-2014)、《公路隧道通风设计细则》(JTG D70/2-02-2014)等标准的相关条款进行，以最大限度地满足驾驶安全需要。对于隧道数量多、桥隧比高，系统复杂、关联性强的项目，确定正常工况、异常工况(交通阻滞及火灾等)的设计参数需经过复杂的验算。目前主要的评价技术力量往往难以达到上述深度，因此，笔者建议以上设施设计时进行专题研究或专项评估工作，其要点如表 1~5 所示。

**Table 1.** Focus of safety research program or special report for tunnel ventilation facilities design

**表 1.** 通风设施设计专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	列出通风方案主要设计功能和参数，结合隧道公路等级、隧道长度、设计速度、设计交通量、车道数、平纵线形、海拔高程等因素，评价正常交通工况下通风方案的合理性。
2	评价隧道火灾、交通阻滞等异常工况下系统功能设计，分析风机种类和数量、通风标准、设计风速、排烟设计、单机功率及总功率、通风控制方案设置的合理性，核查火灾最大热释放率和火灾临界风速等关键指标规范符合性。
3	评价隧道风机控制系统与消防分区的配合程度。

**Table 2.** Focus of safety research program or special report for tunnel lighting facilities design**表 2.** 照明设施设计专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	列出隧道洞外亮度 L20 (S)等基础参数, 评价与项目隧道所在光环境、交通量、运行速度适应性; 评价隧道和隧道群减光方案的合理性和是否满足隧道驾驶安全需求。
2	评价照明区段的设计参数规范符合性, 即入口段、过渡段、中间段、出口段、横通道照明、紧急停车带、洞外引道照明的设计亮度, 评价照明设计规范符合性; 评价隧道路面平均亮度、路面亮度总均匀度、路面中线亮度纵向均匀度、频闪等设计参数是否符合正常交通工况要求。
3	评价光源显色指数、色温是否满足驾驶安全需求。
4	列出调光设计方案, 评价动态调光设计规范符合性和满足驾驶安全需求。
5	评价隧道照明设计异常交通工况规范符合性。

**Table 3.** Focus of safety research program or special report for tunnel fire detection facilities and fire fighting design**表 3.** 火灾探测设施和消防设施设计专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	列出隧道内火灾探测报警设施设计原则、技术要求和功能, 核查规范符合性。
2	列出消防设施(包括消防水池、消防水泵、消火栓及配套设施、灭火器、防火门、防火卷帘等)和消防通道的设计原则、技术要求和功能, 核查其规范符合性。
3	结合数据采集和中央控制系统, 评价消防设施设置方案的合理性, 并提出建议。

**Table 4.** Focus of safety research program or special report for tunnel supply and distribution design**表 4.** 供配电设施设计专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	列出供电、配电、应急电源、电力监控系统设计原则、技术要求和功能, 核查规范符合性。

**Table 5.** Focus of safety research program or special report for system of tunnel mechanical and electrical engineering design**表 5.** 机电工程组合设计专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	列出隧道机电工程设计联动功能, 评价功能设计合理性。
2	评价紧急电话设施及隧道广播设施设计原则、技术要求和功能, 核查规范符合性。
3	评价中央控制管理系统功能合理性。

施工图设计阶段与隧道地质、结构安全、隧道机电系统设计方案等内容, 主要由设计和设计咨询审查进行审查和质量把关。在设计质量总体符合标准、规范的前提下, 安平重点解决上述(1)~(4)与道路使用者相关的交通安全问题, 必要时进行专题研究或专项工作。

安平规范中对隧道洞口的抗滑性能、应急救援评价、通风、照明、监控、消防等有评价要求, 经过多年实践, 相关条文操作的难度较大。《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)考虑当前的安平技术力量和实际工作难度, 保留路面抗滑性能和改扩建隧道技术指标评价, 增加了交通安全设施、监控设施、交通控制设施及诱导设施评价内容, 修订了应急救援评价、通风、照明、监控、消防等机电设施的评价要求, 并提出了进行专题研究或专项评估工作的建议(图 3)。此外, 明确了安平与设计、设计咨

询审查的工作界面，有助于准确把握安评职责和评价工作深度。

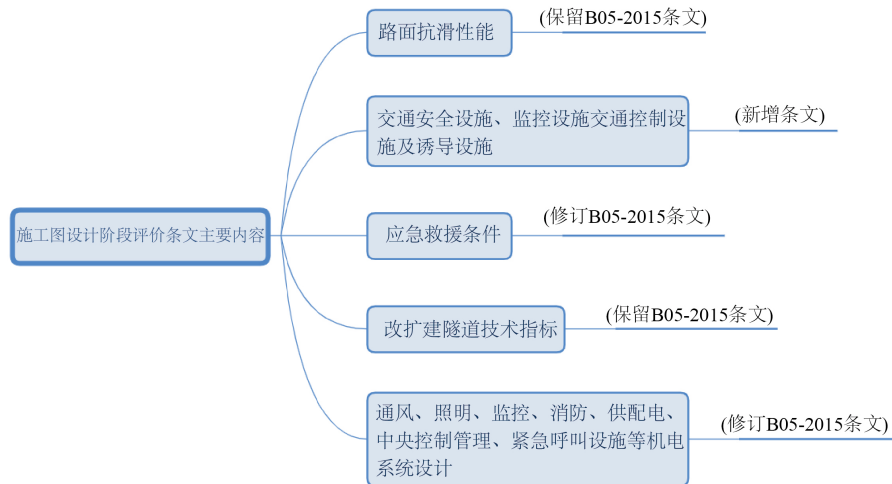


Figure 3. Provision revisions in detailed design stage for TSHSA

图 3. 施工图设计阶段评价条文制修订情况

## 4. 交工及运营阶段评价

### 4.1. 交工阶段

本阶段通车前公路隧道及附属设施基本已建成，重要的是通过驾驶体验验证设计意图、系统功能是否达到预期，同时对设计、施工等错误、遗漏进行补救，直到满足驾驶安全需求。本阶段评价范围及技术要点主要包含以下内容：

1) 根据实地驾驶状况对隧道洞口段线形连续性及其视距进行评价。

① 洞口内外侧 3 s 行程范围内平、纵线形不一致的隧道或隧道群，实地驾驶调查和评价是否容易导致驾驶行为突变。

② 隧道洞口外可能存在影响视距的小半径圆曲线或竖曲线，结合施工图设计、断面速度(测试车通过断面时的速度)进一步核查视距规范符合性。

③ 抽样核查洞口视线诱导设施和速度控制设施等设置情况。

2) 隧道洞口内外标志、标线、视线诱导设施评价内容如图 4 所示。

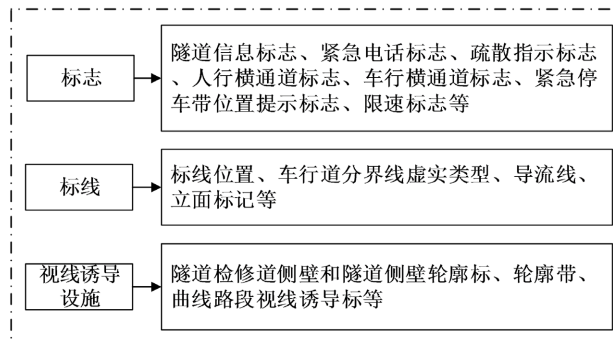


Figure 4. Evaluation keys of traffic safety facilities inside and outside the tunnel entrance and exit

图 4. 隧道洞口内外交通安全设施评价内容

3) 根据隧道与路基横断面、隧道与桥梁横断面过渡设计, 评价路基护栏或桥梁护栏与隧道入口的衔接过渡。

① 抽样调查护栏向隧道内过渡的渐变率和平顺过渡情况, 包括桥梁混凝土护栏与翼墙过渡衔接、路基波形梁护栏与洞口翼墙过渡衔接等。

② 抽样调查中央分隔带护栏与隧道入口的平顺衔接情况。

③ 抽样调查曲线隧道出口波形梁护栏与隧道壁搭接情况。

4) 评价隧道洞口内外排水情况。

① 抽样调查隧道洞口入口或出口处是否存在积水情况。

② 抽样调查隧道内路侧边沟槽盖板、沉沙井盖、中心水沟检查井盖是否与路面齐平。

③ 抽样调查隧道内是否有明显渗水影响路面湿滑情况。

④ 若入口段为混凝土护栏, 应抽样核查泄水孔的设置和排水情况。

5) 人车混行的隧道, 评价保护行人和非机动车的交通安全设施。

① 列出人车混行的隧道, 核查隔离设施、交通安全设施是否满足通行要求。

② 抽查检修道或人行道的高度、宽度是否符合要求。

③ 抽查检修道或人行道是否畅通、无积水。

6) 通风、照明、监控、消防、供配电、中央控制管理、紧急呼叫设施等系统功能宜结合项目的专项验收报告提出相关建议, 或提出进行专项工作的建议。

通风、照明、监控、消防、供配电、中央控制管理、紧急呼叫设施等系统功能有效性是交通事故预防、应急救援、防范二次交通事故(次生交通事故)等的必要条件。通常由联网测试单位按照设计文件、《公路工程质量检验评定标准》(第二册机电工程)(JTG 2182-2018)、《公路隧道设计规范第二册交通工程与附属设施》(JTG D70/2-2014)、《公路隧道照明设计细则》(JTG D70/2-01-2014)、《公路隧道通风设计细则》(JTG D70/2-02-2014)和相关规定进行专项验收, 通常可以满足驾驶安全需要。但对于隧道数量多、桥隧比高, 系统复杂、关联性强的项目, 正常工况、异常工况(交通阻滞及火灾等)检测项目涉及到实际操作、专业仪器和联网测试, 通常评价难度较大, 为保证条文可操作性, 保证全面有效地评价系统功能, 宜结合项目的专项验收报告提出相关建议, 目前的经验做法是安评提出在隧道机电工程专项验收需要关注的重点, 或邀请安评专家加入到专项工作(专项验收、专项评价)中。以上设施设计专项工作要点可参考表 6~11 相关内容。

交工阶段与工程结构安全、隧道机电设施产品和工程质量、隐蔽工程质量、联网功能测试等内容, 主要由施工、监理、专项质量验收进行审查和质量把关。在工程质量基本符合标准、规范的前提下, 安评重点解决上述(1)~(5)与道路使用者相关的交通安全问题, 必要时进行专项工作。

**Table 6.** Focus of special safety evaluation or special acceptance report for tunnel ventilation facilities

**表 6.** 通风设施专项工作要点

序号	要点
1	抽样调查联网通电测试通风方案设计效果。
2	抽样调查通风环境监测设施(CO 检测器、能见度检测器、风速风向检测器、NO <sub>2</sub> 检测器等)种类、数量是否齐全。
3	核查交工检测报告中测试的隧道火灾临界风速。
4	抽查运行方式, 测试手动控制和自动控制系统是否正常运转。



**Table 7.** Focus of special safety evaluation or special acceptance report for tunnel lighting facilities**表 7.** 照明设施专项工作要点

序号	要点
1	实地驾驶评价隧道和隧道群“黑洞、白洞效应”、隧道洞外亮度 L20、东西方向眩光影响程度。
2	实地驾驶评价隧道入口段、过渡段、中间段、出口段、紧急停车带的照明效果，包括实际亮度，路面亮度总均匀度、路面中线亮度纵向均匀度、频闪等设计参数是否符合正常交通工况要求。
3	评价光源显色指数、色温是否满足驾驶安全需求。
4	联网通电测试调光方案效果，核查是否满足驾驶安全需求。
5	核查隧道内光环境诱导设施效果，包括隧道壁腰线、诱导标记、车行道标线、轮廓带及其他诱导设施等。
6	核查隧道应急照明实际效果和异常交通工况适用性。

**Table 8.** Focus of special safety evaluation or special acceptance report for tunnel monitoring facilities, traffic control and guidance facilities**表 8.** 监控设施、交通控制及诱导设施专项工作要点

序号	要点
1	抽查交通监测设施(视频事件检测器、摄像机、视频监视器等监控设施)是否正常工作。
2	实地驾驶评价隧道入口段、过渡段、中间段、出口段、紧急停车带的照明效果，包括抽查交通控制及诱导设施：交通信号灯、车道指示器、可变信息标志是否正常工作。
3	结合数据采集和中央控制系统对驾驶安全需求，评价监控设施设置方案，并提出建议。

**Table 9.** Focus of special safety evaluation or special acceptance report for fire detection and fire fighting facilities**表 9.** 火灾探测设施和消防设施专项工作要点

序号	要点
1	抽查隧道内火灾探测报警设施功能和可靠性，主要包括：火灾探测器、手动报警按钮、火灾报警控制器、火灾声光报警器。
2	抽查隧道内消防设施功能和外观质量、消防通道疏散功能；消防设施包括灭火器、防火门、防火卷帘、消防水池、消防水泵、消火栓及配套设施、固定式水成膜泡沫灭火装置等。
3	结合数据采集和中央控制系统对驾驶安全需求，评价消防设施设置方案，并提出建议。

**Table 10.** Focus of special safety evaluation or special acceptance report for supply and distribution**表 10.** 供配电设施专项工作要点

序号	要点
1	抽查应急电源设备和可供电时间、电力监控系统运行情况。
2	抽查正常供配电的系统稳定运行情况。

**Table 11.** Focus of special safety evaluation or special acceptance report for system of mechanical and electrical engineering**表 11.** 机电工程组合专项工作要点

序号	要点
1	抽查隧道通风、照明、消防、监控、供配电联动功能。
2	抽查紧急电话设施及隧道广播设施功能和有效性。
3	评价中央控制管理系统功能。

安评规范中对隧道线形连续性和视距、洞口的抗滑性能、洞口与护栏衔接过渡、通风、照明、监控、消防等有评价要求,经过多年的实践,《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)考虑当前的安评技术力量和实际工作难度,提出了实地抽样核查的要求,保留上述隧道线形连续性和视距、人车混行隧道安全设施评价,增加了标志、标线、视线诱导设施和排水可操作的评价内容,修订了横断面衔接过渡、通风、照明、监控、消防等机电设施的评价要求,并提出了进行专项验收或专项评估工作的建议(图5)。此外,明确了安评与工程质量检验评定、专项工程验收的工作界面,有助于准确把握安评职责和技术工作深度。

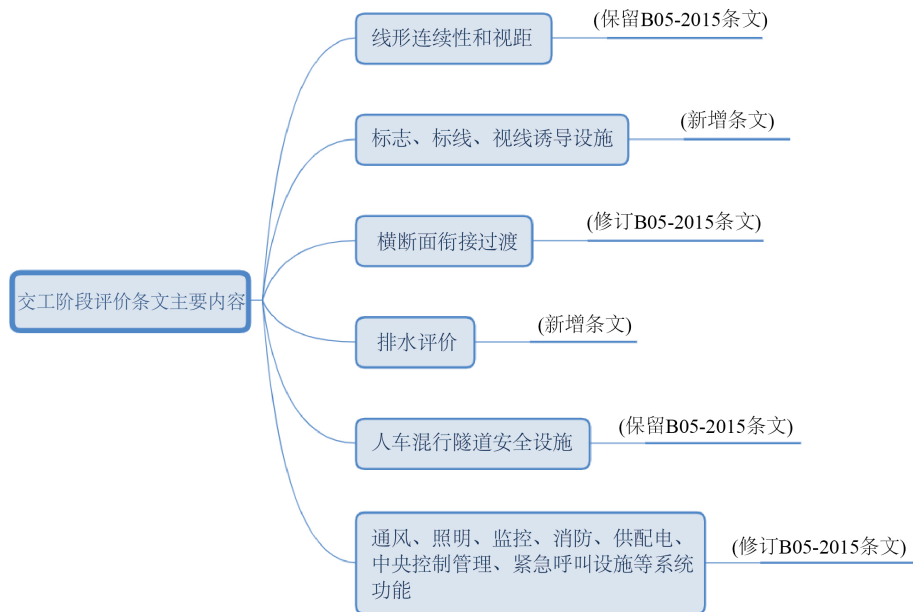


Figure 5. Provision revisions in pre-opening stage for TSHSA  
图 5. 交工阶段评价条文制修订情况

## 4.2. 运营阶段

本阶段通车后通过事故情况来诊断公路隧道及附属设施的安全性能,并通过隐患整改措施进行补救,直到满足驾驶安全需求,本阶段评价范围及技术要点主要包含以下内容:

1) 根据实地驾驶状况对隧道洞内外线形连续性及其视距进行评价。

① 测试隧道或隧道群路段运行速度,评价洞口内外侧 3 s 行程范围内平、纵线形一致性;实地驾驶调查发生交通事故的隧道路段是否因线形不协调导致驾驶行为突变。

② 核查隧道路段是否存在影响视距的小半径圆曲线或竖曲线,结合实测运行速度和施工图设计进一步核查视距规范符合性。

③ 对隧道洞口线形不符合规范要求或不满足驾驶安全需求的,结合现场条件和管理设施布设情况提出改进意见。

2) 评价隧道路面出现潮湿、泛油、反光现象等不利安全因素。

① 实地调查隧道路面外观质量,判断是否出现潮湿、泛油、反光、拥包、车辙等明显现象。

② 核查隧道进口段和出口段路面防滑处理情况。

③ 核查交通事故数据、路面检测数据和隧道养护数据,对平整度和抗滑性能(摩擦系数、构造深度)有疑义的路段,宜核查检测报告,提出改善隧道路面材料结构、排水的建议。

### 3) 评价隧道洞口内外交通安全设施。

① 实地驾驶调查发生交通事故的隧道入口段和出口段交通安全设施综合设置效果是否满足驾驶交通安全需求。

② 抽样调查隧道洞口内外路段的标志设置情况,包括隧道信息标志、紧急电话标志、疏散指示标志、人行横通道标志、车行横通道标志、紧急停车带位置提示标志、限速标志等。

③ 抽样调查隧道洞口内外路段标线施划情况,包括标线位置、车行道分界线虚实类型、导流线、立面标记等。

④ 抽样调查视线诱导设施设置情况,包括隧道检修道侧壁轮廓标、轮廓带、曲线路段视线诱导标等。

### 4) 评价隧道出入口段护栏衔接过渡。

① 实地驾驶调查发生交通事故的隧道出入口护栏过渡设置,包括隧道与路基护栏、桥梁护栏的衔接过渡。

② 评价隧道入口是否设置与检修道断面相匹配的翼墙过渡;曲线隧道出口段的路侧波形梁护栏与隧道壁搭接设置状况。

### 5) 评价隧道洞口内、外排水情况。

① 根据养护记录或交通事故记录,抽样调查隧道洞口雨后是否存在积水、排水不畅或暗冰现象,分析排水不畅原因。

② 抽样调查隧道内路侧边沟槽盖板、中心水沟,检查井盖是否与路面齐平。

③ 抽样调查隧道内是否有明显渗水影响路面湿滑情况。

### 6) 人车混行的隧道,评价保护行人和非机动车的交通安全设施。

① 根据人车混行的隧道养护记录或交通事故记录,核查隔离设施、交通安全设施是否满足通行要求。

② 抽查检修道或人行道的高度、宽度是否符合规范要求。

③ 抽查检修道或人行道是否畅通、无积水。

④ 对人车混行隧道难以保证驾驶安全需求的,结合现场条件和管理设施布设情况,提出改进意见和优化建议。

7) 通风、照明、监控、消防、供配电、中央控制管理、紧急呼叫设施等系统功能宜结合项目的定期检测报告提出相关评价建议,或提出进行专题研究或专项工作的建议。

通风、照明、监控、消防、供配电、中央控制管理、紧急呼叫设施等系统功能有效性是交通事故预防、应急救援、防范二次交通事故(次生交通事故)等的必要条件,保障系统功能涉及到实际操作、专业仪器和联网测试,通常难度较大,为保证全面有效地评价正常工况、异常工况(交通阻滞及火灾等)下的系统功能,宜结合现场调查及项目定期检测报告提出相关评价建议。

评价应以实际满足驾驶安全和应急救援需求为目的,依据《公路工程质量检验评定标准》(第二册机电工程)(JTG 2182-2018)、《公路隧道提质升级行动指南》、《公路隧道设计规范第二册交通工程与附属设施》(JTG D70/2-2014)、《公路隧道照明设计细则》(JTG D70/2-01-2014)、《公路隧道通风设计细则》(JTG D70/2-02-2014)、设计文件和相关规定进行评价。有条件时,建议把隧道机电设施安评内容纳入专题研究或专项工作中。

以上设施专题研究或专项工作要点可参考表 12~17 相关内容。

### 8) 可对隧道应急救援相关设施和编制应急预案等专项工作提出建议。

由于特长隧道、长隧道和隧道群应急救援系统复杂、交通组织复杂、涉及专业面广、救援难度大,涉及组织指挥体系、预警和预防机制、应急响应、后期处置、保障措施等多方面因素,为保证条文可操作性,可结合运营安全管理经验和管理模式,推荐特长隧道、长隧道和隧道群编制应急预案等专项工作。

**Table 12.** Focus of special safety evaluation or special report for tunnel ventilation facilities operation**表 12.** 通风设施专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	现场抽查测试长隧道、特长隧道内的能见度、CO、NO <sub>2</sub> 烟雾浓度、风速，评价正常工况下通风效果。
2	抽查通风环境监测设施(CO 检测器、能见度检测器、风速风向检测器、NO <sub>2</sub> 检测器等)是否齐全。
3	结合《公路隧道提质升级行动指南》的排查结果，提出通风设施提质升级建议。

**Table 13.** Focus of special safety evaluation or special report for tunnel lighting facilities operation**表 13.** 照明设施专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	实地抽样调查测试隧道洞外亮度、洞外引道照明、入口段、过渡段、中间段、出口段、横通道、紧急停车带的实际亮度，路面亮度总均匀度、路面中线亮度纵向均匀度、频闪等参数。
2	结合运行速度，评价照明是否符合正常交通工况要求。
3	评价光源显色指数、色温是否满足驾驶安全需求。
4	评价隧道内光环境诱导设施效果，包括隧道壁诱导标记、车行道标线及轮廓带等能否清晰显示隧道轮廓和线形。
5	核查隧道应急照明实际效果和异常交通工况适用性。
6	结合《公路隧道提质升级行动指南》的排查结果，提出照明设施提质升级建议。

**Table 14.** Focus of special safety evaluation or special report for operation of tunnel monitoring facilities, traffic control and guidance facilities**表 14.** 隧道监控设施、交通控制及诱导设施专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	调查交通监测设施(视频事件检测器、摄像机、视频监视器等监控设施)是否正常工作。
2	调查交通控制及诱导设施：交通信号灯、车道指示器、可变信息标志是否正常工作。
3	结合交通事故分析和《公路隧道提质升级行动指南》的排查结果，从智慧隧道数据采集和中央控制系统对驾驶安全需求，提出监控设施建议。

**Table 15.** Focus of special safety evaluation or special report for operation of fire detection and fire fighting facilities**表 15.** 隧道火灾探测设施、消防设施专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	抽查隧道内火灾探测报警设施功能和可靠性，主要包括：火灾探测器、手动报警按钮、火灾报警控制器、火灾声光报警器。
2	抽查隧道内消防设施功能和外观质量、消防通道疏散功能。
3	结合交通事故分析和《公路隧道提质升级行动指南》的排查结果，从智慧隧道数据采集和中央控制系统对驾驶安全需求，提出消防设施建议。

**Table 16.** Focus of special safety evaluation or special report for operation of supply and distribution**表 16.** 供配电设施专题研究或专项工作要点

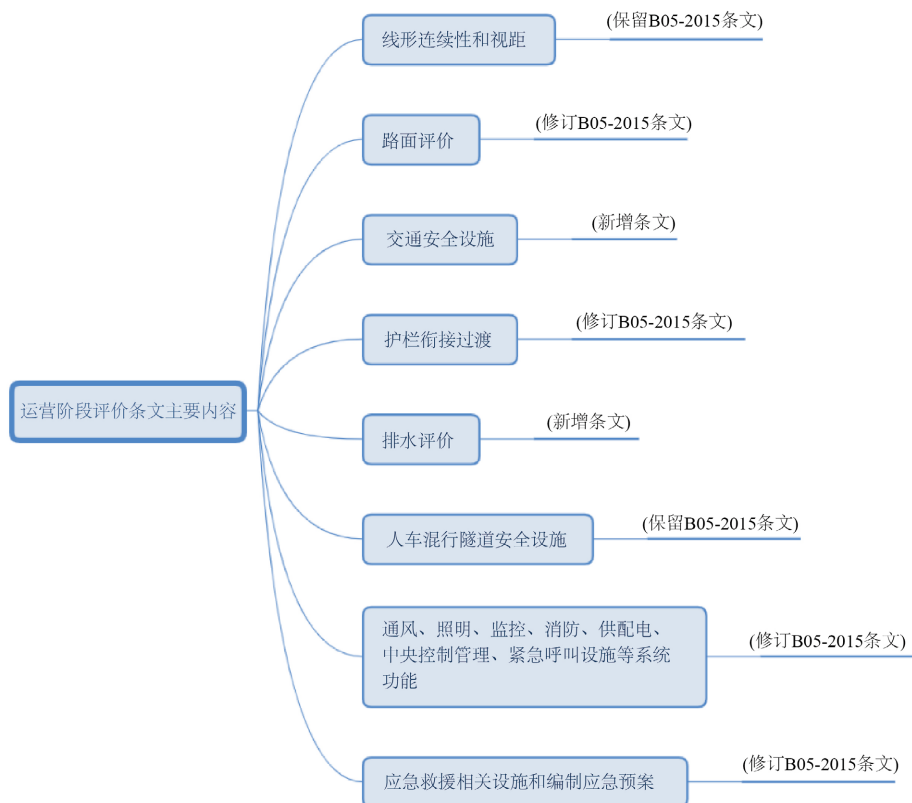
序号	要点
1	抽查应急电源设备和配电时间、电力监控系统运行情况。
2	结合交通事故分析和《公路隧道提质升级行动指南》的排查结果，从智慧隧道数据采集和中央控制系统对驾驶安全需求，提出供配电设施建议。

**Table 17.** Focus of special safety evaluation or special report for system operation of mechanical and electrical engineering  
**表 17.** 机电工程组合系统专题研究或专项工作要点

序号	要点
1	调查通风、照明、消防、监控、供配电联动功能效果。
2	评价紧急电话设施及隧道广播设施功能和可靠性。
3	结合交通事故分析和《公路隧道提质升级行动指南》的排查结果，从智慧隧道数据采集和中央控制系统对驾驶安全需求提出建议。

运营阶段与工程结构安全、隧道机电设施产品和工程质量、设施的日常养护和管理等内容，主要由管养部门、日常安全管理、定期质量检测进行养护质量把关。在养护质量基本符合标准、规范的前提下，安评重点解决上述(1)~(6)与道路使用者相关的交通安全的问题，必要时进行专项工作(如涉及智慧交通功能升级改造等)。

安评规范中对隧道线形、洞口的抗滑性能、横断面变化及其防护设施、通风、监控、消防等有评价要求，经过多年的实践，《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)考虑当前的安评技术力量和实际工作难度，提出了实地抽样核查的要求，保留并细化上述隧道线形连续性和视距、人车混行隧道安全设施的评价内容，增加了交通安全设施和排水等可操作的评价内容，修订了路面、护栏衔接过渡、通风、照明、监控、消防等机电设施、应急救援相关设施和编制应急预案的评价要求，并提出了进行专项验收或专项评估工作的建议(图 6)。此外，明确了安评与养护工程质量管理、日常安全管理的工作界面，有助于准确把握安评职责和技术工作深度。



**Figure 6.** Provision revisions in operation stage for TSHSA

**图 6.** 运营阶段评价条文制修订情况

## 5. 结语

《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)将作为公路安全性评价领域的新技术规范,是公路行业标准《公路项目安全性评价规范》(JTG B05-2015)标准的重要补充,本文重点针对该规程隧道相关条文,从隧道路段的线形、交通安全设施、机电设施、应急救援等方面,明确了设计阶段、交工阶段及运营阶段中公路隧道安全性评价的范围及技术要点,阐述了安评规范条文与《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)条文的差异,明确了修订条文和新增条文的目的、原因、背景等,划分了安评与相关工作界面,目的是通过解读使安评规范(规程)使用人员更好理解条文,把握评价内容、评价范围和评价深度,有效地提高公路隧道安全性评价工作的质量,进而提升公路隧道的安全水平及运营效率。本文的部分成果也将写入贵州省公路项目安全性评价指南(项目编号:2020-141-022)。此外,限于篇幅,该规程中除隧道条文外的其他部分内容解读另行撰文。

## 基金项目

项目名称及编号:《公路项目安全性评价规程》(T/CECS G: E10-2021)、贵州省公路项目安全性评价指南(2020-141-022)。

## 参考文献

- [1] 中央人民政府网. 2020年交通运输行业发展统计公报[EB/OL]. [http://www.gov.cn/xinwen/2021-05/19/content\\_5608523.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-05/19/content_5608523.htm), 2021-05-19.
- [2] 肖烽. 基于历史事故数据的山区高速公路隧道交通安全评价研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2018.
- [3] 公安部交管局. 中华人民共和国道路交通事故统计年报(2017年度、2018年度、2019年度) [M]. 无锡: 公安部交通管理科学研究所, 2019.
- [4] 中华人民共和国交通运输部. 《公路项目安全性评价规范》(JTG B05-2015) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2016.
- [5] 中华人民共和国交通部. 《公路项目安全性评价指南》(JTG/T B05-2004) [S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [6] 王宏元, 钟小明, 周荣贵, 等. 公路项目安全性评价规范释义手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2016.
- [7] 钟小明, 张健, 贾嘉. 公路安全性评价实践与发展思路[J]. 公路, 2014(8): 38-42.
- [8] 中华人民共和国交通运输部. 《公路隧道提质升级行动技术指南》[S]. 北京: 人民交通出版社, 2019.
- [9] 孙文晋, 邬洪波. 在役公路隧道交通安全性评价技术[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2019(3): 7.