

四川省公路水运工程 安全生产典型创新案例集

四川省交通工程质量监督站

2025 10

序 言

安全生产是交通建设的永恒主题，是工程建设的生命线，更是实现高质量发展的重要保障。为深入贯彻落实习近平总书记关于安全生产的重要论述和重要指示批示精神，坚持人民至上、生命至上，推动安全生产治理模式向事前预防转型，我厅于 2025 年 3 月印发《关于全面征集公路水运工程及地方铁路项目安全生产典型创新案例的通知》，面向全省在建项目广泛征集在安全管理、科技兴安、安全文化等方面的创新实践。

本次征集活动得到了各投资集团、施工企业、监理单位的积极响应和大力支持。经过数月的征集、筛选与整理，我们汇集了一批具有代表性、创新性和实用性的安全生产典型案例，编撰形成本案例集。这些案例涵盖技术创新、安全管理两大类别，聚焦高坠、坍塌、机械伤害、触电等高频风险，涉及桥梁、隧道、路基、路面、枢纽工程等多个专业领域，充分体现了四川交通建设领域在提升本质安全水平方面的探索与成果。

本案例集所选案例均源于一线实践，既有“小、实、活、新”的微创新，也有系统性的管理提升与文化构建。例如，T 梁钢筋防倾覆装置、墩柱操作平台、液压爬模防坠装置等技防措施，有效降低了高处作业风险；“安全网格化管理”“一会三卡”“安全积分超市”等管理方法，推动了责任落

实与行为规范；“口袋照片”“数字化教育基地”“安全体验馆”等文化载体，增强了全员安全意识与应急能力。这些案例不仅解决了现场安全管理的痛点难点，更形成了可复制、可推广的经验做法。

我们希望通过本案例集推广，能够为全省交通建设项目提供有益的借鉴和参考，推动各单位互学互鉴、共同提升，进一步营造“科技兴安、管理强安、文化润安”的浓厚氛围，持续夯实安全生产基础，提升行业整体安全治理能力。

最后，谨向所有参与案例征集和编写的单位与个人表示衷心感谢！希望广大建设者继续发扬创新精神，积极践行安全发展理念，为四川交通建设高质量发展提供更加坚实的安全保障。如果各位使用者有其他安全生产典型创新案例，或对本书有任何意见建议，请发送至 407772635@qq.com，我们诚盼建言。

四川省交通工程质量监督站

2025 年 10 月

目 录

第一篇 技术创新类

案例 1: T 梁钢筋防倾覆装置.....	1
案例 2: 空心墩墩身钢筋绑扎胎架.....	3
案例 3: 墩柱钢筋笼连接操作平台.....	5
案例 4: 支座垫石施工安全操作护栏.....	11
案例 5: 高速公路普通墩盖梁施工方案优化.....	16
案例 6: 新型装配式钢混组合盖梁.....	20
案例 7: 缆索吊与塔吊防碰撞技术.....	24
案例 8: 高空作业速差自控安全绳系统.....	29
案例 9: 一种全自动液压爬模防坠装置.....	32
案例 10: 双柱式高墩用自行走水平防坠装置.....	35
案例 11: 柱式墩下部结构施工自升降防坠作业平台.....	41
案例 12: 人工挖孔安全防护标准化施工.....	46
案例 13: 装配式智能箱涵台车标准化安全平台.....	50
案例 14: 架桥机姿态监测系统.....	57
案例 15: 隧道地震预警与临灾“叫应”系统.....	61
案例 16: 隧道大机配套施工安全举措.....	64
案例 17: 隧道锚出渣系统.....	69
案例 18: 突泥涌水处治技术与安全管理体系.....	71
案例 19: 开挖台车临边防护栏杆改进.....	76

案例 20: 路基坡面可调节式施工支架.....	80
案例 21: 中央砼护栏施工安全操作平台.....	84
案例 22: 路面“S”型路障减速架.....	87
案例 23: 一种高边坡施工防护装置.....	90
案例 24: 施工现场临时用电微创新.....	93
案例 25: 龙门吊人脸指纹识别系统.....	98
案例 26: 机械式防撞辅助装置.....	101
案例 27: 定制钢爬梯安全通道系统.....	105
案例 28: 基于 GIS 的施工期智能度汛平台.....	108
案例 29: 智能安全气囊马甲.....	115
案例 30: 盖梁、垫石、挡块一体化施工.....	118

第二篇 安全管理类

案例 1: “一会三卡制度”	122
案例 2: 数字化教育基地.....	124
案例 3: 发电厂房 24 小时安全巡查及应急报警工作制.....	129
案例 4: 农民工工资实名制与班前安全五分钟.....	132
案例 5: 质量安全综合体验馆.....	135
案例 6: 公路建设项目安全生产“依岗强基”工作机制.....	139
案例 7: 模拟全链条安全责任倒查演练.....	145
案例 8: 施工现场安全网格化管理.....	150
案例 9: 钢栈桥施工“四化一体”安全管控体系.....	155
案例 10: 安全生产动态星级考评.....	160

案例 11: “视-听-体感”三位一体沉浸式安全教育新模式.....	162
案例 12: “安全积分超市”管理制度.....	174
案例 13: 高风险隧道施工应急撤离避险机制.....	179
案例 14: 数字网格管理系统.....	182
案例 15: “口袋照片”	186
案例 16: 安全管理之亲情文化.....	189

第一篇 技术创新类

案例 1：T 梁钢筋防倾覆装置

基本信息

项目名称：T 梁钢筋防倾覆装置

申报单位：四川乐资铜高速公路有限公司

应用范围：铜资高速公路项目 TJ2 标

实施时间：2023 年 6 月

申报类型：技术创新类

负责人：张宏

参与人员：王虹、席丹阳、李美澄

案例经验介绍

一、背景介绍

传统的 T 梁钢筋防倾覆措施一般采用钢筋支撑或采用方木支撑，支撑不牢固，钢筋受外力作用下易发生倾倒。现利用 T 梁钢筋防倾覆装置进行施工，解决了 T 梁钢筋在受外力时易发生倾倒的问题，不仅适用于公路 T 梁钢筋防倾覆，也适用于所有类似高宽比小的钢筋防倾覆。极大地提高了 T 梁钢筋施工的安全性。

二、经验做法

T 梁钢筋防倾覆装置设计需考虑钢筋 T 梁钢筋整体高度、T 梁腹板钢筋高度、T 梁马蹄钢筋高度、变截面尺寸，

还需考虑装置整体稳定性和加固方式。按照设计相关尺寸进行定位工装设计，设计时考虑框架定位和整体稳定。本项目 T 梁钢筋防倾覆装置数据有：框架整体高度为 2500mm、框架底部宽度 250mm，顶部宽度 350mm，马蹄段高度 856mm，腹板段高度 1544mm，三角支撑腿宽度 500mm。T 梁钢筋防倾覆装置整体采用 $\angle 50 \times 5$ mm 角钢，装置采用 $\Phi 25$ 精轧螺纹钢对拉连接。图纸设计完成后，交由厂家按图进行加工，加工完成拉至工地现场进行拼装。拼装按设计图纸进行拼装，采用 $\Phi 25$ 精轧螺纹钢对拉连接。



图 1 T 梁钢筋防倾覆装置侧面



图 2 T 梁钢筋防倾覆装置正面

三、应用成效

通过设置 T 梁钢筋防倾覆装置，保障了预制 T 梁施工作业人员安全，消除因机械碰撞及钢筋骨架安装不到位引起的骨架倾覆。在施工现场管理、现场标准化建设起到了一定积极作用，至项目开工建设以来，未发生一起钢筋骨架倾覆事故。

四、应用成本

T 梁钢筋防倾覆装置需采用角钢定制，材料成本约 800 元/套。

案例 2：空心墩墩身钢筋绑扎胎架

基本信息

项目名称：空心墩墩身钢筋绑扎胎架

申报单位：四川乐资铜高速公路有限公司

应用范围：铜资高速公路项目 TJ2 标

实施时间：2022 年 10 月

申报类型：技术创新类

负责人：张宏

参与人员：王虹、席丹阳、李美澄

案例经验介绍

一、背景介绍

空心墩墩身钢筋施工属于高空作业，钢筋工需在最顶层进行钢筋绑扎施工，有高坠风险，项目设计一套专用绑扎胎架用于保障墩身钢筋施工作业人员安全。

二、经验做法

1.设计：空心墩墩身钢筋绑扎胎架主体采用 L75×75×8 角钢焊接，内空尺寸比墩身设计尺寸大 10cm；胎架共分为 3 层，底层由角钢焊接为整体，二层、三层平台宽度 90cm，每间隔 50cm 焊接一根横梁；在平台上焊接防滑钢板；护栏高度 1.5m，每间隔 2m 焊接一根立柱，并使用 16mm 水平间

距 40cm 焊接封闭护栏，护栏底部设置 20cm 踢脚板。二、三层平台底部使用角钢焊接作为斜撑，保证操作平台整体稳定性及安全性。整体涂刷红白相间油漆、并悬挂安全标语。

2.安装：架体顶部 4 角点设置 4 个吊点，采用塔吊将架体安装至施工的空心墩顶部、并于空心墩模板采用螺栓连接。

3.作用：施工空心墩墩身钢筋、保证钢筋施工时施工人员的安全性。

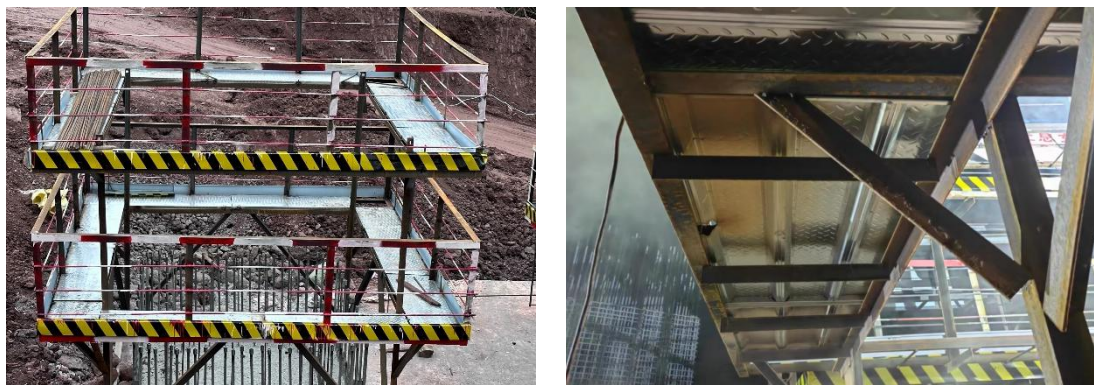


图 1 应用效果图

三、应用成效

通过设置空心墩墩身钢筋绑扎胎架，保障了空心墩钢筋施工作业人员施工安全。在施工现场管理、现场标准化建设起到了一定积极作用，至项目开工建设以来，未发生一起高坠事故。

四、应用成本

空心墩墩身钢筋绑扎胎架需采用角钢焊接，75 角钢 55m，16mm 螺纹钢 77.6m 单套成本约 1084 元。

案例 3：墩柱钢筋笼连接操作平台

基本信息

项目名称：墩柱钢筋笼连接操作平台

申报单位：中铁五局集团有限公司

应用范围：G5 京昆高速公路汉中至广元段（四川境）扩容工程
项目 LJ5 标

实施时间：2025 年 4 月

申报类型：技术创新类

负责人：王伟

参与人员：李茂、李卫军、蒋宗武、赵俊、雷旭、李伟、吴玉林

案例经验介绍

一、背景介绍

公路工程桥墩因墩柱较高往往会将钢筋笼分节连接，传统连接方式一般采用安全带加防坠器的方式进行。墩柱钢筋笼连接属于高空作业，由于套筒紧固期间人员需要使用扭矩扳手操作，在无操作平台的情况下安装极为不便，工作效率较低且存在晃动导致绳索磨断的安全隐患。本项目墩柱钢筋笼连接期间，通过增加操作平台，最大限度在保证安全的状态下提高钢筋笼连接质量。

二、经验做法

为方便人工操作、提高施工效率，确保墩柱钢筋笼上下丝扣连接期间处在同一平面，避免连接期间角度问题导致直螺纹牙口受力后破裂，影响连接质量，因此在直螺纹套筒连接位置设置操作平台。操作平台采用标准化钢制走道板拼装成八角形/圆形框架，承载施工人员及机具荷载的同时又能很好与钢筋笼相互固定。

平台安装在位于底笼钢筋顶下 1m 的位置，利用 $48 \times 3\text{mm}$ 钢管做挑架，墩柱钢筋笼直螺纹套筒操作平台高度为 1.2m，平台宽度为 0.6m，采用壁厚 2mm 方钢、长宽分别为 $4 \times 4\text{cm}$ ，底部主梁采用壁厚 2mm、 $5 \times 5\text{cm}$ 方钢，防护栏底部人行走道板边缘设置 20cm 挡板，人行走道板与底面方钢焊接，确保操作平台稳固。墩柱钢筋笼连接操作平台大样图如下：

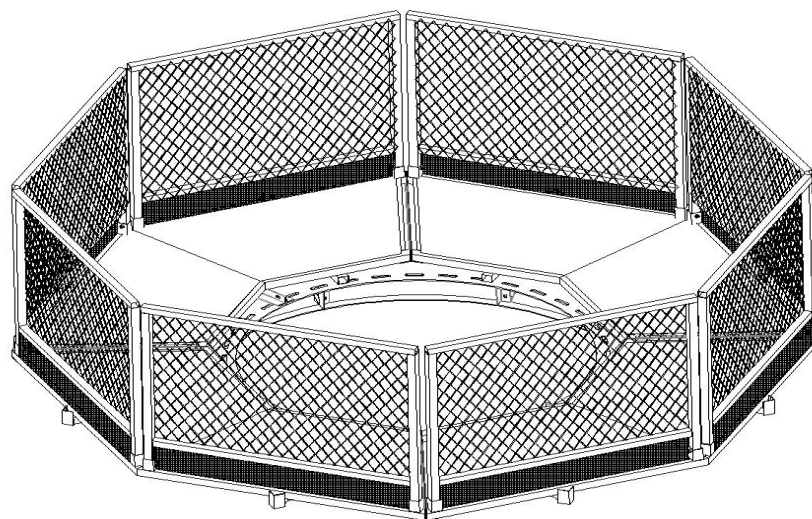


图 1 墩柱钢筋笼连接操作平台大样图

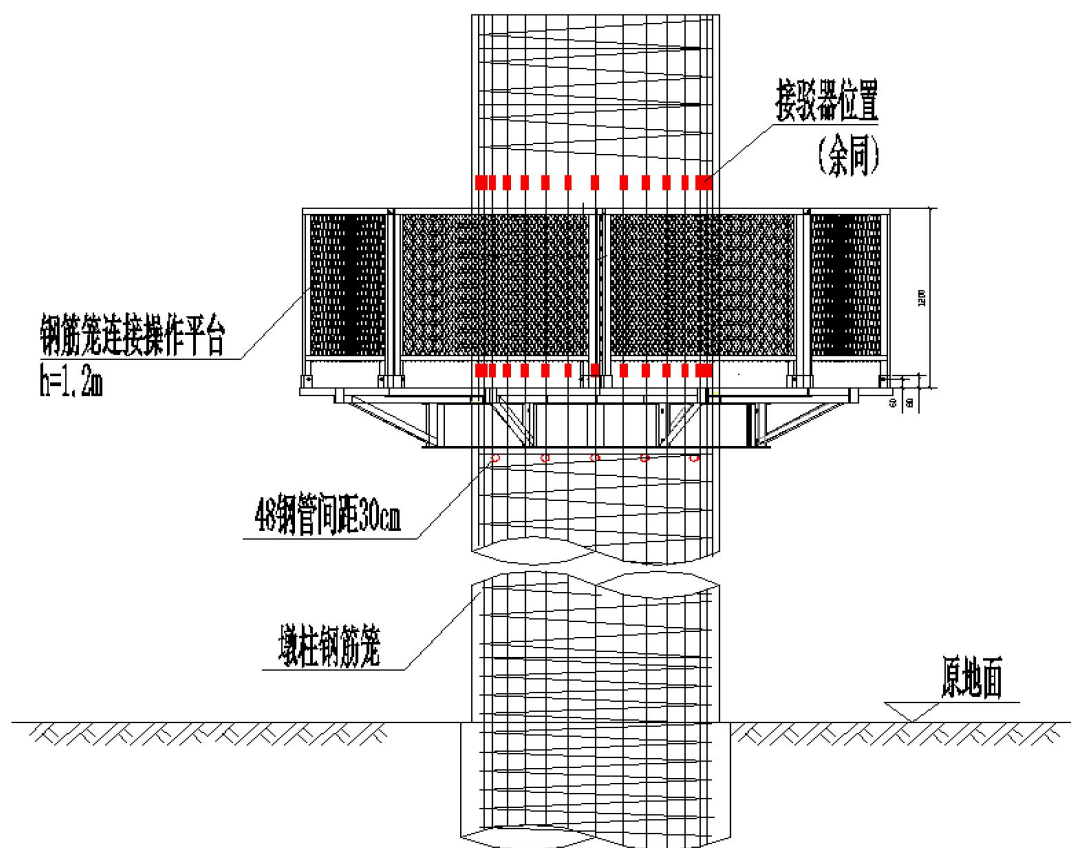


图 2 操作平台与钢筋连接大样图

三、应用成效

在墩柱下部钢筋笼顶设置临时操作平台，使现场施工人员安全得到了进一步的保证。操作平台的总重量为 400kg，确保操作平台轻便的同时，又具有足够的稳定性。项目现场应用情况如下：





图3 现场安装效果

墩柱钢筋笼连接操作平台的应用成效主要体现在施工效率提升、安全保障强化及质量控制优化三个方面：

1.施工效率显著提升。将钢管横向插入钢筋笼内确定平台安放的位置，操作平台在地面拼装完成后整体吊装，钢筋笼连接好之后可直接用吊车吊装至地面，节省传统平台搭设/拆除时间的的时间。墩柱钢筋笼直螺纹连接的操作人员在平台上作业相对于半空作业套筒对接速度加快、工效显著提高，缩短钢筋笼整体成型周期。

2.安全性能全面升级。降低坠落风险，护栏为施工人员提供稳固的临边防护，提供心理安全感，安装操作平台后工人可更专注作业，一体化防护结构（平台护栏高 1.2m、20cm 踢脚板及花纹钢铺板）有效防范了高空坠落和物体打击风

险。钢筋笼采用 9.3mm 缆风绳进行固定，平台安装后抗倾覆能力有所提高，避免施工振动导致偏位。钢筋笼连接在 7 级以内的风力下施工可不受影响。标准化操作平台便于统一验收标准，在连接前必须安装，提升企业形象的同时降低了管理难度。

3.质量精度有效控制。通过人员在操作平台上连接钢筋笼，上下钢筋对接期间主筋调整操作简便，减小主筋间距误差，避免角度不一导致的丝口破损、扭矩值达不到规范要求。减小螺旋箍筋间距调整的误差、提高了箍筋与主筋焊接的质量。

该平台将高危分散作业转化为集中化、工厂化施工模式，可搭配安全梯笼形成垂直通道，实现“地面-高空”无缝衔接，通过防护-钢筋绑扎-吊装功能集成，推动桥梁墩柱施工向标准化、工业化转型。

四、应用成本

单个操作平台预制费（含切割、钻孔、防腐）附加运输费用成本价格约为 6000 元，现场机械及人工费用约为 1200 元（此费用基于单个台班计，平台安装时间约 10 分钟），增加成本约为 7200 元。此工装增加了成本，但实际加快了施工进度通过安全冗余保障施工连续性，操作平台可重复循环使用，全周期成本摊薄实现综合收益。模块化设计使后期项目复用成本降低至首期 40%，平台方案可有望降低高空作业保险费率，并减少因质量问题的返工损失。

五、问题探讨

本案例施工过程中需要注意应加强墩柱顶部钢筋的焊接，防止因为脱焊导致操作平台倾斜，滑落。安装时使用缆风绳牵引和专人指挥，确保吊装安全。平台顶部四周设置1.2m高防护栏杆，墩柱与平台间隙过大时加设活动脚手板和安全网，防止高空坠落；人员进行直螺纹套筒安装期间需正确使用安全带等保护措施。随墩柱施工高度逐节加装，逐节钢筋笼安装完成后应按照施工方案及时安装模板进行浇筑，防止钢筋笼过高造成倾覆等安全隐患。钢筋笼揽风绳设置与施工方案中墩柱揽风绳材料规格、使用位置一致。施工中应优先选择工厂化预制平台，减少现场风险；任何疏忽可能导致严重事故。

案例 4：支座垫石施工安全操作护栏

基本信息

项目名称：支座垫石施工安全操作护栏

申报单位：中铁五局集团有限公司

应用范围：G5 京昆高速公路汉中至广元段（四川境）扩容工程
项目 LJ5 标

实施时间：2025 年 4 月

申报类型：技术创新类

负责人：王伟

参与人员：李红田、李茂、李卫军、雷旭、陈泽军、李伟、
吴玉林、张永强

案例经验介绍

一、背景介绍

公路工程桥墩顶部盖梁施工期间，当盖梁混凝土达到设计强度，为了尽快将盖梁模板拆除循环至下一作业面，降低施工投入，因此存在支座垫石最后施工的情况。为确保支座垫石独立施工期间作业人员安全，本项目采用在盖梁顶部设置临时护栏及安全母绳卡箍的双重保险，将安全风险有效降到了最低。

二、经验做法

护栏根据本标段盖梁尺寸设计为两片，每片均在地面加

工完成并涂刷醒目的油漆，用吊车分节吊装至盖梁顶部再进行连接。护栏安装期间，人员采用登高车上至盖梁顶部，利用挡块上部预埋的吊环作为安全带挂点将第一片护栏安装到位并进行紧固，紧固完成后逐一安装剩下的护栏。盖梁顶部设置临时护栏及安全母绳卡箍如下图：



图 1 盖梁顶部临时护栏大样图

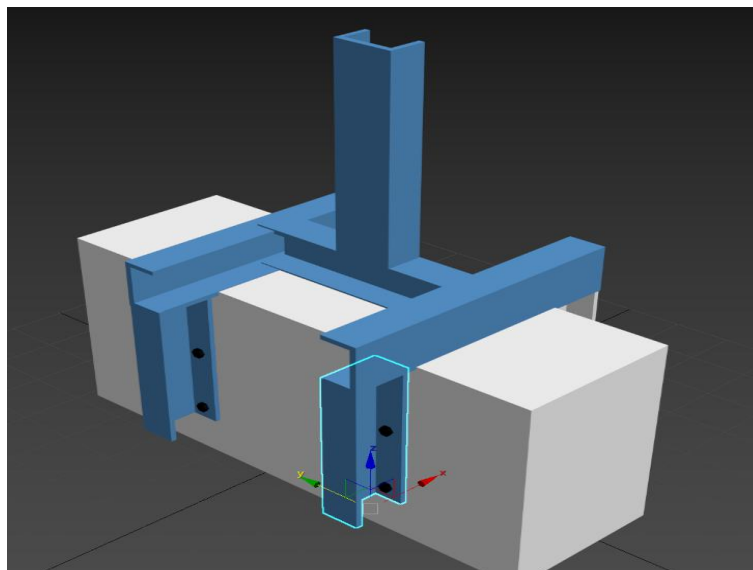


图 2 挡块位置安全母绳卡箍大样图

所有钢管采用 $\phi 48 \times 3.0\text{mm}$ 国标脚手架钢管，钢管涂刷红白反光油漆。护栏斜撑采用 HRB400 22mm 钢筋进行加强，钢管接头处满焊。安全母索采用 $\phi 9.3\text{mm}$ 钢丝绳，基座采用底部鞍与立杆均采用[10 号槽钢作为工装与挡块固定，每个

基座在挡块内侧设置 4 个 M20 螺栓与挡块卡紧。防护架长度大于 7.6m 时做成 2 段，吊装后应连接相邻间横向水平杆，连接件处采用内套 $\phi 42$ 钢管，设不小于 2 道销子进行卡固。临时护栏设计图如下：

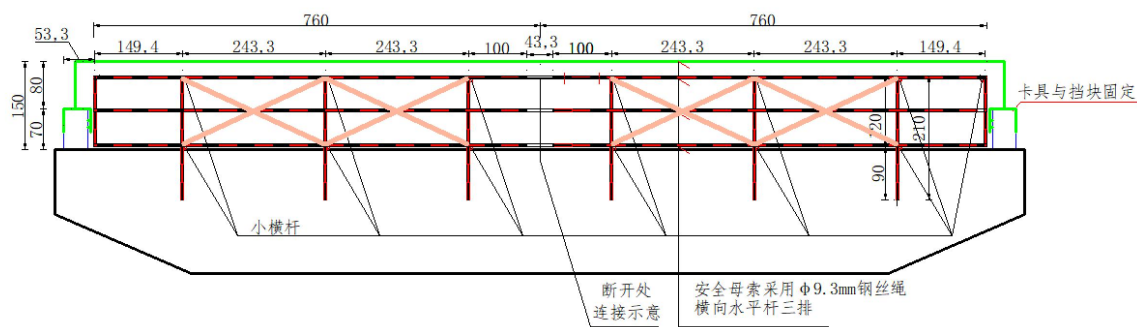


图 3 盖梁顶面支座垫石防护主视图

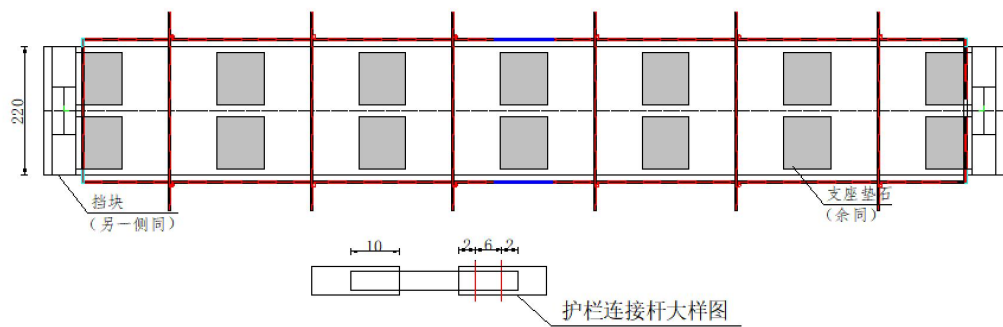


图 4 盖梁顶面支座垫石防护俯视图

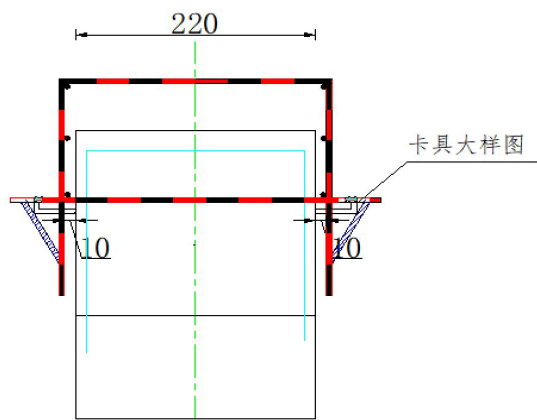


图 5 盖梁顶面支座垫石防护左视图

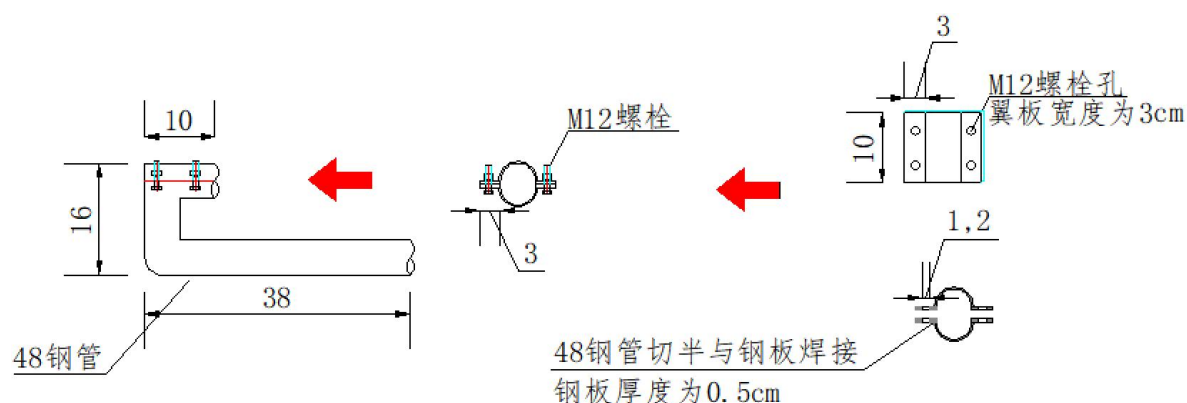


图 6 护栏固定卡具大样图

三、应用成效

在盖梁顶部增设临时防护栏杆及安全母绳，使测量人员及现场施工人员安全得到进一步保证，单片 7m 长度的护栏重量为 260kg，确保护栏自身轻便的同时、又具有足够的稳定性。项目现场应用情况如下：



图 7 现场安装效果

护栏为施工人员提供稳固的临边防护和心理安全感，有助于减少恐高情绪干扰，避免因安全事故导致的停工、承担高额赔偿及信誉损失。安全防护增强后，工人可更专注作业，

减少停工检查频率，提升整体施工连续性。临时护栏减少风力、雨水对操作的影响，提升焊接、模板安装、浇筑等工序精度，确保施工质量，减少了返工修补。标准化护栏设计便于统一验收标准，在高空作业前必须安装临时护栏，既提升了企业形象，又降低了管理难度。

四、应用成本

传统方式为在盖梁顶部预埋 8-10 个 U 型筋作为安全带挂点，或在挡块钢筋处使用钢丝绳连接作为安全母绳，施工成本约为 1200 元（加工费+安装费/机械费）。作业期间施工人员为了保证移动方便，往往不会正确使用安全带，致使盖梁垫石施工作业安全风险高，易发生高处坠落事故。

新案例护栏加工成本约为 4500 元，拆卸需要约 1500 元，成本增加约 66%。盖梁护栏的增效本质是通过安全冗余保障施工连续性，全周期成本摊薄实现综合收益。

五、问题探讨

本案例施工过程中需要注意应在盖梁上面提前预留安全带挂点，为护栏安装过程提高安全保障，吊装及安装期间必须有专人进行跟班指挥，防止吊车吊装过程中触碰护栏导致倾覆。当护栏固定卡具全部安装完成，才完成最终固定。

案例 5：高速公路普通墩盖梁施工方案优化

基本信息

项目名称：高速公路普通墩盖梁施工方案优化

申报单位：中铁五局集团有限公司

应用范围：G5 京昆高速公路汉中至广元段（四川境）扩容工程
项目 LJ5 标

实施时间：2025 年 4 月

申报类型：技术创新类

负责人：王伟

参与人员：李茂、李卫军、雷旭、赵俊、蒋宗武、陈泽军

案例经验介绍

一、背景介绍

在公路桥梁建设中，采用钢模板在提高工效的同时，亦可保证盖梁成型后的质量。本项目共计盖梁 327 个，一套底模施工的每月周转次数约为 3 次，按照每个工点配置一套底模工期无法得到有效保障。因此采用增加一套底模及配套系统来优化普通墩盖梁的施工。

二、经验做法

原方案采用抱箍法施工盖梁，盖梁完成后为加快底模的周转次数，一般会将底模及梯笼拆除，支座垫石采用临时护

栏及登高车配合的方式最后施工。

施工流程：施工准备→抱箍安装→分配梁及底模安装→钢筋绑扎→侧模安装→混凝土浇筑→盖梁养护→底模系统拆除→支座垫石

优化方案后做法，在盖梁底模系统拆除前完成支座垫石施工，施工流程为：施工准备→抱箍安装→分配梁及底模安装→钢筋绑扎→侧模安装→混凝土浇筑→盖梁养护（1天后开始施工垫石，强度达 20%）→支座垫石施工→盖梁养护→底模系统拆除。



图 1 垫石同步施工图

三、应用成效

原方案盖梁支座垫石后期施工，需要吊装临时护栏、配备登高车，人员需要不停的在相同位置几个盖梁上穿插作业，施工安全风险系数较高，施工工效慢。优化后通过增加一套盖梁底模及梯笼等配套设施，在第一片盖梁施工完成之后，紧接着施工支座垫石，施工效率高，安全方面可得有效的保障。

四、应用成本

原方案护栏材料及人工费用共为 0.6 万元，登高车月租费用约为 2.4 万元，合计为 3 万元；通过增加一套盖梁底模及梯笼等配套设施成本投入约 13 万元，成本增加约 333%。

五、问题探讨

新增一套底模定制费用较高，施工过程中需要注意模板安装精度控制。测量放样需采用全站仪复核轴线位置，底模标高误差应控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内，模板拼缝处需采用双面胶密封防漏浆，支撑体系稳定性抱箍支架安装后需进行检测，主、次梁工字钢根数及间距应按计算书设置。

混凝土浇筑防护分层浇筑厚度控制在 30cm 内，振捣时避免触碰对拉螺栓。支座垫石区域需预埋定位钢筋网片，拆模后应进行凿毛处理（深度 $\geq 10\text{mm}$ ），过程中重点检查模板拼缝、螺栓安装及抱箍等关键节点。

六、应用评估

利用盖梁操作平台作为垫石施工高空作业安全的第二道保障，确保施工人员的安全。多套模板轮换可定期检查维护，避免单套体系因长期承重导致的变形隐患。通过方案优

化，新增加一套盖梁底模轮换使用，同步进行不同工序（如安装、浇筑、拆模）、避免单套模板的等待时间。例如，一套模板拆除养护时，另一套可立即投入新盖梁施工，使流水作业更紧凑，工期缩短 30%以上。模板周转次数直接影响成本，单套模板需反复拆装，接缝处易错位或漏浆，导致混凝土表面不平整。增加模板数量后，使用间隔延长，养护时间更充分，磨损减少，工效提高，接缝严密性提升，成型尺寸更精确，减少后期修补，长期摊薄成本。增加模板看似增加初期投入，但从缩短工期、提升周转率、降低风险等方面来看，综合效益显著，尤其对本项目较为密集的墩柱，多模板系统是实现“优质、高效、低成本”的核心。

案例 6：新型装配式钢混组合盖梁

基本信息

项目名称：新型装配式钢混组合盖梁

申报单位：四川省交通建设集团有限责任公司

应用范围：天眉乐高速公路

实施时间：2024 年

申报类型：技术创新型

负责人：于志兵

参与人员：庄卫林、李维、任剑、彭俊文、罗红、袁李刚、
廖孝江、盛兴富、林顺、刘慧、朱倩、易家立、
岳铭、郭辉。

案例经验介绍

一、背景介绍

传统现浇方式建造的桥梁建筑物，现场施工周期相对较长，现场工人较多，施工现场高坠、物体打击安全事故发生概率较高。同时现场作业噪音大、施工废水、粉尘以及其他建筑垃圾造成了大量的环境污染，对施工周边环境的交通、生活、生产等社会活动都将带来一定程度的影响，特别在城市桥梁建筑中带来的影响更为突出。难以满足桥梁施工工业化发展的条件。

目前国内沿海地区及内陆部分地区已在对桥梁下部结构开展工业化发展，但桥梁下部结构预制构件相对材料用量大，自重较重，对运输、安装设备的功率要求更高，随之对运输道路及施工现场地的承载力要求也随之提高。在山区桥梁实施较难，且施工成本高。

二、经验做法

将盖梁设计为钢混组合结构，即钢外壳+钢筋+后浇混凝土形式。施工过程中利用钢外壳承担所有施工荷载，成桥后利用钢混组合结构承担运营荷载。其中钢外壳和钢筋在工厂内同步生产完成，运输至现场吊装至墩顶，对墩柱连接位置进行堵塞缝处理并灌注混凝土，完成盖梁施工。

三、应用成效

新型装配式钢混组合盖梁带来的成效如下：取消了所有临时支架的设置，完全避免了施工临时措施带来的成本投入和施工安全风险。盖梁在工厂内一体化成型，完全取消了施工现场盖梁侧面和底面的作业工序，施工期间仅在盖梁壳内和顶面有较少的工作量，在提升工程质量的同时大幅度减少了盖梁作业的安全风险。将大量现场作业替换为工厂化作业，大幅度减少了现场作业工序，对桥梁工业化发展有极大的推进作用。大幅降低现场机械、辅材等各类能源资源消耗，降低施工现场碳排放。目前盖梁已完成前期各项理论研究及1:2模型试验，相关试验结果已达到预期，下一步将根据试验结果进行设计优化后在天眉乐项目黄丰枢纽进行试点应用。

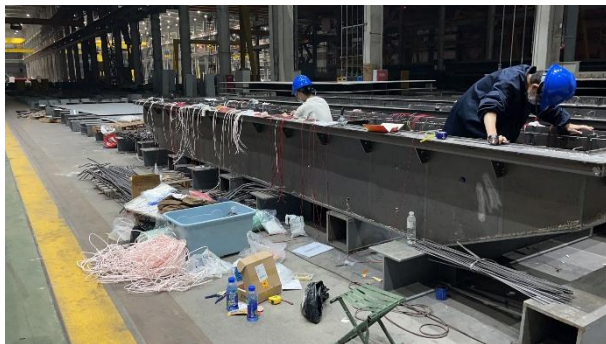


图 1 盖梁模型加工照片



图 2 盖梁成型照片



图 3 内部局部构造



图 4 试件外观

盖梁钢外壳及钢筋整体式构件



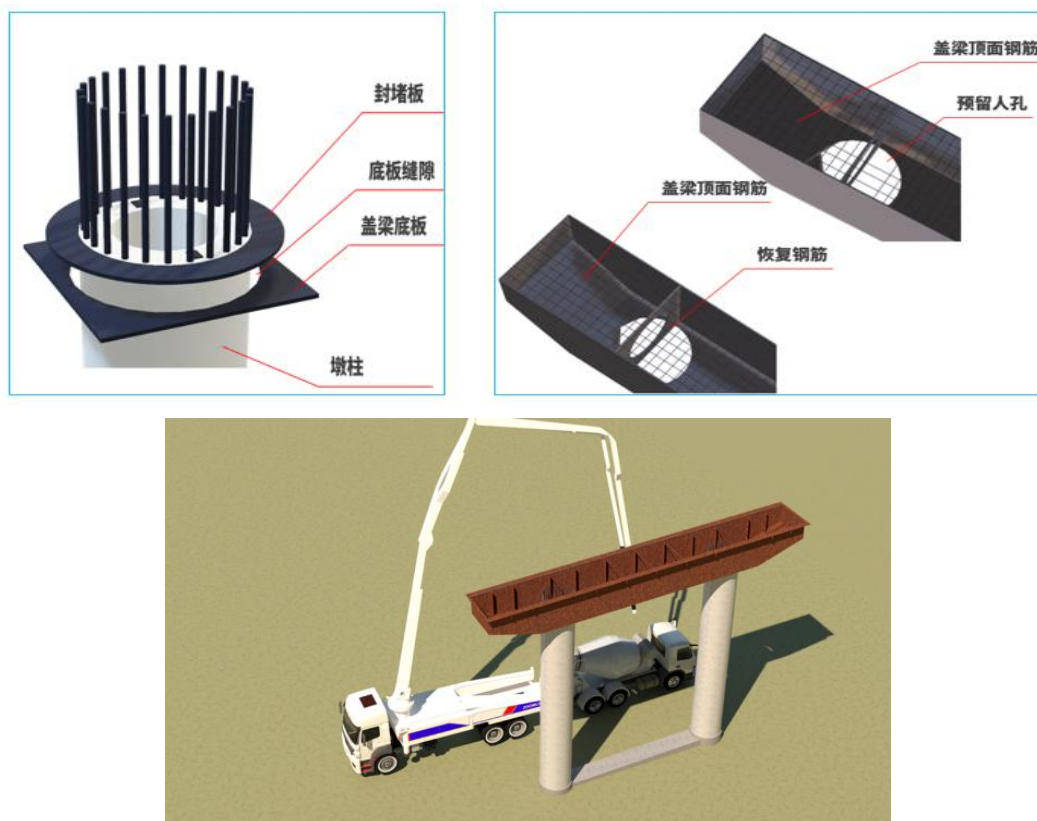


图 5 钢混组合盖梁施工过程

四、应用成本

按三车道高速公路的结构设计，钢混组合盖梁相比现浇盖梁其用钢量增加了约 2.5T，混凝土用量减少了约 23m³。参照同期材料信息价格结合我公司施工指导价测算，两个盖梁的直接施工成本基本持平。其中钢混组合盖梁可减少现场安全平台、梯笼等设施投入，该部分成本节约未考虑在测算内。综上所述，钢混组合盖梁在安全、质量、低碳和推动工业化发展方面都有明显优势，其综合指标比全现浇盖梁更加优越。

案例 7：缆索吊与塔吊防碰撞技术

基本信息

项目名称：缆索吊与塔吊防碰撞技术

申报单位：四川路桥华东建设有限责任公司

应用范围：G4216 线屏山新市至金阳段高速公路 XJ2 合同段项目

实施时间：2023 年 7 月

申报类型：技术创新类

负责人：刘成栋

参与人员：周兴均、李前、陈周洋、张放、游星

案例经验介绍

一、背景介绍

劲性骨架混凝土拱桥施工中，需要将钢筋、模板、混凝土等材料吊运至拱上施工位置，材料种类多、周转线路长、转运效率低。为提高效率，普遍采用拱上塔吊与缆索吊协同作业。然而，多设备频繁交叉作业显著增大了吊点碰撞风险。当前防碰撞预警系统仅适用于塔吊之间碰撞预警；对于塔吊与缆索吊之间的碰撞，则主要依赖人工观测预警，施工安全风险较高。

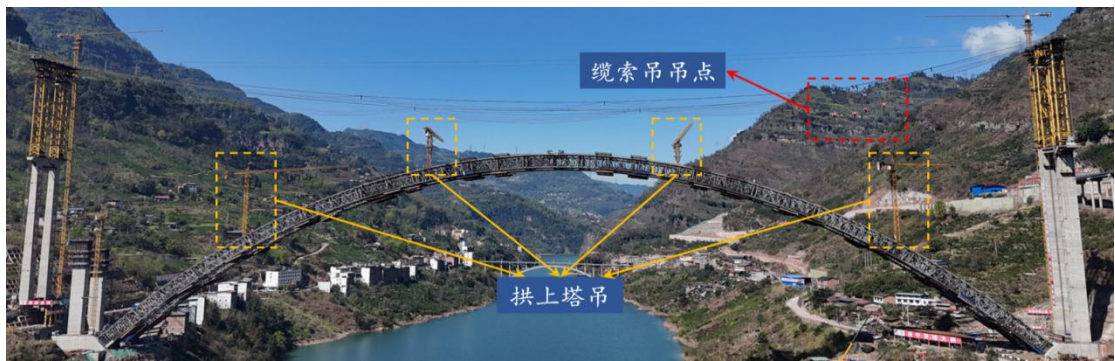
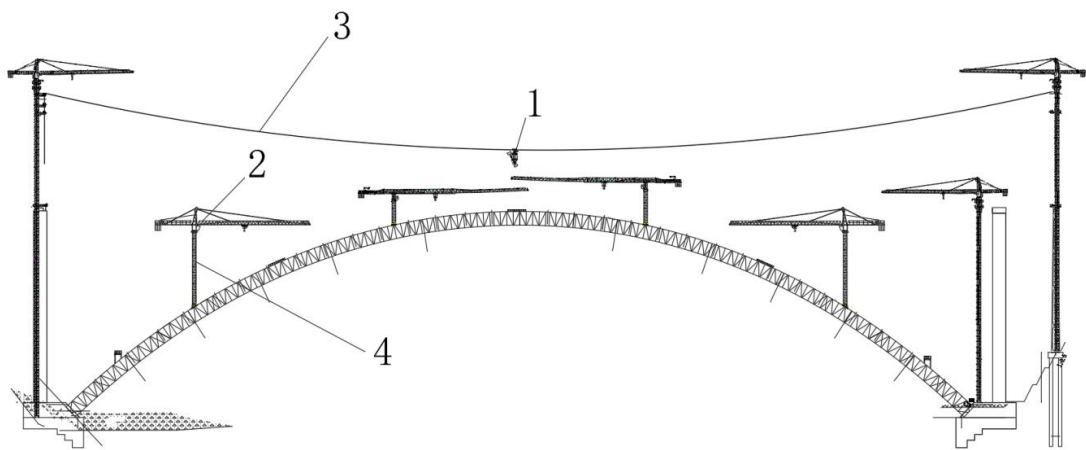


图 1 凝土拱桥施工现场

二、经验做法

在缆索吊小车及吊具上安装北斗定位接收机，对缆索吊小车进行定位；在塔吊上安装回转编码器，用于采集塔吊的旋转角度；控制器接收数据并集中处理。

第一处理单元，根据现场布置将缆索吊和塔吊统一到同一俯视坐标系中，缆索吊小车（图 2 中 1）坐标为 (C_x, C_y) ，塔吊（图 2 中 4）的坐标为 (T_x, T_y) ，在建立坐标系后，根据现场布置计算相对位置关系得到 C_x 、 C_y 、 T_x 、 T_y 。



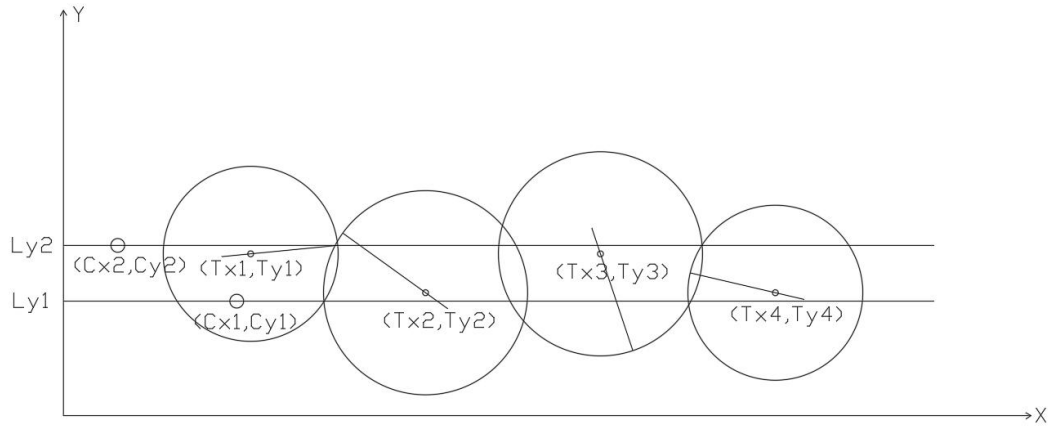


图 2 现场坐标系

第二处理单元，根据塔吊和缆索吊的坐标关系进行计算，得出塔吊前臂（图 2 中 2）与缆索吊小车的碰撞角度范围为 $[a1, a2]$ ，缆索吊小车的碰撞行程范围为 $[m1, m2]$ ；其中， $a1$ 为塔吊碰撞区域起始角度， $a2$ 为塔吊碰撞区域结束角度； $m1$ 为缆索吊小车与该塔吊碰撞范围起始行程值， $m2$ 为缆索吊小车与该塔吊碰撞范围结束行程值。

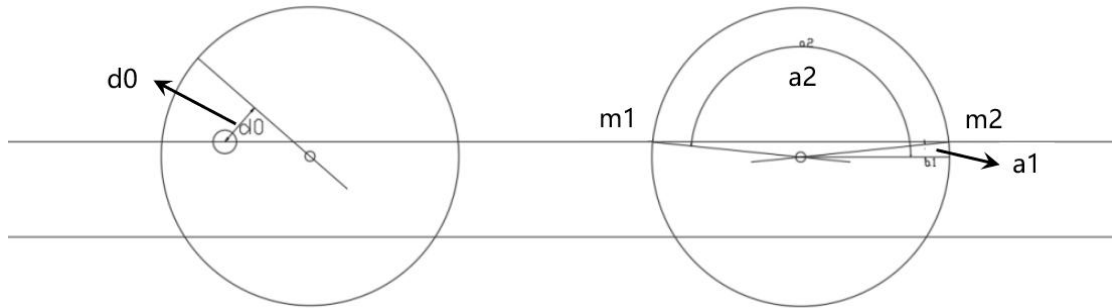


图 3 碰撞角度范围和碰撞行程范围

第三处理单元，通过北斗定位方式获取缆索吊小车的位置并传输给控制器，当监测到缆索吊小车的行程 Cx 大于 $m1$ 且小于 $m2$ 时，查看塔吊的回转角度，如果回转角度大于 $a1$ 且小于 $a2$ ，实时监测并计算缆索吊小车 (Cx, Cy) 与塔臂的距离 $d0$ ；当监测到两者距离 $d0 \leq 10m$ 时，控制器发送碰撞报警信号至缆索吊运动控制系统和塔吊操作室；当监测到两

者距离 $d_0 \leq 2m$ 时，控制器发送急停信号，缆索吊运动控制系统接收到急停信号后停止缆索吊小车运动。

该缆索吊与塔吊防碰撞系统，通过控制器对从北斗定位接收机及回转编码器获取的数据进行处理后，能够实时监测塔吊和缆索吊小车的位置（如下图），两者距离 $\leq 10m$ 进行报警，距离 $\leq 2m$ 设备急停，以防止发生碰撞安全事故。



图 4 实时监测系统

三、应用成效

通过应用缆索吊与塔吊防碰撞系统，成功构建了多设备间的碰撞预警机制，有效减少了对人工观测预警的依赖，显著提升了预警精度。系统大幅降低了施工安全风险，切实提升了现场安全管理水平及施工效率。自系统应用以来，实现了塔吊与缆索吊协同作业“零碰撞事故”的安全绩效。

四、应用成本

缆索吊与塔吊防碰撞系统利用缆索吊集中控制系统现有传感器，仅需系统开发费用 10 万元，且可多项目重复使用，无需人工观测预警；传统工艺需人工观测指挥，每台塔吊配备 1 名指挥人员，共 4 名，工期 24 个月，节省人力成本约 96 万元，成本降低约 89.5%。

五、问题探讨

本系统专注于缆索吊与塔吊的防碰撞，未来考虑与缆索吊控制系统、BIM 模型、施工进度管理平台等进行联动，实现设备集中控制、风险预警与进度管理的智能协同。本系统以预警为主，未来可进一步提高智能化程度，实现自动规划路径、智能调速等操作。

案例 8：高空作业速差自控安全绳系统

基本信息

项目名称：高空作业速差自控安全绳系统

申报单位：成都建工集团有限公司

应用范围：郎川高速公路项目 TJ7 标高处作业全工点

实施时间：2025 年 8 月

申报类型：技术创新类

负责人：朱建华

参与人员：南磊、赵崇阳

案例经验介绍

一、背景介绍

郎川高速 TJ7 标段桥梁墩柱、盖梁及高边坡作业面多、高度大，传统单点式安全带在人员意外坠落时易因惯性冲击造成二次伤害。项目引入“安全绳+速差器”组合装置，通过速差自控锁定技术，实现坠落瞬间自动止坠，降低高坠事故风险。

二、经验做法

（一）高处坠落风险清单化。梳理本标段所有高处作业点位及坠落危险源，编制《速差自控安全绳使用场景清单》，明确每处作业高度、挂点设置及速差器型号要求，并对安全员、班组长进行专项交底。

（二）速差自控安全绳系统设置。统一采购经国标 GB 24544 认证的速差自控器，与安全绳、顶部锚固点形成“三位一体”防护链；在钢筋棚、盖梁平台等集中作业区设置“速差安全绳示范架”，张贴操作流程圖及檢驗合格标识；建立“日点检、周专检”制度：班组每日使用前外观检查，安全部每周校验制动性能并记录。

（三）高处作业行为教育。将速差自控安全绳纳入班前十分钟安全教育必讲内容；对首次违规不佩戴或不正确佩戴人员进行现场示范纠正；对屡犯人员安排进“安全反省屋”观看高坠案例视频并抄写操作规程。

三、应用成效

自 2025 年 8 月开始实施，高处作业人员 100% 配备速差自控安全绳，高坠隐患整改率达 100%，杜绝发生一起高处坠落事故。检验现场使用情况，满足“挂得上、锁得快、用得好”要求，工人的接受度逐步提升。





图1 “安全绳+速差器”组合装置

四、问题探讨

部分老旧挂点承载力不足，需增设钢结构横梁或化学锚栓加固；速差器回收弹簧在雨季易锈蚀，需提高防锈等级并缩短校验周期；个别作业面空间狭窄，需研发更小尺寸的速差器或采用水平生命线系统配套。

案例 9：一种全自动液压爬模防坠装置

基本信息

项目名称：一种全自动液压爬模防坠装置

申报单位：四川路桥大桥分公司

应用范围：当枝松高速 DZSTJ-3 标

实施时间：2023 年 6 月

申报类型：技术创新类

负责人：缪吉兵

参与人员：周文、袁炜、汪林、李季、陈学锋、周伟伟、
刘鹏、刘志成

案例经验介绍

一、背景介绍

枝江百里洲长江大桥为当枝松高速公路跨越长江的控制性工程。大桥全长 1549m，主桥为主跨 890m 双塔钢-UHPC 组合混合梁斜拉桥。桥跨布置由北向南为（68+3×72+890+300+75）。北主塔采用 A 型塔结构，塔身高度为 241m，北主塔分 44 个节段施工，标准节段高度为 6m。主塔建设规模大，施工时间长，施工环境特殊（位于枝江市郊区），本项目研发了适用于大倾角“A 型”索塔的液压爬模系统。液压爬升系统爬升时，没有防坠装置，只有一种钢丝绳受力，钢丝绳会发生受力不均匀的情况。如果发生坠落，钢

绳会因为爬模产生的巨大冲击动能而发生断裂，严重威胁爬模结构及作业人员安全。

二、经验做法

针对液压爬模施工过程中存在的安全隐患难题，项目研发了一种全自动液压爬模防坠装置，有效解决了液压爬升系统在爬升过程中发生打滑，爬升锥易失稳的问题，给液压爬模增加一道保险。液压爬模正常爬升时，钢绳通过卷筒顺时针方向转动，棘轮板正常转动。当液压爬模遇突然情况向下坠时，钢绳会通过卷筒反方向转动，棘轮板会与卷筒封板卡死拉住钢绳，从而防止液压爬模下坠。全自动液压爬模防坠装置大大增加了液压爬模爬升过程中的安全性。



图 1 全自动液压爬模防坠装置现场安装示例

三、应用成效

一种全自动液压爬模防坠装置，解决了液压爬升系统在爬升过程中发生打滑，爬锥易失稳的问题，给液压爬模增加一道保险。通过安全防护设备的微提高，在超高索塔施工现场管理、现场标准化建设起到了一定的积极作用，自项目开工建设以来，爬模施工过程中未发生事故。

四、应用成本

本项目 2 套智能集成建塔装备，共设计加工了 16 个防坠放置，总投入约 12.8 万元，保证了智能集成建塔装备爬升过程中的安全性。节约了主塔施工过程中安全措施费约 25 万元。

五、问题探讨

本案例施工过程中需要注意根据项目实际配置的液压爬模，搭配不同规格的防坠器。

案例 10：双柱式高墩用自行走水平防坠装置

基本信息

项目名称：双柱式高墩用自行走水平防坠装置

申报单位：四川省交通建设集团有限责任公司

应用范围：简支梁桥的圆柱墩系梁、盖梁施工

实施时间：2023 年 9 月

申报类型：技术创新类

负责人：于志兵

参与人员：董涛、罗红、周楷伦、刘慧、王非

案例经验介绍

一、背景介绍

目前，公路建设领域桥梁下部结构施工时，普遍采取安全上下通绳、标准化作业平台、工具式防护栏杆等安全措施，但现有措施消除高处坠落隐患的效果有限。据不完全统计，涉及桥梁施工的人员伤亡事故约有 50% 来自于下部结构的中系梁、盖梁施工高空作业。

造成桥梁施工中系梁、盖梁施工高坠事故的主要原因，一是因中系梁和盖梁施工较多采用穿心钢棒附着式支架，支架在安装和拆除作业阶段缺乏有效的作业平台和临边防护；二是施工单位不规范使用标准化作业平台、护栏、梯笼等产

品；三是作业人员“三违”行为造成安全隐患。

基于以上原因，在现有安全措施基础上，在墩柱上安装一套自行走水平防坠装置，作为作业人员防高坠事故的最后一道防线，有效弥补现有安全设施的不足，从本质上预防桥梁下部结构高处作业坠落事故。

二、经验做法

在中系梁和盖梁施工中，在施工作业面以下 2m 位置设置一道水平防坠装置，作为预防高坠事故的托底安全措施。该水平防坠系统具备拉设防坠网、自动爬升、自动锁紧、自动开合、地面安拆等功能。

（一）系统组成

1.外网及网架：由安全网及支架组成，主要用于除中系梁以外所有坠落高度半径范围内的安全防护及支撑防坠网；

2.内网及开合支架：由内防护网及支架组成，主要用于中系梁投影面范围内的防坠网和支架，该支架需配备电动机械臂进行开合；

3.系统承重支架：支架设上下两套并与爬升系统进行连接，在爬升过程中作为以墩柱为轨道的爬升导向架；

4.支架爬升系统：爬升系统由上开合抱箍和下开合抱箍组成，抱箍之间采用多级油缸进行链接。

5.操作通道和平台：上承重支架顶面设置，主要用于支架钢棒、主梁、分配梁等承重构件安拆时的人员作业使用。

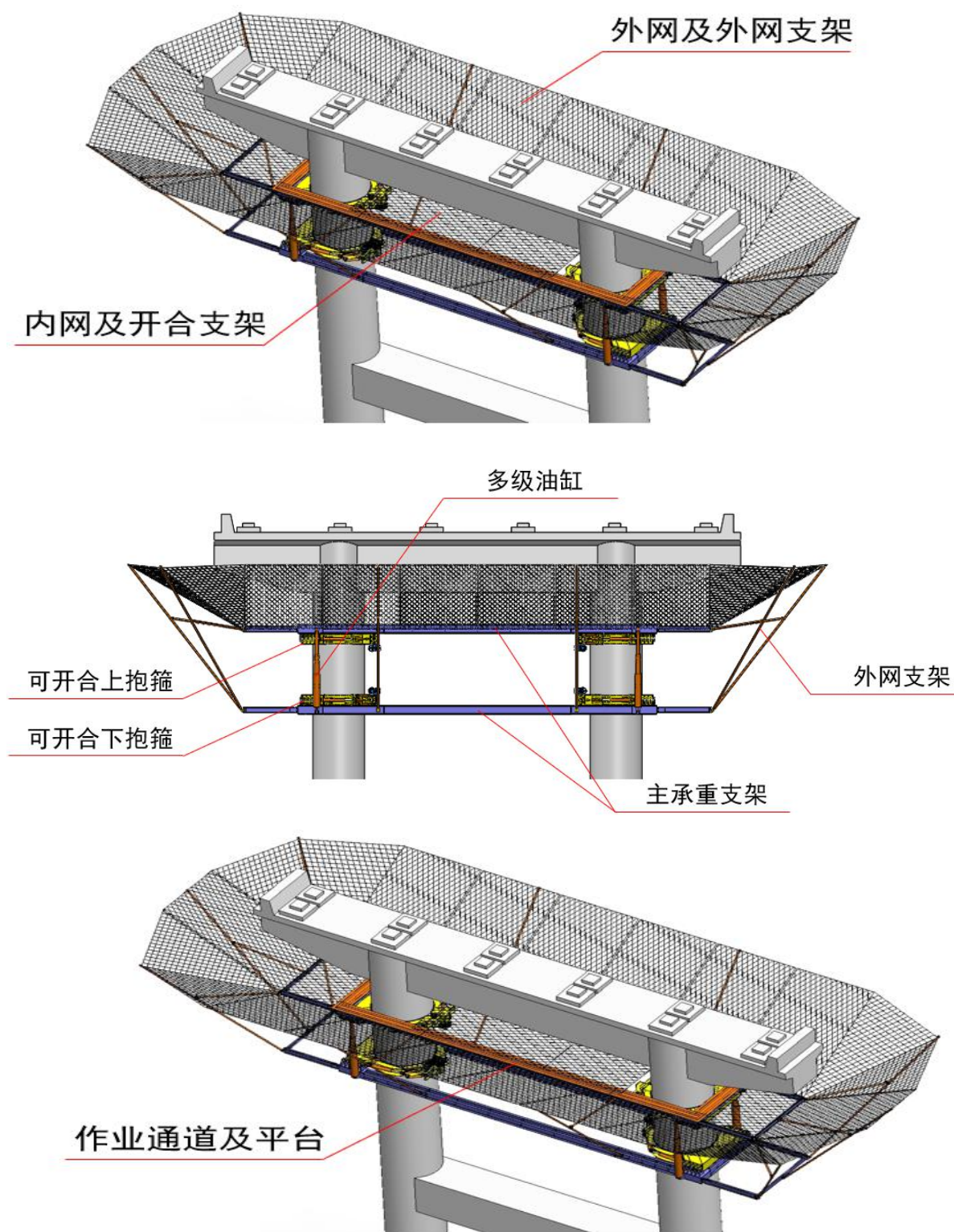


图 1 双柱式高墩用自行走水平防坠装置

(二) 工作原理

所有构件均在地面进行安拆，完全避免了该套装置带来

的高空作业风险。中系梁、盖梁支架施工前即穿心钢棒安装前进行主动防坠系统安装并爬升到位后进行所有闭合锁紧。待中系梁、盖梁所有工序完成并拆除承重支架后，被动防护系统自行回归地面进行拆除，移至下一墩位使用。整个系统通过上下抱箍交替锁紧及多级链接油缸伸缩实现爬升，如：上抱箍锁紧下抱箍松弛，收缩多级油缸实现下抱箍带动下承重支架上升，上升到行程位置后，下抱箍锁紧上抱箍松弛，多级油缸外伸实现上抱箍上升。反之实现系统的垂直下降。系统需要通过系梁时，通过中网的单侧开启、抱箍开口全部打开达到通过空间，上下抱箍同样进行交替开合渡过系梁。

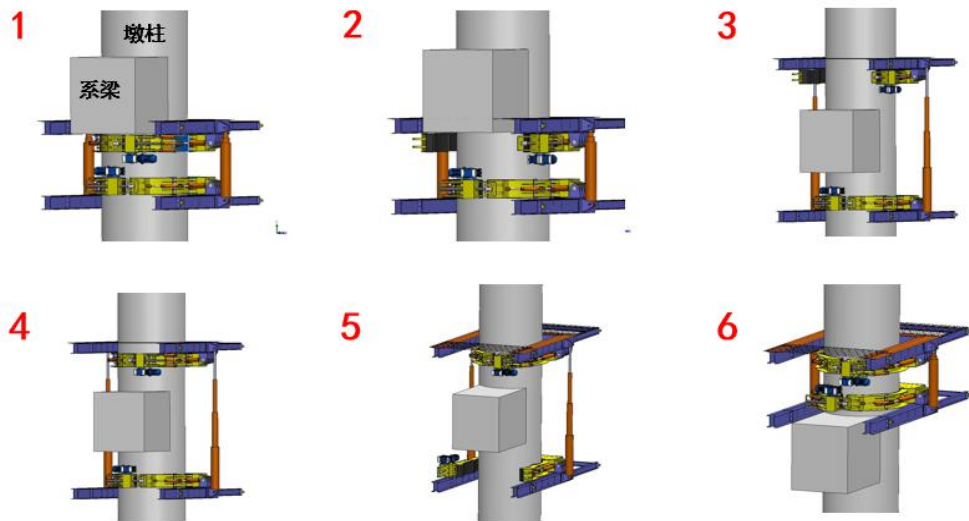
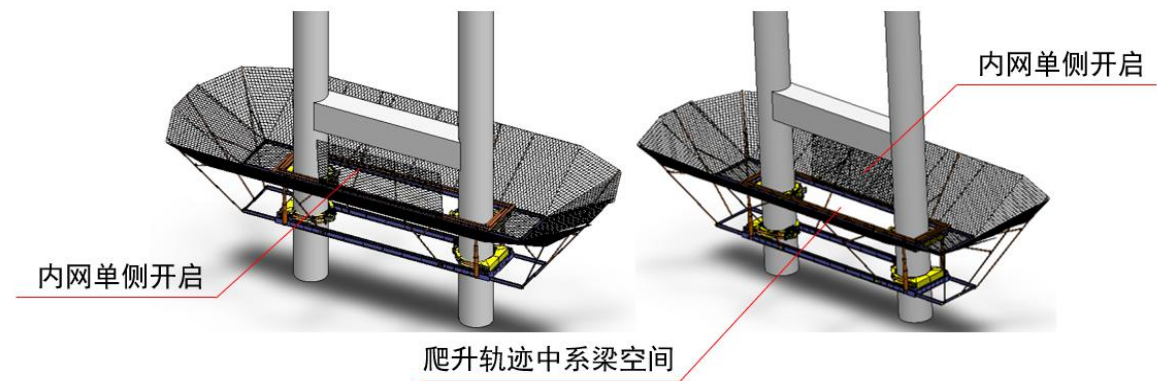


图 2 工作原理

（三）爬升步骤

步骤 1：爬升系统行径到系梁地面后将多级油缸收缩到最小行程并锁紧下抱箍；

步骤 2：打开上抱箍；

步骤 3：多级油缸外伸到最大行程范围，将上抱箍推送到系梁以上范围；

步骤 4：闭合并锁紧上抱箍；

步骤 5：收缩多级油缸到最小行程范围，将下抱箍提拉至系梁以上位置；

步骤 6：闭合并锁紧下抱箍，完成跨系梁工作。

三、应用成效

双柱式高墩用自行走水平防坠装置在桥梁的中系梁和盖梁施工中，作为现有安全防护措施的一种有效补充，有效弥补现有安全防护措施的不足，实现桥梁中系梁和盖梁施工本质安全，减少桥梁中系梁和盖梁施工中的高坠事故。

四、应用成本

本装置主要涉及的材料有钢材、液压系统、电机、安全平网等，一套装置成本约 30 万元，但可以一直周转使用。该成本为一套装置的研发、生产成本，如果成量生产，成本将大大降低。

五、问题探讨

该装置在前期试验过程中，安装时，需使用汽车吊配合，安装时间较长，下一步将对结构进行优化，如减小部分钢材截面尺寸，更换部分结构的材质，使该装置更轻量化和更装

配化，在减少成本的同时，更便于安装、使用。



图 3 试验现场

案例 11：柱式墩下部结构施工自升降防坠作业平台

基本信息

项目名称：柱式墩下部结构施工自升降防坠作业平台

申报单位：四川公路桥梁建设集团公路三分公司

应用范围：铜资高速公路项目 TJ6 标

实施时间：2022 年 10 月

申报类型：技术创新类

负责人：张振

参与人员：罗华平、廖茂坤、张振、刘台喜、雍翔

案例经验介绍

一、背景介绍

现目前山区盖、系梁主要采用现浇技术进行施工，支架体系自下往上依次为钢抱箍（或钢棒）、支撑纵梁、横向分配梁、底模、施工平台。对于支架体系的安装和拆除，传统施工工艺往往是由人工借助吊装设备按照先后顺序逐步进行，在操作过程中，施工人员需长时间悬空高处作业，不仅施工效率低，同时高处坠落风险高。近年来，已发生多起盖、系梁支架安拆时人员坠落的伤亡事故。

当前安全生产标准不断提升、安全生产环境日益严峻，为贯彻习近平总书记人民至上、生命至安全发展理念，努力实现公路工程施工领域“零死亡”安全生产目标，现有的人工高处悬空作业方式已不能满足项目安全生产的需要。随着

工程行业日益饱和现阶段工作中各级单位对质量重视程度空前提高，对柱式墩质量要求（外观质量、实体质量）呈现高标准、严验收新趋势。因此，需要一种兼具作业平台和安全防护功能的“柱式墩下部结构施工自升降防坠作业平台”有其客观需求和现实意义。

二、经验做法

柱式墩自升降防坠作业平台是一种用于桥梁下构高空作业的设备，其技术原理是通过双层提升平台交替固定，并利用液压升降设备进行顶升和拉伸，实现平台自升降。主要包括结构组成（升降机构、支撑结构、控制系统、安全装置）、升降原理（液压升降）、安全保护（紧急停止、防坠落装置）其整体采用钢结构设计，分块拼装，便于周转使用。

柱式墩下部结构施工作业平台：安全性方面彻底解决了传统施工盖系梁穿心棒（抱箍）施工阶段无施工平台现状，同时本平台爬升可解决人员上下问题（留有集成施工电梯空间，优化后可用于高墩施工），从而可取消现场施工安全爬梯，规避施工爬梯安拆过程的巨大吊装风险与爬梯附着安装过程的巨大高空坠落风险。由于结构简单造价低取代爬梯后设备具备强大生命力，具有大面积推广可能。同时该设备还具有强大的通用性，通过对平台结构的设计实现不同墩距使用，适应多种墩柱施工，在常见的 1.6m、1.8m、2m、2.2m 的圆柱墩施工中均可使用。一体式施工平台在质量方面同样具有推动作用，当平台上升到指定位置后其自身可作为养护平台、修饰平台、检测平台。解决传统施工中墩柱养护、修

饰困难或使用吊篮风险大的问题，同时拥有本平台后可实现单墩柱全墩覆盖检查解决传统工后检测难问题。



图 1 传统穿心棒施工工艺



图 2 有平台后穿心棒施工工艺

三、应用成效

柱式墩自升降防坠作业平台的发明极大的降低传统盖梁（穿心棒工艺、抱箍工艺）施工中潜藏的高坠落风险、物体打击风险、同时提高了养护质量、更全面的全过程监控了墩柱强度、保护层等试验指标，减少了施工风险、提高了施工质量、加快了施工进度。至项目开工建设以来，桥梁下构（盖系梁）施工过程中未发生一起安全责任事故。

柱式墩自升降防坠作业平台的发明不但显著的提高了桥梁下部结构施工的安全性同时还对墩柱施工质量具有巨大的促进作用，这一发明的推广为贯彻习近平总书记人民至上、生命至上安全发展理念，努力实现公路工程施工领域“零死亡”安全生产目标起到了一定的积极作用。



图3 柱式墩下部结构施工自升降防坠作业平台

四、应用成本

本装置成本约 10 万元，现阶段预计周转 4~5 个项目，单项目成本约 2.5 万元。本装置与传统盖梁（穿心棒工艺、抱箍工艺）施工相比节约主要为吊车费用，传统盖梁施工吊车在安装穿心棒或抱箍时需耗费 4~6 小时且随着墩柱高度、风力大小增加呈整加趋势。此处估算取中间值 5 小时。采用该装置后，单排墩盖（系）梁施工的吊车使用时间可降低至 3.5 小时，节约 1.5 小时。

五、问题探讨

由于结构轻便化、装配化，平台刚度在使用过程中略显不足，后续需在材质方面进行一定优化。进一步优化液压系统（连续作业大行程千斤顶）使其上下过程稳定性大幅度提

高，从而取代塔梯具有强大的市场竞争力，从而取得巨大的社会效益与经济效益。由于平台通过对拉实现紧固，初期未充分考虑平台与墩柱接触位摩擦后的色差问题，后续需改进该位置使用的材料，减小平台上下过程中对墩柱外观质量的影响。

案例 12：人工挖孔安全防护标准化施工

基本信息

项目名称：人工挖孔安全防护标准化施工

申报单位：四川镇广高速公路有限责任公司

应用范围：镇广高速 C 合同段 C4 项目经理部桥梁桩基

实施时间：2023 年 8 月

申报类型：技术创新类

负责人：廖春泉、向珂良

参与人员：刘文涛、朱鹏飞、李浩、陈浩、王琳、张正行

案例经验介绍

一、背景介绍

镇广 C4 项目具有战线跨度大、作业点位分散、高墩构造密集等显著特点。项目挖孔桩分布在不同工区的桥梁作业范围，作业面分散，施工组织难度大，挖孔桩最大深度为 33m，最大截面 $\Phi 2.5\text{m}$ ，施工安全风险高。为确保项目安全管理工作实现系统化推进与高效落地，保障各项安全策略及专项方案精准执行、刚性落实，提升项目负责人对项目整体推进情况的有效掌控，现场负责人对现场施工情况的精准把控，不断提高现场管理的有效性、准确性特实行人工挖孔安全防护标准化。

二、经验做法

根据四川路桥标准化图册要求，项目对人工挖孔采取了安全防护标准化建设：采取装配式起吊设施。超过 10m 时应进行机械通风，作业前应先通风 15min，经气体浓度检测仪器检测合格方可作业。人工挖孔照明电压应为安全电压，并使用防水带罩灯泡，电缆应为防水绝缘电缆。应急爬梯宜作为应急处置使用。人工挖孔桩锁口高度应高于地面 30cm。定柱式旋臂起重机基础采用混凝土浇筑，地脚螺钉应预埋至混凝土基础内。装配式起吊设施应有限位。

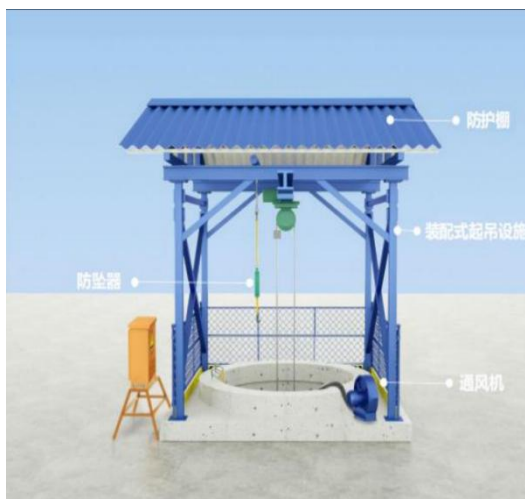


图 1 装配式起吊设施标准化

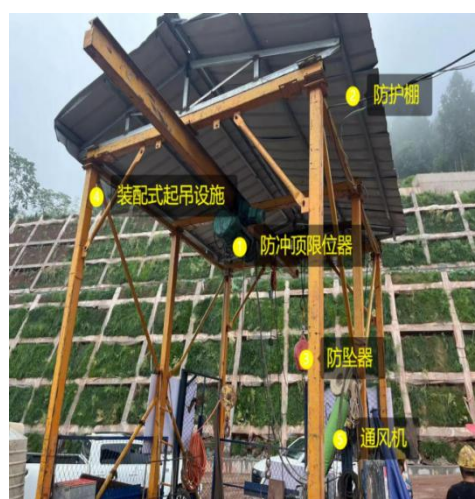


图 2 项目部建设装配式起吊设施标准化

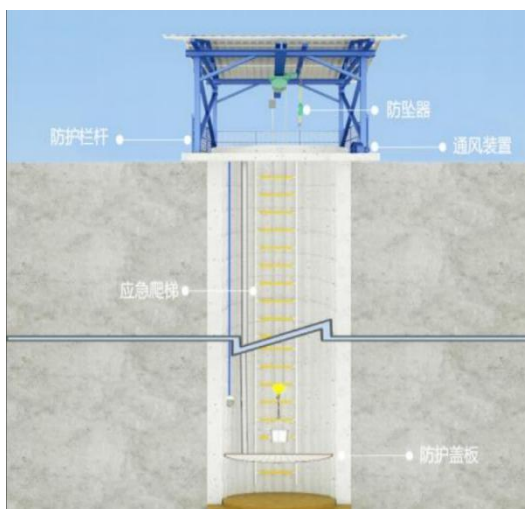


图 3 超过 10m 时应进行机械通风



图 4 配备气体检测仪并设置氧气自救器



图 5 人工挖孔桩设置低压照明灯



图 6 人工挖孔桩设置应急爬梯



图 7 人工挖孔桩锁口设置高于 30cm

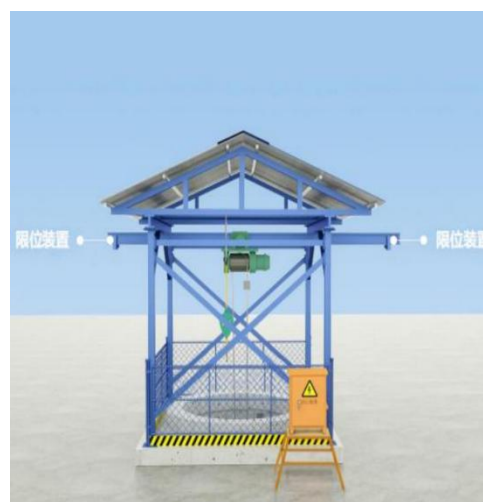


图 8 定柱式旋臂起重机基础采用混凝土浇筑，地脚螺钉应预埋至混凝土基础内

三、应用成效

项目部运用人工挖孔桩安全防护标准化所带来的安全效益，项目部通过标准化施工（气体监测、防坠系统、应急演练），事故率较传统人工挖孔降低“70%”，安全事故近乎杜绝。人工挖孔安全防护标准化提升了项目部建设效率，人员管理效率，作业环境改善强制通风系统（风量 $\geq 25\text{m}^3/\text{min}$ ）确保井下 O_2 浓度 $\geq 19.5\%$ ， CO_2 、 CH_4 等有害气体达标。低压照明（12V）、防爆电器减少触电和爆炸风险。有效保证了项目部人工挖孔的安全施工。

四、问题探讨

人工挖孔桩施工中常见的难点有施工技术不熟练、地质条件复杂、施工设备故障和安全风险控制等。通过加强施工人员培训、提供准确的地质勘探资料、定期设备维护和落实安全措施，可以有效解决这些难点，确保人工挖孔桩施工的顺利进行。致力于解决这些难点，将为基础工程的安全和质量提供保障，推动建筑行业的健康发展。

案例 13：装配式智能箱涵台车标准化安全平台

基本信息

项目名称：装配式智能箱涵台车标准化安全平台

申报单位：四川公路桥梁建设集团有限公司公路三分公司

应用范围：西香高速公路项目 TJ7 标

实施时间：2023 年 8 月

申报类型：技术创新类

负责人：赵龙

参与人员：于亚军、王浩、韦成、秦垒、敬浩楠、曹刚

案例经验介绍

一、背景介绍

目前公路工程高处作业时高坠事故发生，为减少高空作业风险，保障产业工人生命安全，实现科技兴安。尤其公路工程涵洞施工作业人员密集、支架安拆频繁，急需一种拥有整体模板支撑体系、标准化安全防护、安全可靠作业平台的工艺，大幅减少了传统支架法需搭设、拆除满堂脚手架、模板安装、拆除等环节的高空人工作业量，降低坠落、物体打击等风险（支架法施工中 70% 事故与高空作业相关）；同时，台车一次拼装到位后整体移动，避免了传统支架法频繁搭拆脚手架和模板的重复劳动，减少因操作失误引发的安全隐患。因此，分公司研发了一种装配式智能箱涵台车标准化

安全平台。

二、经验做法

本台车主要由钢筋内台车、混凝土外台车及行走轨道组成，含支撑系统（车顶横梁、内模台车、外模台车、立柱、横梁等）、移动系统（内、外台车模板轨道、横移装置）、安全防护系统（钢筋内台车护栏）、施工平台、升降装置等。

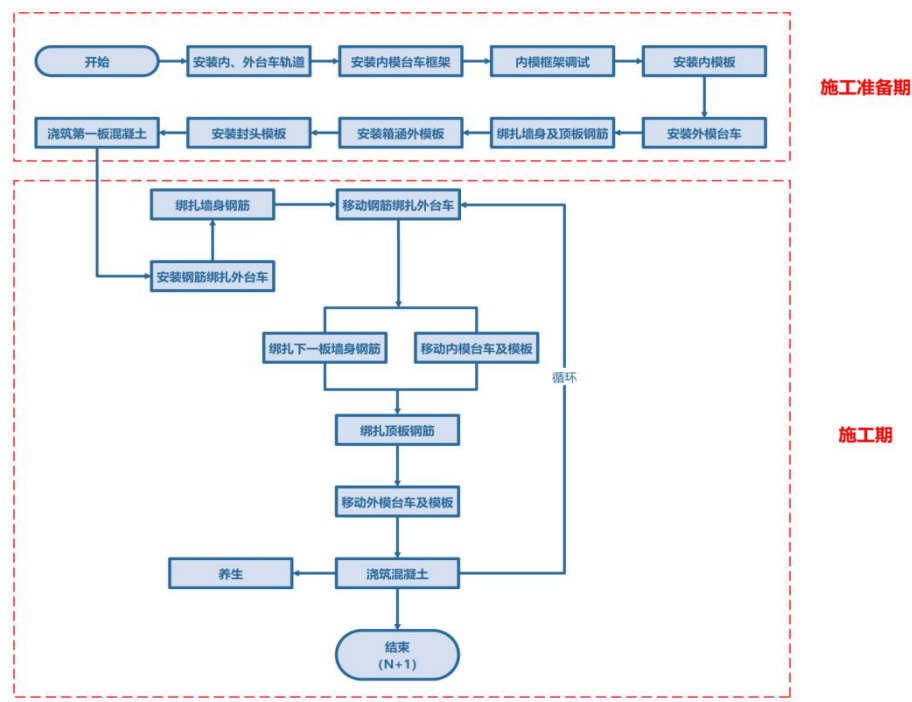


图 1 箱涵台车施工流程图

1.采用轨道导向移动，安全平稳可靠。在轨道上安装内模台车的升降机构、上下平台、标节立柱和标节横梁；

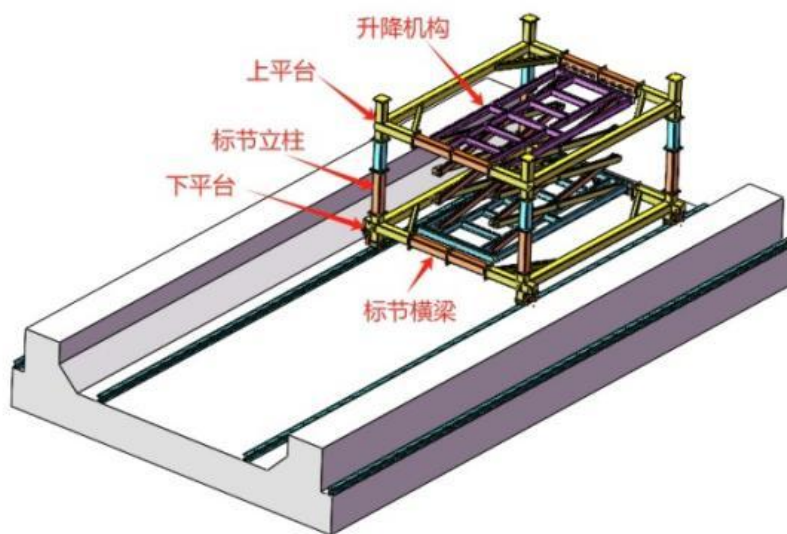


图 2 轨道导向移动

2.涵洞台车上下通道及作业平台；



图 3 内模台车及人员上下通道

3.平台采用型钢，结构形式整体稳定可靠；

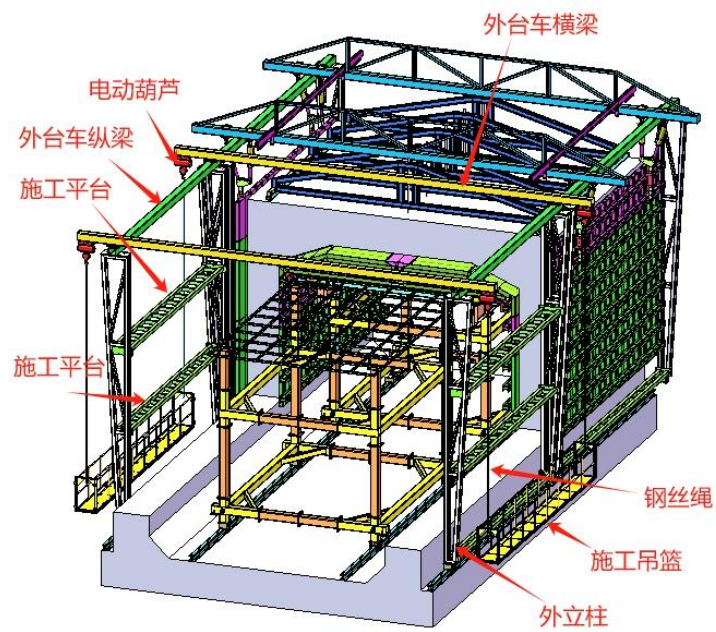


图 4 稳定的结构形式

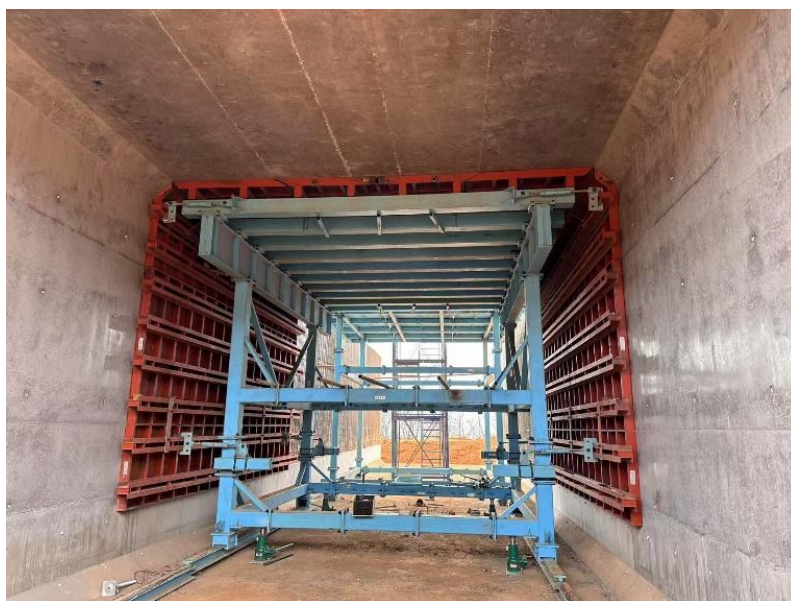


图 5 稳定的结构形式

4. 台车拥有钢筋绑扎、模板安装等成套模块化标准护栏，提供安全作业平台。



图 6 台车操作平台安全防护标准化

三、应用成效

减少高空作业风险。台车法通过整体模板支撑体系、标准化安全防护、安全可靠作业平台的使用，大幅减少了传统支架法在搭设、拆除满堂脚手架以及模板安装、拆除等环节的高空人工作业量，降低坠落、物体打击等风险（支架法施工中 70%事故与高空作业相关）；同时，台车一次拼装到位后整体移动，避免了传统支架法频繁搭拆脚手架和模板的重复劳动，减少因操作失误引发的安全隐患。

增强结构稳定性。大块钢模板+定型桁架的刚性组合，较支架法小模板拼装大幅度减少模板坍塌风险，同时，采用无拉杆固定技术，消除拉杆孔漏浆隐患，减少因拉杆松动导致的结构失稳等问题。

安全防护标准化。传统支架法施工作业平台及人员通道由人工搭设，作业过程中各杆件及施工平台安全防护频繁搭拆，搭接点多，加之不同的操作人员对搭设质量影响较大，

隐患点不易排查，整体安全可控性较弱；台车法施工时安全防护平台及防护栏杆不需拆卸，随内、外台车整体移动，且多为焊接，搭接点较支架法少，安全薄弱点排查效果好，隐患点排查方便，可及时整改。



图7 台车操作平台安全防护

避免交叉施工干扰。台车整体移动较支架法减少了多工种交叉作业频率，施工区域划分更清楚，责任界面更清晰，可避免因上层物料掉落或下层人员暴露于坠落半径内的伤害，同时，减少了通道阻塞和物料倾倒风险及各工作面施工产生的安全风险叠加。

四、应用成本

台车法通过机械化、标准化施工模式，在降低人工依赖的同时，实现了安全风险可控、资源高效利用、环境友好度

提升等综合社会效益。尤其是人员投入，可在施工期降低人工成本约 21%，对于涵洞涉及多的项目，可提高一线作业人员管控的安全性；另外，对于涵洞施工周期而言，因台车减少了模板和支架的频繁安拆，可以快速移动定型，可大大提高多点位、长涵洞的施工效率，当项目中长度超过 42m 的涵洞占比大于 83.7% 时，则推荐使用台车法施工，值得注意的是，支架法施工可采用跳模多点施工，若施工组织科学合理，则上述施工周期也可进一步减少，但同时伴随人员成倍增加所导致的安全风险；最后，台车法施工准备期投入远大于支架法，但当施工板数大于 36 时，台车法施工从经济效益而言则更优。

五、问题探讨

项目通过大量实践，目前已启用装配式智能箱涵台车标准化安全平台 2.0，具体总结改进如下问题：涵洞一端须具备台车拼装平台，否则在第一板段落安装外模板台车后，无相应操作平台绑扎钢筋，已通过模板台车增加平台解决；台车移动已增加液压行走装置；顶模板斜口拼缝过多，不易调整，对外观错台拼缝影响严重，目前仅留一处斜口拼缝。

案例 14：架桥机姿态监测系统

基本信息

项目名称：架桥机姿态监测系统

申报单位：四川镇广高速公路有限责任公司

应用范围：镇广高速 C3 项目桥面施工

实施时间：2025 年 6 月

申报类型：技术创新类

负责人：潘昱行、张立

参与人员：熊荣、赵志东、程潇、李将来、文挺、任天奇、
张云博、万睿智

案例经验介绍

一、背景介绍

镇巴（川陕界）至广安高速公路项目通江至广安C3合同段起于巴中市平昌县灵山镇（起点桩号K124+300），止于巴中市平昌县云台镇（止点桩号K137+600），项目主线线路全长13.3公里，共有桥梁3座。在以往的预制T梁安装施工中，传统的架桥机需采用配重进行过孔，并且在过孔过程中和过孔完成后，需要工人到达前支腿进行调平，并且在吊装过程中无法对架桥机的机械状况进行全面监控，大大增加了梁板安装施工人员的安全风险。

二、经验做法

当架桥机进行跨孔作业时，系统检测到主梁前端下沉量达到预警阈值（8mm），立即启动多级响应：

- ① 压力传感器检测支腿载荷变化（85%→92%）
- ② 融合算法判定为偏载状态（置信度 > 95%）
- ③ 控制系统自动补偿液压压力（2.1MPa→2.4MPa）
- ④ 数字孪生平台模拟调整效果，确认安全后继续作业

该系统的技术先进性体现在：采用自适应采样技术（10-100Hz可调），具备传感器故障自诊断功能（CRC校验+冗余通道），支持历史数据追溯分析（存储周期≥3年），符合ISO13849-1 PLd安全等级要求。通过上述工作机制，系统可实现架桥机施工全过程毫米级精度监控，将传统人工监测的20cm误差降低至5mm以内，重大事故预警准确率达到99.7%，显著提升施工安全性和作业效率。

三、应用成效

架桥机姿态监测系统在桥梁施工中的广泛应用，显著提升了工程安全性、施工精度和作业效率，取得了多方面的显著成效：

1.大幅提升施工安全性。通过实时监测架桥机倾角、位移、载荷等关键参数，系统能够及时预警失稳、偏载等风险，使重大施工事故发生率降低90%以上。结合多级预警机制（声光报警、自动调平、紧急停机），系统可在架桥机接近危险状态前采取干预措施，避免倾覆、结构变形等恶性事故。在强风（>15m/s）、大跨度、高墩位等复杂工况下，系统仍能保持稳定监测，确保施工安全。

2.提高施工精度与质量。采用GNSS+IMU+激光测距融合定位技术，使架桥机落梁精度从传统人工控制的 $\pm 20\text{mm}$ 提升至 $\pm 5\text{mm}$ 以内，大幅减少后期调整工作量。系统可实时检测主梁挠度、支腿沉降等微小形变，并通过液压伺服系统自动补偿，确保箱梁架设的平顺性。基于数字孪生技术，施工过程全程可追溯，质量问题可精准定位，桥梁线形合格率提升至99%以上。

3.优化施工效率与成本。传统架桥作业需5-8名测量人员全程监控，而智能监测系统仅需1-2人远程值守，人力成本降低60%。自动对位、智能调平等功能使单孔架设时间从4-6小时缩短至2-3小时，整体施工效率提升30%-50%。通过实时监测结构应力与振动，避免超载、疲劳作业，架桥机关键部件使用寿命延长20%以上。

4.推动智能化施工升级。积累的施工数据可用于优化架桥机操作规范，并为后续项目提供参考。支持云端监控与专家诊断，实现"现场+后台"协同作业模式，特别适用于偏远地区施工。在高铁、跨海大桥等重点工程中的成功应用，为桥梁施工智能化树立了行业标杆。





图 1 架桥机姿态监测系统

四、应用成本

架桥机姿态监测系统：50000元。

案例 15：隧道地震预警与临灾“叫应”系统

基本信息

项目名称：隧道地震预警与临灾“叫应”系统

申报单位：中铁城投康新高速公路项目指挥部

应用范围：康新高速公路全线隧道工程

实施时间：2024 年 3 月

申报类型：技术创新类

负责人：于建水

参与人员：陈诚

案例经验介绍

一、背景介绍

康新高速公路地处地震多发区，隧道施工及运营面临地震灾害威胁。传统预警依赖单一人工传递，存在信息滞后、覆盖不足、响应效率低等问题，难以满足隧道封闭环境下快速疏散需求。本项目通过集成属地地震监测预警网络，建立“属地预警-公司传递-参建单位叫应-驻地组织撤离”四级联动机制，结合高防护、低功耗的专用设备，实现地震活动实时监测、预警信息多途径发布及快速人员撤离，显著提升隧道抗震应急能力。

二、经验做法

构建属地监测网络与项目公司联动的“叫应”机制，实现地震波检测、预警分析、信息传递、组织撤离的全流程闭环管理。部署隧道专用监测设备，支持多通道信息发布（广播、显示屏、手机短信），确保预警覆盖率达 100%。



图 1 预警接收终端



图 2 预警广播终端

设备具备 IP68 防护等级，防尘防潮性能优异，适应隧道高潮湿、高粉尘环境。低功耗设计延长设备寿命，抗噪扬声器确保语音提示清晰可辨。预警触发后，系统 10 秒内完成

信息分析并同步推送至所有终端，人员平均撤离时间缩短至 3 分钟以内。2024 年累计触发预警 5 次，成功组织 136 人分 5 批次撤离，标段协同效率达 100%。

三、应用成效

预警信息传递准确率与终端接收及时率均达 100%，验证了系统可靠性。四级“叫应”机制减少层级沟通损耗，应急响应时间较传统模式缩短 70%。多途径信息发布避免单一渠道失效风险，提升应急冗余度

四、应用成本

地震监测设备约 3.5 万元/套，单条隧道配置 2 套监测终端+10 台广播/显示屏，总成本约 15 万元/隧道。6 条隧道总投入约 90 万元，年维护费用约 8 万元（含设备巡检、网络维护等）。与传统人工预警相比，人员疏散效率提升 80%。

五、问题探讨

监测设备需与属地地震网络深度对接，确保数据实时同步。定期测试广播、显示屏的抗干扰能力，防止潮湿环境导致设备故障。系统依赖属地地震监测基础设施，无网络覆盖区域需额外建设通信基站。需配套开展全员应急演练，强化“预警-响应-撤离”全流程熟练度。

案例 16：隧道大机配套施工安全举措

基本信息

项目名称：隧道大机配套施工安全举措

申报单位：四川公路桥梁建设集团有限公司公路隧道分公司

应用范围：G4216 线沿江高速宁南至攀枝花段 ZCB1-16 标

实施时间：2021 年 6 月

申报类型：技术创新类

负责人：康海波

参与人员：范仁玉、方烨、汪大海

案例经验介绍

一、背景介绍

当前，国内众多隧道工程项目仍采用较粗放的“人海战术”+“手工作坊”式施工组织模式，隧道掌子面处普遍采用简易作业台架配人工手持风动凿岩机进行钻孔开挖、人工“手抬肩扛”进行立架支护作业的落后施工方式，该方式下隧道掌子面作业人数多，工人作业劳动强度大，工人长期处于危险掌子面下，其作业安全性无法得到有效保障。为解决传统隧道所面临的施工安全风险，实现“机械化换人、自动化减人”，我公司提出“数字隧道”建设目标并依托交通运输部“自动化作业技术交通运输行业研发中心”平台，于沿江高速宁攀段 ZCB1-16 标火山隧道工程开始了公路钻爆法

隧道大型机械化配套施工探索和实践。

二、经验做法

全面采用谱系化大型隧道施工装备，如：全电脑三臂凿岩台车、拱架安装台车、拱锚喷一体台车、湿喷台车以及远程集中控制指挥车等，大大提高隧道开挖、支护作业机械化施工水平。



图 1 谱系化大型隧道施工装备体系

三、应用成效

通过采用大机配套施工，有力保障隧道掌子面危险作业区域安全，同时实现洞内减员 60%。

一是采用全电脑三臂凿岩台车，掌子面开挖作业人数由传统 16-18 人减少至 3-4 人，作业人员可在距隧道掌子面 8m 外的台车操作室内完成钻孔作业，作业安全性高。



图2 全电脑三臂凿岩台车作业

二是采用拱架安装台车进行隧道初支立拱作业，将传统立架作业人员由 8-10 人减为 4-5 人，多榀拱架一次架立平均用时在 70min 左右，大幅提升立架效率，同时降低立架作业安全风险。



图3 拱架安装台车作业

三是联合研发拱锚喷一体台车，台车高度集成“湿喷台车+拱架台车+锚杆台车”3 台设备全部功能，无需退场即可兼备隧道初支整个工序，实现洞内初支作业工序的无缝连接，平均初支循环时间由传统设备的 10 小时减少至 6 小时，工人作业安全性得到极大保证。



图 4 拱锚喷一体台车作业

配备 ICC-8 远程集中指挥车，可对 8 种隧道智能装备进行远程集中控制，实现隧道高风险环境下的远程协同控制和少人化安全作业。



图 5 远程集中指挥车作业

四、应用成本

本项目采用大机配套施工一次投入约 2200 万元，设备折旧摊销费用为 247.5 万元/年，人工费用约为 400 元/延米，仅为传统作业人工费用的 1/2。整体来看，采用大机配套施工隧道人工+设备成本约为 950 元/延米，较传统作业模式下的人工+设备成本 1100 元/延米更具优势。

五、问题探讨

本案例在推广应用方面存在如下问题：一是受隧道围岩质量影响较大。隧道大机配套施工在 IV 级及以上隧道围岩段具有较明显的施工优势，可提高隧道掘进支护施工效率，作业安全性更有保证；然而，在隧道软弱围岩段，大机配套施

工适应性较差。二是隧道谱系化成套大型施工装备初期投入高，对施工单位前期资金构成较大压力；但在工期 >2 年的隧道项目中，可通过提速30%+降人60%实现综合成本优势，较适合安全要求高、围岩地质较好的特长隧道施工。三是机械操作手综合素质直接关系大机配套施工效果。对隧道工程项目而言，组建成熟且稳定的大型装备机械操作手队伍是隧道成功推广应用大机配套施工经验的关键一环，然而，目前市场上大型装备机械操作手处于供不应求的状态。

案例 17：隧道锚出渣系统

基本信息

项目名称：隧道锚出渣系统

申报单位：四川西香高速公路建设开发有限公司

应用范围：西香高速 TJ10 标

实施时间：2024 年 4 月

申报类型：技术创新类

负责人：柏国胜

参与人员：宋振林、任海滨、王元林、车近平、王太友、
肖谦瑞、陈继叙、伍浩、邓杨、廖利华

案例经验介绍

一、背景介绍

在传统隧道锚出渣作业环节使用常规的卷扬机托运方式，项目积极落实机械化减人、提升本质安全管理理念，采用了成套出渣系统，有效地减少了出渣作业所需人员，切实降低了施工风险系数，强化了安全管理。

二、经验做法

洞内渣土石块通过渣斗向上运输至地面再倒入运渣车，通过成套出渣系统，有效地减少了出渣作业所需人员，切实降低了施工风险系数（如图）



图 1 隧道渣出渣系统

三、应用成效

通过出渣系统运输洞内渣土，降低了运输风险。在现场施工管理、标准化建设起到了一定的积极作用，自隧道渣开工以来未发生一起物体打击风险。

四、应用成本

隧道渣出渣系统共计 234.6560 万元

五、问题探讨

本隧道渣出渣系统价格较贵。需对轨道进行定期检测保证轨道安全。

案例 18：突泥涌水处治技术与安全管理体系

基本信息

项目名称：跑马山 2 号隧道突泥涌水处治技术与安全管理体系

申报单位：四川雅康高速公路有限责任公司

应用范围：康定过境段项目跑马山 2 号隧道

实施时间：2021 年 5 月

申报类型：技术创新类（融合安全管理创新）

负责人：肖锋

参与人员：周道良、代枪林、彭志忠、杨建平、陈安强、
宋杨、罗朝银、党亮、闫进、张鹏

案例经验介绍

一、背景介绍

跑马山 2 号隧道出口段需穿越 500m 超宽压扭性活断层，该断层由富水破碎极软岩组成，存在“断层宽、水系广、勘探难、围岩软”等罕见难题。2021 年 5 月至 11 月，隧道出口左洞、右洞先后发生 4 次大型突泥，累计方量达 4 万余方，突泥体呈流塑状并携带块石，冲击力强，造成大量机械设备损毁，严重阻碍施工进度并威胁作业安全。为解决富水破碎断层带突泥涌水难题，项目同步研发了“技术体系+管理体系”相结合的安全处治方案。

二、经验做法

（一）技术创新

以“超前探测+封闭加固+动态适配”为核心，形成穿越宽大活断层的技术支撑。

1.多维度超前探测体系。采用“地表 V8 电磁法+微动勘探+同位素天然示踪探水+TSP-3D+车载雷达三维+超前取芯”多技术组合，精准探明断层核心区（宽约 191m）地质水文特征及突泥空腔形态（纵长 72m、宽 15m、高 95m），为方案设计提供数据支撑。

2.帷幕注浆堵水加固技术。创新采用袖阀管束高压注浆工艺（注浆压力 4-12MPa），通过“填充-渗透-劈裂”三重作用改良富水软弱围岩。针对不同地层动态调整参数：

（1）0-10m 坍塌体回填段：前进式注浆（压力 0-6MPa）；

（2）10-15m 段：刚性袖阀管注浆（压力 6-10MPa）；

（3）15-25m 段：管束高压注浆（压力 10-12MPa），同步增设泄水孔降压，堵水率显著提升。

3.旋喷桩拱部加强技术。在拱部施工双环咬合水平旋喷桩（长 17m，咬合 20cm，抗压强度 3MPa），形成“梁效应+拱效应+土体改良效应”三重防护，抵抗流塑状围岩压力及拱顶溜塌。配合核心土稳定桩（40 根/循环），解决核心土挤淤问题。

4.动态适配的超前支护与开挖体系。结合“中管棚（ $\phi 89$ ）+大管棚（ $\phi 108$ ）+双层注浆小导管（ $\phi 42$ ）”多级超前支护，采用微台阶预留核心土开挖工法（每循环进尺 0.6m），配合双层型钢初期支护（I20b 工字钢，间距 0.5m），实现“短开

挖、强支护、快封闭”。

（二）安全管理创新

1. “四专+四提级”管理机制。四专：推行“专项勘探、专项设计、专项方案、专项施工”，针对突泥处治各环节制定专属技术标准；四提级：落实“业主提级、设计提级、监理提级、施工提级”，每环节配备资深安全专家全程参与（如方案评审由蜀道集团组织国内顶尖隧道安全专家多轮论证），确保风险可控。

2. “探泄固挖”动态安全管控流程。每循环前用 TSP-3D、地质雷达探测掌子面前方 30m，识别富水区域及软弱夹层；注浆前设专项泄水孔，将掌子面水压降至 0.5MPa 以下；通过压水试验、取芯检测确认帷幕注浆效果（渗透系数 $\leq 10^{-7} \text{cm/s}$ ）；严格执行“短进尺（ $\leq 0.6 \text{m}$ /循环）、快支护”，支护后立即监测沉降与收敛。

（三）应急安全管理创新

分级应急响应机制：按预警等级（一般、较大、重大）制定流程，重大预警时启动“15 分钟人员撤离、设备断电、洞口警戒”一级响应，联动地方储备速凝混凝土、抽水泵等物资；建立“现场指挥组+技术专家组+抢险实施组”三级团队，24 小时值守，确保 30 分钟内启动处置。实战化演练与培训：每月组织突泥逃生演练（模拟通过每 50m 设有的避难洞室撤离），开展“泥浆淹溺急救、逃生路线识别”专项培训，考核合格方可上岗，覆盖率 100%。

（四）现场安全防护创新

1.人工监控测量点位设置。根据隧道围岩条件及施工步骤，在初期支护表面（拱顶、拱腰、边墙等关键部位）人工布设沉降观测点和收敛观测点，每 5m 设置一个监测断面，确保覆盖断层核心区及周边敏感段。

2.数据收集与对比。采用全站仪对各监测点进行周期性数据采集（正常段每日 1 次，断层核心区每 2 小时 1 次），现场记录拱顶沉降量、周边收敛值等数据，及时与设计安全阈值（如拱顶沉降 $\leq 50\text{mm}$ 、周边收敛 $\leq 30\text{mm}$ ）对比，判断围岩稳定性。

3.针对性防护设施。掌子面后方 20m 设可移动防护挡板（抗冲击强度 $\geq 10\text{MPa}$ ），高压注浆管路、管棚设备设双重安全锁，防止压力骤升导致爆裂伤人。

三、应用成效

累计安全穿越断层核心区 49m（左洞 1-4 循环 31m，5-6 循环 18m），初期支护最大拱顶沉降 28mm、周边收敛 16mm（均低于规范允许值 50mm），未发生大型突泥涌水及人员伤亡事故。水平旋喷桩与帷幕注浆协同改良围岩，掌子面稳定性显著提升，微台阶工法适配性得到验证；应急响应效率提升：2023 年模拟演练人员撤离时间较初期缩短 40%，2022 年 3 次小型涌水均在 1 小时内处置，未延误工期。形成可复制的“技术+管理”体系，为富水破碎断层隧道施工提供了参考，提升不良地质施工安全管理水平。

四、应用成本

帷幕注浆+管棚组合工艺延米造价约 50 万元；帷幕注浆

+旋喷桩+管棚+核心土稳定桩组合工艺延米造价约 70 万元。智能化监控系统（800 万元）、应急演练及培训（200 万元）、专家咨询及防护设施（500 万元），累计 1500 万元。项目因突泥处治及围岩变更累计增加费用约 2.9 亿元，其中直接处治费 1.9 亿元（含安全管理成本 1500 万元，占比 7.9%），围岩改良及支护调整费 1 亿元。

五、问题探讨

旋喷桩浆液流失率 30-50%，易断桩；帷幕注浆存在局部盲区，受地震扰动可能引发二次渗流。智能化监控在强电磁环境下数据传输延迟 5-10 分钟；应急演练与实际场景差异较大（如高压水流冲击下逃生难度模拟不足）。

技术对地质勘探精度要求高，不同断层需重新适配参数；高压注浆、旋喷桩等依赖专业设备（如 HTD-66 型钻注旋喷遥控一体机），前期投入大；管理体系需地质、安全、应急等多领域人才，中小企业难以满足，低造价项目推广存在经济压力。

案例 19：开挖台车临边防护栏杆改进

基本信息

项目名称：开挖台车临边防护栏杆改进

申报单位：四川路航建设工程有限责任公司

应用范围：西香高速公路 TJ12 标草籽坪隧道出口端

实施时间：2025 年 7 月

申报类型：技术创新类

负责人：董三平

参与人员：周俊、古永岚、吴鹏、刘恒志

案例经验介绍

一、背景介绍

西香高速 TJ12 标隧道施工，草籽坪出口端进入主洞前采用人工立架方式，人员在开挖台车上作业，为确保高处作业安全，开挖台车设置了临边防护栏杆，但每次装载机运送钢拱架到开挖台车上时，因临边防护栏杆阻挡，无法直接送上台车，故采用活动栏杆方式，当钢拱架运过来时便拆除，送至台车上后又重新将临边防护栏杆安装上。因临边防护栏杆较重，每次拆除、安装均需两个人，考虑到安装拆除费时费力，项目部改进了开挖台车临边活动防护栏杆安拆方式。

改装前，如下图所示，开挖台车临边活动防护栏杆采用承插式，作业人员安装时要仔细对着承插孔位才能安装上，

作业人员暴露在无临边防护情况下作业的时间就增加了，增加了安全风险。

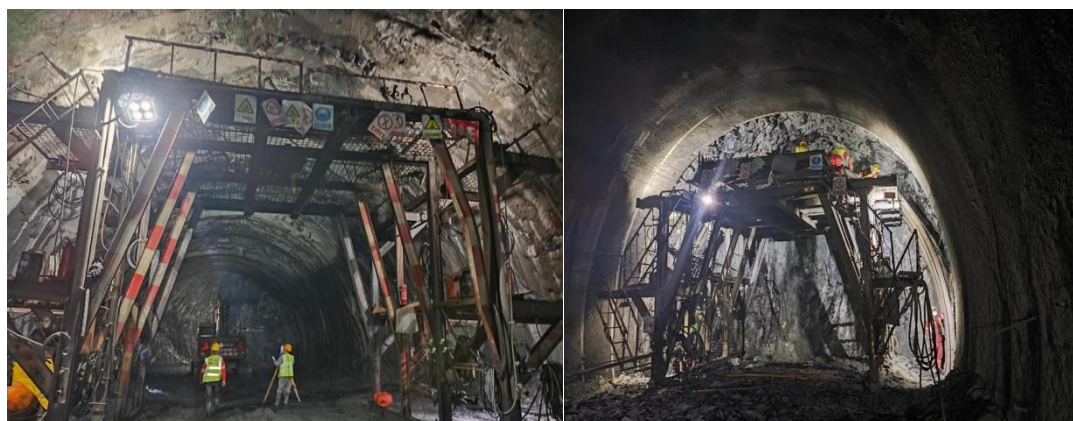


图 1 改装前，开挖台车临边活动防护栏杆采用承插式



图 2 现场施工照片（防护栏杆安拆）

二、经验做法

项目部通过研究拱锚一体机作业平台，借鉴拱锚一体机上作业平台的快拆防护栏杆，将开挖台车临边防护栏杆优化成翻转活动式，端头分别设置链条、插销，用以防止脱落，和固定临边防护栏杆。当装载机送钢拱架至台车上的时候，只需一个工人将端头固定销拔出，随后临边防护栏杆只要向台车方向一放就可以完成临边防护的拆除；当钢拱架全部放

置于台车上后，工人扶起临边防护栏杆，插入端头固定插销，即完成安装。较传统承插式活动式护栏，一是提高了工作效率，仅用 30 秒就能完成临边防护栏杆的安拆，减少人员暴露在危险作业条件下的时间；二是节约了人工，只需一个人就能完成此项工作，减少了暴露在危险作业条件下的人数。此项优化不仅可以利用在开挖台车正面防护栏杆上，侧面栏杆也同样适用。效果如图所示：

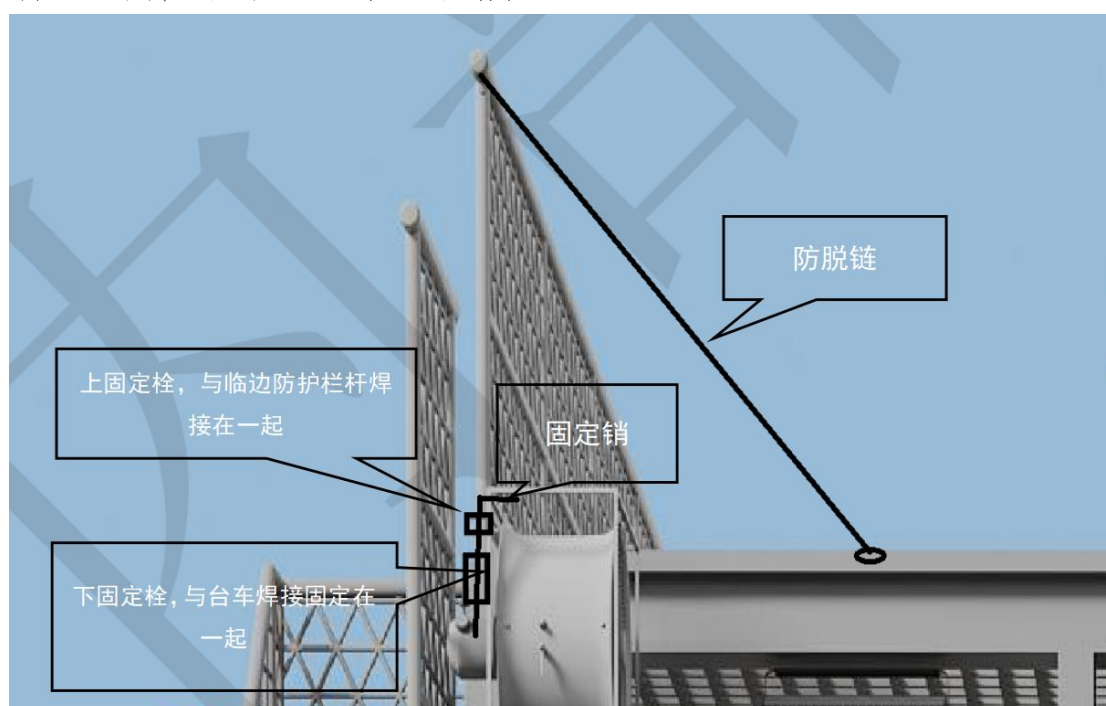


图 3 防护栏杆局部优化示意图

三、应用成效

通过设置翻转式活动栏杆，减少了高处作业人员暴露在没有临边防护情况下的时间，降低了高坠事故发生几率。安全防护设备的微提高，在施工现场管理、现场标准化建设起到了一定的积极作用。

四、应用成本

改装成翻转式活动栏杆需要焊接端头插销，以及增加两

根 1m 左右长金属链，单个成本约 100 元，较传统承插式活动栏杆，增加的金额可以忽略不计。

五、问题探讨

本案例施工过程中需注意，应每天检查活动式栏杆的插销是否损坏，如有损坏应及时修复，否则容易脱落。

案例 20：路基坡面可调节式施工支架

基本信息

项目名称：路基坡面可调节式施工支架

申报单位：四川乐资铜高速公路有限公司成都分公司

应用范围：铜资高速公路 TJ5 项目

实施时间：2024 年 10 月

申报类型：技术创新类

负责人：曾鹏

参与人员：王骁、唐智威、袁正康

案例经验介绍

一、背景介绍

在路基施工中，尤其是坡挖方作业，传统的钢管支架由于搭设时间较长和坡面适用性差，面临诸多挑战。钢管支架的搭建过程繁琐，需要耗费大量人力和时间，导致施工效率低下。此外，钢管支架在复杂坡面条件下的稳定性不足，容易引发安全隐患，增加施工人员的风险。因此，迫切需要一种创新的施工安全平台，以提高坡面作业的安全性和施工效率。拼接式坡面施工安全平台的研发正是基于这些现实需求，旨在提供一种快速搭建、适应性强且安全可靠的解决方案，确保施工过程的顺利进行和施工人员的生命安全。（如图1）

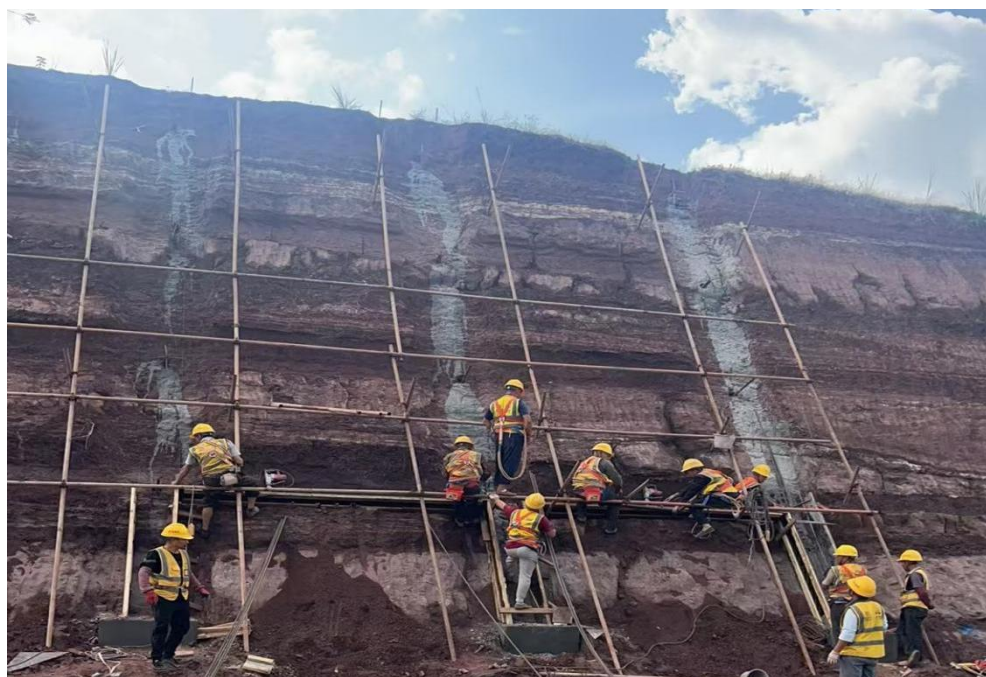


图 1 传统的钢管支架

二、经验做法

本支架的拼接式坡面施工安全平台旨在解决挖方边坡施工中传统支架存在的安全隐患和效率低下的问题。传统的钢管支架搭设过程复杂，需耗费大量时间和人力，且在适应不同坡度和土质时灵活性不足，容易导致施工不稳和安全事故。而本支架通过采用方钢焊接位独立单元，结合螺栓拼接

技术，简化了搭设流程，使得受力主体的组装更加高效和稳固。同时，平台及支撑采用销子连接，操作简便，施工人员只需将对接到位后插入销即可完成连接，大大降低了搭设难度。此外，利用吊车直接吊装的方式，能够迅速将安全平台安装到位，显著提高了施工效率和安全性。因此，本支架不仅提升了施工的可靠性，还有效保障了施工人员的安全，为挖方边坡施工提供了一种创新且实用的解决方案（如图2）。

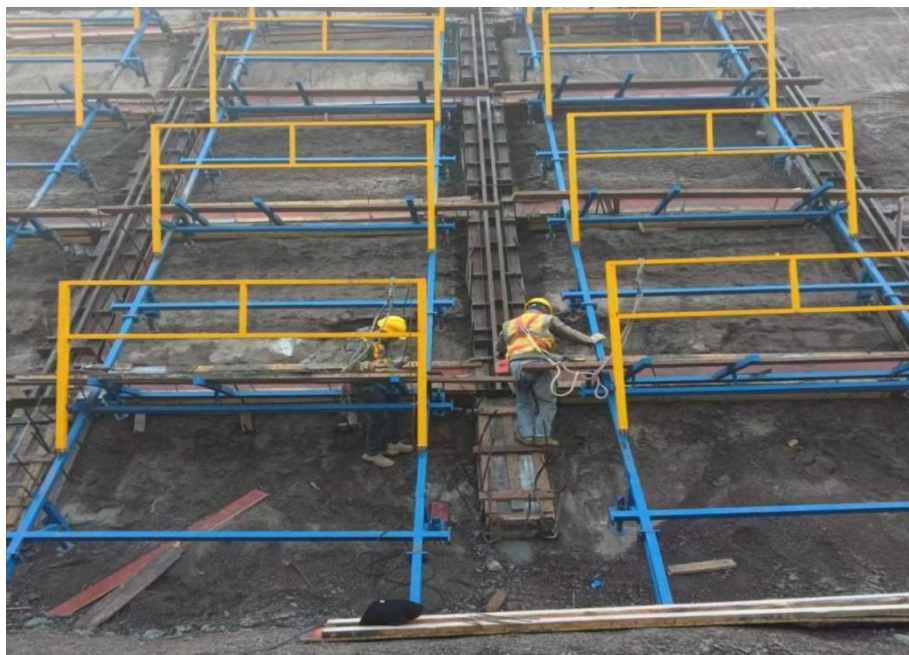


图 2 拼接式坡面施工安全平台

三、应用成效

本支架的拼接式坡面施工安全平台通过创新的设计和施工方法，带来了显著的有益效果。首先，采用方钢焊接位独立单元和螺栓拼接的结构，使得平台的受力主体更加稳固，能够有效承受施工过程中的各种负荷，确保施工安全。其次，平台及支撑的销子连接方式简化了搭设过程，施工人员只需将组件对接到位并插入销，便可快速完成连接，大幅度提高了施工效率，减少了人力和时间成本。

此外，吊车直接吊装的方式，使得安全平台能够迅速安装到位，避免了传统方法中繁琐的搭建步骤，降低了施工过程中的安全风险。通过这种模块化和标准化的设计，平台能够灵活适应不同的坡度和土质条件，提升了施工的适应性和灵活性。总体而言，本支架不仅提高了施工效率和安全性，还为施工现场提供了更为可靠的保障，推动了挖方边坡施工技术的发展。

四、应用成本

主要材料为60×4方钢（立杆、框架主体）、可调螺杆（支撑部件）、花篮螺栓（防倾覆）、销子/螺栓（连接件）等。单个拼接式坡面施工安全平台的制作成本约1100-2100元（不同规格、坡度适配型号成本存在差异）。

五、问题探讨

本支架施工时须注意：确保栓接、销子连接牢固，定期检查；调节底部支撑适配地基，软基需加固；培训人员熟悉拼接流程。

推广阻碍：成本高于传统钢管支架，预算有限项目难接受；独立单元运输存储占空间，山区等不便；不同边坡工况差异大，标准化适配需优化；施工方对新设备接受度低，需加强示范推广。

案例 21：中央砼护栏施工安全操作平台

基本信息

项目名称：中央砼护栏施工安全操作平台

申报单位：四川镇广高速公路有限责任公司

应用范围：镇广高速 C11 项目经理部路基中央新泽西护栏施工

实施时间：2025 年 3 月

申报类型：技术创新类

负责人：张彬、邱雁

参与人员：李金澄、李雪鹏、程潇、李将来、周才爽、张宗才、
杨涛、邱国军

案例经验介绍

一、背景介绍

中央砼护栏施工过程中，砼浇筑施工人员需站立于模板上方，由于护栏模板顶端较窄，作业人员极易掉落，发生生产安全事故，需要设置方便、简易、可快速移动的操作平台，消除人员坠落风险。

二、经验做法

全液压式中央砼护栏安全操作平台，施工过程中可随着浇筑进度快速移动，砼浇筑作业人员不用反复上下，且该平台可重复利用 2-3 个项目。

三、应用成效

通过设置该操作平台及配套的专业发电机，消除了上下中央防撞护栏模板、砼浇筑过程带来的安全隐患，降低了高坠事故、触电事故的发生几率。安全防护设备的标准化建设对推动项目一线安全风险管控起到了一定的积极作用，至项目开工建设以来，中央砼护栏施工未发生一起高坠事故、触电事故。



图 1 全液压式中央砼护栏安全操作平台现场

四、应用成本

该操作平台规格 3m × 6m，整体采用钢材进行焊接，移动支腿采用液压缸，移动能源采用配套专业发电机，单套成本约 7 万元，单个项目核算成本增加约 20%，应用 2-3 个项目成本约降低 10%。

五、问题探讨

本项目应用的该操作平台为试用版本，存在转场较为不便的缺陷，需进一步与厂家进行沟通改进，使其更具有实用性，更便于推广使用。

案例 22：路面“S”型路障减速架

基本信息

项目名称：路面“S”型路障减速架

申报单位：四川乐资铜高速公路有限公司成都分公司

应用范围：铜资高速公路 LM 项目

实施时间：2025 年 1 月

申报类型：技术创新类

负责人：王高

参与人员：叶丹、郑泉湧、冯大西、赵文敬、谭鑫悦

案例经验介绍

一、背景介绍

路面施工过程中，交通管控压力较大，车辆存在超速现象，一般使用水马设置减速缓冲带，但水马经常会遭受人为或车辆破坏，无法长时间起到减速缓冲作用，需要设置固定式且具有警示作用的减速缓冲带进行强制减速，确保施工车辆行驶安全。

二、经验做法

通过钢管焊接成品三角式路障减速架，现场摆放为“S”型态，使用马凳对两头进行固定，两侧摆放锥形桶和路线指示牌进行路线引导，同时可进行移动重复使用（如图）。



图 1 路障减速架现场摆放示意

三、应用成效

通过设置“S”型路障减速架，同时借助标识牌、锥形桶的路线引导，增强了减速缓冲带使用的稳定性，降低了因减速缓冲带和标识缺失造成车辆超速导致交通事故的风险。自施工现场设置“S”型路障减速架以来，车辆超速现象得到明显控制，同时因其稳定性，路障架更换频次明显减少，使用成本得到良好控制。

四、应用成本

焊接“S”型路障减速架需要使用钢管约 55m，成本约 825 元，使用反光贴 10.36m²，成本约 621 元，加上其他安装费用约 600 元，合计共约 2046 元；传统使用水马约 20 个，成本约 2600 元，成本降低约 21%。

五、问题探讨

本案例中需注意“S”型路障减速架重量偏重，改进点：可以制作滑轮进行“S”型路障减速架的移动工作。

案例 23：一种高边坡施工防护装置

基本信息

项目名称：一种高边坡施工防护装置

申报单位：四川路桥盛通建筑工程有限公司

应用范围：西宁高速 ZCB1-TJ4 工区

实施时间：2024 年 10 月

申报类型：技术创新类

负责人：唐前冲

参与人员：毛元谋、张强林、周银、李阳、肖流伟、张超、
任婷婷、潘薪宇、尹鹏程、刘佳昕、屈沁、姜龙、
艾邦国、周长河

案例经验介绍

一、背景介绍

在高边坡防护装置进行防护的过程中，由于防护装置的支撑稳定性不佳，仅仅靠插柱插入土层来对防护装置进行固定，插柱与土层之间的摩擦力较小，对土层的固定力不足，使得防护装置的稳定性较差，导致防护板容易出现倾倒的情况，为此我们提出一种高边坡施工防护装置。

二、经验做法

底座的两侧分别连接有横板，两个横板的底部分别连接

有两个插柱，且四个插柱上均开设有四个圆孔，两个横板的顶部分别设置有按压机构，且两个按压机构分别延伸至其中两个插柱内壁的底部和另外两个插柱内壁的底部，将四个插柱插入土层对底座进行初次固定，拉动两个锁定机构并踩踏两个按压机构分别带动四个插柱内部的四个固定机构分别穿过四个圆孔插入土层中，从而增大四个插柱与土层之间的接触面积，之后松开两个锁定机构对即可插入两个凹槽对两个按压机构进行锁定，使得底座能够与地面稳固的连接，从而提高本装置防护时的稳定性，避免防护板出现倒塌情况。

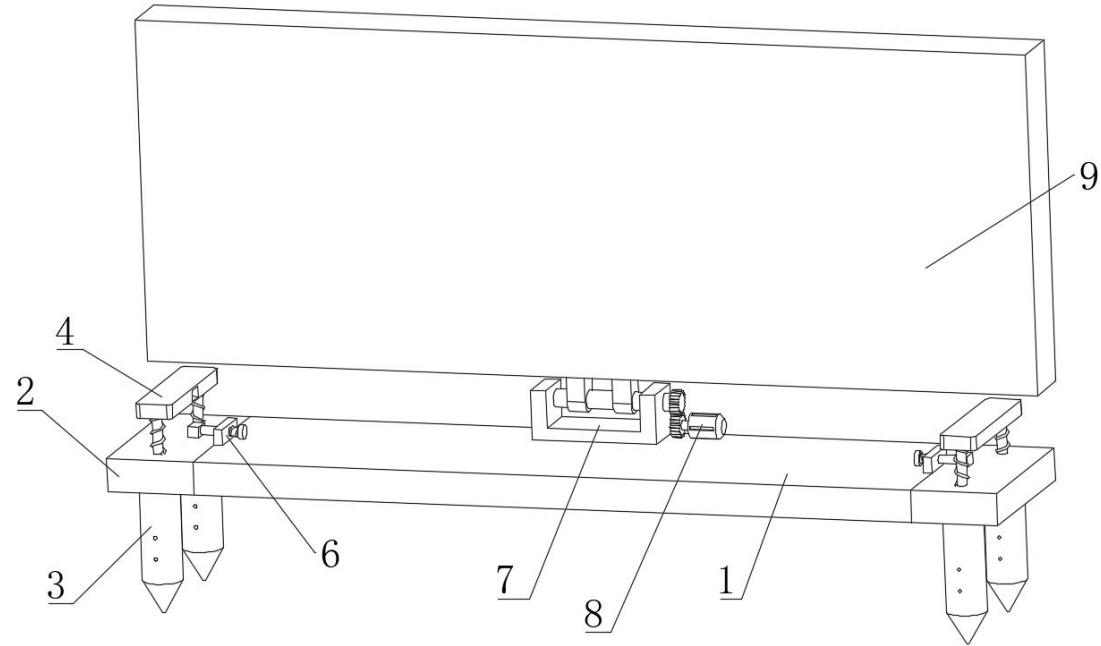


图 1 高边坡施工防护装置示意图

三、应用成效

将四个插柱插入土壤中对底座进行固定，拉动拉杆使得第二弹簧进行拉伸，同时踩踏踩踏板带动两个滑杆在两个空心杆的内表面滑动并按压两个第一弹簧进行压缩，其中一个滑杆滑动同时通过其中一个衔接板带动其中一个第一梯形块向下移动并挤压第二梯形块在固定杆的圆周表面滑动，使

得第二梯形块通过连接块带动刺锥穿过其中一个圆孔延伸至其中一个插柱的外部并插入到土层内，之后松开拉杆第二弹簧将会复位使得锁定块插入凹槽的内部对踏板进行锁定，从而让刺锥能够牢牢的插入在土层中使其中一个插柱与土层之间的摩擦力增大，使得底座能够与地面稳固的连接在一起，从而提高本装置防护时的稳定性，避免防护板出现倒塌的情况。

启动电机输出轴通过联动杆带动主齿轮进行转动，主齿轮传动副齿轮带动转动杆进行转动，从而使两个衔接轴进行旋转使得防护板的角能够进行灵活调节，使得防护板可以适用不同角度高边坡的防护需求，进而提高对边坡的防护效果。

案例 24：施工现场临时用电微创新

基本信息

项目名称：施工现场临时用电微创新

申报单位：四川路桥华东建设有限责任公司

应用范围：西香高速公路项目 TJ9 标

实施时间：2023 年 11 月

申报类型：技术创新类

负责人：陈伟

参与人员：邓鹏、王慧星、丁万民

案例经验介绍

一、背景介绍

项目施工临时用电管控难度大，非专业人员私拉乱接现象普遍，触电事故风险极高。为强化临时用电管理、防范触电事故，需采取有效管控措施，从根源消除安全隐患。

二、经验做法

1.对二级配电箱实施规范围挡，并统一加装指纹锁；指纹锁由项目安保部通过手机专用小程序集中授权管理，同时为每个配电箱明确管理责任人和责任电工。此举可阻止无关人员随意开启，仅授权电工与安全员能操作，从而保障临时用电规范化管理。

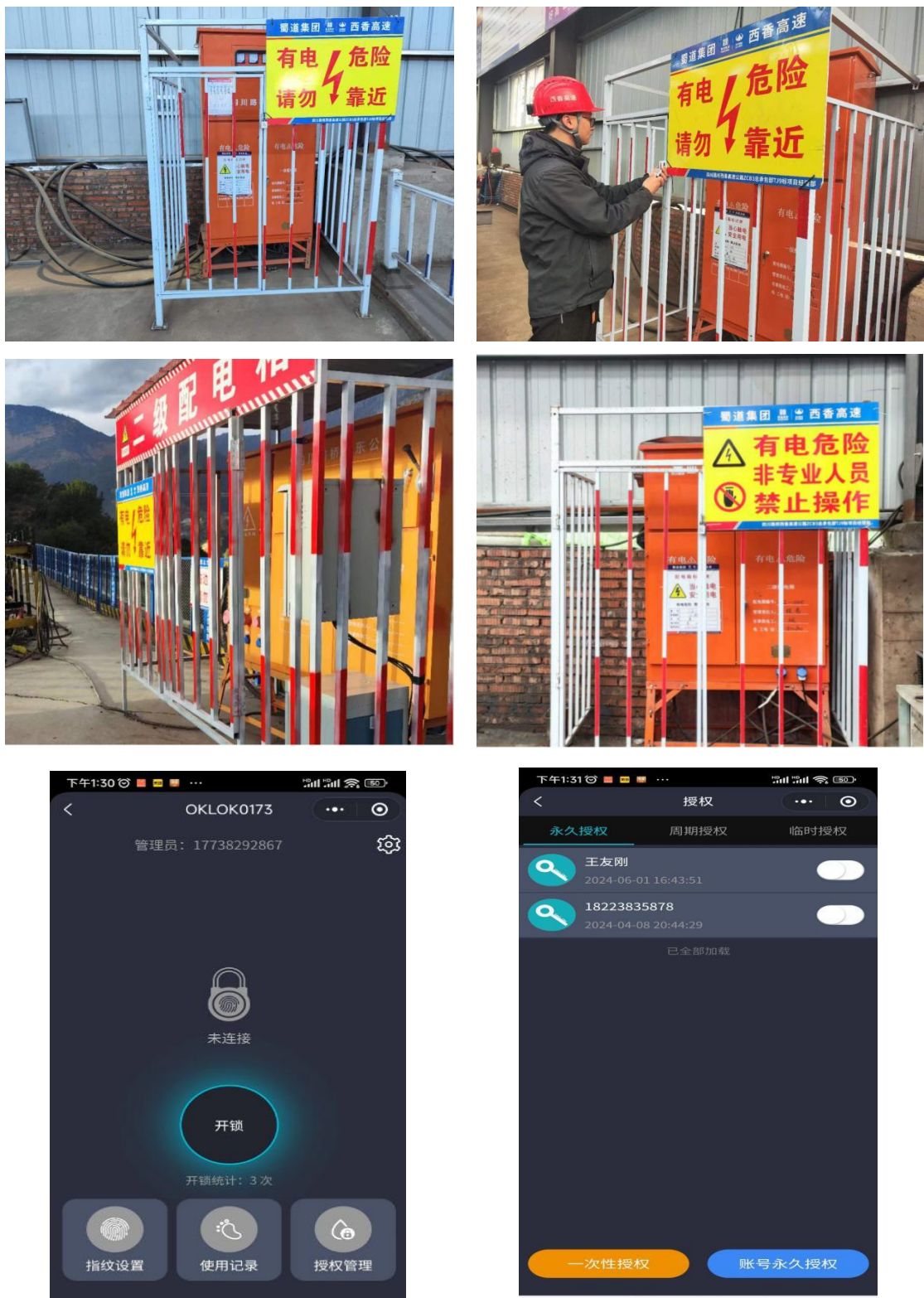


图 1 对二级配电箱实施规范围挡

2.配备装配式三级配电箱，采用上墙安装方式，安装高度兼顾人员插拔插座的便利性；箱内合理设置专用航空插座与一般插座，既提升了用电安全性，又增强了使用便捷性。



图 2 配备装配式三级配电箱并上墙

3.三级配电箱采用内外双锁的双保险设计：外锁供作业人员开启，用于操作电源开关；内锁则仅限电工打开。这种设计能有效避免作业人员私拉乱接，从根本上防止了人员触电事故的发生。



图 3 内外双锁的双保险设计

4.部分配电箱采用密码锁防护，并同步实施规范围挡。

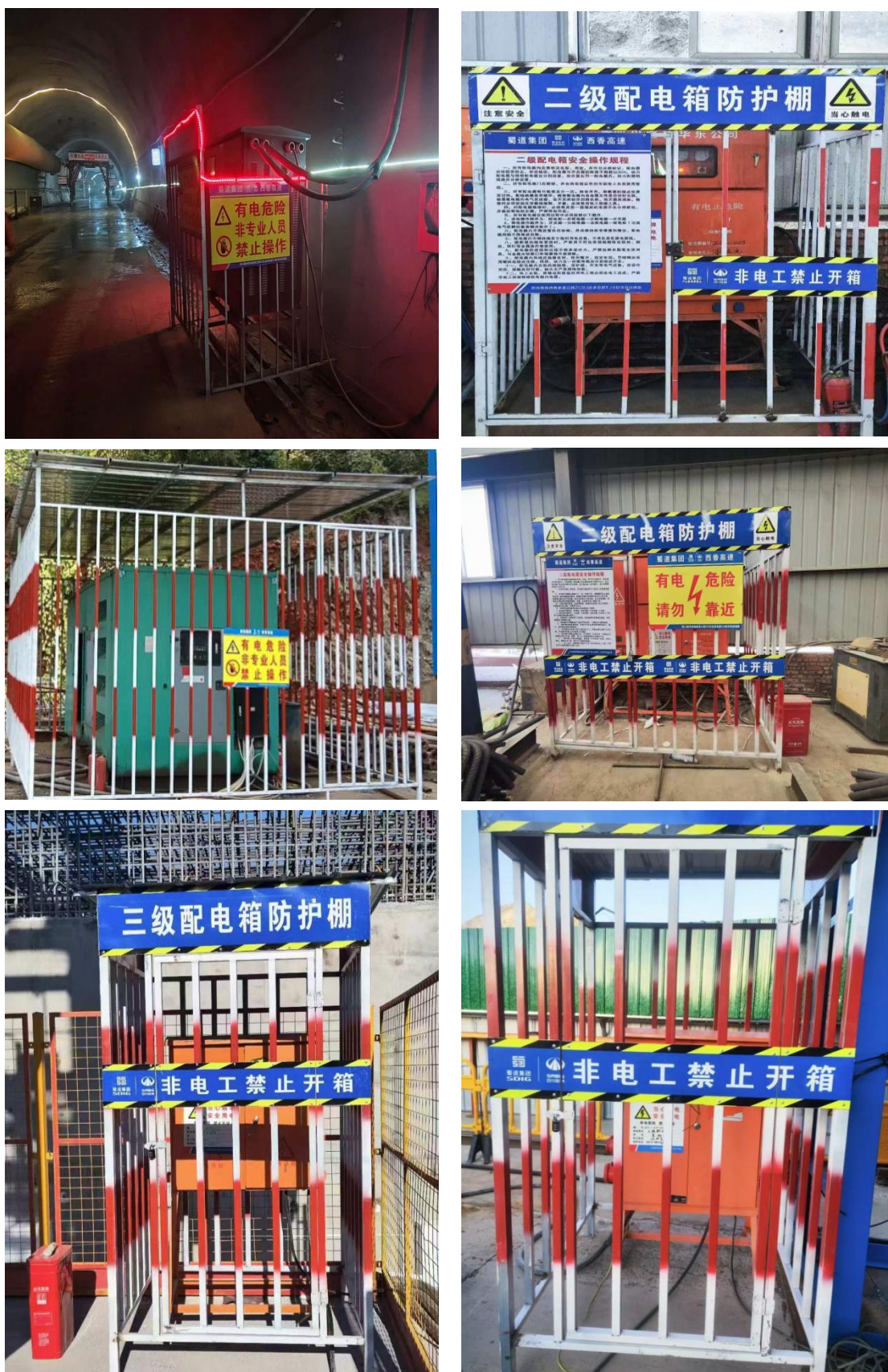


图4 密码锁防护

三、应用成效

施工现场在临时用电管理上采取的针对性措施：通过设置指纹锁、密码锁，并为用电设备配备航空插座，一方面严格遏制了人员私拉乱接的行为，从源头消除了触电事故隐患；另一方面，航空插座的安装方便了作业人员规范使用，避免了因电工不在场时出现的违规接电现象。这些临时用电安全防护措施的细化改进，不仅为现场管理和标准化建设提供了有力支撑，还取得了显著实效——自项目开工以来，未发生一起人员触电事故。

四、应用成本

配备装配式三级配电箱、设置专用航空插座，单个成本约3000元，较普通三级配电箱成本增加约70%；指纹锁单个成本约300元，较普通锁成本增加约80%。

五、问题探讨

装配式三级配电箱及指纹锁虽存在单个成本较高、电工作业后手指沾污或指纹磨损可能导致指纹锁无法开启等问题，但项目配备此类配电箱、航空插座及指纹锁，能严格遏制私拉乱接行为，从源头上消除触电事故隐患，因此尽管成本偏高，仍值得推广。

案例 25：龙门吊人脸指纹识别系统

基本信息

项目名称：龙门吊人脸指纹识别系统

申报单位：四川镇广高速公路有限责任公司

成都建工集团有限公司

应用范围：镇广高速 D 合同段 D1 项目经理部梁场

实施时间：2022 年 12 月

申报类型：技术创新类

负责人：陈勇、殷世弢

参与人员：文挺、谢全鸿、李言啸、宋光钊

案例经验介绍

一、背景介绍

在镇广高速 D1 项目施工过程中，龙门吊作为重要的特种设备，其安全运行直接关系到项目的施工安全和设备安全。根据国家相关规定，特种设备操作人员必须接受相关的培训和考核，并取得特种设备作业人员证书方可上岗操作。

然而，本项目龙门吊运行是通过遥控器来控制，在实际操作中，当遥控器保管不当，容易出现未持证人员进行操作的情况，这无疑给项目施工带来了极大的安全隐患，可能引发安全事故，影响项目的顺利推进。

为消除这一安全隐患，杜绝事故发生，D1 项目部结合

本项目实际情况，自主创新使用智能人脸指纹识别遥控装置，即龙门吊人脸指纹识别系统。

二、经验做法

在系统中预先录入相关持证人员的人脸和指纹信息，只有当操作人员的人脸或指纹与系统中存储的信息匹配成功时，才能获得龙门吊遥控器的操作权限，从而保证龙门吊操作定人定岗，避免未持证人员操作龙门吊。



图 1 龙门吊人脸指纹识别系统

三、应用成效

有效杜绝了未持证人员操作龙门吊的情况，从源头上消除了因无证操作可能引发的安全隐患，保障了龙门吊正常运

行，减少了安全事故的发生风险。实现了龙门吊操作人员的精准管理，使操作责任更加明确，便于项目对龙门吊操作环节进行监督和管理，提高了项目安全生产管理水平。

四、应用成本

整个项目龙门吊人脸指纹识别系统共约 20 万元。

五、问题探讨

在施工环境较为复杂，如粉尘较多、光线不佳等情况下，可能会影响人脸指纹识别的准确性和速度，需进一步优化系统算法，提升其在恶劣环境下的适应能力。当操作人员变动时，需要及时更新系统中的人脸指纹信息，若更新不及时，可能会影响正常操作或出现管理漏洞，需建立高效的信息更新机制。若系统突发故障，如识别装置损坏、软件崩溃等，可能导致龙门吊无法正常操作，影响施工进度，需制定完善的应急处理方案，确保在系统故障时能快速恢复操作或采取替代措施。

六、经验总结

龙门吊人脸指纹识别系统的成功应用，是将先进的生物识别技术与项目安全生产管理相结合的创新实践。这一创新不仅解决了实际施工中存在的安全问题，也为类似特种设备的安全管理提供了可借鉴的经验。在今后的项目施工中，应继续鼓励和推动此类安全技术创新，不断提升项目安全生产的保障能力，促进项目安全、高效推进。

案例 26：机械式防撞辅助装置

基本信息

项目名称：机械式防撞辅助装置

申报单位：四川镇广高速公路有限责任公司

成都建工集团有限公司

应用范围：镇广高速D合同段DLM2项目

实施时间：2025年6月

申报类型：技术创新类

负责人：陈勇、曾勇坤

参与人员：方形、聂勇、程潇、李将来、刘津华

案例经验介绍

一、背景介绍

工程机械因其庞大的体型，在驾驶时存在较大视觉盲区。镇广高速通广段 DLM2 项目施工场地狭窄、人员和设备往来频繁，施工环境复杂程度高，导致碰撞甚至碾压等安全事故时有发生，严重威胁施工人员生命安全，影响工程进度。传统安全措施如警示标识、专人指挥等，在复杂环境下难以完全杜绝事故。为解决这些问题，项目团队经多方调研和论证，决定引入机械式防撞辅助装置，以提升施工安全保障水平。

二、经验做法

1.安装部署：将防撞护栏安装在施工设备的前面和后面，使用配套的支架进行牢固固定，确保在设备运行过程中不会松动或移位。连接配套的制动部件，保证制动系统能够正常工作。完成硬件安装后，对各部件进行调试，确保钢丝绳的灵敏度、拉线传感器的信号传输准确性以及制动部件的制动效果符合要求。（如图）



图 1 机械式防撞辅助装置示例

2.培训与管理：对设备操作人员进行专项培训，使其熟悉机械式防撞辅助装置的工作原理、操作方法和注意事项。制定相关管理制度，明确要求操作人员不能完全依赖此装

置，仍需保持高度警惕，按照正常操作规程驾驶设备。安排专人定期对装置进行检查和维护，包括检查钢丝绳是否有磨损、断裂，传感器是否正常工作，制动部件是否灵敏等，及时发现并解决潜在问题。

三、应用成效

安全保障显著提升：自使用机械式防撞辅助装置以来，施工过程中因工程机械碰撞导致的安全事故发生率大幅降低，有效保障了施工人员的生命安全。

施工效率得到了提高，减少了因安全事故导致的停工整顿时间，使工程施工能够更加顺利地进行，一定程度上提高了施工效率。

增强施工安全性：该装置可靠，不存在误报情况，为施工安全提供了稳定的保障，让施工人员能够更加安心地工作，也增强了项目整体的安全性和稳定性。

四、应用成本

机械式防撞辅助装置的采购成本相对较低，单个装置成本 6000 元左右。安装成本主要包括人工费用，每台设备的安装人工成本约 400 元。后期维护成本也不高，主要是定期检查和零部件更换费用，平均每月每台设备的维护成本在 100 元左右。总体来说，相较于可能发生的安全事故造成的经济损失，应用该装置的成本在可接受范围内，且具有较高的性价比。

五、问题探讨

灵敏度问题：虽然该装置能满足基本安全需求，但与雷达防撞辅助装置相比，灵敏度存在差距，对于一些细微或快速移动的障碍物可能无法及时响应。未来可考虑对装置进行优化升级，例如改进钢丝绳的材质和结构，提高其感应的灵敏度。

驾驶员依赖问题：尽管已明确要求驾驶员不能过度依赖该装置，但仍存在部分驾驶员放松警惕的情况。后续需进一步加强对驾驶员的安全教育和监督管理，通过定期考核等方式，强化驾驶员的安全意识和责任意识。

案例 27：定制钢爬梯安全通道系统

基本信息

项目名称：定制钢爬梯安全通道系统

申报单位：成都建工集团有限公司

应用范围：郎川高速公路项目 TJ7 标高处作业攀爬通道

实施时间：2025 年 8 月

申报类型：技术创新类

负责人：朱建华

参与人员：南磊、赵崇阳

案例经验介绍

一、背景介绍

郎川高速 TJ7 标段桥梁墩柱、盖梁作业频繁，传统钢管扣件临时爬梯存在尺寸不一、防滑不足、扶手缺失等问题，易导致人员攀爬坠落。项目引入“定制钢爬梯”理念，根据现场实际尺寸与工况进行工厂化预制、模块化安装，打造标准化、安全可靠的高处攀爬通道。

二、经验做法

（一）高处攀爬风险清单化

梳理所有需垂直攀爬的作业面，建立《高处攀爬风险点清单》，明确爬梯设置位置、高度、角度及荷载要求；对安全员、班组长进行专项交底，确保熟悉安装与验收标准。

（二）定制钢爬梯系统设置

1.采用 Q355 高强度钢材，工厂化定制梯段、平台、扶手与护栏，梯宽 600mm、踏步间距 300mm、倾角 75°，表面热镀锌并冲孔防滑；

2.每 4m 设置一道转角休息平台，平台四周安装 1.2m 高定型护栏；

3.建立“首件验收+每日巡检”制度：首樁爬梯安装后由安全、技术、监理三方联合验收，合格后批量安装；班组每日使用前检查连接螺栓及防滑垫完好性。

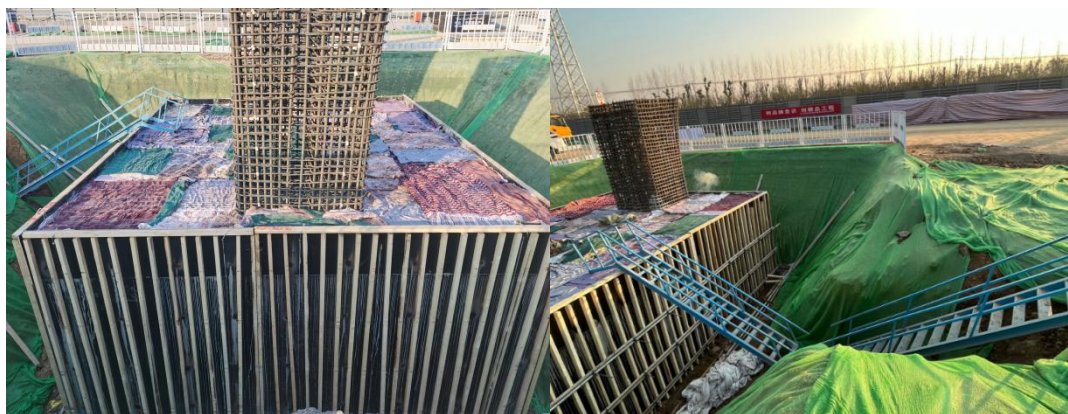


图 1 钢爬梯实际应用

（三）高处攀爬行为教育

1.将“定制钢爬梯正确攀爬三步法”（双手扶稳、逐级踏步、不携重物）纳入班前十分钟安全教育；

2.对违规跳跃、逆向攀爬或超载作业人员现场纠正，屡犯者进入“安全反省屋”观看攀爬坠落案例并抄写安全承诺书；

3.每月开展一次“攀爬达人”评比，鼓励规范使用、正向激励。

三、应用成效

自 2025 年 8 月开始实施，共需设置定制钢爬梯 86 楸，覆盖 100%高处攀爬作业点，攀爬坠落隐患整改率 100%，杜绝发生一起攀爬坠落事故。通过现场实施验证，满足“踏得稳、扶得牢、爬得顺”要求，高处作业效率提升 15%。

四、问题探讨

1.部分桥墩位于河道或陡坡，基础需增设混凝土支墩或打入钢管桩以保证爬梯整体稳定；

2.雨季钢踏板易积水，需增加可拆卸式排水孔盖板并缩短防滑垫更换周期；

3.对于超高墩柱（>40m），需研发折叠式分段爬梯或外挂电梯替代方案，减少人员体力消耗。

案例 28：基于 GIS 的施工期智能度汛平台

基本信息

项目名称：基于 GIS 的施工期智能度汛平台

申报单位：四川岷江港航电开发有限责任公司

应用范围：岷江龙溪口航电枢纽工程

实施时间：2021 年 3 月

申报类型：技术创新类

负责人：徐乐毅

参与人员：张平、代礼红、谢峰、代应刚、邢小军、陈明春、
张高、张毅驰

案例经验介绍

一、背景介绍

岷江龙溪口航电枢纽工程是国家发改委和交通运输部“十三五”规划岷江航电综合开发的重点推进项目之一，也是交通运输部首批平安百年品质工程创建示范项目。

航电工程施工度汛贯穿工程建设的全过程，施工期度汛系统的安全运行对工程的投资、管理，以及人员和设备的安全等有重大影响。航电工程不同施工时段防洪对象及防洪标准不同，在施工期间，往往需要耗费较大的人力、时间来进行归集和汇总河流气象信息、水利水文信息等数据，以进行汛情监测预警、科学评估、综合研判和指挥调度，并根据上

游来水判断是否对各防洪对象的安全构成威胁，做出相应的应急决策。

为实现工程施工期安全度汛、科学度汛的目标，岷江公司组织相关单位对施工期智能度汛关键技术进行研究。

（一）项目建设必要性

岷江流域水文条件复杂，施工期面临超标洪水威胁，传统防洪手段依赖人工经验，响应效率低；需通过智能化手段整合多源数据（水情、地理、施工面貌），实现洪水模拟、预警与决策支持。

（二）建设目标

构建基于 GIS 的洪水演进模型与三维可视化平台，提供实时水情预报、淹没分析、动态预警；保障施工期安全，降低导流风险，提升应急响应能力。

二、经验做法

（一）主要建设内容

龙溪口航电枢纽工程智能度汛平台属于岷江龙溪口航电枢纽智能建造系统研发服务中基于 GIS 的施工期智能度汛子系统，项目主要工作内容包括调度施工期智能度汛数据库、水情预报、水文分析、GIS 数据大屏展示。系统功能主要包括可视化大屏、度汛一张图、模拟分析、台账报表等功能。其中模拟分析功能模块中包括断面水位流量、洪水预案分析、洪水自定义分析、实时水面线、洪水流态模拟、淹没效果模拟、淹没影响分析、敏感性评价等子功能模块。



图 1 平台架构设计

(二) 创新驱动的技术体系构建

1. 高精度洪水演进模型

构建了一套二维非恒定流时空离散模型，采用有限体积法求解浅水方程，集成干湿水深、涡粘系数等 8 类参数。构建“河道+陆域”双模型架构（犍为-龙溪口河道模型+13km 洪水演进模型），实现秒级响应计算。研发 WebAPI 接口与 MIKE21FM 耦合，支持 24h 预报流量输入与自定义流量两种计算模式。

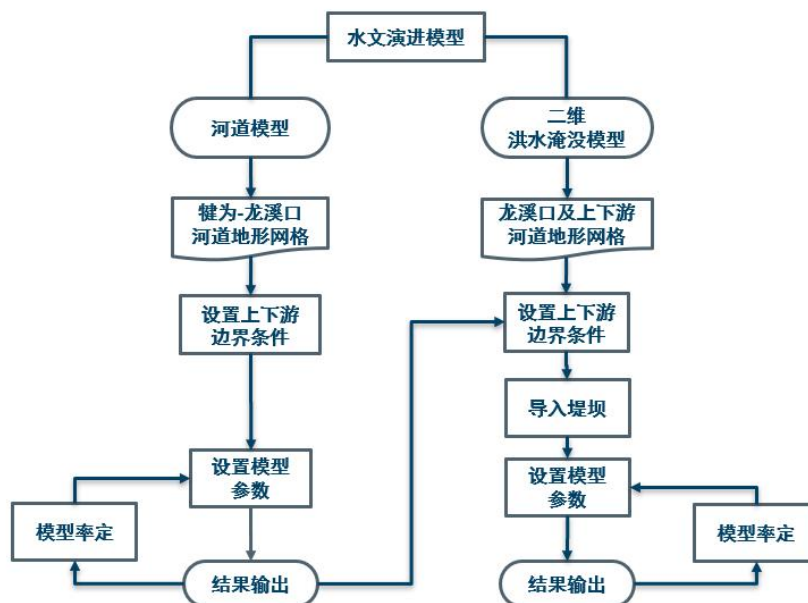


图 2 洪水演进模型搭建流程图

2.智能数据融合中枢

建立跨系统数据共享机制，整合水情测报、智能通航等 6 大系统数据源。创新“空间换时间”策略，接入上游 70km 乌尤寺站点数据，提升预报时效性 4-6 小时。构建多源异构数据库（PostgreSQL+PostGIS），实现 119 万条水文数据实时处理。

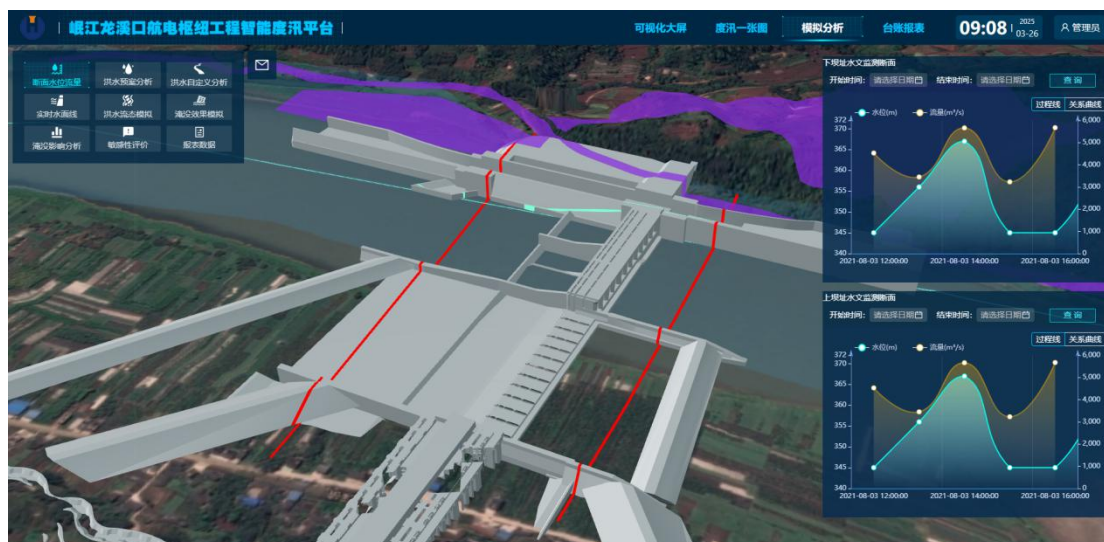


图 3 智能数据融合中枢

（三）三维可视的决策支撑平台

1.Cesium 引擎深度应用

开发基于 WebGL 的三维可视化引擎，实现洪水演进过程动态模拟。首创“度汛一张图”系统，融合 GIS 空间分析、三维建筑模型与实时监测数据。创新洪水分级预警算法，集成纹理平铺技术提升淹没模拟精度至 0.1 米级。



图 4 基于 Cesium 的龙溪口航电枢纽工程智能度汛平台

2.智慧化预警体系

构建“监测-模拟-预警-处置”闭环流程，实现预案分析响应时间缩短至 15 分钟。开发容联云短信平台接口，支持自定义预警阈值自动触发信息推送。建立 47 个水情测站、151 个雨量站的立体监测网络，数据更新频率达分钟级。

（四）工程赋能的实施路径创新

1.动态适应性建设

创建“施工面貌驱动”建模技术，实现不同施工阶段洪水演算参数动态调整。建立月度度汛报告制度，累计编制 40 余期专项分析报告。开发淹没影响敏感性评价模块，实现防护工程优化方案实时推演。

2.产学研协同机制

构建“研发-应用-验证”迭代模式，完成 V1.0 到 V2.0 系统升级。形成技术标准输出：获得软件著作权 1 项。建立了“工程-科研”双向反馈通道，发表核心期刊论文 1 篇，形成了可复制的技术包。

（五）实战验证的运维保障体系

1.全周期压力测试

自 2022 年始经历 3 个汛期实战检验，系统运行 768 小时无故障。建立“双机房热备”架构，实现智能指挥中心与贵阳院数据中心（备用）双节点部署。开发系统健康度监测模块，关键指标可视化率达 100%。

2.智能化运维管理

构建三层安全防护体系（物理层-数据层-应用层）。建立数据质量追溯机制，异常数据自动标记准确率 98.7%。开发移动端适配系统，实现应急指挥多终端协同。

三、应用成效

该平台通过技术融合创新、数据深度治理、系统迭代优化，构建了“预报精准化、预警智能化、预案科学化”的施工期防洪度汛新模式，为大型水利水电工程智能建造提供了可复制的“龙溪口经验”。

1.数据整合与预警能力提升：

存储降水数据 11.9 万条、河道水情数据 73.5 万条，实现 96 小时流量预报与超标洪水预警；洪水模拟计算耗时缩短至 10-15 分钟，预警提前量达 4-6 小时。

2.三维可视化与决策支撑:

动态展示洪水演进过程，覆盖 13km 河道及陆域，辅助淹没范围分析超 90%施工敏感区；2022 年汛期成功支撑二期二汛应急响应，降低施工风险。

3.成果转化与社会效益:

获得软件著作权 1 项（《岷江龙溪口航电枢纽工程智能度汛平台 V1.0》）；发表学术论文 1 篇（《智能度汛为工程施工期建设保驾护航》）。

四、问题探讨

工程施工期智能度汛，需要较好的算力服务器硬件支撑，在获取到算据后，以最短时间完成洪水演进分析以及汛情综合研判，为度汛辅助决策争取宝贵时间；此外，稳定、可靠、准确的算据能够为洪水演进模型提供及时、可靠的数据基础，提升洪水影响范围、危害的准确性。

案例 29：智能安全气囊马甲

基本信息

项目名称：智能安全气囊马甲

申报单位：四川省铁路建设有限公司

应用范围：川藏铁路指挥部

实施时间：2023 年 10 月

申报类型：技术创新类

负责人：罗伟

参与人员：郭德平、章玉伟、寇光明、李玉友、刘俐、
汤尚坤、耿宾杰

案例经验介绍

一、背景介绍

工程建设领域中，高处坠落事故呈现高发、频发态势。传统高空作业防护多依赖安全带、安全绳、防坠器等被动装备，其核心逻辑为“限制坠落范围”，不仅存在诸多应用局限，更缺乏主动预警能力。因此，需借助“智能预警+主动防护”的创新逻辑，为高空作业人员构建起一道“有预判、有响应、有缓冲”的生命防线。

二、经验做法

智能安全气囊马甲以“智能预警+主动防护”为核心，整合多元技术实现全方位防护，重量轻、穿脱方便，在人员

遇到突发情况时马甲会立即充气形成覆盖前胸、后背、颈椎等重要部位的缓冲层，同时，通过物联网模块发出求救信号，实时传输位置与状态数据，便于远程监管和及时调度救援。



图 1 安全气囊马甲

三、应用成效

智能安全气囊马甲推广以来，高空坠落事故中人员重伤率显著下降，冲击力度可控制在人体耐受范围，有效减少骨折、内脏损伤等严重伤害。其轻量化设计不影响作业灵活性，配合主动预警功能，降低事故发生率的同时，提升了作业人员安全感与工作效率。

四、应用成本

目前该产品价格为 2780 元/件，在气囊没有损坏、变形等情况下，可以重复使用 3 次。每次触发后更换气瓶价格为 460 元/个。

五、问题探讨

目前该产品生产成本较高，需进一步削减生产成本。

案例 30：盖梁、垫石、挡块一体化施工

基本信息

项目名称：盖梁、垫石、挡块一体化施工

申报单位：中铁五局集团有限公司

应用范围：成渝扩容高速公路项目 ZCB4 标

实施时间：2025 年 3 月

申报类型：技术创新类

负责人：唐科

参与人员：袁仲辉、王润喆、张敏、奉军

案例经验介绍

一、背景介绍

桥梁盖梁、挡块、垫石施工过程中，传统工艺需先浇筑盖梁混凝土，拆完模板及安全梯笼后，再重新搭设梯笼进行挡块、垫石施工，需要二次测量，因挡块混凝土强度等级与垫石不一致，需要分两次浇筑，挡块方量约为 1.3 方，极易造成混凝土浪费。因盖梁操作平台和安全梯笼已经拆除，施工垫石、挡块时，极易从盖梁周边掉落，发生生产安全事故，需临边防护。

二、经验做法

将挡块模板与盖梁侧模刚性连接，实现“一次支模、整

体浇筑”。垫石模板通过预留接口与盖梁钢模精准对接，有效消除了二次测量的需求。



图 1 挡块模板与盖梁侧模刚性连接

将挡块和垫石施工完全纳入盖梁防护体系，整个施工过程依托盖梁主安全绳系统提供全程保护，形成连续、完整的安全防护链条，将危险作业时间缩短 50%，减少了高空支模作业频次，从根本上杜绝了防护空档期的安全风险。



图 2 垫石施工利用盖梁防护体系

三、应用成效

通过盖梁、垫石、挡块一体化施工，充分利用了盖梁的防护体系，降低了高坠事故发生几率。提升了模块化组合钢模板使用周转率。提高了吊装设备使用效率，减少了机械台班的数量。至项目开工建设以来，未发生一起安全事故。

四、应用成本

模块化组合钢模板与传统相比，增加了模板数量，不同

尺寸的盖梁模板需要配套相应的挡块模板，需要增加长 2.4m、2.5m、2.7m 挡块模板各三套，使模板成本增加 5%。但周转率提升 100%，吊装设备使用效率提升 3 倍，机械台班数减少 42%。创新采用初凝时间 6 小时的缓凝混凝土，在盖梁浇筑至挡块底标高后立即补料，实现无缝衔接，将工期缩短 40%，施工成本降低 28%，为项目整体进度管控创造了有利条件。

五、问题探讨

本案例实施需重点注意两点：一是必须待垫石施工完成后，方可拆除安全梯笼；二是施工期间需严格设置安全母索，作业人员须系好五点式安全带，确保施工安全。

同时，当前施工存在一定问题：每次浇筑垫石的方量约 1 方，受混凝土运输效率较低影响，导致混凝土浪费量较大，进而增加了施工成本。

第二篇 安全管理类

案例 1：“一会三卡制度”

基本信息

项目名称：“一会三卡制度”

申报单位：四川久马高速公路有限责任公司

应用范围：施工现场管理

实施时间：2023 年 5 月

申报类型：安全管理类

负责人：邓昌中

参与人员：久马公司安全环保部

案例经验介绍

一、背景介绍

为提升参建单位及基层班组人员安全生产工作主动性和积极性，将安全工作落实到“最后一公里”，通过梳理标杆，促成你追我赶、争创佳绩良好局面，全面提升久马高速项目安全生产形象面貌。

二、经验做法

全面推行“一会三卡”工作，即“安全生产班前会制度、危险审批卡、岗位风险应急处置明白卡、安全体检卡”根据路基、路面、桥梁、隧道等各重点分部分项工程及工种分类制定。各标段根据下发的模板结合实际进行优化，最终通过

分项评比选定各项最优项全线推广。

三、应用成效

调动班组人员安全生产主动性和积极性，有效提升一线作业人员安全生产意识、应急避险能力。

四、问题探讨

前期在针对各个工种制定“三卡”具体形式需投入一定精力，考核存在一定难度，需现场管理人员加以重视。

案例 2：数字化教育基地

基本信息

项目名称：数字化教育基地引领产业工人教育培训质量跃升

申报单位：绵遂内铁路有限责任公司

应用范围：绵遂内铁路（绵遂段）全线

实施时间：2025 年 3 月

申报类型：安全管理类

负责人：王小敏

参与人员：孙晋锋 张杰 余安红 何鑫 朱立强 卿尚辰

案例经验介绍

一、背景介绍

为解决工程建设领域劳务协作队伍人员流动性大且安全意识薄弱、培训效果实效性不足、工学矛盾突出等问题，绵遂内铁路通过建设数字化教育基地，利用高精度的虚拟现实技术（VR）和丰富的、可复制数字化多媒体教学资源，聚焦“从零开始，安全先行”主题，通过“理论+实操+警示”三合一模式，以提升产业工人队伍安全意识、技能实操水平为目标，着力构建“教、培、考、用”一体化安全教育体系，通过针对性教学、互动式学习、专业化系统化培训，切实提升劳务人员安全操作技能、管理人员风险防控能力及项目整体安全管理水平。

二、经验做法

（一）突出“可移动复制”

收集、制作针对性强、通用性高的高品质数字化教育资源并通过多媒体设备、互动触摸屏等形式向参观者普及生产安全基础知识，旨在寓教于乐，提升学习兴趣，确保每位产业工人都能掌握必要的安全技能与知识。项目结束后可移动复制至集团其他投资项目，提高资源利用率，减少管理成本。

（二）突出“体验式教育”

建设综合性的安全体验区，包含 VR 虚拟体验，安全帽撞击体验、安全带使用体验、消防器材使用体验、洞口坠落体验等各类安全体验项目，让培训人员通过亲身体验，更加深刻地认识到施工现场各类安全风险以及安全防护措施的重要性，从而增强安全意识。

（三）突出“实战化考核”

在实操场地中划分出专门的考核区域，按照标准化的考核流程和要求，对学员的实操技能进行考核评估，考核区域配备相应的考核设备和工具，并且有清晰的考核标识和流程指引。



图1 数字化教育基地

三、应用成效

绵遂内铁路数字化教育基地自建成投用以来，共组织产业工人培训 6 期，参与人员 1000 余人。基地融合多媒体与 VR 技术，极大增强了学习过程中的互动性和趣味性，激发了参与者的学习热情与积极性，全面提升安全教育培训效果。

（一）安全意识入脑入心，风险防范能力显著跃升

沉浸式警示教育：利用 VR 技术高度还原铁路施工中各类高风险场景（如高空坠落、机械伤害、触电、隧道坍塌、物体打击等），让受训者“亲历”事故瞬间的震撼与后果。这种超越传统说教的深度沉浸体验，极大强化了“安全第一”的敬畏心，使“我要安全”成为本能意识。

主动风险识别强化：在虚拟场景中设置大量安全隐患点，学员需主动查找、识别并报告。结合即时反馈系统，显著提升了学员对现场潜在风险的敏锐洞察力与主动排查意愿。

（二）实操技能精准锤炼，标准化作业水平全面提高

逼真模拟实操：通过高精度 3D 建模与物理引擎，模拟电气设备安装、有限空间作业等关键工序。学员可在零风险环境中反复练习标准化操作流程，精准掌握设备使用要点、安全防护步骤和应急处置方法。

技能考核科学化：系统内置智能考核模块，对学员的每一步操作进行实时记录与精准评分（如操作规范性、流程完整性、响应时效性）。培训后，关键岗位人员标准化作业达标率显著提升，操作失误率显著下降。

（三）培训效能与覆盖面实现质的飞跃

效率倍增：数字化培训突破时间、空间、设备、天气限制，同一套系统、同一班次可满足多人次、多批次、全天候轮训。相较于传统实地培训，单位时间培训容量提升3倍以上，有效解决了大规模协作队伍集中培训的难题。

成本优化：大幅减少实物耗材、设备损耗、场地占用及讲师重复投入。人均培训成本大幅降低，实现了安全投入的高效转化。

全员覆盖：确保所有入场协作人员（尤其流动性大的普工）均能接受统一标准、同等质量的高水平岗前安全培训和周期性复训，消除了培训盲区。

（四）管理精细化与决策科学化获得坚实支撑

数据驱动管理：后台管理系统实时记录、分析每位学员的培训轨迹、考核成绩、薄弱环节，自动生成个人及团队能力画像。项目管理者可精准定位安全短板，实现培训资源的按需分配和个性化强化。

风险预警预控：汇总分析体验馆中的高频错误操作与风险识别盲点，为项目整体安全风险动态评估与针对性防控措施制定（如专项检查、重点交底）提供前瞻性数据支撑。

标准化推广：数字化内容固化最佳实践和标准流程，成为项目安全文化和操作规范宣贯的统一载体，有力促进了全线安全管理的标准化、规范化。

四、问题探讨

数字化资源内容更新难度大，作业标准、安全规范和事故场景需定期更新，但内容制作周期长、技术要求与成本高，导致更新滞后于实际需要。同时，因缺乏专业数字化资源制作团队，难以快速迭代培训内容。

案例 3:发电厂房 24 小时安全巡查及应急报警工作制

基本信息

项目名称: 发电厂房 24 小时安全巡查及应急报警工作制

申报单位: 四川岷江港航电开发有限责任公司

应用范围: 龙溪口航电枢纽区发电厂房

实施时间: 2024 年 2 月

申报类型: 安全管理类

负责人: 徐乐毅

参与人员: 潘希强、代礼红、黄彬、李鹏、邢小军、陈明春

案例经验介绍

一、背景介绍

龙溪口航电枢纽区发电厂房目前以安装发电机组及内部装修为主,施工强度高,点多面广,工序搭接紧密,动火作业频繁,部分机电设备带电并开始调试。岷江公司组织龙溪口分公司、龙溪口总包部及发电厂房内相关施工单位建立了 24 小时安全巡查机制,安装了发电厂房应急报警系统,做到对发电厂房临时用电、临边防护、动火作业等安全隐患及时排查,且每位巡查人员配有报警遥控器,一旦发生险情将及时发出警报并提醒人员疏散撤离。以此提升一线安全人

员工作效率和安全巡查针对性，不断提高发现问题、应急处置的能力。

二、经验做法

（一）安全巡查内容清单化

针对发电厂房的施工特点，明确主要风险点，如防洪度汛、临时用电、动火作业、临边防护、机电设备调试等，开展详细的安全巡查。

（二）安全巡查频率制度化

根据发电厂房的施工强度和风险等级，制定 24 小时不间断的安全巡查制度，明确不同时间段（如白班、夜班）的巡查频率和重点区域，确保巡查工作无死角、全覆盖。同时，要求巡查人员通过微信群，及时拍照反馈现场巡查情况。

（三）应急报警系统信息化

在发电厂房内安装应急报警系统，每位巡查人员均配有报警遥控器。一旦发现险情，巡查人员可立即按下遥控器上的报警按钮，系统将自动发出警报声，并通过广播系统通知全体人员紧急撤离。同时，该系统还与龙溪口总包部的相关负责人手机号码绑定，可通过拨打电话、发送短信，实现远程报警和指挥调度。

（四）应急响应流程化

制定详细的应急响应流程，明确各岗位人员在紧急情况下的职责和行动步骤。通过定期组织应急演练，使每位员工都熟悉应急工作流程，提高应急处置能力。

三、应用成效

发电厂房 24 小时安全巡查及应急报警工作制实施以来，运行高效、成效显著。在发电厂房的施工过程中，通过 24 小时巡查和及时报警，成功排查并处理了多起安全隐患，有效避免了安全事故的发生。如：工人下班后空压机未断电，电源线破损产生浓烟；工人在发电厂房内吸烟，烟头掉入电缆线沟引起垃圾杂物燃烧等。同时，巡查人员的工作效率得到了显著提升，安全巡查工作更加有针对性、有章可循。此外，应急报警系统的安装和使用也大大提高了应急处置能力，为发电厂房的安全施工提供了有力保障。

四、问题探讨

虽然发电厂房 24 小时安全巡查及应急报警工作制取得了显著成效，但在实施过程中也遇到了一些问题。例如，巡查工作制度的建立需要施工单位管理人员投入大量精力进行制定和完善，对专业性和管理能力要求较高。同时，由于发电厂房的施工环境和风险点会随着施工进度的推进而发生变化，因此需要定期更新巡查内容清单和应急预案。此外，应急报警系统的维护和管理也需要专业人员进行操作和维护，以确保其正常运行和有效性。

案例 4：农民工工资实名制与班前安全五分钟

基本信息

项目名称：农民工工资实名制与班前安全五分钟

申报单位：四川岷江港航电开发有限责任公司

应用范围：岷江龙溪口航电枢纽工程

实施时间：2025 年 4 月

申报类型：安全管理类

负责人：徐乐毅

参与人员：潘希强、黄彬、邢小军、刘俊武、黄勇、敬江华

案例经验介绍

一、背景介绍

岷江龙溪口航电枢纽工程建设期施工点多面广，特别是库区防护堤此类线性工程，施工参建单位、班组多，农民工数量大、施工区域分散，农民工工资及安全作业管理难度尤为突出。

龙溪口航电枢纽工程农民工工资一直采用由施工单位劳资专员监督农民工每日上班前签字按手印的方式，月底统一制表，向龙溪口总包部申报农民工工资，由总包部代发。实施过程中，部分施工单位弄虚作假，通过农民工工资假账提前结算工程款，更有甚者通过克扣、截留农民工工资指使农民工围堵项目部等，以获取其不合法利益。由于甄别农民

工签字按手印的结算表真假不易，加之农民工工资问题经常出现在农历春节前等特殊时段，一旦发生往往需要迅速解决，成为了工程现场管理的一大难题。

班前安全五分钟作为每日施工前向农民工开展安全教育、交底的关键管控工作，自龙溪口航电枢纽工程开工以来，每个施工班组每天在现场开展班前安全五分钟，一直通过上报照片、视频方式坚持至今，但个别单位在开展此项工作的过程中，存在一定的形式主义及敷衍现象，如参加班前五分钟的人员不能覆盖所有农民工，安全教育、交底内容走过场等，管理人员不能及时发现，导致安全管理上存在一定漏洞。

鉴于农民工每日都需考勤及参加安全班前五分钟，岷江公司在龙溪口航电枢纽工程引进信息化设备，将农民工考勤及班前安全五分钟结合管理。

二、经验做法

（一）引入钉钉实名制打卡

农民工入场前，签订劳动用工合同、实名制录入脸部信息等。在每个施工现场安装人脸扫描设备，要求农民工每日上下班前到人脸扫描设备前打卡，打卡数据实时传输至龙溪口总包部管理人员手机终端。打卡数据作为农民工每月结算工资的唯一依据。

（二）引入实时视频监控

在每台人脸扫描设备旁，布置一个班前安全五分钟讲评台，同时安装实时视频监控，每个农民工扫脸打卡后就地组织开展班前安全五分钟。视频监控实时记录班前安全五分钟

及扫脸打卡过程、参与人数等。

（三）及时开展比对核查

管理人员每日通过比对钉钉打卡人数及参加班前安全五分钟的人数，实时掌握是否每个农民工都参加了班前安全五分钟，同时核查农民工接受的每日安全教育、交底是否符合现场实际情况，如果有异常情况，立刻提醒、督促整改。

三、应用成效

目前，引入钉钉实名制打卡和视频监控后，农民工每日钉钉打卡及班前安全五分钟正有序开展，每日班前安全五分钟的视频还可作为安全管理档案，基本能解决农民工工资及班前安全五分钟的管理难题，暂未出现异常情况，后续将持续改进和完善。

四、问题探讨

引入钉钉打卡和视频监控后也不能完全放弃传统的检查手段，如随机在现场面对面核实农民工身份及工资问题，防止个别施工单位故意不让部分农民工录入钉钉打卡系统、不参加班前安全五分钟，但该农民工实际在施工现场参与作业，构成了实际上的劳动合同关系，最终为施工单位不合理利益诉求提供了条件。

案例 5：质量安全综合体验馆

基本信息

项目名称：老木孔航电枢纽工程质量安全综合体验馆

申报单位：四川岷江港航电开发有限责任公司

应用范围：岷江老木孔航电枢纽工程

实施时间：2025 年 3 月

申报类型：安全管理类

负责人：何波

参与人员：罗云杰、陆用敏、韦海超、刘祥明、彭卫平、
罗建国

案例经验介绍

一、背景介绍

岷江老木孔航电枢纽工程施工内容复杂，涉及厂房、泄洪冲沙闸、鱼道等主体结构建设，其中包含高空作业、基坑施工、起重吊装、临时用电以及大型机械交叉作业等高危作业。传统安全教育以理论授课为主，工人对安全风险的直观认知不足，导致行业内时有高处坠落、机械伤害等事故发生。岷江公司积极强化科技兴安，组织老木孔分公司、相关施工单位在项目现场建设了质量安全综合体验馆，集成虚拟现实（VR）、智能交互等技术，模拟施工现场 18 类典型事故场景，将安全教育从“理论灌输”转变为“沉浸式体验”，强

化作业人员的安全行为规范与应急处置能力，实现从“被动防御”到“主动防范”。

二、经验做法

体验馆以实景模拟、图片展示、案例警示、亲身体验等直观方式，主要分为 VR 安全体验馆和实物安全体验馆，将施工现场常见的危险源、危险行为与事故类型具体化、实物化，使体验者能够亲身感受各种不安全操作行为的潜在危害，从而提高安全施工意识。

（一）打造 VR 安全体验馆

以 VR 技术为核心，结合航电枢纽工程实际风险点，通过场景化、科技化手段打造涵盖 18 类典型场景的沉浸式培训系统。通过第一视角和第三视角的交互设计，工人可身临其境体验违规操作后果，例如未系安全带高空坠落时感受瞬间失重，或观察电焊作业不规范引发火灾的全过程。每项体验结束后，系统通过智能分析违规操作数据，实时解析事故成因，并推送同类历史案例库，确保工人掌握正确防护措施。同时，通过 VR 安全体验馆覆盖洞口坠落、脚手架坍塌、塔吊超载等 18 类高风险作业场景，并结合施工阶段关键风险点优化内容，例如新增“临水作业防护”场景模拟水位突涨应急响应。

（二）打造实物安全体验馆

按照现场施工特点打造实物体验馆，覆盖高空坠落、物体打击、机械伤害等。一是在高处作业模块。安全带使用体验，模拟 2m 高空坠落冲击，强化“高挂低用”规范；洞口

坠落体验，通过让作业人员体验感受突来的失重感，警醒作业人员注意洞口防护缺失风险；高空作业体验与平衡木行走体验，结合传感器检测身体平衡度，超限时触发警报，纠正动作偏差；安全帽撞击体验，模拟重物坠落打击安全帽，直观展示防护必要性。二是在机械设备与用电安全模块。塔吊操作体验，模拟超载吊运导致倾覆，培训司机规范操作；综合用电体验，展示漏保开关、开关箱、电线正确使用方法，强化漏电保护器安装标准；机械伤害体验，模拟冲压机违规操作导致的挤压事故，感受违章操作带来的伤害；钢丝绳演示体验，展示错误捆绑方式与正确处理方法，提升吊装安全意识。三是应急与个体防护模块。灭火器演示体验，模拟电气火灾场景，培训干粉灭火器操作技巧；安全急救体验，通过人体模型演练心肺复苏术（CPR），掌握应急救援知识；安全防护用品展示，对比劣质与合格防护装备性能，播放撞击试验视频强化防护意识。针对特殊场景，重物搬运体验，教育采取正确搬运姿势，减少肢体损伤；操作平台倾斜体验，对比劣质与合格架体稳定性，培训应急逃生技巧；焊机作业体验，模拟高温、有害气体危害，规范操作流程；消防器材展示柜，普及火灾预防与救援知识。

三、应用成效

体验馆投用以来，工程现场安全管理水平实现了质的飞跃。一是除保持高空作业、机械伤害等重点领域零事故记录外，现场安全隐患整改率由 80%提升至 98%。二是通过 VR 培训预演，有多名作业人员提前识别到了现场风险点，主动消除现场安全隐患。三是安全行为规范显著改善。安全防护

用品规范佩戴率达 100%，违章作业率较应用前下降 85%。

四是人员培训成效突出。新进场工人安全考核合格率从 65% 提升至 100%。其中，在 2025 年 3 月底对起重吊作业的模拟操作培训中，4 名起重司索工通过复训纠正了危险操作习惯，大大减少了施工现场起重作业实际操作习惯性违章现象等。

四、应用成本

体验馆建设总成本约 110 万元，其中场地建设费约 30 万元，VR 设备采购费约 20 万元、场景开发约 10 万元，其他标准化场景实物体验设备设施约 20 万元，后续五年施工期内的维护保养成本约 30 万元。与传统安全教育相比，初期投入较高，但动态更新机制使每个场景的更新成本降低了 40%、培训效率提升了 50%，显著减少重复培训支出，也有利于减少施工安全事故带来的损失，从有效保障重大基础设施项目安全的角度来说经济有效的安全投入。未来，还可结合后续航电枢纽建设及运营电站安全管理特点等，对相关设施设备进行综合利用。

五、问题探讨

技术层面，部分工人初次体验 VR 体验馆时，因画面动态效果产生短暂眩晕，已通过优化画面流畅度（帧率提升至 90Hz）及限制单次体验时长（15 分钟内）缓解不适感。管理层面，要加强与设计方沟通，建立定期风险数据共享平台，确保 VR 场景与施工进度动态匹配；多语言培训材料需进一步细化，针对少数民族工人增补图文结合的操作指南，降低理解门槛。

案例 6：公路建设项目安全生产“依岗强基”工作机制

基本信息

项目名称：公路建设项目安全生产“依岗强基”工作机制

申报单位：四川大垫高速公路有限责任公司

应用范围：大人竹至垫江高速公路（四川）境项目

实施时间：2024 年 6 月

申报类型：安全管理类

负责人：郑永雄

参与人员：杨松、王川、黄长才、李晓康、邓艳、黄湖星、
官维维、张大春、尹若汐、莫枫、程祝荣、李登红、
杨成磊、章继文等

案例经验介绍

一、背景介绍

在蜀道集团“投建一体”模式下，为切实抓好安全生产“基层、基础、基本功”建设，按照安全生产全员责任制要求，聚焦参建单位基层队伍管理，针对产业工人、班组长、特种作业人员、专职安全员、特殊作业现场监护人员、现场管理人员、现场监理员、旁站员“八类”基层一线岗位，明确岗位职责，落实安全生产双重预防机制，坚持“增强各层级融合度”“做好教育培训”“强化技术支撑”“实施民主

监督”的工作原则，提升一线产业工人安全素质技能，强化风险管控，最大限度消除事故隐患，推动安全生产治理模式从被动应付、事后处理向事前预防转型，全面提升本质安全水平，实现安全生产。

二、经验做法

（一）建立联合临时党支部、健全共同体运行机制大垫项目联合临时党支部与地方政府成立企地联合临时党支部，创新开展“352”工作法。党支部多次组织全体党员学习系列讲话、学习党章党史活动，强化党员理想信念和使命担当，通过组织“国庆运动会”“主题党日”“先锋岗评选”等活动，打造大垫建设命运共同体的愿景。同时建立了建设管理共同体工作规程、交办督办以及协同配合等系列机制。在大垫高速建设管理共同体工作小组组织架构下，设立监督执行组、后勤管理组、问题纠偏组，发挥参建单位各方优势，树立共同的价值追求，确保施工现场信息共享、资源共享、问题共解、责任共担、利益共享。

（二）建好产业工人园、建强施工班组。一是成立临时工会小组，开展2024年“复工复产送安全”专项慰问暨劳动保护和职工健康监督检查活动、“12·15”工人职业健康检查、2025年“春节前治理欠薪自查行动”等系列活动，对产业工人用工合同、工伤社保参保情况以及工会劳动安全保护进行监督管理。二是建成产业工人园3个，设有培训中心、积分超市、医务室、理发店、放映室、工具充电室等配套设施。三是打造1个产业工人技术技能培训分基地，为产业工

人队伍安全技能培训水平提升创造了条件。

（三）落实全员安全生产责任制初步梳理完成大垫项目全员责任制清单，明确各岗位职责以及如何履职等内容，在“大垫建安”安全管理平台试运行全员责任制信息化履职模块，由履职人员上传相关证明材料，完成责任履职，通过信息化手段提升全员履职能力。

（四）做实做细隐患排查治理工作采取“现场检查+线上信息录入”的工作机制，整合上级单位、公司领导班子督查，业主代表处、安全环保部、工程管理部、总监办等检查和施工单位日常自查记录，实现隐患排查治理信息化管理。

（五）做好四级安全技术交底工作。建立四级安全交底工作规程：设计交底（设计单位→各参建单位）、施工方案交底（方案编制人员或技术负责人→现场管理人员）、施工方案及安全交底（现场管理人员→协作队伍负责人、班组长）、安全交底（协作队伍负责人、班组长→操作工人）。规定了交底程序、记录、监督检查以及奖惩管理办法。

（六）开展好安全文化建设。一是采取问卷调查、交流座谈等方式开展安全文化建设现状评价，提炼出“安全健康是最大的财富，安全生产才是最大的经济效益”的安全价值观，“让安全成为习惯，让习惯变得更安全”的安全愿景，

“党员身边无事故”“走进大垫，走进平安”“0死亡，0职业病”的安全目标，并开展安全文化理念宣贯。二是拍摄了安全文化创意产品《守护安全共筑防线》宣传片。三是开展“森林草原防灭火暨安全警示教育培训”“119消防宣传

月启动仪式暨消防应急演练”“迎国庆·保安全”“奋战 50 天”等系列安全活动，累计发放安全宣传手册 1058 份、悬挂宣传横幅 252 条、张贴安全宣传海报 168 张。

（七）规范产业工人的入职及培训自 2024 年 12 月 17 日蜀道集团培训发展中心对大垫高速安全教育培训分基地正式授牌起，共开展三轮劳务协作单位“第三、四类人员”安全教育培训，共 804 人参加，775 人通过考核顺利结业，通过“全覆盖式”实名培训清退超龄人员 3 名。

（八）建立“一人一档”管理制度依托“大垫建安”安全管理系统对产业工人建立“一人一档”电子档案，录入档案 644 人次，通过劳动纪律、教育培训、安全能力等多维度的考核形成了个人安全效能评价系统，在各标段实现同一工种从高到低进行排名，效能评价更加客观、透明，进而激励产业工人提升工作表现。

（九）科技赋能本质安全。一是隧道施工，全面推行钻爆法、成套大机配套施工，各标段均配备拱架安装台车和二臂凿岩台车等专用设备，保障施工质量，增强施工安全性。二是在大垫项目安全管理数智化平台上线设备管理功能，录入设备信息 217 台，信息包括设备名称、操作手姓名、月检状态以及二维码生成等 15 项。三是完成《路线路基岩土与交安关键技术体系研究》《公路隧道施工质量关键指标数字化快速智能检测支撑技术研究》《新形势下高速公路项目投建管理体制研究》《钻爆法隧道基于随钻参数的围岩智能分级技术研究》等 4 个科研项目立项。

三、应用成效

（一）联合临时党支部的成立加强了党对大垫项目建设的全面领导，把党的政治优势、组织优势转化为管理效能。一是安全环保方面，以月度检查、专项检查方式开展隐患排查，全年共发现并闭环整改隐患近 200 起。二是质量管理方面，严格设计要求、严格报检程序、严格巡查处罚。通过细化技术交底与实行“首件制”工程，基本实现混凝土结构物外观色泽均匀、桩基均为Ⅰ类桩、墩柱保护层厚度 95% 以上的质量目标。三是工程进度方面，落实“四个超前”举措，超前推进征拆、超前谋划供给、超前倒排规划、超前协调一线，有力保障建设进度。

（二）研发了“大垫建安”安全管理信息化平台，通过模块化设计，实现了施工现场安全管理的全面覆盖和升级。平台涵盖隐患排查治理、风险管理、危大工程管理、设备管理、安全教育、安全履职以及安全效能评价等核心功能模块。通过数字化手段，实现了从隐患发现到整改闭环、风险动态监控、危大工程全流程管理、设备台账与月检管理、安全教育激励机制、安全履职信息化以及安全绩效量化评估等多方面的精细化管理，为施工现场的安全管理提供了有力支持，助力实现安全生产的规范化和高效化。

（三）大垫高速安全教育培训分基地创新性设立于建设项目最基层一线生产单位，标志着末端发力终端见效机制真正落地生根，对增强产业工人安全意识，提升安全技能，促进建设项目安全生产具有里程碑的重要意义。通过做好教育

培训、强化技术支撑、实施民主监督、开展安全文化建设等方式进一步建强施工班组，全方位提升产业工人安全意识、操作技能水平以及归属感和获得感，实现大垫项目自开工建设至今安全生产 370 余天。

四、问题探讨

（一）当前安全生产“依岗强基”工作耦合度、衔接度有待提高。各项工作协同整合还需进一步优化，如：科研项目成果如何更好地应用于现场管理，安全交底和风险分级管控如何对应，安全管理数智化平台与其他建设工作的深度融合等。

（二）提升产业工人技能水平方面，大垫公司正加强与相关院校、培训取证机构沟通协作，拟在开展“钢筋工”“电工”两个工种创新试点现场培训、现场考核的基础上，积极寻求合作，申报更多工种，力争实现 2025 年技能等级培训送教上门，送考上门。

案例 7：模拟全链条安全责任倒查演练

基本信息

项目名称：模拟全链条安全责任倒查演练

申报单位：四川天眉乐高速公路有限责任公司

应用范围：天眉乐高速公路全体参建单位

实施时间：2024 年 12 月

申报类型：安全管理类

负责人：魏瑞

参与人员：王虹、席丹阳、李美澄

案例经验介绍

一、背景介绍

高速公路项目施工中，传统安全管理存在责任传导弱化、隐患治理表面化、风险防控被动化等问题，易导致“屡查屡犯”的管理痼疾。此次活动以党的二十届三中全会提出的“完善安全生产风险排查整治和责任倒查机制”为核心指引，创新构建“事故场景还原→履职数据溯源→责任链条穿透”三位一体的模拟追责体系，通过情景化推演事故全链条责任追溯流程，强化全员履责意识，构建“预防-应急-追责”全链条管理机制，推动安全管理从“事后整改”向“事前预防”转型。

二、经验做法

（一）完善应急演练后半篇文章

通过模拟真实的事故场景及事故调查，梳理项目安全生产管理体系运行情况，深入剖析事故原因，追责到位到人，使各参建单位相关从业人员清楚自身安全生产责任，强化从业单位、从业人员的安全敬畏意识、自主安全管理意识，总结分析安全生产管理行为的薄弱环节，进一步完善项目安全管理体系，促进安全生产管理能力及应急处置能力持续有效提升。

（二）安全管理体系追溯责任倒查

1.全流程模拟机制

构建“事故场景还原→应急处置推演→管理责任追溯”标准化流程，通过 1: 1 搭建盖梁作业平台，模拟人员坠落、物体打击场景，演练医疗救护、预案启动、事故报告等全流程。

引入第三方专家团队主导模拟调查，确保责任追溯的客观性和权威性。覆盖制度缺陷、技术疏漏、执行失职、三违现象等多维度责任分析。

2.穿透式责任映射，倒查追责模拟流程

建立“劳务→施工→监理→建设”四级责任传导验证模型，通过分级问询、交叉印证，识别责任体系断层与岗位履责盲区。

组建专家调查组（技术、管理、综合三组），按真实事故调查程序开展现场勘查、资料封存、人员问询。

设置独立问询室，全程录音录像，按《生产安全事故询问笔录模板》质询建设、施工、监理单位负责人，直击隐患责任盲区。

（三）推动构建“五维管理模型”

制度维：原有制度存在职责模糊、关键领域不完善（如危险性较大设备管理、隐患举报机制）等问题。为落实《中华人民共和国安全生产法》要求，构建“横向到边、纵向到底”的责任体系。

技术维：建立完善危大工程“双验算”机制（施工单位自验+第三方盲审），以保证危大工程关键部位验算合理准确，以实现本质安全。

执行维：通过“穿透式管理”，实现安全责任从建设单位到劳务班组的全链条传导，确保制度、标准、措施直达基层，消除“层层衰减”现象。重点解决演练过程中暴露出的劳务分包管理混乱、隐患整改流于形式等问题。

监督维：结合主要负责人带队定期开展的安全检查制度，通过隐患举报奖励平台，促进全员参与的隐患排查治理机制。

文化维：通过分析安全教育缺失、人员“侥幸心理”等深层次问题，定期组织观看事故模拟视频并签署承诺书，促进全体员工风险管控意识的持续提升。

（四）长效机制建立

1.引入第三方专业机构参与隐患整改与验收

打破以往仅依靠内部力量进行隐患整改与验收的模式，

引入具有专业资质和丰富经验的第三方机构全程参与。第三方机构在隐患排查阶段协助进行更专业的风险评估，在整改阶段提供技术支持和咨询服务，在验收阶段独立开展评估工作，出具客观公正的验收报告。这种方式不仅可以充分利用第三方的专业优势，提高整改与验收的质量，还能有效避免内部利益关联，增强隐患治理工作的公信力。同时，建立第三方机构的动态评价机制，根据其工作表现进行考核和筛选，确保服务质量。

2.整改闭环与长效提升

根据事故整改与防范措施建议，推动将调查成果转化为标准化作业规程、智能化监控系统、常态化培训机制，杜绝同类事故重演。

三、应用成效

1.责任落实质效提升

通过系统化倒查模拟，实现参建单位各层级、各岗位认清安全职责，从而推动参建单位实现安全生产全员责任制全面落实，消除安全职责执行盲区，关键岗位人员履责能力实现全面提升，安全管理链条韧性显著增强。

2.本质安全基础持续夯实

开展覆盖全工点的“设计→施工→防护”三维加固行动，针对高空作业、大型模板支护等高风险环节实施“技术规范全面升级”，关键防护设施实现“全场景标准化配置”，施工方案安全冗余度跨越式提升。

3.风险防控体系迭代升级

构建“重大风险动态清零”机制，推动高空坠落、机械伤害等典型风险管控措施实现“全要素技术革新”，防护设施实现“全流程标准化覆盖”。项目管理模式完成从“末端应对”向“源头治理”的战略转型，风险防控主动性实现根本性突破。

4.行业示范价值

形成“责任追溯→体系优化→文化重塑”良性循环机制，为行业提供安全管理新路径。

四、问题探讨

模拟全链条安全责任倒查演练需平衡模拟演练的真实性与参演人员心理接受度，避免引发抵触情绪，跨单位协同成本较高，依赖统筹与资源倾斜。可通过虚拟身份映射、情景化案例库植入，实现“去身份压力”的沉浸式警示教育；构建区域专家资源共享池，提升技术支撑可持续性。

案例 8：施工现场安全网格化管理

基本信息

项目名称：施工现场安全网格化管理

申报单位：四川乐资铜高速公路有限公司

应用范围：铜资高速公路项目

实施时间：2024 年 5 月

申报类型：安全管理类

负责人：邹东

参与人员：刘海辉、彭靖、张军、孔维松、潘昊、李凯、张宏

案例经验介绍

一、背景介绍

铜梁至资中（四川境）高速路线起于川渝界（石羊镇以东），与铜梁至安岳高速公路（重庆段）相接。终点位于资中县西北侧鱼溪镇，与G76厦蓉高速公路（老成渝高速）交叉相接、并对接资中至乐山高速公路，三路交叉呈十字枢纽。由东向西依次过资阳市安岳县、内江市资中县。全线按设计时速120公里/小时，路基宽34.5m的双向六车道高速公路标准建设，初步设计路线全长105.181公里，全线设置桥梁27957.5m/82座（含特大桥2588.5m/2座），隧道3314.5m/1座，桥隧比29.7%；全线共设置互通12处（其中枢纽互通4处、落地互通8处），服务区2处，管理中心1处。工程线路长、工

点多，施工作业人员多，人员素质参差不齐，安全风险大。

二、经验做法

铜资高速施工现场安全生产网格化管理是从“人、物、环、管”四方面构建机构简洁、责任明确、任务详实、措施有效的一线末端施工作业“模块化、标准化、清单化”安全生产管理体系。其任务目标是有效遏制施工现场“三违”行为，解决简单基础安全管理长期突出问题，打通安全管理基层执行“最后一米”。

具体做法：一是结合项目建设实际划分二级网格，严格以网格人员每日全覆盖巡查为标准进行划分，结合安全风险等级配置相应素质能力的网格人员。二是根据施工任务编制安全工作任务清单，严格按照施工任务所采用的工艺工法情况编制清单，明确工序作业中安全管控要点及工序转换时的安全管理要求，一级网格定期开展日常工作任务清单执行情况检查，确保二级网格人员履职到位。三是明确网格人员职能权限，施工单位结合自身管理构架，细化分解网格人员管理权限，为网格人员赋能赋权，确保一线管理人员有权调动一定资源处理解决现场问题；同时梳理整合日常安全管理任务，避免开展一项工作完善几套资料的不利情况，充分借助信息化手段，解决繁琐的重复性资料工作，真正为基层减负，让基层管理人员全身心投入到现场管理工作上。四是合理制定网格考核评价体系，通过履职记录、调度抽查、定期巡检、教育培训及隐患整治率等可量化考核指标，施工单位建立一套以正向激励为主的考核办法，有效激发参建全员工作热

情。将网格化考核纳入协作队伍履约考核，真正抓牢抓实施工建设最小单元。

三、应用成效

铜资高速项目在2024年5月正式实施安全生产网格化管理以来，二级网格上报的安全隐患数量骤升，这说明施工一线存在大量作业过程中的习惯性和偶发性“三违”行为，随后经过7月、8月的大力集中整治和运行考核落实，上报隐患数量呈现逐步下降的趋势，在9月份已逐渐趋于平稳，项目初步形成了“一网两级、一级多格、动态管理”的安全生产管理新局面。项目建设单位积极推动网格化管理与现有安全管理体系融合，建立网格岗位责任清单、网格工作机制清单、安全生产考核办法，压实了项目参建各方安全生产的责任。副网格长必须参与管段内施工方案的编制评审流程，施工方案由助理网格员进行技术交底并督促落实，网格协管员负责现场组织管理，现场网格员全程参与方案交底和执行情况监督，副网格长每周带队检查管段内的安全管控情况，杜绝了施工现场与施工方案“两张皮”现象。公司牵头制定网格单元工作任务流程图、《安全生产标准化和文明施工指南》、模块化工作任务清单机制，现场网格人员依据每日工作任务“照单履职”，提高了施工一线安全隐患整治的效率。铜资高速项目安岳隧道施工建立每日会商机制，桥梁、路基施工建立每月会商机制，总监办、项目部、第三方机构和协作队伍纳入会商机制，业主监督机制运行情况，据会商成果以动态调整相应网格的日常工作任务清单，让安全管理真正做到

“事事有人管、事事能落地”，降低施工一线安全生产风险，提升安全风险管控实效。为有效解决现场网格人员安全管理能力水平不足的问题，各标段项目部均制定网格人员教育培训计划，提升了参建全员安全生产的能力水平。公司牵头制定安全生产网格化考核办法，标段项目部制定考核细则落实“奖优罚劣”和正向激励，激发了现场网格人员尽职履责的热情。

铜资高速自2024年5月实施网格化管理以来，实现安岳隧道左右洞安全贯通，高墩爬模施工的月亮坝大桥、吴家沟大桥按期安全完工，高狮枢纽互通涉路安全施工完成，项目整体安全无事故。

四、应用成本

安全网格化管理需要增加现场网格员，其数量超过法规规定的按照年度产值计划配置人数，按照高速公路建设工期3年计算，高峰期约1年，100km长的高速公路项目大约需增加投入1200万元。

五、问题探讨

一是现场网格员配置要求高，社会上满足要求的人员较少，需要经过专门的培训与考核，考核通过后方可上岗，需要由建设单位组织进行专项考核。二是安全网格化管理新增人员投入，从而提高项目管理成本，用的来源需要进一步明确。三是对网格人员的激励资金问题，需要企业拿出部分管理费用，即要适当增加企业管理成本，企业应权衡利弊投入费用。四是对现场网格员的赋权，赋予现场网格员充分的权

限，及时发现问题处理问题，有效纠正三违。五是网格化管理新增部分工作量，需要进行制度融合，网格化管理不是单独搞一套。六是网格化管理需要信息化赋能，提高网格化管理效率和可追溯性。

案例 9：钢栈桥施工“四化一体”安全管控体系

基本信息

项目名称：沱江河特大桥钢栈桥施工“四化一体”安全管控体系

申报单位：中铁八局集团有限公司

应用范围：自永高速 SG1 标沱江特大桥钢栈桥施工

实施时间：2024 年 6 月

申报类型：安全管理类

负责人：简杨

参与人员：申太均、秦翔飞、王科伟

案例经验介绍

一、背景介绍

沱江河特大桥钢栈桥全长 310m，桥宽 6m。其施工环境极其复杂，高空作业、临水临边防护、动火焊接、大型吊装等高风险作业环节密集交织。在传统安全管理模式下，人员行为管控难度极大，违规操作屡禁不止；隐患排查存在明显滞后性，潜在危险难以及时察觉；应急响应体系也较为薄弱，一旦事故发生，无法迅速、高效地开展处置工作。鉴于此，亟待探索一套创新的安全管理模式，以应对沱江河特大桥钢栈桥施工中的重重挑战。

栈桥临边跨度较大，作业面与水面垂直距离达 15m 之高。在这样的高空环境下，稍有疏忽，人员就极易发生坠落

事故，高空坠落风险时刻威胁着施工人员的生命安全，成为安全管理中的一大关键难题。施工过程中，焊接、切割等动火工序高度密集，施工现场火灾风险极为突出。动火作业的每一个环节都暗藏隐患，稍有不慎，如火花飞溅引燃周边易燃物，便可能迅速引发难以控制的火灾，对施工设施及人员安全构成严重威胁。大型构件的吊装作业频繁进行，且施工区域内交叉作业现象普遍。不同工种、不同设备在有限空间内同时作业，极大地增加了作业过程中的不确定性，使得事故发生的可能性显著提升，给安全管理带来了极大的协调与管控难度。夜间施工时，施工现场照明不足，作业人员视线受到极大限制。在这种情况下，无论是人员操作还是设备运行，都难以精准把控，安全管控难度呈几何倍数增长，成为施工安全保障道路上的巨大阻碍，时刻威胁着夜间施工的顺利进行与人员安全。

二、经验做法

以“标准化、智能化、全员化、实战化”为核心，构建“四化一体”安全管控体系，全面提升安全管理水平。

（一）以标准化管理为引领，严密织就风险防控网络。严格依照《自永高速公司标准化工作要求》，精心编制《钢栈桥施工安全操作手册》。手册将 18 项高风险工序的管控流程逐一细化，以清晰、易懂的方式呈现给施工人员，让他们对每一步操作规范都了然于心，从源头上降低人为操作失误引发事故的可能性。采用高度为 1.2m 的定制化临边护栏，搭配踢脚板与密目网进行全封闭处理，确保临边防护无死

角。为高空作业人员配备齐全的防坠器，实现防坠器全覆盖，为高空作业安全加上坚实保障。同时，实行专用焊接面罩“一人一配”制度，有效防止焊接过程中的各类伤害。全面实行“动火作业三级审批”与“吊装令双签制”，通过层层把关，严格管控动火和吊装作业风险。针对节假日及夜间等特殊时段，动态升级作业管控等级，加强安全巡查与监督，确保特殊时段施工安全万无一失。

（二）以智能化监控为重要抓手，全力打造科技兴安护盾。在施工现场部署高清摄像头，构建全方位智能监控网络。利用先进的 AI 技术，实时识别未系安全带、违规跨越护栏等不安全行为。一旦发现异常情况，系统立即发出警报，并及时纠正违规行为，大大提高安全隐患排查的及时性与精准性。借助 VR 技术，模拟栈桥坍塌、溺水、火灾等各类事故场景，让作业人员身临其境感受事故危害。这种沉浸式培训方式，有效强化了作业人员的应急反应能力与安全意识，提升他们在真实事故发生时的应对能力。

（三）以全员化责任为根基，充分激发安全内生动力。依托“川交建安”系统，将 126 名作业人员全部纳入精细化网格管理体系。明确每个网格内人员的具体岗位责任，并建立严格的考核机制，确保安全责任精准落实到每一个人，形成全员参与、人人负责的安全管理格局。设立“行为安全奖”，鼓励作业人员通过日常安全行为累计积分，这些积分可兑换相应物资，实现安全行为的正向激励。同时，将违章行为与班组绩效紧密挂钩，促使班组内部及班组之间相互监督，共

同提升安全管理水平。积极开展“安全标兵评选”“隐患随手拍”等活动，充分调动员工参与安全管理的积极性。在施工现场张贴 22 余处安全标语，并录制安全教育广播循环播放，营造浓厚的安全文化氛围，让安全理念深入人心。

（四）以实战化应急为有力保障，切实筑牢生命防护之墙。结合钢栈桥施工特点，编制详细的《栈桥施工专项应急预案》。联合地方消防、医疗部门，定期开展“落水救援”

“火灾扑救”等实战演练，通过模拟真实场景，提高各部门协同作战能力与应急响应速度。配备水上救生艇、应急物资储备箱等专业应急装备，并按照模块化管理原则，确保在事故发生后 5 分钟内能够迅速响应并开展救援行动，为挽救生命争取宝贵时间。建立“项目总控+班组直联”的高效通讯体系，减少信息传递层级，确保指令快速传达、反馈及时。在夜间抢险时，启用无人机进行巡查支援，进一步提升应急指挥的效率与精准度。

三、应用成效

开工至今未发生高处坠落、火灾、溺水等事故，隐患整改率达到 100%，有效保障了施工安全。巡检减少人工巡查频次 40%，大大提高了巡检效率；培训箱培训合格率提高至 100%，提升了培训效果。获评省级“平安工地”标杆，吸引 3 家单位现场观摩学习，为行业安全管理提供了借鉴。

四、应用成本

智能化设备（AI 摄像头、传感器等）35 万元，定制化防护设施 28 万元，为安全管控体系的构建提供了硬件支持。

预计事故损失减少 80 万元，工期优化创效约 200 万元，充分体现了安全管理带来的经济效益。综合成本降低 8%，投入产出比达 1: 5.3，表明该安全管控体系具有较高的性价比。

五、问题探讨

智能化设备初期投入较高，部分中小项目承受力不足，限制了该体系的广泛推广。探索“设备租赁+云服务”模式，降低科技应用门槛，使更多项目能够受益于智能化安全管理。推动行业标准与技术创新深度融合，建立区域性安全资源共享平台，实现安全管理经验和资源的共享。

案例 10：安全生产动态星级考评

基本信息

项目名称：安全生产动态星级考评

申报单位：四川久马高速公路有限责任公司

应用范围：在建施工单位

实施时间：2021 年 5 月

申报类型：安全管理类

负责人：张宏

参与人员：公司安全环保部

案例经验介绍

一、背景介绍

为全面加强项目安全生产管控，牢固树立全员安全生产意识，激发全体参建单位做好日常全管理工作的动力和决心，树立正面典型，形成你追我赶的日常工作局面。

二、经验做法

在项目安全管理制度、项目奖罚制度的基础上，结合《中华人民共和国安全生产法》、集团公司八项管理制度等，完善《四川久马高速公路安全生产奖惩实施细则》，针对参建的监理单位及施工单位细化了月度、季度、年度的评比考核工作，并建立了季度、年度奖惩措施。

每月 25 日由公司安全环保部组织对各监理单位及施工

标段开展动态星级评比，施工单位评比工作分为施工现场管控与内业资料完善情况两部分进行打分，监理单位分为内业资料完善情况与施工现场管控情况（根据施工单位考评得分情况）两个部分进行打分，考核前三名的监理单位与施工单位，分别授予星级评比流动红旗，星级评比考核情况纳入季度安全工作考核。

三、应用成效

通过安全生产动态星级考评，有效提升各参建单位安全管理主观积极性，现场安全隐患得以及时控制、整改，降低安全生产事故发生几率。

四、问题探讨

制定的制度中以“处罚的资金用来奖励是否合理”，是否符合相关规定。

案例 11：“视-听-体感”三位一体沉浸式安全教育新模式

基本信息

项目名称：“视-听-体感”三位一体沉浸式安全教育新模式

申报单位：四川川汶高速公路有限责任公司

应用范围：川汶高速公路项目 TJ16 标

实施时间：2025 年 6 月

申报类型：安全管理类

负责人：张安

参与人员：易玉霞、蒋佳俊、马慧玲、江宗树、何明卫

案例经验介绍

一、背景介绍

G0611 川主寺至汶川段高速公路项目起于松潘黄胜关，顺接郎木寺至川主寺高速公路，经松潘、安宏、镇江关、两河口、渭门乡、茂县、雁门，止点设汶川枢纽与都汶、汶马高速公路相接。路线长 198.353 公里，桥隧比 92.71%，桥梁 52.694Km/114 座，隧道 133.517Km/37 座。全线共设互通 14 处（枢纽互通 1 处，一般互通 13 处）、服务区 3 处、停车区 3 处。项目批复概算 536.45 亿元，建设工期 5 年，项目于 2024 年 10 月先期开工，预计 2025 年 11 月全面开工，计划 2030 年 10 月建成通车。

川汶公司一直秉承“安全至上、质量第一、民生为大、效益优先”理念，狠抓安全培训，不断提升全体参建人员意识。对于传统的培训方式，长期以来各参建单位人员已产生疲惫感，其效果已不能满足当前安全管理的要求，为进一步提高安全培训效果，川汶公司联合四川路桥集团依托川汶高速 TJ16 标项目经理部，在 2#综合场站建立一个集多媒体、安全实操体验、标准样板展示于一体的安全教育培训中心，创建传统安全教育模式和实际体验式安全培训相结合的新培训模式。让员工通过逼真的虚拟现实体验高处坠落、触电、机械伤害、物体打击等事故，从心灵深处感受到安全生产的重要性，增强安全意识，预防事故发生，提升事故应对能力，降低事故损失，彻底解决安全培训的痛点和难点。

二、经验做法

（一）主要特点及功能

1.操作方便，可视化，教育内容丰富，配合事故案例。能够展现更多的体验场景，事故案例，同时体验环境更加真实完整，系统根据真实场景虚拟再现，让体验者直接在虚拟的项目中进行安全体验。

2.全程视、听、体感体验。在体验过程中，根据不同的体验内容，配以相应的视觉、听觉和体感触觉，来实现更加逼真的沉浸式体验。

3.全过程语音向导。在安全教育体验的全部项目中，均有声音和文字指引操作，根据指引操作就可完成全部的安全教育体验。

4.减少重复建设。大大减少了建设成本和拆除成本，可以重复使用，且不受场地大小及天气限制更加经济高效绿色环保。

（二）安全教育培训中心构成

安全教育培训中心由序厅、安全体验区和多媒体会议室三大区域组成。其中体验区主要体验项目：钢丝绳吊具展示、隧道逃生体验、劳保可视化系统、VR 行走平台、VR 高坠体验、电子消防体验、安全急救体验、安全帽撞击体验、机械伤害体验、电焊作业实操体验、综合用电体验、密闭空间体验。通过视觉、听觉、语言、动作等表现方法，让参与者亲身体验风险过程，达到提升安全素养与安全意识的目的。

（三）安全教育培训中心展示



图 1 钢丝绳吊具展示



图 2 用电安全体验



图 3 电子消防灭火



图 4 可视化劳保展示



图 5 安全急救体验



图 6 智能安全帽撞击体验



图 7 电焊实操体验



图 8 机械伤害体验

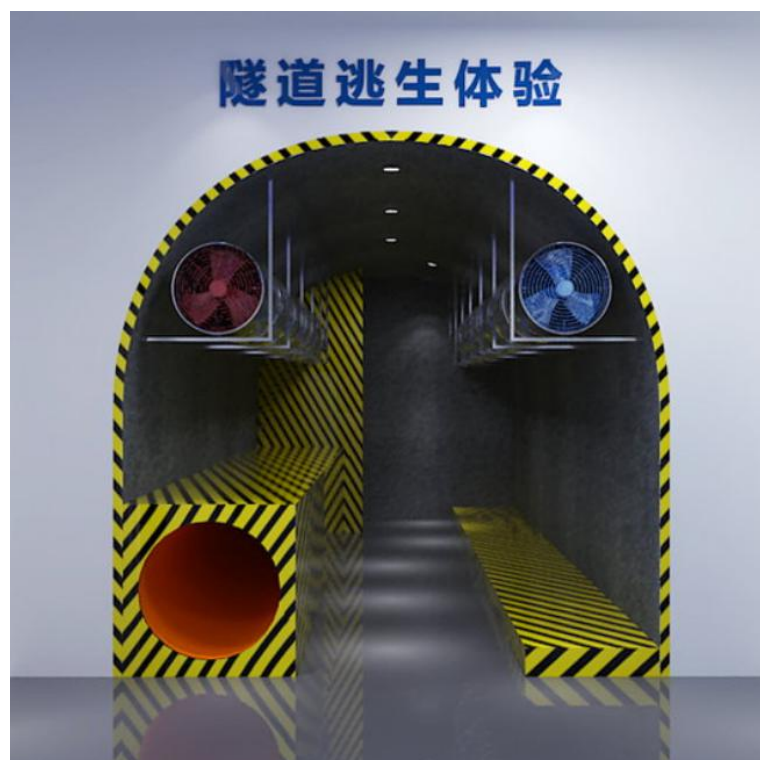


图 9 隧道坍塌逃生体验



图 10 氧气乙炔智能互动装置



图 11 VR 高坠体验



图 12 有限空间体验



图 13 VR 行走平台

三、应用成效

本安全教育培训中心自投入运行以来，在提升产业工人安全素养、规范安全行为方面取得了显著成效，其创新模式有效解决了传统安全培训的诸多痛点：通过“全程视、听、体感体验”和“虚拟再现真实场景”（创新点 2、1），中心将抽象的安全规定和潜在风险转化为具象、震撼的沉浸式体验。例如，VR 高坠体验、安全帽撞击体验等，让工人切身感受到违规操作带来的严重后果，远超传统课堂说教的警示效果。参与者普遍反馈印象深刻，主动安全意识显著增强。

“减少重复建设”的核心优势得到充分体现。中心一次性投入建成后，可长期、重复用于各类高风险体验项目（如隧道逃生、密闭空间、高坠、机械伤害等）的培训，无需为每次培训搭建实体场景或外租场地。不受天气、场地大小限制，培训计划灵活可靠。大幅降低了长期培训的人均成本，经济高效且绿色环保。“安全教育培训中心构成”中的丰富体验区（钢丝绳吊具、隧道逃生、劳保可视化、VR 行走平台、电子消防、安全急救、电焊实操、综合用电等），覆盖了施工现场及作业中最常见、最关键的安全风险点。通过“操作方便，可视化，教育内容丰富，配合事故案例”（创新点 1），特别是“全过程语音向导”（创新点 3），工人能在安全环境下反复练习标准化操作流程（如正确使用灭火器、心肺复苏、规范用电、佩戴劳保用品），有效提升应急处置能力和规范操作技能。结合“事故案例”的沉浸式体验（创新点 1），让工人“亲身体验风险过程”（中心目标），深刻理解“三

违”（违章指挥、违章操作、违反劳动纪律）行为的可怕后果，有效破除侥幸心理。序厅、多媒体会议室配合体验区，系统性地传递安全理念、法规要求和企业安全文化，营造浓厚的安全氛围。“全过程语音向导”和标准化体验流程（创新点3），确保了培训内容的统一性和规范性，避免因讲师水平差异导致培训效果参差不齐。所有参与者接受相同质量的体验和教育。

四、问题探讨

尽管中心成效显著，但在实际运行中仍面临一些挑战和需要改进之处：

1.初期投入成本较高。虽然长期运营成本低，但中心的建设（尤其是高质量的VR设备、仿真模拟系统、多媒体设备等）需要较大的初始投资，对部分中小企业可能存在资金压力。

2.设备维护与更新需求。高度依赖技术设备（VR头显、电子模拟装置、触感反馈系统等），其维护、保养、软硬件更新升级需要专业人员和持续投入，以保证系统稳定运行和内容时效性。

3.内容深度与更新迭代。部分体验项目（特别是VR场景）的内容深度和细节真实性仍有提升空间。需要持续投入，根据行业新风险、新法规、新工艺以及事故教训，及时更新和扩展体验内容库，保持培训的前沿性和针对性。

4.部分特殊人群适应性问题。对于年龄较大、对新技术接受度低或存在晕动症的工人，VR等沉浸式体验可能存在

适应困难，影响体验效果。需要提供替代方案（如观看高清录像、详细讲解）或加强引导适应。

5.体验与实操操作的衔接。虚拟体验虽好，但最终仍需落实到真实作业环境中。需要思考如何更好地将虚拟环境中习得的反应和技能，无缝、有效地迁移到复杂的实际工作场景中。可能需要结合现场实操指导和监督强化。

6.高峰时段接待能力。体验设备数量有限，在集中培训（如新工人入场、安全月活动）高峰时段，可能面临排队等候、体验时间压缩等问题，影响培训效率。需要优化排班计划和预约管理。

7.培训效果量化评估。虽然体验感强、反馈好，但如何更科学、量化地评估该中心培训对实际事故率、违章率下降的长期影响，仍需建立更完善的数据跟踪和分析体系。

本安全教育培训中心通过其创新的沉浸式、场景化、低成本、可持续的培训模式，有效克服了常规产业工人安全培训存在的枯燥无效、成本高昂、资源受限、覆盖面窄、脱离实际、意识提升难等核心痛点，在提升工人安全风险认知、规范操作技能、强化安全意识方面展现出显著优势。其丰富的体验项目和视听体感结合的方式，使安全教育真正入脑入心。

案例 12：“安全积分超市”管理制度

基本信息

项目名称：“安全积分超市”管理制度

申报单位：国道 351 夹金山隧道工程土建施工（TJ 标段）

项目经理部

应用范围：国道 351 夹金山隧道工程土建施工（TJ 标段）

实施时间：2022 年 6 月

申报类型：安全管理类

负责人：王胜利

参与人员：冯清扬、黄林、陶维富、程恒

案例经验介绍

一、背景介绍

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的安全生产工作方针，以落实“三管三必须”为抓手，坚持抓基础、抓示范、抓关键的原则，提高全员安全生产责任意识和安全素质，规范安全行为和管理，营造全员“懂安全、会安全、管安全”的良好氛围，夯实基层和基础的“双基”安全管理，大力推进夹金山隧道项目建设安全生产管理标准化。

二、经验做法

创建“安全积分超市”活动，能够发挥安全积分正向激

励作用，充分调动项目管理人员工作积极性及一线作业人员消除自身违规作业行为、纠正工友违章作业行为的主观能动性，提升项目安全管理水平，营造良好的安全生产正向氛围。

结合施工人员的切实需要，项目购买食品、生活用品等各类物资。公平公正地向现场作业人员发放积分卡，使其使用安全积分兑换超市内物品。

主要通过日常开展安全教育培训、班前教育讲话等活动中对现场作业人员宣传和推进“安全积分超市”的运营，让作业人员能够明白怎么样能够获得积分，又怎么样才能将积分兑换成自己有用的生活物资。现场安全管理人员的主动引导，比如在现场询问作业人员自身岗位风险、突发情况上报和应急撤离、自救互救等安全知识，作业人员回答，根据回答情况安全人员进行补充教育，最后奖励安全积分，现场作业人员从最初对积分超市的不了解，到现在的积极参与。促进了项目各岗位人员能够勇于发现现场隐患、阻止违规违章作业、自觉地接受安全教育培训等工作来获得安全积分，兑换生活物资。

现场作业人员通过对自我安全、他人安全、环境安全和提出安全合理建议等方面，积极主动的向项目安全管理人员或“安全积分超市”超市管理员换取积分卡，使用安全积分换取超市内物品。

通过安全积分超市的运营，推动了全员监督举报安全隐患、深入消除安全隐患，及时纠正员工行为规范、促进员工积极参加安全培训等作用，充分调动了现场作业人员参与安

全、管理安全的积极性和主动性，大大提高了安全管理效率，持续畅通了“安全管理最后一公里”。

三、应用成效

通过“安全积分超市”活动的持续开展，作业人员能够主动阻止违规违章作业。例如：高空作业未系安全带，旁边的工友及时阻止并提醒正确佩戴安全带，保护了工友的安全；安全帽佩戴不规范，同班组人员主动帮忙系好帽扣。同时作业人员发现作业场所安全隐患能在第一时间主动报告现场管理人员、并积极协助消除作业场所安全隐患。例如：作业人员发现一处临边无防护栏杆，主动向安全管理人员报告，安全管理人员及时消除现场环境安全隐患；发现现场消防器材缺失或过期失效，第一时间上报调度室，安全部门立即复核并更换或增设新的消防器材。作业人员自觉接受安全教育培训，有部分作业人员能够主动的去讲安全、提安全、学习安全知识，创建了“人人讲安全”的安全氛围。



图1 “安全积分超市”布置图

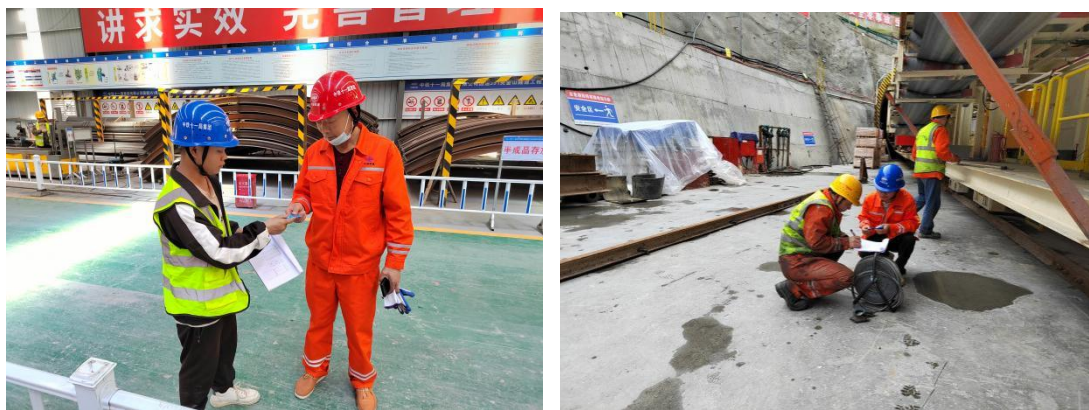


图2 “安全积分卡”发放



图3 “安全积分”兑换生活用品

四、问题探讨

积分标准设计若不合理，则公平性存疑。积分规则是核心，但实际中常出现“一刀切”或“模糊化”问题，如工种适配性差，不同工种的安全操作要求差异显著（如架子工需关注高空防护，电工需关注用电规范），若用统一积分标准（如“正确佩戴安全帽均加2分”），会导致高风险工种的核​​心安全行为（如安全带正确使用）未被重点激励，而低风险工种的“简单合规”却能轻松得分，引发工人不满。

精细化设计积分规则，保障公平性分类制定标准。按工种（木工、电工、架子工等）和风险等级（高风险、中风险、低风险）细化积分项，例如：高风险工种（如起重机械司机）：

“规范操作吊具加 5 分/次” “发现设备隐患加 10 分”；低风险工种（如材料员）：“正确堆放易燃材料加 3 分/次”。

案例 13：高风险隧道施工应急撤离避险机制

基本信息

项目名称：高风险隧道施工应急撤离避险机制

申报单位：折多山指挥部

应用范围：折多山隧道项目

实施时间：2020 年 3 月

申报类型：安全管理类

负责人：郭守傲

参与人员：何山玉

案例经验介绍

一、背景介绍

折多山隧道受活动断裂带和地质构造影响，地下水极其发育，围岩自稳性极差，遇水容易软化，且变化频繁，项目地质灾害易发，隧道施工多次出现险情，施工安全风险极高。通过经验总结，在隧道施工过程中常态化落实应急撤离避险措施，加强一线施工人员应急避险教育培训，提升应急处置能力。

二、经验做法

（一）技术员、安全员旁站

隧道施工过程中严控掌子面人数，技术员、安全员设AB岗，全过程旁站，结合隧道洞口值班室视频监控，多哨观察，确保第一时间发现险情、察觉危险并迅速反应。

（二）常备应急车辆

在隧道仰拱处常备一台应急皮卡车并定期进行检修维护，应急车辆不上锁，钥匙放在主驾驶位置，确保在紧急时刻旁站的技术员、安全员能第一时间发动应急车辆，工人能第一时间乘坐应急车辆，确保全员及时撤离。



图1 隧道应急车辆

三、应用成效

2020年5月2日晚，折多山隧道PK1+064在中隔墙安装第4榀钢架时，拱顶有少量泥沙掉落，呈饱水状态，后出现小股水流，逐渐扩大。在再次封堵过程中，发生较大涌水涌泥（后

经测算涌出量约2000方），在现场旁站的技术人员在发现有涌突征兆后立即启动应急车辆并叫应施工人员，掌子面人员全员第一时间乘坐应急车辆撤离。在本次险情处置中，应急撤离避险机制的执行落实，确保了掌子面施工人员的成功撤离。

四、问题探讨

在隧道施工过程中，技术员、安全员设AB岗，常备至少一台应急车辆在洞内，施工单位要加大人员、设备投入，并持续做好教育培训，杜绝出现麻痹思想、侥幸心理，多端发力，确保施工安全生产。针对隧道地质条件极其复杂、地质灾害易发，要严格做好风险预判，落实应急保障物资，突发情况时坚决第一时间撤离，强化快挖、快支、快锚、快封闭的“四快”指导思想，处理好施工进度与施工安全间的矛盾，确保隧道安全有序推进。

案例 14：数字网格管理系统

基本信息

项目名称：数字网格管理系统

申报单位：四川公路桥梁建设集团有限公司、四川宁西高速公路建设开发有限公司

应用范围：西香高速公路项目 TJ13 标、西宁高速建设项目

实施时间：2025 年 6 月

申报类型：安全管理类

负责人：邓虎、雷良

参与人员：胡鹏、蔡松、张闻捷、曹然、刘毅、蒋国辉

案例经验介绍

一、背景介绍

根据《四川省交通运输厅关于在全省在建高速公路项目施工现场实行安全生产网格化管理的通知》要求，为进一步压实在建高速公路项目施工现场安全生产主体责任，强化在建高速公路项目施工一线作业安全管理，全面提升项目安全生产管理水平，预防和减少安全生产事故发生，省交通运输厅经研究决定在全省在建高速公路项目施工现场实行安全生产网格化管理。

二、经验做法

网格化管理模式能将人与责任区域进行一一对应，但普

遍存在无法实时跟踪现场人员的在线状态，无法获取现场人员轨迹的痛点，因此我们将网格化管理模式应用到手机上，让管理人员、现场人员在手机 APP 上就能参与全员、全过程、全方位的一线末端施工作业安全生产管理体系，并且能随时全面的掌握人员在线情况。设置一级网格、二级网格，并关联对应的网格人员，在此基础上设置三级网格，将危险性较大的作业区域进行单独管理，要求网格员进行跟班作业。

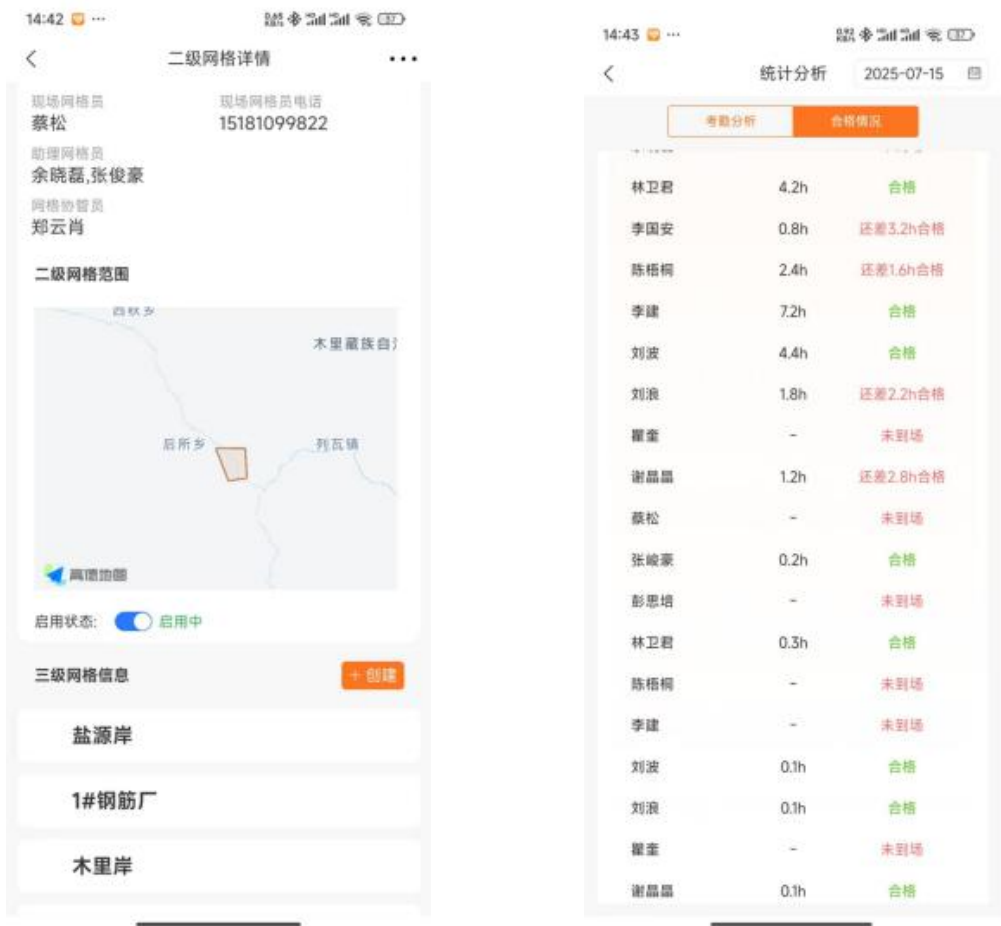


图 1 网格手机应用详情

网格员巡查过程中有履职清单，现场网格员需根据履职清单填写每日日志，隐患排查与整改。可视化大屏中可实时查看一级、二级、三级网格状态以及隐患情况、人员轨迹等关键内容

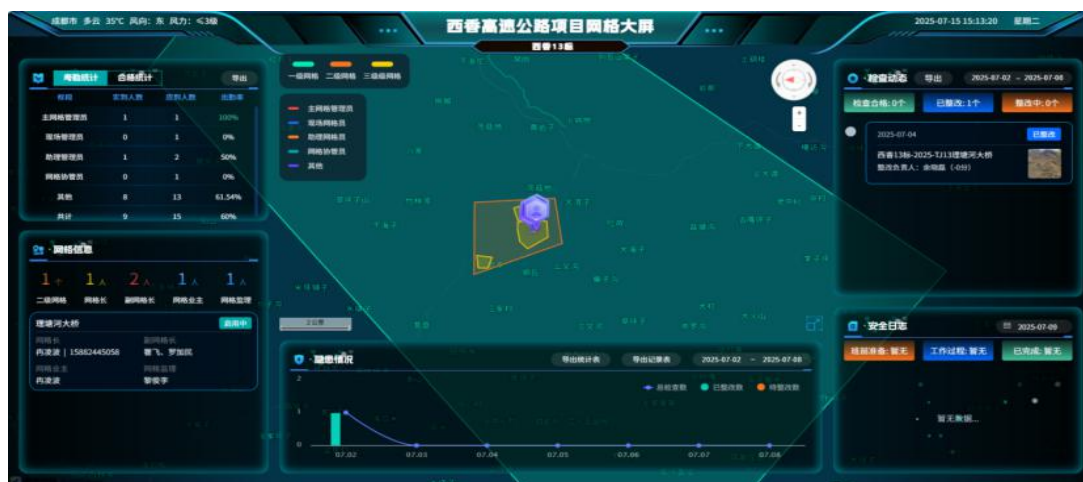


图 2 网络大屏

三、应用成效

（一）管理效能提升

- 1.人员出勤率提升
- 2.安全日志每日稳定提交
- 3.隐患发现效率提升
- 4.隐患整改周期缩短
- 5.在二级网格的基础上划分三级网格，督促管理人员进行更细致的安全管理

（二）可视化决策支持

- 1.可视化大屏实时显示网格人员数量、安全日志填报状态、隐患整改情况
- 2.历史数据可追溯，支持按周、按月导出统计数据

四、应用成本

年成本为 28000 元，无需依赖其他外部设备及传感器，实现了低成本高效管理。

五、问题探讨

需要手机不断上传定位来判断人员是否在网格内以及

计算人员在线时长，现场的温度、网络环境以及不同手机的后台运行效能不同，会增加手机耗电量。

案例 15：“口袋照片”

基本信息

项目名称：“口袋照片”

申报单位：中交第四航务工程局有限公司岷江老木孔航电枢纽

工程主体工程土建II标工程项目经理部

应用范围：岷江老木孔航电枢纽工程主体工程土建II标

实施时间：2024 年 2 月

申报类型：安全管理类

负责人：陈孟

参与人员：张涵、易鸿源、孙茂、赵伟红、张志宇

案例经验介绍

一、背景介绍

岷江老木孔航电枢纽工程主体工程土建II标工程项目经理部主要负责枢纽船闸工程施工，涉及深基坑作业、防洪度汛、起重吊装、高大模板安拆、脚手架安拆等较大风险，人员设备密集，高峰期不足 1km 的施工范围内约 500 人同时作业，起重吊装设备超过 20 台，人员习惯性违章时有发生。安全事故发生大多源于人员违章及安全意识不足，以往提升产业工人安全意识通常采取正向激励或严厉处罚手段，本项目采取一种新型的温情方式，潜移默化树牢产业工人“我要安全”的意识。

二、经验做法

每个人初衷都是挣钱养家，内心深处最大的愿望都是家庭的幸福与平安，项目部收集进场人员妻儿、父母等关系亲密人员的照片，照片背面留下家人对该产业工人的祝福语，

“平平安安安”“少熬夜”“注意安全”“常回家看看”“爸爸，累了多休息”……这些祝福简短、朴实，既包含了对工人平安工作的祝福，也有对他们日常生活中小事的关心。

项目部将照片和祝福制作成“口袋照片”，一线工人将其放在左胸口的透明口袋内，“把家人的期盼放在心上，安全也就自然放在了心上”。

三、应用成效

这样的实施过程，不仅让“口袋照片”成为了一个安全提醒的物理媒介，更成为了连接工人和家人情感的桥梁。每次触碰到口袋中的照片，不仅是对安全重要性的提醒，也是感受家人爱与期盼的时刻，提醒他们为了家人的等待，必须安全无事地完成每一天的工作。

经过“口袋照片”安全文化的推行，我们发现一线工人整体安全意识显著提高。这一做法不仅加深了工人对安全重要性的理解，还促进了他们之间的相互提醒和监督，形成了一个积极的安全文化氛围。更重要的是，将家人的期待和关切融入工作的每一刻，使工人更加珍惜生命，主动遵守安全操作规程。项目团队记录的个人违规现象明显减少，证明了“口袋照片”不仅是一种情感的寄托，也成为了维护安全的有力工具。



图 1 口袋照片实际应用

四、问题探讨

可能涉及个人隐私问题，但是项目部在产业工人进场时都会交代清楚，收集的照片只用于印制照片给工人个人后进行删除，不会擅自传播，产业工友们能理解并支持项目部的安全文化推广行为。

案例 16：安全管理之亲情文化

基本信息

项目名称：安全管理之亲情文化

申报单位：镇广高速公路项目

应用范围：镇广高速公路项目全线

实施时间：2023 年 12 月

申报类型：安全管理类

负责人：张翔

参与人员：潘建宏、谷冀明、曾亮、申伟、苏浩东、刘君、
何明凡、张晏山、肖叁

案例经验介绍

一、背景介绍

镇广高速项目桥隧比高，施工全线涉及桥梁、隧道、路基施工，隧道均为微瓦斯隧道，桥梁涉及高墩柱、架桥机作业、挂篮施工等，整体施工风险较高，人员习惯性违章时有发生。

二、经验做法

将家庭式的关怀、情感纽带和责任感引入到安全生产管理中，通过激发工人对家庭、对亲人的爱与责任，来强化其安全意识，引导其安全行为，最终实现从“要我安全”到“我要安全”、“我能安全”、“我们共同安全”的根本转变。

生产过程中，作业工人出现三违现象时，项目充分利用亲属的感召效应，采取短信或微信载体对相关违章人员开展安全生产再教育。相比于冷冰冰的罚款和通报批评，来自家人的关心和嘱咐更能触动员工的内心。工人可能不在乎领导的批评，但会在乎妻子的担忧、孩子的期望和父母的牵挂。这种“情感约束”比“制度约束”往往更有效、更持久，能够从“要我安全”的被动状态，转变为“我要安全”的主动意识。班前五分钟安全教育时通过连线工人亲属、阅读其家人书信，提醒他们是家里的“顶梁柱”，潜在意识规范他们的安全行为。针对重复出现的三违行为，以班组为单位开展脱产安全警示教育，用集体荣誉规范班组安全行为。

三、应用成效

规章制度是外在约束，而家庭和亲情是工人内在最根本的动力源泉。一句“你的安全是家人最大的幸福”远比“违反规定罚款 100 元”更有冲击力和持久性。它将安全责任从个人延伸到家庭，让工人意识到自己的安全不仅仅是个人的事，还关系到父母的赡养、配偶的依靠、子女的成长。这种方式不是简单的“告状”，而是邀请家属成为“安全协管员”，将安全教育从工作场所延伸到家庭，构建了“项目部-作业工人-家庭”三位一体的安全共同体。共同帮助作业工人改正错误。信息的内容通常是关心、提醒和期望，而不是指责，更容易让作业工人接受。家属的规劝方式更柔和，减少了员工的抵触和逆反心理，避免了因单纯处罚可能导致的对立情绪。让他们了解到亲人工作的危险性，从而在日常生活中更

能理解和支持亲人的工作，多一份提醒，少一份后顾之忧，能从情感层面极大地增强其安全意识。



图 1 手机温馨提醒

四、问题探讨

- 1.未经同意将其违章信息告知家属，可能侵犯个人隐私，引发强烈的反感和信任危机。最佳实践是在入职或项目开始时，就与产业工人和家属沟通好这项政策，将其作为一项自愿参与的“安全共建”活动。
- 2.发送给家属的信息绝不能是简单的“告状”或“投诉”。语气必须是关怀的、提醒式的建设性的。要避免过于频繁地发送信息或描述过于严重的后果，以免让家属终日提心吊胆，反而影响家庭氛围。重点应放在“共同提醒”上，而非“制造恐慌”。
- 3.这种方法应作为传统安全管理体系的有力补充，而不能完全取代必要的安全培训、现场监督、违规处罚等硬性措施。它是一个“软抓手”，需要与“硬制度”相结合。