

无锡至江阴城际轨道交通工程节段梁架设工程 “4·28”一般物体打击事故调查报告

2022年4月28日13时57分许，无锡至江阴城际轨道交通工程节段梁架设工程青阳站至徐霞客站高架区间施工现场发生一起物体打击事故，造成1名作业人员死亡，2名作业人员受伤，直接经济损失约189万元。

事故发生后，市应急局、住建局和江阴市应急局、消防、公安等相关部门负责人迅速赶赴现场，指导应急救援和善后处理工作。根据《生产安全事故报告和调查处理条例》（国务院令第493号）和《无锡市生产安全事故报告和调查处理办法》（市政府令第122号）的规定，无锡市政府成立了由市应急局副局长徐孝力任组长，市应急局、市住建局、市市场监管局、市公安局、市总工会和江阴市公安局等部门负责人为成员的事故调查组，迅速开展事故调查工作。根据事故调查需要，事故调查组聘请了5名专业技术人员组成专家组，对该起事故的技术原因进行分析，并提出技术分析报告。

事故调查组按照科学严谨、依法依规、实事求是、注重实效的原则，通过认真细致的现场勘察、调查取证、检验检测和综合分析，查明了事故发生的经过、原因和人员伤亡等情况，认定了

事故性质，明确了事故责任，提出了对事故责任单位和责任人员的处理建议，并针对事故原因及暴露出的问题，提出了事故防范和整改措施。现将事故调查情况报告如下：

一、事发工程参建单位

1. 建设单位：锡澄中车（无锡）城市轨道交通工程有限公司（以下简称“锡澄中车公司”），公司类型：有限责任公司；注册地：江阴市大桥南路 39 号；注册资本：80000 万元整；统一社会信用代码：91320281MA20RA62XU；法定代表人：夏生祥；经营范围：无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目的投资、建设、运营及维护；工程管理服务；城市快速轨道交通客运服务等。

2. 施工总承包单位：苏州中车建设工程有限公司（以下简称“苏州中车公司”），2022 年 1 月苏州中车公司更名为江苏中车城市发展有限公司，公司类型：有限责任公司（非自然人投资或控股的法人独资）；注册地：无锡市锡山区安镇街道丹山路 78 号锡东创融大厦 A 座 301-218；注册资本：30000 万元整；统一社会信用代码：913205941348477686；法定代表人：刘德欣；经营范围：承接道路桥梁、隧道、基础设施、市政管理工程、轨道交通工程等；具市政公用工程施工总承包壹级资质。

3. 专业分包单位：中铁十九局集团第六工程有限公司（以下简称“中铁十九局六公司”），公司类型：有限责任公司；注册地：江苏省无锡市无锡国家高新技术产业开发区香山路 7-101；注册资本：105000 万元整；统一社会信用代码：

91320213701345837U；法定代表人：周宝春；经营范围：建设工程施工、特种设备安装改造修理、公共铁路运输等，具建筑工程施工总承包贰级、桥梁工程专业承包壹级资质。

4. 施工监理单位：西安铁一院工程咨询监理有限责任公司（以下简称“西安铁一院监理公司”），公司类型：有限责任公司；注册地：陕西省西咸新区沣西新城西部云谷一期13号楼603室；注册资本：2000.0089万元；统一社会信用代码：91610131783553436A；法定代表人：周虹；经营范围：国内外建设工程项目的工程监理业务等，具工程监理综合资质。

5. 架桥机所属单位：郑州新大方重工科技有限公司（以下简称“新大方公司”），公司类型：有限责任公司（自然人投资或控股）；注册地：郑州市二七区马寨工业园区明晖路1号；注册资本：10422万元整；统一社会信用代码：914101006147054431；法定代表人：张志华。经营范围：设计、生产、销售自产的电站辅机、施工设备、轮胎式运梁车；改造、维修、安装特种设备等，具特种设备生产许可证。

6. 劳务单位：辽宁砫鑫建筑工程劳务有限公司（以下简称“辽宁砫鑫劳务公司”），公司类型：有限责任公司（自然人独资）；注册地：辽宁省营口市鲅鱼圈区盐场天鸿小区09-02-01门市；注册资本：1000万元整；统一社会信用代码：91210804MA10PJM07J；法定代表人：高成。经营范围：劳务服务、各类工程建设活动、施工专业作业、建筑劳务分包等，具施

工劳务资质。事故中死者和伤者是该单位人员。

二、工程概况

（一）无锡至江阴城际轨道交通工程节段梁架设工程

事发工程为无锡至江阴城际轨道交通工程节段梁架设工程，该工程属于无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目的一部分。

2020 年 7 月 8 日，锡澄中车公司与苏州中车公司签订《无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目施工总承包合同》，将无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目（以下简称“锡澄轨道工程 PPP 项目”）发包给苏州中车公司，合同价为玖拾亿捌仟叁佰零叁万玖仟肆佰壹拾捌元整（¥9083039418.00）。锡澄轨道工程 PPP 项目已于 2020 年 10 月 27 日办理建筑工程施工许可证，由无锡市建设工程管理服务中心进行监管。

2020 年 7 月 30 日，苏州中车公司与中铁十九局六公司签订《无锡至江阴城际轨道交通工程节段梁架设工程专业分包合同》，将无锡至江阴城际轨道交通工程节段梁架设工程（以下简称“节段梁架设工程”）专业分包给中铁十九局六公司，工程范围包括：南闸站至江阴南站区间、江阴南站至青阳站区间、青阳站至徐霞客站区间、徐霞客站至堰桥站区间节段梁架设工程。合同价为贰亿陆仟柒佰伍拾捌万捌仟玖佰玖拾柒元整（¥267588997.00）。

节段梁架设工程的监理单位是西安铁一院监理公司。按照监理合同，西安铁一院监理公司负责锡澄轨道交通工程（高架段）

土建及风水电工程的监理工作，合同总价为叁仟零玖拾叁万玖仟贰佰元整（¥30939200.00）。

2021 年 9 月，中铁十九局六公司组织施工力量开始进行节段梁架设工程的施工。节段梁架设工程项目部的主要管理人员有：项目经理李某伟，具一级注册建造师资格（证件号码：232700xxxxxxxx6018）和 B 类人员安全生产考核证书（证书编号：苏建安 B（2018）0018936）；安全总监吴某，具 C 类人员安全生产考核证书（证书编号：苏建安 C2（2019）0028671）；技术负责人徐某山；安全员有夏某柱（C 类人员安全考核证书编号：苏建安 C1（2019）0031713）和史某鹏（C 类人员安全考核证书编号：苏建安 C2（2021）0032330）等。

中铁十九局六公司共租赁了 3 家单位的 5 台架桥机用于节段梁架设工程的施工，3 家单位分别是新大方公司、秦皇岛天业通联重工科技有限公司和武汉通联路桥机械技术有限公司。事发架桥机是 4 号架桥机，所属单位是新大方公司。中铁十九局六公司与新大方公司于 2021 年 5 月 14 日签订了《节段梁架桥机租赁合同》，租赁新大方公司的 2 台节段梁架桥机，合同价为柒佰叁拾肆万叁仟壹佰柒拾壹元叁角捌分（¥7343171.38）。

2021 年 11 月 12 日，中铁十九局六公司与辽宁砭鑫劳务公司签订《节段梁架设工程劳务分包合同》，由辽宁砭鑫劳务公司负责青阳站至徐霞客站、徐霞客站至堰桥站 3、4、5 号架桥机施工范围的节段梁架设工序的劳务作业，作业内容为节段梁吊装、

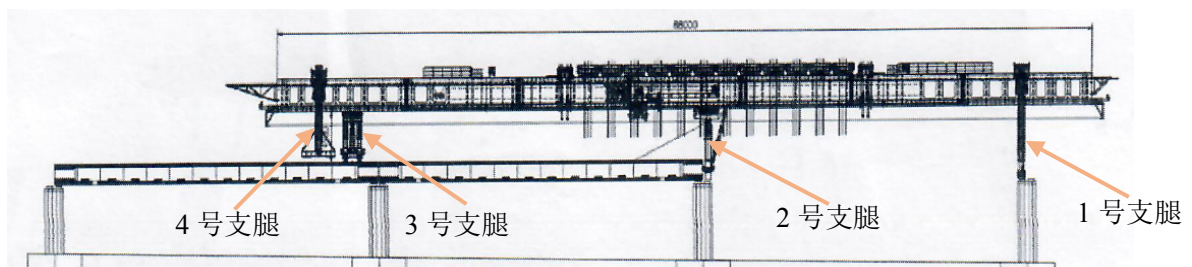
移动、胶拼、孔洞封堵、过孔配合等节段梁架设的一切劳务作业，合同价为贰仟贰佰柒拾玖万玖仟零伍拾元整（¥22799050）。

至事故发生时，节段梁架设工程已完成工程形象进度约49.5%

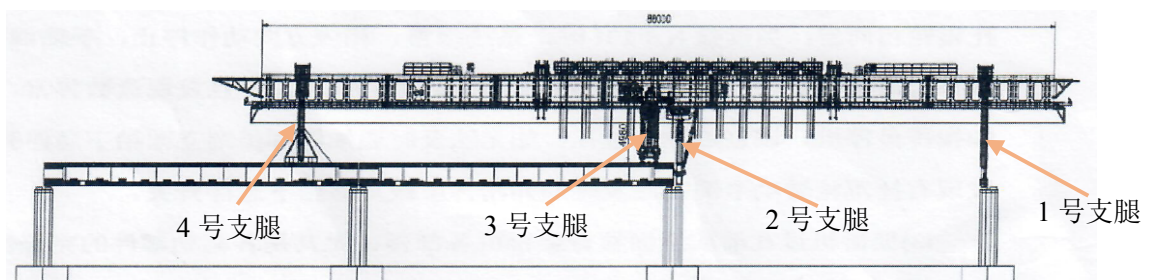
（二）DP50/40 型架桥机过孔作业流程概述

事发架桥机为 DP50/40 型，长 88m，重 476t，过孔作业流程如下：

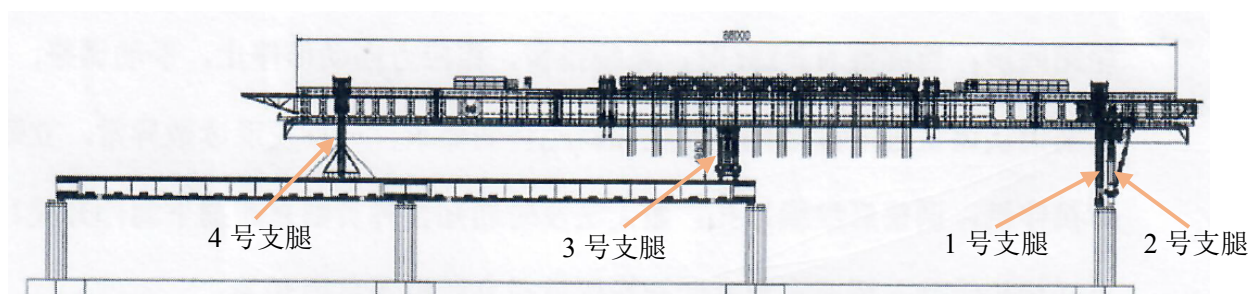
步骤一：架桥机 2、3 号支腿与主梁的顶紧装置松开，架桥机准备过孔；2 号支腿后方拉缆风绳，架桥机 2、3 号支腿托辊配合推动架桥机前行，第一次过孔到位；将 1 号支腿支撑下横梁两侧的横移油缸收缩，两段支撑下横梁对位，并用螺栓进行紧固；支撑 1、4 号支腿，4 号支腿与梁面拉缆风绳。



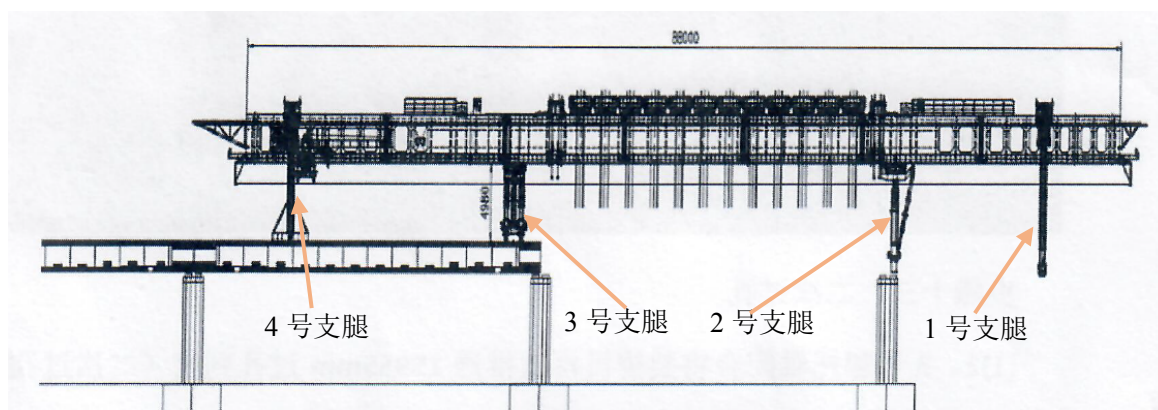
步骤二：天车开至 3 号支腿上方，连接吊具与 3 号支腿，收缩 3 号支腿油缸，3 号支腿脱空，天车倒运 3 号支腿到 2 号支腿后方支撑，解开吊具与 3 号支腿的连接；



步骤三：天车开至 2 号支腿上方，连接 2 号支腿与吊具，天车吊起 2 号支腿纵移至距离 1 号支腿约 2 米处停下，用倒链葫芦把 2 号支腿增高接吊起；天车吊运 2 号支腿穿过 1 号支腿，放下 2 号支腿增高节并固定，2 号支腿在 1 号支腿前方桥墩垫石支撑，2 号支腿拉缆风绳于桥墩上。



步骤四：将 1 号支腿支撑下横梁的固定螺栓取下，解除 4 号支腿缆风绳，收缩 1、4 号支腿；将 1 号支腿支撑下横梁打开以通过 2 号支腿；2、3 号支腿托辊配合推动架桥机第二次过孔，到位后，顶紧 2、3 号支腿与主梁间楔形块；拆除 2 号支腿后方缆风绳，架桥机过孔完毕。



三、事故经过及救援情况

根据节段梁架设工程项目部安排，4 月 28 日当天进行青阳站至徐霞客站高架区间 142 号桥墩和 143 号桥墩之间节段梁架设

施工。节段梁架设工程施工现场由辽宁砫鑫劳务公司进行施工管理，中铁十九局六公司安排安全管理人员进行现场监督。

6时30分许，新大方公司架桥机操作员郭某涛、余某和辽宁砫鑫劳务公司10名劳务作业人员到达施工现场，进行节段梁架设的准备工作。辽宁砫鑫劳务公司班组长邓某昆负责施工现场的组织协调，其他劳务人员按照分工进行节段梁吊装、移动、胶拼、孔洞封堵、过孔配合等节段梁架设的劳务作业；郭某涛持有架桥机操作证，负责操作架桥机进行过孔、吊装等作业；余某是架桥机实习生，无架桥机操作证，负责做辅助工作。自2021年9月节段梁架设工程开始施工至事故发生前，该班组的作业人员已完成43孔节段梁架设。

7时许，中铁十九局六公司安全生产管理人员夏某柱和施工员王某到达作业现场，进行作业指导和安全监督。

9时20分许，郭某涛在架设好的梁面上通过无线遥控器操作，开始进行架桥机过孔作业，其他作业人员通过对讲机与郭某涛联系，进行辅助作业。此时架桥机1、4号支腿脱空，郭某涛操控2、3号支腿托辊推动架桥机第一次过孔到位，劳务人员邓某鹏、邓某祥和何某波在142号桥墩上把螺栓插入1号支腿两段支撑横梁连接法兰的螺孔，随后邓某祥和何某波离开142号桥墩，由邓某鹏拧紧螺帽。郭某涛操作架桥机使1号支腿在142号桥墩墩顶支撑，然后操控4号支腿在3号支腿后方梁面支撑，并固定4号支腿的缆风绳。

13 时许，作业人员午饭后回到施工现场继续工作，班组长邓某昆在地面指挥协调，邓某祥通过梯笼爬到架桥机的天车，整理天车移动时的电缆。郭某涛操控天车倒运 3 号支腿至 2 号支腿后方的梁面支撑，然后邓某鹏通过架桥机的梯笼爬到 142 号桥墩上进行观察。郭某涛操控天车要倒运 2 号支腿到 142 号桥墩墩顶 1 号支腿前方支撑，当天车倒运 2 号支腿运行至距离 1 号支腿 2 米左右时停下，此时何某波正通过架桥机梯笼，到 142 号桥墩上准备和邓某鹏一起吊起 2 号支腿增高节以便通过 1 号支腿。

13 时 57 分许，架桥机北端突然下沉并向北滑移，架桥机北端撞到 141 号桥墩后坠落至地面，将在 142 号桥墩上作业的邓某鹏压住；何某波被震飞落到地面，肺部挫伤；邓某林、邓某祥等人随架桥机坠落，邓某林脚部受伤。

事故发生后，现场人员立即拨打 110 报警并拨打 119、120 急救电话，消防人员和 120 救护人员到达现场，将受伤人员送至 904 医院救治。市应急局、住建局和江阴市应急局、消防、公安等相关部门立刻组织对被困人员邓某鹏进行救援。142 号桥墩高 13.5 米，架桥机重约 476 吨，各救援单位和专家制定了救援方案，积极进行营救，协调了 6 台大型汽车起重机参与事故救援。4 月 29 日 14 时 10 分许，邓某鹏被救出，立即送往徐霞客医院，经抢救无效死亡。

四、现场勘察情况

经现场勘查，架桥机总长 88m，桥墩高 13.5m，架桥机北端坠落在地面上，南端卡在 142 号桥墩上，1 号支腿已弯曲变形，

141 号桥墩已倾倒，位于架桥机的下方，架桥机 3 号支腿已与架桥机分离，陷在泥土里。作业人员邓某鹏当时被压在 142 号桥墩和架桥机之间，如图 1 和图 2 所示。



图 1 事发现场倾倒的架桥机



图 2 事发现场倾倒的架桥机

4月29日，负责该起事故技术原因分析的专家组对事发现场进行了勘查。事故调查组将142号桥墩墩顶的混凝土垫石取样送往无锡市建筑工程质量检测中心进行检测，并于5月30日出具了检测报告，检测报告中混凝土垫石强度为63.9Mpa，符合要求。专家组根据混凝土垫石的检测报告和现场勘查情况，查阅相关资料进行技术分析，于6月9日出具了事故技术分析意见，表明1号支腿支撑下横梁的固定螺栓或螺母缺失是导致事故发生的直接原因。

五、事故造成的人员伤亡和直接经济损失

（一）人员伤亡

邓某鹏，男，1991年出生，身份证号：530325xxxxxxxx101X，户籍地：云南省曲靖市富源县墨红镇清水村委会西流水村359号，事故中死亡，生前系辽宁砦鑫劳务公司劳务人员。

何某波，男，1992年出生，身份证号：530325xxxxxxxx1035，户籍地：云南省曲靖市富源县墨红镇三台村委会新寨村15号，事故中肺部有轻微挫伤，当天住院治疗，现已出院，系辽宁砦鑫劳务公司劳务人员。

邓某林，男，1993年出生，身份证号：530328xxxxxxxx1552，户籍地：云南省曲靖市沾益县白水镇中心村委会向阳村44号，事故中右脚背肿，未住院治疗，系辽宁砦鑫劳务公司劳务人员。

（二）事故损失

本起事故造成1人死亡，2人受伤，直接经济损失约189万

元。其中：死亡赔偿及受伤人员救治费约 111 万元，结构物和架桥机损坏约 28 万元，应急抢险设备费用约 50 万元。

六、事故原因分析

（一）直接原因

架桥机过孔过程中，作业人员邓某鹏违章作业，在架桥机 2 号支腿没有支撑到位的情况下，把 1 号支腿支撑下横梁的固定螺栓或螺母拆除，1 号支腿不能有效支撑架桥机重量，导致架桥机北端下沉并滑动撞倒 141 号桥墩后坠落至地面，邓某鹏被架桥机压在 142 号桥墩上致死，这是本起事故发生的直接原因。（详见专家出具的事故技术分析意见）

（二）间接原因

1. 辽宁砦鑫劳务公司对架桥机过孔作业现场安全管理缺失，这是本起事故发生的主要原因。

（1）未采取有效的安全防范措施发现和纠正邓某鹏在架桥机 2 号支腿未支撑到位的情况下，把 1 号支腿支撑下横梁的固定螺栓或螺母拆除的违章行为；

（2）对作业人员的督促不力，未能保证作业人员严格按照施工方案和安全操作规程的规定进行作业；

（3）未按照劳务分包合同的要求，为架桥机配备专业技术人员，未制定现场值班人员的安全生产管理职责。

2. 中铁十九局六公司安全管理人员夏某柱对作业现场安全监管不到位，未能及时发现并纠正邓某鹏提前拆除架桥机 1 号支

腿支撑下横梁固定螺栓或螺母的违章行为,这是本起事故发生的原因之一。

(三) 事故性质

本起事故是施工现场作业人员违章作业、辽宁砫鑫劳务公司安全管理缺失、中铁十九局六公司安全管理人员监督不到位造成的一般生产安全责任事故。

七、责任分析和处理建议

(一) 免予追究责任人员

邓某鹏,男,31岁,辽宁砫鑫劳务公司劳务人员,架桥机过孔过程中进行违章作业,在架桥机2号支腿没有支撑到位的情况下,把1号支腿支撑下横梁的固定螺栓或螺母拆除,导致事故发生,应对本起事故发生负有直接责任,鉴于其在事故中死亡,不再追究其责任。

(二) 建议给予行政处罚的人员

赵某日,男,41岁,辽宁砫鑫劳务公司总经理,是公司安全生产第一责任人,也是辽宁砫鑫劳务公司在节段梁架设工程施工现场的总负责人,对节段梁架设工程督促、检查不力,未能发现并纠正架桥机过孔作业现场安全管理缺失的事故隐患,应对本起事故发生负有责任。

处理建议:由无锡市应急管理部门依法给予行政处罚。

(三) 建议给予行政处罚的单位

辽宁砫鑫劳务公司对架桥机过孔作业现场安全管理缺失,未

采取有效的安全防范措施发现和纠正邓某鹏在架桥机 2 号支腿未支撑到位的情况下，把 1 号支腿支撑下横梁的固定螺栓或螺母拆除的事故隐患；对作业人员督促不力，未能保证作业人员严格按照施工方案和安全操作规程的规定进行作业；未按照劳务分包合同的要求，为架桥机配备专业技术人员，并且未制定现场值班人员的安全生产管理职责，应对本起事故发生负有责任。

处理建议：由无锡市应急管理部门依法给予行政处罚。

（四）建议给予其他处理的单位

中铁十九局六公司虽已建立了各项安全生产规章制度，并对作业人员进行了相应的安全生产教育培训和技术交底，对作业关键环节步骤进行了确认和验收，但是现场安全员履职管理不到位。

处理建议：由建设行政主管部门对中铁十九局六公司作出相应处理，处理结果报市应急管理局备案。

（五）建议给予其他处理的人员

1. 邓某昆，辽宁砫鑫劳务公司 4 号架桥机节段梁架设作业现场班组长，对现场安全管理不到位，未发现和纠正作业人员未按照施工方案和安全操作规程进行作业的事故隐患，应对本起事故发生负有责任。

处理建议：由辽宁砫鑫劳务公司按照公司奖惩规定严肃处理，处理结果报市应急管理局备案。

2. 夏某柱，中铁十九局六公司节段梁架设工程现场安全管

理人员，对施工现场的监督存在薄弱环节，未能及时发现和纠正架桥机过孔作业现场存在的事故隐患，应对本起事故发生负有责任。

处理建议：由中铁十九局六公司按照公司奖惩规定严肃处理，处理结果报市应急管理局备案。

八、事故防范和整改措施

（一）辽宁砭鑫劳务公司应深刻吸取事故教训，举一反三，加强对架桥机过孔作业现场的安全管理，积极开展隐患排查工作，并针对排查出的事故隐患采取有效的安全防范措施；同时督促作业人员严格按照施工方案和安全操作规程进行作业；严格按照合同的要求配备人员，并明确各类人员的安全职责，防止类似事故再次发生。

（二）中铁十九局六公司应加强对建设工程的管理，督促安全管理人员严格按照要求对作业现场进行监督；同时要加强对劳务单位的管理，督促劳务单位严格按照施工方案进行施工，规范作业秩序，及时发现并排除事故隐患。

（三）苏州中车公司要严格履行总承包单位的职责，加强对分包工程的管理，定期对分包工程项目进行安全检查，对发现的问题应当及时督促分包单位整改，确保施工安全。

（四）西安铁一院监理公司要严格履行监理职责，加强对施工现场巡视检查力度，切实督促施工单位履行法定职责，对发现的问题应当要求施工单位进行整改，并对整改情况进行跟踪，切

实消除施工现场的生产安全事故隐患。

（五）市建设行政主管部门要认真吸取事故教训，严格落实法律法规、行业标准及上级有关文件要求，加大对建设工程的安全监督检查，督促施工单位加强对施工现场的管理；同时要举一反三，加强对全市建设工程的安全监管，督促各参建单位全面落实安全生产主体责任，强化现场安全隐患排查工作，切实消除事故隐患，提高施工现场安全生产管理水平。

附件：无锡至江阴城际轨道交通工程PPP项目“4·28”一般物体打击事故技术分析意见

“4·28”事故调查组

2022年8月8日

无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目

“4.28”一般物体打击事故技术分析意见

2022 年 4 月 28 日 14 时左右，无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目发生一起物体打击事故，造成 1 名作业人员经抢救无效死亡，1 名作业人员受伤。受事故调查组委托，技术组对事故现场踏勘，查阅相关资料，经技术分析，形成意见如下。

一、事故概况

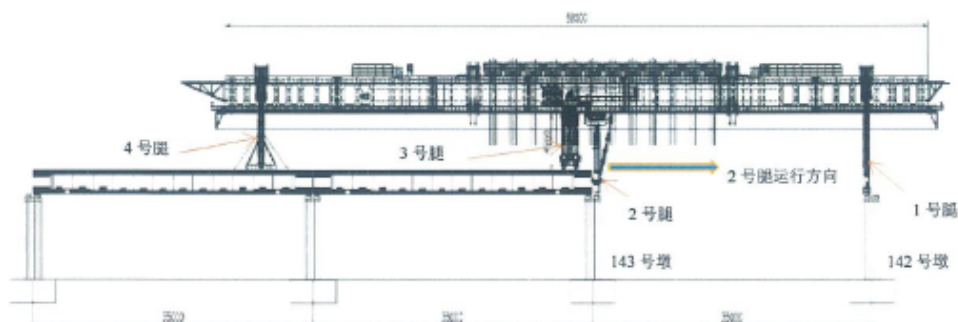
事发当日 14 时左右，无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目 4#架桥机在进行 143 号墩至 142 号墩间过孔作业时，架桥机北端突然下沉，架桥机瞬间整体向北倾斜滑移触地并撞倒前方 141 号墩，造成现场 1 名作业人员受伤，1 名作业人员经抢救无效死亡。

二、事故勘查情况

1. 架桥机产品型号：DP50/40 II 型，架桥机总长度 88m，总重量 475.63t，出厂合格证、检测报告齐全。

2. 事发时架桥机状态：架桥机由 143 号墩至 142 号墩(由南向北)进行第一次过孔作业，1 号腿支垫于 142 号墩顶南侧垫石上，3 号腿支垫于已架设好的桥面上，2 号腿已脱离 143 号墩，由天车吊运移动至距离 142 号墩约 2 米处，待挂装好缆风绳后，下步将穿过 1 号腿支承于 142 号墩顶北侧垫石上。此时架桥机重量由 1 号腿、3 号腿、4 号腿共同承担。

见下图：



1号腿支于142号墩南侧垫石上



3号腿支于已架好的桥面上，2号腿北移



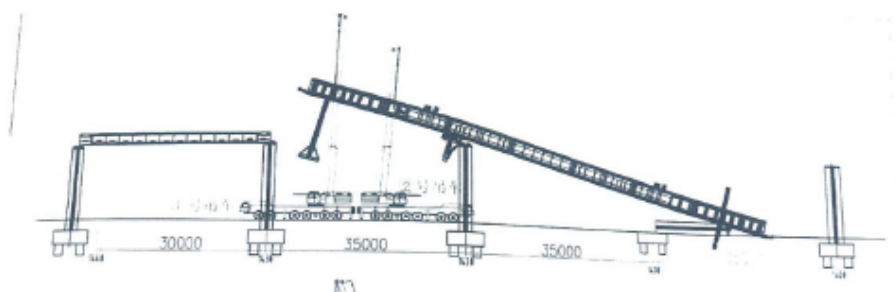
4号腿支于已架好桥面上

3. 事发时架桥机倾斜过程及状态:事发时天车(天车重 17.22t)吊运 2 号腿 (2 号腿重 21.74t)至距 1 号腿南侧约 2m 处(见下图),此时天车停止前移,架桥机处于静止状态,在作业人员准备安装 2 号腿缆风绳时,架桥机 1 号腿突然失稳下沉,架桥机整体前倾并滑动,前端撞倒 141 号墩后触地,后端因搁于 142 号墩顶撑起,2 号腿滑动卡止在 142 号墩南侧,架桥机上 1 名作业人员滑落受伤,142 号墩顶 1 名作业人员被困(经救援送医院抢救无效死亡)。

见下图:



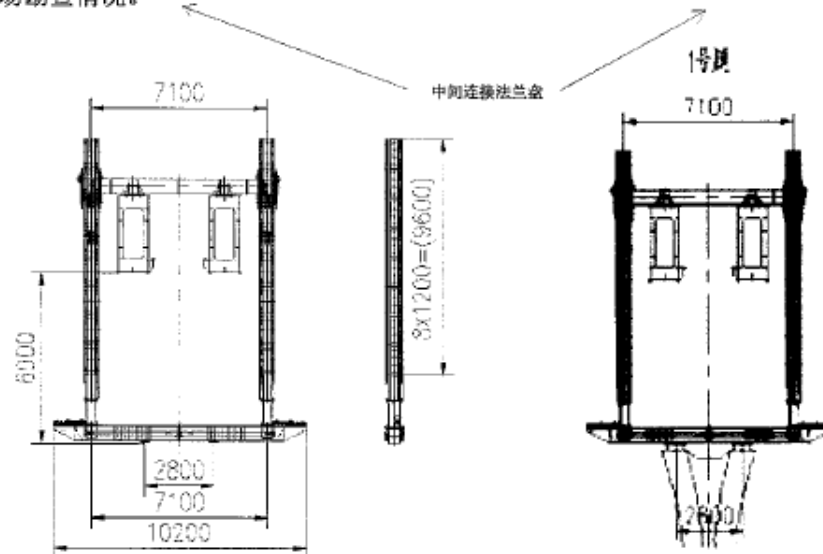
4. 架桥机 1 号腿构造及作业工况:查《DP50/40 型节段拼装架桥机使用说明书&维保手册》,1 号腿位于主框架前端,为固定支腿,主要由固定套、上提升梁、可调立柱、支撑横梁(底横梁)、升降系统、液压系统等组成。可调立柱上端与上提升梁的下横梁通过销轴连接,下端通过螺栓(6 排 12 个 10.9 级 M20 高强螺栓)和支撑横梁连接。支撑横梁为 2 段,由中间法兰通过螺栓(14 个 10.9 级 M30 高强螺栓)连成整体或拆分,2 号腿就位形成支撑前,法兰盘螺栓拧牢支撑横梁为整体受力构件,当 2 号腿就位形成支撑后,脱空 1 号腿,拆除 1 号腿支撑横梁中



间法兰盘连接螺栓，通过两端的横移油缸实现横梁向两端开启，1号腿在2号腿外围通过，进行第二次过孔作业。

见下图：

现场勘查情况。



(1) 支撑1号腿支撑横梁的142号墩顶南侧垫石完好，北侧垫石损坏，墩顶周边混凝土有破损现象；垫石经现场取样检测强度符合要求（见附件三）。



(2) 1 号支腿立柱与支撑横梁连接节点处立柱底部连接板变形弯曲，加劲板焊缝拉开，立柱与支撑横梁间连接螺栓拉脱破坏，支腿上部因撞击地面上部弯曲折断。见下图：



架桥机 1 号支腿东侧立柱与支撑横梁栓接处变形



立柱与横梁连接板弯曲破坏

架桥机 1 号支腿西侧立柱与支撑横梁栓接处变形

(3) 1 号腿支撑横梁中间连接法兰盘未见明显变形，法兰盘连接处未发现连接螺栓，支撑横梁主体未见破损但有撞击痕迹。

见下图：



支撑横梁中间连接法兰盘完好



1号支腿支撑横梁已断开（但连接法兰盘完好）

支撑横梁中间连接法兰盘完好

三、技术原因分析

1. 架桥机1号腿支撑横梁下混凝土支座垫石（142号墩顶南侧垫石）完好，支腿失稳下沉与混凝土墩柱支座垫石无关。
2. 1号腿立柱底部与支撑横梁连接铁板弯曲，一侧加劲板焊缝拉开且螺栓拉脱破坏，反映了该连接节点在破坏前承担了较大的弯矩。支撑横梁在中间法兰盘处分离成两段而连接法兰盘未见明显变形。在支撑横梁中间连接法兰盘按规定要求螺栓连接到位时，支撑横梁为一整体，1号腿结构体系处于安全稳定状态。当支撑横梁中间连接法兰盘连接螺栓或螺母缺失时，支腿结构体系会发生根本改变，立柱与支撑横梁的节点由主要承担竖向荷载变为在承担竖向荷载时同时承担原结构体系没有的较大弯矩，在此弯矩作用下连接螺栓拉断，1号腿整体失稳，架桥机前倾整体滑移触地。
3. 架桥机主梁在1号腿、3号腿以及4号腿的支撑作用下，处于稳定状态，随着2号腿及天车向1号腿移动，1号腿承受的荷载越来越大，当1号腿支撑横梁在中间法兰盘部分连接螺栓或螺母缺失时，剩余的连接螺栓在立柱竖向荷载产生的弯矩和剪力作用下断裂，支撑横梁处于断开状态，1号腿承载能力严重降低。1号腿立柱与支撑横梁连接处弯矩随之增大，原承受竖向荷载的立柱与支撑横梁

连接节点在此弯矩作用下连接螺栓拉断，1号腿整体失稳，架桥机一端下沉，整体倾斜向北滑移。

四、事故结论

在停靠在1号腿附近的2号腿以及架桥机自重荷载作用下，当架桥机1号腿支撑横梁中间法兰盘部分连接螺栓或螺母缺失时，支撑横梁承载能力严重降低，支撑横梁中间法兰盘上的剩余连接螺栓在弯矩和剪力作用下拉剪破坏，支撑横梁断开，造成原承受竖向力的立柱与支撑横梁连接节点产生较大的弯矩，连接螺栓拉断，连接节点破坏，1号腿失去支承能力，架桥机一端下沉并滑移触地。1号腿支撑横梁中间法兰盘部分连接螺栓或螺母缺失是造成本次事故的直接技术原因。

附件一：“4.28”事故技术分析专业技术人员名单

附件二：计算分析书

附件三：142号墩柱顶支座垫石强度检测报告

“4.28”事故技术分析组

2022年6月9日

附件一：无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目“4.28”一般物体打击事故技术名单

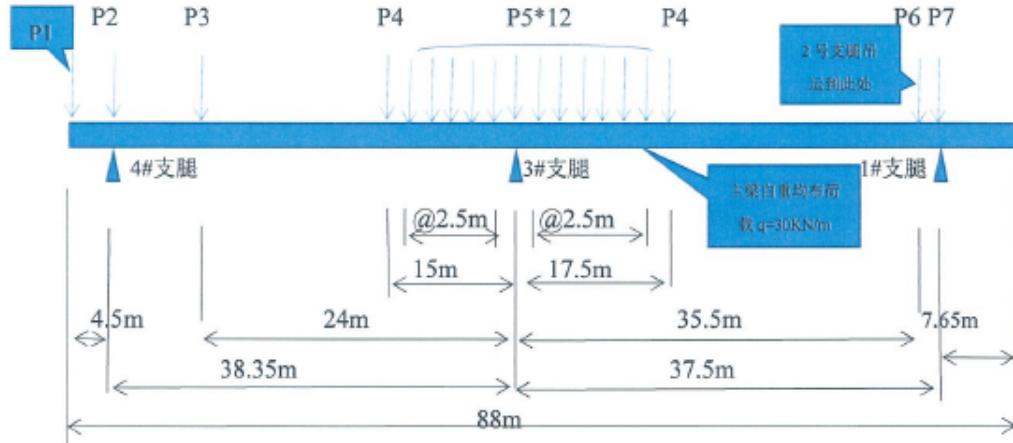
无锡至江阴城际轨道交通工程 PPP 项目“4.28”一般物体打击事故技术名单

姓名	单位	专业	职称	签名
刘志刚	无锡市建设工程质量监督中心	结构	32	刘志刚
张永	江苏特检院	特种设备	高级工程师	张永
俞伟	中铁一局城轨公司	桥梁	高级工程师	俞伟
马耀成	无锡市安全会盟路路者承	工程	研究级高级工程师	马耀成
宁孝刚	江苏新路建设有限公司	桥梁	高级工程师	宁孝刚

附件二：计算分析书

按架桥机倾倒前状态建立计算模型：

一、假设架桥机主梁绕 3#支腿转动，4 号支腿脱空，求 1#支腿反力：



已知：P1——电器系统重量 50KN

P2——4#支腿重量 187.1KN

P3——附属结构+液压系统重量 190KN

P4——端吊挂重量 182.8KN/个

P5——中吊挂重量 37.8KN/个

P6——2#支腿+吊运天车重量 389.4KN

P7——1#支腿重量 214.8KN

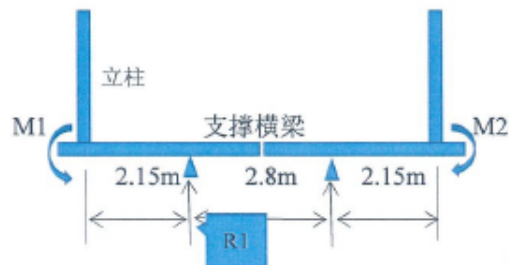
q——架桥机主梁自重 30KN/m

1#支腿支点反力 R=

$$(30 \times 45.15 \times 22.58 + 214.8 \times 37.5 + 389.4 \times 35.5 + 182.8 \times 17.5 + 37.8 \times 15 - 30 \times 42.85 \times 21.425 - 50 \times 42.85 - 187.1 \times 38.35 - 190 \times 24 - 182.8 \times 15) / 37.5 = 321.8 \text{KN}$$

二、1#支腿支撑横梁中间法兰螺栓缺失，则原结构体系改变，在立柱与支撑横梁栓接处形成弯矩（刚臂）。

弯矩计算模型见右图：

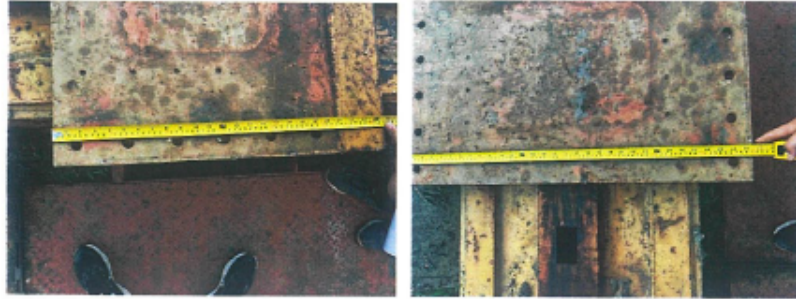


$$R1=R/2=321.8/2=160.9\text{KN}$$

$$M1=M2=160.9*2.15=346\text{KN.m}$$

三、1#支腿立柱和支撑横梁栓接点处高强螺栓受力验算：

1#支腿立柱连接螺栓型号为 M20、10.9 级高强螺栓，共 6 排 12 个，见下图：



螺栓孔纵向间距 9cm，横向间距 72.6cm

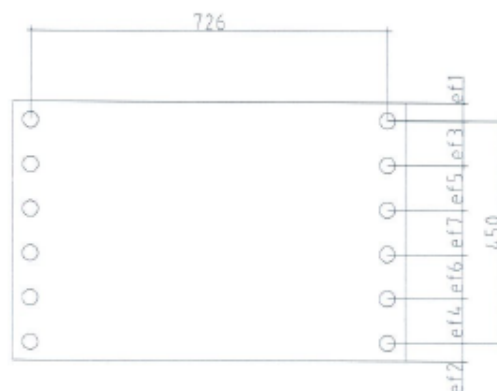
计算依据：

1、《钢结构设计标准》GB50017-2017

(一)、基本参数

连接类型	梁柱连接	节点弯矩M(kN.m)	346
高强螺栓布置方式	对称位置	螺栓排数	六排
$e_3(\text{mm})$	90	$e_4(\text{mm})$	90
$e_5(\text{mm})$	90	$e_6(\text{mm})$	90
$e_7(\text{mm})$	90		

计算简图：



高强螺栓布置图(六排)

(二)、连接节点计算

螺栓强度等级	10.9级	高强螺栓型号	M20
一个高强度螺栓的预拉力P(kN)	155	摩擦面的抗滑移系数 μ	0.45
连接板材质	Q345	节点域腹板抗剪强度设计值 $\tau(N/mm^2)$	170

最外排螺栓至螺栓群形心距离: $e_{01} = \sum e_i / 2 = (90 + 90 + 90 + 90 + 90) / 2 = 225 \text{ mm}$

每排螺栓至螺栓群形心距离的平方和: $\sum e_i^2 =$

$$e_{01}^2 + e_{02}^2 + (e_{01} - e_{03})^2 + (e_{01} - e_{04})^2 + (e_{01} - e_{03} - e_{05})^2 + (e_{01} - e_{04} - e_{06})^2 = 225^2 + 225^2 + (225 - 90)^2 + (225 - 90)^2 + (225 - 90 - 90)^2 + (225 - 90 - 90)^2 = 141750 \text{ mm}^2$$

螺栓承受的拉力:

$$N_{01} = M \times e_{01} / (2 \times \sum e_i^2) = 346 \times 10^3 \times 225 / (2 \times 141750) = 274.603 \text{ kN}$$

$$N_{02} = M \times (e_{01} - e_{03}) / (2 \times \sum e_i^2) = 346 \times 10^3 \times (225 - 90) / (2 \times 141750) = 164.762 \text{ kN}$$

$$N_{03} = M \times (e_{01} - e_{03} - e_{05}) / (2 \times \sum e_i^2) = 346 \times 10^3 \times (225 - 90 - 90) / (2 \times 141750) = 54.921 \text{ kN}$$

中和轴以下螺栓所受力大小与以上各值相等, 但均为压力

单个螺栓受拉承载力设计值: $N_t^b = 0.8P = 0.8 \times 155 = 124 \text{ kN}$

$$N_t = 274.603 \text{ kN} > N_t^b = 124 \text{ kN}$$

螺栓受力值远大于螺栓受拉承载力设计值。

附件三：142 号墩柱顶支座垫石强度检测报告

见证人： ---- 见证号： ----
取样人： ---- 取样号： ----



检 测 报 告

TEST REPORT

报告编号 B00420432200022a
任务单编号 zx220525001a

检测项目/产品类别
Name of Sample/Item 钻芯法检测混凝土强度

委 托 单 位
Client 无锡市建设工程管理服务中心

工 程 名 称
Name of Project 无锡至江阴城际轨道交通工程PPP项目

无锡市建筑工程质量检测中心
Wuxi Inspection Center Of Architectural Quality
地址(Add.): 江苏省无锡市新区新辉环路8号
电 话(Tel.): 0510-88156786
传 真(Fax.): 0510-88156786
邮 编(Post Code): 214028

报告编号 B00420432200022a

共 2 页 第 1 页

委托编号		WT2022-02571		样品编号	zx220525001a
检测项目/产品类别		钻芯法检测混凝土强度		检测类别	监督抽检
委托单位	名称	无锡市建设工程管理服务中心			
	地址	----	委托日期	2022-05-25	
	电话	----	邮 编	----	
工程信息	工程名称	无锡至江阴城际轨道交通工程PPP项目			
	施工单位	江苏中车建设工程有限公司			
	建设单位	锡澄中车（无锡）城市轨道交通工程有限公司			
	监理单位	西安铁一院工程咨询监理有限责任公司			
	设计单位	----			
检测信息	检测概况	混凝土生产单位：众和商品砼，构件数量(个)：1，检测概况：监督抽检检测			
	检测环境	----			
	检测日期	2022-05-25至2022-05-30			
	主要设备	微机控制电液伺服压力试验机(FW52129)；钢直尺(LS12064)；表式万能角度尺(LA16002)；塞尺(LG02052)；电子数显卡尺(LS07038)			
检测依据		CECS 03:2007《钻芯法检测混凝土强度技术规程》			
检测项目		混凝土强度			
检测结论		依据标准CECS 03:2007《钻芯法检测混凝土强度技术规程》检测，所检青徐区间QX142#垫石的混凝土强度推定值为63.9MPa。			
其他说明		检测部位及构件数量在监理单位、施工单位见证下由建设工程管理中心指定。本次试验没有离群值。			
报告说明		1、若对报告有异议，应于收到报告之日起15日内，以书面形式向检测单位提出，逾期视为对报告无异议。			
		2、送样检测，仅对来样检测负责。			
		3、未加盖本中心检测报告专用章，报告无效。			
		4、本报告根据无锡市政府令第143号由无锡市建设工程质量检测信息管理系统统一出具。			

报告日期 2022-05-31

签 发 姜秋

审 核 陈创

检 测 宣文斐

上岗证号 00506

上岗证号 05428

上岗证号 05429

无锡至江阴城际轨道交通工程节段梁架设工程 “4·28”一般物体打击事故分析会签名表

时间：2022年8月5日上午 地点：市民中心11号楼202会议室

姓 名	单 位	职 务	签 名
徐孝力	市应急局	副局长	徐孝力
吴 军	市应急局	支队长	吴军
葛 琪	市住建局	副处长	葛琪
朱秋良	市建设工程管理服务中心	副主任	朱秋良
姜文忠	市公安局内保支队	副大队长	姜文忠
唐费明	江阴市公安局内保大队	副大队长	唐费明
孙信海	市总工会	副部长	孙信海
陈志宏	市应急局	副支队长	陈志宏
李德斌	市应急局	大队长	李德斌
吕鑫	市应急管理局宣教中心	副科长	吕鑫