



六安市 2025 年普通国省干线公路养护工程

G105 京澳线桥群结构监测系统项目

一阶段施工图设计

第一册 共二册

華設設計集團股份有限公司

二〇二五年三月

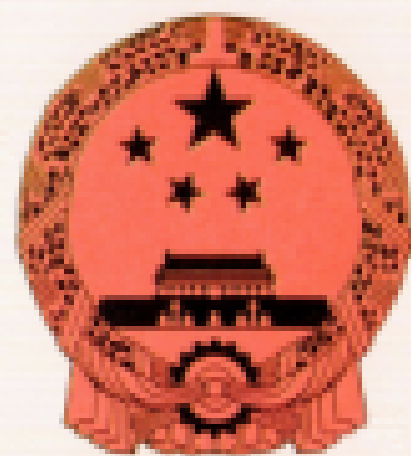
六安市 2025 年普通国省干线公路养护工程
G105 京澳线桥群结构监测系统建设工程

一 阶 段 施 工 图 设 计
第一册 共二册

项 目 负 责 人	王路遥	技 术 负 责 人	罗 彬
主管主任工程师	孙少卿	副 总 裁	陈少卿
所 长	程 斌	总 裁	如 章
编 制 单 位	华 设 设 计 集 团 股 份 有 限 公 司		
证 书 编 号	甲 级 A132003518		
编 制 日 期	二 〇 二 五 年 三 月		



--未盖文件专用章为非正式文件



工 程 设 计 资 质 证 书

证书编号：A132003518

有 效 期：至2028年12月22日

中华人民共和国住房和城乡建设部制

企 业 名 称：华设设计集团股份有限公司

经 济 性 质：股份有限公司（上市）

资 质 等 级：工程设计综合资质甲级。

可承接各行业、各等级的建设工程设计业务。*****

发证机关：



2023年12月22日

No. AZ 0104401

设计说明

目 录

一. 项目概况	1	7.4 数据存储内容及要求	42
1.1 项目实施的意义	1	7.5 数据存储备份	43
1.2 项目背景	1	八. 数据分析及报警子系统设计	43
二. 项目调研	2	8.1 子系统架构	43
2.1 六安市 G105 北京-澳门线桥群 1	2	8.2 数据后处理	43
2.2 六安市 G105 北京-澳门线桥群 2	9	8.3 结构安全报警机制	43
2.3 运行风险分析	25	九. 系统供电、防雷	44
2.4 小结	26	9.1 系统供电	44
三. 设计依据	27	9.2 系统防雷	45
四. 监测系统总体设计架构	27	十. 系统实施	45
4.1 总体架构	27	10.1 系统实施规划	45
4.2 监测项目选择	28	10.2 主要实施要求	45
4.3 监测系统架构组成	29	10.3 关键工作内容	47
4.4 系统物理层面划分	34	10.4 施工方法和技术措施	49
五. 传感器子系统	34	10.5 系统调试方案	49
5.1 监测测点布设	34	十一. 系统维护	50
5.2 传感器选型及性能指标	39	11.1 系统试运行	50
六. 数据采集与传输子系统	40	11.2 系统维护原则与总体方案	50
6.1 子系统架构	40	11.3 硬件定期检查	51
6.2 设计要求	40	十二. 三级联通测试方案	52
6.3 数据采集与传输方案	40	12.1 测试目的	52
6.4 布线设计	41	12.2 测试范围	52
6.5 时间同步采集设计	41	12.3 测试内容及方法	52
6.6 主要设备性能要求	41	12.4 验收标准	53
七. 数据存储与管理子系统	42	十三. 验收说明	53
7.1 主要功能	42	13.1 资料验收	53
7.2 设计原则	42	13.2 现场验收	53
7.3 教据存储需求分析	42	13.3 数据传输验收	54

13.4 软件验收	54
十四. 施工保证措施	55
14.1 工程质量保证措施	55
14.2 工程施工安全保证措施	55
14.3 工程环保保证措施	59
十五. 交通组织方案	59

15.1 作业装备的准备	59
15.2 施工作业前安全教育	59
15.3 养护维修作业控制区布置	59
15.4 现场作业管理	64
十六. 工程量清单	65
十七. 施工图设计评审意见及修改说明	69

设计说明

一. 项目概况

1.1 项目实施的意义

服役桥梁在长期气候环境等因素影响下结构材料性能会逐步退化。与此同时，桥梁关键构件及构造工作性能也会在长期的静动力荷载作用下逐渐劣化，从而使得桥梁结构强度和刚度随着时间的增加而不断衰减。在结构性能劣化趋势更为严峻之前，进行适当的外在干预，可以有效降低桥梁服役状态的持续恶化，避免重大的经济损失，同时可以保障人民群众出行安全并有效减少恶性事件发生的概率，满足通行需求。对桥梁结构运行状态进行健康监测，并参照相关监测报警结果进行桥梁现场检查复核，在此基础上对结构安全性能进行评估日益成为桥梁运营日常管理的重要内容。

本项目属基础设施，本身不直接产生经济效益，但系统升级建成后将持续保障桥梁安全运行，可有效降低桥梁服役期间安全管理风险，避免重大经济损失，降低恶性事件发生的概率，满足通行需求，以此带来巨大的间接效益。对桥梁结构运行状态进行健康监测，并参照相关监测报警结果进行桥梁现场检查复核，在此基础上对结构安全性能进行评估日益成为桥梁运营日常管理的重要内容。

近期多发的桥梁垮塌事故案例凸显了桥梁结构健康监测系统项目的必要性和目的。以下是几点关键的补充说明：

- 安全监测的重要性：**桥梁垮塌事故，如万凉铁路鱼背山站至罗田站间驷步河铁路桥部分桥墩倒塌，以及江苏丹阳老黄埭桥东侧边跨坍塌事故，都表明了桥梁安全监测的紧迫性。这些事故不仅造成人员伤亡和财产损失，还严重影响了交通运行。桥梁结构健康监测系统能够实时监测桥梁结构的位移、沉降、倾斜等关键参数，及时发现结构损伤和异常，从而预防此类事故的发生。
- 设计验证与性能评估：**桥梁健康监测系统可以验证设计假设和设计参数，有助于改进和完善当前桥梁设计规范。通过对桥梁结构状态的监控与评估，可以在灾后和异常事件后及时地对结构安全性评估提供数据，为桥梁的日常检测、维护、加固和维修提供依据和指导。
- 预警与应急响应：**桥梁结构健康监测系统能够在突发性损伤发生时，及时发送告警信息，

以便采取处理措施，防止发生进一步的破坏和引发其他事故。对于累积损伤，能够定期对损伤的状态做出描述，以便根据情况采取相应措施。

4. **延长使用寿命与降低维护成本：**通过实时监测桥梁的关键部位和关键参数，系统能够及时发现桥梁结构的微小变化，从而采取维护措施，延长桥梁的使用寿命，并降低维护成本。

5. **数据支持与决策依据：**桥梁健康监测系统为桥梁的保养、修复和管理决策提供了关键的参考和指导，确保了桥梁的安全运行并延长了其使用寿命。

6. **提升管理智能化水平：**桥梁结构健康监测系统不仅提升了桥梁管理的智能化水平，还实现了数据共享与多部门协同办公的目的。它运用先进的智能算法对桥梁的承载能力、耐久性等关键性能指标进行精准评定，确保每一个评估结果都具备高度的准确性和可靠性。

1.2 项目背景

1.2.1 政策导向

2013 年，交通运输部发布了《关于进一步加强公路桥梁养护管理的若干意见》（交公路发〔2013〕321 号），要求特大、特殊结构和特别重要桥梁的养护管理单位利用现代信息技术，建立符合自身特点的养护管理系统和监控监测系统。

2015 年，交通运输部颁布实施的《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）提出，技术复杂的大型桥梁工程可根据需要设置必要的结构监测设施，明确了在桥梁设计阶段就指出桥梁安全监测的必要性。

2018 年，交通运输部颁布实施的《公路长大桥隧养护管理和安全运行若干规定》（交公路发〔2018〕35 号）中规定，长大桥隧经营管理单位应逐步建立长大桥隧结构监测体系，设置专人或委托专业机构对桥隧的结构状态和各类外部荷载作用下的响应情况进行监测，及时掌握长大桥隧的结构运行情况。

2021 年，为进一步提升公路长大桥梁安全保障水平，有效防范公路长大桥梁安全风险，交通运输部印发了《公路长大桥梁结构健康监测系统建设实施方案》（交办公路〔2021〕21 号），要求对跨江、跨海、跨峡谷等长大桥梁结构健康开展实时监测，动态掌握长大桥梁结构运行状况。

2022 年 6 月，交通运输部办公厅发布《关于进一步做好公路长大桥梁结构健康监测系统

编制：

杨海龙

复核：

王路遥

审核：

孙心怡

图标编号：SIV-01

建设实施工作的通知》(交办公路函[2022]825 号),强调建设公路长大桥梁结构健康监测系统是长大桥梁设施的重要组成部分,是防范重大风险、提升养护管理和应急处置水平的重要举措。

2023 年 11 月,交通运输部发布了《进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案(2024-2030 年)(征求意见稿)》(交公便字〔2023〕423 号),要求到 2025 年底完成缆索承重、高墩大跨、服役年限较长、重要线路等特殊长大桥梁结构监测系统建设,同步开展中小跨径桥梁轻量化监测系统试点建设工作。

2024 年 4 月,交通运输部办公厅印发了《进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案(2024-2030 年)》的通知(交办公路函[2024]26 号),要求按照“安全第一、预防为主、统一标准、属地建设、轻量化为主、市场化推进”的原则组织实施。到 2025 年底,完成大跨高墩、缆索承重等长大桥梁结构监测系统建设,同步开展桥梁群轻量化结构监测系统试点建设和长大隧道结构监测系统试点建设;到 2030 年底,高速公路和普通国道桥梁隧道结构监测体系全面建立,普通省道重要桥梁隧道结构监测体系基本建立。

综上所述,桥梁健康监测工作是公路养护现代化信息化需求不断深化的必然举措,也是结构预防性养护落地的可靠手段之一。

1.2.2 项目基本情况

为深入贯彻落实《交通强国建设纲要》和《国家综合立体交通网规划纲要》,根据《交通运输部关于进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见》的要求,切实做好当前及未来一段时期的桥梁隧道结构监测重点工作,进一步提升公路桥梁隧道结构的安全和耐久水平,更好地服务和保障全面建设社会主义现代化国家的开局起步。根据《交通运输部办公厅关于印发<进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案(2024-2030 年)>的通知》(交办公路函[2024]26 号)的要求,交通运输部公路局组织研究并印发了《交通运输部公路局关于调整在役公路段桥梁群轻量化结构监测系统建设试点清单的函》(交办便字[2024]493 号)。跨宁西铁路立交桥、老河桥等 10 座桥梁,已纳入建设清单范围。桥梁群结构健康监测系统设计方案严格执行《公路桥梁群监测系统试点建设技术指南》的技术要求。

序号	省份	桥梁名称	桥梁编码	桥梁总长	中心桩号	跨径组合	桥梁类型	路线编码	路线名称	通车时间
40	安徽	K929+860同乐河大桥	G0334141703L0440	677	020.86	16*20+2*30	箱形梁	G0331	德上高速	20190630
41	安徽	跨宁西铁路立交桥	G105341504L0530/G105341504L0540	834.4	1096.163/1096.164	11*30+1*24+4*30+1*24+11*30	连续箱梁	G105	北京-澳门	20220528
42	安徽	老河桥	G105341504L0550/G105341504L0560	126	1096.802/1096.803	4*30	连续箱梁	G105	北京-澳门	20220528
43	安徽	汲东干渠大桥	G105341504L0570/G105341504L0580	276	1097.975/1097.976	9*30	连续箱梁	G105	北京-澳门	20220528
44	安徽	渭河特大桥	G105341503L0710/G105341503L0720	1967	1124.627/1124.628	1*23+2*30+1*23+2*30+1*23+2*30+2*23+2*30+1*23+50*30+1*23+2*30+2*23+2*30+1*23+2*30+2*23+2*30+1*23+50*30+1*23+2*30	连续箱梁	G105	北京-澳门	20220528
45	安徽	溪沟小桥	G105341503L0730/G105341503L0740	32	1130.048/1130.049	2*13	T梁	G105	北京-澳门	20220528
46	安徽	凌波村小桥	G105341503L0750/G105341503L0730	32	1130.637/1130.048	2*13	T梁	G105	北京-澳门	20220528
47	安徽	跨G35高速立交桥	G105341503L0770/G105341503L0780	796	1131.533/1131.534	11*30+1*35+1*60+1*35+11*30	连续箱梁	G105	北京-澳门	20220528
48	安徽	戚家桥中桥	G105341503L0790/G105341503L0800	45.06	1133.365/1133.366	3*13	T梁	G105	北京-澳门	20220528
49	安徽	渭河总干渠大桥	G105341503L0810/G105341503L0820	427	1134.924/1134.925	2*30+1*33+1*54+1*33+8*30	连续箱梁	G105	北京-澳门	20220528
50	安徽	戚家桥	G105341503L0310/G105341503L0320	54.04	1136.58/1136.581	3*16	T梁	G105	北京-澳门	20150620
51	安徽	八里湾大桥	G205340209L0202/0	816	1433.03	4*30+5*30+3*25+3*43+4*25+2*31+3*30+3*30	连续箱梁	G205	山海关-深圳	20220726
52	安徽	八里湾大桥辅道桥	G205340209L0280/C205340209L0290	821.5	1433.031/1433.032	4*30+5*30+3*25+3*43+4*25+2*31+3*30+3*30	连续箱梁	G205	山海关-深圳	20220726
53	安徽	南陵渡桥	G205340209L0230/C205340209L0240	357.4	1438.465/1438.466	3*25+4*25+30+55+30+2*30/2*30+30+55+30+3*25+4*25	连续箱梁	G205	山海关-深圳	20170210
54	安徽	小黄泥湖桥	G206341721L1550	757.5	1347.512	25*30	箱形梁	G206	威海-汕头	20171228
55	安徽	泉水湖1号桥	G206341721L1560	577.5	1349.096	19*30	箱形梁	G206	威海-汕头	20171228
56	安徽	泉水湖2号桥	G206341721L1570	937.5	1350.005	31*30	箱形梁	G206	威海-汕头	20171228
57	安徽	戚家沟中桥	G237340621L0260/C237340621L0250	53	274.413/274.412	3*16	T梁	G237	济宁线	20161219
58	安徽	五铺特大桥	G237340621L0280/C237340621L0270	1256.5	276.009/276.008	6*30+25.8+30+25.8+34+56+34+27.2+30+27.2+16*30+29+40+27.5+4*28.5+3*30/6*30+27.2+30+27.2+34+56+34+25.8+30+25.8+12*30+4*28.5+27.5+40+29+30+6*30	箱形梁	G237	济宁线	20161219
59	安徽	刘沟中桥	G237340621L0380/C237340621L0370	44	290.204/290.203	3*13	T梁	G237	济宁线	20161219

图 1.2-1 交办便字[2024]493 号建设清单截图

二. 项目调研

2.1六安市 G105 北京-澳门线桥群 1

本桥群位于安徽省六安市叶集区。此段 G105 国道跨越铁路宁西线、老河及其支流和汲东干渠，共计 3 座桥梁。在跨越铁路以及河道处采用预应力混凝土箱梁结构。本桥群重点监测场景为多片梁结构体系桥梁、车辆/船舶撞击高风险和安全状况差。

编制： 杨江华

复核： 刘路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01



图 2.1-1 六安市 G105 北京-澳门桥群 1 地理位置图

2.1.1 跨宁西铁路立交桥

跨宁西铁路立交桥铁路主跨及相邻采用公路-I 级的 1.3 倍，其他跨为公路-I 级，桥梁全长 834.4m，桥面净宽 10.66m。本桥上部结构采用装配式预应力混凝土小箱梁，桥跨组合为 4×30+4×30+3×30+24+(4×30)+24+3×30+4×30+4×30m，下部结构采用肋板台，墩台采用桩柱式桥墩。

技术标准：

- (1)设计行车速度:80 公里/小时；
- (2)汽车荷载:公路-I 级；
- (3)本项目环境类别为 I 类环境；
- (4)设计洪水频率:特大、大、中、小桥及涵洞 1/100；
- (5)抗震设防烈度:设计基本地震动峰值加速度值为 0.15g,地震基本烈度值为 V 度，沿线桥涵按相应烈度设防。
- (6)桥梁宽度:桥面净宽 2x 10.66m。



图 2.1-2 跨宁西铁路立交桥全景图

2024 年 5 月中交二航建筑科技有限公司对老河桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对老河桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 为 91.27，属于 2 类桥梁；右幅主桥技术状况评分 Dr 为 88.12，属于 2 类桥梁。

外观检测结论：

- (1)左幅上部结构外观缺陷
 - ①箱梁共有 18 条纵向裂缝，最长处为箱梁 16-4，长为 1720cm；
 - ②箱梁共有 17 处混凝土破损，最大处为箱梁 2-4，面积为 220cm×40cm；
 - ③湿接缝共有 1 处混凝土露筋，湿接缝 10-3，露筋 5 处长为 125cm；
 - ④横隔板共有 1 处混凝土纵向裂缝，为横隔板 23-2-1，长为 140cm；
 - ⑤支座普遍钢垫板锈蚀，24#桥墩支座连接处未剪切；
- (2)左幅下部结构
 - 28#桥台护坡坡面顶部凹陷
- (3)左幅桥面系外观缺陷
 - ①伸缩缝止水带普遍剥落；
 - ②7#伸缩缝中部破损，破损面积 S=220cm×40cm；
 - ③左侧护栏有 20 处破损露筋，总长为 180cm。

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

- (4) 右幅上部结构外观缺陷
- ①箱梁露筋 3 处，最长处在箱梁 19-2 处，长为 20cm；破损 7 处，最大处为箱梁 7-4，面积为 150cm×10cm；2 条纵向裂缝，最长处位箱梁 21-4，长为 7m。
 - ②横隔板露筋 6 处，最长处在横隔板 12-3-2，长为 30cm；破损 6 处，最大处为横隔板 7-3-2，面积为 40cm×30cm。
 - ③湿接缝露筋 3 处，累计 21cm。
 - ④支座普遍钢垫板锈蚀。
- (5) 右幅下部结构：
- ①7 处桥墩顶部有建筑垃圾堆积；24#桥墩盖梁露筋 1 处。
 - ②小里程锥坡外观较好。
- (6) 右幅桥面系外观缺陷
- ①伸缩缝普遍橡胶止水带损坏；8#伸缩缝中部变形；4#伸缩缝沉积堵；
 - ②护栏普遍根部蜂窝麻面，均布 U 型裂缝。

根据前期收集的技术资料情况，运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了跨宁西铁路立交桥第五联计算分析模型。

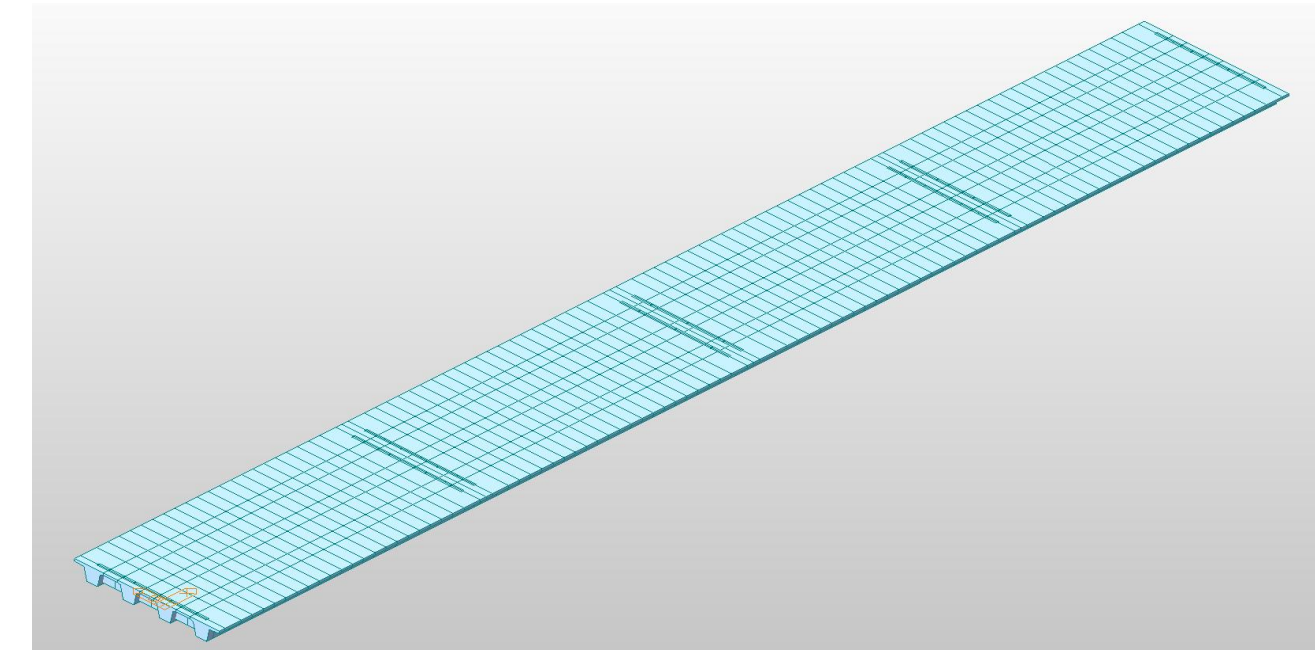


图 2.1-3 跨宁西铁路立交桥第五联有限元模型

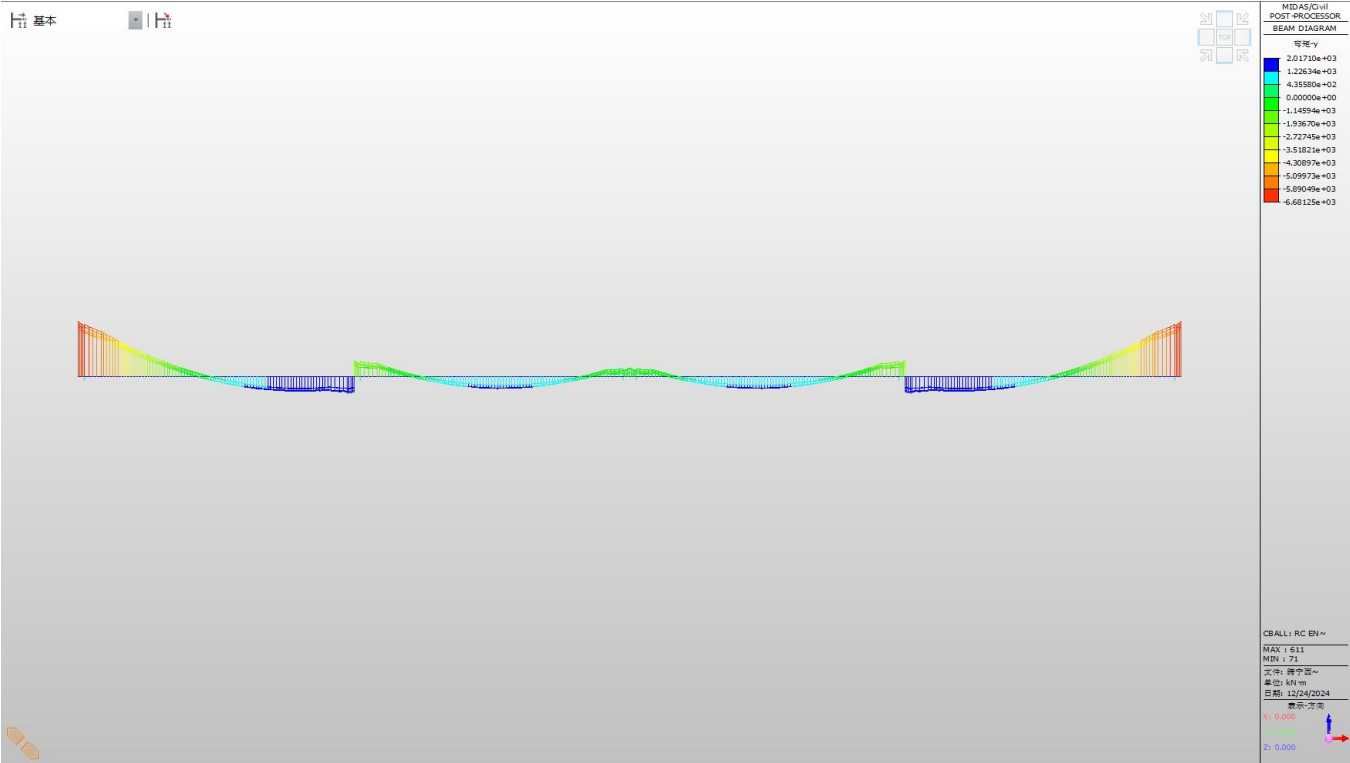


图 2.1-4 跨宁西铁路立交桥第五联弯矩包络图

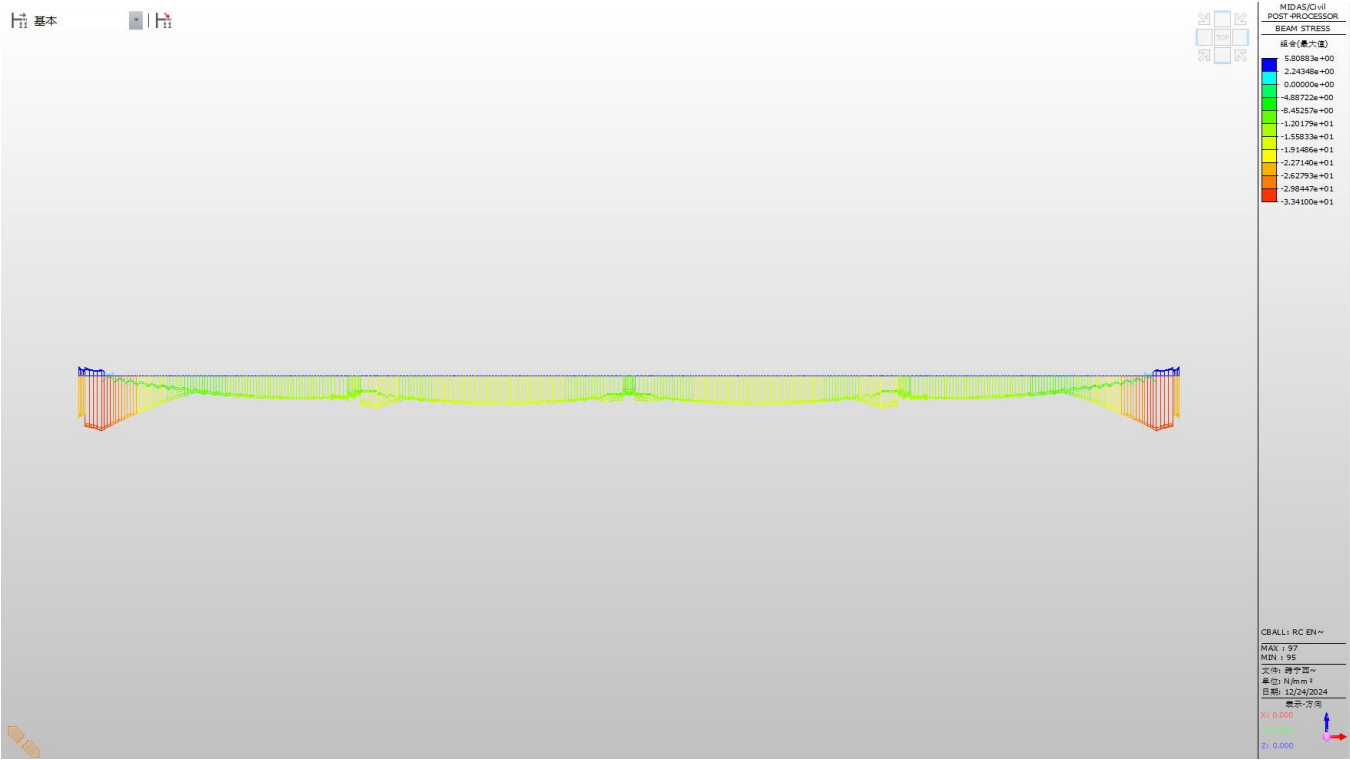


图 2.1-5 跨宁西铁路立交桥第五联应力包络图

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

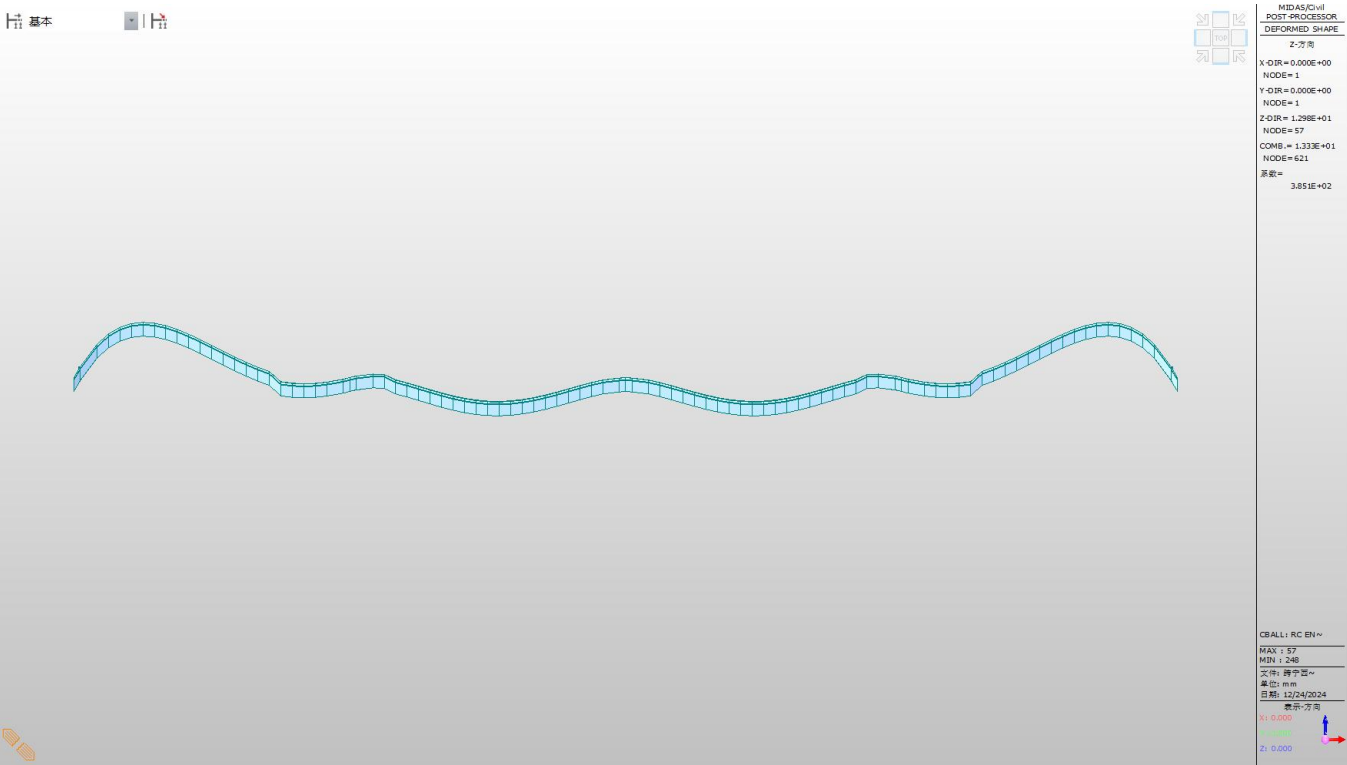


图 2.1-6 跨宁西铁路立交桥第五联形变图

第 13 跨最负大弯矩为 6681.2kN*m，最大正弯矩为 2017.12kN*m，最大应力为-33.4MPa，最大挠度为 12.9mm。

第 14 跨最负大弯矩为 1949.3kN*m，最大正弯矩为 1450.3kN*m，最大应力为-17.4MPa，最大挠度为-5.685mm。

第 15 跨最负大弯矩为 1949.3kN*m，最大正弯矩为 1450.3kN*m，最大应力为-17.4MPa，最大挠度为-5.685mm。

第 16 跨最负大弯矩为 6681.2kN*m，最大正弯矩为 2017.12kN*m，最大应力为-33.4MPa，最大挠度为 12.9mm。

根据跨宁西铁路立交桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

- （1）第五联为连续箱梁桥，应重点关注主梁的应变及变形；
- （2）桥梁运营阶段，在恒载、活载作用下，桥梁结构受力响应明显，需重点关注振动情况；
- （3）跨宁西铁路立交桥横跨铁路段，对桥梁荷载情况要求更高，需重点关注车辆荷载情况。

2.1.2 老河桥

老河桥为公路-I 级，桥梁全长 126m，桥面净宽 2×11m。本桥上部结构采用 4×30m 预应力(后

张)小箱梁，先简支后连续；下部结构桥台采用柱式台，桥墩采用柱式墩，墩台采用桩基础，按摩擦桩设计。

技术标准：

- (1)设计行车速度:80 公里/小时；
- (2)汽车荷载:公路-I 级；
- (3)本项目环境类别为 I 类环境；
- (4)设计洪水频率:特大、大、中、小桥及涵洞 1/100；
- (5)抗震设防烈度:设计基本地震动峰值加速度值为 0.15g,地震基本烈度值为 V 度，沿线桥涵按相应烈度设防。



图 2.1-7 老河桥立面图

2023 年 11 月中交二航建筑科技有限公司对老河桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对老河桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 为 94.16，属于 2 类桥梁；右幅主桥技术状况评分 Dr 值为 95.14，技术状况等级为 1 类。

外观检测结论：

- (1)左幅上部结构外观缺陷：
 - ①箱梁纵向裂缝共 11 条，累计长度 1830cm，最大缝宽 0.18mm；
 - ②湿接缝：破损 1 处，破损面积 800cm²；露筋 2 处，露筋长度 10cm；
 - ③2#桥墩支座钢垫板普遍锈蚀。

(2)左幅下部结构：

编制：

复核：

审核：

图标编号： SIV-01

- 护坡建筑垃圾堆积。
- (3)左幅桥面系外观缺陷：
- ①护栏混凝土破损 1 处，破损面积 $S=30\text{cm}\times 10\text{cm}$ 。
- (4)右幅上部结构外观缺陷：
- ①箱梁裂缝共计 5 条，裂缝总长 880cm，最大宽度 $W=0.16\text{mm}$ ；
 - ②2#桥墩支座钢垫板普遍锈蚀。
- (5)右幅下部结构外观缺陷：
- ①护坡建筑垃圾堆积。
- (6)右幅桥面系外观缺陷：
- ①伸缩缝：锚固区混凝土开裂、裂缝；沉积物阻塞；
 - ②) 护栏：右侧护栏混凝土破损 1 处，破损面积 $S=10\text{cm}\times 5\text{cm}$ ；护栏局部裂缝。
- 根据前期收集的技术资料情况，运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了老河桥计算分析模型。

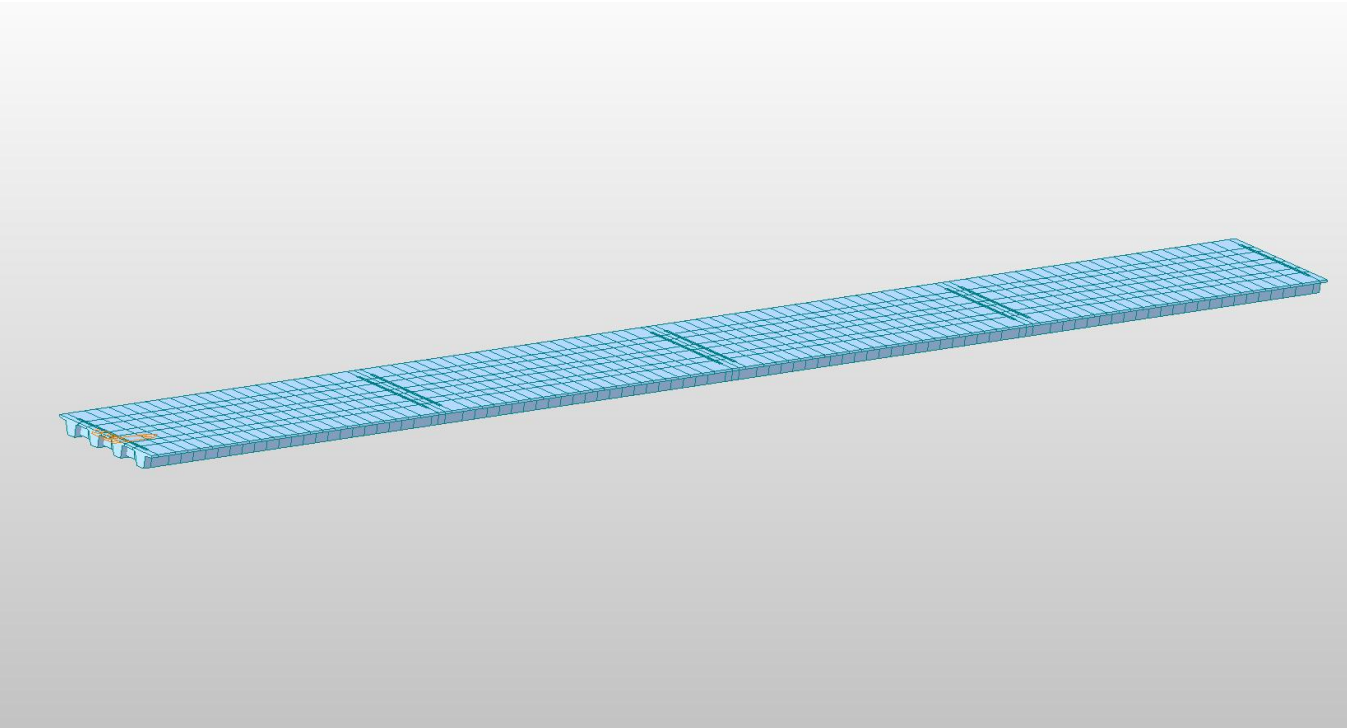


图 2.1-8 老河桥有限元模型

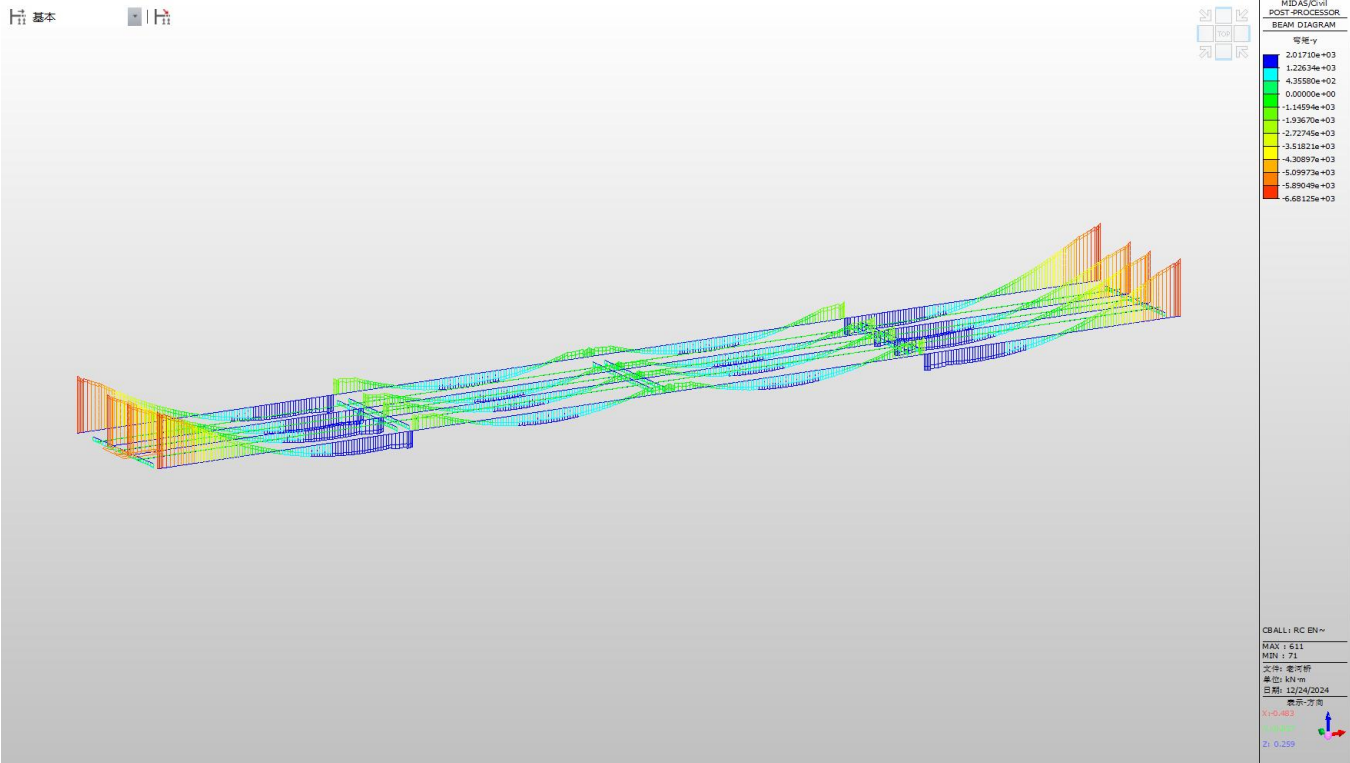


图 2.1-9 老河桥弯矩包络图

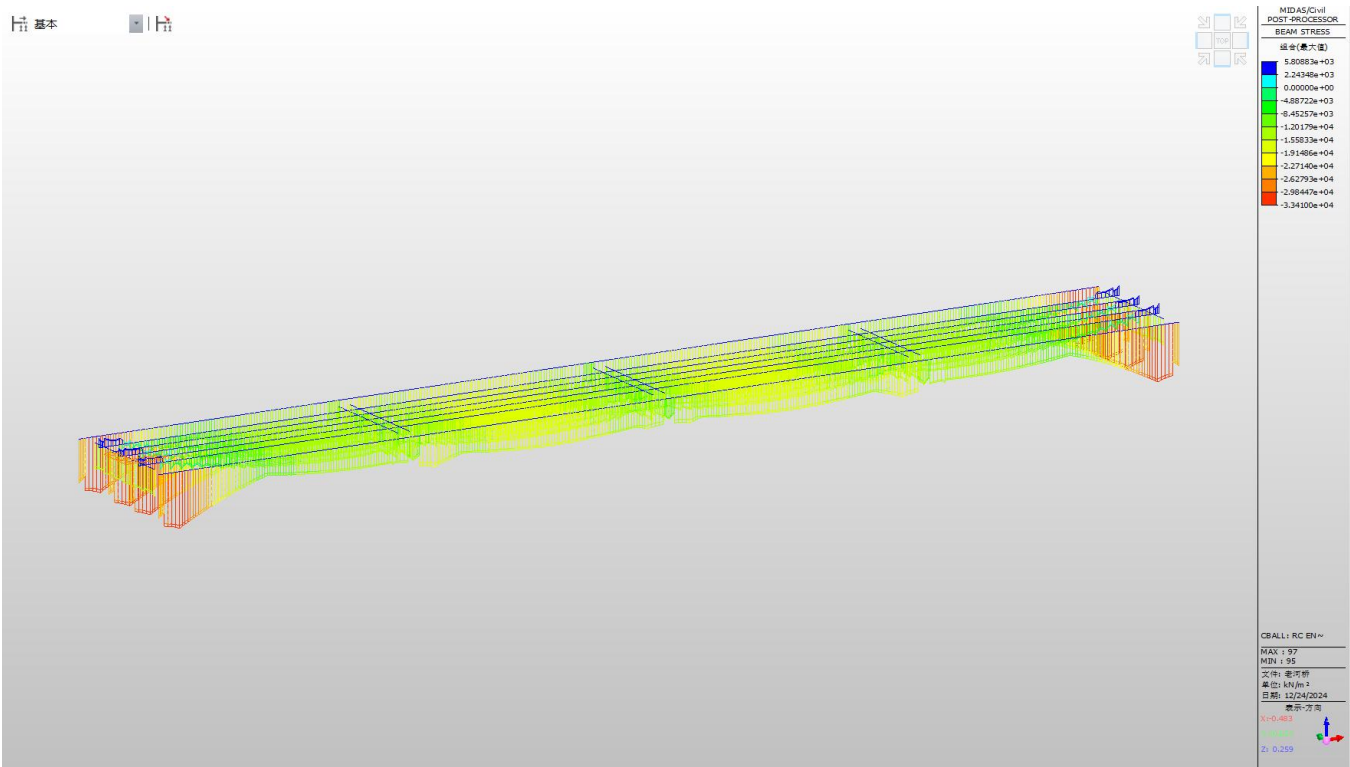


图 2.1-10 老河桥应力包络图

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

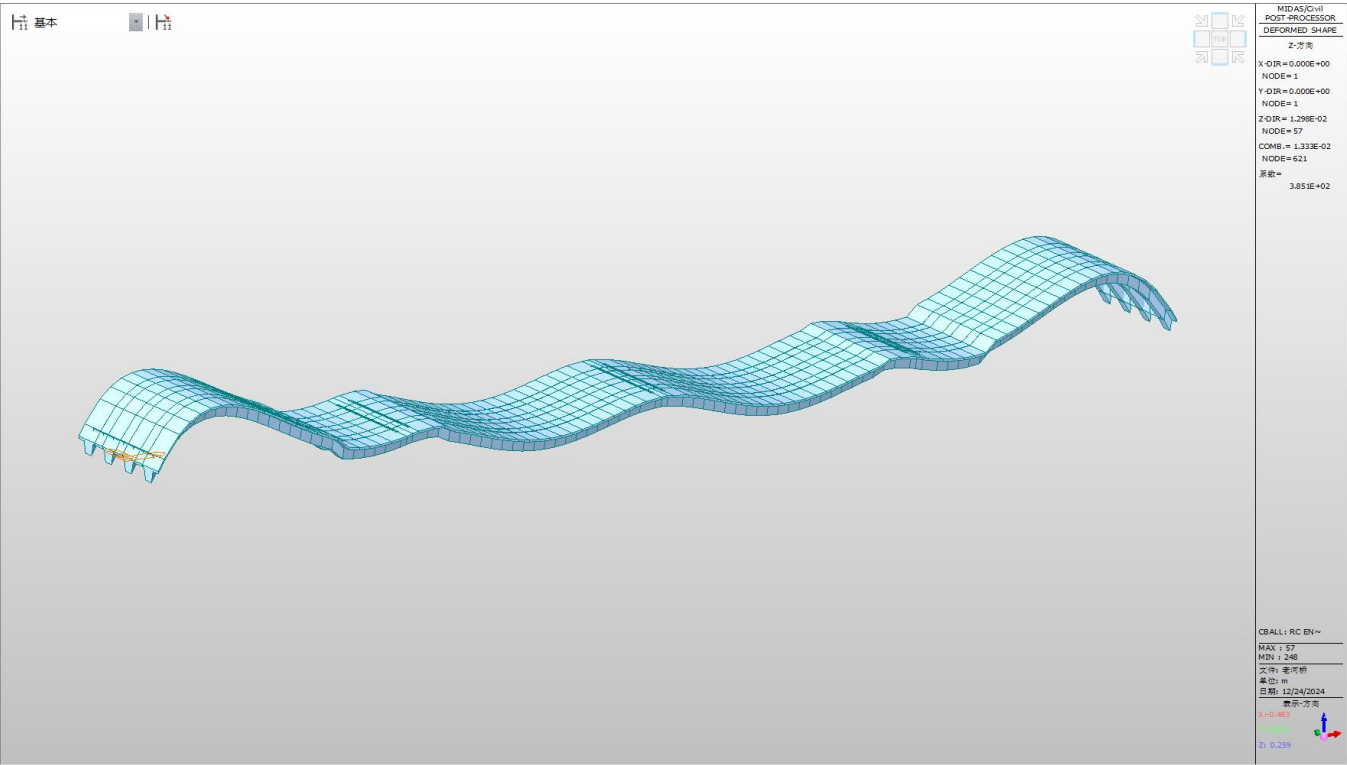


图 2.1-11 老河桥形变图

第 1 跨最负大弯矩为 6287.0kN*m，最大正弯矩为 1569.6kN*m，最大应力为-31.6MPa，最大挠度为 13.0mm。

第 2 跨最负大弯矩为 1828.3kN*m，最大正弯矩为 1422.9kN*m，最大应力为-17.1MPa，最大挠度为-5.747mm。

第 3 跨最负大弯矩为 1828.3kN*m，最大正弯矩为 1422.9kN*m，最大应力为-17.1MPa，最大挠度为-5.747mm。

第 4 跨最负大弯矩为 6287.0kN*m，最大正弯矩为 1569.6kN*m，最大应力为-31.6MPa，最大挠度为 13.0mm。

根据跨老河桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

(1) 老河桥为连续箱梁桥且属于 2 类桥梁，应重点关注主梁的变形。

2.1.3 汲东干渠大桥

汲东干渠大桥为公路-I 级,桥梁全长 276m,桥面净宽 2×11m。本桥上部采用 5×30m+4×30m 预应力(后张)小箱梁,先简支后连续;下部结构桥台采用肋板台,桥墩采用柱式墩,墩台采用桩基础,按摩擦桩设计。

技术标准:

- (1)设计行车速度:80 公里/小时;
- (2)汽车荷载:公路-I 级;
- (3)本项目环境类别为 I 类环境;
- (4)设计洪水频率:特大、大、中、小桥及涵洞 1/100;
- (5)抗震设防烈度:设计基本地震动峰值加速度值为 0.15g,地震基本烈度值为 V 度,沿线桥涵按相应烈度设防。



图 2.1-12 汲东干渠大桥立面图

2023 年 11 月中交二航建筑科技有限公司对汲东干渠大桥进行了定期检查,依据《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011)对汲东干渠大桥进行全桥结构技术综合评分,左幅主桥技术状况评分 Dr 值为 94.80,属于 2 类桥梁;右幅主桥技术状况评分 Dr 为 85.26,属于 2 类桥梁,其中上部结构技术状况等级为 3 类。

外观检测结论:

- (1)左幅上部结构外观缺陷:
 - ①箱梁纵向裂缝 3 条,累计长度 1570cm,最大缝宽 0.12mm。
- (2)左幅下部结构:
 - ①部分墩台顶部有建筑垃圾;
 - ②9#桥台锥坡滋生杂草。

编制: 杨江

复核: 王路遥

审核: 孙少华

图标编号: SIV-01

- (3)左幅桥面系外观缺陷:
- ①泄水孔水篦子缺失 9 处，堵塞 1 处；

②伸缩缝: 普遍沉积物阻塞；

③护栏普遍 U 型裂缝。
- (4)右幅上部结构外观缺陷:
- ①箱梁纵向裂缝 3 条，累计长度 2160cm，最大缝宽 0.19mm；破损 3 处，累计破损面积 1850cm²；露筋 6 处，露筋长度累计 65cm。
- (5)右幅下部结构外观缺陷:
- ①部分墩台顶部有建筑垃圾；

②9#桥台锥坡滋生杂草。
- (6)右幅桥面系外观缺陷:
- ①伸缩缝: 普遍沉积物阻塞；

②护栏普遍 U 型裂缝。

根据前期收集的技术资料情况，运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了汲东干渠大桥计算分析模型。

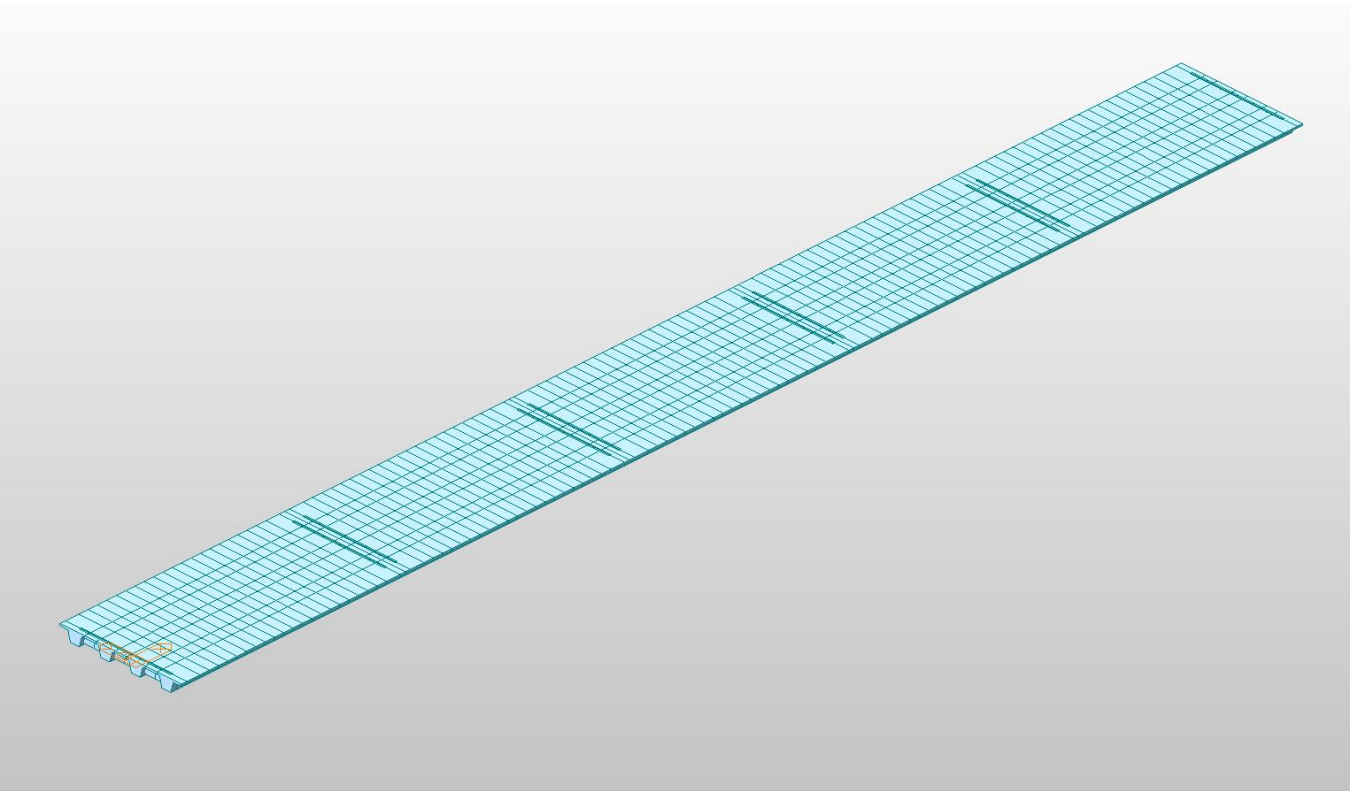


图 2.1-13 汲东干渠大桥第一联有限元模型

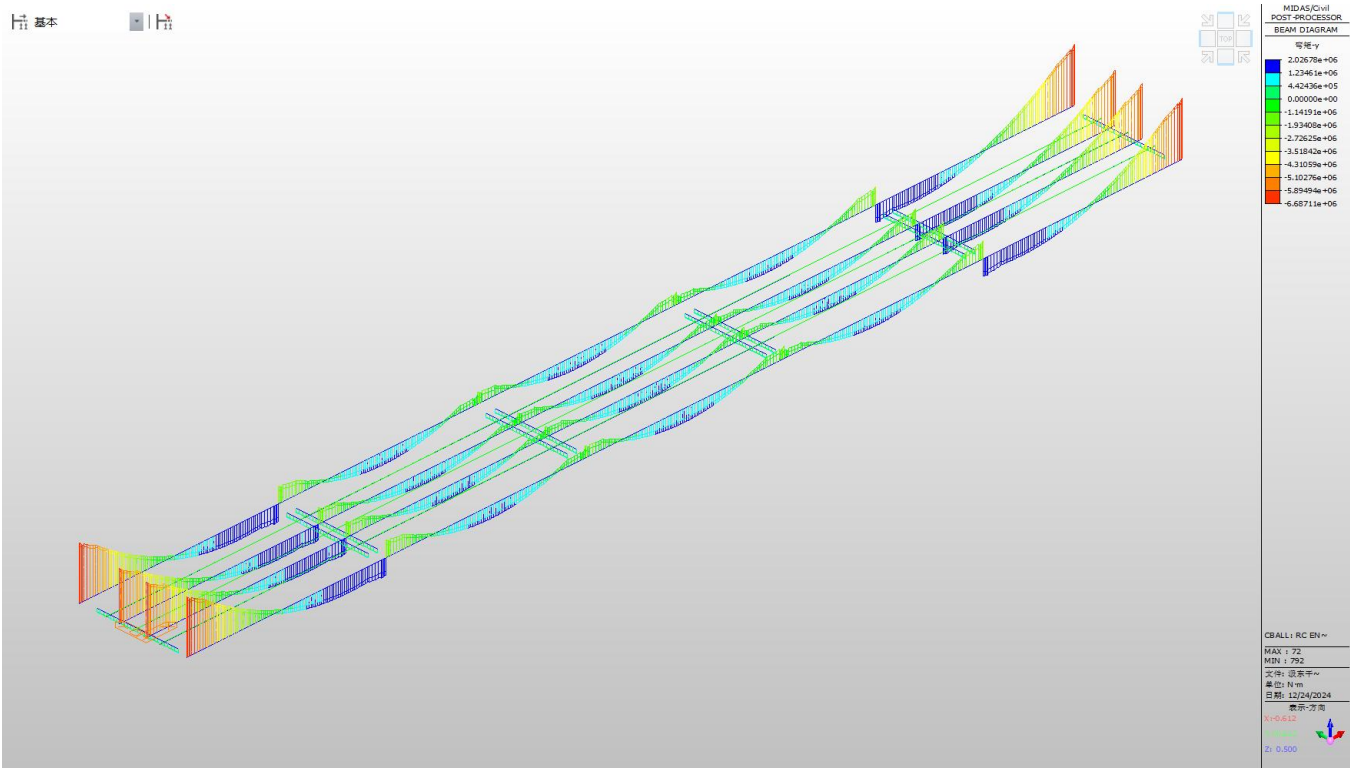


图 2.1-14 汲东干渠大桥第一联弯矩包络图

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

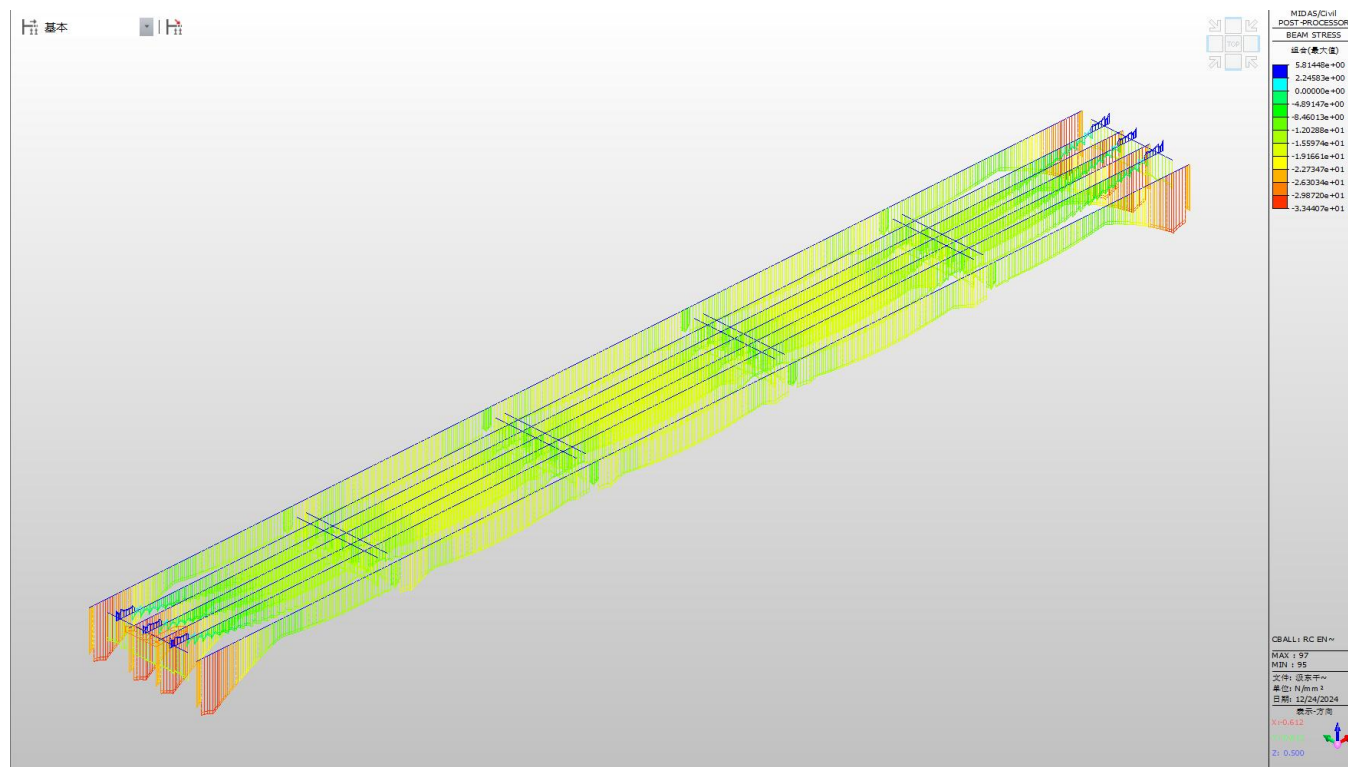


图 2.1-15 汲东干渠大桥第一联应力包络图

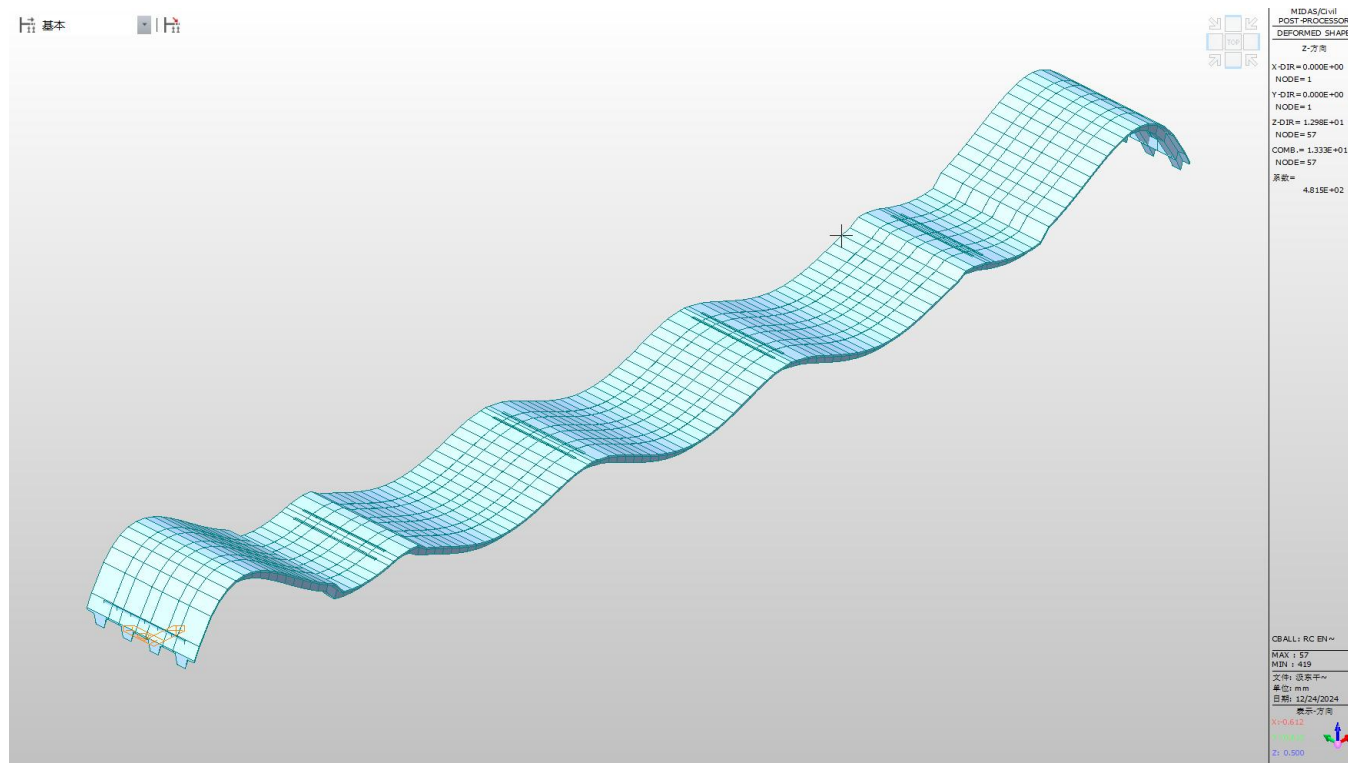


图 2.1-16 汲东干渠大桥第一联形变图

第 8 跨最负大弯矩为 1986.7kN*m, 最大正弯矩为 1466.7kN*m, 最大应力为-17.5MPa, 最大挠

编制: 杨江秀

复核: 2路遥

审核: 

图标编号: SIV-01

度为-5.932mm。

第 9 跨最负大弯矩为 6687.1kN*m, 最大正弯矩为 2026.8kN*m, 最大应力为-33.4MPa, 最大挠度为 12.982mm。

根据跨汲东干渠大桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

- (1) 汲东干渠大桥第一联为连续箱梁桥, 应重点关注主梁的变形和应力;
- (2) 汲东干渠大桥上部结构为三类, 应重点关注主梁裂缝趋势。

2.2六安市 G105 北京-澳门线桥群 2

本桥群位于安徽省六安市裕安区。此段 G105 国道跨越淠河、济广高速和淠河总干渠，共计 7 座桥梁。在跨越铁路以及河道处采用预应力混凝土箱梁结构，其余小跨径桥梁采用 T 梁结构。本桥群重点监测场景为多片梁结构体系桥梁、车辆/船舶撞击高风险、单孔跨径 60 米以上和安全状况差。

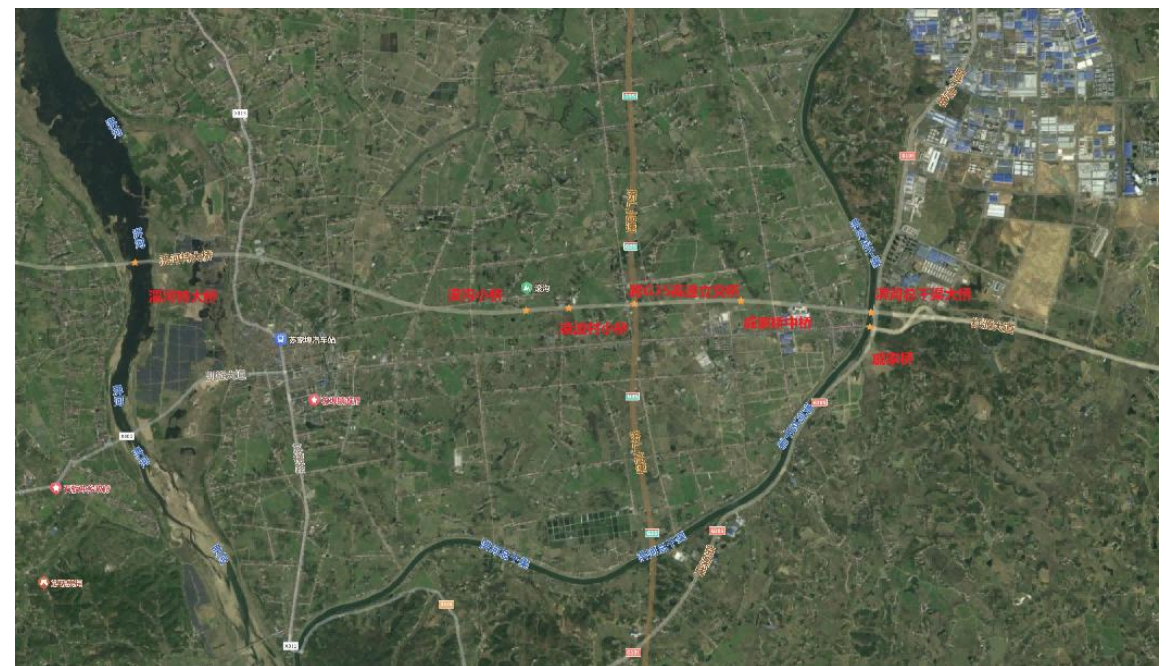


图 2.2-1 六安市 G105 北京-澳门桥群 2 地理位置图

2.2.1 漯河特大桥

渭河特大桥为公路—I级，桥梁全长 1967m，桥面净宽 $2\times 11\text{m}$ 。全桥共 15 联预制箱梁：
 $(23+30+30)+(23+30+30)+(23+2\times 30+23)+(23+2\times 30+23)+5\times 30+5\times 30+5\times 30+5\times 30+5\times 30+5\times 30$
 $+5\times 30+5\times 30+5\times 30+5\times 30+(23+30+30)$ 。

- 技术标准：
- (1)设计行车速度:80 公里/小时；
 - (2)汽车荷载:公路-1 级；
 - (3)本项目环境类别为 I 类环境；
 - (4)设计洪水频率:特大、大、中、小桥及涵洞 1/100；
 - (5)抗震设防烈度:设计基本地震动峰值加速度值为 0.15g,地震基本烈度值为 V 度，沿线桥涵按相应烈度设防。
 - (6)桥梁宽度:桥面净宽 2x 11m。



图 2.2-2 淠河特大桥立面图

2024 年 11 月武汉港湾质量检测有限公司对淠河特大桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对淠河特大桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 值为 86.96，属于 2 类桥梁，其中上部结构技术状况等级为 3 类；右幅主桥技术状况评分 Dr 为 87.44，属于 2 类桥梁，其中上部结构技术状况等级为 3 类。

- 外观检测结论：
- (1)左幅上部结构外观缺陷：
 - ①箱梁裂缝共计 90 条，裂缝总计 15144cm，最大宽度 W=0.11mm；
 - ②箱梁开裂破损 1 处，破损面积 10cmx120cm；
 - ③4 个横隔板竖向裂缝，裂缝总长度 615cm，最大宽度 W=0.28mm；
 - ④部分支座偏压变形。

- (2)左幅下部结构：
- ①盖梁 56 网状裂缝 1 处，S=40cmx15cm。
- (3)左幅桥面系外观缺陷：
- ①伸缩缝:普遍沉积物阻塞，锚固区混凝土开裂，伸缩缝 14 钢梁变形，槽口窄距不一致；
- ③护栏普遍裂缝，两侧护栏均有坑洼破损。
- (4)右幅上部结构外观缺陷：
- 箱梁裂缝共计 59 条，裂缝总计 21207cm，最大宽度 W=0.13mm；
- ②箱梁 5-2 梁底梁底大里程端支座处，混凝土空洞，空洞面积 S=20x60cm²;箱梁 18-3 纵向露筋轻微锈蚀 1 处，长度 15cm；
- ③9 个横隔板竖向裂缝，裂缝总长度 1374cm，最大宽度 W=0.27mm；
- ④支座 16-1-1 偏位。
- (5)右幅下部结构：
- ①盖梁 9 小里程侧面均布竖向裂缝，最大长度 L=10cm，最大宽度 W=0.25mm。
- (6)右幅桥面系外观缺陷：
- ①排水系统:49#盖梁、14#盖梁处落水管损坏；
- ②)伸缩缝:锚固区混凝土开裂，伸缩缝 3、伸缩缝 6 钢梁变形;伸缩 1 锚固砟大面积开裂；
- ③两侧护栏均有坑洼破损。

根据前期收集的技术资料情况，运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了淠河特大桥计算分析模型。

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

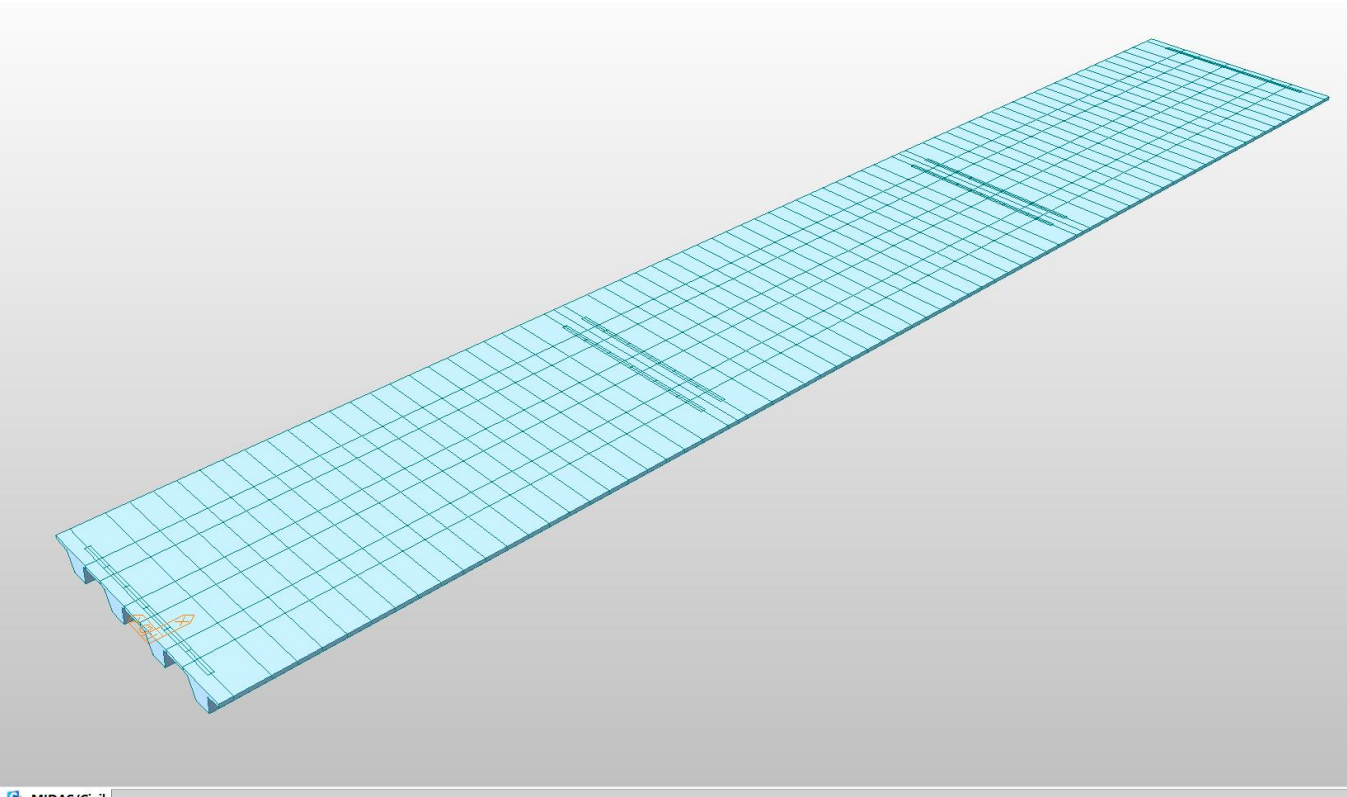


图 2.2-3 淠河特大桥三跨一联有限元模型

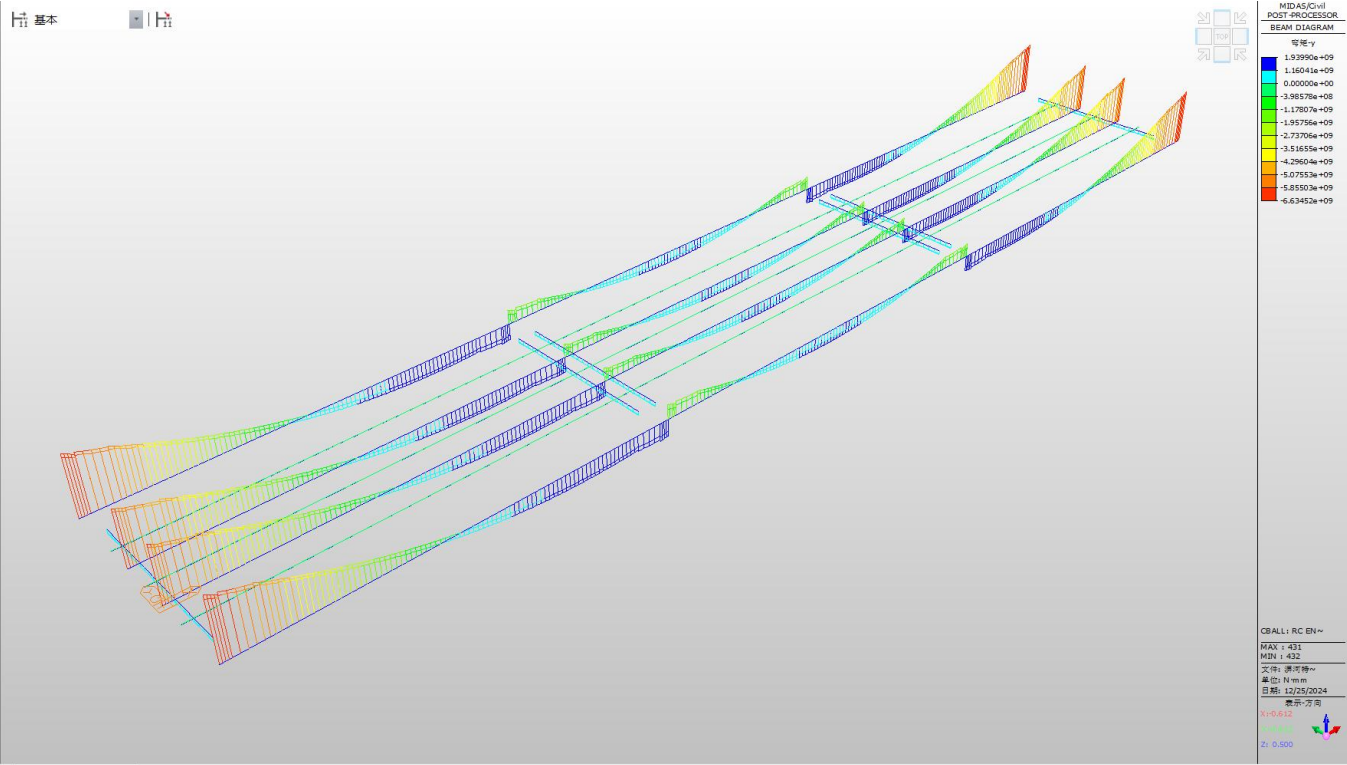


图 2.2-4 淠河特大桥三跨一联弯矩包络图

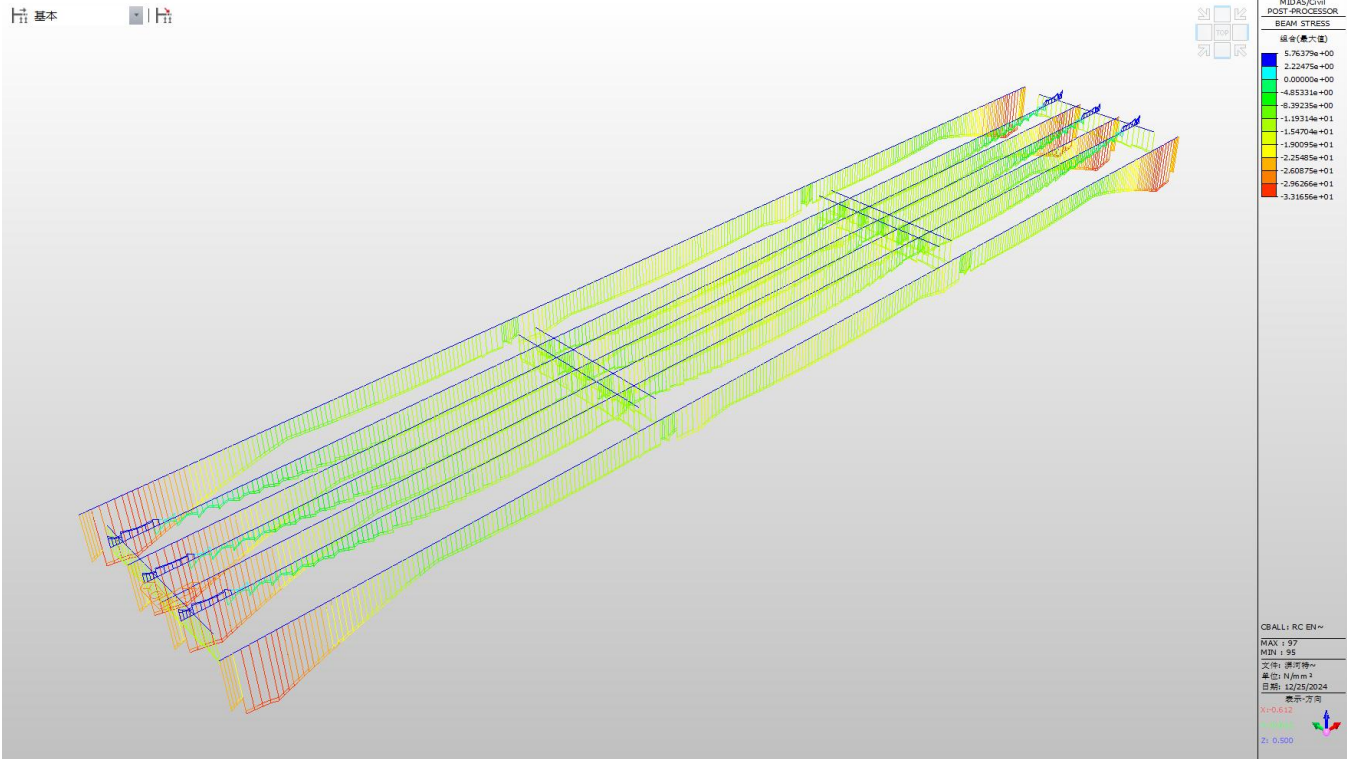


图 2.2-5 淠河特大桥三跨一联应力包络图

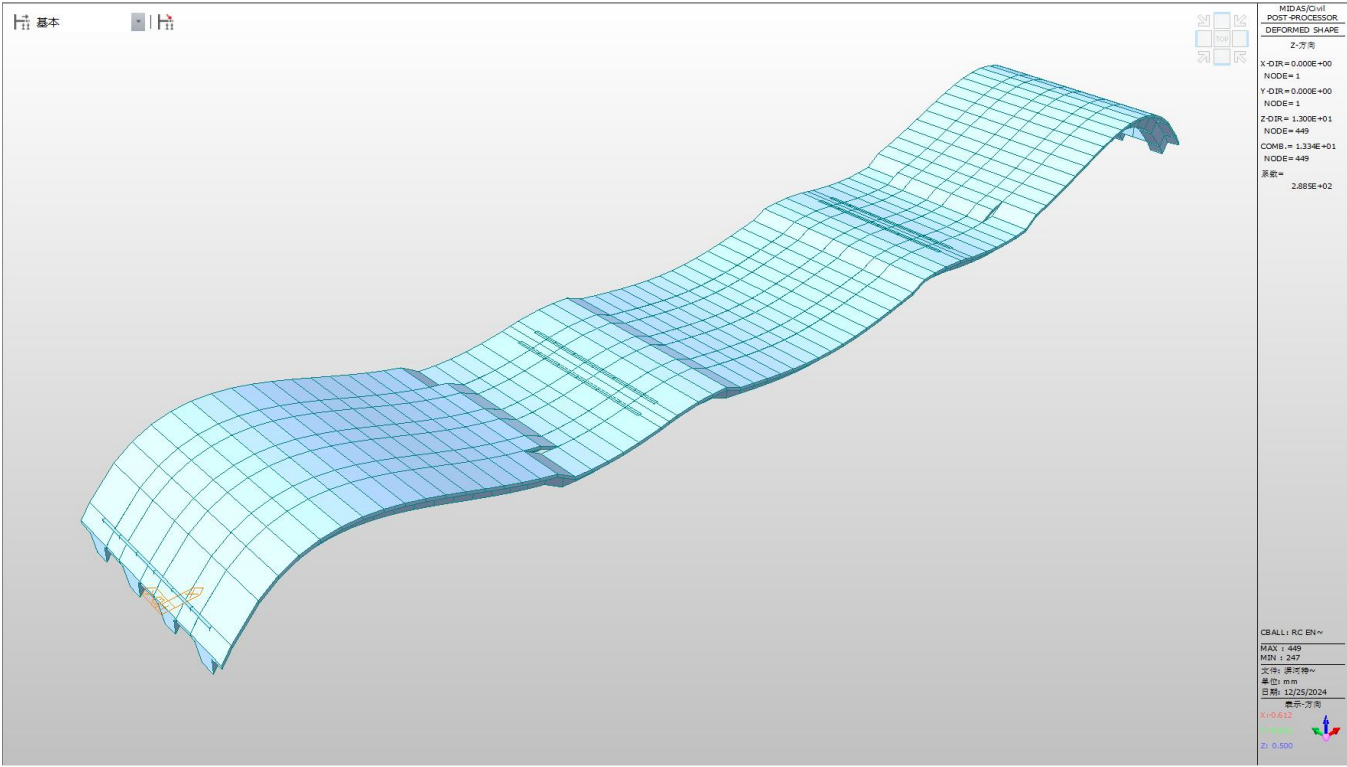


图 2.2-6 淠河特大桥三跨一联形变图

第 1 跨最负大弯矩为 1843.4kN*m，最大正弯矩为 1406.3kN*m，最大应力为-16.1MPa，最大挠

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

度为-5.454mm。

第 2 跨最负大弯矩为 1650.7kN*m，最大正弯矩为 1319.6kN*m，最大应力为-16.6MPa，最大挠度为 4.225mm。

第 3 跨最负大弯矩为 1843.4kN*m，最大正弯矩为 1406.3kN*m，最大应力为-16.1MPa，最大挠度为-5.454mm。

根据跨淠河特大桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

- （1）淠河特大桥为连续箱梁桥，应重点关注主梁的变形和应力；
- （2）淠河特大桥上部结构为三类，应重点关注主梁裂缝趋势；
- （3）淠河特大桥位于高烈度震区，应重点关注地震情况。

2.2.2 滚沟小桥

滚沟小桥为公路-I 级，桥梁全长 32m，桥面净宽 2×11m。本桥上部采用 2×13m 预应力(后张)简支 T 梁，下部结构采用柱式墩台，墩台采用桩基础。

技术标准：

- (1)设计行车速度:80 公里/小时；
- (2)汽车荷载:公路-I 级；
- (3)本项目环境类别为 I 类环境；
- (4)设计洪水频率:特大、大、中、小桥及涵洞 1/100；
- (5)抗震设防烈度:设计基本地震动峰值加速度值为 0.15g,地震基本烈度值为 V 度，沿线桥涵按相应烈度设防。
- (6)桥梁宽度:桥面净宽 2x11m。



图 2.2-7 滚沟小桥立面图

2023 年 6 月中交二航建筑科技有限公司对滚沟小桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对滚沟小桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 为 96.12，属于 1 类桥梁；右幅主桥技术状况评分 Dr 为 98.00，属于 1 类桥梁。

外观检测结论：

- (1)左幅上部结构外观缺陷：
 - ①第 1 跨两侧均被土方填实无法进行上部构件检测；
 - ②第 2 跨上部构件整体完好。
- (2)左幅下部结构：
 - ①0#桥台混凝土破损 1 处，破损面积 S=20cmx10cm;露筋 5 处，露筋总长 L=30cm；
 - ②锥坡滋生杂草。
- (3)左幅桥面系外观缺陷：
 - ①伸缩缝:普遍沉积物阻塞；
 - ②护栏:局部蜂窝麻面。
- (4)右幅上部结构外观缺陷：
 - ①第 1 跨两侧均被土方填实无法进行上部构件检测；
 - ②第 2 跨上部构件整体完好。
- (5)右幅下部结构外观缺陷：
 - ①桥台锥坡普遍杂草滋生。

编制： 杨江华

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

- (6)右幅桥面系外观缺陷:
- ①伸缩缝:普遍沉积物阻塞;
 - ②护栏:局部蜂窝麻面。

根据前期收集的技术资料情况，运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了滚沟小桥计算分析模型。

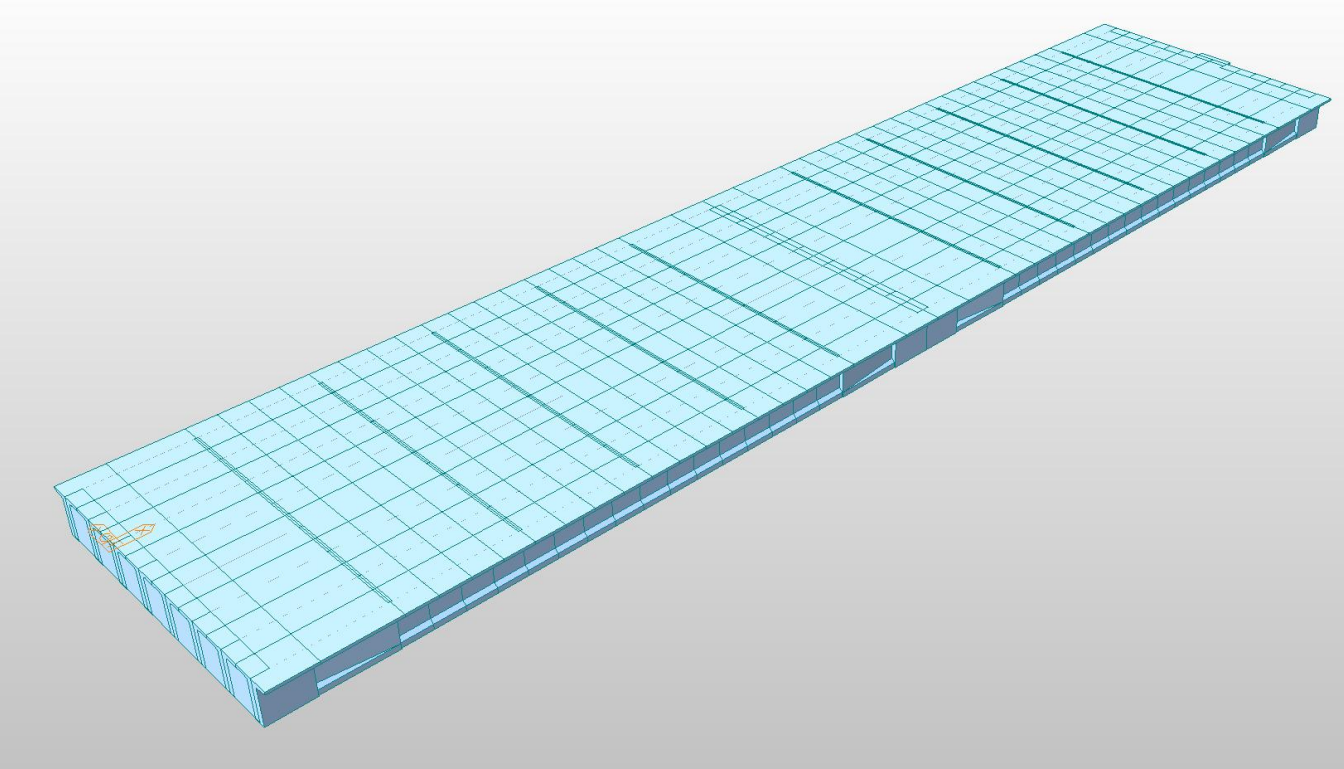


图 2.2-8 滚沟小桥桥有限元模型

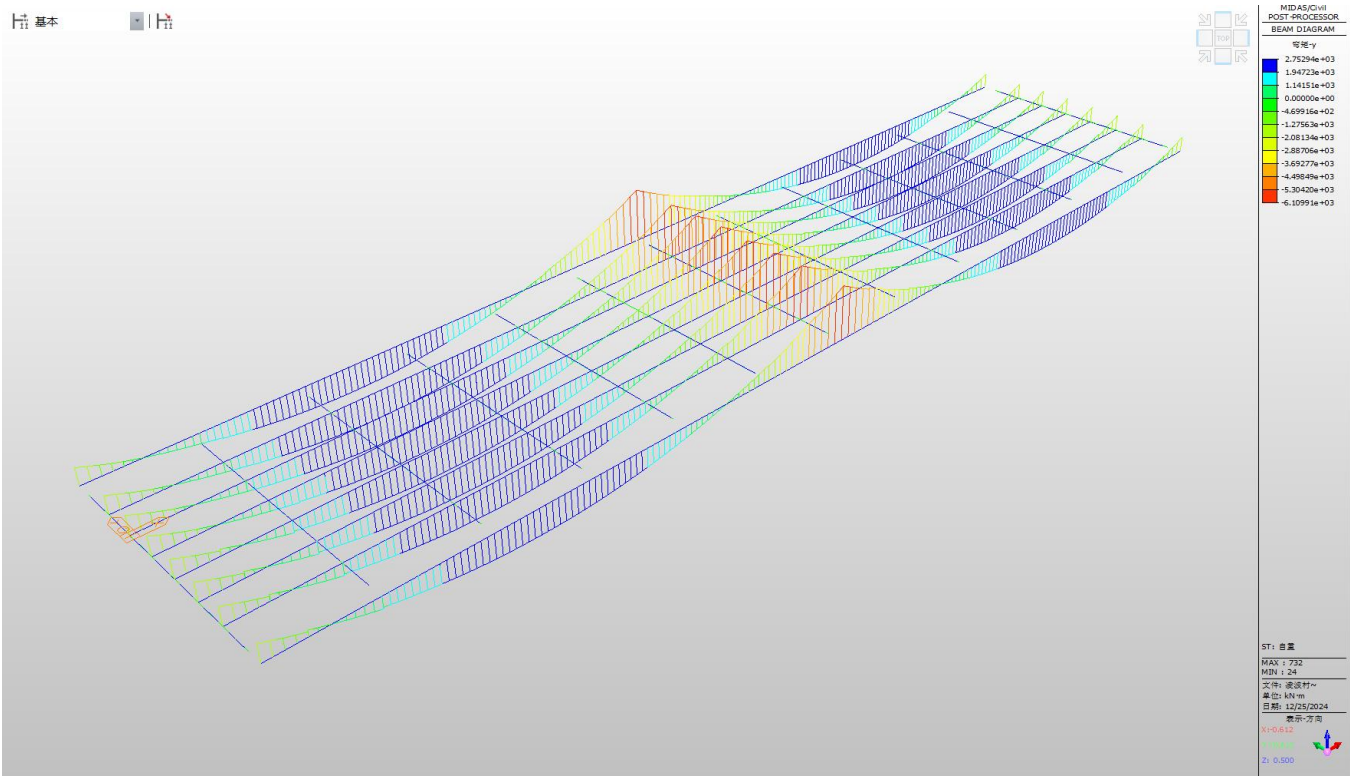


图 2.2-9 滚沟小桥弯矩包络图

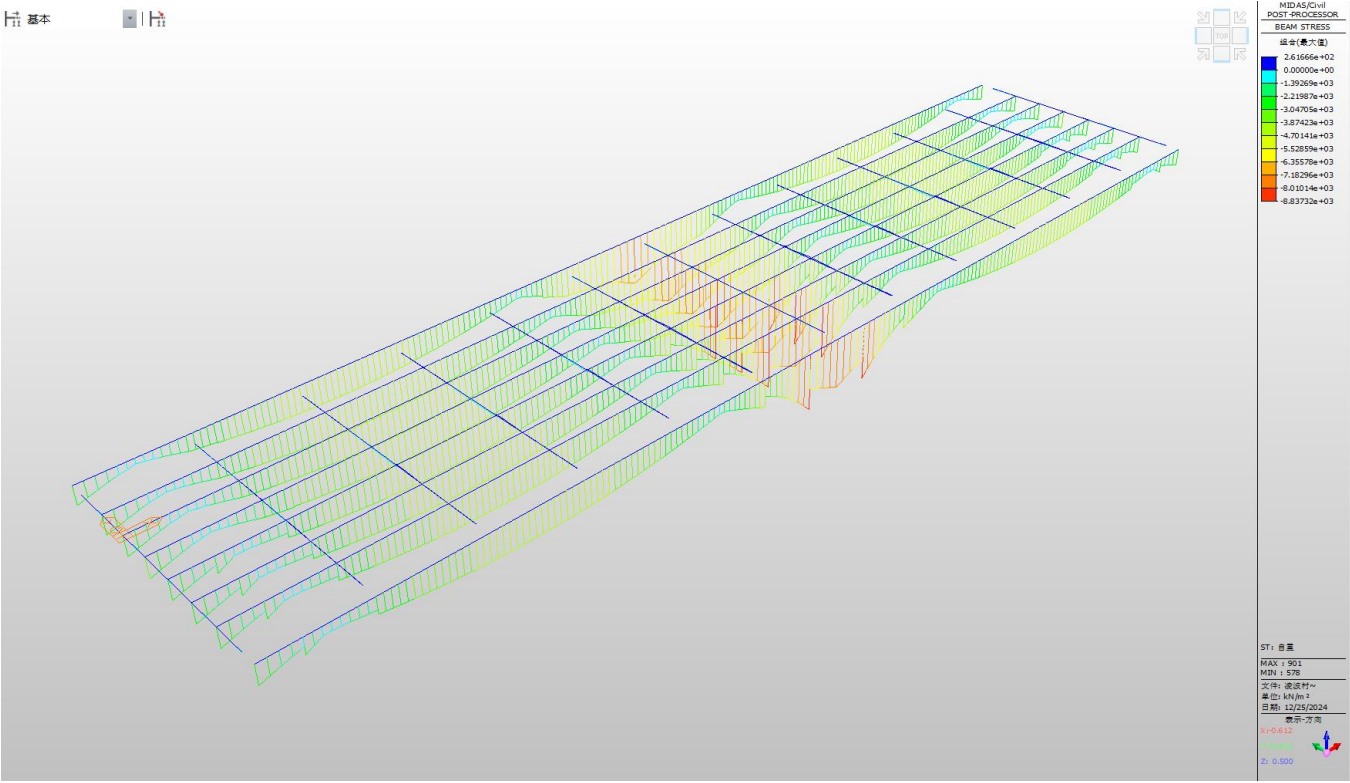


图 2.2-10 滚沟小桥应力包络图

编制: 松涛

复核: 王路遥

审核: 孙少华

图标编号: SIV-01

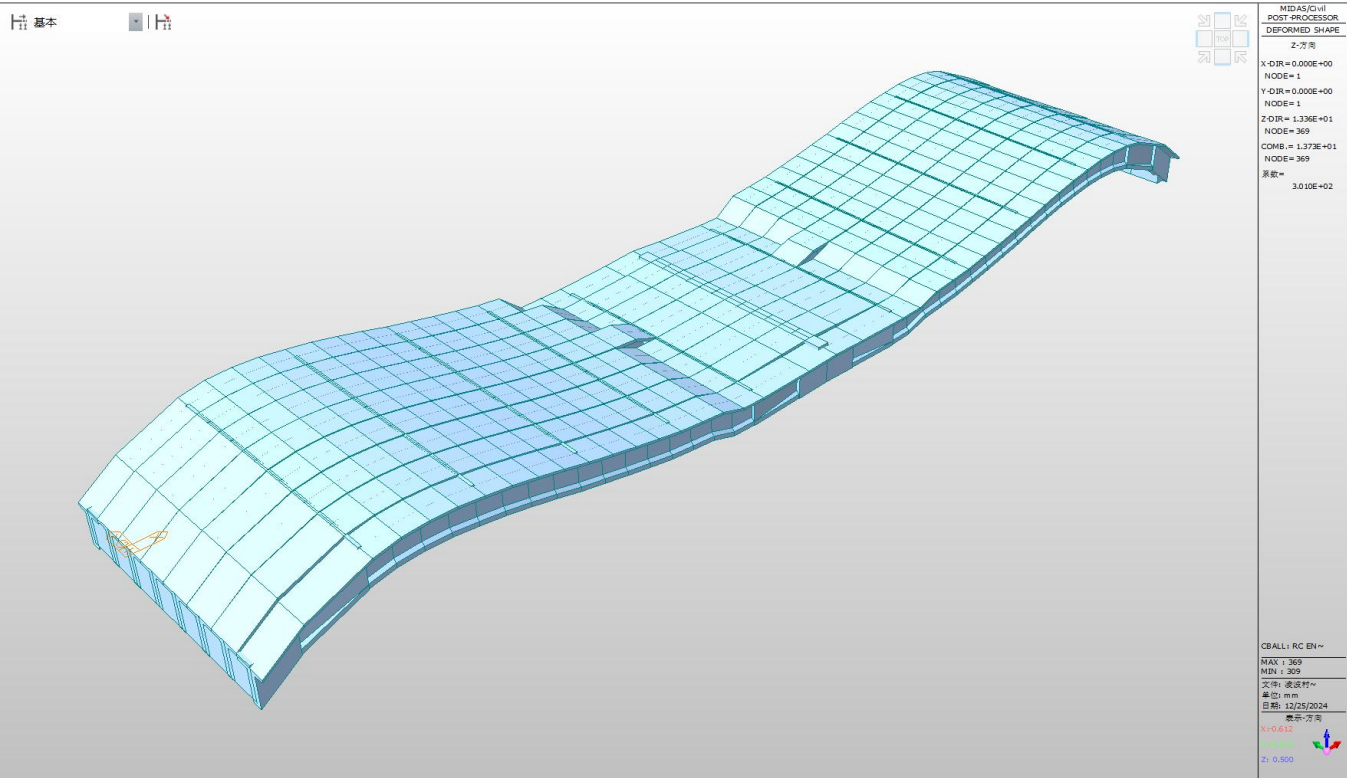


图 2.2-11 滚沟小桥形变图

第 1 跨最负大弯矩为 1464.4kN*m，最大正弯矩为 1133.1kN*m，最大应力为-11.2MPa，最大挠度为 12.238mm。

第 1 跨最负大弯矩为 1464.4kN*m，最大正弯矩为 1133.1kN*m，最大应力为-11.2MPa，最大挠度为 12.238mm。

根据滚沟小桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

（1）滚沟小桥为一类桥梁，只进行视频监控。

2.2.3 凌波村小桥

凌波村小桥为公路-I 级，桥梁全长 32m，桥面净宽 2×11m。本桥上部采用 2×13m 预应力(后张)简支 T 梁，下部结构采用柱式墩台，墩台采用桩基础。

技术标准：

- (1)设计行车速度:80 公里/小时；
- (2)汽车荷载:公路-1 级；
- (3)本项目环境类别为 I 类环境；
- (4)设计洪水频率:特大、大、中、小桥及涵洞 1/100；

编制： 杨江华

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

(5)抗震设防烈度:设计基本地震动峰值加速度值为 0.15g,地震基本烈度值为 V 度，沿线桥涵按相应烈度设防。

(6)桥梁宽度:桥面净宽 2x11m。



图 2.2-12 凌波村小桥立面图

2023 年 6 月中交二航建筑科技有限公司对凌波村小桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对凌波村小桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 为 96.25，属于 1 类桥梁；右幅主桥技术状况评分 Dr 为 94.62，属于 1 类桥梁。

外观检测结论：

(1) 左幅上部结构外观缺陷：

整体完好。

(2) 左幅下部结构：

- ①0#桥台侧墙钢筋头未切除；
- ②桥墩台支座限位块普遍破损；
- ③锥坡滋生杂草。

(3) 左幅桥面系外观缺陷：

- ①伸缩缝:普遍沉积物阻塞；
- ②护栏:局部蜂窝麻面。

(4) 右幅上部结构外观缺陷：

整体完好。

- (5) 右幅下部结构外观缺陷:
- ①2#桥台侧墙钢筋头未切除;
 - ②桥墩台支座限位块普遍破损;
 - ③0#桥台护坡局部冲刷。
- (6) 右幅桥面系外观缺陷:
- ①伸缩缝: 普遍沉积物阻塞;
 - ②护栏: 局部蜂窝麻面。

根据前期收集的技术资料情况, 运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了凌波村小桥计算分析模型。

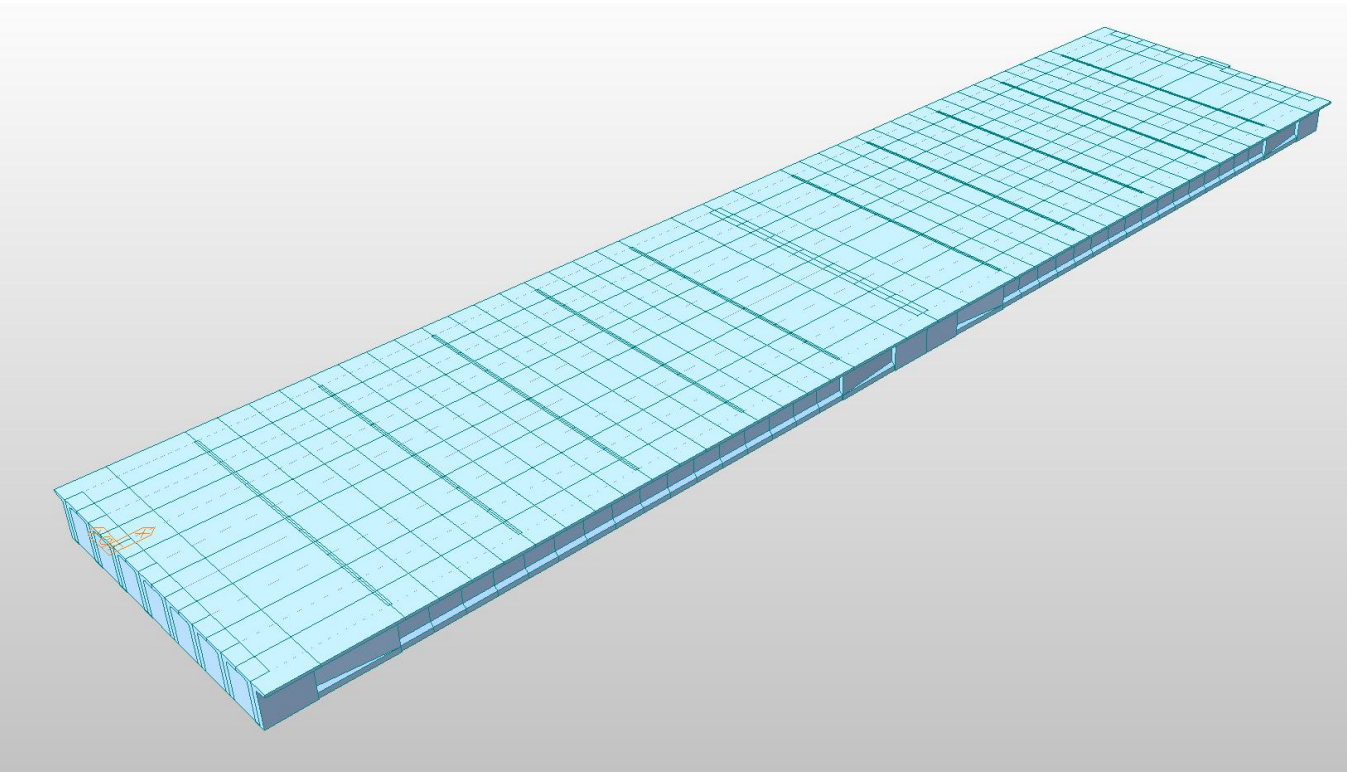


图 2.2-13 凌波村小桥有限元模型

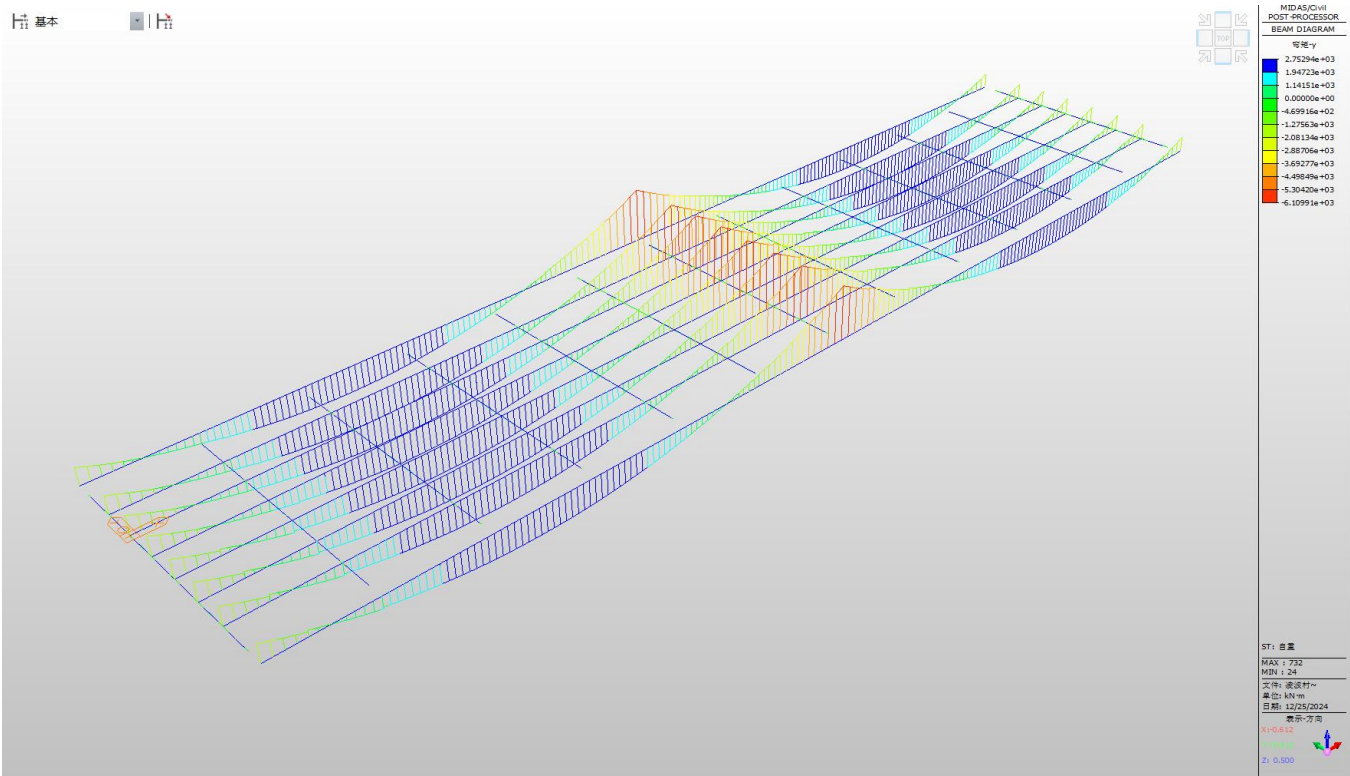


图 2.2-14 凌波村小桥弯矩包络图

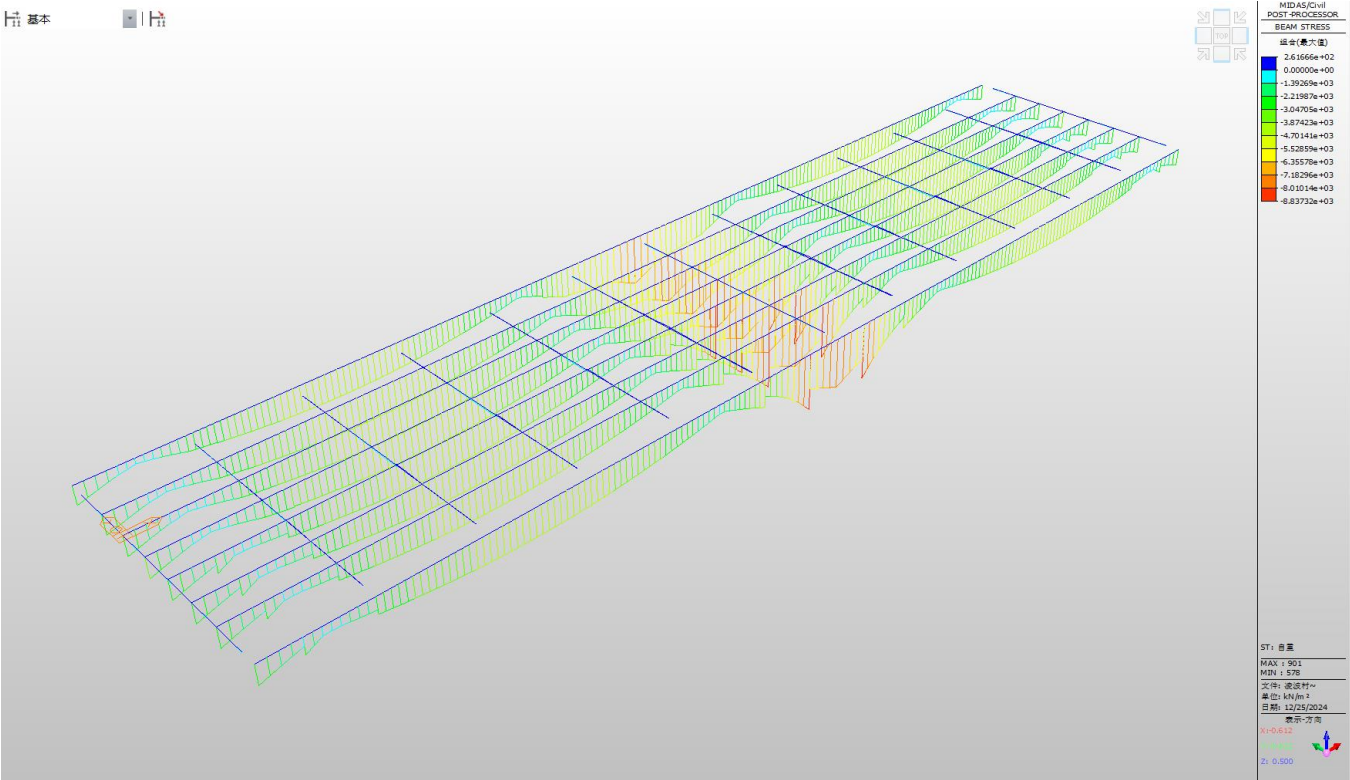


图 2.2-15 凌波村小桥应力包络图

编制: 杨江勇

复核: 王路遥

审核: 孙少华

图标编号: SIV-01

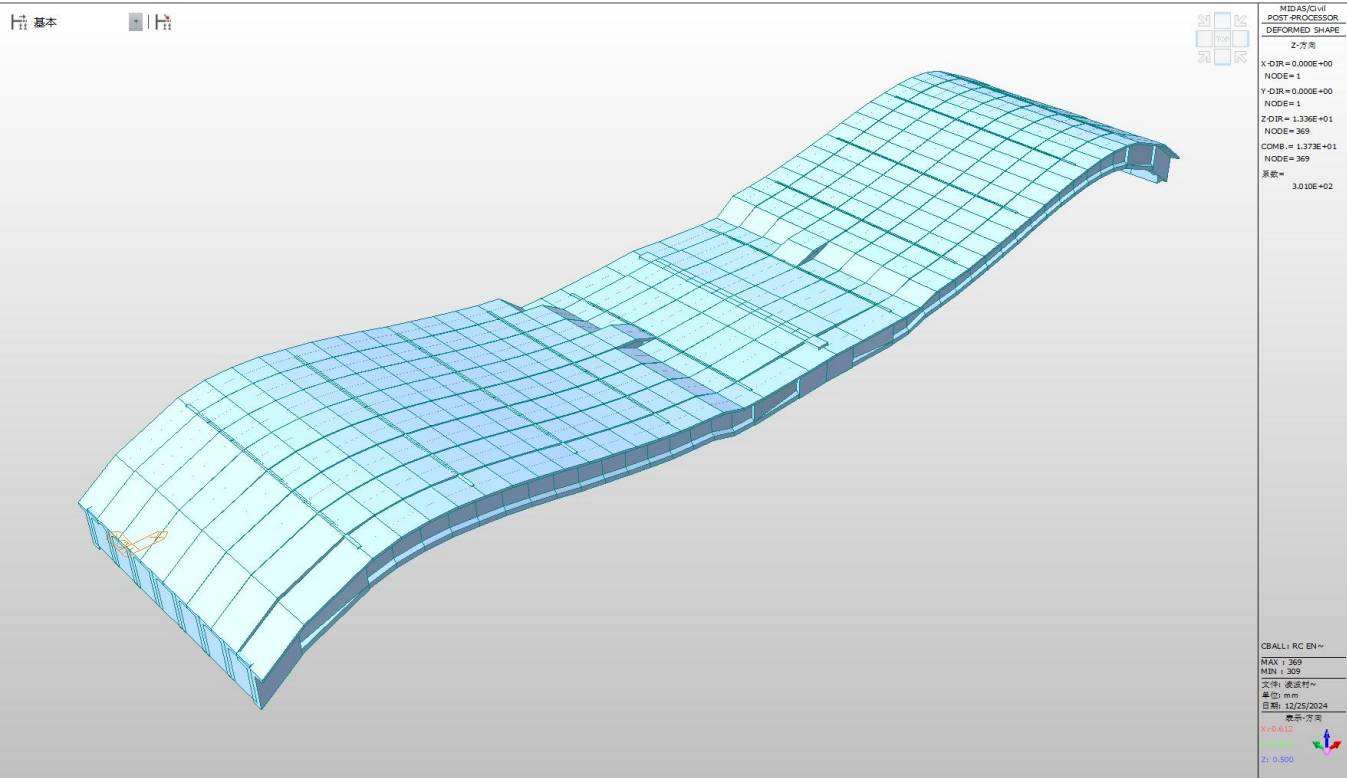


图 2.2-16 凌波村小桥形变图

第 1 跨最负大弯矩为 1464.4kN*m，最大正弯矩为 1133.1kN*m，最大应力为-11.2MPa，最大挠度为 12.238mm。

第 1 跨最负大弯矩为 1464.4kN*m，最大正弯矩为 1133.1kN*m，最大应力为-11.2MPa，最大挠度为 12.238mm。

根据凌波村小桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

(1) 凌波村小桥为 T 型梁桥，应重点关注主梁的变形。

2.2.4 跨 G35 高速立交桥

跨 G35 高速立交桥荷载等级为公路-I 级，桥梁全长 796m，桥面净宽 11m。本桥上部结构主桥采用 (35+60+35)m 变截面现浇连续梁，引桥上部结构采用装配式预应力(后张)小箱梁，先简支后连续，全桥共 7 联：4×30+3×30+4×30+(35+60+35)+4×30+3×30+4×30m；下部结构桥台采用肋板台，主桥桥墩采用矩形墩接承台桩基础，引桥及过渡墩采用柱式墩，墩台采用桩基础。

技术标准：

- (1) 设计行车速度:80 公里/小时；
- (2) 汽车荷载:公路-1 级；

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

(3) 本项目环境类别为 I 类环境：

(4) 设计洪水频率:特大、大、中、小桥及涵洞 1/100；

(5) 抗震设防烈度:设计基本地震动峰值加速度值为 0.15g,地震基本烈度值为 V 度，沿线桥涵按相应烈度设防。

(6) 桥梁宽度:桥面净宽 2x11m。



图 2.2-17 跨 G35 高速立交桥立面图

2024 年 5 月中交二航建筑科技有限公司对跨 G35 高速立交桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对跨 G35 高速立交桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 为 88.62，属于 2 类桥梁；右幅主桥技术状况评分 Dr 为 90.61，属于 2 类桥梁。

外观检测结论：

(1) 左幅上部结构外观缺陷：

- ①预制箱梁底板纵向裂缝共计 20 条,累计长度 12421cm,最大缝宽 0.17mm；
- ②箱梁(内):顶部有一处修补痕迹;纵向裂缝共计 6 条，长度 990cm，最大缝宽 0.15mm；
- ③湿接缝:局部有盐析缝；
- ④支座:支座钢垫板普遍锈蚀，垫块存在开裂现象。

(2) 左幅下部结构：

- ①部分桥墩台墩顶部建筑垃圾堆积；

②桥台锥坡有杂草滋生。

(3)左幅桥面系外观缺陷:

伸缩缝: 普遍沉积物阻塞, 锚固区混凝土有裂缝;

护栏: 破损 1 处, 破损面积 S=35cmx15cm。

(4)右幅上部结构外观缺陷:

①箱梁底板裂缝共计 23 条, 裂缝总长 17490cm, 最大宽度 W=0.19mm;

②箱梁(内部): 纵向裂缝共计 6 条, 长度 1620cm, 最大缝宽 0.19mm;

③支座; 支座钢垫板普遍锈蚀。

(5)右幅下部结构外观缺陷:

部分桥墩台墩顶建筑垃圾堆积。

(6)右幅桥面系外观缺陷:

伸缩缝: 普遍沉积物阻塞, 锚固区混凝土有裂缝。

根据前期收集的技术资料情况, 运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了跨 G35 高速立交桥计算分析模型。

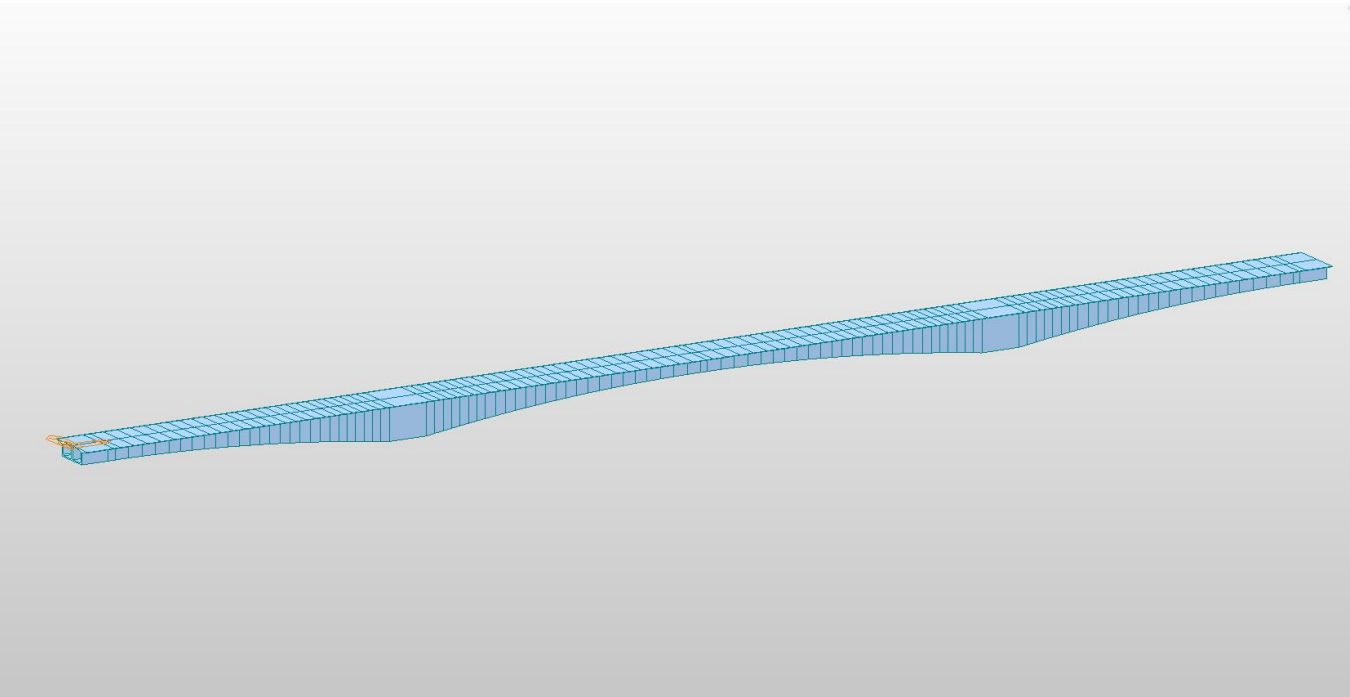


图 2.2-18 跨 G35 高速立交桥有限元模型

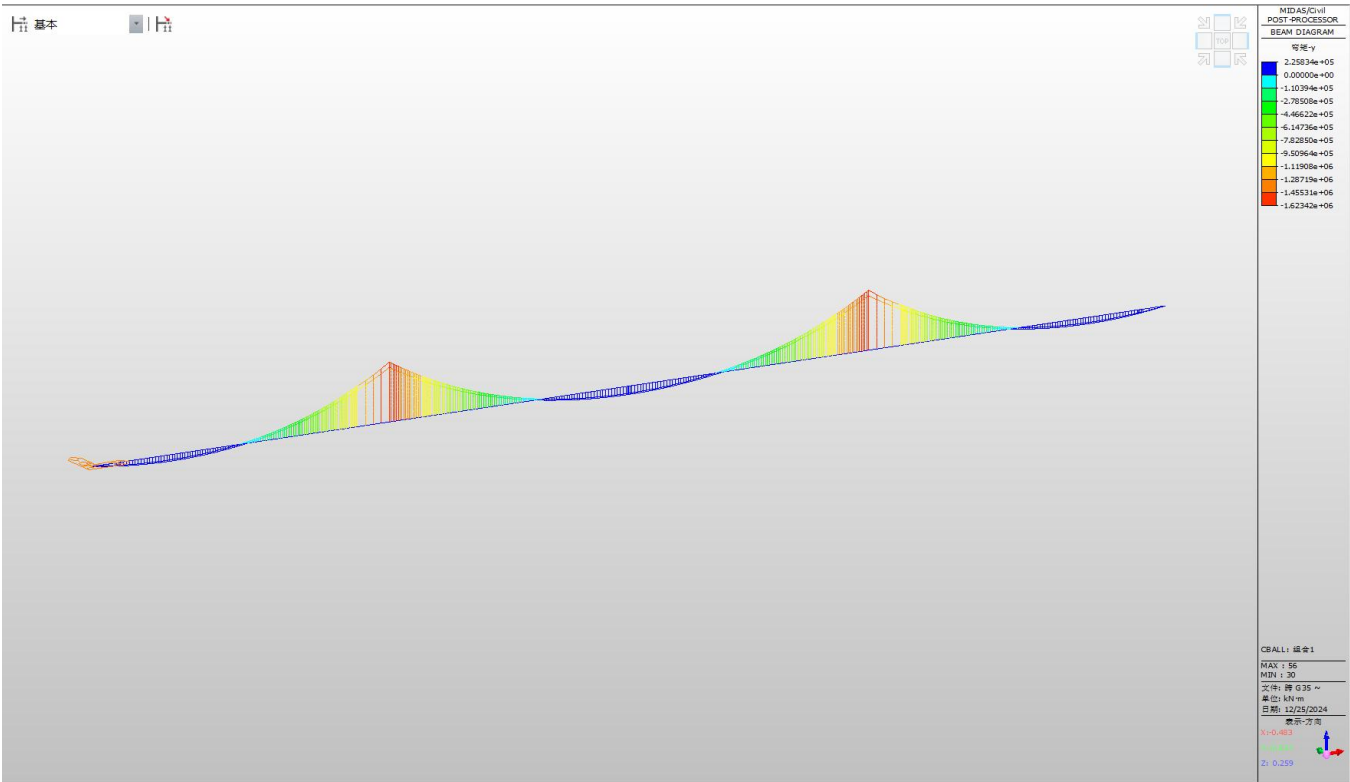


图 2.2-19 跨 G35 高速立交桥弯矩包络图

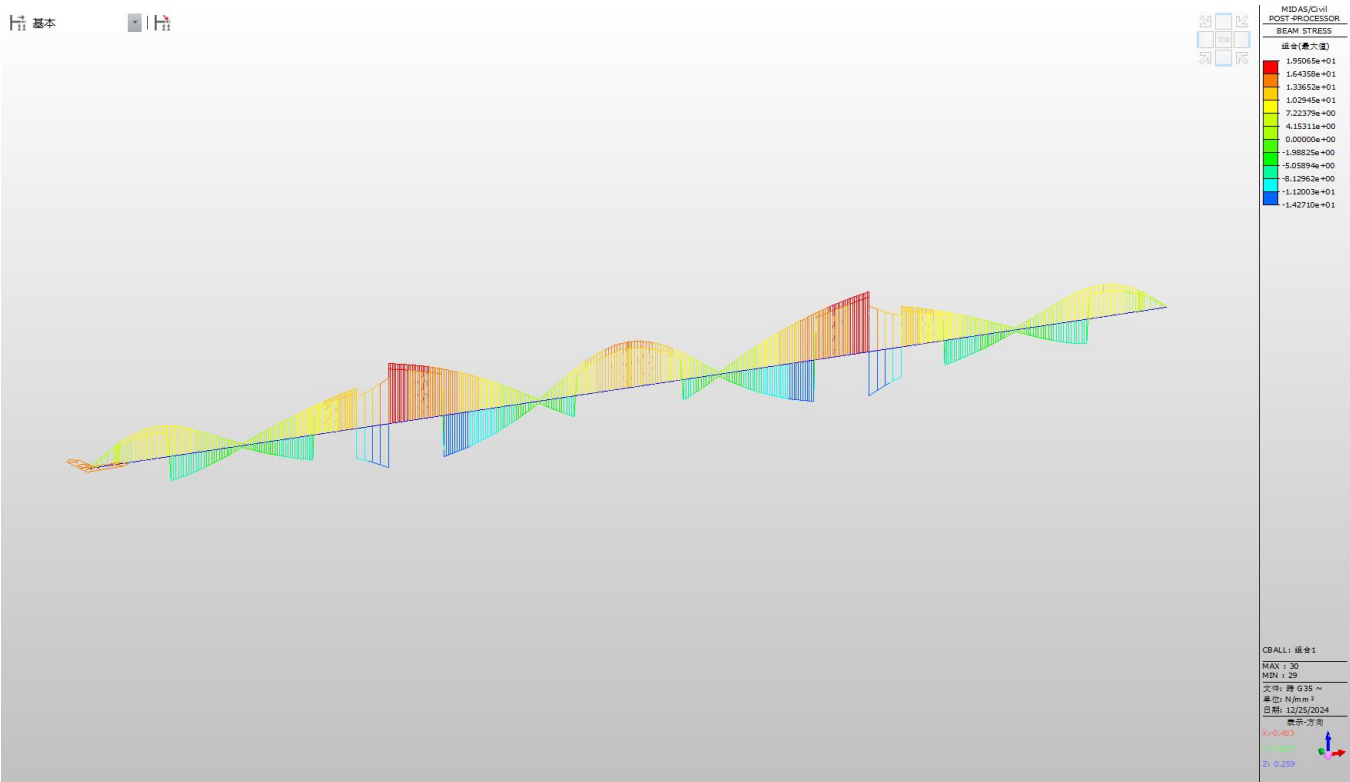


图 2.2-20 跨 G35 高速立交桥应力包络图

编制: 杨江

复核: 王路遥

审核: 孙少华

图标编号: SIV-01

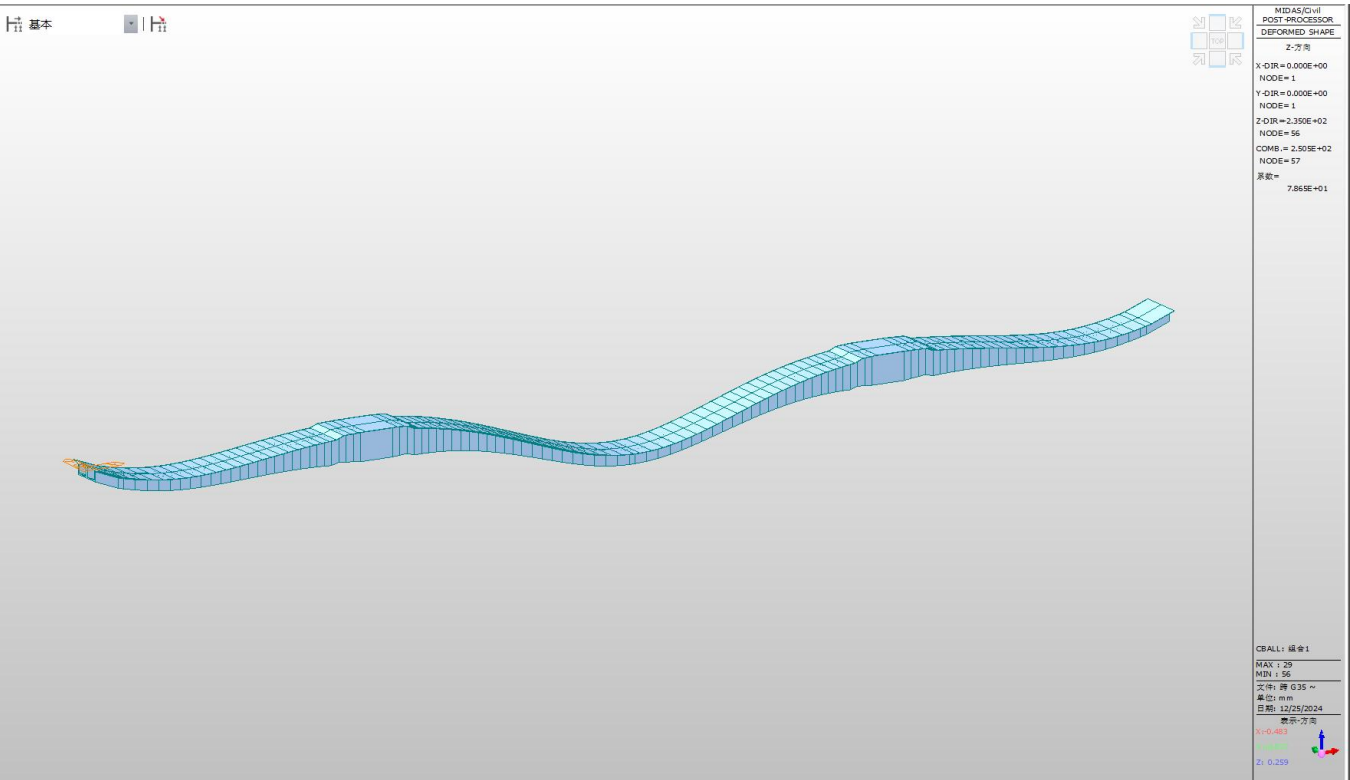


图 2.2-21 跨 G35 高速立交桥形变图

第 1 跨最负大弯矩为 1623419.9kN*m，最大正弯矩为 135973.8kN*m，最大应力为 10.3MPa 和 -8.0MPa，最大挠度为-22.148mm。

第 2 跨最负大弯矩为 1623420.0kN*m，最大正弯矩为 193964.8kN*m，最大应力为 14.8MPa 和 7.7MPa，最大挠度为-78.345mm。

第 3 跨最负大弯矩为 1623419.9kN*m，最大正弯矩为 135973.8kN*m，最大应力为 10.3MPa 和 -8.0MPa，最大挠度为-22.148mm。

根据跨跨 G35 高速立交桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

- (1) 跨 G35 高速立交桥主桥为连续箱梁桥并且单孔跨径 60 米以上，应重点关注主梁的变形、振动和应力；
- (2) 跨 G35 高速立交桥位于高烈度震区，应重点关注地震情况。

2.2.5 戚家桥中桥

戚家桥中桥为公路-I 级，桥梁全长 45.06m，桥面净宽 2×11m。本桥上部结构采用 3×13m 预应力砼(后张)简支 T 梁，桥面连续，下部结构采用柱式墩，墩台采用桩基础，基础按摩擦桩设计。

技术标准：

- (1)设计行车速度:80 公里/小时；
- (2)汽车荷载:公路-1 级；
- (3)地震动加速度峰值:0.10g；
- (4)设计洪水频率:1/100；
- (5)桥上护栏:桥梁内、外侧护栏均采用 SB 级外包式墙式护栏
- (6)桥面铺装:新建桥梁采用 13cm 厚沥青混凝土+8cm 厚水泥混凝土；
- (7)路基宽度:原有路基宽 15.0=，拼宽后路基宽 24.5m
- (8)涵洞与路基同宽;主要结构形式有:钢筋混凝土圆管涵、盖板涵、块石拱涵。进出口型式:竖井、挡墙及一字墙洞口；
- (9)本项目环境类别为 1 类环境。



图 2.2-22 戚家桥中桥立面图

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

2023 年 6 月中交二航建筑科技有限公司对戚家桥中桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对戚家桥中桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 为 94.05，属于 1 类桥梁；右幅主桥技术状况评分 Dr 为 94.05，属于 1 类桥梁。

外观检测结论：

(1)左幅上部结构外观缺陷：

①T 梁普遍局部蜂窝麻面。

(2)左幅下部结构：

①桥台锥坡杂草滋生；

②0#桥墩墩顶有建筑垃圾。

(3)左幅桥面系外观缺陷：

①)泄水孔部分堵塞；

②伸缩缝普遍角沉积物阻塞；

③护栏普遍 U 型裂缝。

(4)右幅上部结构外观缺陷：

①T 梁普遍局部蜂窝麻面；

②1#墩顶支座钢垫板普遍轻微锈蚀。

(5)右幅下部结构外观缺陷：

①3#桥墩墩顶建筑垃圾堆积；

②)桥台锥坡普遍杂草滋生。

(6)右幅桥面系外观缺陷：

①泄水孔部分堵塞；

②)伸缩缝普遍角沉积物阻塞；

③护栏普遍 U 型裂缝；

④桥面铺装局部磨损，粗集料裸露。

根据前期收集的技术资料情况，运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了戚家桥中桥

桥计算分析模型。

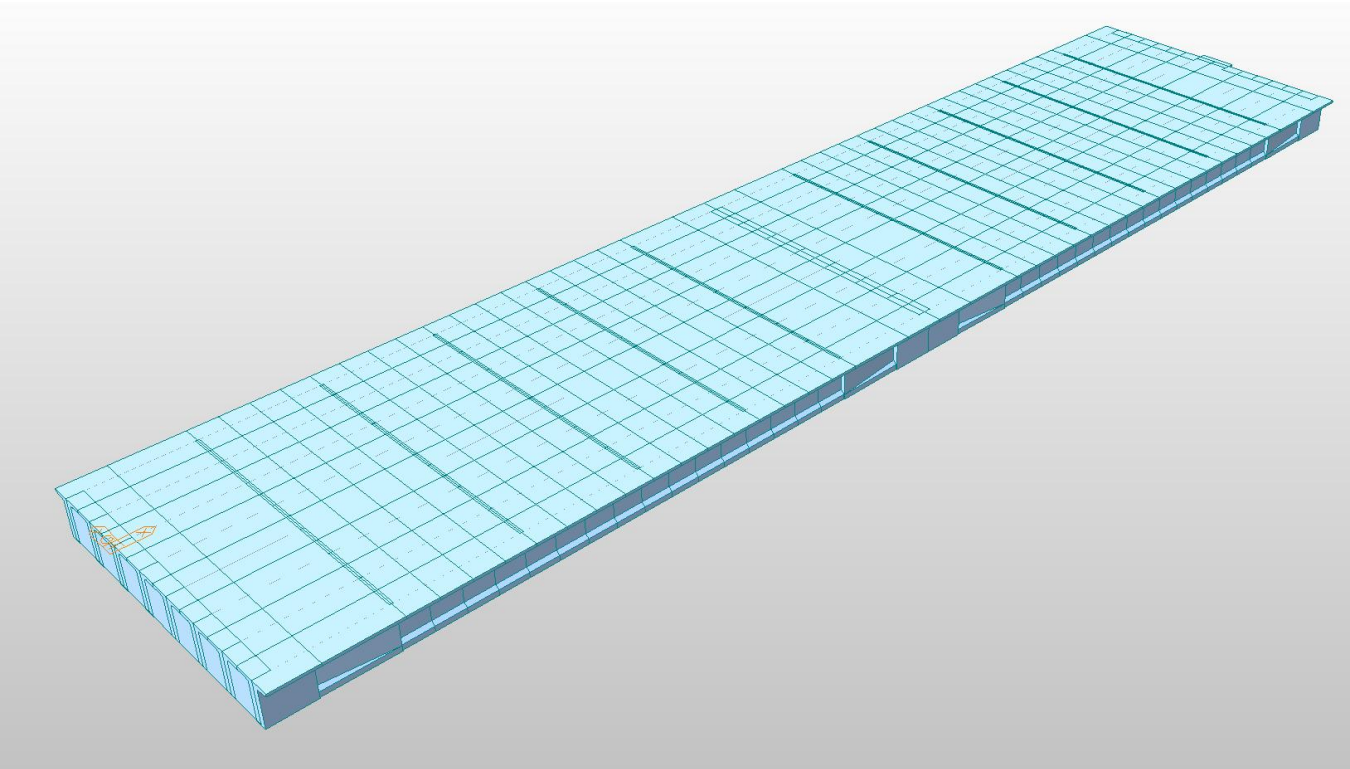


图 2.2-23 戚家桥中桥有限元模型

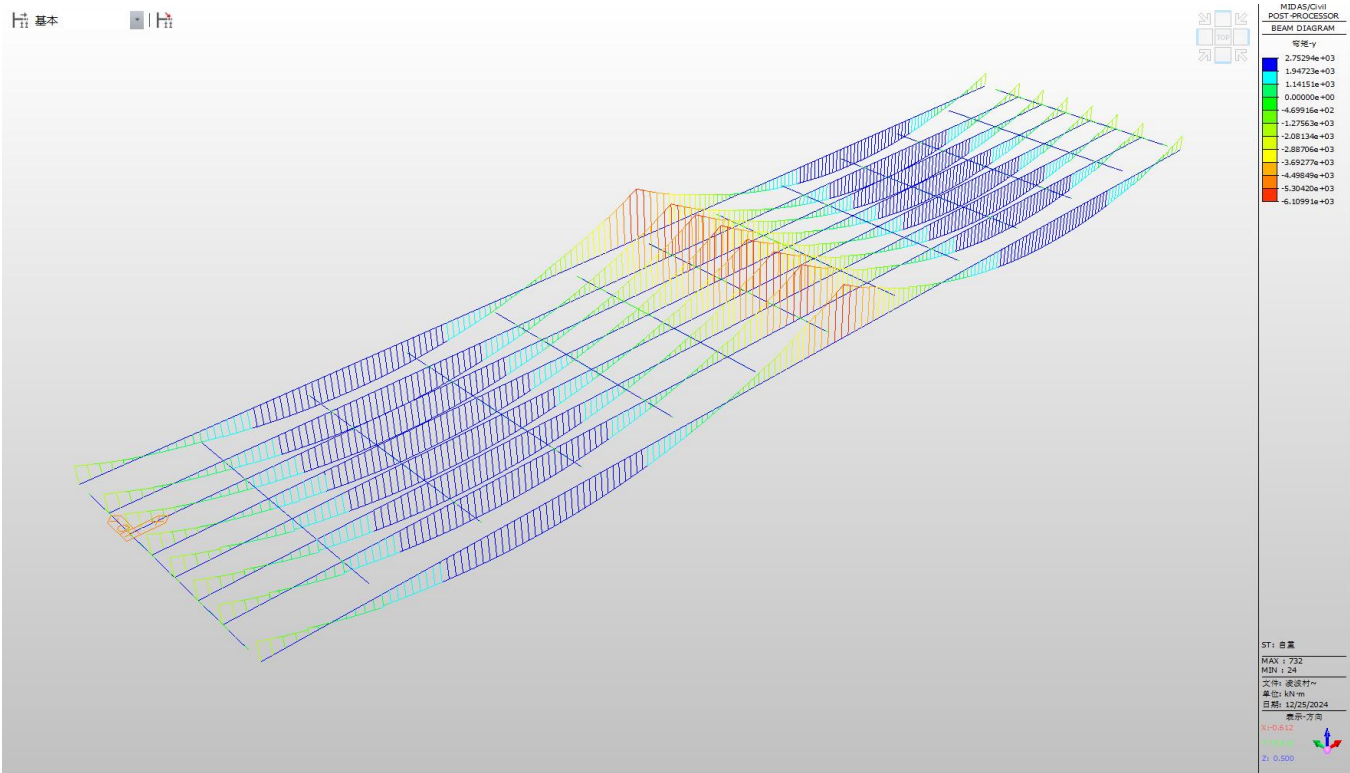


图 2.2-24 戚家桥中桥弯矩包络图

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

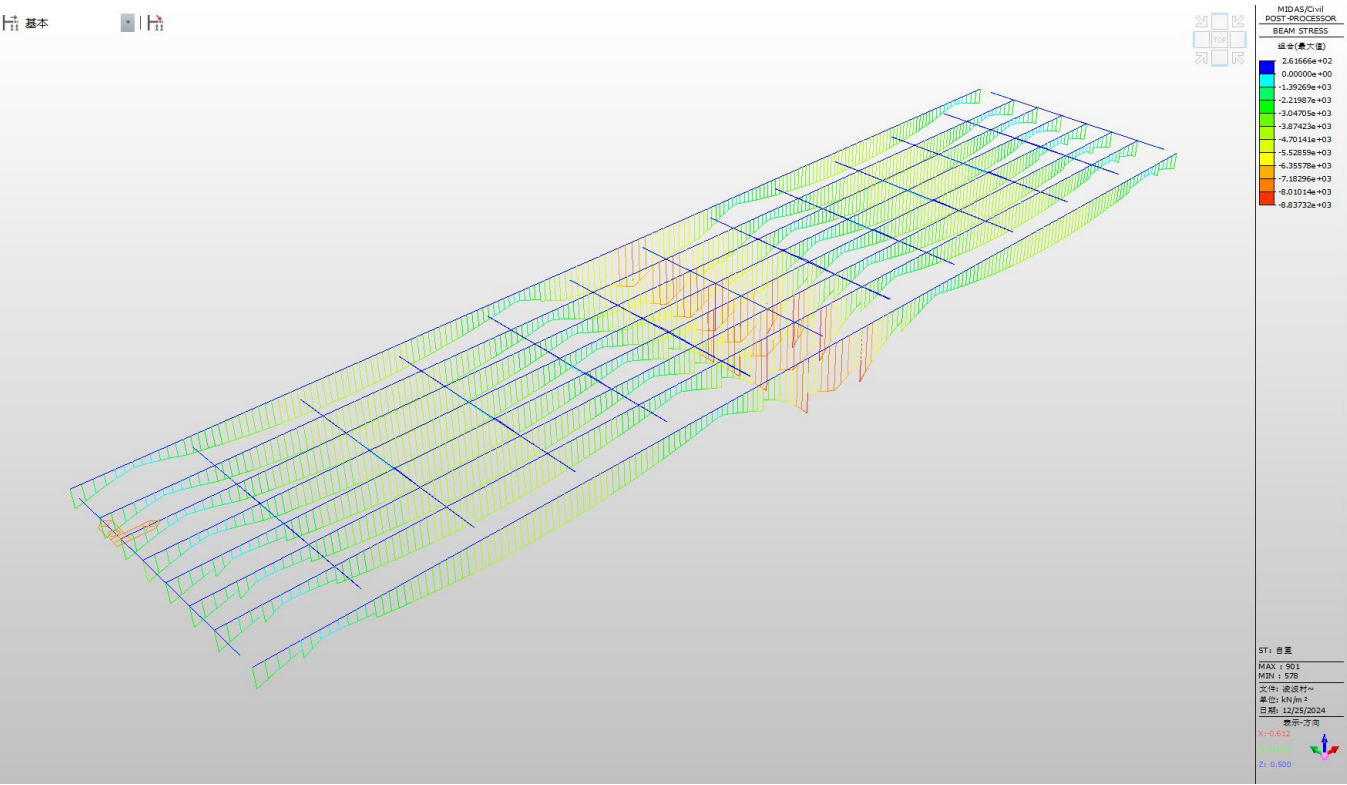


图 2.2-25 戚家桥中桥应力包络图

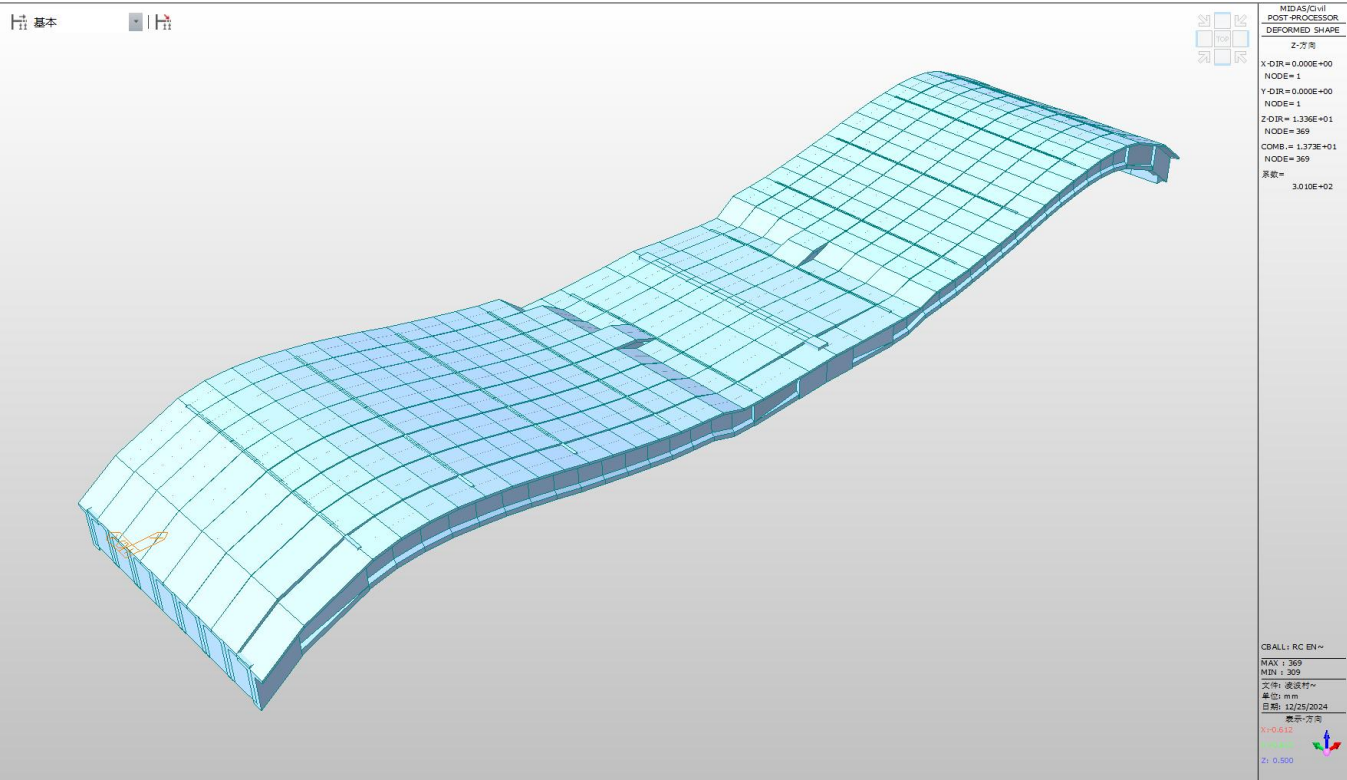


图 2.2-26 戚家桥中桥形变图

第 1 跨最负大弯矩为 1464.4kN*m，最大正弯矩为 1133.1kN*m，最大应力为-11.2MPa，最大挠

度为 12.238mm。

第 1 跨最负大弯矩为 1464.4kN*m，最大正弯矩为 1133.1kN*m，最大应力为-11.2MPa，最大挠度为 12.238mm。

根据戚家桥中桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

（1）戚家桥中桥为 T 型梁桥，应重点关注主梁的变形。

2.2.6 淠河总干渠大桥

淠河总干渠大桥为公路-I 级，桥梁全长 427m，桥面净宽 2×15.75m。上部采用预应力混凝土组合箱梁，桥跨组合为 2×30+(33+54+33)+2×(4×30)m；下部结构采用柱式墩，钻孔灌注桩基础；柱式桥台，钻孔灌注桩基础。

技术标准：

- 1、公路等级:一级公路
 - 2、设计速度:80km/h
 - 3、设计基准期:100 年
 - 4、荷载等级:公路-I 级
 - 5、主桥桥面布置:行车道横坡 2%，桥面全宽 2x15.75m
- 桥梁分双幅对称布置，单幅宽度 15.5m，中央净距 0.5m。单幅桥由内向外横断面布置如下：
- 0.5m(防撞护栏)+14.5m(行车道)+0.5m(防撞护栏)
 - 6、设计通航水位:最高通航水位+52.3(1985 国家高程基准，以下同)。
 - 7、通航净空:净高 6m，双向通航净宽 40m。
 - 8、航道等级:VI级航道。
 - 9、地震烈度:地震动峰值加速度为 0.1g，地震基本烈度为 7 度
 - 10、设计基本风速:重现期 100 年 10m 高 10 分钟平均最大风速 25m/s。

编制： 杨江

复核： 陈路通

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01



图 2.2-27 淠河总干渠大桥立面图

2023 年 6 月中交二航建筑科技有限公司对淠河总干渠大桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对淠河总干渠大桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 为 82.06，属于 2 类桥梁，其中上部结构技术状况等级为 3 类；右幅主桥技术状况评分 Dr 为 89.46，属于 2 类桥梁。

外观检测结论：

- (1)左幅上部结构外观缺陷：
- ①现浇箱梁箱外 6 条纵向裂缝，累计长度 716cm，最大缝宽 0.15mm；箱内顶部 4 条纵向裂缝，累计长度 400cm，最大缝宽 0.13mm；
 - ②预制箱梁 8 条裂缝，累计长度 5215cm，最大缝宽 0.12mm；
 - ③支座钢垫板普遍锈蚀；
 - ④横隔板、湿接缝普遍麻面蜂窝。
- (2)左幅下部结构：
- ①13#桥台锥坡杂草滋生；
 - ②13#桥台台帽顶部建筑垃圾堆积。
- (3)左幅桥面系外观缺陷：
- ①泄水管普遍缺失，泄水孔水篦子大部分缺失；
 - ②伸缩缝普遍沉积物阻塞，锚固区混凝土有裂缝，0#伸缩缝锚固区小里程侧中部开裂；

- ③护栏普遍裂缝。
- (4)右幅上部结构外观缺陷：
- ①现浇箱梁箱外 3 条纵向裂缝，累计长度 380cm，最大缝宽 0.15mm；箱内顶部 12 条纵向裂缝，累计长度 2245cm，最大缝宽 0.16mm；
 - ②预制箱梁底板 8 条纵向裂缝，累计长度 1125cm，最大缝宽 0.13mm；破损露筋 2 处，累计破损面积 480cm²；露筋 1 处，露筋长度 5cm；
 - ③支座钢垫板普遍锈蚀；
 - ④横隔板、湿接缝普遍麻面蜂窝。
- (5)右幅下部结构外观缺陷：
- ①3#桥墩混凝土破损 3 处，破损面积 S=40cmx10cm，2#桥墩混凝土破损 1 处，破损面积 S=15cmx8cm；
 - ②8#桥墩盖梁顶部钢筋头未切除；
 - ③部分墩顶有建筑垃圾；
 - ④锥坡滋生杂草。
- (6)右幅桥面系外观缺陷：
- ①泄水孔水篦子大部分缺失；
 - ②)伸缩缝普遍沉积物阻塞，锚固区混凝土有裂缝；
 - ③护栏普遍裂缝。

根据前期收集的技术资料情况，运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了淠河总干渠大桥计算分析模型。

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少华

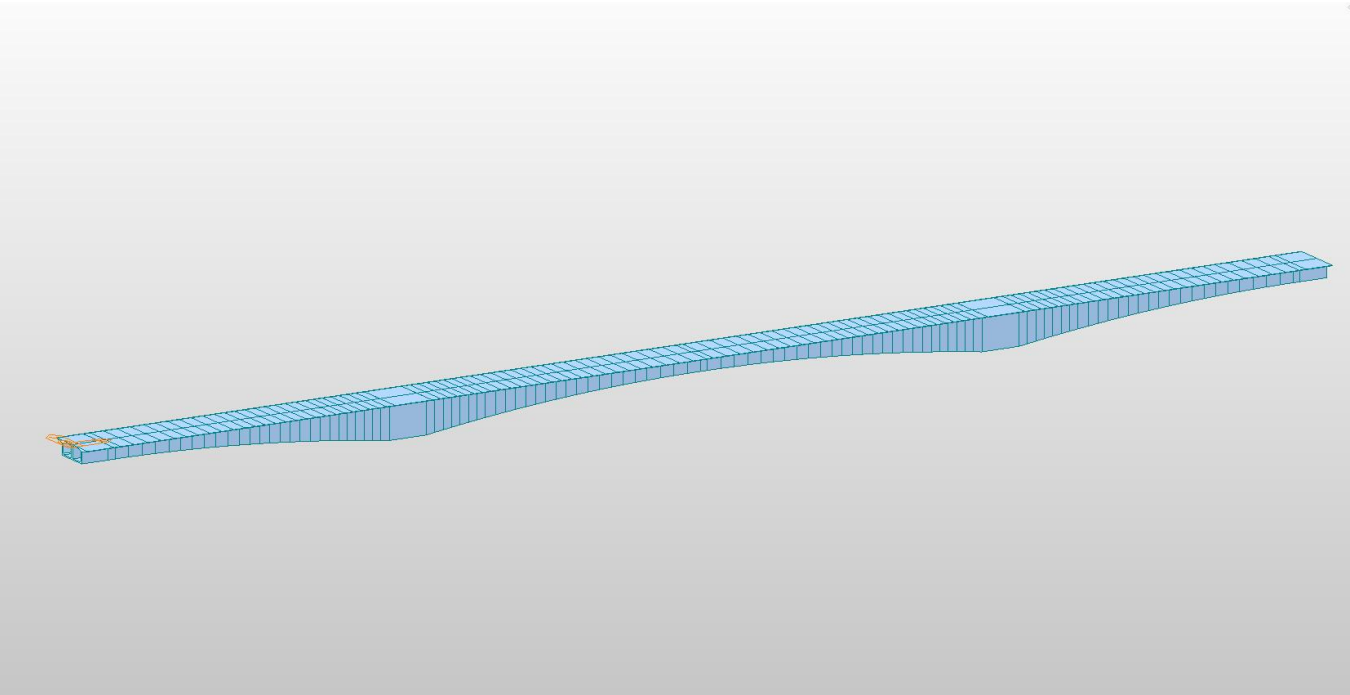


图 2.2-28 淠河总干渠大桥有限元模型

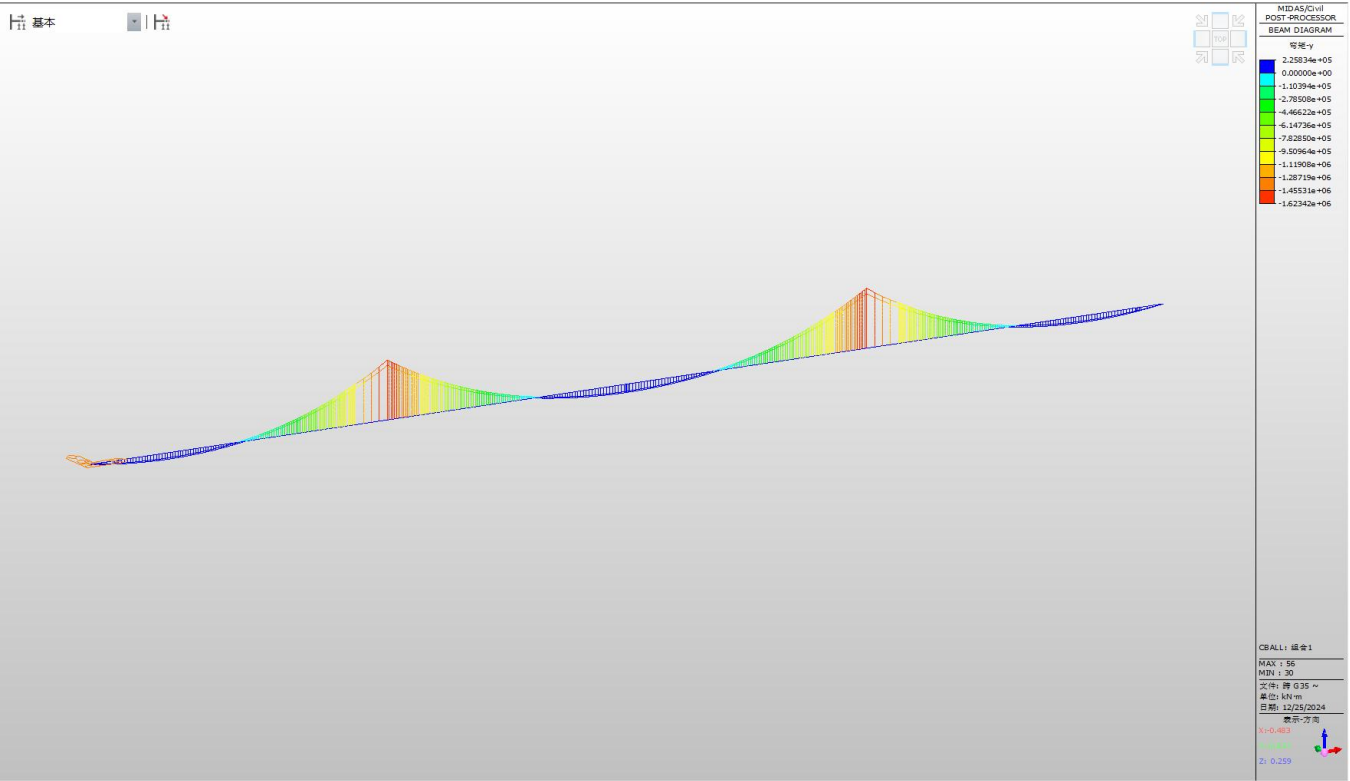


图 2.2-29 淠河总干渠大桥弯矩包络图

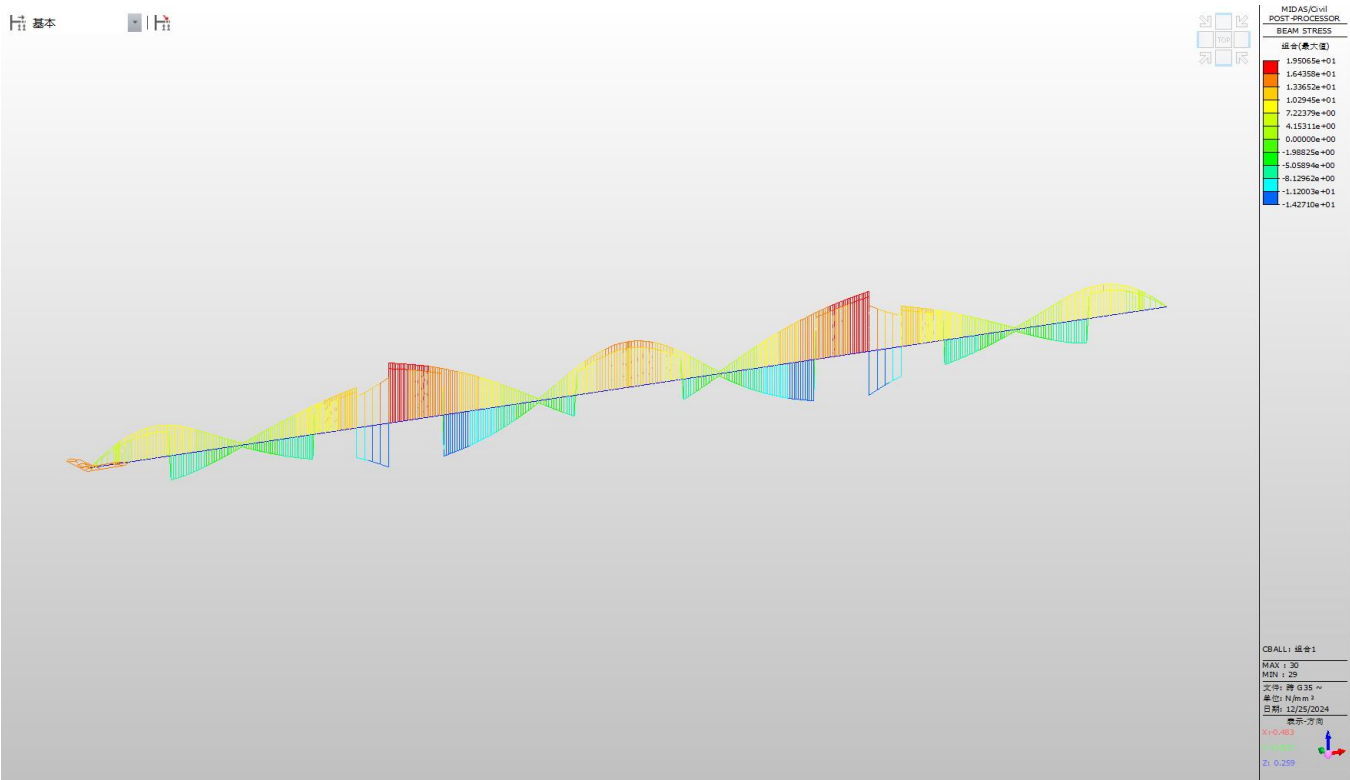


图 2.2-30 淠河总干渠大桥应力包络图

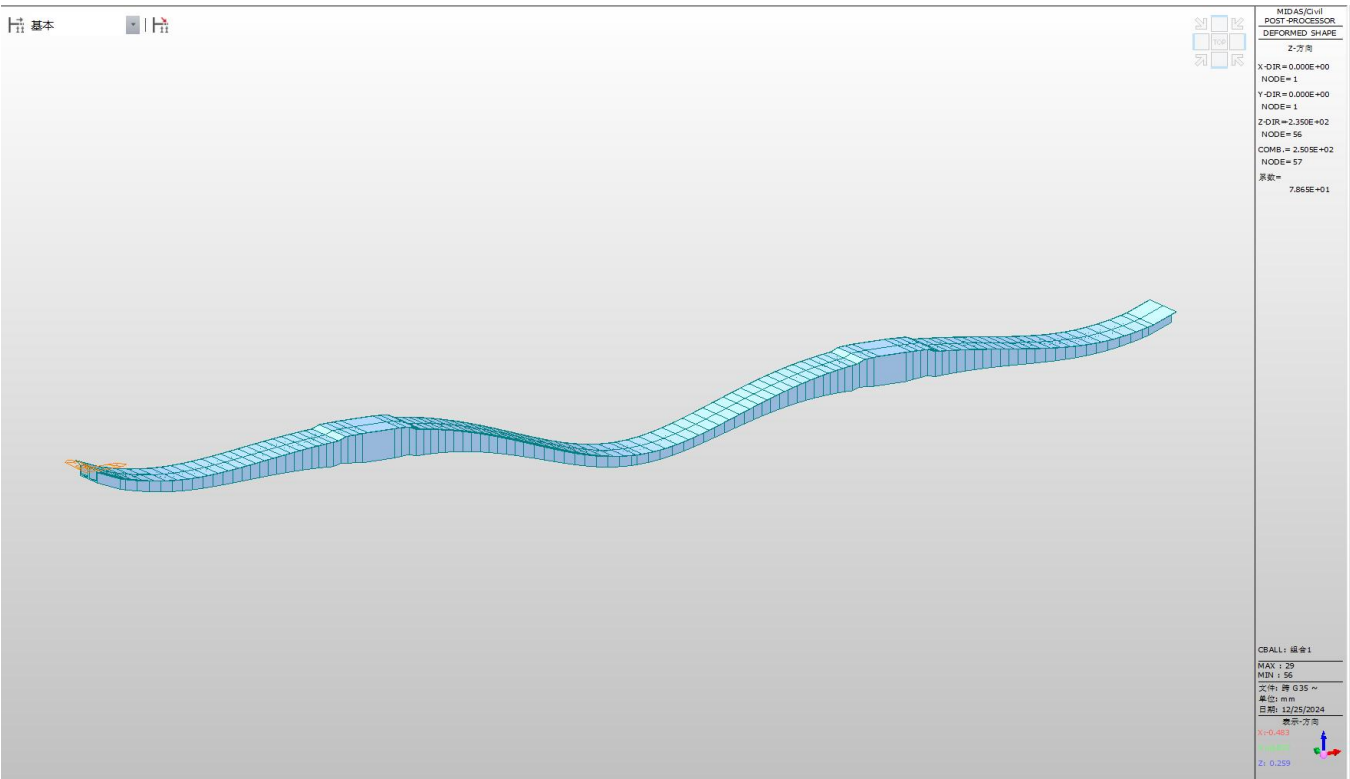


图 2.2-31 淠河总干渠大桥形变图

第 1 跨最负大弯矩为 1623419.9kN*m，最大正弯矩为 135973.8kN*m，最大应力为 10.3MPa 和

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

-8.0MPa，最大挠度为-22.148mm。

第 2 跨最负大弯矩为 1623420.0kN*m，最大正弯矩为 193964.8kN*m，最大应力为 14.8MPa 和 7.7MPa，最大挠度为-78.345mm。

第 3 跨最负大弯矩为 1623419.9kN*m，最大正弯矩为 135973.8kN*m，最大应力为 10.3MPa 和 -8.0MPa，最大挠度为-22.148mm。

根据淠河总干渠大桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

- （1）淠河总干渠大桥主桥为连续箱梁桥，应重点关注主梁的变形、应力；
- （2）跨 G35 高速立交桥上部结构为三类，应重点关注裂缝情况。

2.2.7 戚家桥

戚家桥位于 G105 京澳线 K1136+580 处，为公路-I 级，桥梁全长 54.04m，桥面净宽 2×11m。本桥上部结构采用预应力混凝土简支 T 梁，桥面连续，下部结构采用双柱墩，墩台采用桩基础，基础按摩擦桩设计。

技术标准：

- (1)设计行车速度:80 公里/小时；
- (2)汽车荷载:公路-I 级；
- (3)地震动加速度峰值:0.10g；
- (4)设计洪水频率:1/100；
- (5)桥上护栏:桥梁内、外侧护栏均采用 SB 级外包式墙式护栏
- (6)桥面铺装:新建桥梁采用 13cm 厚沥青混凝土+8cm 厚水泥混凝土；
- (7)路基宽度:原有路基宽 15.0=，拼宽后路基宽 24.5m
- (8)涵洞与路基同宽;主要结构形式有:钢筋混凝土圆管涵、盖板涵、块石拱涵。进出口型式:竖井、挡墙及一字墙洞口；
- (9)本项目环境类别为 1 类环境。



图 2.2-32 戚家桥立面图

2021 年 11 月安徽省公路工程检测中心对戚家桥进行了定期检查，依据《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）对戚家桥进行全桥结构技术综合评分，左幅主桥技术状况评分 Dr 为 94.22，属于 2 类桥梁；右幅主桥技术状况评分 Dr 为 91.32，属于 2 类桥梁。

外观检测结论：

左幅桥

- 1、盖梁存在渗水痕迹。
- 2、桥台存在渗水痕迹。
- 3、左侧锥坡存在植被覆盖;护坡存在冲刷。
- 4、桥面铺装有 1 条横向裂缝，长度 8.00m。
- 5、伸缩缝存在堵塞，锚固区砼有 5 处开裂。

右幅桥

- 1、支座存在剪切变形现象。
- 2、盖梁存在渗水痕迹。
- 3、桥台存在渗水痕迹。
- 4、右侧锥坡存在塌陷、破损;护坡存在冲刷现象。
- 5、桥面铺装存在横向裂缝，累计长度 8.0m。
- 6、伸缩缝存在堵塞，锚固区砼破损，累计面积 2.0 m²。

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

根据前期收集的技术资料情况，运用有限元分析软件 MIDAS • CIVIL 2023 建立了戚家桥计算分析模型。

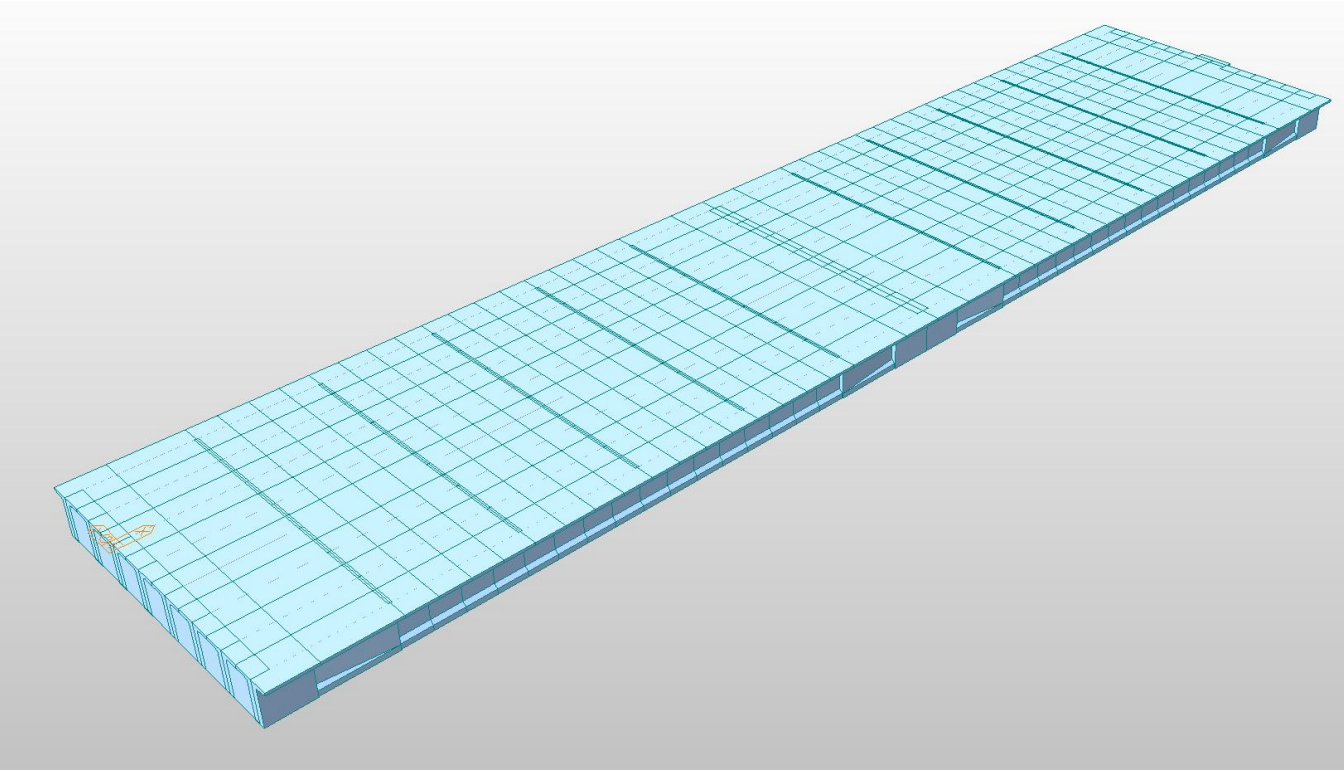


图 2.2-33 戚家桥有限元模型

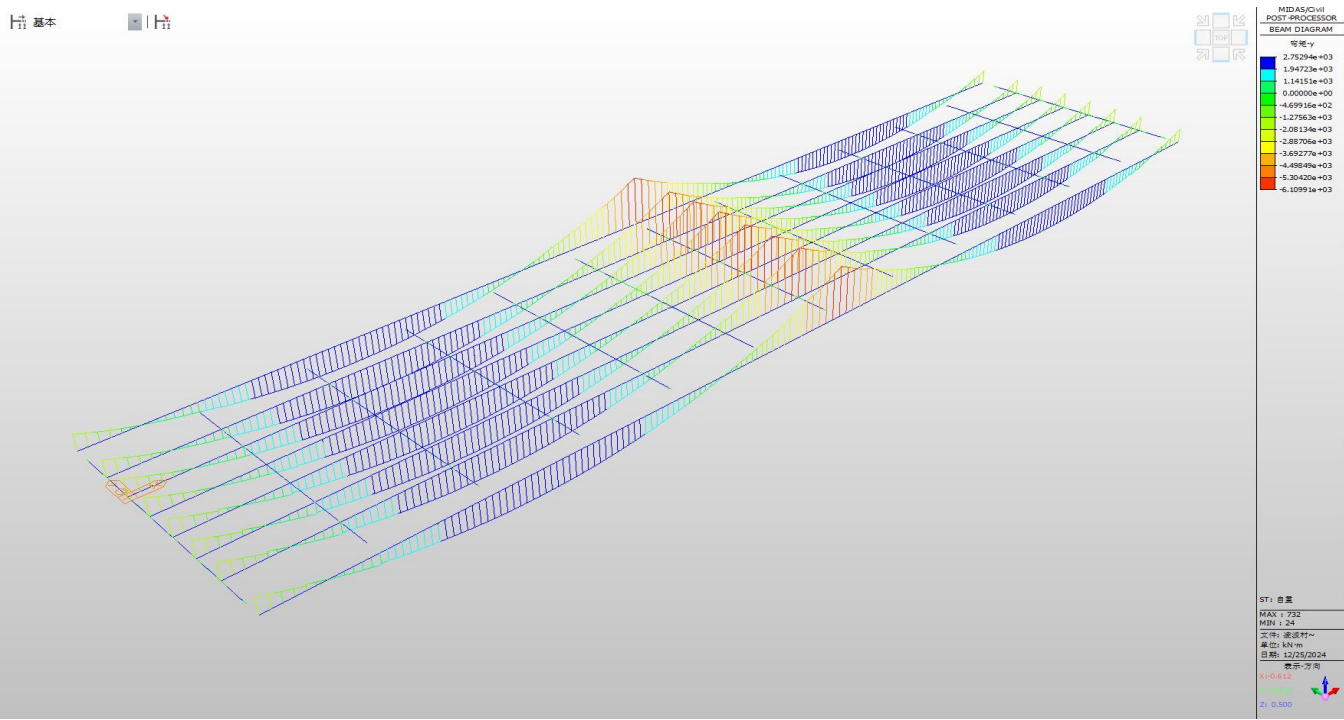


图 2.2-34 戚家桥弯矩包络图

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

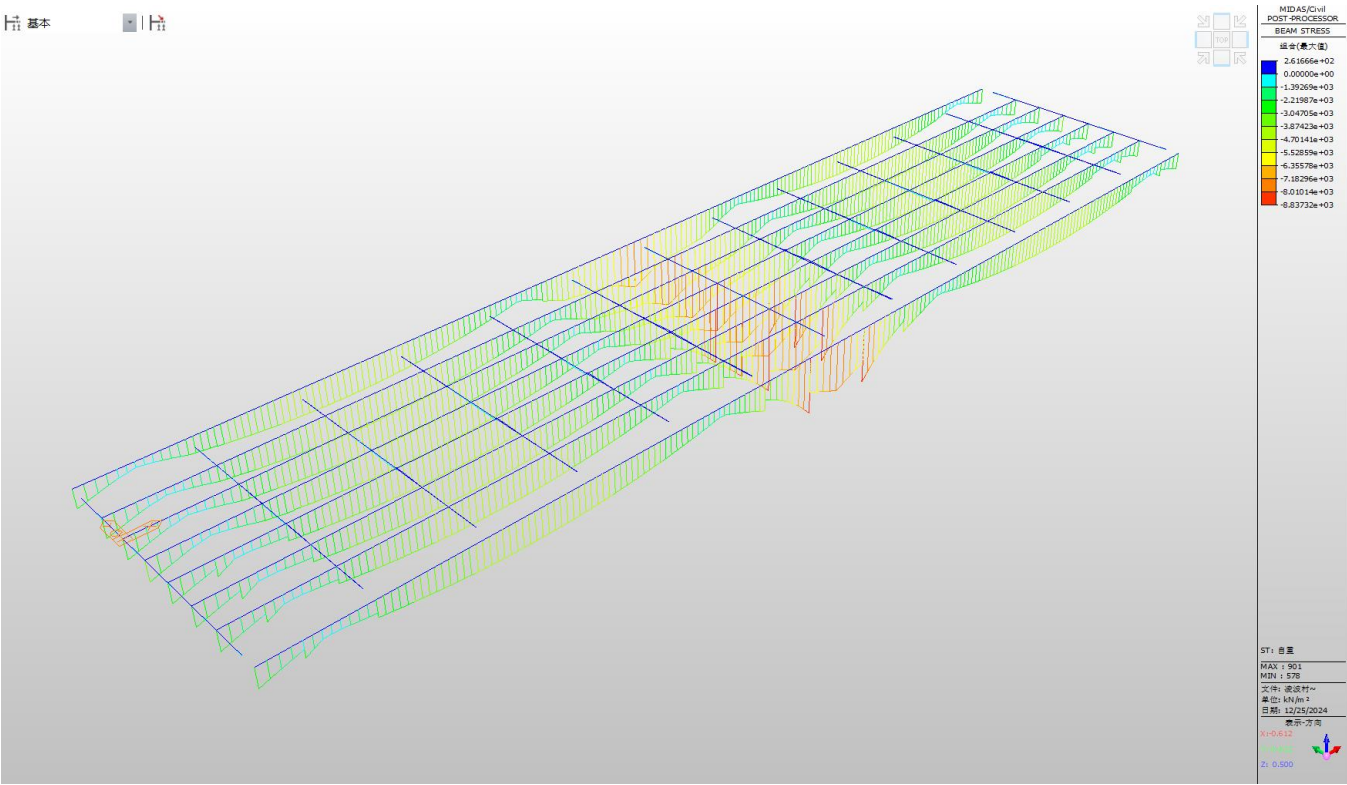


图 2.2-35 戚家桥应力包络图

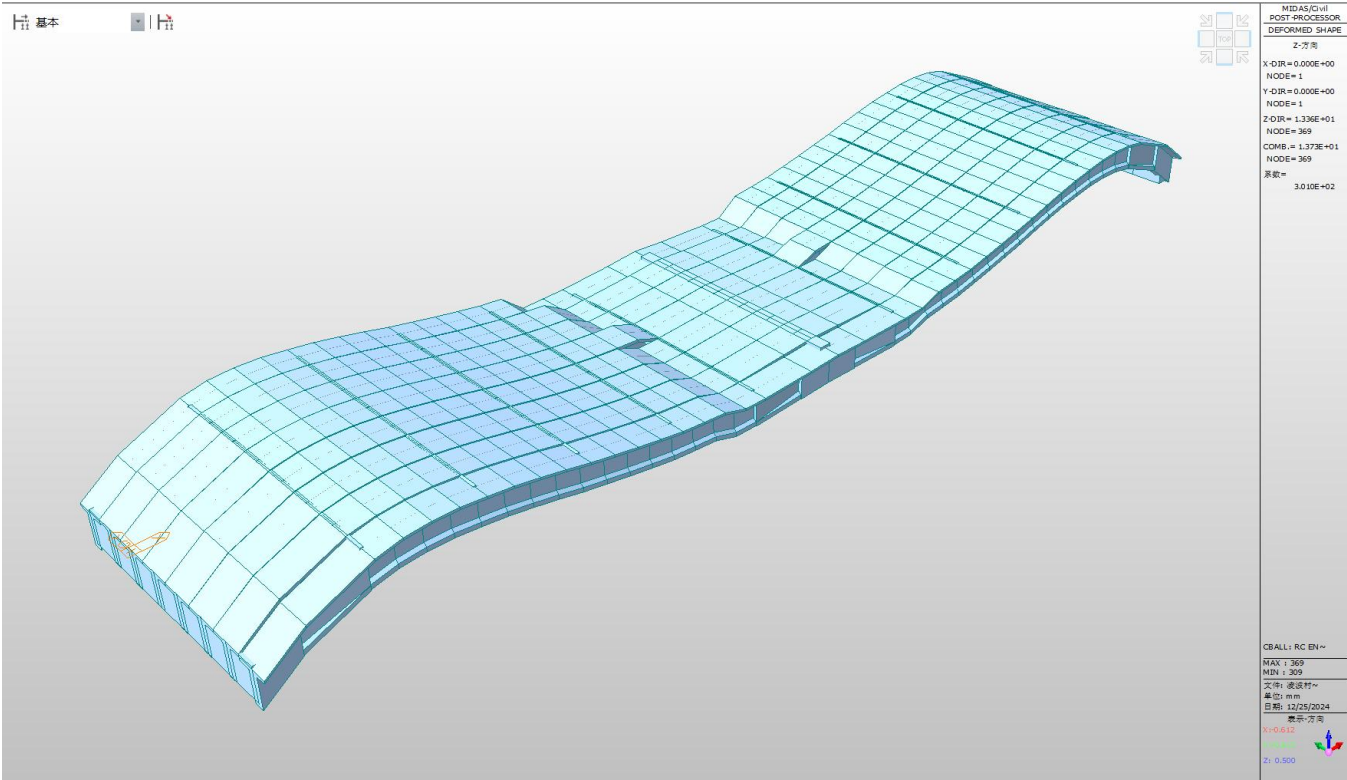


图 2.2-36 戚家桥形变图

第 1 跨最负大弯矩为 1464.4kN*m，最大正弯矩为 1133.1kN*m，最大应力为-11.2MPa，最大挠

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

度为 12.238mm。

第 1 跨最负大弯矩为 1464.4kN*m，最大正弯矩为 1133.1kN*m，最大应力为-11.2MPa，最大挠度为 12.238mm。

根据戚家桥所处运行环境的调研信息，并结合桥梁主要结构建模分析，总结如下：

（1）戚家桥为 T 型梁桥，应重点关注主梁的变形。

2.3运行风险分析

1 地震

地震风险也是桥梁在其生命期内面临的重要风险之一，桥梁工程在地震风险面前虽然 可以通过抗震设计在一定程度上减轻损害，但是却不可能完全避免损失或者事故的发生。地震风 险的不确定性或者与预期目标的差异虽然可以通过一定的措施减少风险，但却无法消除。

目前，考虑到全球已进入地震多发期，地震频发，根据《国家地震监测管理条例》第十五条 规定：核电站、水库大坝、特大桥梁、发射塔等重大建设工程应当按照国家规定，设置强震动监 测设施的要求，应加强地震的监测。

2 主梁局部损伤

主梁在正常荷载下一般不会发生强度不足的现象。但在某些强烈的外部冲击或不利环境下，主梁结构也可能发生各种局部损伤。例如由于车辆的剧烈碰装导致顶板损伤，由于火灾造成结构损伤等。这些损伤如不被及时处理就可能会不断扩展，造成严重的后果。

3 附属设施损坏

桥梁的伸缩装置直接承受车辆的冲击荷载，且暴露在大气中，使用环境比较恶劣，是桥梁结 构中最易遭到破坏而又较难修补的部位。桥梁伸缩缝的破坏，又可能引起很大的车辆冲击荷载， 恶化行车状况，急剧降低桥梁使用寿命。伸缩缝的损坏具体应归结于各个组件产生的老化和破坏。比如伸缩弹簧的损坏、滑块和支座的老化脱落以及纵横钢梁的断裂等。

支座是桥梁上下部结构关联的关键部位，支座的好坏直接影响到桥梁的运营状况，支座的日常巡检和养护就显得极其重要，应重点关注支座与相关的连接螺栓腐蚀与松动；支座板是否固定牢靠并密贴；支座位移量；同一标高的支座高差；支座橡胶损坏、老化现象。

4 主梁线形变化

桥梁在长期的使用过程中，可能导致主梁线形发生变化。主梁线形的变化不仅会影响 行车的舒适性和安全性，还常常伴随着内力的变化，造成桥梁损毁的潜在风险。

5 材料老化

桥梁上所使用的各类材料，如混凝土、钢材、橡胶等都存在材料老化的问题，具体表 现为混凝土脱落，钢材锈蚀，支座损坏等。

6 雷电

桥梁遭受雷击，不仅会导致桥梁电子设备损毁，更可能导致人员伤亡。防雷安全是保障大桥 正常运营的关键措施之一。在监测系统设计中需考虑设备防雷措施，包括直击雷和感应雷的防护。

2.4小结

序号	桥名	监测孔跨	监测孔跨结构类型	监测场景	轻量化监测方案	备注
1	跨宁西铁路立交桥	1-5 跨	小箱梁	重载交通桥梁	视频抓拍、竖向位移、裂缝监测、振动监测	
2	老河桥	2、3 跨	小箱梁	重载交通桥梁	竖向位移、视频监控、振动监测	
3	汲东干渠大桥	1、2 跨	小箱梁	技术状况差桥梁、重载交通桥梁	竖向位移、裂缝监测、视频监控、振动监测	
4	淠河特大桥	1-5 跨	小箱梁	技术状况差桥梁	竖向位移、裂缝监测、振动监测	
5	滚沟小桥	1、2 跨	T 梁	重载交通桥梁	视频监控	
6	凌波村小桥	1、2 跨	T 梁	重载交通桥梁	竖向位移、视频监控、振动监测	
7	跨 G35 高速立交桥	11-14 跨	连续箱梁	重点结构桥梁、高烈度地震区桥梁	振动监测（地震）、视频监控、竖向位移、裂缝监测、振动监测	
8	戚家桥中桥	1、2 跨	T 梁	重载交通桥梁	竖向位移、视频监控、振动监测	
9	淠河总干渠大桥	3、4、5 跨	箱梁	技术状况差桥梁、重载交通桥梁	竖向位移、裂缝监测、应变监测、振动监测、视频监控	
10	戚家桥	1、2 跨	T 梁	重载交通桥梁	竖向位移、视频监控、振动监测	

三. 设计依据

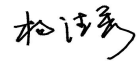
《公路桥梁结构监测技术规范》（JT/T 1037-2022）；
《公路桥梁群监测系统试点建设技术指南》；
《混凝土桥梁结构健康监测系统设计与维护指南》（DB13T 2548-2017）；
《桥梁结构健康监测系统设计规范》（DB32/T 3562-2019）；
《大跨度桥梁结构健康监测系统预警阈值标准》（T/CECS 529-2018）；
《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982-2014）；
《工程测量通用规范》（GB 55018-2021）；
《公路桥涵养护规范》（JTG 5120-2021）；
《公路桥梁技术状况评定标准》（JTG/T H21-2011）；
《公路桥梁承载能力检测评定规程》（JTG/TJ21-2011）；
《公路工程技术标准》（JTG B01-2014）；
《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）；
《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG 3362-2018）；
《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363-2019）；
《公路桥梁加固设计规范》（JTG/T 522-2019）；
《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）；
《计算机软件可靠性和可维护性管理》（GB/T 14394-2008）；
《软件产品质量要求与评价》（GB/T 25000.1-2010）；
《建筑物电子信息系统防雷技术规范》（GB 50343-2012）；
《综合布线系统工程设计规范》（GB 50311-2016）；
《系统接地的型式及安全技术要求》（GB 14050-2008）；
《低压配电设计规范》（GB 50054-2011）；
《电力工程电缆设计标准》（GB 50217-2018）；
《计算机场地安全要求》（GB/T 9361-2011）；
《计算机场地通用规范》（GB/T 2887-2011）；

《公路工程质量检验评定标准 第二分册 机电工程》（JTG 2182-2020）；
《建筑工程施工质量验收统一标准》（GB50300-2013）；
《建筑电气工程施工质量验收规范》（GB50303-2015）；
《软件系统验收规范》（GB/T 28035-2011）；
《信息安全技术 网络数据处理安全规范》GB/T22239-2019；
《网络安全等级保护测评机构管理办法》；
《交通运输领域新型基础设施建设行动方案（2021—2025 年）》；
《交通运输部办公厅关于印发<进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案（2024-2030 年）>的通知》（交办公路函[2024]26 号）；
《交通运输部关于进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见》（交公路发〔2020〕127 号）；
设计合同及桥梁施工图设计文件、竣工验收资料、历年检测报告等相关资料；
国内外各敏感元器件设备生产厂家和设备供应商、经销商提供的产品最新技术资料。

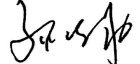
四. 监测系统总体设计架构

4.1总体架构

桥群结构监测系统采用基于云边端架构的轻量化监测系统架构。云边端架构分为云、边、端三部分，云即为传统云计算的中心节点，是边缘计算的管控端，边为云计算的边缘侧，分为基础设施边缘和设备边缘;端为终端设备，如各类传感器、摄像头等。
云计算和边缘计算各有优势，云计算可以将大型的计算任务放到云端去进行运算，但是对于需要低延迟的应用来说，则会遇到网络带宽瓶颈等问题，边缘计算是一种分布式运算的架构，不同于云计算，它将之前由中心服务器负责的任务加以分解，并且将这些分解之后的任务片段分发至网络的边缘端，由边缘端去负责运算，大大降低了相关信息的传输时间，减小了延迟。因此，基于轻量化桥梁结构监测几个应用需求，特别在野外中小跨桥梁应用环境下，供电、网络、场端采集传输设备部署代价高，冗余度高，因此采用云服务方式，减少公共设备投入，同时为保障场端设备的快速响应，利用云边协同、边端协同实现具体的应用功能。

编制： 

复核： 

审核： 

图标编号： SIV-01

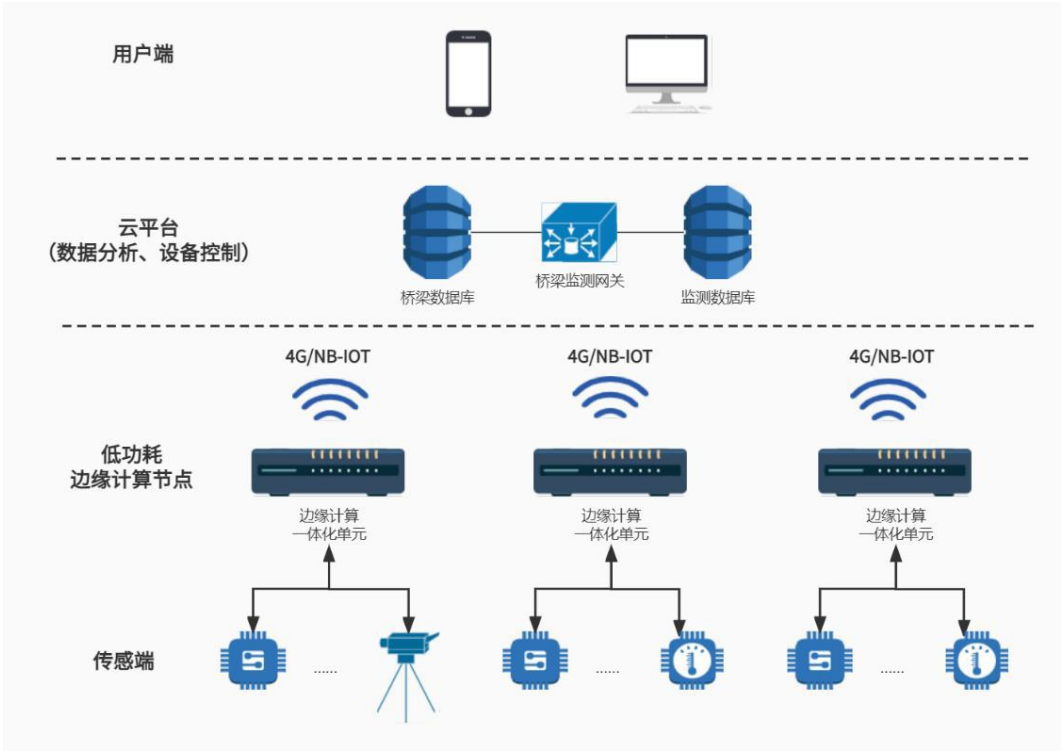


图 4.1-1 桥群结构监测架构图

4.2监测项目选择

桥群结构监测系统主要针对存在一定运营风险的常规桥梁，根据实际情况，按需求选择部分具有针对性的监测指标实施，通过长期监测对运营期出现的异常状况及时作出诊断，当桥梁处于接近危险状态及时报警，最终确保桥梁的安全运营。

根据《公路桥梁群监测系统试点建设技术指南》相关技术要求，本次监测桥梁群监测系统建设主要包含：重载交通桥梁、重点结构桥梁、高烈度地震区桥梁和技术状况差监测场景。

1、重载交通桥梁

重载交通桥架特指存在有规划大件运输通行需求或重载车辆通行量显著突出的情况，这类桥梁往往面临远超常规设计的荷载压力，结构损耗速率更快，安全风险相对较高。经过现场实地勘察与技术评估，包括详细的结构检查、交通流量统计分析及历史荷载记录核查，跨宁西铁路立交桥、老河桥、汲东干渠大桥、淠河特大桥、凌波村小桥、滚沟小桥、跨 G35 高速立交桥、戚家桥中桥、戚家桥和淠河总干渠大桥均存在重载车辆占比异常高、通行密度极大的显著特征，且部分桥梁已观察到因重载交通导致的早期疲劳损伤迹象。因此，上述桥梁结构特性与实际运营状态均高度契合重载交通桥梁监测场景的核心要求，亟需部署专项监测系统以保障其长期服役安全与结构性能。

2、重点结构桥梁

重点结构桥梁主要包括以下几类：圬工拱桥，以其传统的砖石或混凝土砌筑工艺和拱形受力结构为特点；刚构桥，其梁与墩柱刚性连接，形成稳定的整体受力体系；连续箱梁桥，采用多跨连续的箱型截面梁结构，具有优良的整体性和抗扭性能；高墩装配式梁桥，适用于山区或跨越深谷，采用预制构件在高墩上进行快速拼装施工。本次结构健康监测工作中涉及的重点结构桥梁为跨 G35 高速立交桥，该桥主桥上部结构采用典型的多跨连续箱梁设计。鉴于该桥的结构形式特征及其作为重要交通节点的功能定位，其监测需求与重点结构桥梁的典型监测场景高度契合，因此完全适用于针对连续箱梁等关键结构形式的专项桥梁结构健康监测方案实施。

3、技术状况差桥梁

技术状况较差的桥梁，具体指在技术状况评估中被分类为第 3 类或第 4 类的桥梁，或经专业评定需进行结构监测的桥梁，或结构存在显著缺陷或大量病害的桥梁，以及横向连接薄弱或整体性不足的桥梁。这类桥梁通常面临较高的安全风险，必须通过持续监测来评估其结构健康状况。针对汲东干渠大桥、淠河特大桥和淠河总干渠大桥，依据历年定期检查报告数据，汲东干渠大桥右幅上部结构评级为 3 类；淠河特大桥左幅上部结构评级为 3 类；淠河总干渠大桥上部结构评级也为 3 类，因此这些桥梁被明确划分为技术状况差桥梁的监测场景。

表 4.2-1 桥群结构监测内容

序号	监测对象		监测项目	监测选项	测点布设
1	重载交通	规划大件运输通行	竖向动位移监测	●	宜布置在跨中或跨中附近位置两侧桥头
			视频抓拍监测	○	宜布置在主梁竖向动位移监测测点附近，能够清晰拍摄到桥面交通通行状况的位置
2	重载交通	桥梁通行量大	车辆荷载监测	○	宜选择在路基或有稳定墩柱支撑的混凝土结构铺装层内，结合桥梁、动态称重系统、交通量调查站点等的分布综合确定，并与视频监测

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

序号	监测对象		监测项目	监测选项	测点布设
					进行联动
3			竖向动位移监测	●	宜布置在跨中或跨中附近位置
4			裂缝监测	○	应根据检查结果确定测点位置
5			应变监测	○	宜选择受力较大关键截面、部位或典型桥跨全长连续多个断面
6			振动监测	○	宜选择跨中、1/4跨、3/4跨附近位置
7	重点结构桥梁	梁桥	竖向静位移监测	●	宜布置在跨中或跨中附近位置
8			桥墩倾斜监测	●	桥梁墩台处
9			沉降监测	○	桥梁墩台处
10			裂缝监测	○	根据检查(测)确定测点位置
11	高烈度地震区桥梁		振动监测	●	宜布置桥台或承台位置处
12			桥墩倾斜监测	●	桥墩位置
13			视频抓拍监测	○	两侧桥头
14			落梁监测	○	可与振动监测测点合并
15	技术状况差桥梁		竖向位移监测	●	布置在主梁跨中位置的多片相邻梁体附近
16			裂缝监测	●	根据检查结果确定测点位置

结构变形作为结构形态变化的特征参数，是结构服役状态的最直观外化指标。当结构发生明显异常的变形时，结构实际受力状态或者承受外界作用的边界条件将会发生重大变化，因而结构本身服役状态已经与结构受力设计状态之间存在偏离，结构安全已经不能得到有效保证。因此有必要对结构变形指标进行监测、累计数据并分析结构当前状态是否异常。

(2) 视频抓拍监测

近年来公路交通车辆超限超载现象十分严重，长期超载运输会使桥梁运营期技术状况等级急剧恶化、大大缩短桥梁的使用寿命。当结构变形超过预警值时，同时触发抓拍预警机制，抓拍结果将同步传输到省公路发展中心，供管养部门及时查看与决策，可让管养部门更好的了解预警桥面的实时交通情况。

(3) 结构裂缝监测

结构受力裂缝是桥梁服役过程中需要重点关注的关键病害。选择典型部位结构受力裂缝进行实时跟踪，通过监测数据分析既有裂缝形态变化及发展趋势，是判别桥梁服役性能的重要指标。

(4) 地震监测

监测监测是突发地震情况下结构效应的实时反馈，通过对桥梁振动加速度的监测，可以进一步识别地震作用下对桥梁结构内力的变化。

4.3监测系统架构组成

桥群结构监测系统采用基于云边端架构的轻量化监测系统架构。按功能角色来看，边缘计算主要分为“云、边、端”三个部分：“云”是传统云计算的中心节点，是边缘计算的管控端：“边”是云计算的边缘侧，综合采集设备边缘(Device Edge)：“端”是终端设备，如各类传感器、摄像头等。

边缘计算是云计算的延伸，两者各有其特点:云计算能够把握全局，处理大量数据并进行深入分析，在养护决策等非实时数据处理场景发挥着重要作用;边缘计算侧重于局部,能够更好地在小规模、实时的智能分析中发挥作用，如满足少量监测项目的实时需求。因此，在智能应用中，云计算更适合大规模数据的集中处理，而边缘计算可以用于小规模的智能分析和本地服务。边缘计算与云计算相辅相成、协调发展，这将在更大程度上助力交通行业的数字化转型。

边缘计算的优势及相应的应用场景主要有以下几点：

- 1) 数据处理与分析的快速、实时性

(1) 竖向位移监测

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

边缘计算距离数据源更近，数据存储和计算任务可以在边缘计算节点上进行，更加贴近桥梁结构，减少了中间数据传输的过程，从而提高数据传输性能，保证实时处理，减少延迟时间，可以为用户提供实时性更高的服务。边缘计算的实时性优势对于“预测性维护也有重要价值，有助于通过分析设备实时监测数据，预测设备可能出现的故障，提出故障原因和解决方案，使维护更加智能化。

2) 安全性

由于边缘计算只负责自己范围内的任务，数据的处理基于本地，不需要上传到云端，避免了网络传输过程带来的风险，因此数据的安全可以得到保证。一旦数据受到攻击，只会影响本地数据，而不是所有数据。

3) 低成本、低能耗、低带宽成本

由于数据处理不需要上传到云计算中心，边缘计算不需要使用太多的网络带宽，随着网络带宽的负荷降低，智能设备的能源消耗在网络的边缘将大大减少。因此，边缘计算可以降低本地设备处理数据的成本与能耗，同时提高计算效率。

4.3.1 传感器子系统

该子系统主要为监测元器件及其附属及保护设施，属于整个监测系统的最底层的一个子系统。主要功能是:在桥梁代表性的、控制性、关键截面和部位上安装各种类型少而精、适宜的传感器测试设备。

4.3.2 数据传输子系统

数据传输子系统统一数据接口及网关，实现桥梁结构监测项目的接入和数据接收。

数据传输系统共分为监测数据通信服务和监测数据通信测试服务两个子模块。

数据通信服务子模块:接收现场客户端上传的实时监测及设备状态数据，对接收到的数据进行有效性判断，并返回数据上传的结果。

数据通信测试服务子模块:为客户端开发人员提供测试平台。

4.3.3 数据存储与管理子系统

结构监测系统中存在各个子系统、子模块的配置信息、桥梁结构数字化信息以及采集处理的数据，大桥全寿命期内数据量、图形量庞大，信息的种类繁多，有多个子系统共享并互相调用数据信息，同时要支持分布式的处理与访问，也要支持多并发用户的操作，因此数据的安全性极为重要。

通过建立系统的数据存储与管理子系统，统一管理并组织数据信息，给系统的维护与管理提供便利，也为各应用子系统提供可靠的分布式数据交换与存储平台，方便开发与使用。

4.3.4 数据分析与预警子系统

桥梁监测分析与预警子系统实现监测数据的展示、分析及预警，为桥梁养护管理提供决策依据和指导。

4.3.5 用户界面子系统

用户界面子系统实现将各种数据实时按需求向用户展示，并且接受用户对系统的控制与输入。要求该软件子系统具有技术先进、易用、操作方便、直观易懂、符合计算机软件发展的主流方向，并具备如下功能：

- (1) 向用户提供操作及管理界面
- 桥梁的日常维护人员可以利用该界面进行数据库维护、调整数据采集频率及时间等操作，也能够进行日常的数据以及报告的录入、查询、导出等工作；
- (2) 向用户提供在线监测与预警
- 通过该子系统向用户提供监测数据在线实时查看、在线预警等，并且接收用户交互式历史数据查询的请求；
- (3) 向用户提供报告
- 通过界面系统向用户提供自动生成的各类统计报表。报告符合主流办公软件要求格式，如 EXCEL、WORD 等文档格式。
- 设计原则
- 1) 基于 B/S 架构设计。软件系统系统划分为：后端服务器和前端浏览器。用户可通过浏览器访问使用系统，无需安装额外软件，实现用户端轻量化、通用性和兼容性。
- 2) 软件系统使用统一的编码标准（UTF-8）、数据交换协议（JSON）、前台后通信协议（HTTP/TCPIP）。
- 3) 操作方便性。按照人机工程学标准，本着“以人为本”的原则，要求系统操作功能一目了然、见名知意、风格统一、符合用户使用习惯。
- 4) 开放性和可扩展性。充分考虑系统后期扩展升级、优化的预留和接口。

- 5) 建立和遵循标准化管理制度，建立多层次的信息安全体系，包含：物理安全、数据安全、访问控制、流量控制等。
- 6) 软件平台具有自诊断监管功能，对软件系统的运行状况进行监控、识别、日志记录和提醒功能。

4.3.6 软件架构和功能

系统后端基于目前主流的.NET、Java 等语言等进行开发，集成多路、多源数据、信息于一体，采用扁平化、插件式、迭代开发思路。基于地理信息系统 GIS 技术，将区域桥梁信息和地理信息结合起来，实现区域桥梁群管理。系统以桥梁构件为载体，集成构件静态资料、实时监测数据等，实现可视化、精细化的桥梁管养。

系统软件整体分层架构如下图所示。

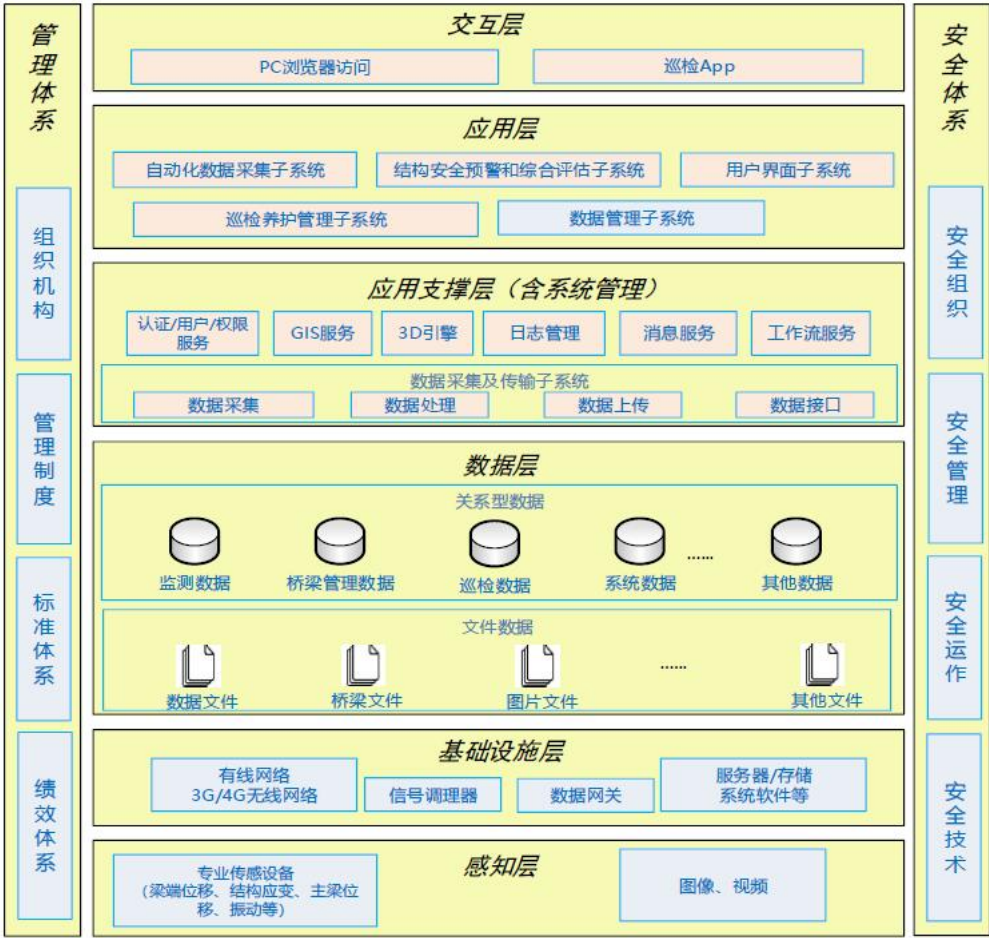


图 4.3-1 系统软件整体分层架构

4.3.7 系统总体功能

该子系统主要包含一个界面框架和多个扩展模块，包括静态资料管理扩展模块、实时数据处理扩展模块等等。用户界面子系统以用户界面框架为中心，可以通过用户授权方式灵活加载其它扩展模块，并通过界面框架提供的接口进行协调以及相互的功能调用，还可以根据功能需求随时定义和增加新的扩展模块。

桥群管理：实现桥群基本信息的管理，具备桥群桥梁总数、不同桥型桥梁数量、按跨径或总长划分的桥梁类型数量、监测桥梁总数、监测桥跨总数、监测断面总数，技术状况与监测结果时空比对，病害状况与监测结果时空比对等功能。

地图展示：实现桥群桥梁位置、结构类型、监测项目、报警信息、健康度等信息的地图展示和查询。

数据显示：可显示实时的数据，也可提取一段时间历史数据进行分析，或对几种参数同时进行显示分析。

安全报警：能够对结构安全状况的预报警，当判断出结构存在安全隐患时，系统可以通过实时界面提示、报表、Email、短信等形式进行预报警。

数据分析：数据分析功能，主要对数据进行各类分析处理，包括：数据的统计分析(极值、平均值、有效值、均方值、方差、标准差等)、结构参数识别(结构固有特性识别等)、结构的安全评估(趋势分析、原始指纹、动静结合、养护管理评定、承载力评定等)等功能。

监测报表：自动报表功能，可根据系统自动或者人工分析的结果，自动生成各种类型报表，并且提供报表下载功能。

用户界面软件总体功能如下图所示。

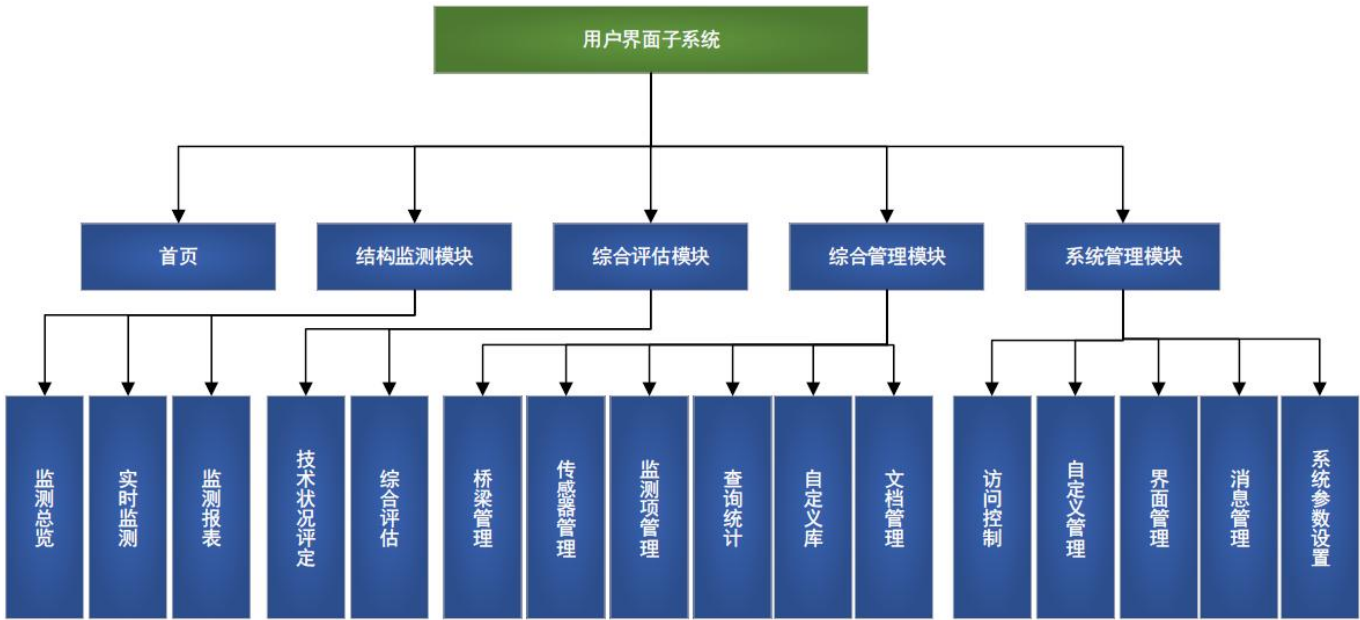


图 4.3-2 用户界面软件总体功能



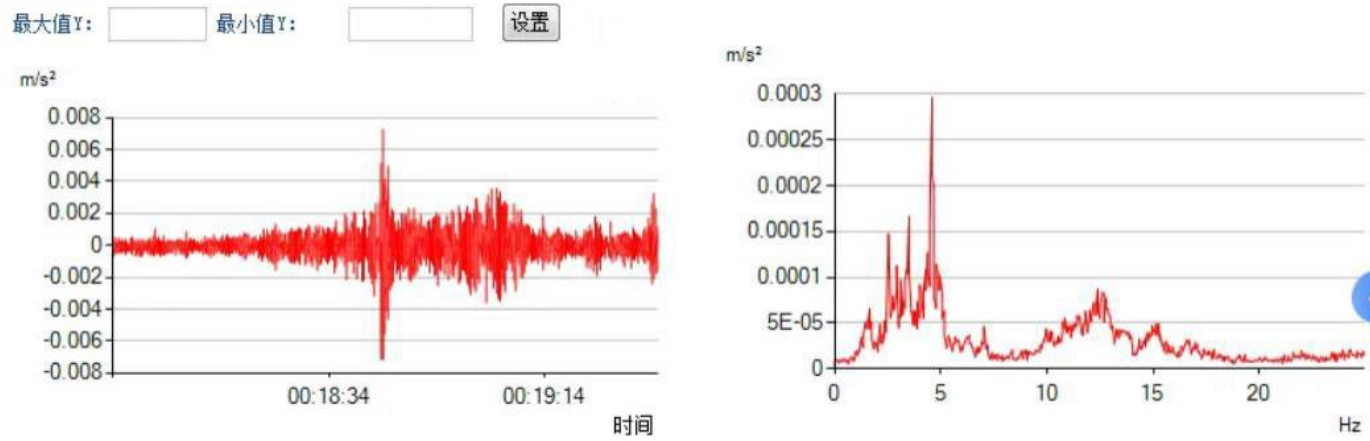
图 4.3-4 平台首页

4.3.8 平台界面展示

软件平台界面示意图，可根据实际情况及用户要求个性化定制，软件界面可适当优化。



图 4.3-3 登录界面



4.3-5 实时数据展示曲线

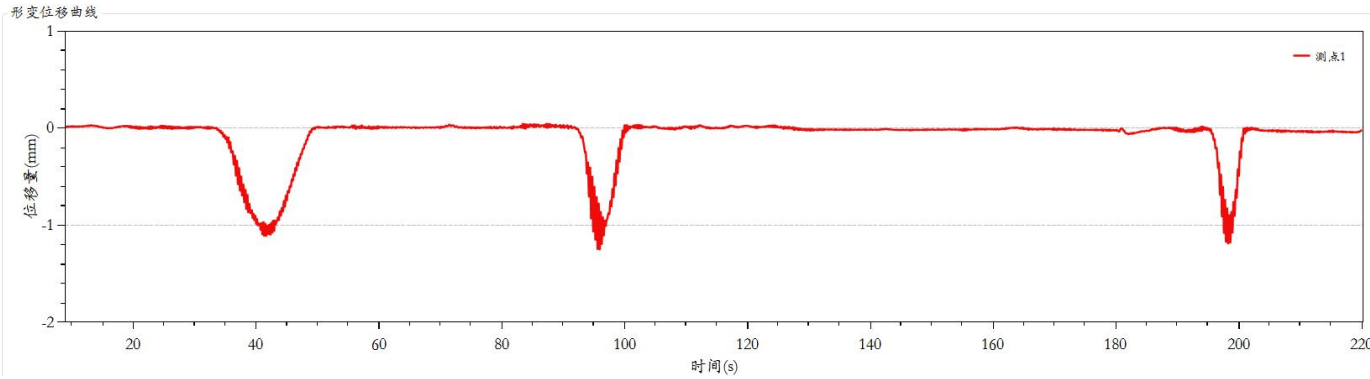


图 4.3-6 实时监测数据

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

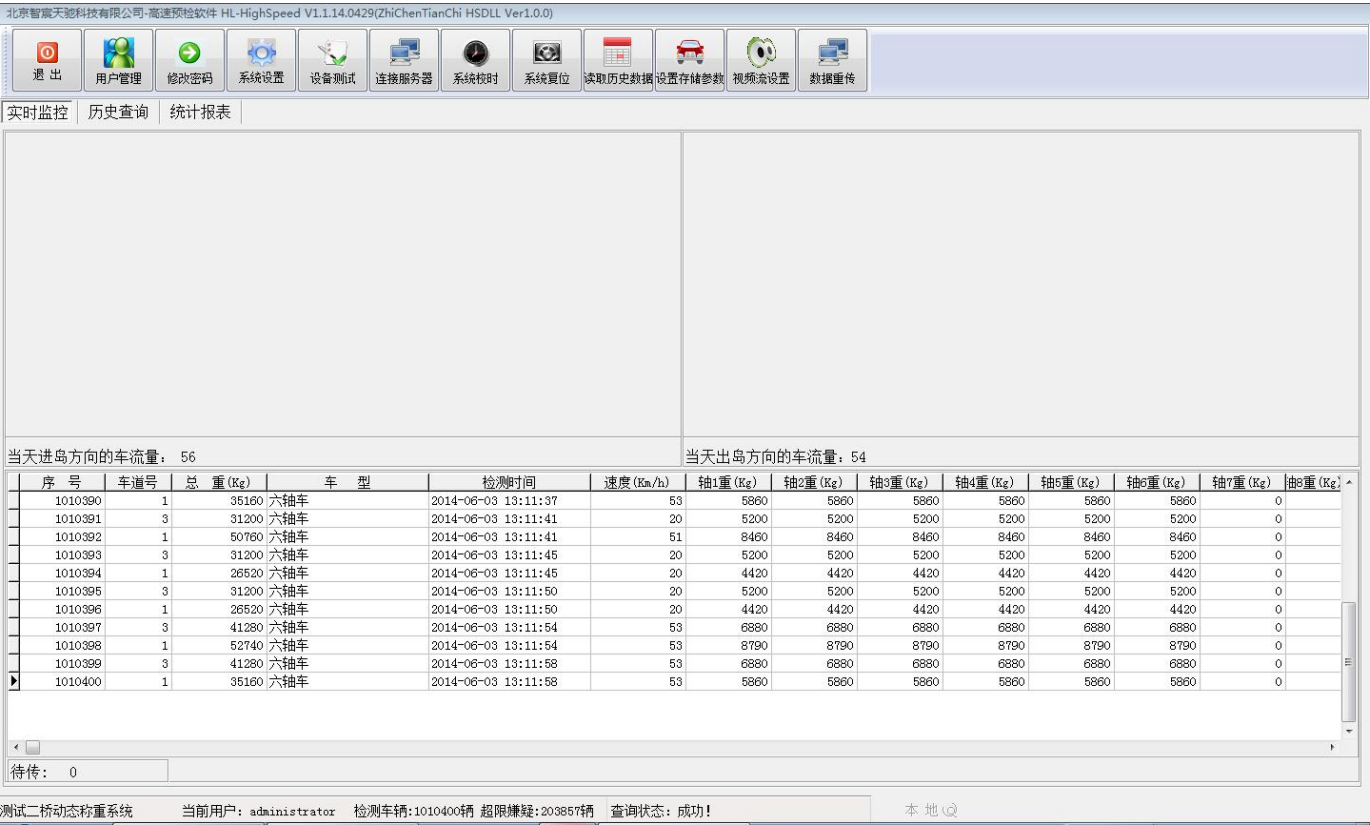


图 4.3-7 实时监控界面

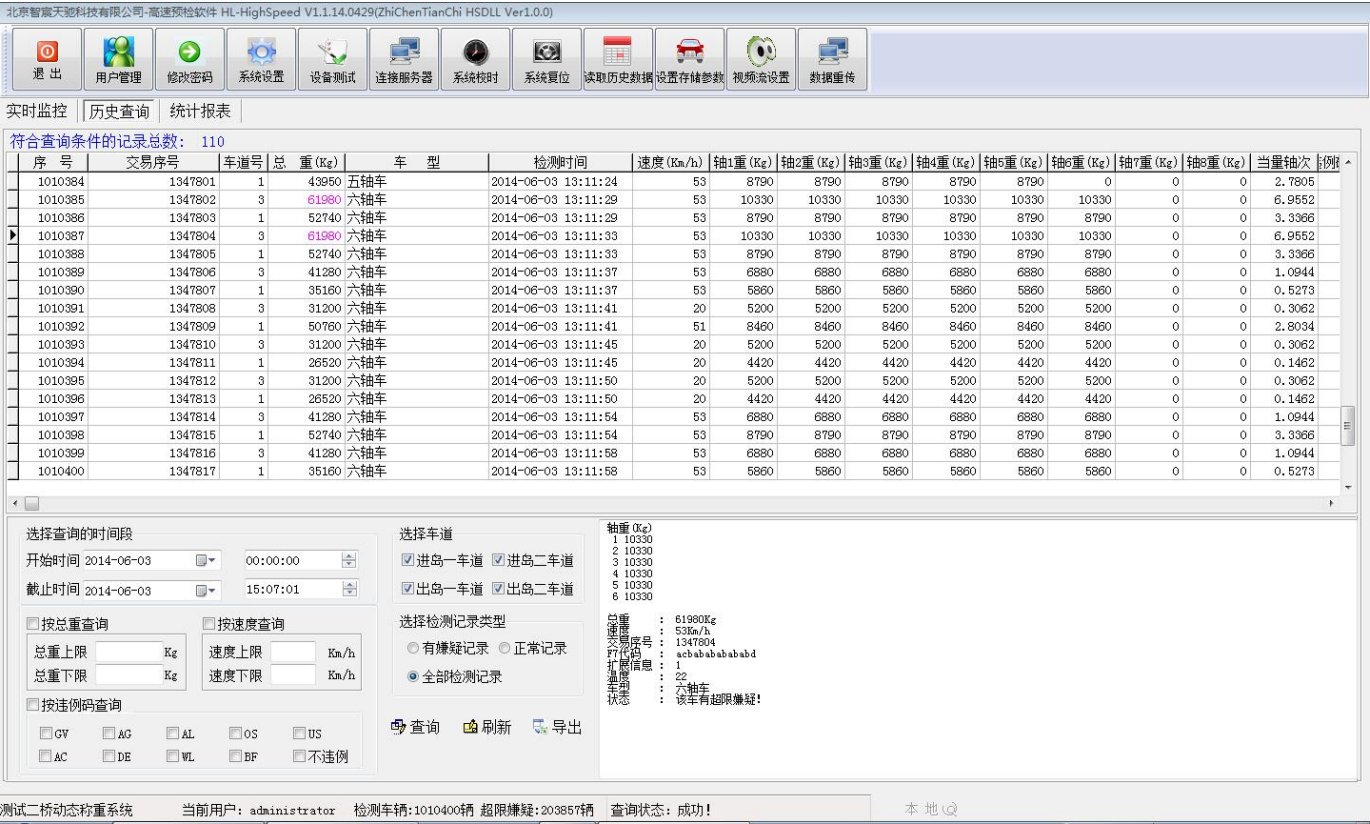


图 4.3-8 历史查询

编制: 杨江

复核: 王路遥

审核: 孙少华

图标编号: SIV-01

4.3.9 省级系统平台对接

桥梁健康监测系统平台总体交互架构主要涉及到省级监控中心和桥梁现场三级平台的数据交互，数据主要交互流程为：

首先，分布在桥梁现场的数据采集站将健康监测数据、预警数据等实时传送桥梁健康监测系统平台，由桥梁健康监测系统平台进行数据归集、汇总与管理；

其次，桥梁健康监测系统平台的数据接口服务器负责与省级平台进行数据通信，将本桥健康监测数据以约定好的数据接口协议，打包发送给省级监控平台；

最后，省级监控平台的数据接入服务器负责接收、解析、存储桥群发送来的健康监测及预警数据，并将汇总整理后的数据发送省级平台界面展示，实现桥梁健康监测系统平台数据的接入。

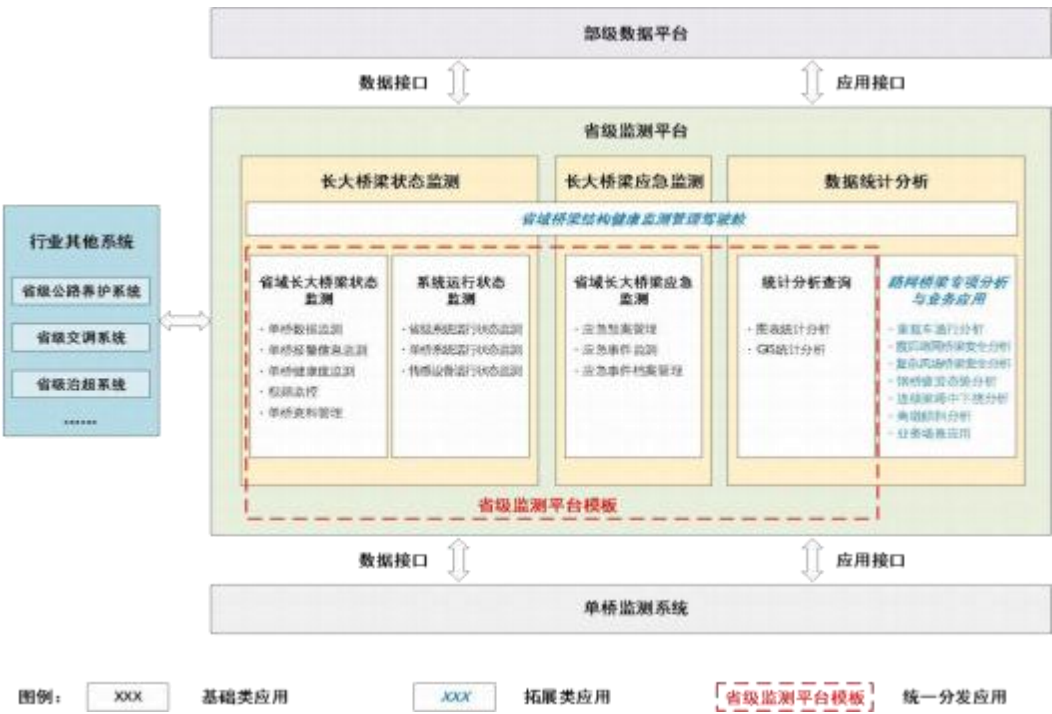


图 4.3-9 对接技术架构图

通过桥梁健康监测系统平台上传的数据，实现省级平台的对桥梁全面监测与查 询，包括桥群数据监测、桥群报警信息监测、桥群健康度监测、视频监控、桥群资料管理等功能。

（一）桥群数据监测

实现桥群系统监测数据的管理、查询与展示，包括基本信息、监测类别、报警信息、健康度、监测数据等。

（二）桥群报警信息监测

实现桥群监测系统报警信息的管理与查询,按照超限级 别、报警类别、报警内容等列表显示 实时或选定周期的报警信息。

（三）桥群健康度监测
实现省域桥群健康度信息的管理、查询与展示，包括整体健康度、构件健康度等。

（四）视频监控
实现省域桥群系统各类监控视频的查询与管理。

（五）桥群资料管理
实现桥群监测系统数据分析报告（季报、年报、特殊事件专项报告）和竣工图等资料的管理、分类查询。

桥梁健康监测系统平台的数据接口及传输协议需与省域公路长大桥结构健康监测系统桥群数据对接指南一致。

4.4系统物理层面划分

系统在物理位置上划分为现场工作站和监测中心。现场工作站主要放置数据采集设备包括:解调仪、采集仪和数字信号采集设备等。监测中心放置系统需要的各种服务器，包括:数据采集服务器、数据分析服务器、Web 服务器和数据库服务器。系统部署完成后,用户通过系统提供软件界面使用系统。

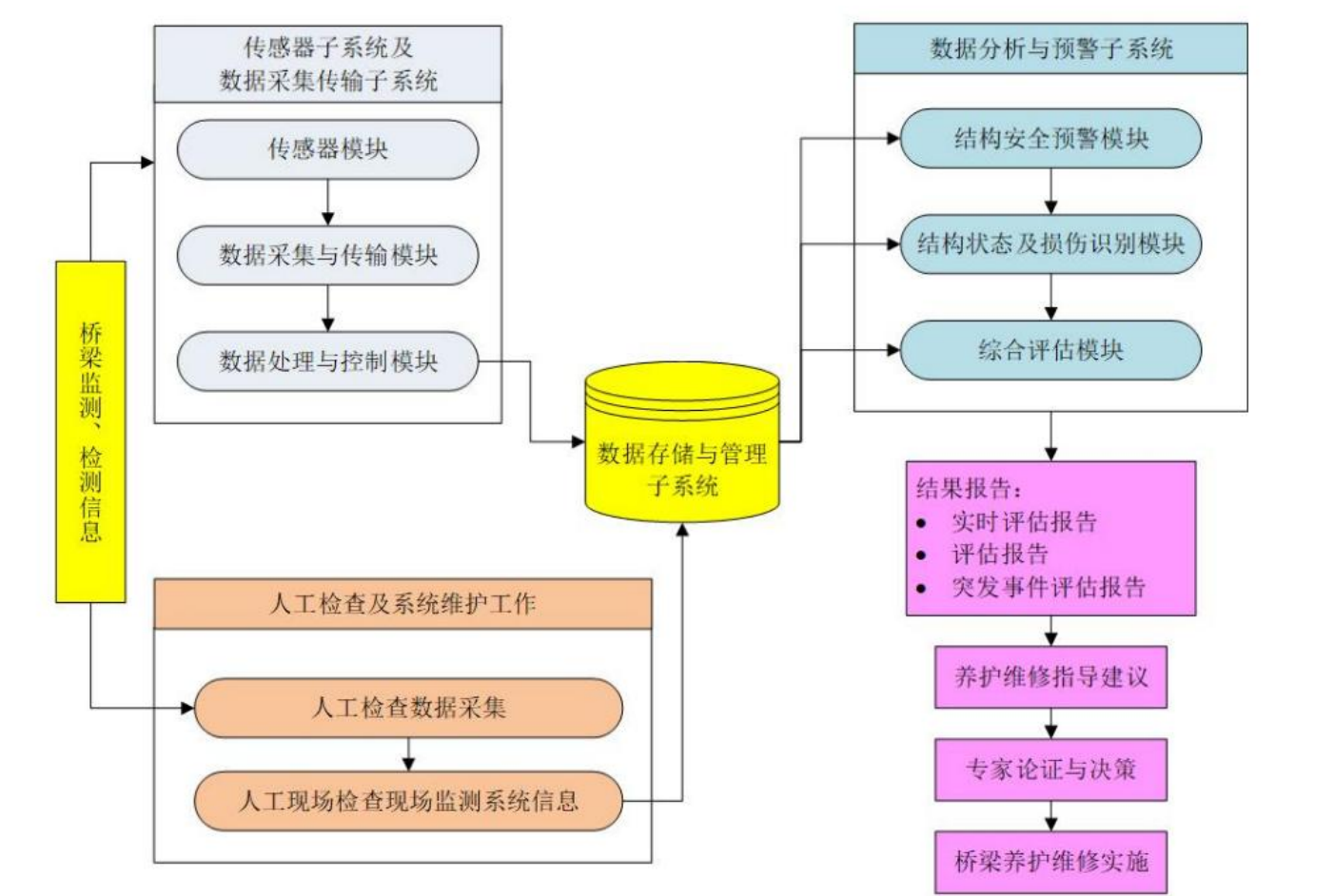


图 4.4-1 系统总体工作流程图

五. 传感器子系统

5.1监测测点布设

根据《公路桥梁群监测系统试点建设技术指南》的技术要求，确定各桥监测场景，并结合桥梁的理论受力分析，找出各受力控制点的位置，拟定如下监测测点布设方案：

各指标监测设备的布设位置如下：

表 5.1-1 跨宁西铁路立交桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	视频抓拍	智能球机	0#桥台处	1	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
					功能
	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁和 3#墩盖梁， 每个截面 2 个测点	4	左右幅
		标靶	第 2、4 跨 1、4#箱梁 1/2 处，每个截面 4 个测点 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面 2 个测点	12	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	左幅第 3 跨 1#箱梁和第 5 跨 4#箱梁； 右幅第 1 跨 1#箱梁	3	
	振动监测	智能感知报警设备	第 2 跨 1、4#箱梁 1/2 处， 每个截面 4 个测点	4	

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
		标靶	第 2 跨 1、4#箱梁 1/2 处； 基准标靶位于对向盖梁位置	3	左幅
	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各 1 个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第 1 跨 1、4#箱梁 1/2 处，每个截面 4 个测点	4	左右幅

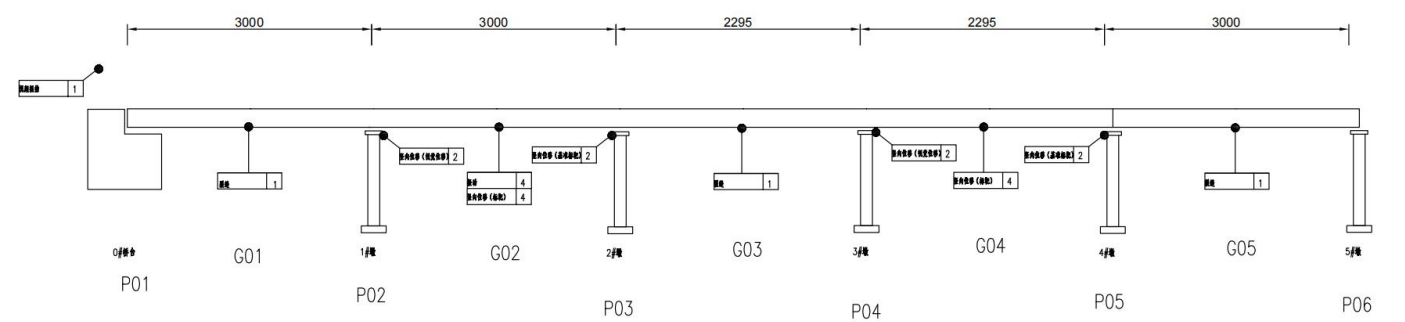


图 5.1-1 跨宁西铁路立交桥监测测点总体布置图

表 5.1-2 老河桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	2#墩盖梁	1	左幅

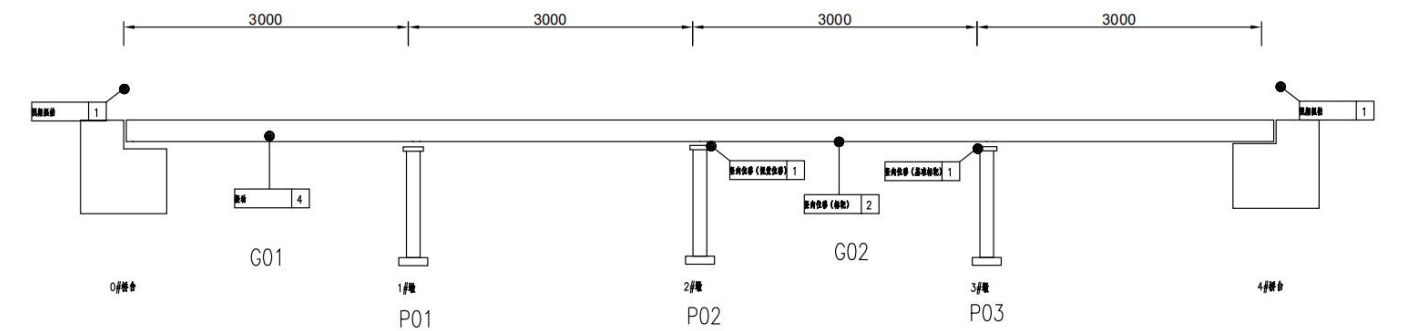


图 5.1-2 老河桥监测测点总体布置图

表 5.1-3 汲东干渠大桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
技术状况差桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁	2	左右幅
		标靶	第 2 跨 1、4#箱梁 1/2 处； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面 2 个测点	6	左右幅

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙永华

图标编号： SIV-01

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
	裂缝监测	裂缝传感器	右幅第 1 跨 2#箱梁	1	右幅 1-2 梁底
重载交通桥梁	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各 1 个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第 1 跨 1、4#箱梁 1/2 处，每个截面 4 个测点	4	左右幅

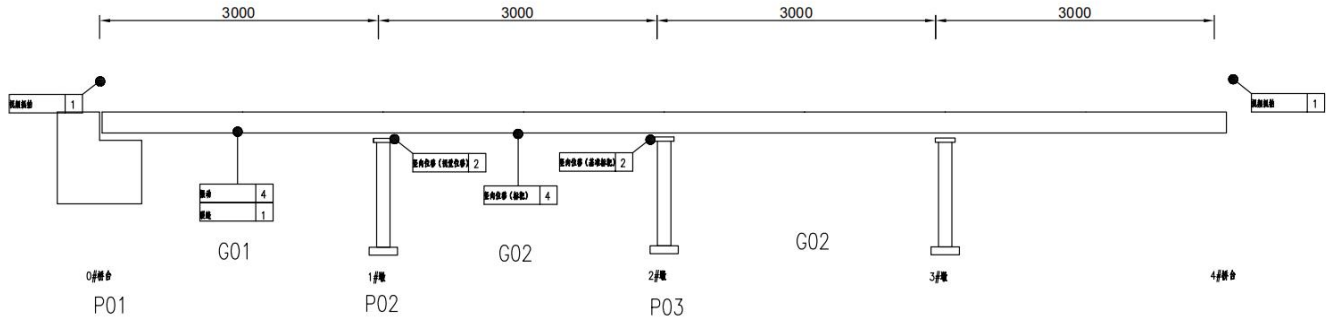


图 5.1-3 汲东干渠大桥监测测点总体布置图

表 5.1-4 淠河特大桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
技术状况差桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁	2	左右幅
		标靶	第 2 跨 1、4#箱梁 1/2 处，每个截面 4 个测点； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面 2 个测点	6	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	第 3 跨、右幅第 4 跨 1、4#箱梁，第 5 跨 4#箱梁	4	
重载交通桥梁	振动监测	智能感知报警设备	第 1 跨 1、4#箱梁 1/2 处，每个	8	左右幅

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
		备	截面 4 个测点		

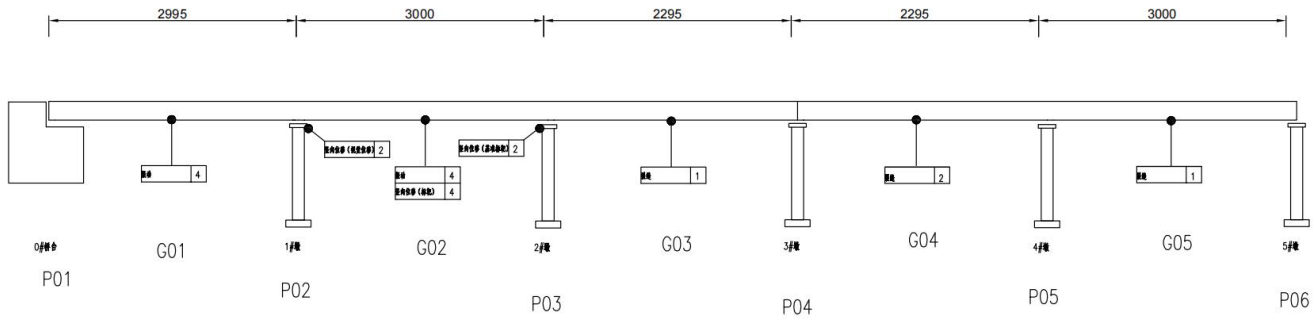


图 5.1-4 淠河特大桥监测测点总体布置图

表 5.1-5 滚沟小桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各 1 个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能

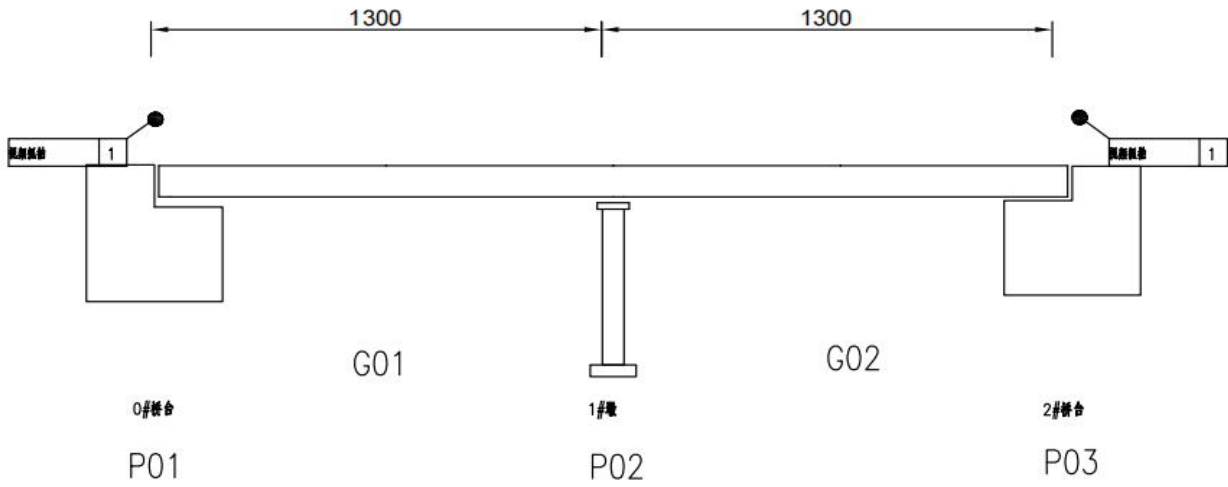


图 5.1-5 滚沟小桥监测测点总体布置图

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

表 5.1-6 凌波村小桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁	1	右幅
		标靶	第 1 跨 3-6#T 梁 1/2 处； 基准标靶位于对向盖梁位置	5	右幅
	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各 1 个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第 2 跨 1、8#T 梁 1/2 处， 每个截面 2 个测点	2	右幅

表 5.1-7 跨 G35 高速立交桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
高烈度地震区桥梁	振动监测（地震）	三向加速度传感器	11#墩承台	1	
重点结构桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	12#墩盖梁	2	左右幅
		标靶	13 跨 1/4、1/2、3/4， 每个截面 4 个测点； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面 2 个测点	14	左右幅
	桥墩倾斜	倾角仪	左右幅 11、14#墩墩顶各布设 1 个测点	4	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	左幅第 12 跨箱梁内 2 个测点，13 跨箱梁内 2 个测点，14 跨箱梁内 3 个测点； 右幅第 13 跨箱梁内 1 个测点，14 跨箱梁内 1 个测点。	9	
重载重载交通桥梁	振动监测	智能感知报警设备	第 13 跨 1/2 处，每个截面 4 个测点	4	左右幅
	视频监控	智能球机	12、13#墩盖梁	2	监测桥下空间

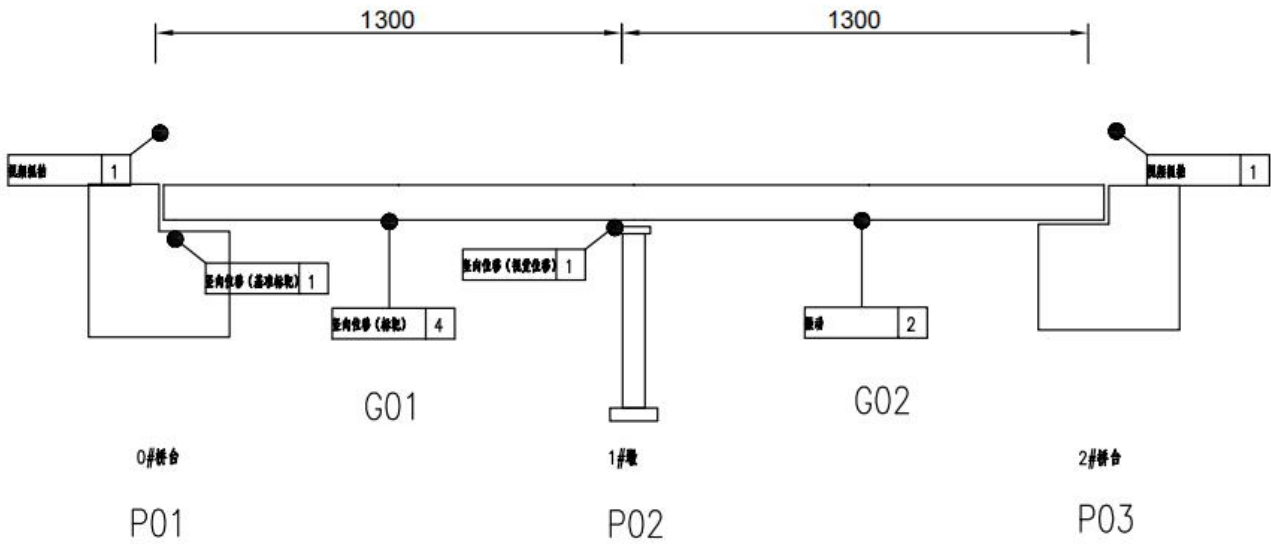


图 5.1-6 凌波村小桥监测测点总体布置图

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

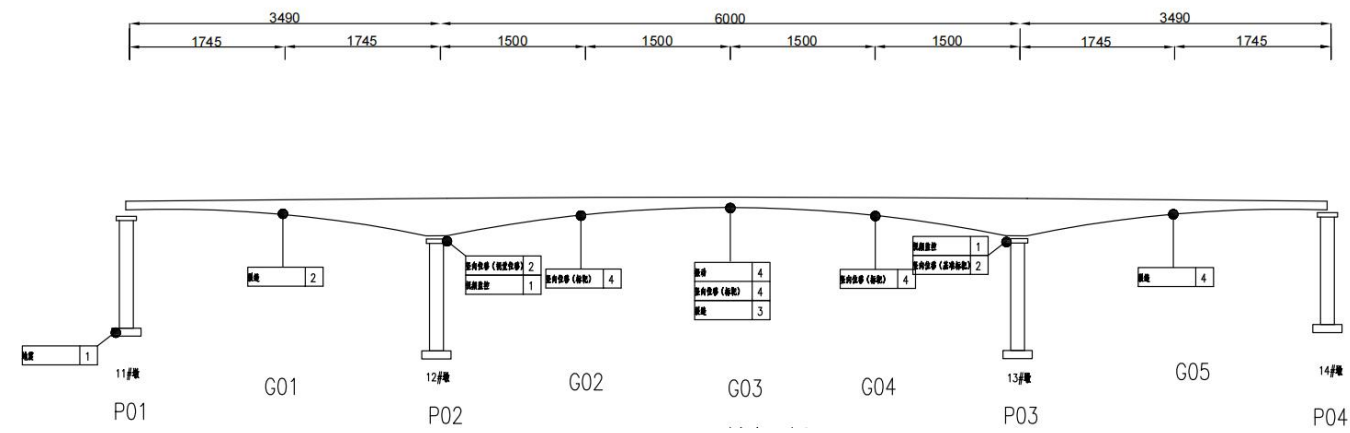


图 5.1-7 跨 G35 高速立交桥监测测点总体布置图

表 5.1-8 戚家桥中桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁两侧	2	左右幅
		标靶	第 1 跨 2-5#T 梁 1/2 处； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面 2 个测点	10	左右幅
	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各 1 个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第 2 跨 1、8#T 梁 1/2 处， 每个截面 2 个测点	4	左右幅

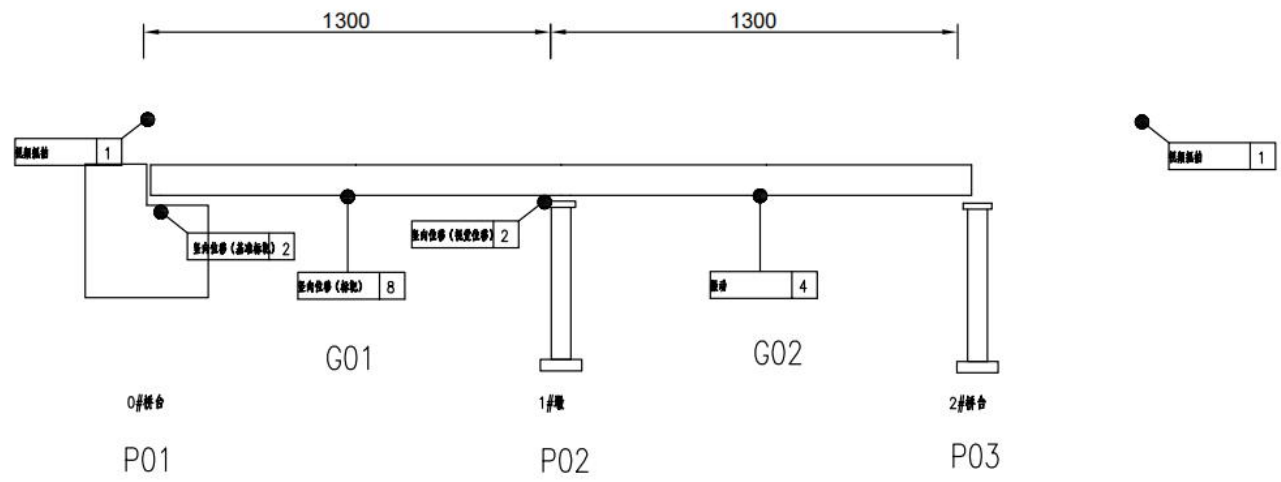


图 5.1-8 戚家桥中桥监测测点总体布置图

表 5.1-9 淠河总干渠大桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
技术状况差桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	3#墩盖梁	2	左右幅
		标靶	4 跨 1/4、1/2、3/4，每个截面 4 个测点； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面 2 个测点	14	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	左幅 3#箱梁外 2 个测点，4#箱梁外 2 个测点，5#箱梁外 1 个测点； 右幅 3#箱梁外 3 个测点，4#箱梁外 1 个测点，5#箱梁外 1 个测点	10	
重载交通桥梁	视频监控	智能球机	3、4#墩盖梁	2	
	振动监测	智能感知报警设备	第 4 跨 1/2 处，每个截面 4	4	左右

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
		备	个测点		幅

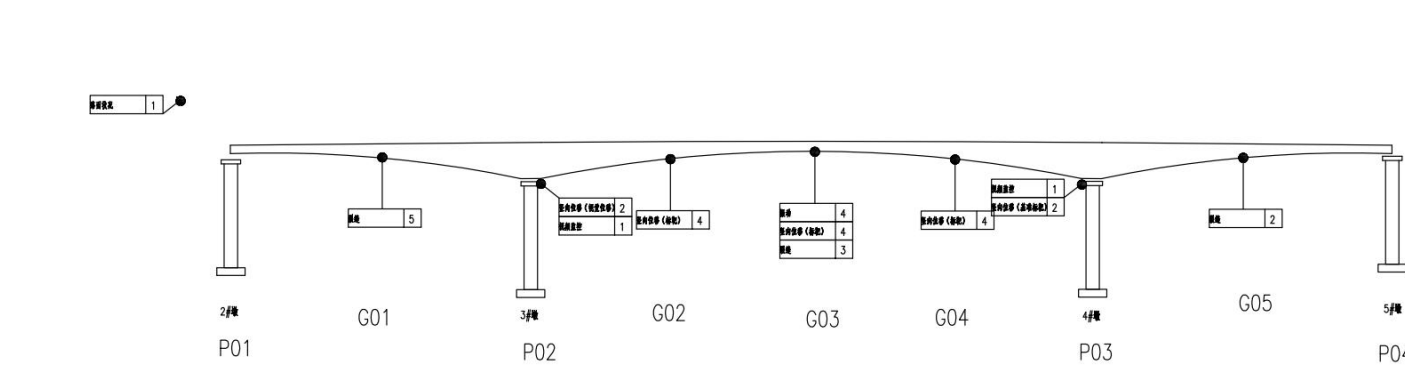


图 5.1-9 淠河总干渠大桥监测测点总体布置图

表 5.1-10 戚家桥监测测点总体布置表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁两侧	2	左右幅
		标靶	第 1 跨 2~5#T 梁 1/2 处； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面 2 个测点	10	左右幅
	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各 1 个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第 2 跨 1、8#T 梁 1/2 处， 每个截面 2 个测点	4	左右幅

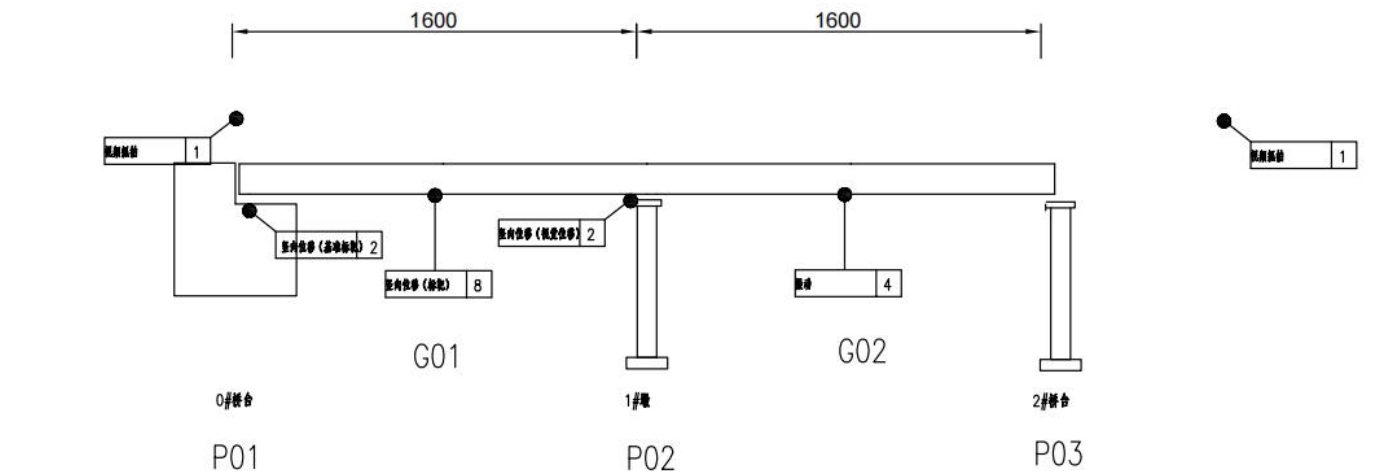


图 5.1-10 戚家桥监测测点总体布置图

5.2传感器选型及性能指标

监测系统选型所采用监测设备性能指标需严格参照《公路桥梁群监测系统试点建设技术指南》和《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022)的技术要求执行。传感器信号的采集接口采用 RS232/RS485/TTL232 总线、以太网与上位机的平衡发送和差分接收。也可以采用自组网络的光纤传输方式进行数据采集。封装等级均应达到 IP65；

本监测系统采用传感器的具体设备选型及性能指标如下：

表 5.2-1 桥梁监测设备及性能

序号	监测参量	设备类型	参数
1	视频监控	智能球机	像素≥400 万，帧率≥ 25 FPS； 动态范围≥ 55 dB，具备自动光圈、变焦镜头、昼/夜自动转换功能、防护罩； 具备水平 0° ~350° ，垂直 15° ~- 90° 旋转功能
2	地震	三向加速度传感器	测量方向：X、Y、Z 三个方向 测量范围：0~20m/s ² 加速度通频带：0.25~80 Hz 分辨力：5×10（-6 次方）m/s 灵敏度：≥0.25V/m/s ²
3	竖向位移	视觉位移传感器	监测距离：1~500 米 分辨率：0.01 像素； 监测精度：±0.05mm（20 米距离）

编制： 杨江勇

复核： 王路遥

审核： 孙少华

图标编号： SIV-01

序号	监测参量	设备类型	参数
4	裂缝	裂缝传感器	量程：>10mm 误差：≤0.02mm 分辨力：≤0.01mm
5	振动	智能感知报警设备	电池：3.0V 电池，包含低电量报警功能 电池寿命：3 年 待机功耗：15uA 工作温度：-35℃~+60℃ 天线：GPS 内置天线 定位方式：GPS+北斗双模 防护等级：不低于 IP68 工作时长：3 年 通讯方式：4G 全网通，移动、电信卡等网络 报警频率：可自定义设置 加速度传感器： 分辨率：16 位 承压：能承受 10Kg 冲击 测量范围：默认±2g； 可选±4g，±8g，±16； 测量精度：0.004g（±2g）； 0.008g（±4g）； 0.016g（±8g）； 0.048g（±16g） 检测方位：6D/4D 方位检测，运动检测
6	桥墩倾斜	倾角仪	量程范围：±5° 最小分辨力：0.02° 精度：≤0.05%F.S 输出信号：0~5V/0~10V/4~20mA/RS485

六. 数据采集与传输子系统

6.1子系统架构

桥梁数据采集与传输子系统包括数据采集与数据传输两大模块，由分布在桥梁现场的数据基站、数据采集子站和传输网络构成。

根据结构监测系统的数据采集与传输信号的不同，相应的分成两部分个部分，即模拟信号传感器的数据采集与传输和数字信号传感器的数据采集与传输。系统组成框图如下图所示。



图 6.1-1 数据采集与传输子系统架构

6.2设计要求

桥梁结构监测系统能否对桥梁结构的安全状态和服役寿命做出准确客观的评估，取决于数据采集系统能否及时准确地采集到如实反映结构状态的特征信息。桥梁数据采集与传输子系统应满足以下设计要求：

- 1) 数据采集和传输设备能满足自动、实时数据采集与传输要求；
- 2) 数据采集、传输设备与传感器系统精度相匹配，满足测量精度要求:数据采集设备集成化程度高，便于统一管理控制；
- 3) 数据采集设备具有对信号进行放大、过滤、去噪和隔离等处理；
- 4) 数据采集与传输设备耐久性好、性能稳定、抗干扰性强以及电力供应稳定可靠；
- 5) 数据采集与传输设备的保护应具备完整方案和相关应急预案；
- 6) 保护数据采集与传输设备不受温湿度、雷击及干扰源(电源、电磁)等环境因素的影响及防止损坏；
- 7) 为方便系统后期扩展升级，系统传输主干光缆冗余备用芯纤不少于 20%，且预留通道不少于 10%；
- 8) 应满足其他技术要求，如:同步采样(对多路信号进行同时采样的功能)，模拟输出(输出模拟信号的能力)，数字 I/O(直接输出数字或准数字的能力)，触发(数据采集设备启动方式)等。

6.3数据采集与传输方案

数据采集与传输是指对安装在大桥上的各种类型的传感器的信号完成必要的预调理后按一定的采样频率进行模数转换(A/D)，最后在数据采集站计算机上保存并进行远程传输。各种类型的传感器的模拟或数字信号经预处理、采集后从外场的数据采集站通过无线传送至位于监控中心的数据

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

处理与控制计算机上。

桥梁结构结构监测系统所有设备均采用标准以太网协议通过光缆传输数据。基站设有通讯网口，基站利用通讯网口和机电工程提供的通信主干光缆，连接到交换机。在外场相对较近的设备附近设置数据采集子站，可共用一台交换机、采集端等。

桥梁结构监测系统实时采集与传输的监测数据统一通过场端局域网传输至对应区域采集站，采集站工控机按数据协议解析数据并通过无线统一转发至监控中心服务器。

6.4布线设计

桥梁结构监测系统的布线包括以下四方面内容。

1) 传感器线缆网络

传感器线缆网络是由外场工作站引出至各采集设备的线缆和线缆保护线槽及钢管组成线缆的两端分别连接各种传感器及采集仪器。模拟信号输出传感器需采用屏蔽信号电缆进行信号传输。

2) 外场机柜供电系统

外场机柜供电由就近接入电源，结构监测系统从此处接电。外场机柜供电系统是由系统配电箱到结构结构监测系统配电箱，并进入外场机柜 UPS 设备的供电设备、供电线缆和保护管组成。

3) 传感器采集器供电传输网络

传感器采集器供电传输系统是由外场采集站 PDU 向机柜外传感器采集设备供电的线缆和保护管组成。

6.5时间同步采集设计

对结构的健康状况的分析需基于同一时刻或同一个时间段，要求各种仪器在同一时刻开始采集，保证分析数据的同步。本系统中时间同步功能的实现是由应用服务器作为时间服务器，通过校准服务器的时间，再通过监测网络时间协议 (NTP) 为其它嵌入式采集设备提供时间同步服务，它能够提供高于 1ms 的时间精度。

6.6主要设备性能要求

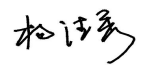
为保证场端数据的有效采集与传输，设置数据采集总站与采集子站。数据采集总站内主要设备有:工控机、交换机等设备，是系统的重要组成部分。主要功能是实现一定范围内的传感器信号调理、数据采集、临时存储、数据传输至中心服务器。数据采集总站一定要具有连续稳定运行的特点，并且有一定的自动纠错功能。子站内主要设备有:交换机、模块等设备。主要功能是实现一定范围

内的传感器信号采集、转换等。

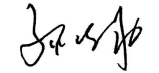
场端数据采集涉及的主要设备有分为动态数据采集分析仪等。

表 6.6-1 监测采集设备及性能

序号	设备类型	参数
1	工控机	处理器：Intel I7 及以上； 支持双硬盘：1000G/7200 转及以上； 内存：8G 及以上； 网络：10/100M/1000M 自适应网卡×2； 软件部分： 操作系统：Windows；全天候连续工作；断电后来电自动开机并自动加载监控系统； 远程维护模块及远程管理系统。
2	工业交换机	24 口交换机，支持 10/100TX（RJ45 接口），100Base Fx 单模以太网交换机； 光口数量≥2 口,数量应能满足各交换机接口需求； 提供快速恢复，环网冗余功能； 存储并转发交换； 异常情况时，自动报警； 10/100M 全/半双工，自动侦测 MDI/MDI-X； 24V 直流电源冗余输入； 电源故障时，继电输出报警； 通过 DHCP，BOOTP 或 RARP 协议自动设置现场设备 IP 地址； 支持 IEEE802.3/802.3u/802.3x/802.1D； 支持 SNMP/DHCP 协议。
3	硬盘录像机	可接驳符合 ONVIF、RTSP 标准的众多主流厂商网络摄像机； 支持 H.265 高效视频编码码流，支持 H.265、H.264IP 设备混合接入； 支持 8 路 1080P 解码，解码性能强劲； 最大支持 800 万像素高清网络视频的预览、存储与回放； 支持 HDMI 与 VGA 同源输出，HDMI 支持 4K 超高清显示输出，VGA 支持高清 1080p 显示输出； 支持 2 个 SATA 接口，最大支持满配 8T 硬盘 支持 IP 设备集中管理，包括 IP 设备参数配置、信息的导入/导出和升级等功能； 支持最大 8/16/16 路同步回放和多路同步倒放； 支持智能搜索、回放及备份功能，有效提高录像检索与回放效率。 硬盘容量 8T。
4	动态采集仪	通道数：8 测量范围：±5V、4～20mA 分辨力：24 位 AD 误差：≤0.01% 采样频率：0～100Hz 共模干扰：120dB

编制： 

复核： 

审核： 

图标编号： SIV-01

序号	设备类型	参数
5	服务器	尺寸：2U 机架式服务器； CPU：16 核以上 内存：64G 以上； 硬盘：2*4T 以上； 操作系统：不低于 Windows Server 2016（64 位）； 数据库：正版数据库
6	通用信号采集仪	数字信号：RS232/485, 支持接入传感器数量≥16； 电流信号：4mA～20mA； 电压信号：-5V～+5V； 可支持远程配置。

七. 数据存储与管理子系统

结构监测系统中存在各个子系统、子模块的配置信息、桥梁结构数字化信息以及采集处理的数据，大桥全寿命期内数据量、图形量庞大，信息的种类繁多，有多个子系统共享并互相调用数据信息，同时要支持分布式的处理与访问，也要支持多并发用户的操作，因此数据的安全性极为重要。通过建立系统的数据存储与管理子系统，统一管理并组织数据信息，给系统的维护与管理提供便利，也为各应用子系统提供可靠的分布式数据交换与存储平台，方便开发与使用。

7.1主要功能

数据存储与管理子系统是桥梁结构监测各子系统数据的支撑系统，其功能应该包含监测设备管理、监测信息管理、结构模型信息管理、评估分析信息管理、数据转储管理、用户管理、安全管理以及报警信息管理等。该子系统的主要功能：

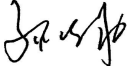
- 1) 为各类数据提供存储的工具与场所，实现对大量、多种类数据的管理，为多个子系统提供共享数据信息，同时要支持分布式的处理与访问：
- 2) 支持多并发用户的操作：
- 3) 为各应用子系统提供可靠的分布式数据交换与存储平台，方便开发与使用：
- 4) 提供数据安全性及用户管理的工作：
- 5) 提供数据分布式快速查询的工具：
- 6) 提供保障数据一致性与同步性的工具。

7.2设计原则

- 1) 应遵循数据库系统的可靠性、先进性、开放性、可拓展性、标准和经济性的基本原则；

编制： 

复核： 

审核： 

图标编号： SIV-01

- 2) 应保证数据的共享性、数据结构的整体性、数据库系统与应用系统的统一性；
- 3) 应建立在清晰、简明、标准化的数据元上，保障用户方便、快速、准确的检索所需信息；
- 4) 数据库系统在使用时应支持在线实时数据处理分析；
- 5) 具备对海量数据的有效筛选、归档以及相应的元数据管理；
- 6) 具有数据维护功能，可对数据库中已有的数据进行增加、删除、修改等操作；
- 7) 具有报警系统，当数据达到规定的数据量极限时，能进行相应删除、导出等操作。

7.3数据存储需求分析

- 1) 结构综合信息包括自动化采集设备信息、大桥结构参数，系统维护参数、系统报警参数、日志记录等，这些数据构成大桥基本信息库。通过结构综合信息，用户可以了解桥梁的基础数据、监测测点布置情况、报警设置等信息。

2) 自动化监测数据

这类数据分为原始数据、实时数据、分析数据、历史存档数据等，数据通过通过预处理后，通过分析可以得到有关结构特性以及荷载响应特性等结果，在此基础上可建立起结构报警参数数据库(设计值和报警值)。随着结构年龄增加，其限值标准需作调整更新。根据不同阶段的状态值，可以了解结构运行的情况。

3) 报表数据

包含系统分析报告以及报警分析报告，均以文件的形式存储在系统中。

系统数据具有数据量庞大、类型多且杂、实时响应要求高特点。根据系统对海量数据以及不同形式数据的存储与管理需求，应该针对不同类型的数据，选择合适的数据库管理系统，实现对大桥几何数据、监测时间序列数据、图像监测信息和文件信息的统一存储。

7.4数据存储内容及要求

存储数据主要包括: 结构综合信息、自动化监测数据及报表数据。

- 1) 结构综合信息与报表数据容量较小，拟永久存储。
- 2) 自动化监测数据受长期、高频采集影响，数据容量通常较大，其数据存储要求为：

(1) 原始数据在数据库中保存 3 年：

(2) 预处理后的原始数据保存 5 年：

7.5数据存储备份

针对桥梁结构健康监测系统的数据采集与储存过程中可能存在的数据异常及损毁问题，以下是解决方案：

1. 现场控制柜应急备份存储：
- 可以设置现场控制柜作为数据的第一级存储点。这样，传感器收集的数据可以首先存储在本地控制柜中，作为原始数据的即时备份。这种本地化存储可以在数据传输到云端之前提供一个额外的安全层，以防数据在传输过程中发生异常或损毁。
2. 云端异地备份：
- 为了确保数据的安全性和可靠性，建议将数据同时上传到云端进行异地备份。云端存储不仅可以提供大容量的数据存储空间，还可以通过多地备份来防止数据丢失。例如，可以购买阿里云或腾讯云服务，或者自建服务器进行数据的云端存储和管理。

云平台的部署可以采用 B/S 模式，实现控制系统各个模块的自动运行，接收、显示、保存、查询和打印报警信息，从而实现数据的永久保留。

八. 数据分析及报警子系统设计

8.1子系统架构

数据分析与报警子系统由数据分析系统和报警子系统两部分组成，数据分析又分为数据预处理和数据后处理。数据分析与报警子系统框架如图所示。

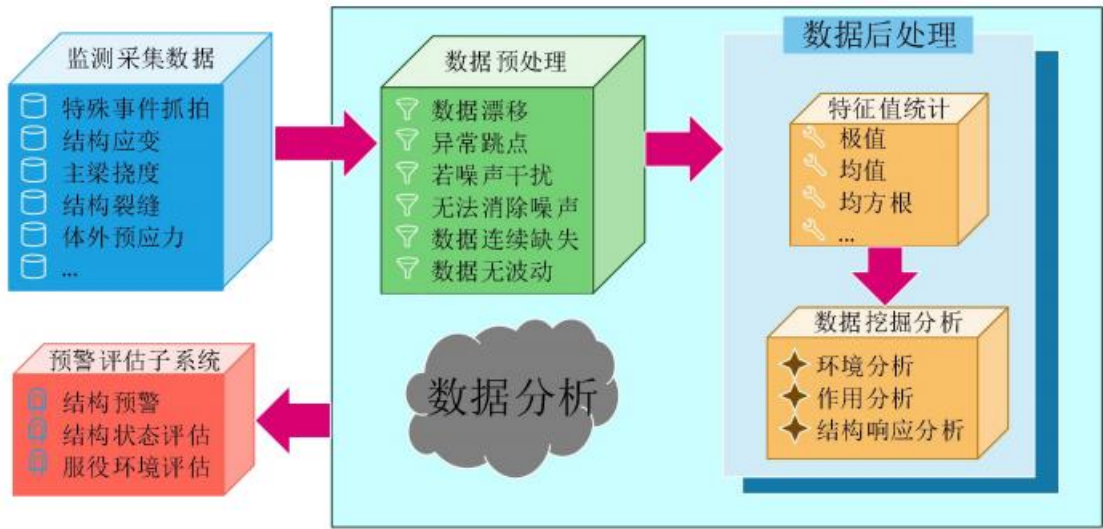


图 8.4-1 数据分析与报警子系统框架

编制： 杨江

复核： 王路遥

结构健康监测系统对工程结构对象所得到的分析评估结果，其准确性和精度与传感器类型和数量、数据采集模块、数据传输模块等硬件设备的性能息息相关，但是信号进行采集的过程中，由于存在着各种各样的环境干扰(如电磁场等)，或者传感器固有属性，或者传输电路干扰,硬件设备老化等其他原因,使得进入到测站的数字信号包含干扰信号(即噪声)，或者数据存在丢失，不完整，不一致，造成了采集获取的监测信号不能够反映实际工程结构对象的真实信息。因此，针对自动化数据采集系统获取的信号，必须进行前处理，尽可能的获取反映结构对象真实状态的信号。同时为数据的后处理提供有效的数据支持。

数据预处理旨在对采集的原始数据按照一定的判别准则，判断数据质量好坏，针对数据存在的“病症”，结合不同类型传感器、采集设备的特征，做出各种仪器设备自身是否处于正常工作状态，以及故障可能原因的诊断以及维修建议，通知现场相关人员对仪器设备进行故障排查检修工作。同时，对针对异常数据的不同表现形式，采取纠正不一致数据消除异常数据，修补遗漏数据，平滑噪声数据等相应的措施，为后续的分析处理准备干净整齐的数据。

8.2数据后处理

为进一步获取结构的实际受力状态，评估结构的服役水平，对预处理后的监测数据进行后处理分析。后处理分析包括监测数据的极值、均值等特征值统计和数据挖分析。

8.3结构安全报警机制

桥梁结构健康监测系统结构安全报警总体框架如图所示

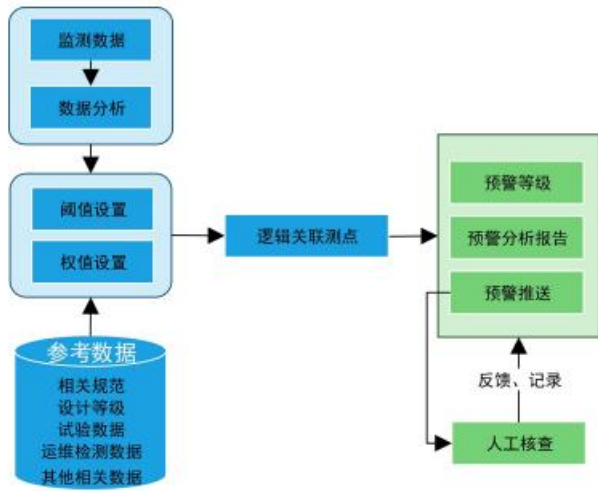


图 8.4-2 结构安全报警总体框架

审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

8.3.1 一般规定

- 1) 系统应用应包括异常报警、数据分析报告、数据交互与共享。
- 2) 监测系统应实现异常报警的自动化，报警值的设定应满足桥梁日常管养的控制要
- 3) 系统数据分析应定期形成数据分析报告，展现形式应包括日报、季报和年报。
- 4) 监测系统应满足数据交互与共享的要求，并可按需提供给相关部门进行联动。

8.3.2 报警阈值

- 1) 异常报警设定三级报警阈值，当监测数据达到或超过报警值时，宜同步报警。当监测数据提示异常报警时，应深入分析监测数据，关注异常状态的影响程度和发展趋势。
- 2) 报警阈值具体数值宜基于监测内容历史统计值、设计值和规范容许值确定，并宜考虑桥梁管养需求、车辆通行管控建议等监测应用需求。
- 3) 报警阈值需结合轻量化监测场景和桥梁管养需求提出，可参考表 8.4.2-1 进行设置。
- 4) 监测数据触发异常报警时,宜基于桥梁特点、报警频次、异常极值等采取养护措施。养护建议见表 8.4.2-1。

表 8.4.2-1 报警阈值设定用表

序号	监测项目	报警阈值	报警级别	养护建议
1	竖向位移监测	1. 桥上通行限载车辆时测点位置处产生的挠度变化值； 2. 相邻梁体竖向位移变化幅值出现明 显差异	一级	提示密切关注桥面交通荷载分布和挠度变化情况
2		达到 0.8 倍的设计值	二级	提示采取交通管控措施，开展专项检查评估
3		达到设计值或一天内出现 10 次以上二级报警	三级	提示封闭交通，对桥进行全面检查和结构安全评估
4	裂缝监测	裂缝宽度超过规范限值或发展加速	一级	提示管理部门注意裂缝发展趋势，必要时对裂缝附近区域进行

序号	监测项目	报警阈值	报警级别	养护建议
				专项评估。
5	振动监测	结构物受到碰撞时的激励响应特征	一级	结合视频抓拍监测进行分析，评估异常振动对结构的影响程度。
6		10 min 加速度均方根达到 31.5cm/s2 且持续时间超过 30 min	二级	提示对连接构件进行检查
7		10 min 加速度均方根达到 50cm/s2	三级	提示封闭交通，对桥进行全面检查和结构安全评估

九. 系统供电、防雷

9.1系统供电

桥梁在线监测系统的供电方案应根据现场实际情况进行选择，确保供电方式方便、快捷、稳定。优先考虑就近用电和长期稳定供电，以保证系统的长期有效运行。

如果现场市电供电方便，优先选择市电供电。对于市电供电不稳定的情况，可以采用市电和蓄电池结合供电的方式。在正式施工前，应根据现场条件，准确选择供电方式。在工程费用相近的情况下，优先考虑稳定的电源直接供电方案，供电电压为 220V，额定功率不小于 2KW。

本项目通过现场调研，现状 10 座桥上均无市电供电，但桥址处附近均有村庄分布，电力条件较好，便于后期接电开户。

- 1、跨宁西铁路立交桥
电网可以考虑从桥梁大桩号一侧桥台 300m 左右附近村庄接入；接电长度 400m。
- 2、老河桥
桥梁大桩号一侧 200m 左右有村庄具备接电条件；接电长度 300m。
- 3、汲东干渠大桥
桥梁小桩号一侧 100m 左右有村庄具备接电条件；接电长度 200m。
- 4、淠河特大桥

桥梁小桩号一侧 100m 左右有村庄具备接电条件；接电长度 200m。

5、滚沟小桥

桥梁小桩号一侧 400m 左右有村庄具备接电条件；接电长度 500m。

6、凌波村小桥

桥梁小桩号一侧 200m 左右有村庄具备接电条件；接电长度 300m。

7、跨 G35 高速立交桥

临近变截面连续箱梁（中间主跨）的附近有有村庄具备接电条件；接电长度 100m。

8、戚家河中桥

桥梁大桩号一侧 200m 左右有村庄具备接电条件；接电长度 300m。

9、淠河总干渠大桥

可以考虑从第七、八跨附近村庄处接电；接电长度 100m。

10、戚家桥

桥梁大桩号一侧 500m 左右有村庄具备接电条件；接电长度 600m。

9.2系统防雷

雷电主要分为直击雷和感应雷。直击雷是指雷电直接击中建筑物、动植物等，因电效应、热效应和机械效应造成损坏和人员伤亡。防直击雷通常通过避雷装置（如避雷针、避雷带、避雷网、避雷线）将雷电流引入大地，保护建筑物免受雷击。然而，这些装置只能保护建筑物本身，电子设备仍可能受到雷电的破坏。

感应雷是雷电在雷云之间或雷云对地放电时，通过户外传输信号线路、埋地电力线、设备间连接线和电磁感应侵入设备，导致电子设备损坏。感应雷发生的概率比直击雷高得多，不论雷云对地或雷云之间闪击都可能引发感应雷。

桥梁结构监测系统的设备大多布设在室外，因此需要考虑防雷保护。系统防雷应在桥梁整体防雷工程下进行，涵盖强电防雷、弱电防雷和接地。主要防护措施包括：

直击雷防护：通过避雷装置（如避雷针、避雷带、避雷网、避雷线）将雷电流快速引入大地，保护设备免受雷击。

感应雷防护：感应雷分为静电感应雷和电磁感应雷，主要通过供电线、信号线缆等途径侵入。将建筑物的基础钢筋、梁柱钢筋、金属框架等连接成闭合良好接地的法拉第笼，避免接地线之间存

在电位差，消除感应过电压的产生。

根据《建筑物电子信息系统防雷技术规范》，电源系统防雷主要采取以下措施：

电磁屏蔽：减少雷电电磁脉冲对系统的影响。

安装浪涌保护器：在电源总开关前安装具有防雷功能的稳压电源，并在电源总开关处安装空开及浪涌保护器。系统使用 220V 电源，前级有一级防雷器（B 级浪涌保护器），此处使用二级防雷器（C 级浪涌保护器），最大放电电流可达 40KA。在各级数据采集设备机箱和机柜处使用精细的三级防雷器（D 级浪涌保护器），通过前、后级防雷器的配合，逐级释放雷电能，保护终端用电设备。

良好接地系统：电源系统接地电阻小于 10Ω，所有接地线接入防雷带。

线缆布线：传感器信号线均采用屏蔽线缆，符合《建筑物电子信息防雷系统技术规范》，减少雷电电磁脉冲对系统的影响。

十. 系统实施

10.1系统实施规划

系统实施应包含硬件实施、软件开发及软硬件联合调试三部分。

硬件实施应包括施工准备、施工组织设计、桥位外场和数据中心内场的设备、设施安装与调试，应按照相关行业规范执行。硬件实施采用的设备材料应符合国家现行有关标准的规定，并应出厂检测合格。

系统软件开发应包含软件开发、软件测试、软件部署以及与系统硬件的联合调试，应由实施单位进行软件各功能测试，测试内容包含但不限于功能性、信息安全性、可靠性、易用性及用户文档集，并出具测试报告书。

10.2主要实施要求

安装调试应符合以下规定：

传感器及设备安装：

（1）传感器、数据采集与传输设备的安装位置应满足设计要求。

（2）传感器应通过可靠方式与被测结构物牢固连接，并采取适当的保护措施。

（3）安装调试过程应依据作业程序和要求进行，准确填写施工记录表，记录设备编码、安装参数、初始数据等。

光电缆线布设：

（1）光电缆线应与大桥其他缆线保持必要的距离，并采取屏蔽措施。

（2）光缆敷设弯曲半径应大于光缆外径的 20 倍，双绞线、同轴电缆、大对数线缆的弯曲半径应大于外径的 15 倍，接头部位应平直不受力。

（3）光缆接续时应尽量减少接续损耗，每道工序完成后采用前向双程测试法测量接头损耗，中断段光纤的平均接头损耗应不超过 0.5dB/个。

供电、接地、防雷：

（1）供电、接地、防雷的建设应满足设计及相关规范要求。

（2）当电压波动较大、供电不稳时，应在供电设备输出端加设交流稳压装置，稳压后对监测设备进行供电。

（3）传感器安装前应进行必要的校验，安装到位后应采集初始值，监测系统完工后应建立监测基准。

系统软件开发应符合以下规定：

开发技术和框架：

（1）采用主流的软件开发技术和框架，软件内部各模块功能独立，模块之间耦合性低。

（2）软件编写遵循国际通用编码规范和注释规范，满足《公路桥梁结构监测技术规范》（JT/T 1037-2022）要求，程序编码风格应简洁易读、结构清晰、易于调试维护。

协同开发和文档编制：

（1）对于需要多方协同开发的软件，使用软件代码版本控制工具。

（2）未经业主单位允许，软件系统内部不得内置与业务功能无关的后门程序、加密模块等。

（3）按照《计算机软件文档编制规范》C GB/T 8567 等计算机软件行业标准要求编写软件开发文档和接口文档。

技术路线：

软件开发时选用技术路线考虑安全性、可靠性和技术先进性，可采用边缘计算、分布式处理、消息中间件、时序数据库等先进可靠技术。

系统软件测试应符合以下规定：

测试内容：

（1）软件开发完成后开发单位应进行软件测试，测试内容包含单元测试、功能测试、性能测

试、集成测试等。

（2）软件测试前编写测试方案和测试用例，测试流程和内容应符合《计算机软件测试规范》（CC3B/T15532）和《计算机软件测试文档编制标准》（CC3B/T 9386）相关要求。

测试报告：

（1）软件测试完成后由开发单位编制《软件测试报告》，报告应详细描述每个测试用例的测试结果。

（2）对于重大功能偏离、缺陷和逻辑错误，需经开发单位修复完善后再次提交测试，最终测试通过率应不低于测试用例总数的 95%。

系统软件部署应符合以下规定：

部署准备：

（1）软件部署前编制软件部署建设指南，开发过程规范有序，开发完成后各功能完好。

（2）软件现场部署前，服务器、工作站、工控机等硬件安装完毕并接电稳定运行，数据中心网络、供电、通信、照明等应满足设计要求。

安装和调试：

（1）操作系统、数据库等应用支撑软件的安装和配置满足软件设计文件要求。

（2）软件安装和调试分步进行，软件部署完成后大桥现场、数据中心同步功能确认。

软件安装完成后与外场硬件的联合调试应符合以下规定：

数据采集与传输：

数据采集与传输软件部署完成后与桥梁现场感知设施进行数据采集校验，确保数据输出通道、数据流、方向、精度等与外场设备安装保持一致。

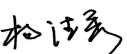
数据处理与管理：

数据处理与管理软件部署完成后与桥梁现场感知设施和数据采集与传输软件进行数据对接，确保数据接收、处理和存储等功能满足设计文件要求。

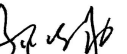
用户界面：

软硬件联合调试完成后，用户界面软件各项功能正常，监测数据展示准确，界面数据值、数据精度、数据单位应与设计文件和传感器输出一致。

时间同步和误差控制：

编制： 

复核： 

审核： 

图标编号： SIV-01

各软件节点与外场传感器之间的时间同步误差、网络延迟误差、信号噪声量等满足设计文件规定。

系统建设软件功能完好率应达到 100%，数据完好率应达到 95%以上。

安装调试应符合以下规定：

传感器、数据采集与传输设备的安装位置应满足设计要求，传感器应通过可靠方式与被测结构物牢固连接，并采取适当的措施予以保护；安装调试过程应依据作业程序和要求开展，按有关规定准确填写施工记录表，记录、整理必要的设备编码、安装参数、初始数据和资料等；

光电缆线应与大桥其他缆线保持必要的距离，并采取必要的屏蔽措施。光缆敷设弯曲半径应大于光缆外径的 20 倍，双绞线、同轴电缆、大对数线缆的弯曲半径应全的 15 倍，接头部位应平直不受力；

光缆接续时应尽量减少接续损耗，每道工序完成后采用前向双程测试法测量接头损耗，中断段光纤的平均接头损耗 $\leq 0.5\text{dB/个}$ ；

供电、接地、防雷的建设应满足设计及相关规范要求；当电压波动较大、供电不稳时，应在供电设备输出端加设交流稳压装置，稳压后对监测设备进行供电；

传感器安装前应进行必要的校验，安装到位后应采集初始值，监测系统完工后应建立监测基准。

系统软件开发应符合以下规定：

采用主流的软件开发技术和框架，软件内部各模块功能独立，模块之间藕合性低；

软件编写遵循国际通用编码规范和注释规范，满足《公路桥梁结构监测技术规范》（JT/T 1037-2022）要求，程序编码风格应简洁易读、结构清晰、易于调试维护；

对于需要多方协同开发的软件，使用软件代码版本控制工具；

未经业主单位允许，软件系统内部不得内置与业务功能无关的后门程序、加密模块等；

按照《计算机软件文档编制规范》C GB/T 8567 等计算机软件行业标准要求编写软件开发文档和接口文档；

软件开发时选用技术路线考虑安全性、可靠性和技术先进性，可采用边缘计算、分布式处理、消息中间件、时序数据库等先进可靠技术。

系统软件测试应符合以下规定：

软件开发完成后，开发单位应进行全面的软件测试，涵盖单元测试、功能测试、性能测试和集

成测试等内容。测试前需编写详细的测试方案和测试用例，确保测试流程和内容符合《计算机软件测试规范》（CC3B/T15532）和《计算机软件测试文档编制标准》（CC3B/T 9386）的相关要求。

测试完成后，开发单位应编制《软件测试报告》，详细描述每个测试用例的测试结果。对于重大功能偏离、缺陷和逻辑错误，开发单位需修复完善后再次提交测试，最终测试通过率应不低于测试用例总数的 95%。

系统软件部署应符合以下规定：

软件部署前编制软件部署建设指南，开发过程规范有序，开发完成后各功能完好；

软件现场部署前，服务器、工作站、工控机等硬件安装完毕并接电稳定运行，数据中心网络、供电、通信、照明等应满足设计要求；

操作系统、数据库等应用支撑软件的安装和配置满足软件设计文件要求；

软件安装和调试分步进行，软件部署完成后大桥现场、数据中心同步功能确认。

软件安装完成后与外场硬件的联合调试，应符合以下规定：

数据采集与传输软件部署完成后，应与桥梁现场的感知设施进行数据采集校验，确保数据输出通道、数据流、方向和精度等与外场设备安装保持一致。

数据处理与管理软件部署完成后，应与桥梁现场的感知设施和数据采集与传输软件进行数据对接，确保数据接收、处理和存储等功能满足设计文件要求。

软硬件联合调试完成后，用户界面软件各项功能应正常运行，监测数据展示准确，界面数据值、数据精度和数据单位应与设计文件和传感器输出一致。

各软件节点与外场传感器之间的时间同步误差、网络延迟误差和信号噪声量等应满足设计文件规定。

系统建设完成后，软件功能完好率应达到 100%，数据完好率应达到 95%以上。

10.3关键工作内容

10.3.1 系统设计

系统设计包括施工图设计、软件设计和施工组织设计，为后续工程实施提供依据和指导。总体方案设计应在工程实施前完成，系统设计工作需要预留充足时间，以确保设计内容的完整性和系统实施的可执行性。

编制：

杨江勇

复核：

王路遥

审核：

孙心怡

图标编号： SIV-01

10.3.2 测试与试验

搭建小系统测试环境，对系统的传感器、数据采集器、软件等进行全面的集成测试和优化。同时，对系统设计方案进行论证和优化，为桥梁现场设备安装做好准备，减少施工现场的准备工作量。

10.3.3 设备安装

在系统实施过程中，应提前进行合理规划。设备安装包括传感器设备、数据采集站设备和监控室设备，安装顺序为：传感器设备→数据采集站设备。

传感器安装流程如下：

- （1）安装传感器底座
- （2）安装传感器
- （3）进行测试
- （4）进行调试

数据采集站设备安装流程如下：

- （1）安装机柜
- （2）安装电源及附属设备
- （3）进行机柜理线
- （4）安装设备
- （5）进行测试
- （6）进行调试

设备安装实施要求：

在项目实施过程中，应严格按照方案开展工作，点位安装需严格遵循方案中各监测项目的布置平面图及其他必要的技术文件。由于涉及敏感测试元器件的安装，需派有经验的人员进行现场施工，施工人员必须在技术人员的指导下，全面熟悉并掌握方案及相关资料、工艺要求和质量标准。具体要点如下：

- (1) **动态称重系统**：埋设于铺装层内，抓拍摄像机安装于 L 杆上，需做好铺装层的保护和交通疏导。
- (2) **视觉位移传感器**：安装于主跨桥墩盖梁，通过支架安装，支架通过膨胀螺栓固定，注意支架涂装防护及设备保护。

- (3) **振弦应变计、加速度传感器**：安装于主跨桥墩盖梁或主梁，通过膨胀螺栓固定。
- (4) **光、电缆敷设**：光缆敷设弯曲半径应大于光缆外径的 20 倍，双绞线、同轴电缆、大对数线缆的弯曲半径应大于线缆直径的 15 倍，终端长度须留有余地。前端留 1~1.5 米，终端控制室留 10 米左右。
- (5) **信号电缆转接**：在接线箱内的转接要牢固，减少损耗。
- (6) **管道电缆敷设**：预先清刷管孔，去掉管口毛刺，管内预设镀锌铁丝，穿设电缆时涂滑石粉，管口设扩套并防止鼠害，铁管联接用束节或接线盒时须焊牢，管道弯头宜用月牙弯。
- (7) **线材测试**：安装前进行通断测试，穿线时不损伤线缆护套，并随时检验线缆质量。
- (8) **接地**：系统采用一点接地方式，接地电阻应不大于 4Ω，接线插头制作应符合规范。
- (9) **综合布线**：避免交流杂波干扰信号质量，布线时监察周围线管情况，必要时作现场调整，布线须用扎带捆扎。
- (10) **传感器安装**：安装前进行测量定位，确保与图纸位置一致，使用专用安装工具和定位模块，保证安装精度和质量。
- (11) **数据采集机柜**：进场安装时注意安装顺序，使用标配配件。
- (12) **设备保护**：安装过程中严格遵守设备说明书和安装手册要求，注意保护设备。
- (13) **设备测试**：安装完成后进行必要测试，记录测试结果，测试通过后安装保护装置和标记。
- (14) **安全施工**：施工人员必须加强安全意识，遵守安全作业规章制度，确保安全施工。
- (15) **线缆标示**：线缆接头标示标签清楚，做好相应保护措施。

10.3.4 系统调试

当传感器安装完成后，需要对各个子系统进行调试，以确保每个子系统能够正常运行。在所有子系统调试完成后，进行系统整体联调。系统整体联调是在监控室设备和软件安装完成，并完成系统初始化后进行。系统整体联调结束后，系统将投入试运行。

10.3.5 功能实现

为了确保系统能够准确反映桥梁的实际状况，并充分发挥其安全报警和状态评估功能，需要综合考虑桥梁的设计资料、日常检测数据、定期检测数据、当前运营状态以及理论计算分析结果。这些因素将用于确定系统正式运营时桥梁的初始状态和各特征参数的安全阈值。

10.4施工方法和技术措施

10.4.1 技术要求

对于需要一般防护的传感器，其保护标准应满足 IP55 要求。直接暴露在外的传感器应按照相应的保护要求进行处理。

所有传感器的定位应有明显的永久性标记，以便后期更换时能够准确找到原位置。

无论设备是否直接暴露于空气中，都应对其电子部分采取保护措施。

传感器设备需可靠接地，以泄放可能产生的感应电压。

传感器作为精密测量设备，安装时必须轻拿轻放，严禁敲打或撞击。

部分监测传感器具有方向性，安装前须参阅传感器设备说明及其安装方法。

用于监测桥梁结构响应的传感器，安装完成后必须采集原始读数并记录保存。

10.4.2 电线敷设

为了避免电源感应对仪器测量和系统通讯的影响，本系统的电源电缆不能与传感器电缆和通讯电缆敷设在同一保护管内。

敷设时必须防止火花溅落在电缆上，因此需要沿敷设线路安排专人监视。电缆敷设前要核对长度和清单，防止电缆长度不足。电缆盘要编号，并记录所敷设的电线号。敷设前要进行电缆绝缘测试，敷设好一根就整理一根。敷设后，电线头要临时用塑料薄膜封头，以防湿气浸入。

电缆应穿管保护，保护管规格为镀锌钢管，特殊困难线段可使用不锈钢软管连接。顺桥向部分沿线缆槽道路由敷设。

所有保护管均应接入主桥的防雷接地系统。

对施工工人要进行详细的交底，明确各自的负责范围。

希望这些改写能帮助你更好地进行项目实施。如果有其他问题或需要进一步的帮助，请随时告诉我。

10.4.3 设备调试

设备电源线和配线的导线应保持清洁，无污垢、软化或绝缘破裂等现象。

接线处应牢固，各处标记需醒目、正确、不易褪色，并与设计图一致。

连通管及镀锌钢管应完好无损，测试连通管的密实度，确保不漏水。

各电气部件应完好无损，内外清洁，无灰尘、无腐蚀。

各部件连接和调试应正常运行。

希望这些改写能帮助你更好地进行项目实施。如果有其他问题或需要进一步的帮助，请随时告诉我。

10.5系统调试方案

在设备安装敷设完成之后需对健康监测系统调试，系统调试的内容包括：设备调试、系统集成测试、软件系统测试和系统容错性监测。

10.5.1 设备调试

主要任务为核对监测设备是否满足以下要求：

(1) 传感器安装合格，符合设计要求。

(2) 传感器电源线、信号线接入正确。

(3) 软件数据输出正确，系统正常工作。

(4) 采集的数据能正确反应监测目标量情况。

10.5.2 系统集成测试

系统集成测试通过分层、功能差异化和综合一体的通信网络与计算机网络技术，将各个独立的传感器、二次仪表、功能和信息集成到一个相互关联、统一协调的系统中。

系统集成通常采用功能集成、通信网络集成和软件集成等多种技术。实现系统集成的关键在于解决系统之间的互连和互操作性问题。这是一个多厂商、多协议、面向各种应用的体系结构，需要解决各类设备和子系统之间的接口、协议、系统平台、应用软件等问题，以及与子系统、建筑环境、施工配合、组织管理和人员配备相关的所有集成问题。

希望这些改写能帮助你更好地进行项目实施。如果有其他问题或需要进一步的帮助，请随时告诉我。

10.5.3 软件系统测试

10.5.3.1 一般项目集成调试

用软件操作命令界面应为用户图形界面，应风格统一、层次简洁，操作命令的命名不得具有二义性；

应用软件具可扩展性，系统预留升级空间，能适应的新版本的信息平台，并适应信息系统管理功能变动。

编制：

松江秀

复核：

孔路遥

审核：

孙心怡

图标编号： SIV-01

10.5.3.2 软件应用功能测试

系统测试应符合软件工程相关规范和标准、应用软件设计说明书中的技术要求以及合同的相关规定。

- (1) **功能测试：**按照合同或应用软件设计说明书逐条执行功能测试。测试通过后，提供功能测试报告。
- (2) **集成测试：**采用渐增测试方法，测试应用软件各模块间的接口和各子系统之间的接口是否正确。测试通过后，提供集成测试报告。
- (3) **容错性和可靠性测试：**通过设置故障点及异常条件的方法，测试应用软件的容错性和可靠性。测试通过后，提供相应的测试报告。
- (4) **可维护性和可管理性测试：**按应用软件设计说明书的规定，逐条执行可维护性和可管理性测试。测试通过后，提供相应的测试报告。
- (5) **可操作性测试：**对应用软件的操作界面的风格、布局、常用操作、屏幕切换及显示键盘与鼠标的使用等设计进行抽样测试。测试结束后，提供可操作性测试报告。

10.5.3.3 系统容错性监测

检测系统应具备正确判断故障及故障排除后自动恢复的功能，切换时间需符合设计要求。检测内容包括以下两个方面：

- (1) **容错能力：**对于具备容错能力的网络系统，应具有错误恢复和故障隔离功能。主要部件应设置冗余，以便在出现故障时自动切换。
- (2) **链路冗余：**对于有链路冗余配置的网络系统，当某条链路断开或发生故障时，整个系统仍应正常工作，并在故障恢复后自动切换回主系统运行。

十一. 系统维护

11.1系统试运行

鉴于健康监测系统是一套综合了传感器技术、数据传输及网络通信技术、信号处理技术、人工智能技术和桥梁工程监测技术等最新技术，并且软硬件有机结合的大型复杂综合监测系统，因此在

系统正式投入运行之前进行一定时间的系统试运行是必要且重要的。系统试运行的目的如下：

- (1) 测试系统软硬件的长期稳定工作能力
- (2) 测试系统软硬件的极限工作能力
- (3) 测试系统监测结果的准确性
- (4) 检查系统是否达到设计要求
- (5) 为系统后期日常运营提供经验

在系统试运行中发现的软硬件问题，必须在正式运行前解决，以确保系统正式运行后的稳定性和可靠性。

对于本工程结构健康监测系统，将进行以下五大项的系统试运行项目：

- (1) 系统单项监测项目试运行
- (2) 系统全部监测项目综合试运行
- (3) 系统短时间频繁开合试运行
- (4) 系统长时间持续试运行
- (5) 系统极端天气试运行（如强风、大雨、高温、低温、雷击等）

在这些试运行项目中，宜首先进行系统单项监测项目试运行，然后再进行系统全部监测项目综合试运行。此后，系统短时间频繁开合试运行、系统长时间持续试运行和系统极端天气试运行可穿插进行。

11.2系统维护原则与总体方案

11.2.1 系统维护目标

桥梁健康监测系统的维护目标是提高系统的维护和管理水平，确保设备设施的完好和系统运行的良好状态，从而充分发挥系统的作用。

在本项目试运行通过并验收合格后，系统将正式投入使用。在 3 年的运维期内，实施单位需承担技术服务。

11.2.2 系统维护原则

桥梁健康监测系统的维护工作应遵循以下主要原则：

- (1) **预防性、经常性和周期性维护：**根据系统的实际运行情况制定保养和维修计划，做好进度安排，确保维护工作的正常开展。
- (2) **系统运行保障：**确保传感器系统运行正常、数据采集系统工作可靠稳定、数据传输系统信息畅通、供电等支持系统状况完好。在维护工作中加强对系统的检查和测试，及时掌握设备设施的运行情况，发现异常及时报告并尽快修复。
- (3) **技术管理：**加强技术管理，做好各项维护资料的技术档案管理工作，建立完备的系统维护资料库，实现维护工作的闭环管理。
- (4) **科技进步：**依靠科技进步，积极应用新设备、新技术，运用信息化手段逐步实现系统维护工作的数字化、智能化。
- (5) **安全生产：**严格贯彻安全生产的方针，制定安全技术措施，加强安全教育和技术培训，提高安全意识，确保安全操作和文明施工，保障维护安全和系统安全。

11.2.3 系统维护总体方案

桥梁健康监测系统的维护工作主要包括两个方面：系统检查与维护和维护管理。

系统检查与维护：

通过状态巡查、定期检查、特殊检查以及故障处理和修复等工作，保持结构健康监测系统的工作性能。

维护管理：

包括维护管理制度的制定和修订、维护计划的制定、维护检查管理、安全管理和技术档案管理等。

11.3 硬件定期检查

11.3.1 检查分类与主要内容

桥梁健康监测系统的维护服务包括三类硬件定期检查：状态巡查、定期检查和特殊巡查。

状态巡查：

每月通过系统平台查看一次传感器、采集装置、网络通讯装置等硬件设备的运行状态（如电压、

温度和在线状态）。

定期检查：

- (1) 每 6 个月进行一次检查，以发现潜在故障设备，重新设置网络参数，紧固松动的线缆接头，处理电缆接头锈蚀等问题，确保设备处于良好工作环境，延长使用寿命。
- (2) 提供故障设备的拆除和更换服务，在备件充足的情况下，在巡查期间更换故障传感器设备、监控中心系统设备和网络设备。

特殊检查：

- (3) 事前检查：在台风等极端天气等可预测特殊事件发生前，获取相关气象预报信息后，对整个结构健康监测硬件系统进行系统排查，确保系统在特殊事件期间正常运行，数据采集完整有效。
- (4) 事后检查：在火灾、船撞、地震等特殊事件发生后，对相关的结构健康监测硬件系统进行系统排查，检查每个硬件设备的运行稳定性和数据可靠性，确保数据的连续性和准确性。

11.3.2 状态巡查

1. 检查目的

系统硬件状态巡查的目的是每天掌握系统硬件设备的运行状态，及时发现并修复问题，确保系统能够连续、稳定地输出监测数据，为数据分析、预报报警、状态评估等提供可靠的数据支撑。

2. 检查方法

硬件系统的状态巡查主要采用自动巡检，辅以人工检查。自动巡查需要开发系统自诊断模块，从以下两个方面判断系统的运行状态：

- (1) 根据系统硬件的逻辑关系和网络拓扑图，通过软件向各终端发送指令，逐级判断设备的在线或离线状态。
- (2) 根据每类传感器的采样频率计算数据量，设定数据量阈值，通过每天自动检查数据量并对比阈值，判断各传感器的运行状态。

在此基础上，建立系统自诊断指标体系，结合上述两种方式的自动巡查结果，得出系统的运行状态，并自动给出系统维护建议。专业工程师在得到系统自动巡查结果及建议后，对其进行分析研判和修正，最终形成当天的系统状态巡查报告。针对巡查中发现的问题，专业工程师会及时解决；如认定为系统故障，则进入故障处理程序进行针对性处理。

编制：

杨江勇

复核：

孔路遥

审核：

孙心怡

图标编号： SIV-01

11.3.3 定期检查

1. 检查目的

系统硬件的定期检查旨在通过全面的定期检查，发现潜在的故障设备，并对其进行维修保养，确保设备处于良好的工作状态，延长使用寿命。对于故障设备，及时拆除和更换，以确保系统的正常运行。

2. 检查方法

- 系统硬件的定期检查是一种预防性措施，每季度进行一次。主要检查内容包括：
- (1) 对传感器、采集设备、网络通讯设备、供电设备、监控中心设备等进行表观检查，查看设备的物理状态。
 - (2) 对设备进行除尘保养，紧固松动的线缆接头，处理电缆接头锈蚀等问题，排除系统潜在的故障风险。
 - (3) 对传感器进行一定比例的检定和校准，确保监测数据的可靠性和准确性。

11.3.4 特殊检查

1. 检查目的

系统硬件的特殊检查旨在确保突发事件前后系统的正常运行，以便有效获取突发事件全过程的监测数据，为事前预测、事中跟踪监测报警和事后评估提供支持。

2. 检查方法

(1) 事前检查

- 在获取台风等极端天气等可预测特殊事件信息后，结合系统自诊断情况，制定相应的系统排查方案，确保系统在特殊事件期间正常运行，数据采集完整有效。现场排查重点如下：
- (1) 检查连接线缆的接头、仪器与续接线、采集仪与续接线、网线、光纤跳线等接口是否松动；
 - (2) 检查设备供电是否满足要求，外场机柜、采集设备、传输设备的接地和防雷是否符合要求；
 - (3) 检查设备固定螺栓或其他固定方式是否牢固，设备安装支架是否稳固，尤其在台风天气下需重点排查暴露在外的设备。

(2) 事后检查

- 在不可预见的特殊事件（如火灾、船撞、地震等）发生后，结合系统自诊断情况，制定相应的系统排查方案，检查硬件设备的运行稳定性和数据可靠性，确保数据的连续性和准确性。现场排查重点如下：
- (1) 根据系统自诊断情况，评估事件对系统的影响，提高排查的准确性和效率；
 - (2) 对于火灾事件：检查火灾影响范围内各类设备的工作状态及传输线缆的完整性，必要时进行比对试验或更换设备，以确保数据的准确性；
 - (3) 对于船撞事件：检查船撞影响范围内各类设备的工作状态及传输线缆的完整性，必要时进行比对试验或更换设备，以确保数据的准确性；
 - (4) 对于地震事件：根据地震强度及其对系统的影响，判断是否需要全面或针对性排查系统，必要时进行比对试验或更换设备，以确保数据的准确性。

十二. 三级联通测试方案

12.1测试目的

验证桥梁健康监测系统设备层、网络层、应用层三级架构的通信链路可靠性、数据传输完整性及功能模块协同性，确保系统满足《公路桥梁结构监测技术规范》（JT/T 1037-2022）要求。

12.2测试范围

层级	测试对象	关键组件
设备层	传感器及采集终端	视觉位移传感器、裂缝传感器、通用信号采集仪
网络层	通信网络与传输设备	4G/5G 模块、光纤交换机
应用层	数据处理与监测平台	数据库服务器、预警分析模块

12.3测试内容及方法

(1) 设备层测试（Level 1）

测试项	测试方法	验收标准	工具
传感器供电	模拟断电后重启，记录恢复时间	电压波动范围±5%，恢复≤30s	万用表、示波器

编制：

杨江勇

复核：

王路遥

审核：

孙心怡

图标编号： SIV-01

测试项	测试方法	验收标准	工具
数据采集率	设定 10Hz 采样频率连续运行 24 小时	数据丢失率<0.1%	数据采集软件
接口兼容性	混用 RS485/光纤接口设备交叉通信	误码率<1×10 ⁻⁶	协议分析仪
环境适应性	高温（+60℃）低温（-20℃）循环测试	性能偏差≤±2%	恒温恒湿试验箱

（2）网络层测试（Level 2）

测试项	测试方法	验收标准	工具
传输延迟	发送 1000 组测试数据包统计时延	平均延迟≤200ms（无线）	Wireshark、Ping 命令
带宽压力	并发传输 10 路视频流（1080P）	带宽占用率≤85%	iPerf3 网络压力测试工具
抗干扰能力	在 30dBm 电磁干扰下持续传输数据	误码率<1×10 ⁻⁶	包丢失率<3%
冗余切换	切断主链路验证备用链路自动启用时间	切换时间≤5s	网络拓扑模拟器

（3）应用层测试（Level 3）

测试项	测试方法	验收标准	工具
数据入库	注入 10 万条模拟数据验证存储完整	数据匹配率 100%	SQL Profiler
预警响应	模拟超限位移（≥50mm）触发条件	预警延迟≤10s，短信/邮件同步	模拟数据发生器
可视化展示	多终端（PC/移动端）加载 BIM 模型	模型加载时间≤8s，帧率≥30fps	浏览器开发者工具
权限管理	分级用户账号登录操作验证	越权操作拦截率 100%	渗透测试工具

12.4验收标准

（1）设备层

传感器在线率≥99.5%，采集终端 MTBF（平均无故障时间）≥5000 小时。

（2）网络层

全年网络可用性≥99.9%，月均丢包率<0.5%。

（3）应用层**

数据存储完整率 100%，预警准确率≥95%。

十三. 验收说明

13.1资料验收

施工单位具备以下完整资料文件后可向建设单位提出验收申请：

（1）监测系统施工图。

（2）监测系统竣工图。

（3）施工期间设计变更过程传递文件(如有)。

（4）)监测系统试运行成果报告。

（5）硬件产品出厂合格证明。

（6）监测类产品标定报告。

（7）其他资料。

13.2现场验收

结构监测硬件设备现场验收内容、验收方式及评判标准如表 12.2-1 所示。

表 13.2-1 结构监测硬件设备现场验收依据

序号	验收内容	验收方式	判断标准
1	设备类别	现场核对	厂、证、物三者一一对应
2	设备数量	现场核对	数量不小于设计文件要求
3	测点位置	量距	小于设计文件给出的误差值
4	测点存活率	数据读取	100%
5	施工造成的	目测	1. 混凝土破损数量不大于测点数目的 10%，单处最大

序号	验收内容	验收方式	判断标准
	桥梁构件损伤		面积不大于 200cm’，不得破坏原有钢筋。 2. 钢结构不得出现板材切割及板材钻孔等。 3. 钢结构表面板材不得出现未涂装的裸露区域。
6	施工现场安全风险	目测	1. 现场设施附着可靠，无坠落风险。 2. 现场设施未侵入交通通行区域。 3. 设备连接线缆应进行防护。 4. 现场施工电缆采取了空气开关等主动防护措施。 5. 现场施工电缆等间距布设警示标志。

13.3数据传输验收

（1）通信系统现场验收内容、验收方式及评判标准如表 12.3-1 所示。

表 12.3-1 通信系统现场验收依据

序号	验收内容	验收方式	判断标准
1	数据丢失率	数据对比	误差≤1%
2	信息缓存	数据容量估算	数据缓存时间不小于 3 个月
3	传输延时	数据对比	≤60 秒
4	断点续传	传输中断模拟测试	传输中断后系统重启自动续传
5	自动重启	异常模拟测试	系统因异常原因停止工作，在恢复工作条件后系统自动重启

（2）监测项目应在场端系统完成 AD 转换，传输至监测中心数据库的监测数据应具有明确物理含义，直接可读、可用。

13.4软件验收

性能要求：

1. 数据采集与传输：

数据采集方案应保证信号信噪比高、不失真，动态信号满足采样定理。

数据采集与传输设备应选用兼容性、耐久性和环境适应性好的产品，并应易于维护、便于更换，且采取防水、防尘、防雷、防损坏等保护措施。

数据采集和传输软件应自动采集与传输数据，并可进行人工干预采集与采集参数调整。

2. 数据处理与管理模块：

数据处理与管理模块设计应包括架构设计、功能设计、性能设计、安全设计，软件开发应考虑先进性、实用性、安全性、稳定性、容错性、可操作性和可扩展性。

3. 系统软件设计：

系统软件应基于桥梁集群管理理念设计，应开放兼容、人机交互友好、操作便捷流畅。

系统软件设计应遵循高内聚、低耦合的理念，应便于维护、扩容和升级。

4. 硬件性能：

系统硬件的最低工作温度应满足严寒地区气候条件正常工作。

系统硬件、软件应满足对预警和健康度评估要求。

验收流程：

1. 试运行：

系统交付前应进行不低于 3 个月的试运行，试运行期内应开展系统使用培训、功能完善、设备基准值校正、超限阈值设置等工作。

试运行期结束后，应开展系统验收工作。

2. 验收内容：

监测系统验收应包含系统硬件验收、系统软件验收和资料验收。

系统硬件验收应包括传感器的安装和工作状态、数据采集设备的安装和工作状态、系统综合布线与监控中心计算和存储设备的安装和工作状态。

系统软件验收应包括数据采集与传输软件、数据处理与管理软件、平台用户界面软件的功能完整性和一致性检查。

3. 资料验收：

资料验收应查验设备材料的合格证、质保卡、出厂检测报告等；设备材料进场使用报验单、安全技术交底记录、安装调试报验单和质量检验评定单等；系统施工组织设计、施工技术方案、施工总结报告、竣工图、试运行报告和软硬件手册等。

4. 性能验收文件：

性能验收文件应包括结构健康监测系统性能验收报告、监测系统设备主要参数与运行状况报

告、数据存储与分析软件的运行记录、性能测试与调试过程记录、监测系统各类设备、软件系统的日常养护记录。

十四. 施工保证措施

14.1 工程质量保证措施

- (1) 质量控制及质量保证体系
- 为保证本工程顺利实现质量目标，根据关工程管理和质量管理体系文件要求，按“横向到边、纵向到底、管理全面、控制有效”的原则，从组织机构、思想教育、技术管理、施工管理以及规章制度等方面建立健全符合本项目实际的工程质量控制及质量保证体系。
- 1) 质检体系。项目经理部设立质检部，实行工艺技术自检和工序质量自检的管理制度。每道工序都必须在作业班组自检、质检员复检的基础上，方可进行下道工序的施工。质量检查组织机构采用定期和不定期相结合的工作方式开展工程质量检查：作业班组实行上、下工序交接检查制度。对特殊过程、关键工序实行跟踪检查，做到预防为主，把质量事故隐患消灭在萌芽之中。
- 2) 试验体系。要严把监测设备和辅材进场关，所有监测设备必须携带厂家出具的产品质量合格证书，建立设备采购检验验收制度。
- (2) 质量控制及质量保证措施
- 为实现本工程的质量目标，将落实并实施以下措施，保证工程质量目标的实现。工程质量的控制分阶段开展，分为事前、事中、事后阶段。
- 1) 施工准备阶段
- ①组织措施。建立完善合理的管理组织机构，保证管理机构人员到位，各司其职，落实施工质量管理责任制度：
- ②物资采购质量控制。严格执行进货检验制度。硬件组负责对所采购的设备材料进行验证或复检，填写进货检验记录表，保证用于施工的产品质量符合标准及可满足图纸、规范和合同的要求：工程所用材料、设备均要求具备产品合格证，检验报告等质量证明文件：
- ③技术措施。包括熟悉和审查项目图纸，施工机具保养维修、计量器具提前送检校验：
- ④合理布置施工现场平面结构，完善生产、生活临时设施，为工程工顺序开展打好基础。
- 2) 施工中质量控制
- ①技术交底

在分项、分部工程施工前，项目部技术负责人向承担施工的负责人或分包人进行书面技术交底，明确操作方法、质量要求和质量标准。技术交底应办理签字手续并归档。

- ②材料的质量控制
- 未经检验和已检验为不合格的材料、半成品、构配件和工程设备，不得投入使用：对发包人提供的材料、半成品、构配件、工程设备等必须进行检验和验收并形成记录。
- ③工序质量控制
- 施工作业人员应按规定经考核后持证上岗；施工作业人员应按操作堆积，作业指导书和技术交底文件进行施工；隐蔽工程在项目隐蔽前，项目部应进行严格检查；工序间交接检查：就是前道工序完工后，经检查，验收后方可进行下道工序施工。
- ④特殊过程控制
- 对在项目质量计划中界定的特殊过程，应设置质量控制点：对特殊过程的控制，除应执行一般过程控制的规定外，还应由专业技术人员编制专门的作业指导书，经项目技术负责人审批后执行。
- 3) 施工后质量控制
- 施工后的质量控制是指在完成后，对系统的质量控制，其具体工作内容有：组织联运试运营；准备竣工验收资料，组织自检和初步验收；按规定的质量评定标准和办法，对完成的分项、分部工程单位工程进行质量评定；组织竣工验收。
- 14.2 工程施工安全保证措施
- 14.2.1 安全保证体系
- (1) 安全目标
- 杜绝因工亡人事故，避免重伤。
- (2) 安全保证体系
- 本着“抓生产必须抓安全，以安全促生产”的指导思想。按照“五项”（综合治理、管生产必须管安全、一票否决权、从严治理、标准化管理）原则，建立安全保证体系。
- (3) 安全管理组织机构
- 成立以项目负责人为组长、技术负责人为副组长的安全领导小组，设专职安全员，各工班设兼职安全员，形成一个健全的安全管理组织机构。专职安全员具体负责安全工作，组织实施施工安全管理，保证安全工作贯穿于施工全过程。

14.2.2 安全生产组织措施

- （1）认真贯彻“安全第一，预防为主”的方针。严格执行国家有关安全生产方面的法规、条例、规范、标准和有关的安全管理制度，保证施工人员在施工生产过程中的安全与健康。
- （2）为确保施工作业安全，加强安全教育，提高施工人员的安全意识和防范安全事故的能力；及时开展安全生产大检查，消除事故隐患：建立高效精干的安全组织机构，制定切实可行的安全技术措施，在施工中严格执行：及时解决施工中的安全问题，以确保实现安全目标，创建安全生产标准化工地。
- （3）严格执行安全操作规程，按照作业要求发放劳动保护用品，进入施工现场必须戴好安全帽，严禁违章指挥和冒险违章作业。
- （4）施工生产现场、通道口、危险区域要设置明显的标志牌，并在道口设置安全岗哨，加强施工现场的安全防护设施，保持良好、安全、文明的施工条件
- （5）严格实行逐级安全技术交底制度，开工前技术负责人要将工程概况，施工方法，安全技术措施等情况向施工负责人、工班长详细交底。书面交底要有交接人签字，并存档备查。
- （6）施工过程中所使用的安全用品、工具和设施以及暂设电气工程、机械设备等要验收后才能使用，建立严格的验收制度，对暂设电气工程要符合国家临电规范，必须装设漏电保护装置。
- （7）对特种作业人员要加强培训考核，对从事特种作业的人员要实行持证上岗制，严禁无证人员从事特种作业。
- （8）要做好工人的劳动保护工作，配备必要的劳保物品。
- （9）加强安全生产检查，并和生产安排结合起来，加强日常的安全检查活动。发现安全隐患要下达隐患通知书，限期改正。如有危及人身安全的紧急险情和重大隐患应立即停止其作业。

14.2.3 安全生产技术措施

- （1）施工整体进场前，对施工人员进行安全技术交底：
- （2）施工人员每次进入施工现场前，进行安全生产教育，做到处处不忘安全生产，时刻注意安全生产；
- （3）为施工人员配备与工种匹配的劳动保护用品，进入施工现场必须戴安全帽，高空作业必须栓安全绳；
- （4）桥面行走时必须穿着反光背心，不得横穿马路；

- （5）特殊工种施工人员和施工平台操作人员必须持证上岗；
- （6）安全员做好日常检查和督促工作，严禁违章指挥和违规作业。

14.2.4 安全生产管理措施

- （1）落实安全责任、实施责任管理
 - 坚持安全责任制，切实做到谁施工谁负责：建立以项目负责人为首的安全生产领导组织和各级人员安全生产责任制，明确各级人员的安全责任，安全责任落实到具体施工人员，头上：定期检查安全责任落实情况，及时补救可能出现的失误。
 - 项目负责人为本项目安全生产第一责任人，对本项目安全生产负全面责任：项目组各成员必须在自己的业务工作范围内，对实现安全生产负责：各施工人员必须遵守以岗位责任制为主的安全生产制度，严格遵守安全生产法规、制度，不违章作业，并有权拒绝违章指挥。
- （2）进行安全教育与训练
 - 进行安全知识教育，使操作者了解、掌握生产操作过程中潜在的危险因素及防范措施；安全技术训练，使操作者掌握安全生产技能，减少操作中的失误现象。
- （3）安全检查
 - 做好定期安全检查和日常安全巡查工作，凡存在不安全隐患部位要立即进行整改，并经专职安全员复查后方可操作。
- （4）正确对待事故的调查与处理
 - 一旦发生事故，必须用严肃、科学、认真、积极的态度，处理好已发生事故，尽量减少损失。同时，采取有效措施，避免同类事故的重复发生。

14.2.5 安全文明施工保证措施

- （1）遵守施工存、弃渣规定，对施工生产产生的建筑垃圾按有关规定处理，运渣运料车辆采取有效措施，做到不污染道路和环境。
- （2）合理布置临时设施，堆放大宗材料，成品半成品和机具设备，不得侵占桥上道路及安全防护等设施，保证桥上施工流线的畅通、合理及科学。
- （3）所有施工人员着装整齐。
- （4）施工人员必须遵守业主制定的有关施工现场管理制度。
- （5）注意施工现场环境卫生，严禁在施工现场吸烟和违规用火，勿随地吐痰和大小便。

- （6）施工期间严禁破坏道路、桥梁及隧道附属设施和绿化带。
- （7）施工中的废弃物要及时打扫，做到活完场清。
- （8）施工期间严禁赌博和喝酒等。
- （9）施工期间，施工人员严禁随意扔弃、抛洒建筑垃圾。需在施工平台外侧悬挂防护网，有效防止桥上建筑垃圾高处坠落。

14.2.6 危险源识别与防范

- （1）危险源识别
公路施工行业属于流动人员从事流动性作业、工序复杂、危险因素较多的行业，为防止安全事故的发生，针对公路施工行业特性，结合所承担的工程施工项目的结构、类型、规模、高度、施工环境、施工季节等特点，从人、机、料、法、环等因素综合分析，本工程涉及可能造成人员伤害、财产损失的危险源主要包括 5 个：a. 高处坠落：b. 物体打击：c. 机械伤害：d. 触电：e 落水。
- （2）危险源的预防措施
1）预防高处坠落事故的防护措施
 - ①为防止高处坠落事故的发生，在工程施工前对从事高处作业的人员进行安全基本知识培训，对安全注意事项进行安全技术交底。
 - ②施工作业人员进场前后，按不同层次（公司、项目部、班组）进行三级教育工作。
 - ③凡患有高血压、心脏病及不宜从事高处作业的人员，严禁参加高处作业工作。
 - ④为防止高处坠事故的发生，高处作业平台做好扶手并在周边挂设安全网：临时作业和支撑用的脚手架要确保安装合理、牢固；
 - ⑤对所有临边进行防护，加防护栏杆，并在内侧假设防护网进行隔挡。
 - ⑥为保证防护措施能真正起到应有的防护作用，除在具体实施过程中由项目负责人、安全专职人员及相关作用班组长，对防护设施进行必要的监督制作过程和验收外，还应按规定要求每周进行不少于一次的检查工作，以确保防护设施的完好性，防止坠落事故的发生；
 - ⑦在桥梁外侧进行施工时，作业班组要对安全防护设施（脚手架拉结点、安全平网和密目式安全、脚手板等）进行使用前检查，确认无误后，方能进行操作。
 - ⑧高处作业施工人员必须佩戴安全带或安全绳，其安全带或安全绳的使用必须遵照高，挂低用的原则。凡未使用防护用品用具的不准作业，以防止高处坠落事故的发生。

- 2）预防物体打击事故的防护措施
 - ①加强对施工作业人员的安全知识教育，提高安全意识和技能。
 - ②凡现场人员必须正确佩戴符合标准要求的安全帽。
 - ③经常进行安全检查，对于凡有可能造成落物或对人员形成打击威胁的部位，必须进行日巡查，保证其安全可靠。
 - ④施工现场严禁抛掷作业。
 - ⑤作业前项目负责人必须根据现场情况进行安全技术交底，使作业人员明确安全生产，状态及要点，避免事故发生。
 - ⑤作业前安全管理人员及操作手必须对设备进行检查和空载运行，在确定无故障情况，时方能进行作业。
- 3）预防机械伤害事故的防护措施
 - ①各种机械设备进场后，必须由设备负责人会同安全员和使用机械的人员共同对该机械设备进行进场验收工作，经验收发现安全防护装置不齐全的或有其它故障的应退回。
 - ②设备安装调试合格后，应进行检查，并按标准要求对该设备进行验收，验收合格后方可正常使用。
 - ③使用前要对设备使用人员进行必要的安全技术交底和教育work，使用人员必须严格执行交底内容及操作规程。
 - ④经常对设备进行保养检查，带电设备使用后必须切断电源。
 - ⑤特种设备操作人员必须持证上岗，并按规定每周对施工现场的所有机械设备进行检查，发现问题及隐患及时解决处理，确保机械设备的完好，防止机械伤害事故的发生。
- 4）预防触电事故的防护措施
 - ①安装作业前，必须按规范、标准、规定对安装作业人员进行安全技术及操作规程的交底work。
 - ②禁止在高压线路安全距离之内进行作业：对高压线路应尽量增设围栏或保护网等隔
 - ③施工现场专用中性点直接接地的供电线路必须实行 TN-SR 接零保护系统，同时必须做到三级控制两级保护，电箱为标准电闸箱，并采取防雨、防潮措施。
 - ④电气设备应根据地区或系统要求，做保护接零，或做保护接地，不得一部分设备做保护接零，另一部分设备做保护接地。

⑤必须由持有合格证件的专职电工，负责现场临时用电的管理及安拆。对新调入工地的电气设备，在安装使用前，必须进行检验测试。经检测合格方能投入使用。专职电工对现场电气设备每日进行巡查，安全员每周对施工用电系统、漏电保护器进行一次全面系统的检查。

⑥配电箱设在干燥通风的场所，周围不得堆放任何妨碍操作、维修的物品。配电箱与被控制的固定设备距离不得超过 3 米。安装和使用按“一机、一闸、一箱、一漏”的原则，不能同时控制两台或两台以上的设备，否则容易发生误操作事故。

⑦配电箱应标明其名称、用途，并做出分路标志，门应配锁，现场停止作业 1 小时间上时，应将开关箱断电上锁。

⑧照明专用回路设志用漏电保护器，灯具金属外壳做接零保护，对潮湿和易触及带电体的照明电源必须使用安全电压，电气设备架设或埋设必须符合要求，并保证绝缘良好。任何场合均不能拖地。

9 线路过道应按规定进行架或地埋，破皮老化线路不准使用。使用移动电气工具和混凝土振捣作业时，必须按规定穿戴绝缘防护用品。

①凡从事与用电有关的施工作业时，必须实行电工跟班作业。

5) 预防落水事故的防护措施

①落实水上施工安全保障措施。

②落实现场施工人员的安全教育。

③配备相应安全设施、防护用品和救生设备。

④水上施工每道工序有项目总工或技术人员进行安全技术交底。

⑤特种作业人员持证上岗。

⑥专人负责收听气象预报，及时根据气象台所提供数据，制定作业计划，提前做好随时避风的准备。

14.2.7 应急预案措施

（1）高处坠落事故应急预案措施

- 1) 发生坠落事故，应积极采取措施救护伤员。
- 2) 立即向项目负责人和安全员报告事故情况，伤势严重的应及时拨打 120 求救。
- 3) 如属两人以上事故应视其伤害程度首先对重伤员采取抢救，以免错过挽救时机。

4) 根据伤员所伤部位采取正确救护手段，骨折伤员尽量避免挪动和拉起。颅骨造成伤害人员特别注意脑震荡，脊椎受伤人员要静卧，防止造成脊椎损伤导致痛疾。

5) 严格注意因内伤出血后造成死亡事故。

6) 按安全事故等级划分规定及时逐级上报事故情况。

7) 要对有可能继续造成人员伤害或财产损失的危险源进行清除，以免再次发生事故或造成更大的财产损失。

8) 对事故现场要注意保护，并以便调查组调查。

9) 配合上级主管部门和调查组开展调查处理，做好伤员及家属善后工作。

（2）物体打击事故应急救援措施

1) 发生物体打击事故，应及时停止或阻断事故源的工作和作业，利用现场的一切条件实施相应的救护措施。

2) 立即向项目负责人和安全员报告事故情况，伤势严重的应及时拨打 120 求救。

3) 出血性外伤及时采取应急止血措施，避免伤员因失血过多造成生命危险。

4) 骨折性伤员，在挪动伤员时冷静小心，采取正确方法救护避免伤势扩大。

5) 脊椎骨折伤员要使受伤者静卧，严禁采用抱、拉、抬腿等方法处理，以防脊椎受伤，导致伤员瘫痪。

6) 按安全事故等级划分规定及时逐级上报事故情况。

7) 要对有可能继续造成人员伤害或财产损失的危险源进行清除，以免再次发生事故或造成更大的财产损失。

8) 对事故现场要注意保护，以便调查组调查。

9) 配合上级主管部门和调查组开展调查处理，并做好伤员及家属善后工作。

（3）机械伤害事故应急救援措施

1) 发生机械伤害事故，要及时停止机械运转，并根据伤害采取相应的救治措施。

2) 立即向项目负责人和安全员报告事故情况，伤势严重的应及时拨打 120 求救。

3) 出血性外伤应及时采取止血措施，避免伤员因失血过多造成生命危险。

4) 骨折性外伤，在挪动伤员时冷静小心，采取正确方法救护避免伤势扩大。

5) 脊椎骨折伤员要使受伤者静卧，严禁采用抱、拉、抬腿等方法处理，以防脊椎受伤，导致

伤员瘫痪。

- 6) 按安全事故等级划分规定及时逐级上报事故情况。
- 7) 要对有可能继续造成人员伤害或财产损失的危险源进行清除，以免再次发生事故或造成更大的财产损失。
- 8) 对事故现场要注意保护，并以便调查组调查。
- 9) 配合上级主管部门和调查组处理，并做好伤员及家属的善后工作。
- （4）触电事故应急救援措施
- 1) 发生触电事故，要在第一时间迅速切断电源。
- 2) 立即向项目负责人和安全员报告事故情况，伤势严重的应及时拨打 120 求救。
- 3) 按安全事故等级划分规定及时逐级上报事故情况。要对有可能继续造成人员伤害或，财产损失的危险源进行清除，以免再次发生事故或造成更大的财产损失。
- 4) 对事故现场要注意保护，并以便调查组调查。
- 5) 配合上级主管部门和调查组处理，并做好伤员及家属的善后工作。
- （5）落水事故应急救援措施
- 1) 发生落水事故，应立即停止作业。
- 2) 组织人员使用救援船舶、救生圈、绳索或木板等立即开展施救工作。
- 3) 使用救援船舶营救落水人员时，应根据水面风浪情况尽量让落水人员在下风舷侧获救上船，注意避免造成二次伤害。
- 4) 立即向项目负责人和安全员报告事故情况，伤势严重的应及时拨打 120 求救。
- 5) 若未能搜索到落水人员，应考虑水流、风力的影响，扩大搜索范围，及时将情况上报。
- 6) 要对有可能继续造成人员伤害或财产损失的危险源进行清除，以免再次发生事故或造成更大的财产损失。
- 7) 对事故现场要注意保护，并以便调查组调查。
- 8) 配合上级主管部门和调查组处理，并做好伤员及家属的善后工作。

14.3 工程环保保证措施

施工过程中认真落实有关环境保护工作的具体要求，树立全员环保意识，采取有效措施，控制对大气、对水污染、废弃物的污染。最大限度地减少对环境的污染和影响，营造文明、和谐、安全、

环保的施工环境。

14.3.1 弃渣、施工垃圾的处理措施

各种粘结剂材料不得沾染水源，废弃物不得倒入下水道，应符合环保要求。施工期工地及时分类收集建筑垃圾，进行回收利用或送垃圾场处理。

14.3.2 施工期大气污染防治措施施工期噪声污染防治措施

料场设在居民点 150m 以外，进场道路经常洒水，减少粉尘污染。车辆进行土石方和水泥建材、弃土运输时，设置挡板、加盖篱席，并不得装载过满，避免撒落及因风起尘，现场设置洗车台，运输车辆离开施工现场前必须清洗后方可离场。

14.3.3 施工期噪声污染防治措施

严格控制施工期噪声排放量，施工现场严格执行相关规范标准，并遵照环境噪声管制相关办法执行。噪声敏感区段采取时间控制措施，减少施工机械作业对外界的噪声污染。相对固定的施工机械，选择的声屏障和地方安置，尽量远离噪声敏感目标，选用高效低噪声的施工机械，加强机械设备的日常维护，保证施工机械设备在良好的状态下运行。

十五. 交通组织方案

15.1 作业装备的准备

施工前需按相关部门要求，在相关媒体发布道路封闭施工公告，作业前要准备足够的安全作业服、设施、灯具与作业区标志，并做到损坏或故障时能及时补充或更换。作业标志和设施必须符合《GB5768-2009 道路标志与标线标准》。

15.2 施工作业前安全教育

开工前，针对工程作业特点和不同的作业阶段，对参加作业的人员做好工前安全教育及安全交底。

15.3 养护维修作业控制区布置

1、基本要求

因交调点作业控制区两侧应差异化布设安全设施，并应符合下列规定：

- （1）控制区布应兼顾养护维修作业的内容与要求、时间和周期、交通量、经济效益等因素，控制区内交通标志的设置必须合理、前后协调，起到引导车流平稳变化的作用。
- （2）控制区上游因道路线形造成视距不良时，应在控制区上游的适当位置处增设施工标志。

(3) 车道养护作业时，在封闭车道一侧的警告区应布设施工标志和限速标志，在非封闭车道一侧的警告区应布设施工标志，并宜布设警示频闪灯。八车道及以上公路，在非封闭车道一侧的警告区尚应增设限速标志。

(4) 路肩养护作业时，在封闭路肩一侧的警告区应布设施工标志和限速标志，在另一侧仅在警告区起点布设施工标志。

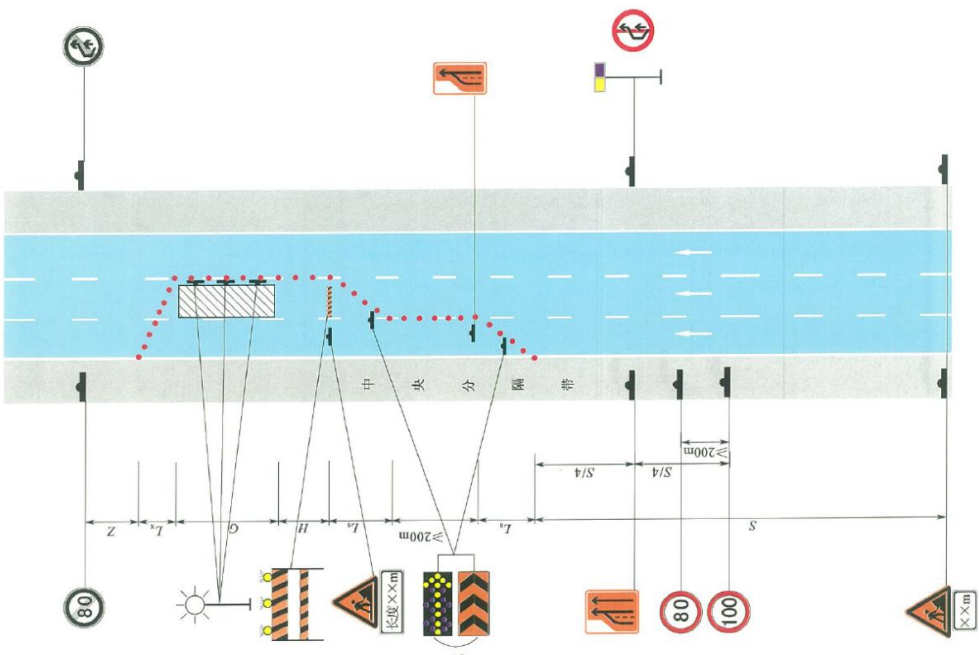
(5) 同一行车方向不同断面同时进行养护作业时，相邻两个工作区净距不宜小于 5km。

(6) 封闭车道养护作业控制区与被借用车道上的养护作业控制区净距不宜小于 10km。

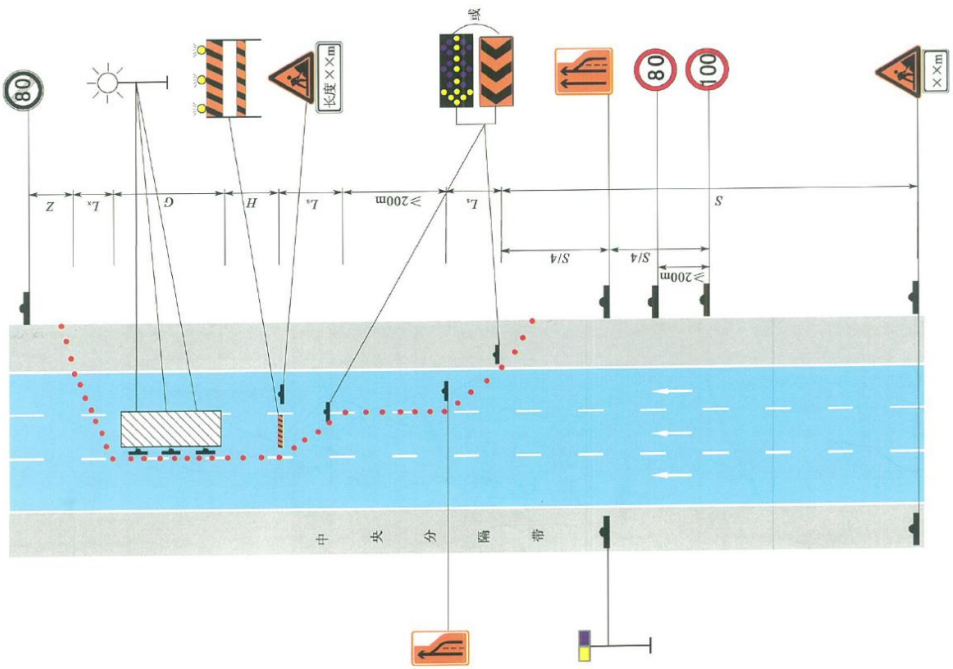
(7) 养护作业控制区应设置工程车辆专门的出、入口，并宜设在顺行车方向的下游过渡区内。当工程车辆需经上游过渡区或工作区进入时，应布设警告标志并配备交通引导人员。

1、一级公路养护维修作业控制区布置

(1) 六车道公路封闭车道或封闭路肩的养护作业，以设计速度 100km/h 为例，作业控制区布置示例见下图：

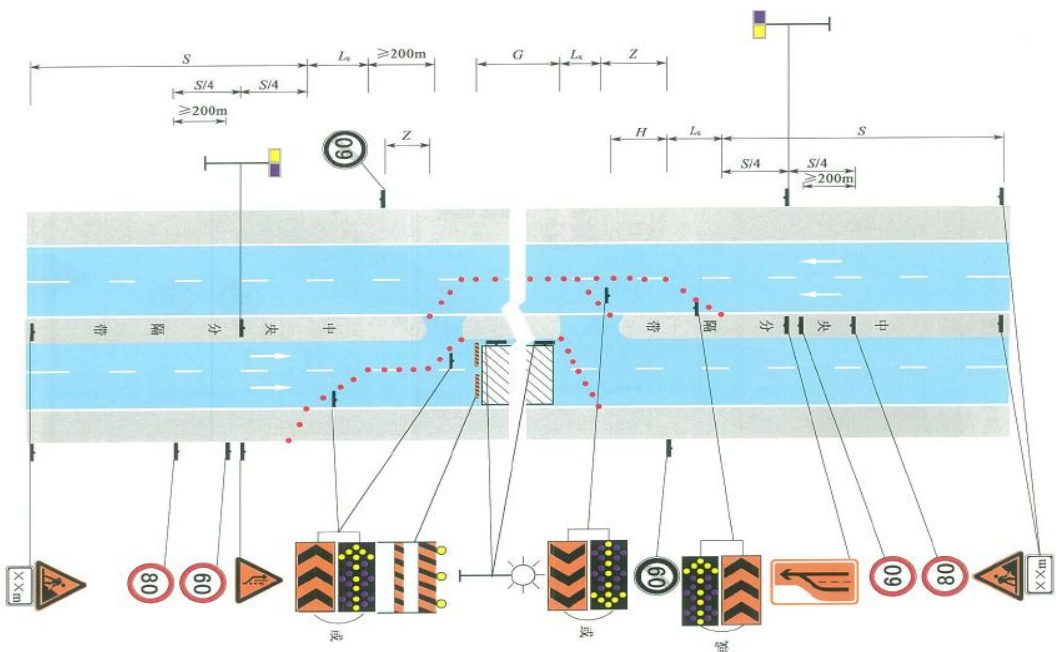


六车道一级公路封闭内侧车道养护作业



四车道一级公路封闭外侧车道养护作业

(2) 借用对向车道通行的养护作业，应结合中央分隔带开口位置，利用靠近养护作业一侧的车道通行，双向车道都应布置作业控制区。借用车道双向通行分隔宜采用带有链接的车道渠化设施，并应在前一出口或平面交叉口布设长大车辆绕行标志。以设计速度 100km/h 为例，作业控制区布置示例见下图。



借用对向车道通行的一级公路养护作业

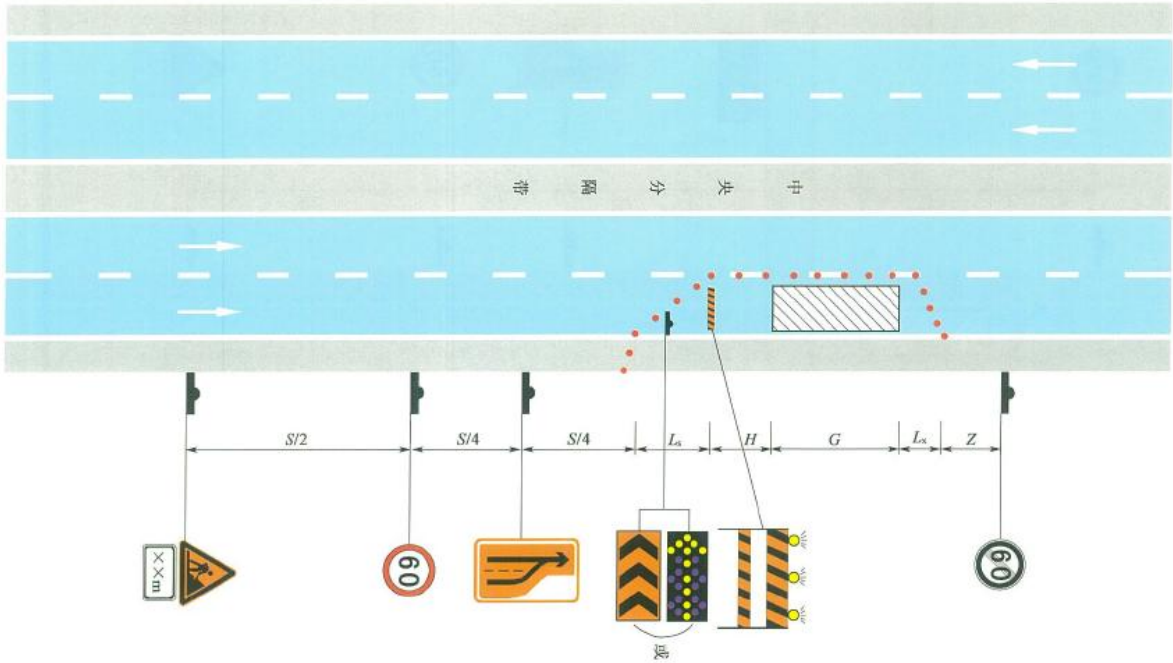
编制： 杨江华

复核： 王路遥

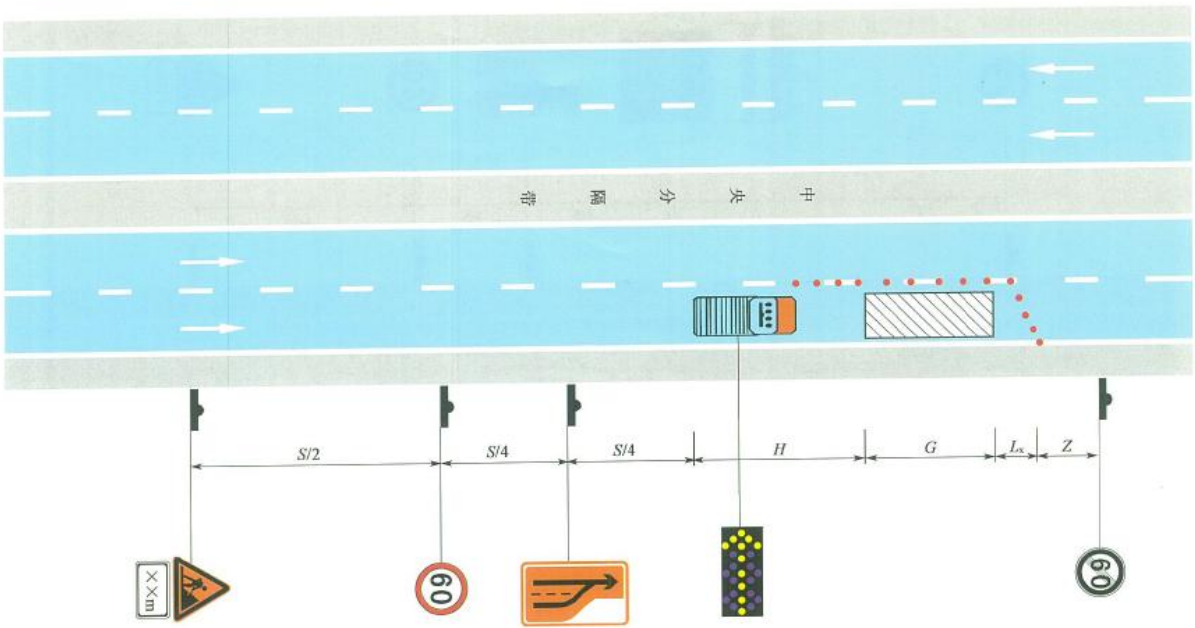
审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

(3) 临时养护作业控制区布置可采用单一限速控制，警告区长度宜取长、短期养护作业警告区长度的一半，但应配备交通引导人员，当布设移动式标车时，可不布设上游过渡区。以设计速度 100km/h 为例，作业控制区布置示例图如下：



一级公路临时养护作业



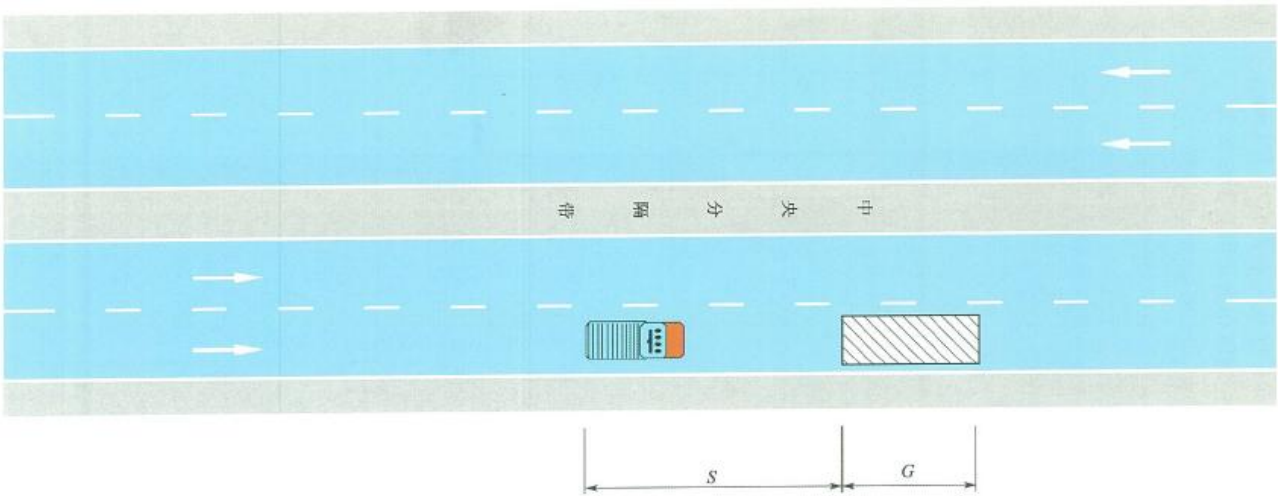
一级公路布设移动式标志车的临时养护作业

(4) 机械移动养护作业宜布设移动式标志车；当作业机械配备闪光箭头或车辆闪光灯时，可

编制： 杨江勇

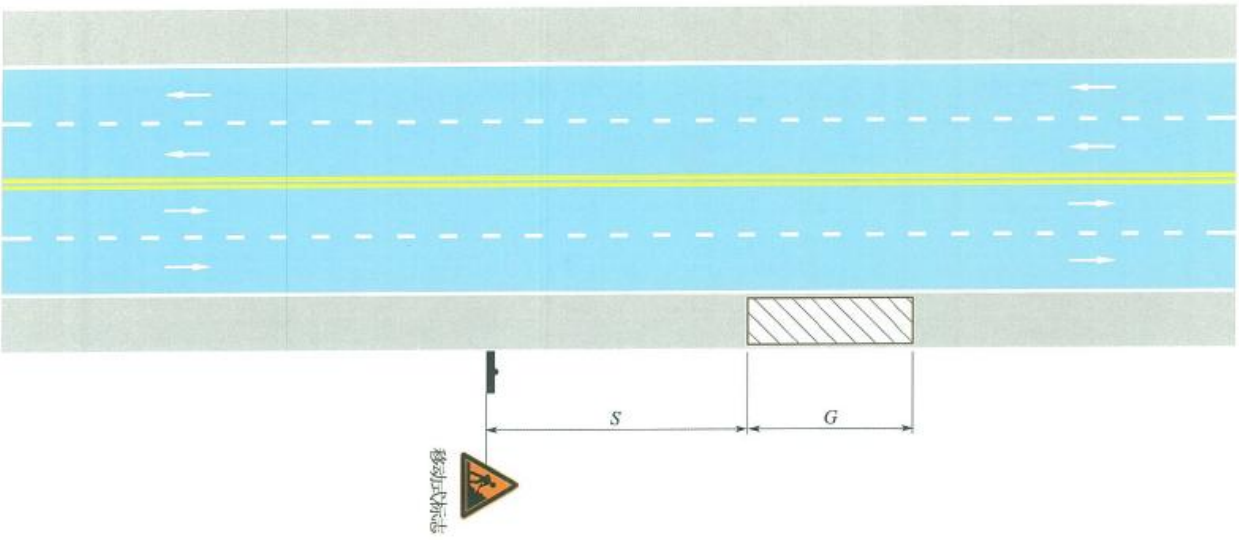
复核： 王路遥

不布设移动式标志车。作业控制布置区示例见下图。



一级公路机械移动养护作业

(5) 当占用路面进行人工移动养护作业时，宜封闭一定范围的养护作业区域，并按临时养护作业的有关规定执行。对于路肩清扫等人工移动养护作业，宜布设移动式标志或交通锥，其距人工移动养护作业起点不宜小于 150m。人工移动养护作业应避免高峰时段。路肩人工养护作业控制区布置示例见下图。



一级公路机械移动养护作业

(6) 中央分隔带或边坡绿化内的植被灌溉养护作业，应在灌溉车辆上配备醒目的闪光箭头或车辆闪光灯，也可在灌溉车辆后布设移动式标志车。作业人员不得在中央分隔带内休息，且中央分

审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

隔带中不宜多人集体作业。

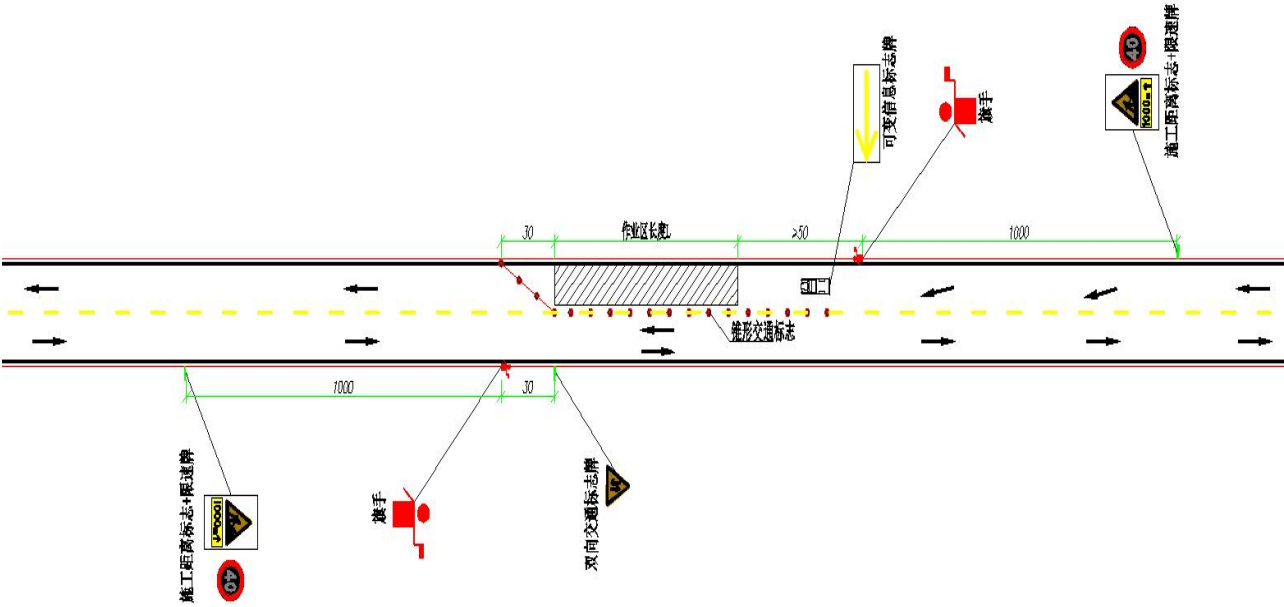
（7）中央分隔带绿化内的植被修剪、垃圾清理等养护作业，应封闭靠近中央分隔带的内侧车道，并按临时养护作业控制区布置。

2、二级公路养护维修作业控制区布置

以设计速度 60km/h 为例，作业控制区布置示例见下图：

（1）临时养护作业的交通组织

- ①距离作业区上游设置缓冲区，长度 50m，缓冲区起点道路内布设移动标志车，携带可变信息标志牌；
- ②缓冲区 50m 土路肩处，设置一位专业旗手，用于指挥警示来回车辆注意变道；
- ③距离旗手 1000m 土路肩处设置施工距离警告标志和限速 40 标志牌；
- ④作业区下游设置过渡区，长度 30m，并于对侧土路肩处设置双向交通标志。
- ⑤距离下游过渡区终点 30m 对侧土路肩处，设置一位专业旗手，用于指挥警示来回车辆注意变道；
- ⑥距离旗手 1000m 土路肩处设置施工距离警告标志和限速 40 标志牌；
- ⑦隔离区均设置锥形交通路标，间距 10m。具体如下图：



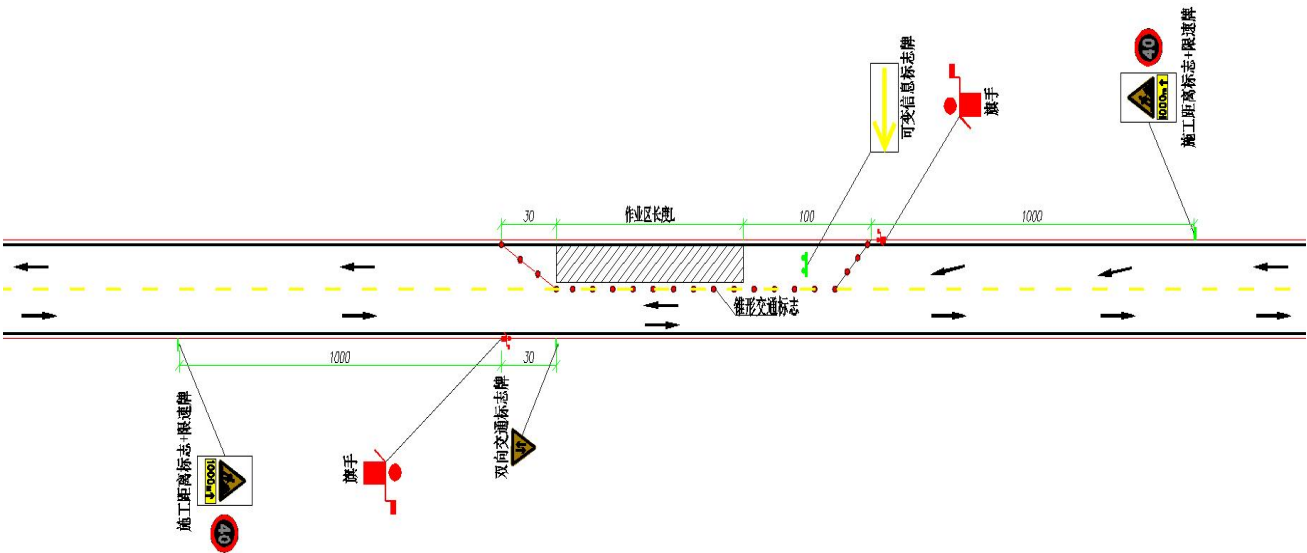
临时养护作业交通组织图

（2）定点养护作业的交通组织

- ①作业区上游设置缓冲区和过渡区，长度分别 50m 和 30m。作业区起点处设置护栏。过渡区终

点土路肩处设置可变信息标志牌；

- ②距离过渡区起点 250m 土路肩处，设置一位专业旗手，用于指挥警示来回车辆注意变道；
- ③距离旗手 250m 土路肩处设置左道封闭和限速 20 标志牌；
- ④距离左道封闭标志牌 500m 土路肩处设置施工距离警告标志；
- ⑤作业区下游设置过渡区和终止区，长度均为 30m，并于对侧土路肩处设置双向交通标志；



定点养护作业交通组织图

（3）车道封闭养护维修作业的交通组织

- ①作业区上游设置缓冲区和过渡区，长度分别 50m 和 30m。作业区起点处设置护栏。过渡区终点土路肩处设置可变信息标志牌；
- ②过渡区起点土路肩处，设置一位专业旗手，用于指挥警示来回车辆注意变道；
- ③距离旗手 250m 土路肩处设置限速 20 标志牌；
- ④距离限速 20 标志牌 250m 土路肩处设置左道封闭和限速 40 标志牌；
- ⑤距离左道封闭标志牌 500m 土路肩处设置施工距离警告标志；
- ⑥夜间施工时，工作区范围内设置夜间照明设施，间距 30m；
- ⑦作业区下游设置过渡区和终止区，长度均为 30m，作业区终点设置解除限速 20 标志牌，并于对侧土路肩处一位专业旗手，用于指挥警示来回车辆注意变道；
- ⑧距离该旗手 250m、500m 土路肩处分别设置限速 20、限速 40 的标志牌；
- ⑨距离限速 40 标志牌 500m 处设置施工距离警告标志；

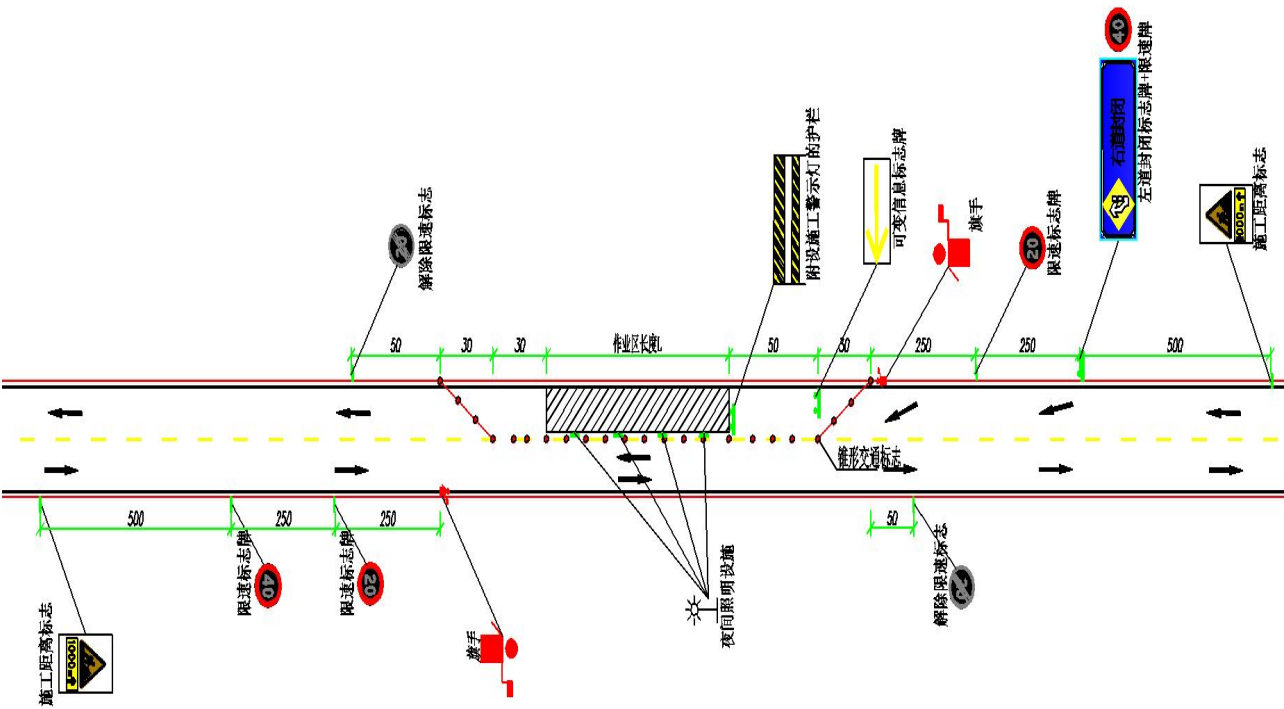
编制： 杨江勇

复核： 陈路遥

审核： 孙少卿

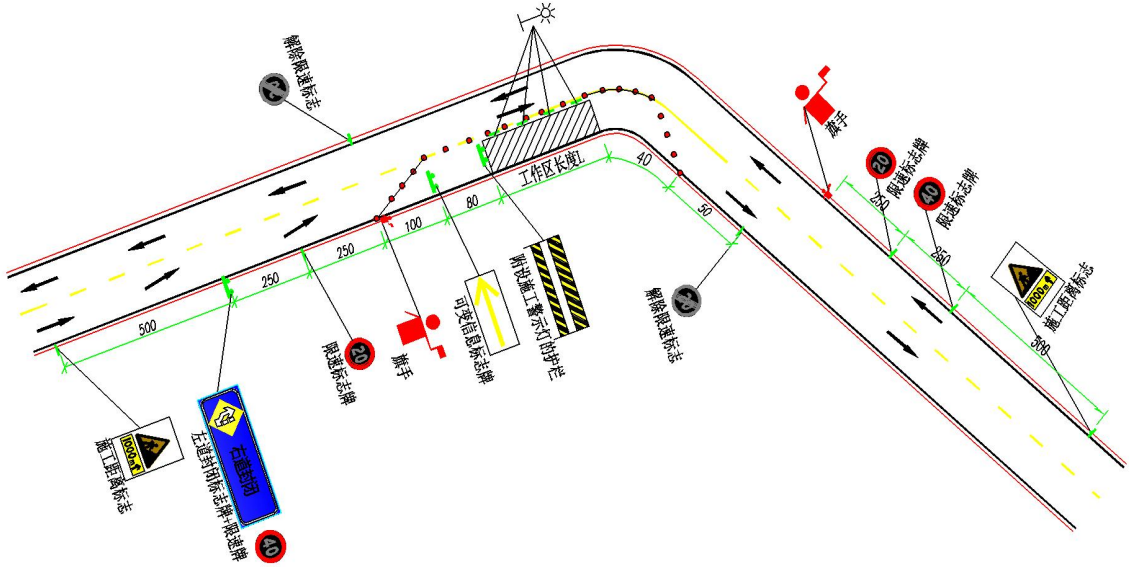
图标编号： SIV-01

⑩隔离区外围均设置锥形交通路标，间距 10m。具体如下图：

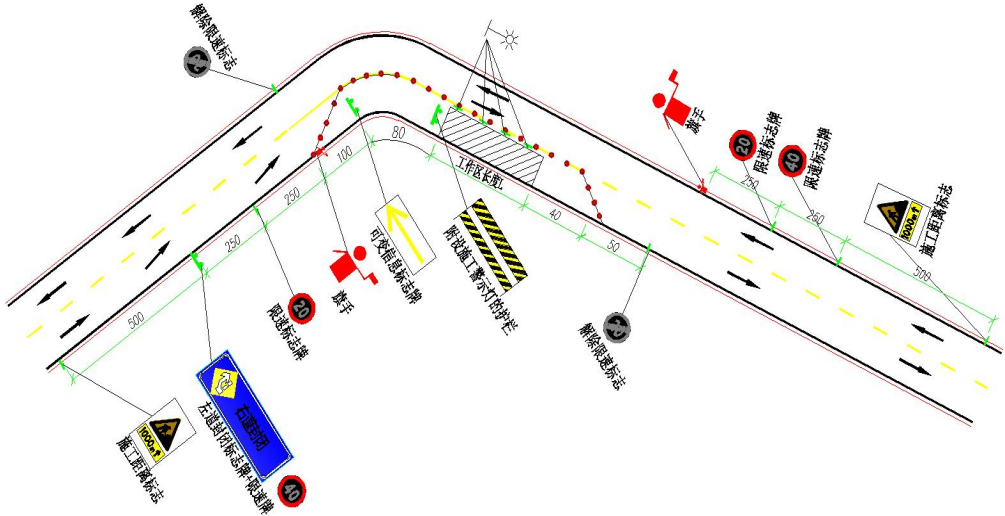


车道封闭养护作业交通组织图

- (4) 弯道路段弯道前、后养护作业的交通组织
- ①作业区上游设置缓冲区和过渡区，长度分别 100m 和 50m。作业区起点处设置护栏。过渡区终点土路肩处设置可变信息标志；
 - ②过渡区起点土路肩处，设置一位专业旗手，用于指挥警示来回车辆注意变道；
 - ③距离旗手 250m 土路肩处设置限速 20 标志牌；
 - ④距离限速 20 标志牌 250m 土路肩处设置右道封闭和限速 40 标志牌；
 - ⑤距离右道封闭标志牌 500m 土路肩处设置施工距离警告标志；
 - ⑥夜间施工时，工作区范围内设置夜间照明设施，间距 30m；
 - ⑦作业区下游设置过渡区和终止区，长度分别 40m 和 50m，作业区终点设置解除限速 20 标志牌，并于对侧土路肩处一位专业旗手，用于指挥警示来回车辆注意变道。
 - ⑧距离该旗手 250m、500m 土路肩处分别设置限速 20、限速 40 的标志牌；
 - ⑨距离限速 40 标志牌 500m 处设置施工距离警告标志；
 - ⑩隔离区外围均设置锥形交通路标，间距 10m。具体如下图：



弯道路段弯道前养护作业交通组织图



弯道路段弯道后养护作业交通组织图

- (5) 与被交路平面较差养护作业的交通组织
- ①作业区上游设置缓冲区和过渡区，长度分别 50m 和 50m。作业区起点处设置护栏。过渡区终点土路肩处设置可变信息标志；
 - ②过渡区起点土路肩处，设置临时交通控制信号设施，用于指挥警示来回车辆注意变道；
 - ③距离信号设施 250m 土路肩处设置限速 40 标志牌；
 - ④距离限速 20 标志牌 250m 土路肩处设置限速 60 标志牌；
 - ⑤距离限速 60 标志牌 500m 土路肩处设置施工距离警告标志；

编制： 杨江

复核： 王路遥

审核： 孙少卿

图标编号： SIV-01

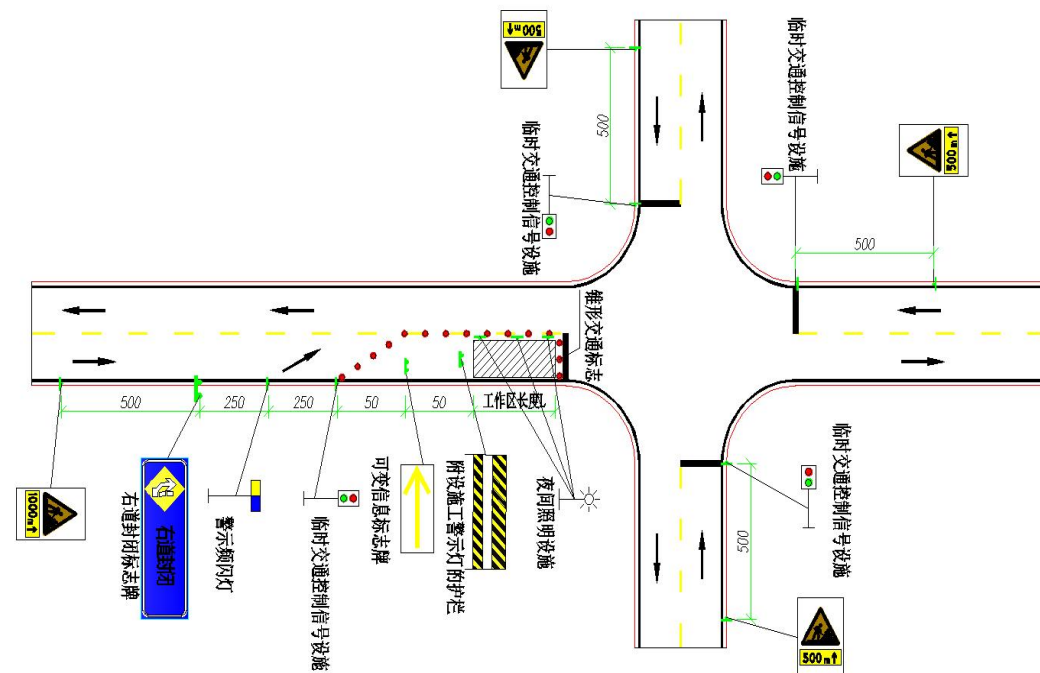
⑥夜间施工时，工作区范围内设置夜间照明设施，间距 30m；

⑦作业区下游设置过渡区和终止区，长度均为 30m，作业区终点设置解除限速 40 标志牌，并于对侧土路肩处设置临时交通控制信号设施，用于指挥警示来回车辆注意变道。

⑧距离该信号设施 250m、500m 土路肩处分别设置限速 40、施工距离警告标志;

⑨在被交路口设置一位专业旗手，用于警示来回车辆注意变道；

⑩隔离区外围均设置锥形交通路标, 间距 10m。具体如下图:



与被交路平面交叉养护作业交通组织图

15.4 现场作业管理

1、现场作业管理

(1) 现场人员着装管理。

进入现场的作业人员必须按要求穿着安全作业服，没有按要求做的，应责其改正。当场不能改正的令其退出作业现场。遇有夜间作业，看护人员要配戴反光作业标记或穿着反光作业服。遇有上级检查工作或外来人员参观作业现场，应由接待部门事先准备好足够的作业服和安全帽，配戴整齐并说明有关安全注意事项后方可进入现场。

(2) 作业区人员值守与设施看护。

施工作业区要随时注意保持现场封闭设施的完好性,发现问题及时纠正。现场要安排设施看护

员，安全设施要满足夜间安全设施布置的要求。没有作业时，要留不少于 2 人的值守人员，相互照应，看管现场、设备，对设置的设施进行看护。值守人员要了解安全规程，能够操作和简单维护警示灯光设备，保证交通设施整齐，发现问题及时处理，不能处理的要及时报告，发生事故及时报警。在危险程度较为严重的作业场区的前端或周边，应设置便携式警示灯。规模性施工，有大型设备、大量材料占用行车道断面而夜间不能撤离的，要配备专用警示灯示警，当专用警示灯发生故障后，要点亮备用的便携式警示灯，以确保通行安全。

(3) 设备操作与停放管理。

工作现场的车辆、机械设备必须严格按照设备操作规程和施工工艺技术进行，禁止违规操作。作业车辆停放时，应限制在作业区内或经施工方案明确的其他允许停放车辆的场所，并按规定设立临时停放标志。夜间施工车辆及设备尽量不停放在作业区的行车道内，避免误入作业区的车辆对停放车辆构成损坏。

(4) 夜间及视线不良的安全对策。

施工作业要准备足够的安全标志、安全设施，警示灯具，遇有不可预见的原因，必须在夜间或视线不良情况下施工时，及时增设标志、设施，点亮警示灯，以保证作业及通行安全。遇雨、雾等视线不良时，应停止施工、作业（紧急作业除外）。

(5) 流动作业管理。

流动养护作业车辆、设备要按要求设置标志，流动作业设备的行驶的方向应保持与正常运行车流方向一致，避免出现逆行。流动养护作业人员如护路员要按规定着安全服，严格遵守交通法规，确保人身安全。清扫、绿化洒水、设施清洗等流动作业应选择能见度良好的天气条件作业。

(6) 材料、设备、大型构件运输。养护维修所进行的材料、设备运输，在公路内封闭区以外，均应严格遵守交通法规和公路管理办法，不得随意停车、随意调头、逆行。

(7) 交通恢复。

作业结束后应按以下顺序做好恢复交通的各项工作：撤除场内设备，清除场内剩余材料及废物，使路面洁净，恢复路面标线（亦可以后进行），撤除大部分作业人员，撤除警示灯具，单幅封闭时要开放封闭侧的交通，从封闭末端向起点撤除封闭侧的安全锥和标志，关闭活动开口，撤除安全看守人员，撤掉封闭公告。

2、紧急情况处治

编制: 杨江秀

复核: 王路遥

审核: 

图标编号: SIV-01

养护作业发生意外施工安全事故，要尽现有手段采取以下措施：

（1）救伤员；

（2）保护现场并控制现场势态防止事故扩大；

（3）报告上级管理部门；

（4）报告交警。

3、交通安全事故

养护作业现场或附近发生与作业有关或无关的交通事故，现场人员有责任就地采取以下应急措施：

（1）尽现有手段抢救伤员，保护现场；

（2）控制现场势态，加设明显标志，防止新的事故发生；

（3）通知有关路政、交警部门；

（4）有重大伤亡或维修人员有伤亡时要及时报告上级管理部门及领导；

（5）如果参加了保险要通知保险公司。

十六. 工程量清单

序号	监测设备	单位	数量	备注
跨宁西铁路立交桥				
1	智能球机	台	1	
2	视觉位移传感器	台	4	
3	标靶	个	12	
4	裂缝传感器	个	3	
5	智能感知报警设备	个	4	
6	通用信号采集仪	台	1	
7	工控机	台	1	
8	硬盘录像机	台	1	
9	工业交换机	台	3	
10	现场控制机柜	台	1	

序号	监测设备	单位	数量	备注
11	供电机柜	台	1	
12	监控立杆	套	1	
13	光缆	m	100	24 芯铠装
14	电源线	m	700	铠装 RVVP3*2. 5mm2
15	光纤	m	664	
16	信号线	m	208	RVVP4*0. 5mm2
17	桥架	m	271. 8	100*50*1mm
18	保护盒	个	7	
19	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
20	安装及调试	项	1	
老河桥				
1	视觉位移传感器	台	1	
2	标靶	个	3	
3	智能感知报警设备	个	4	
4	智能球机	台	2	
5	工业交换机	台	1	
6	现场控制机柜	台	1	
7	供电机柜	台	1	
8	监控立杆	套	2	
9	光缆	m	150	24 芯铠装
10	电源线	m	240	铠装 RVVP3*2. 5mm2
11	光纤	m	120	
12	桥架	m	180	100*50*1mm
13	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
14	安装及调试	项	1	

序号	监测设备	单位	数量	备注
汲东干渠大桥				
1	视觉位移传感器	台	2	
2	标靶	个	6	
3	裂缝传感器	个	1	
4	智能感知报警设备	个	4	
5	智能球机	台	2	
6	通用信号采集仪	台	1	
7	工控机	台	0	
8	工业交换机	台	3	
9	现场控制机柜	台	1	
10	供电机柜	台	1	
11	监控立杆	套	2	
12	光缆	m	100	24 芯铠装
13	电源线	m	120	铠装 RVVP3*2. 5mm2
14	光纤	m	120	
15	信号线	m	15	RVVP4*0. 5mm2
16	桥架	m	120	100*50*1mm
17	保护盒	个	1	
18	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
19	安装及调试	项	1	
淠河特大桥				
1	视觉位移传感器	台	2	
2	标靶	个	6	
3	裂缝传感器	个	4	
4	智能感知报警设备	个	8	

序号	监测设备	单位	数量	备注
5	通用信号采集仪	台	1	
6	工控机	台	1	
7	工业交换机	台	1	
8	现场控制机柜	台	1	
9	供电机柜	台	1	
10	光缆	m	50	24 芯铠装
11	电源线	m	663. 1	铠装 RVVP3*2. 5mm2
12	光纤	m	663. 1	
13	信号线	m	309. 6	RVVP4*0. 5mm2
14	桥架	m	241. 7	100*50*1mm
15	保护盒	个	3	
16	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
17	安装及调试	项	1	
滚沟小桥				
1	智能球机	台	2	
2	工业交换机	台	1	
3	现场控制机柜	台	0	
4	供电机柜	台	1	
5	监控立杆	套	2	
6	光缆	m	30	24 芯铠装
7	电源线	m	30	铠装 RVVP3*2. 5mm2
8	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
9	安装及调试	项	1	
凌波村小桥				
1	视觉位移传感器	台	1	

序号	监测设备	单位	数量	备注
2	标靶	个	5	
3	智能感知报警设备	个	2	
4	智能球机	台	2	
5	工业交换机	台	1	
6	现场控制机柜	台	1	
7	供电机柜	台	1	
8	监控立杆	套	2	
9	光缆	m	30	24 芯铠装
10	电源线	m	30	铠装 RVVP3*2. 5mm2
11	光纤	m	26	
12	桥架	m	13	100*50*1mm
13	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
14	安装及调试	项	1	
跨 G35 高速立交桥				
1	三向加速度传感器	个	1	
2	智能感知报警设备	个	4	
3	智能球机	台	2	
4	视觉位移传感器	台	2	
5	标靶	个	14	
6	裂缝传感器	个	9	
7	倾角仪	个	4	
8	动态采集仪	台	1	8 通道
9	通用信号采集仪	台	1	
10	工控机	台	1	
11	工业交换机	台	3	

序号	监测设备	单位	数量	备注
12	现场控制机柜	台	1	
13	供电机柜	台	1	
14	光缆	m	130	24 芯铠装
15	电源线	m	329. 4	铠装 RVVP3*2. 5mm2
16	光纤	m	329. 4	
17	信号线	m	542. 15	RVVP4*0. 5mm2
18	桥架	m	224. 7	100*50*1mm
19	保护盒	个	10	
20	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
21	安装及调试	项	1	
戚家桥中桥				
1	视觉位移传感器	台	2	
2	标靶	个	10	
3	智能感知报警设备	个	4	
4	智能球机	台	2	
5	工业交换机	台	1	
6	现场控制机柜	台	1	
7	供电机柜	台	1	
8	监控立杆	套	2	
9	光缆	m	39	24 芯铠装
10	电源线	m	92	铠装 RVVP3*2. 5mm2
11	光纤	m	52	
12	桥架	m	26	100*50*1mm
13	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
14	安装及调试	项	1	

序号	监测设备	单位	数量	备注
淠河总干渠大桥				
1	视觉位移传感器	台	2	
2	标靶	个	14	
3	裂缝传感器	个	10	
4	智能感知报警设备	个	4	
5	智能球机	台	2	
6	通用信号采集仪	台	1	
7	工业交换机	台	3	
8	现场控制机柜	台	1	
9	供电机柜	台	1	
10	光缆	m	120	24 芯铠装
11	电源线	m	426	铠装 RVVP3*2. 5mm2
12	光纤	m	306	
13	信号线	m	304. 5	RVVP4*0. 5mm2
14	桥架	m	207	100*50*1mm
15	保护盒	个	10	
16	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
17	安装及调试	项	1	
戚家桥				
1	视觉位移传感器	台	2	
2	标靶	个	10	
3	智能感知报警设备	个	4	
4	智能球机	台	2	
5	工业交换机	台	1	
6	现场控制机柜	台	1	

序号	监测设备	单位	数量	备注
7	供电机柜	台	1	
8	监控立杆	套	2	
9	光缆	m	48	24 芯铠装
10	电源线	m	112	铠装 RVVP3*2. 5mm2
11	光纤	m	64	
12	桥架	m	32	100*50*1mm
13	无线传输	项	1	含 2 年网络费用
14	安装及调试	项	1	
监控中心				
1	硬盘录像机	台	2	16T 硬盘
2	服务器	台	1	
3	工业交换机	台	1	
4	服务器机柜	台	1	
5	稳压器	个	2	
6	UPS 不间断电源	套	1	
系统软件				
1	数据采集模块	项	1	
2	数据传输转发模块	项	1	
3	数据处理及管理模块	项	1	
4	数据分析模块	项	1	
5	数据交换架构模块	项	1	
6	监测预警模块	项	1	
7	用户界面模块	项	1	
专项费用				
1	场地建设费	项	1	

序号	监测设备	单位	数量	备注
2	安全生产费	项	1	依据定额标准计算
技术服务费				
1	与上级平台对接	项	1	
2	人员培训	项	1	
3	监测数据分析报告	年	3	
4	系统维护费	年	3	
5	通讯宽带费	年	3	

十七. 施工图设计评审意见及修改说明

六安市 2025 年普通国省干线公路养护工程
G105 京澳线桥群结构监测系统建设
一阶段施工图设计审查会专家组意见

2024 年 12 月 22 日,六安市公路管理处在六安市主持召开六安市 2025 年普通国省干线公路养护工程 G105 京澳线(跨宁西铁路立交桥、老河桥、汲东干渠大桥、淠河特大桥、滚沟小桥、凌波村小桥、跨 G35 高速立交桥、戚家桥中桥、淠河总干渠大桥、戚家桥)桥梁群结构监测系统一阶段施工图设计审查会。参加会议的有六安市交通运输局单位代表以及 5 名专家(名单附后)。与会人员听取了设计单位华设计集团股份有限公司的一阶段施工图设计汇报,审阅了设计文件,经质询讨论,形成专家组意见如下:

一、总体评价

施工图设计文件内容齐全,基础资料较详实,符合交通运输部有关办法和规范的要求,经修改完善后可交付实施。

二、工程规模和范围

本次公路桥群结构监测系统所设及桥梁名称为(跨宁西铁路立交桥、老河桥、汲东干渠大桥、淠河特大桥、滚沟小桥、凌波村小桥、跨 G35 高速立交桥、戚家桥中桥、淠河总干渠大桥、戚家桥),监测里程为 4.59 公里;主要工程内容为:位移监测、振动监测、应变监测、裂缝监测、车辆荷载监测、视频监控、冲刷监测等。

三、工程意见

1、加强桥梁结构、病害及环境调查,明确各桥梁监测应用场景,细化桥梁监测方案;

2、逐桥细化终端设备布置图,明确各监测指标分级预警阈值;

3、结合桥梁结构特点和终端设备性能,合理选用终端设备;

4、优化桥梁监测系统供电方式;

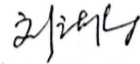
5、完善桥梁监测设备维护及成果应用方案;

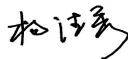
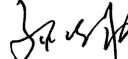
6、完善施工期交通组织、安全及环保方案。

四、施工图预算

1、核查工程量、材料单价、定额选用等;

2、根据修改后的施工图文件调整预算。

专家组组长: 
2024 年 12 月 22 日

编制:  复核:  审核:  图标编号: SIV-01

修 改 说 明

2024 年 12 月 22 日，六安市公路管理处在六安市主持召开六安市 2025 年普通国省干线公路养护工程 G105 京澳线(跨宁西铁路立交桥、老河桥、汲东干渠大桥、淠河特大桥、滚沟小桥、凌波村小桥、跨 G35 高速立交桥、戚家桥中桥、淠河总干渠大桥、戚家桥)桥梁群结构监测系统一阶段施工图设计审查会。参加会议的有六安市交通运输局单位代表以及特邀专家 5 名。与会专家和领导对设计文件提出了宝贵的意见，我司根据专家组意见对设计文件进行了修改完善，说明如下：

意见一：加强桥梁结构、病害及环境调查，明确各桥梁监测应用场景，细化桥梁监测方案；

回复：通过 Midas Civil 有限元分析加强桥梁结构、病害及环境调查，明确各桥梁监测应用场景，细化桥梁监测方案；

意见二：逐桥细化终端设备布置图，明确各监测指标分级预警阈值；

回复：完善了各桥终端设备布置图，并明确各监测指标分级预警值；

意见三：结合桥梁结构特点和终端设备性能，合理选用终端设备；

回复：结合桥梁结构特点和终端设备性能，选用合理终端设备；

意见四：优化桥梁监测系统供电方式；

回复：补充每座桥梁设备布线图，优化桥梁监测系统供电方式；

意见五：完善桥梁监测设备维护及成果应用方案；

回复：补充了桥梁监测设备维护及成果应用方案；

意见六：完善施工期交通组织、安全及环保方案；

回复：补充了施工期交通组织、安全及环保方案；

意见七：核查工程量、材料单价、定额选用等；

回复：已对工程量、材料单价、定额选用等重新核查；

意见八：根据修改后的施工图文件调整预算。

回复：已根据修改后的施工图文件重新调整预算。


编制人：孙明

复核：孙明

审核：孙明

图标编号： SIV-01

主要技术参数

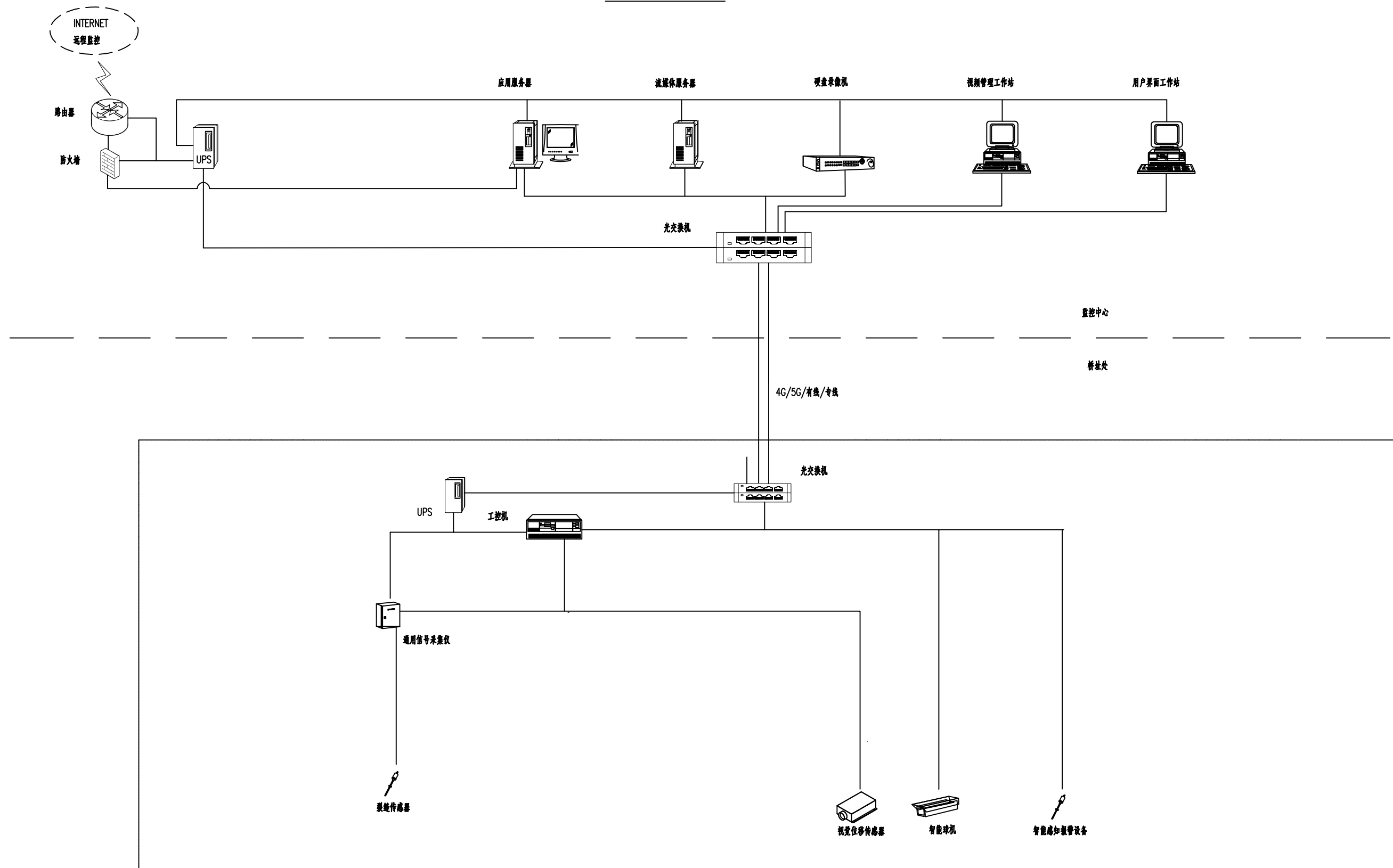
序号	设备名称	技术参数
1	UPS 不间断电源	1) 在线式 UPS，容量≥3kVA； 2) 后备时间：满载≥2 小时（含电池组、电池柜）； 3) 输入电压适应范围 ±25%，输出稳压稳频； 4) 市电 / 电池无缝切换（切换时间 0ms）； 5) 具备过压、欠压、过载、短路保护及智能电池管理功能； 6) 用于监控中心服务器、硬盘录像机等设备不间断供电保障； 7) 注：本条参数依据行业通行标准及监控中心供电保障要求确定。
2	桥梁群结构监测系统 软件平台	1) 数据采集模块：接收现场客户端上传的实时监测及设备状态数据，有效性判断并返回结果；支持 RS232/RS485、以太网及光纤自组网接入；同步采样、模拟输出、数字 I/O、触发采集；NTP 时间同步（精度优于 1ms）； 2) 数据传输转发模块：统一数据接口及网关，实现监测项目接入和数据接收；含监测数据通信服务与通信测试服务子模块；采集站工控机按数据协议解析数据后经无线统一转发至监控中心； 3) 数据处理及管理模块：数据预处理（质量判别、纠正不一致数据、修补遗漏数据、平滑噪声数据、设备故障诊断）；数据后处理（极值、均值等特征值统计与数据挖掘）；原始数据保存 3 年、预处理数据保存 5 年；分布式存储与多并发访问； 4) 数据分析模块：统计分析（极值、平均值、有效值、均方值、方差、标准差等）；结构参数识别；结构安全评估（趋势分析、原始指纹、动静结合、养护管理评定、承载力评定）； 5) 数据交换架构模块：数据接口及传输协议与省域公路长大桥结构健康监测系统桥群数据对接指南一致，实现与省级监控平台对接（桥群数据、报警信息、健康度、视频监控、资料管理）； 6) 监测预警模块：三级报警阈值设定（基于历史统计值、设计值和规范容许值）；异常自动报警；实时界面提示、报表、Email、短信预报警；报警与视频抓拍联动； 7) 用户界面模块：B/S 架构；桥群管理、GIS 地图展示、实时 / 历史数据显示、安全报警、监测报表自动生成（日报、季报、年报，支持 EXCEL/WORD 导出）；多并发用户、权限管理； 8) 平台须支持 10 座桥梁监测数据接入，含平台开发、部署、联调及与上级平台对接实施。 9) 并且满足 2024 年交通部发布的《公路长大桥梁结构监测时空大数据应用指引》及《进一步推进公路桥梁隧道结构监测工作实施方案（2024-2030）》、2025 年交通部公路科学研究院发布的《公路桥梁群结构监测系统试点建设技术指南》、2026 年交通部发布的《关于征求〈关于做好“十五五”时期公路桥隧结构监测工作的通知（征求意见稿）〉意见的函》要求，实现桥群结构监测软件的数据采集、数据初筛、数据存储、数据分析以及支持桥梁养护决策分析。
3	视觉位移传感器	1) 监测距离：1~500m； 2) 分辨率：0.01 像素； 3) 监测精度：±0.05mm（20m 距离）；

序号	设备名称	技术参数
		4) 采集接口：RS232/RS485/TTL232 总线或以太网； 5) 防护等级：不低于 IP65，适应 - 40℃ ~ +70℃野外环境； 6) 安装方式：安装于桥墩盖梁，支架膨胀螺栓固定，含配套安装支架、防护罩及标定调试； 7) 满足《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022) 对位移测量精度及环境适应性的要求； 8) 须与智能球机监控系统、采集仪系统兼容，提供 SDK 或标准协议接口。
4	工控机	1) 处理器：Intel i7 及以上； 2) 内存：≥8G； 3) 存储：支持双硬盘，1000G/7200 转及以上； 4) 网络：10/100M/1000M 自适应网卡 ×2； 5) 操作系统：Windows； 6) 全天候连续工作；断电后来电自动开机并自动加载监控系统； 7) 具备远程维护模块及远程管理系统； 8) 工业级产品，宽温、抗振设计，适应野外机柜安装环境。
5	硬盘录像机(监控中心，配 16T 硬盘)	1) 支持 ONVIF、RTSP 标准协议接入； 2) 支持 H.265、H.264 混合接入； 3) 支持 8 路 1080P 解码；最大 800 万像素接入； 4) 输出：HDMI 4K、VGA 1080P 同源输出； 5) 存储：2 个 SATA 接口，最大支持满配 8T 硬盘（本项目配置 16T 硬盘）； 6) 支持 8/16 路同步回放；智能搜索、回放及备份功能； 7) 用于监控中心视频集中存储。
6	现场控制机柜(户外型)	1) 户外型控制机柜，防护等级≥IP55； 2) 材质：镀锌钢板或不锈钢箱体，防腐处理； 3) 配置：温控散热装置（风扇或空调）、防雷（D 级浪涌保护）、PDU 配电单元、理线装置、检修照明； 4) 安装方式：落地或挂杆安装，含安装附件； 5) 适应 - 40℃ ~ +70℃野外环境； 6) 注：本条参数依据《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022) 及行业通行标准补充。
7	智能球机	1) 像素≥400 万；帧率≥25FPS； 2) 动态范围≥55dB； 3) 自动光圈、变焦镜头、昼 / 夜自动转换功能、防护罩； 4) 旋转范围：水平 0°~350°，垂直 15°~-90°； 5) 具备拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能； 6) 防护等级不低于 IP65，适应公路野外环境（防雷、防腐、宽温）； 7) 含安装支架、防雷器及现场安装调试； 8) 支持 ONVIF/GB28181 协议，与硬盘录像机及平台软件兼容。
8	监控立杆(含基础及防雷接地)	1) 热镀锌钢管立杆，高度 3.5~6m（按现场安装要求），壁厚≥3mm； 2) 抗风等级≥12 级；

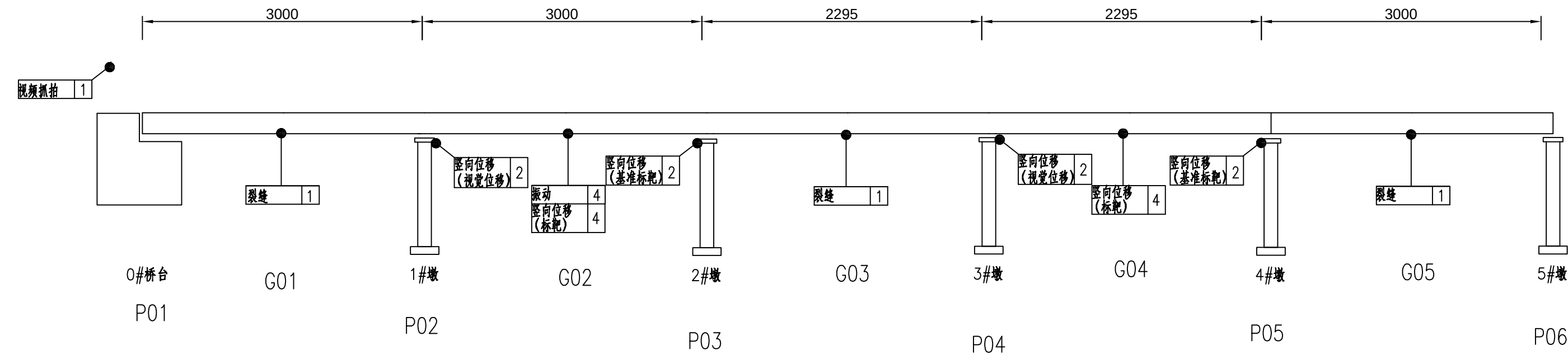
序号	设备名称	技术参数
		3) 含 C25 钢筋混凝土基础、地脚螺栓、检修孔; 4) 防雷接地装置, 接地电阻 $\leq 10\Omega$; 5) 表面处理: 热镀锌+喷塑防腐; 6) 报价为综合价: 含杆体、基础施工、防雷接地及现场安装; 7) 注: 本条参数依据《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022) 及行业通行标准补充。
9	稳压器	1) 交流稳压器, 容量 $\geq 2\text{kVA}$ (匹配现场供电电压 220V、额定功率不小于 2kW); 2) 稳压精度 $\leq \pm 3\%$; 3) 具备过压、欠压、过载保护功能; 4) 响应时间 $\leq 1\text{s}$; 5) 用于监控中心及外场设备电压波动防护; 6) 注: 本条参数依据设计文件供电要求 (220V、额定功率不小于 2kW) 及行业通行标准补充。
10	智能感知报警设备	1) 电池: 3.0V, 含低电量报警, 电池寿命 3 年; 待机功耗 15 μA ; 2) 工作温度: $-35^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$; 3) 定位: GPS 内置天线, GPS + 北斗双模定位; 4) 防护等级: 不低于 IP68; 5) 通信: 4G 全网通; 报警频率可自定义; 6) 加速度传感器: 分辨率 16 位, 量程默认 $\pm 2\text{g}$ (可选 $\pm 4\text{g}/\pm 8\text{g}/\pm 16\text{g}$), 精度 0.004g ($\pm 2\text{g}$); 6D/4D 方位检测; 承压 10kg 冲击; 7) 安装于桥梁护栏, 感知重车通行并联动报警
11	无线传输设备(含 2 年网络费用)	1) 功能要求: 现场采集站数据经无线统一转发至监控中心服务器; 2) 通信制式: 4G/5G 模块; 3) 网络性能: 平均延迟 $\leq 200\text{ms}$ (无线); 带宽占用率 $\leq 85\%$ (并发 10 路 1080P 视频流); 冗余链路切换 $\leq 5\text{s}$; 4) 报价包含: 无线传输终端设备及 2 年网络通讯费用 (每处每年单独列明流量费单价); 5) 含设备安装、调试及入网开通。
12	标靶(视觉位移测量配套)	1) 与视觉位移传感器配套的高反光率标靶 (含基准标靶); 2) 耐候反光靶面, 适配 1~500m 监测距离及 0.01 像素分辨率测量; 3) 含安装支架, 防腐处理; 4) 户外长期使用不褪色、不变形; 5) 注: 本条参数依据《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022) 及行业通行标准补充。
13	三向加速度传感器	1) 测量方向: X、Y、Z 三个方向; 2) 测量范围: $0 \sim 20\text{m/s}^2$; 3) 加速度通频带: 0.25~80Hz; 4) 分辨力: $5 \times 10^{-6}\text{m/s}$; 5) 灵敏度: $\geq 0.25\text{V/m/s}^2$; 6) 防护等级: 不低于 IP65;

序号	设备名称	技术参数
		7) 满足《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022) 相关要求。
14	倾角仪	1) 量程范围: $\pm 5^{\circ}$; 2) 最小分辨力: 0.02° ; 3) 精度: $\leq 0.05\%$ F.S; 4) 输出信号: $0 \sim 5\text{V}$ 、 $0 \sim 10\text{V}$ 、 $4 \sim 20\text{mA}$ 、RS485; 5) 防护等级: 不低于 IP65, 适应野外桥梁环境; 6) 满足《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022) 相关要求。
15	裂缝传感器	1) 量程: $> 10\text{mm}$; 2) 误差: $\leq 0.02\text{mm}$; 3) 分辨力: $\leq 0.01\text{mm}$; 4) 防护等级: 不低于 IP65, 适应野外桥梁环境; 5) 满足《公路桥梁结构监测技术规范》(JT/T 1037-2022) 相关要求。
16	服务器机柜(19 英寸标准机柜)	1) 19 英寸标准机柜, 容量 $\geq 24\text{U}$; 2) 含 PDU 电源分配单元、理线器、散热风扇单元; 3) 前后网孔门, 通风散热良好; 4) 承重 $\geq 500\text{kg}$; 5) 注: 本条参数依据行业通行标准补充。
17	服务器(2U 机架式)	1) 机型: 2U 机架式服务器; 2) CPU: 16 核以上; 3) 内存: 64G 以上; 4) 硬盘: $2 \times 4\text{T}$ 以上; 5) 操作系统: 不低于 Windows Server 2016 (64 位); 6) 配置正版数据库; 7) 用于监控中心监测平台数据处理与存储。
18	动态采集仪(8 通道)	1) 通道数: 8 通道; 2) 测量范围: $\pm 5\text{V}$ 、 $4 \sim 20\text{mA}$; 3) 分辨力: 24 位 AD; 4) 误差: $\leq 0.01\%$; 5) 采样频率: $0 \sim 100\text{Hz}$; 6) 共模抑制: 120dB; 7) 与三向加速度传感器、倾角仪等动态传感器配套使用。

系统拓扑图



总体测点布置图

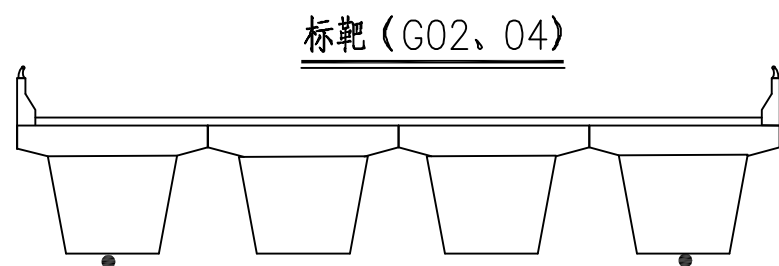
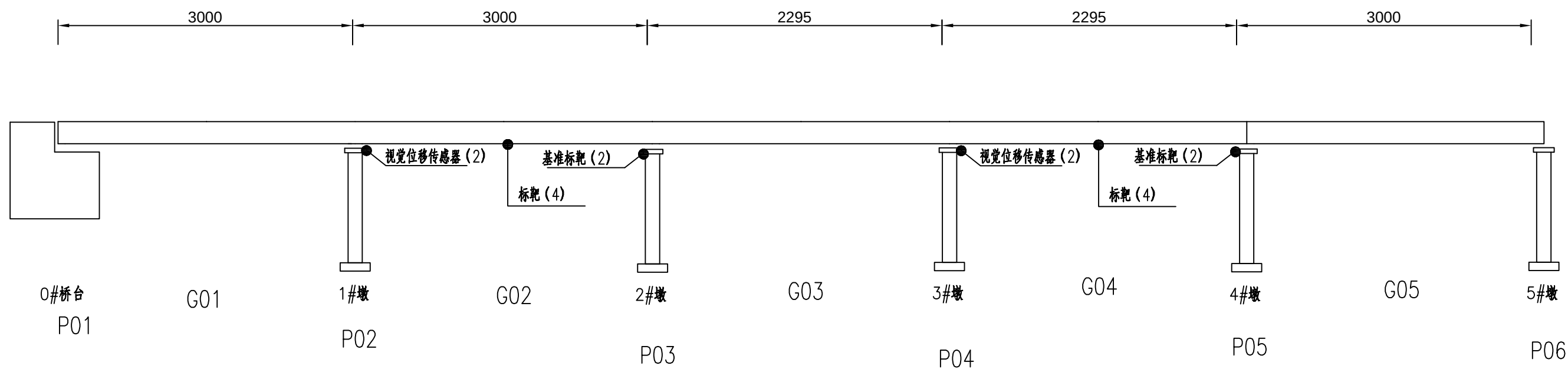


监测内容汇总表

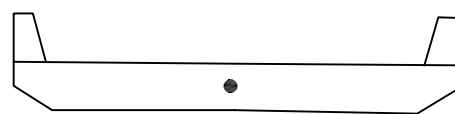
监测场景	监测项目	监测设备	布置情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	视频抓拍	智能球机	0#桥台处	1	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁和3#墩盖梁，每个截面2个测点	4	左右幅
		标靶	第2、4跨1、4#箱梁1/2处，每个截面4个测点 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面2个测点	12	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	左幅第3跨1#箱梁和第5跨4#箱梁； 右幅第1跨1#箱梁	3	
	振动监测	智能感知报警设备	第2跨1、4#箱梁1/2处，每个截面4个测点	4	

附注：
1.本图尺寸以厘米为单位。

监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	1	标靶	KNXTL-DIS-G02-001-01	左幅第2跨1#箱梁1/2处
		2		KNXTL-DIS-G02-004-01	左幅第2跨4#箱梁1/2处
		3		KNXTL-DIS-G02-005-01	右幅第2跨1#箱梁1/2处
		4		KNXTL-DIS-G02-008-01	右幅第2跨4#箱梁1/2处
		5		KNXTL-DIS-G04-001-01	左幅第4跨1#箱梁1/2处
		6		KNXTL-DIS-G04-004-01	左幅第4跨4#箱梁1/2处
		7		KNXTL-DIS-G04-005-01	右幅第4跨1#箱梁1/2处
		8		KNXTL-DIS-G04-008-01	右幅第4跨4#箱梁1/2处
二	裂缝	1		KNXTL-CRK-G01-005-01	右幅第1跨1#箱梁底
		2		KNXTL-CRK-G03-001-01	左幅第3跨1#箱梁底
		3		KNXTL-CRK-G05-004-01	左幅第5跨4#箱梁底
三	振动	1		KNXTL-VIB-G02-001-01	左幅第2跨1#箱梁1/2处
		2		KNXTL-VIB-G02-004-01	左幅第2跨4#箱梁1/2处
		3		KNXTL-VIB-G02-005-01	右幅第2跨1#箱梁1/2处
		4		KNXTL-VIB-G02-008-01	右幅第2跨4#箱梁1/2处



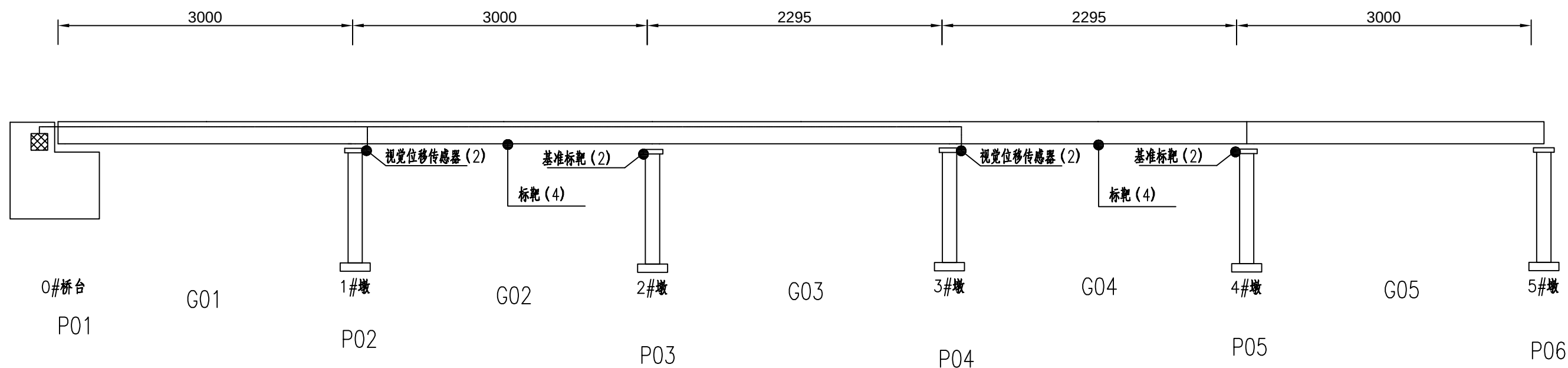
视觉位移传感器 (P02、P04)



竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02、04	4	左右幅
2		标靶	G02、04 P03、05	12	左右幅

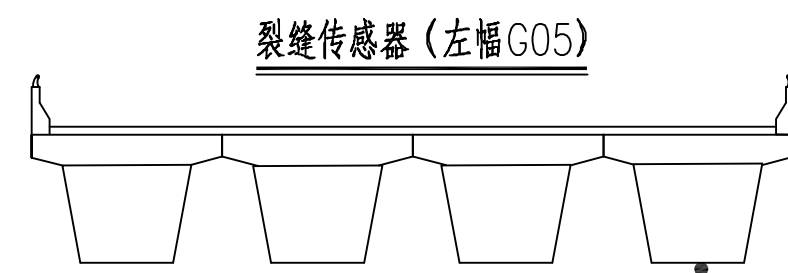
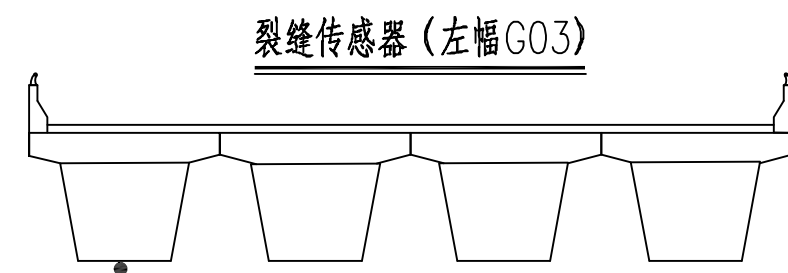
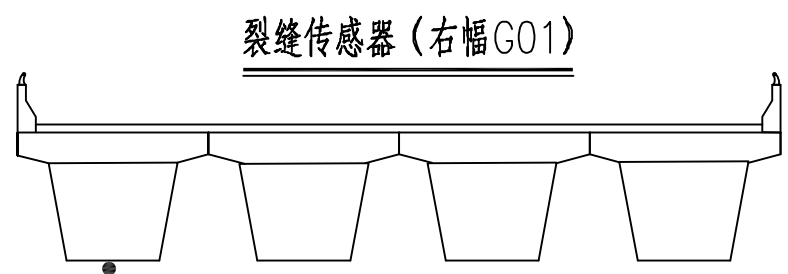
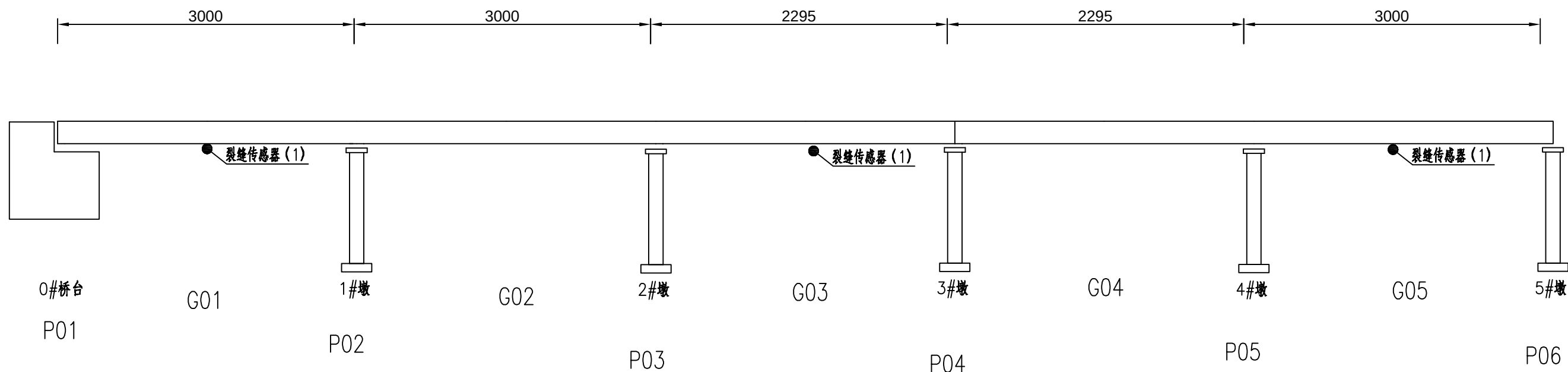
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	286	左右幅
2		电源线	m	286	左右幅

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

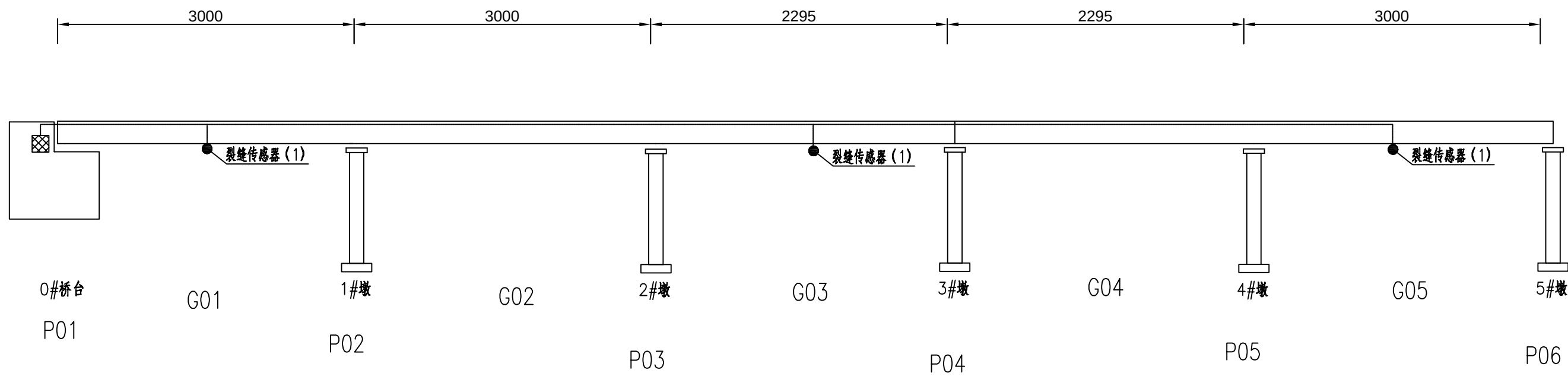


裂缝测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	裂缝	裂缝传感器	G01、03、05	3	

附注：

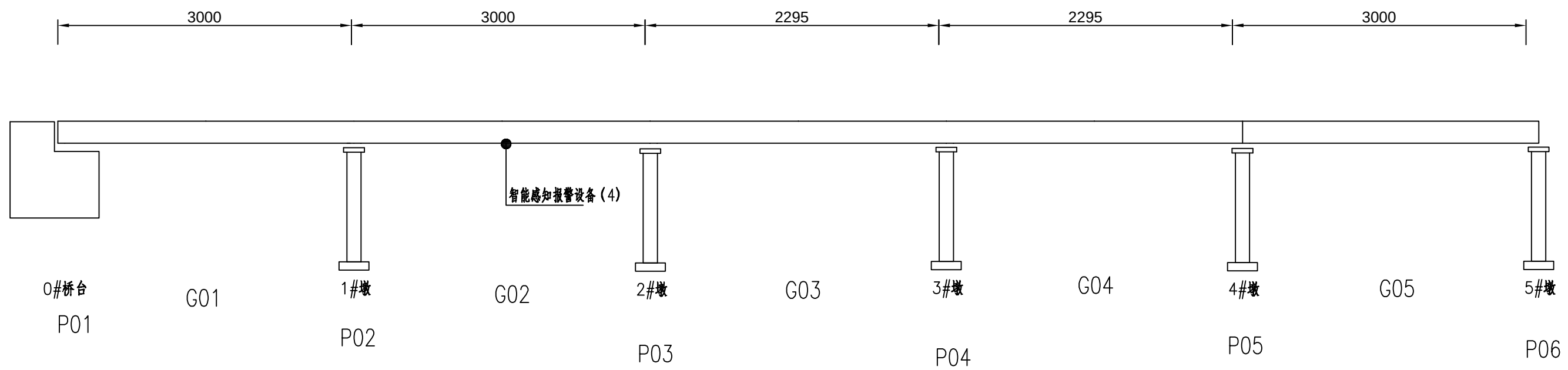
1. 本图尺寸以厘米为单位。
2. ●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



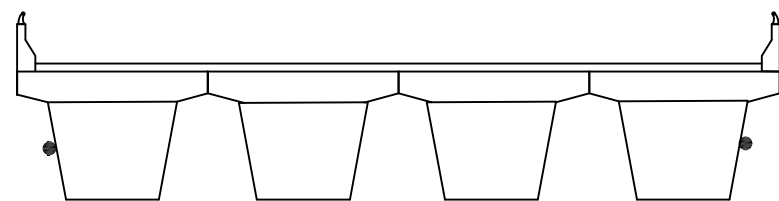
线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	裂缝传感器	RWP4x0.5mm2信号线	m	207.375	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



智能感知报警设备 (G02)

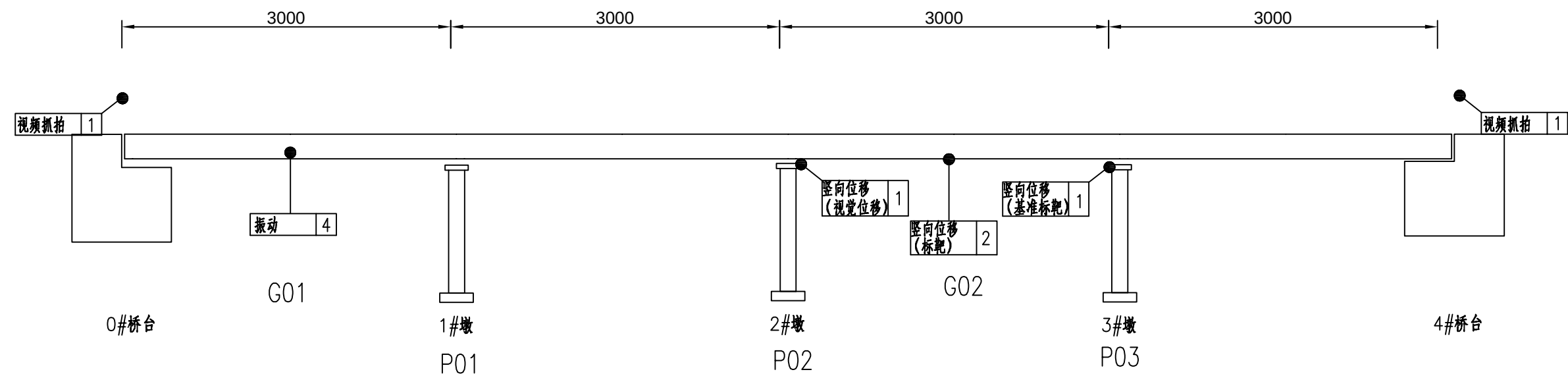


振动测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	振动	智能感知报警设备	G02	4	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

总体测点布置图

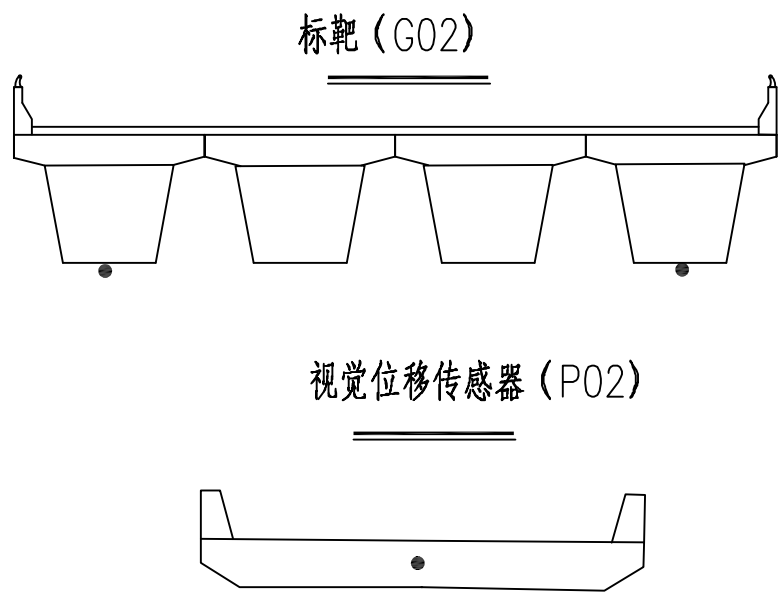
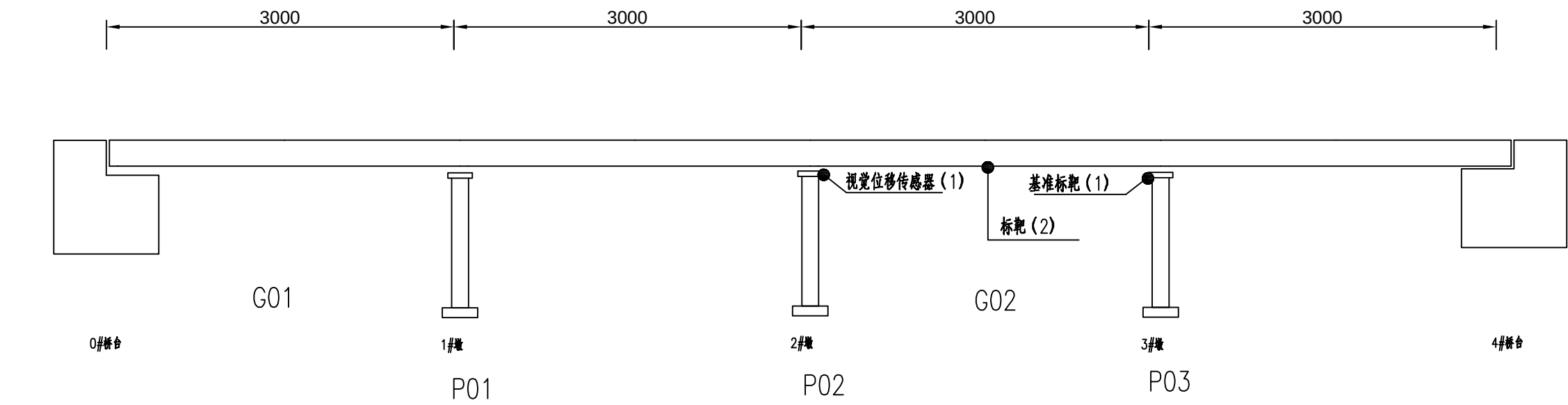


监测内容汇总表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	2#墩盖梁	1	左幅
		标靶	第2跨1、4#箱梁1/2处； 基准标靶位于对向盖梁位置	3	左幅
	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各1个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第1跨1、4#箱梁1/2处， 每个截面4个测点	4	左右幅

附注：
1.本图尺寸以厘米为单位。

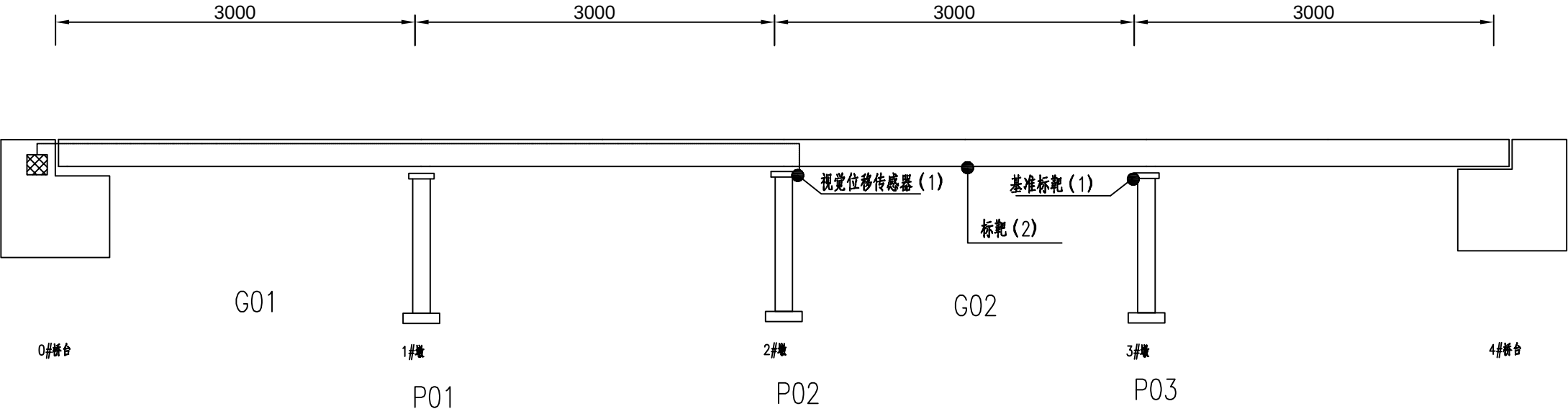
监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	1	标靶	LHQ-DIS-G02-001-01	左幅第3跨1#箱梁1/2处
		2		LHQ-DIS-G02-004-01	左幅第3跨4#箱梁1/2处
二	振动	1	智能感知报警设备	LHQ-VIB-G01-001-01	左幅第1跨1#箱梁1/2处
		2		LHQ-VIB-G01-004-01	左幅第1跨4#箱梁1/2处
		3		LHQ-VIB-G01-005-01	右幅第1跨1#箱梁1/2处
		4		LHQ-VIB-G01-008-01	右幅第1跨4#箱梁1/2处



竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02	1	左幅
2		标靶	G02、P03	3	左幅

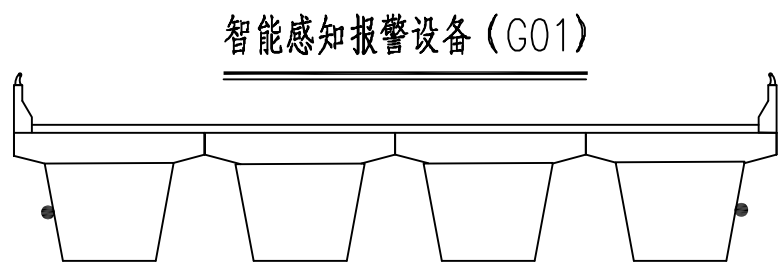
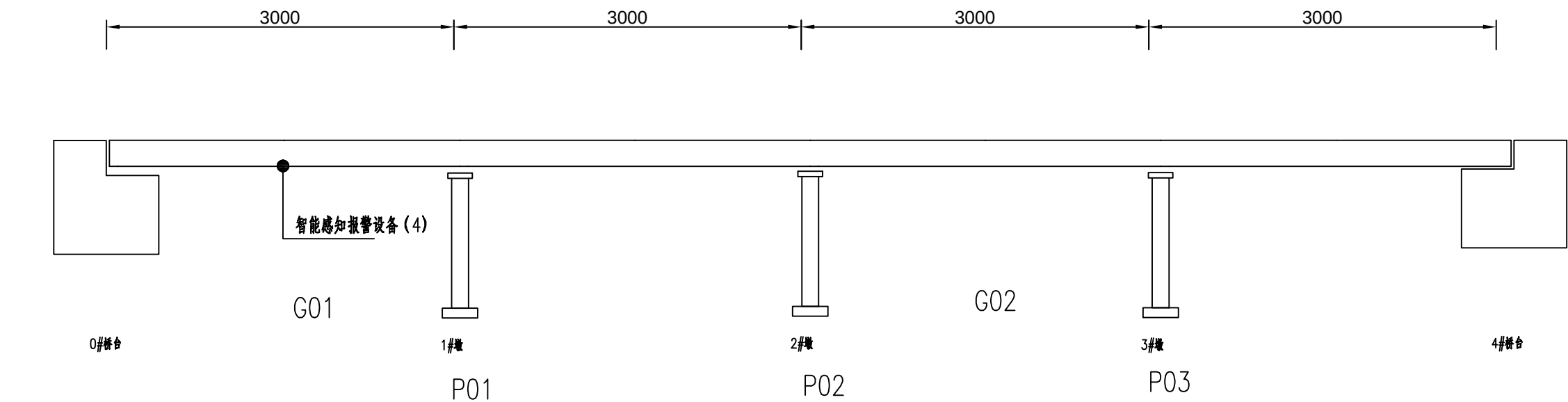
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	60	左幅
2		电源线	m	60	左幅

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

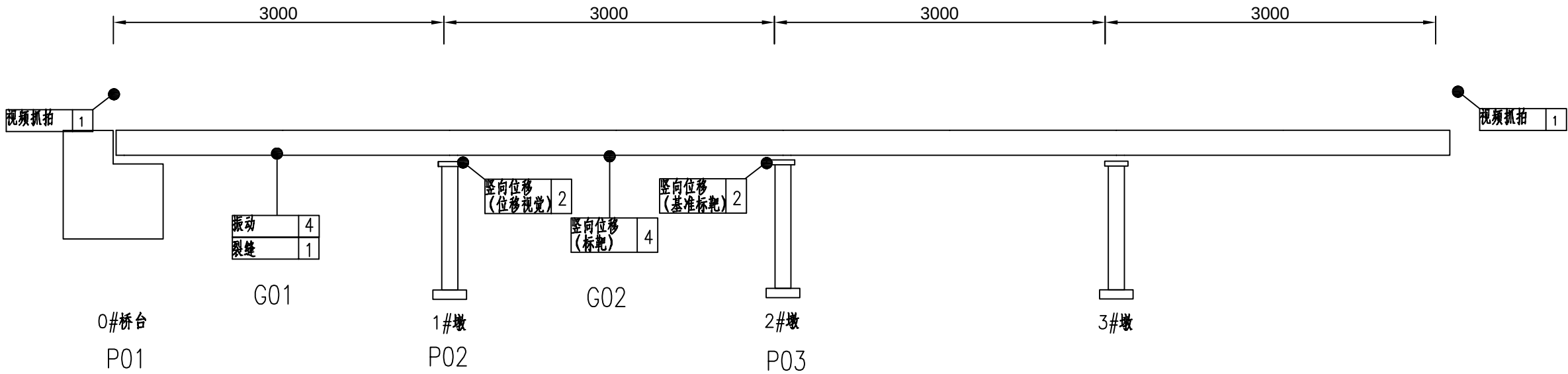


振动测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	振动	智能感知报警设备	G01	4	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

总体测点布置图

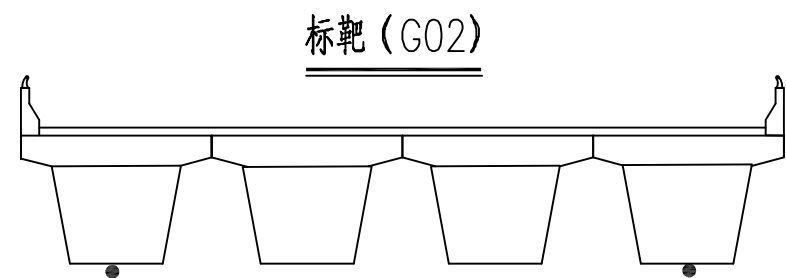
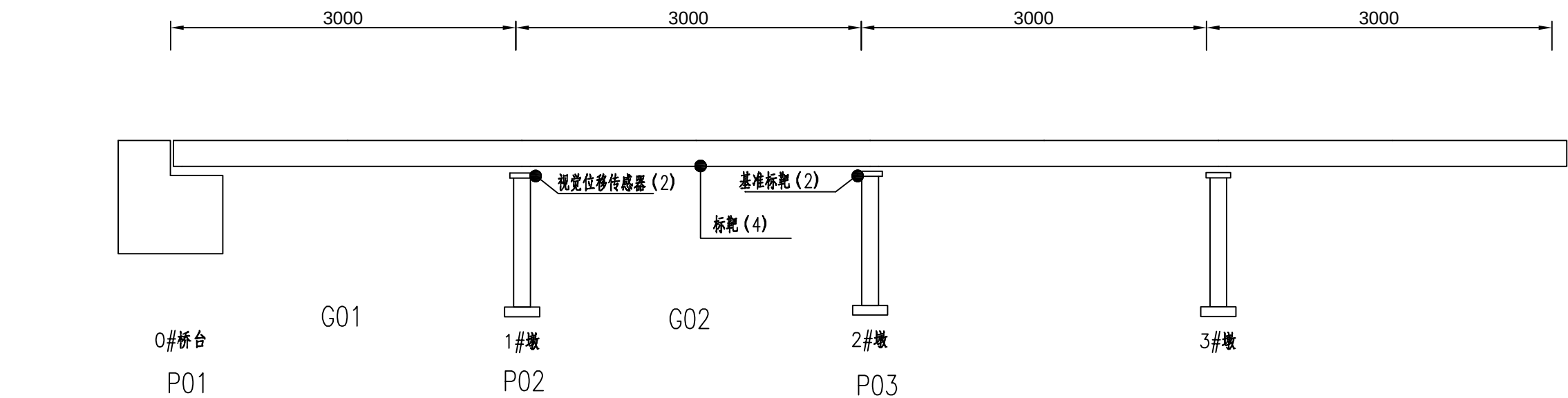


监测内容汇总表

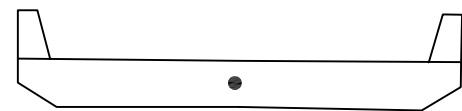
监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
技术状况差桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁	2	左右幅
		标靶	第2跨1、4#箱梁1/2处； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个 截面2个测点	6	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	右幅第1跨2#箱梁	1	右幅1-2梁底
重载交通桥梁	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各1个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、 危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第1跨1、4#箱梁1/2处，每个截面4 个测点	4	左右幅

附注：
1.本图尺寸以厘米为单位。

监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	9	标靶	JDGQ-DIS-G02-001-01	左幅第2跨1#箱梁1/2处
		12		JDGQ-DIS-G02-004-01	左幅第2跨4#箱梁1/2处
		13		JDGQ-DIS-G02-005-01	右幅第2跨1#箱梁1/2处
		16		JDGQ-DIS-G02-008-01	右幅第2跨4#箱梁1/2处
二	裂缝	1	裂缝传感器	JDGQ-CRK-G01-006-01	右幅第1跨2#箱梁低
二	振动	1	智能感知报警设备	JDGQ-VIB-G01-001-01	左幅第1跨1#箱梁1/2处
		2		JDGQ-VIB-G01-004-01	左幅第1跨4#箱梁1/2处
		3		JDGQ-VIB-G01-005-01	右幅第1跨1#箱梁1/2处
		4		JDGQ-VIB-G01-008-01	右幅第1跨4#箱梁1/2处



视觉位移传感器 (P02)

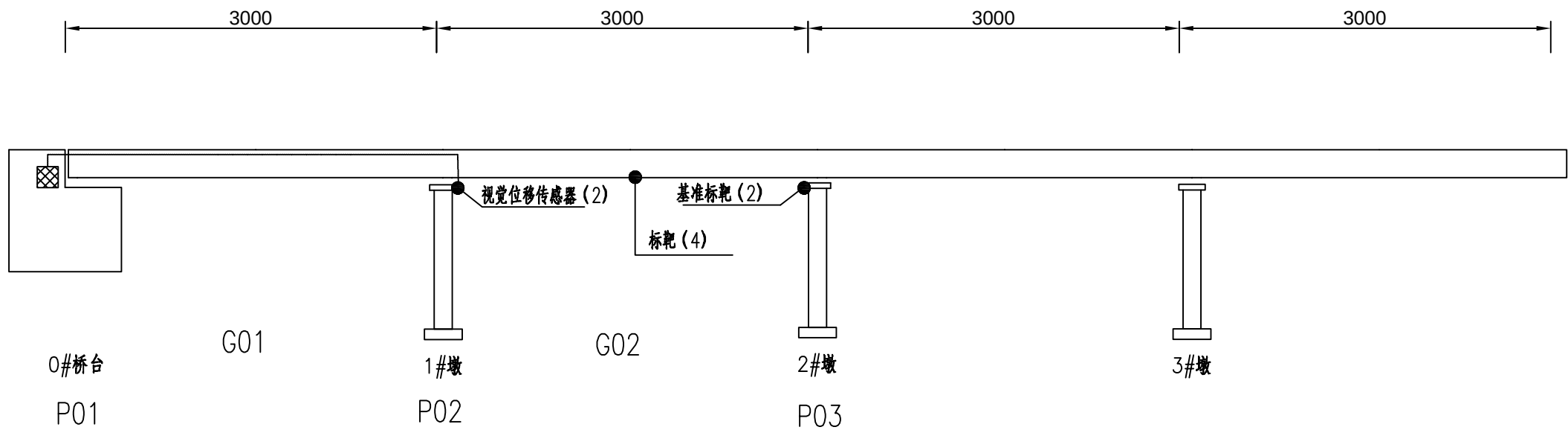


竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02	2	左右幅
2		标靶	G02 P03	6	左右幅

附注：

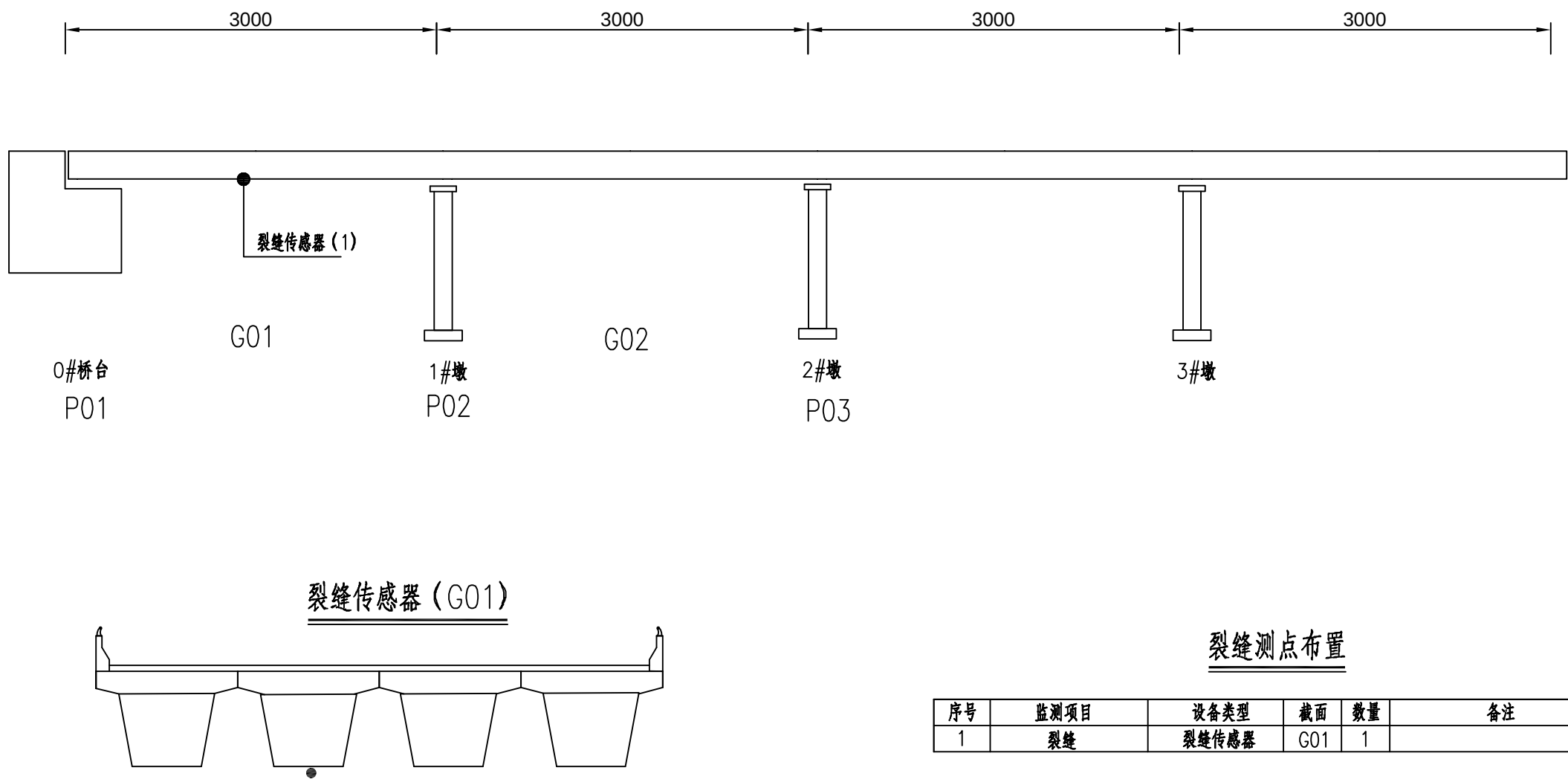
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	60	左右幅
2		电源线	m	60	左右幅

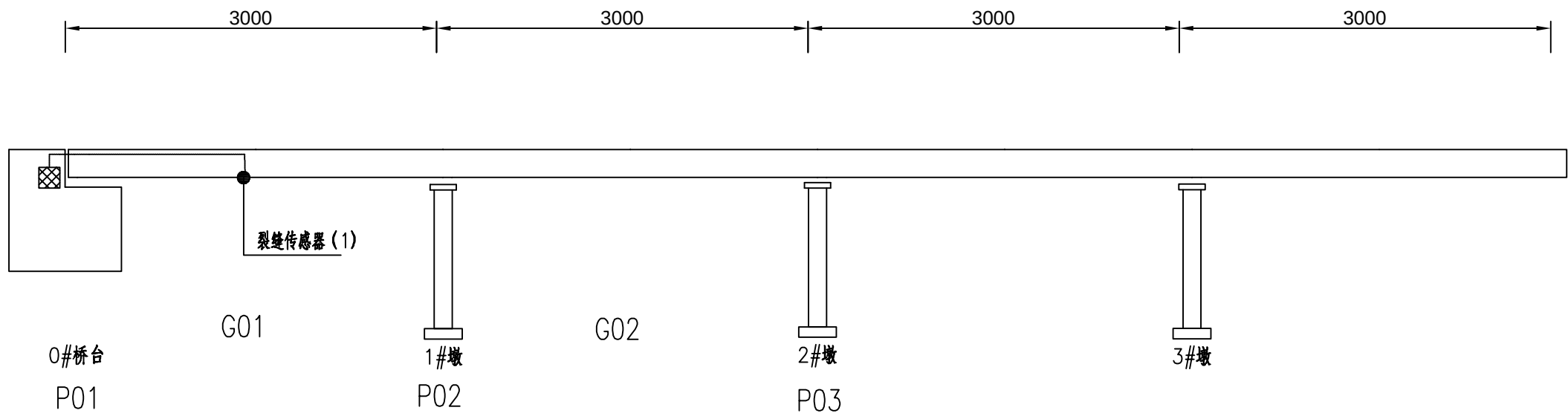
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



附注：

1.本图尺寸以厘米为单位。

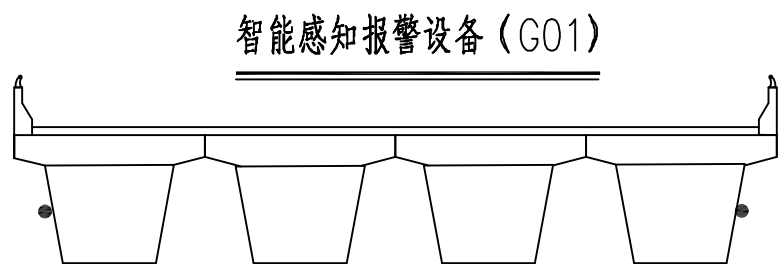
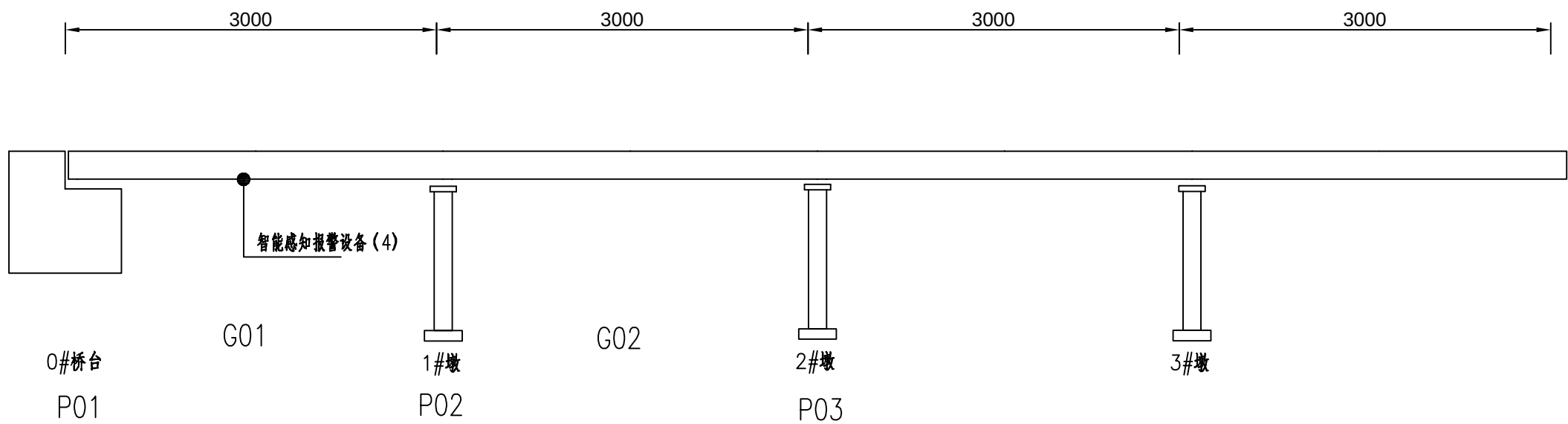
2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	裂缝传感器	RVP4x0.5mm2信号线	m	15	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

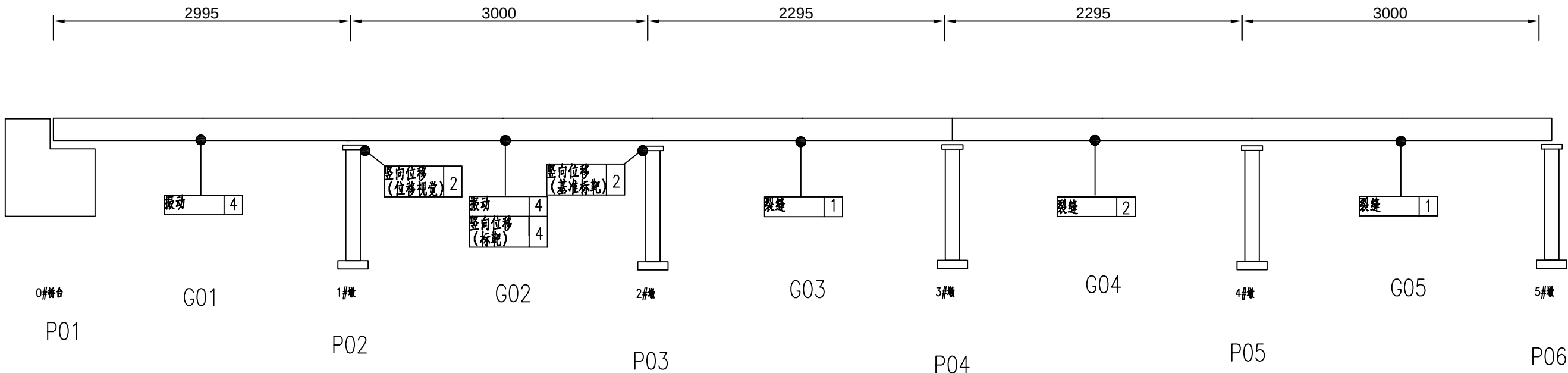


振动测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	振动	智能感知报警设备	G01	4	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

总体测点布置图

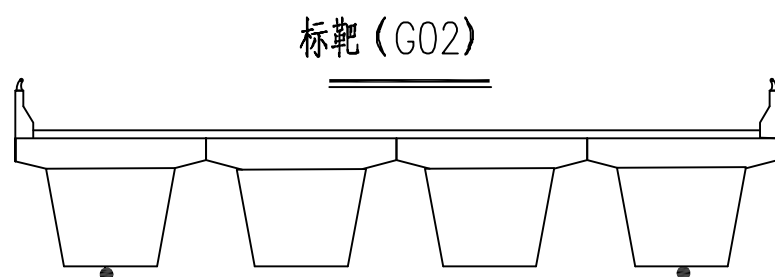
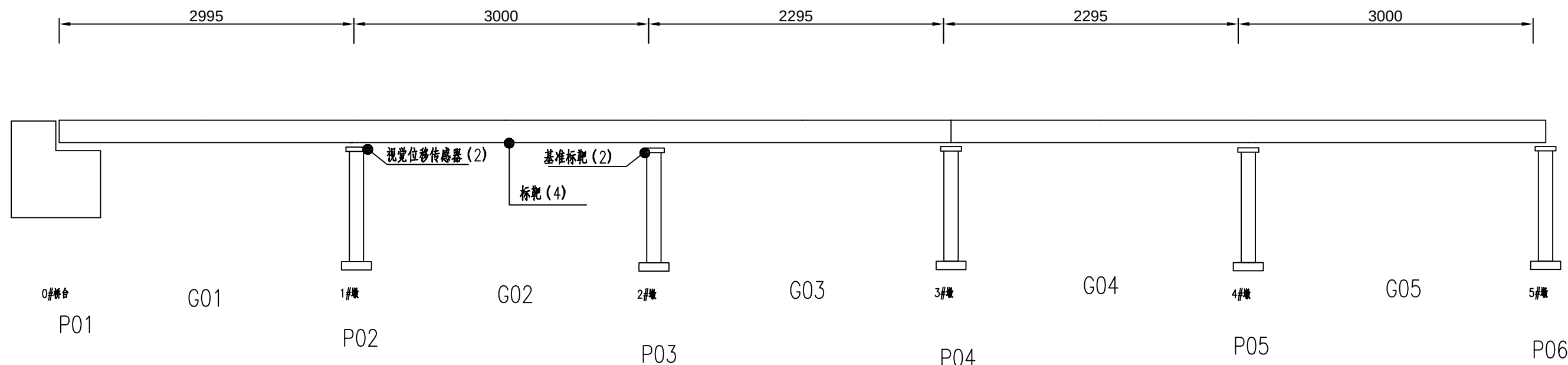


监测内容汇总表

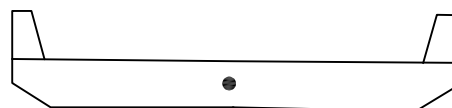
监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
技术状况差桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁	2	左右幅
		标靶	第2跨1、4#箱梁1/2处， 每个截面4个测点； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面2个测点	6	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	第3跨、右幅第4跨1、4#箱梁，第5跨4#箱梁	4	
重载交通桥梁	振动监测	智能感知报警设备	第1跨1、4#箱梁1/2处， 每个截面4个测点	8	左右幅

附注：
1.本图尺寸以厘米为单位。

监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	1	标靶	PHTDQ-DIS-G02-001-01	左幅第2跨1#箱梁1/2处
		2		PHTDQ-DIS-G02-004-01	左幅第2跨4#箱梁1/2处
		3		PHTDQ-DIS-G02-005-01	右幅第2跨1#箱梁1/2处
		4		PHTDQ-DIS-G02-008-01	右幅第2跨4#箱梁1/2处
二	裂缝	1		PHTDQ-CRK-G03-001-01	第3跨
		2		PHTDQ-CRK-G04-005-01	右幅第4跨1#箱梁底
		3		PHTDQ-CRK-G04-008-01	右幅第4跨4#箱梁底
		4		PHTDQ-CRK-G05-008-01	右幅第5跨4#箱梁底
三	振动	1		PHTDQ-VIB-G01-001-01	左幅第1跨1#箱梁1/2处
		2		PHTDQ-VIB-G01-004-01	左幅第1跨4#箱梁1/2处
		3		PHTDQ-VIB-G01-005-01	右幅第1跨1#箱梁1/2处
		4		PHTDQ-VIB-G01-008-01	右幅第1跨4#箱梁1/2处
		5		PHTDQ-VIB-G02-001-01	左幅第2跨1#箱梁1/2处
		6		PHTDQ-VIB-G02-004-01	左幅第2跨4#箱梁1/2处
		7		PHTDQ-VIB-G02-005-01	右幅第2跨1#箱梁1/2处
		8		PHTDQ-VIB-G02-008-01	右幅第2跨4#箱梁1/2处



视觉位移传感器 (P02)

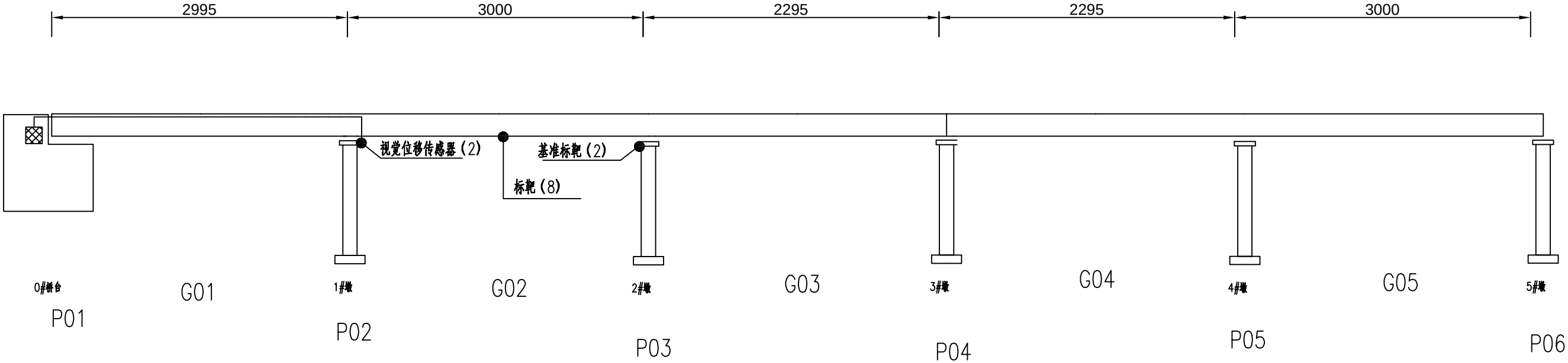


竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02	2	左右幅
2		标靶	G02P03	6	左右幅

附注：

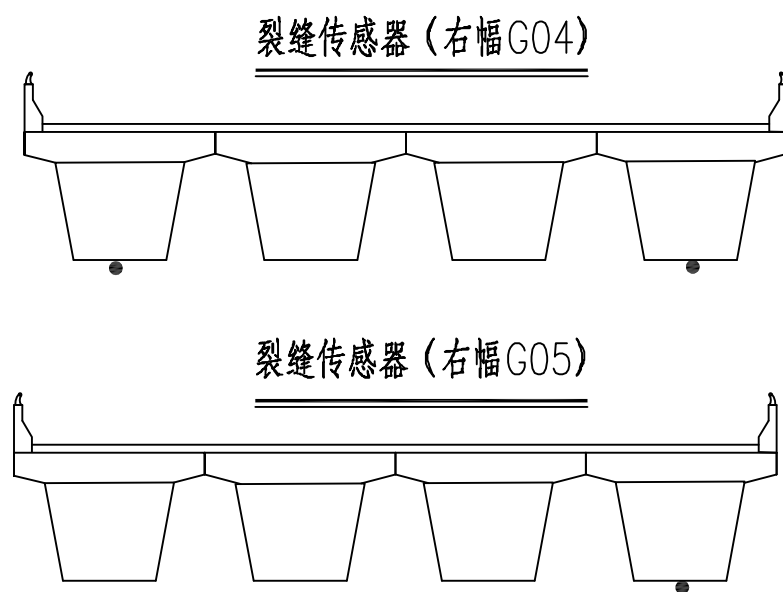
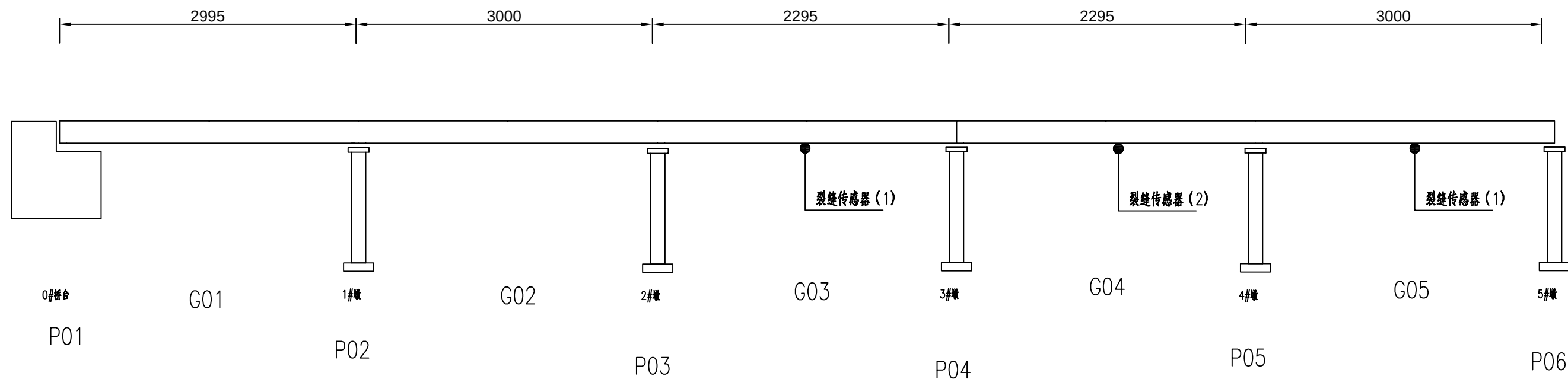
- 本图尺寸以厘米为单位。
- 表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	60	左右侧
2		电源线	m	60	左右侧

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

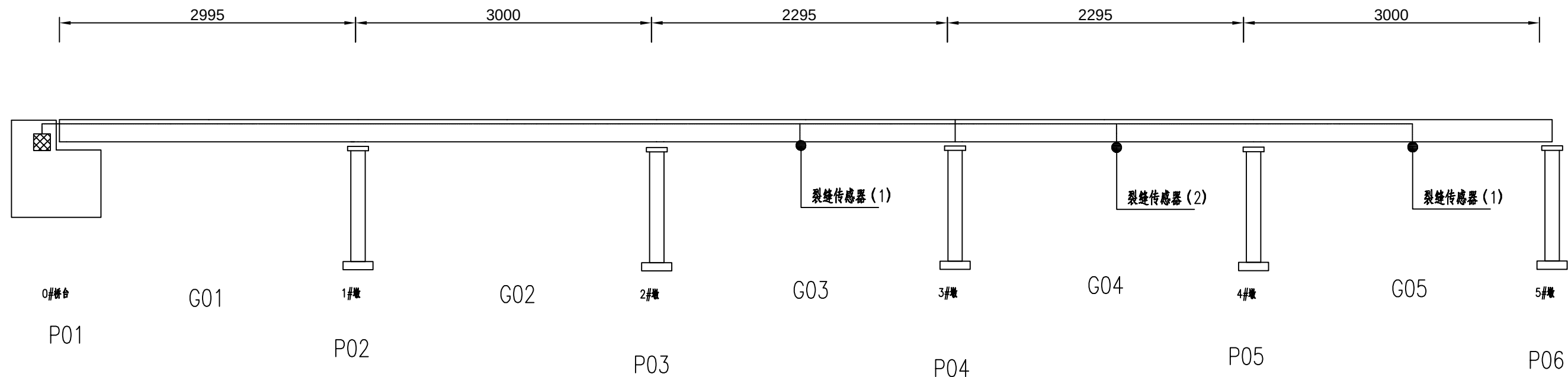


裂缝测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	裂缝	裂缝传感器	G03~05	4	

附注：

- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

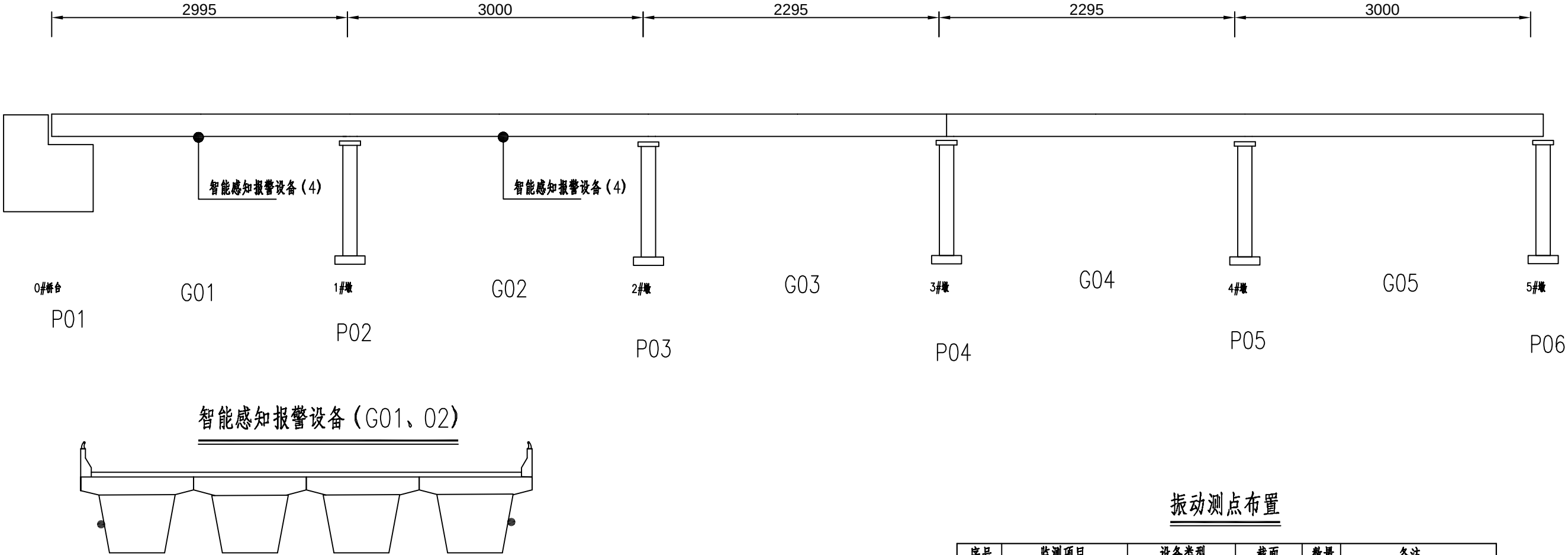


线缆数量表

序号	设备名称	材料名称	单位	数量	备注
1	裂缝传感器	RVP4x0.5mm2信号线	m	309.6	

附注：

- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

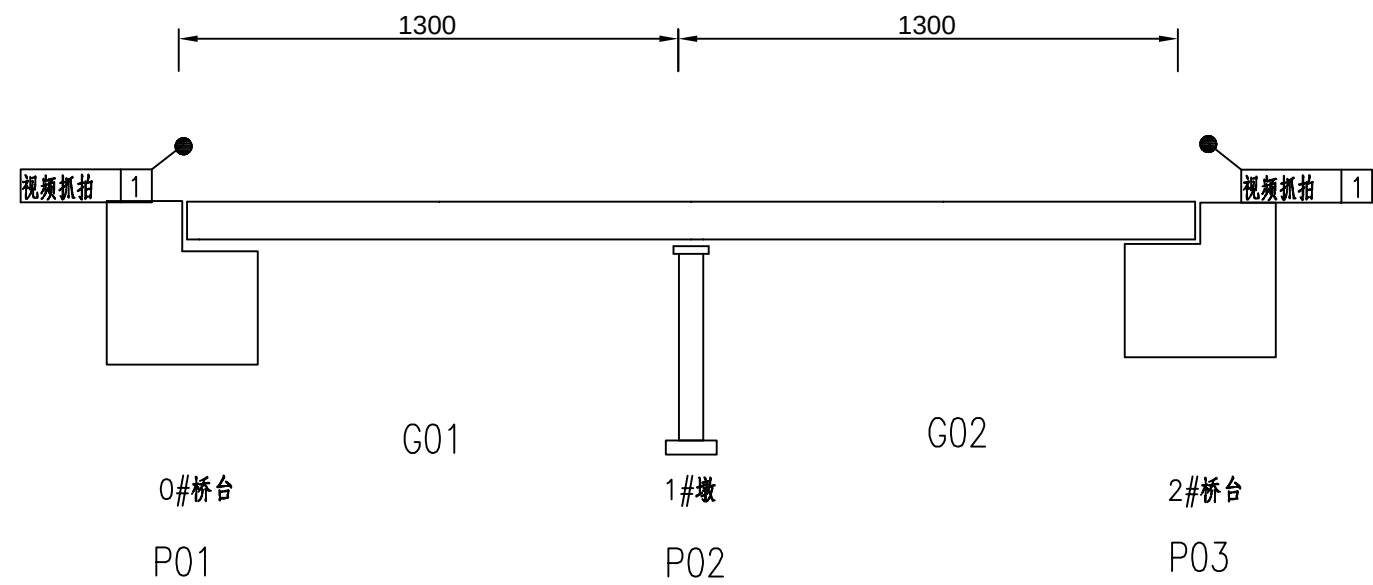


附注：

1.本图尺寸以厘米为单位。

2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

总体测点布置图

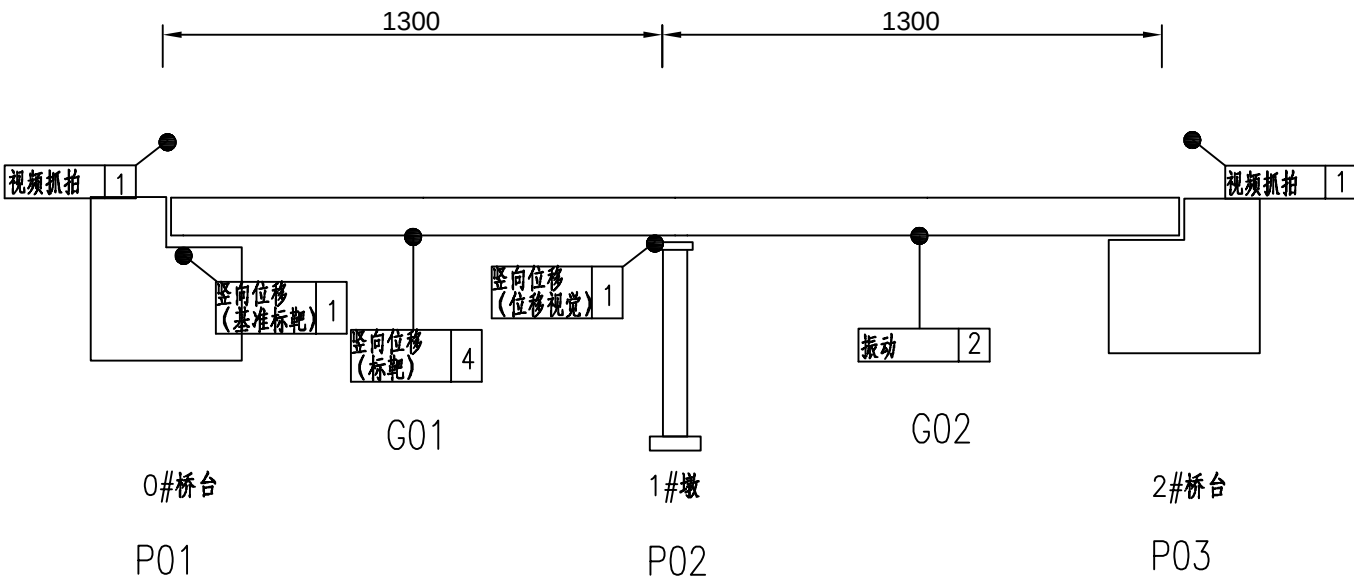


监测内容汇总表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各1个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能

附注：
1.本图尺寸以厘米为单位。

总体测点布置图

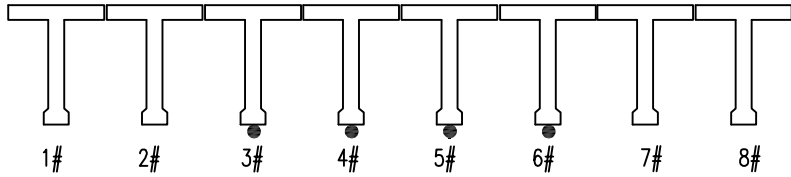
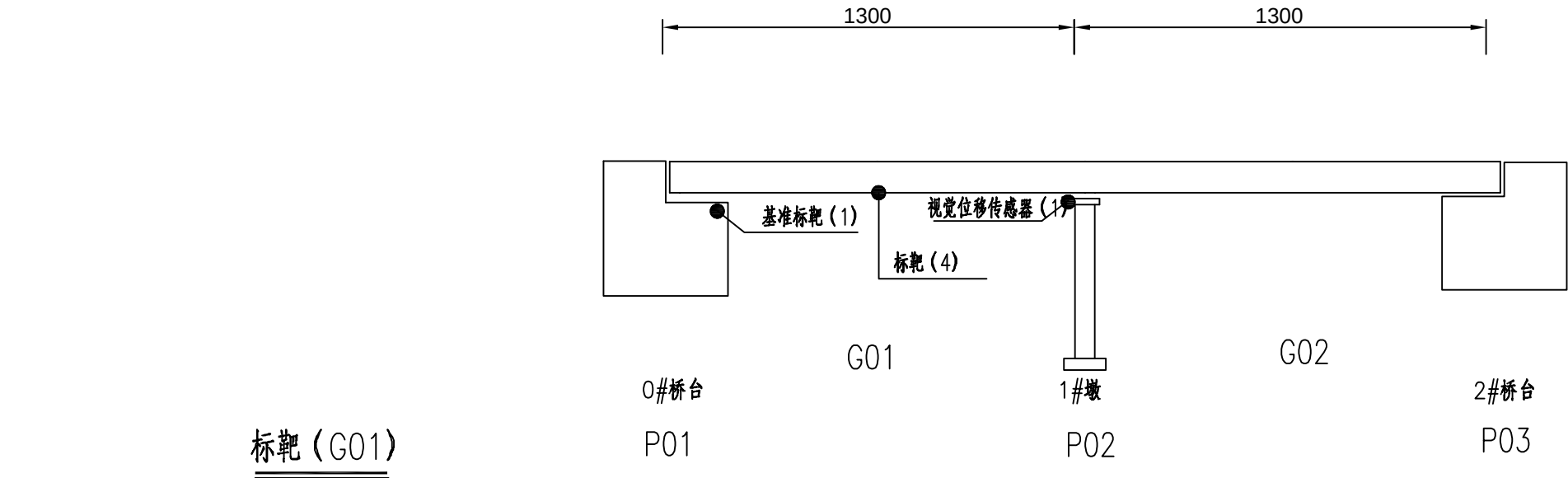


监测内容汇总表

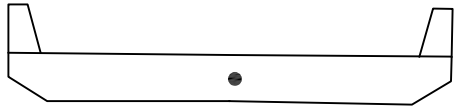
监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁	1	右幅
		标靶	第1跨3-6#T梁1/2处; 基准标靶位于对向盖梁位置	5	右幅
	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各1个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第2跨1、8#T梁1/2处，每个截面2个测点	2	右幅

附注：
1.本图尺寸以厘米为单位。

监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	1	标靶	LBCXQ-DIS-G01-003-01	右幅第1跨3#T梁1/2处
		2		LBCXQ-DIS-G01-004-01	右幅第1跨4#T梁1/2处
		3		LBCXQ-DIS-G01-005-01	右幅第1跨5#T梁1/2处
		4		LBCXQ-DIS-G01-006-01	右幅第1跨6#T梁1/2处
二	振动	1	智能感知报警设备	LBCXQ-VIB-G02-001-01	右幅第2跨1#T梁1/2处
		2		LBCXQ-VIB-G02-008-01	右幅第2跨8#T梁1/2处



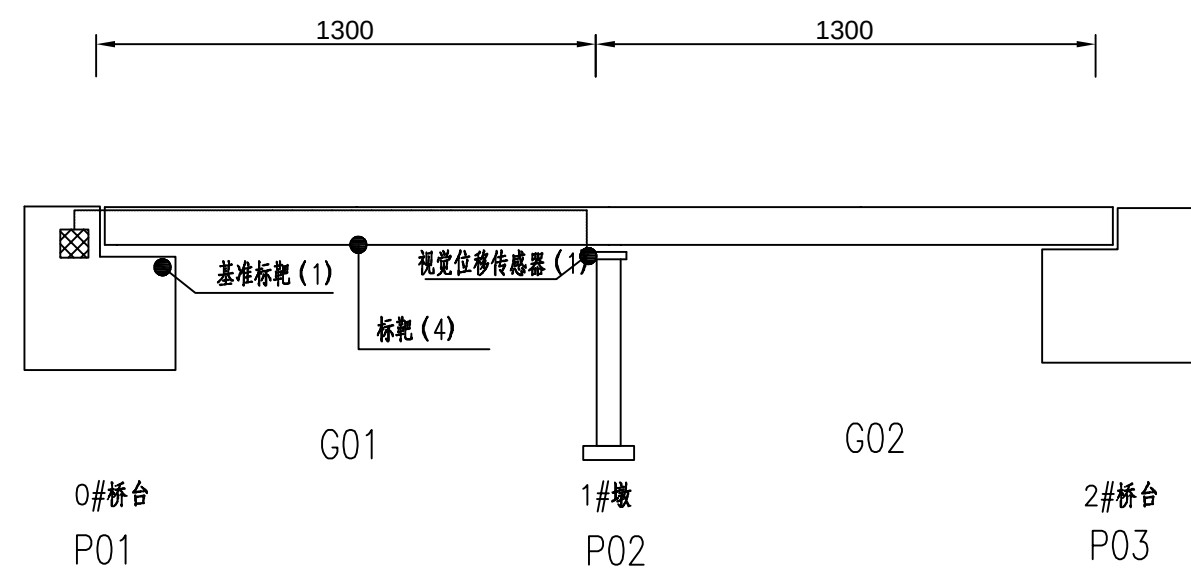
视觉位移传感器 (P01)



竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02	1	右幅
2		标靶	G01 P01	5	右幅

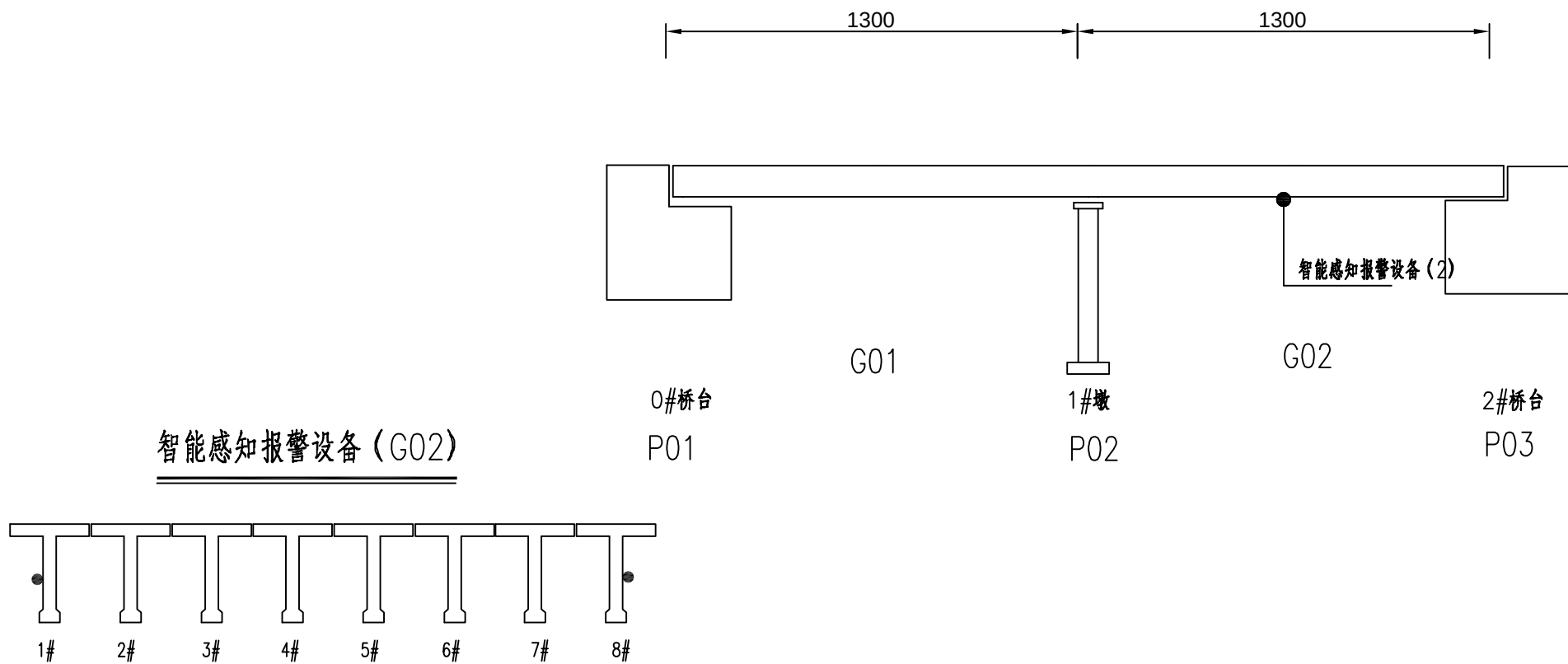
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	13	右幅
2		电源线	m	13	右幅

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



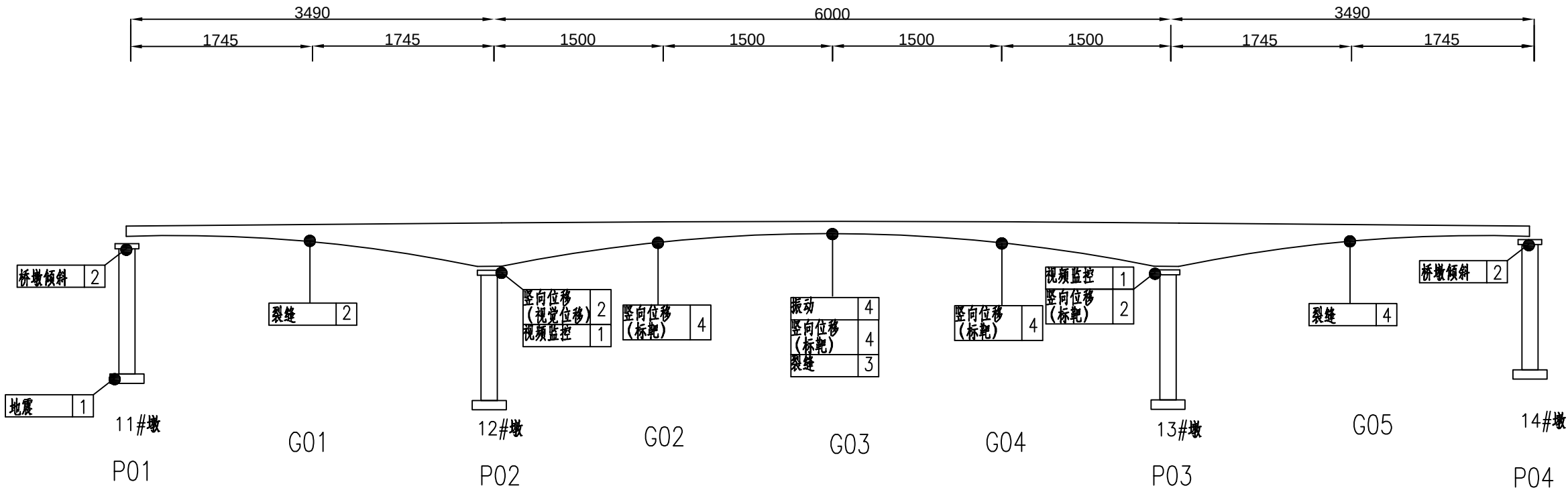
振动测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	振动	智能感知报警设备	G02	2	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。

2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

总体测点布置图

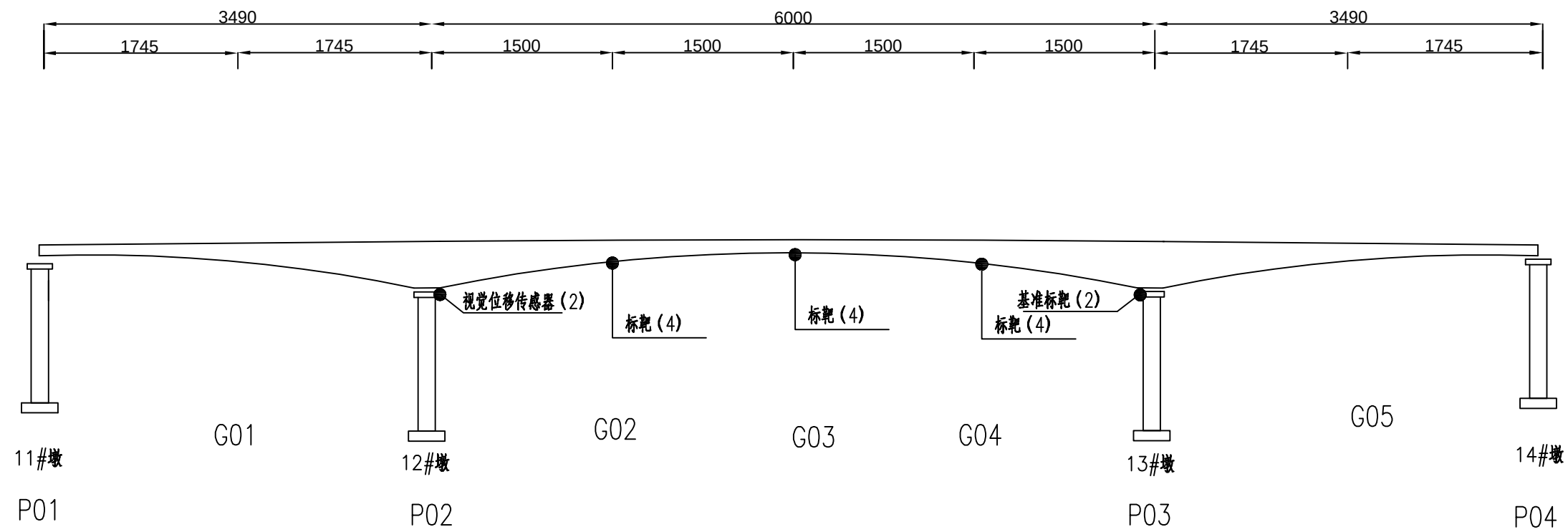


监测内容汇总表

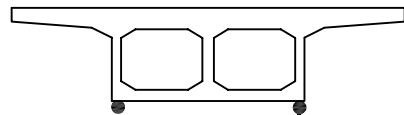
监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
高烈度地震区桥梁	振动监测（地震）	三向加速度传感器	11#墩承台	1	
重点结构桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	12#墩盖梁	2	左右幅
		标靶	13跨1/4、1/2、3/4，每个截面4个测点； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面2个测点	14	左右幅
	桥墩倾斜	倾角仪	左右幅11、14#墩墩顶各布设1个测点	4	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	左幅第12跨箱梁内2个测点，13跨箱梁内2个测点，14跨箱梁内3个测点； 右幅第13跨箱梁内1个测点，14跨箱梁内1个测点。	9	
重载重载交通桥梁	振动监测	智能感知报警设备	第13跨1/2处，每个截面4个测点	4	左右幅
	视频监控	智能球机	12、13#墩盖梁	2	监测桥下空间

附注：
1.本图尺寸以厘米为单位。

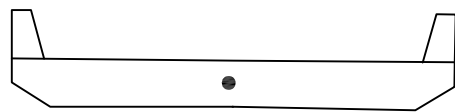
监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	1	标靶	KG35Q-DIS-G02-001-01	左幅第13跨箱梁1/4处
		2		KG35Q-DIS-G02-001-02	左幅第13跨箱梁1/4处
		3		KG35Q-DIS-G02-002-01	右幅第13跨箱梁1/4处
		4		KG35Q-DIS-G02-002-02	右幅第13跨箱梁1/4处
		5		KG35Q-DIS-G03-001-01	左幅第13跨箱梁1/2处
		6		KG35Q-DIS-G03-001-02	左幅第13跨箱梁1/2处
		7		KG35Q-DIS-G03-002-01	右幅第13跨箱梁1/2处
		8		KG35Q-DIS-G03-002-02	右幅第13跨箱梁1/2处
		9		KG35Q-DIS-G04-001-01	左幅第13跨箱梁3/4处
		10		KG35Q-DIS-G04-001-02	左幅第13跨箱梁3/4处
		11		KG35Q-DIS-G04-002-01	右幅第13跨箱梁3/4处
		12		KG35Q-DIS-G04-002-02	右幅第13跨箱梁3/4处
二	裂缝	1	裂缝传感器	KG35Q-CRK-G01-001-01	左幅第12跨箱梁内
		2		KG35Q-CRK-G01-001-02	左幅第12跨箱梁内
		3		KG35Q-CRK-G02-001-01	左幅第13跨箱梁内
		4		KG35Q-CRK-G02-001-02	左幅第13跨箱梁内
		5		KG35Q-CRK-G05-001-01	左幅第14跨箱梁内
		6		KG35Q-CRK-G05-001-02	左幅第14跨箱梁内
		7		KG35Q-CRK-G05-001-03	左幅第14跨箱梁内
		8		KG35Q-CRK-G02-002-01	右幅第13跨箱梁内
		9		KG35Q-CRK-G05-002-01	右幅第14跨箱梁内
三	地震	1	三向加速度传感器	KG35Q-VIE-P01-001-01	左幅11#墩承台
		2		KG35Q-VIE-P01-001-02	
		3		KG35Q-VIE-P01-001-03	
四	振动	1	智能感知报警设备	KG35Q-VIB-G03-001-01	左幅第13跨箱梁1/2处
		2		KG35Q-VIB-G03-001-02	左幅第13跨箱梁1/2处
		3		KG35Q-VIB-G03-002-01	右幅第13跨箱梁1/2处
		4		KG35Q-VIB-G03-002-02	右幅第13跨箱梁1/2处
五	桥墩倾斜	1	倾角仪	KG35Q-INC-P01-001-01	左幅11#墩墩顶
		2		KG35Q-INC-P01-002-01	右幅11#墩墩顶
		3		KG35Q-INC-P04-001-01	左幅14#墩墩顶
		4		KG35Q-INC-P04-002-01	右幅14#墩墩顶



标靶 (G02、03、04)



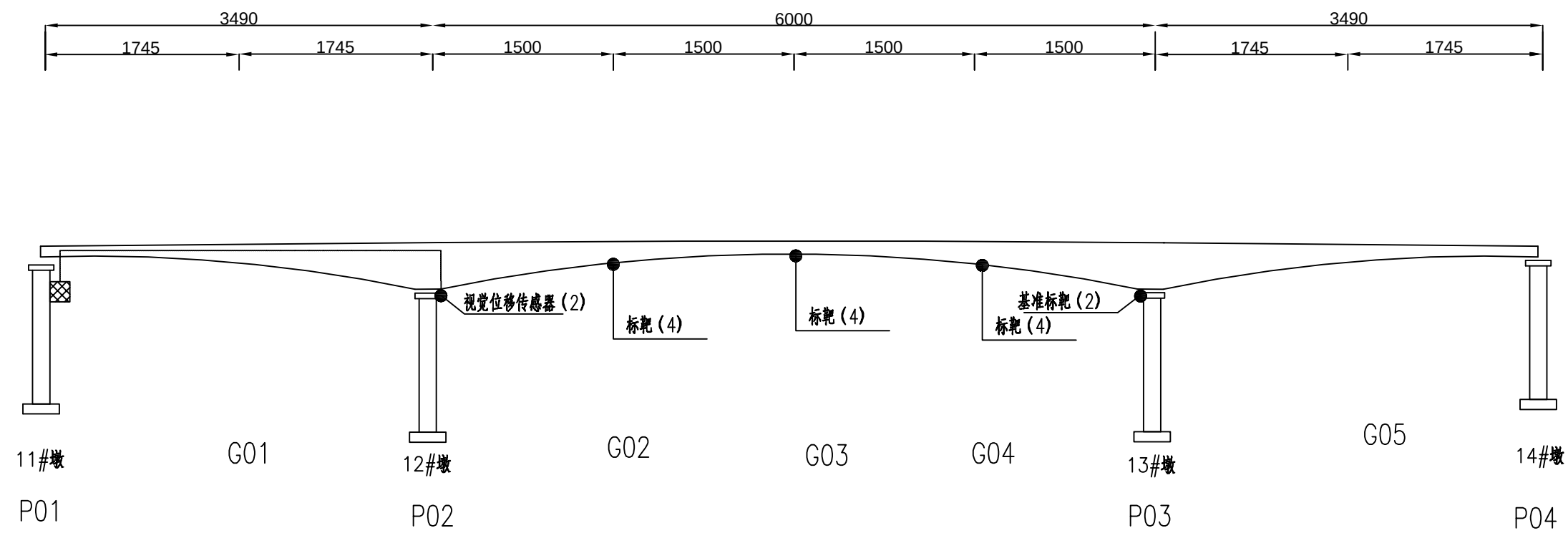
视觉位移传感器 (P03)



竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02、03	2	左右幅
2		标靶	G02~04 P03	14	左右幅

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

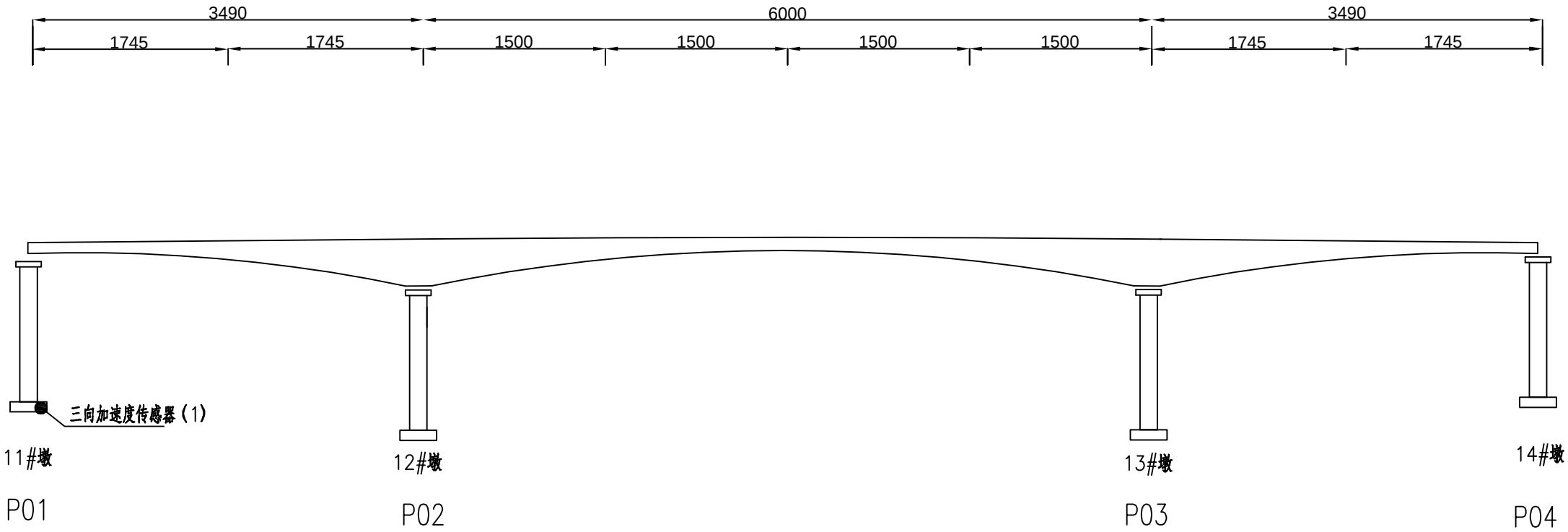


线缆数量表

序号	设备名称	材料名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	80	左右幅
2		电源线	m	80	左右幅

附注：

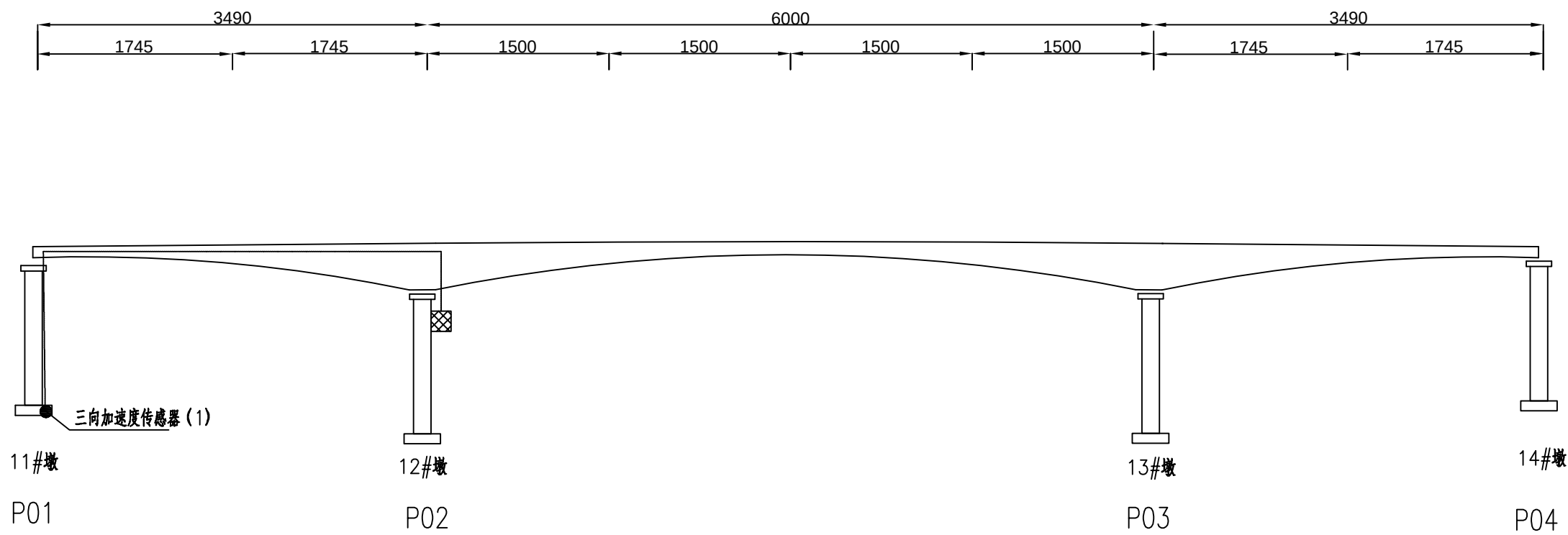
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



地震测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	地震	三向加速度传感器	P01	1	

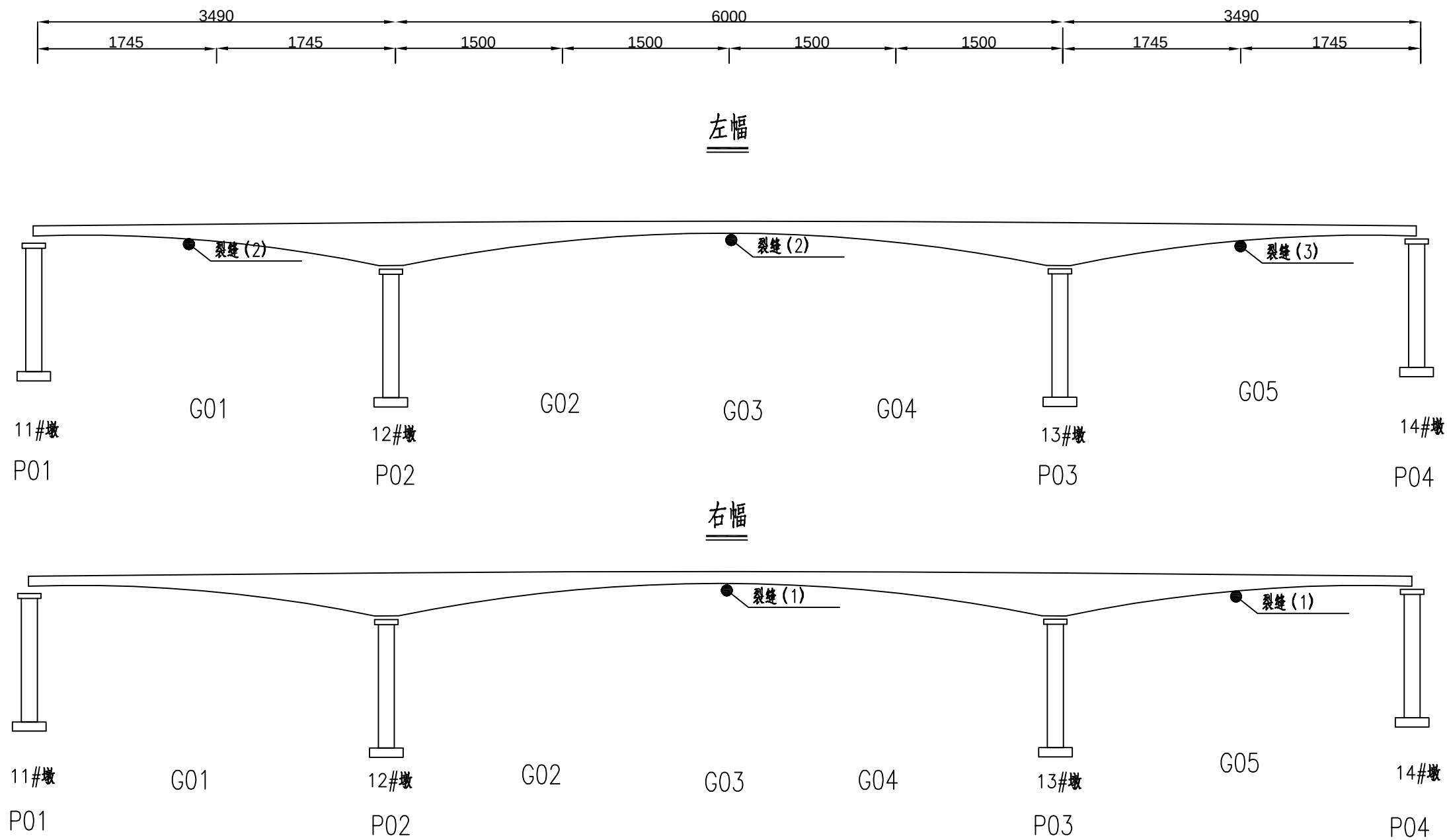
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	材料名称	单位	数量	备注
1	三向加速度传感器	RVVP4x0.5mm2信号线	m	30	左右幅

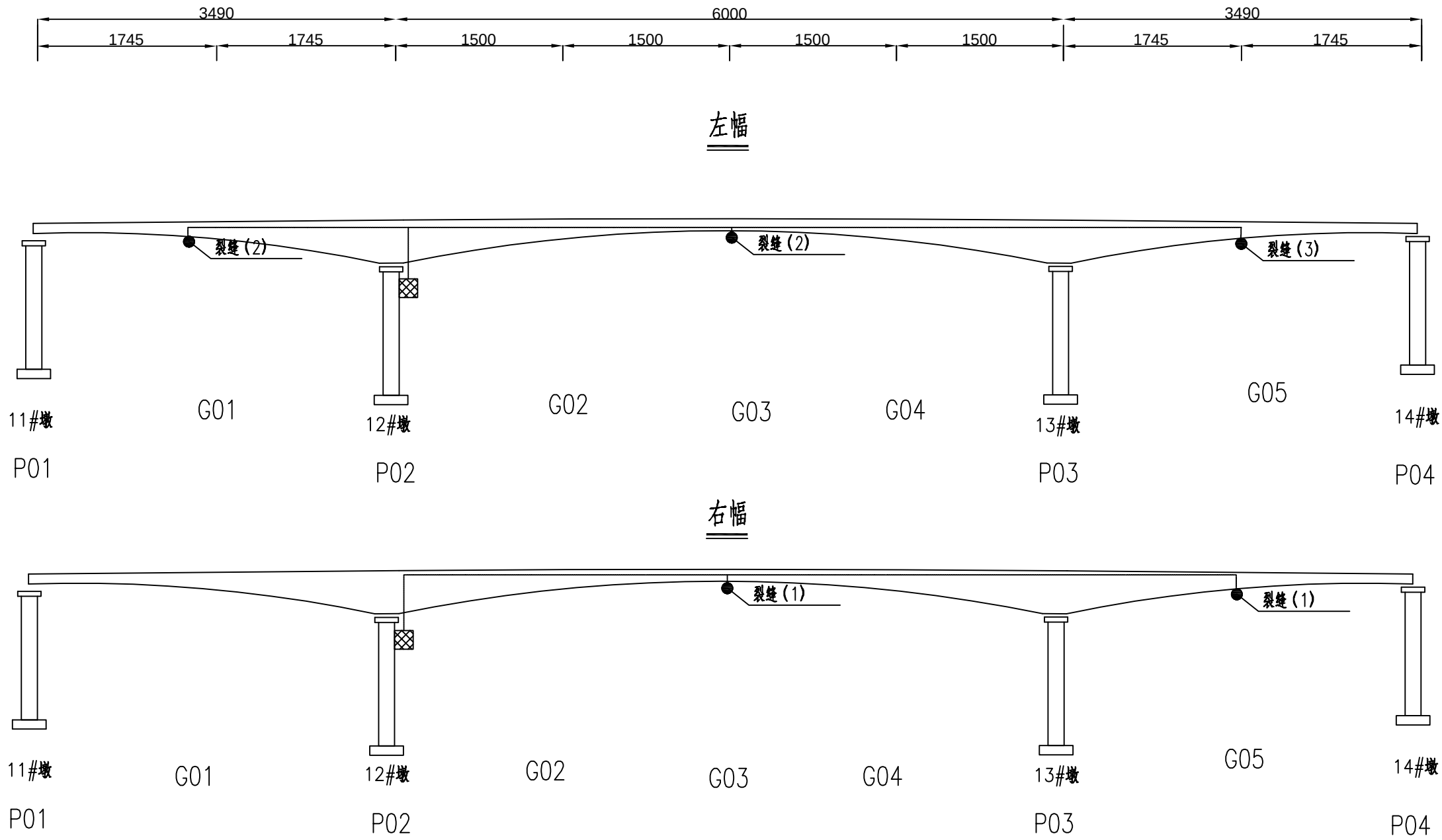
- 附注：
- 本图尺寸以厘米为单位。
 - 表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



裂缝测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	裂缝	裂缝传感器	G01~05	9	

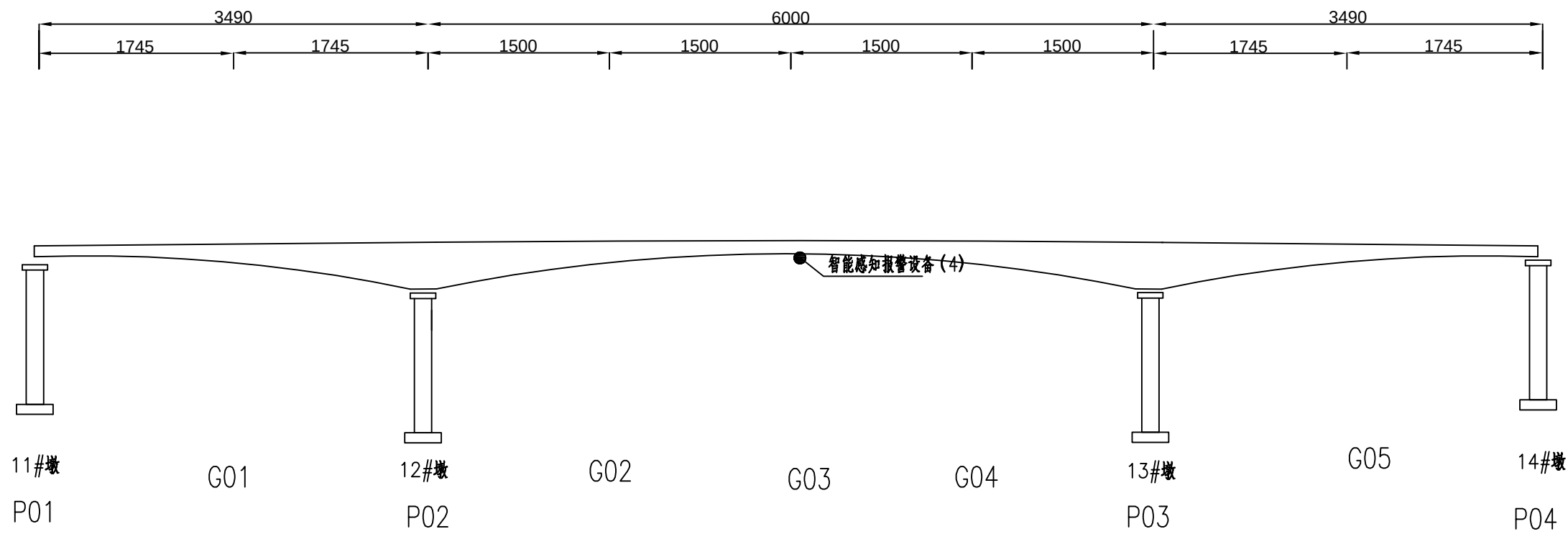
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



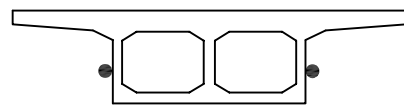
线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	裂缝传感器	RWP4x0.5mm2信号线	m	512.15	左右幅

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



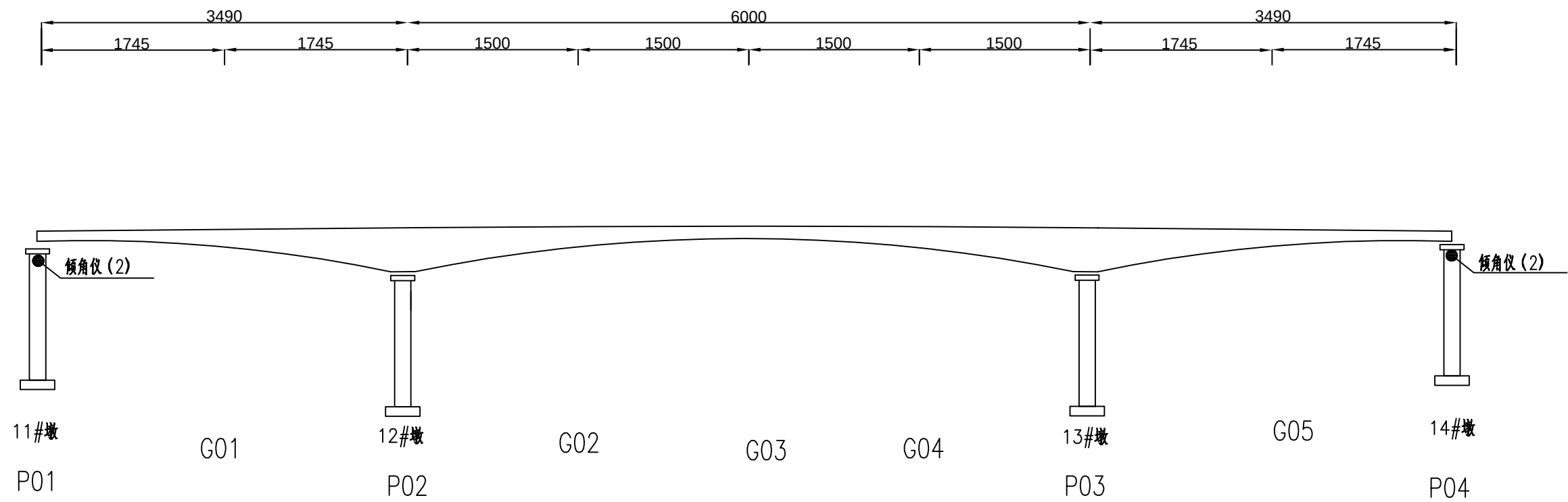
智能感知报警设备 (G03)



振动测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	振动	智能感知报警设备	G03	4	

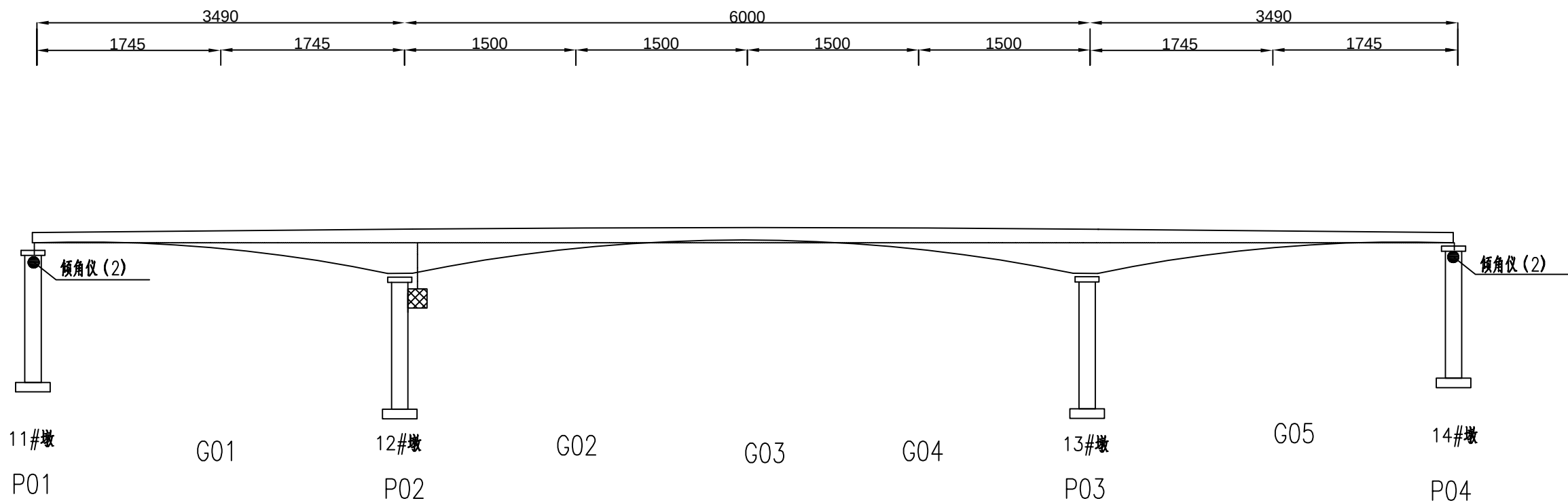
- 附注：
- 本图尺寸以厘米为单位。
 - 表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



桥墩倾斜测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	桥墩倾斜	倾角仪	P01、04	4	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



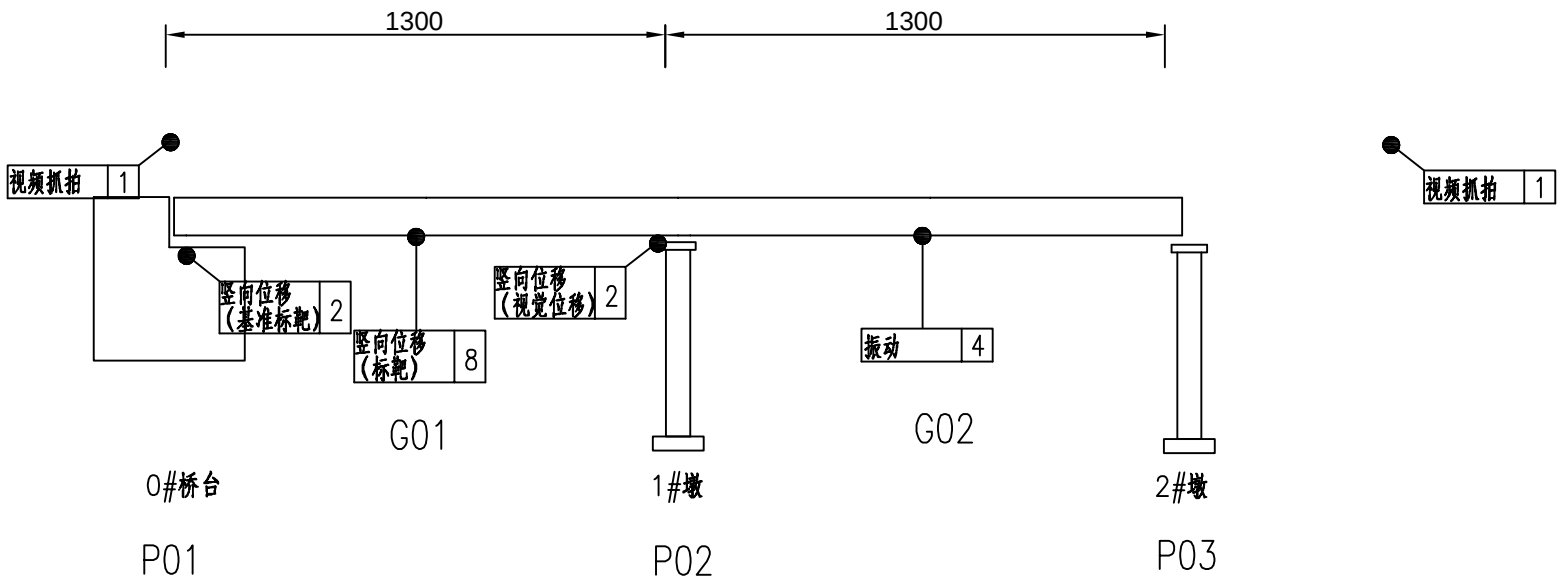
线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	倾角仪	RWP4x0.5mm2信号线	m	512.15	左右幅

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。

2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

总体测点布置图

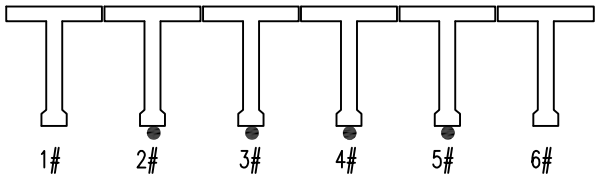
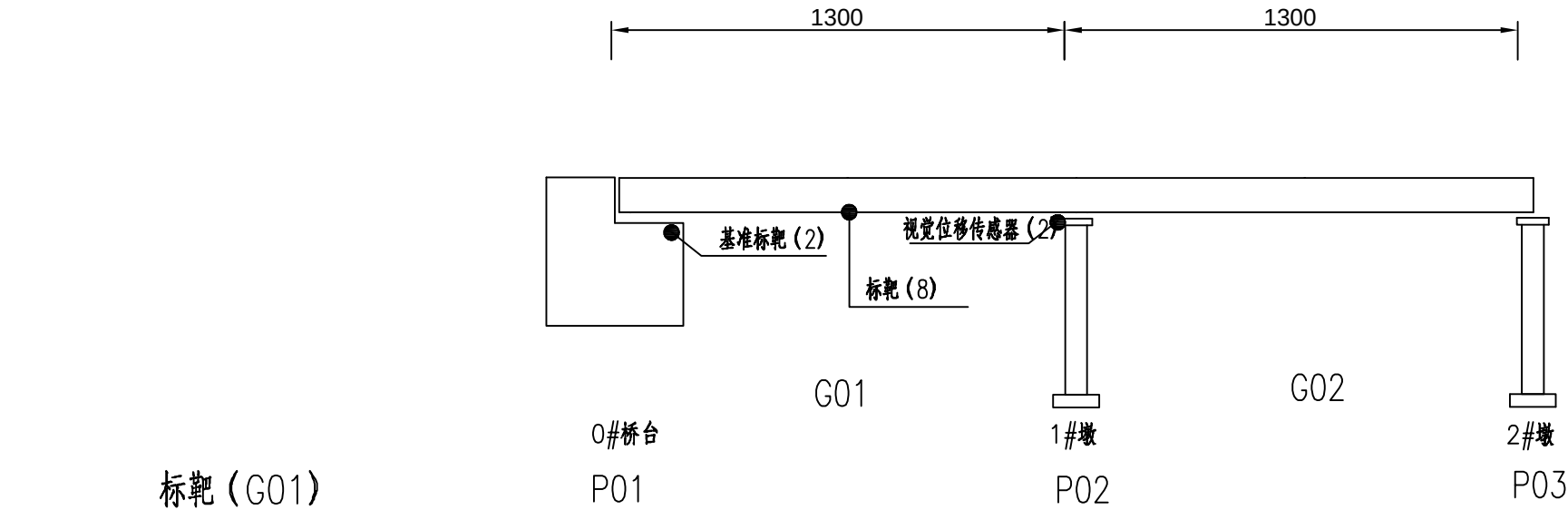


监测内容汇总表

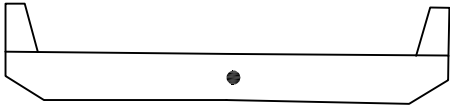
监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁两侧	2	左右幅
		标靶	第1跨2-5#T梁1/2处； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面2个测点	10	左右幅
	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各1个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第2跨1、8#T梁1/2处，每个截面2个测点	4	左右幅

附注：
1.本图尺寸以厘米为单位。

监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	1	标靶	QJQZQ-DIS-G01-002-01	左幅第1跨2#T梁1/2处
		2		QJQZQ-DIS-G01-003-01	左幅第1跨3#T梁1/2处
		3		QJQZQ-DIS-G01-004-01	左幅第1跨4#T梁1/2处
		4		QJQZQ-DIS-G01-005-01	左幅第1跨5#T梁1/2处
		5		QJQZQ-DIS-G01-008-01	右幅第1跨2#T梁1/2处
		6		QJQZQ-DIS-G01-009-01	右幅第1跨3#T梁1/2处
		7		QJQZQ-DIS-G01-0010-01	右幅第1跨4#T梁1/2处
		8		QJQZQ-DIS-G01-0011-01	右幅第1跨5#T梁1/2处
二	振动	1	智能感知报警设备	QJQZQ-VIB-G02-001-01	左幅第2跨1#T梁1/2处
		2		QJQZQ-VIB-G02-006-02	左幅第2跨6#T梁1/2处
		3		QJQZQ-VIB-G02-007-01	右幅第2跨1#T梁1/2处
		4		QJQZQ-VIB-G02-012-02	右幅第2跨6#T梁1/2处



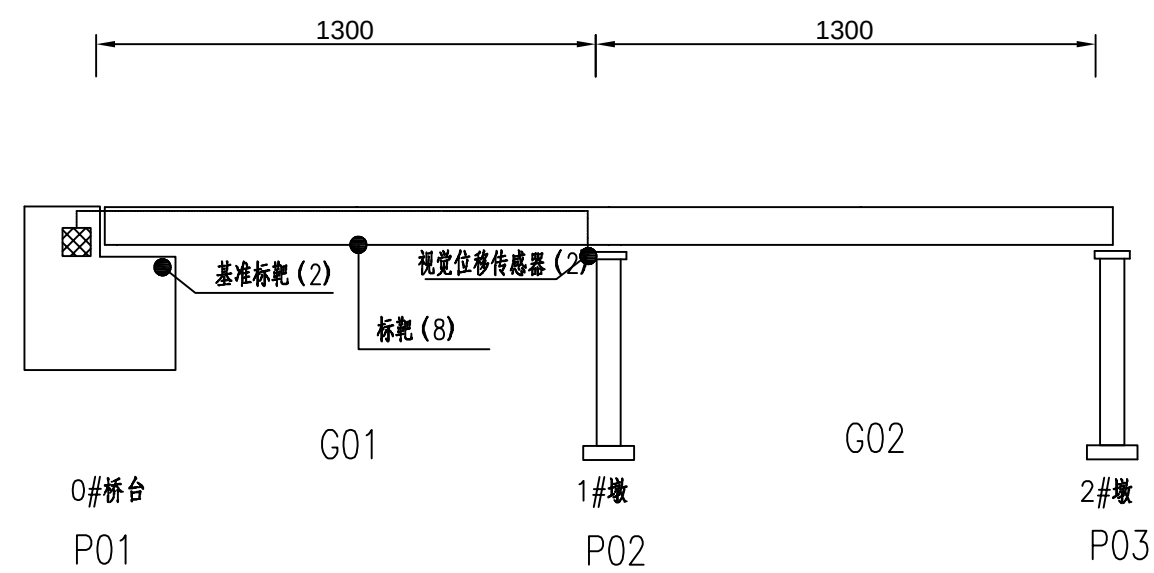
视觉位移传感器 (P02)



竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02	2	左右幅
2		标靶	G01、P01	10	左右幅

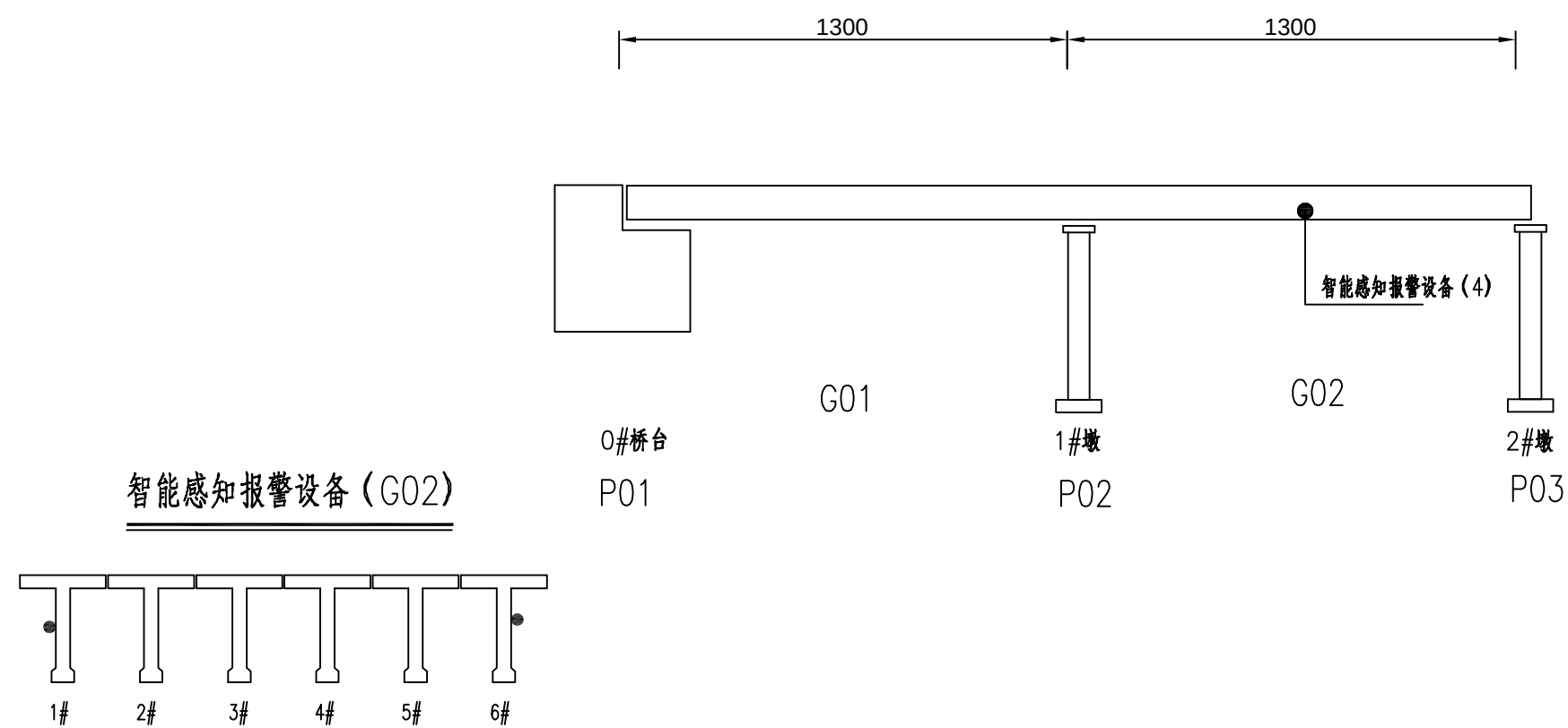
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	30	左右幅
2		电源线	m	30	左右幅

- 附注：
- 本图尺寸以厘米为单位。
 - 表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



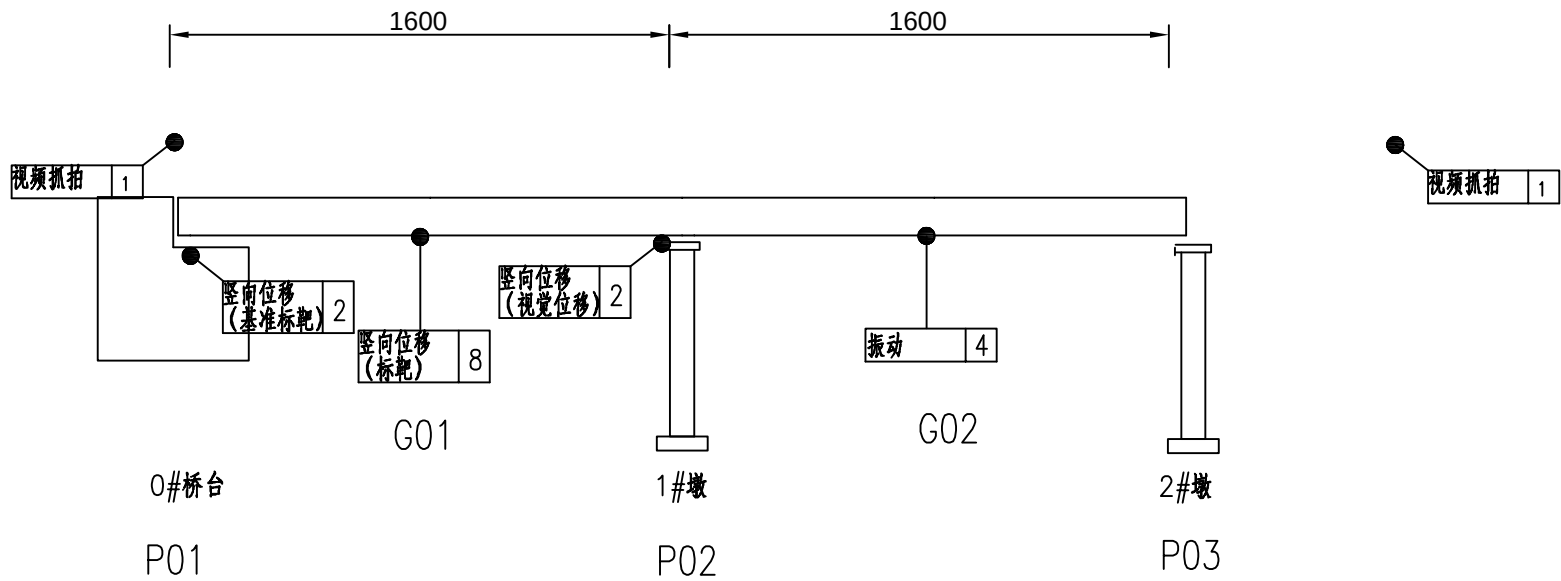
振动测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	振动	智能感知报警设备	G02	4	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。

2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

总体测点布置图



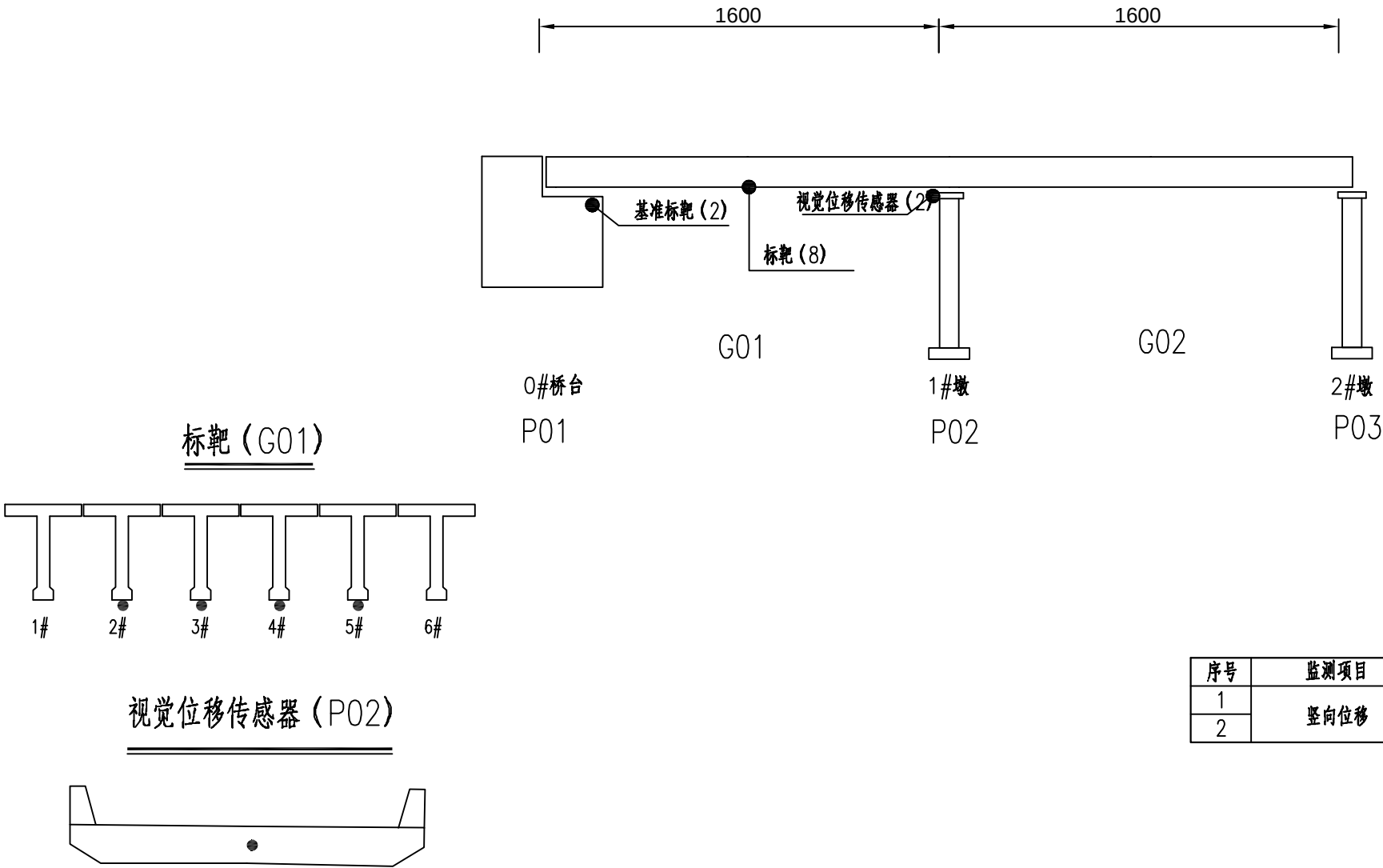
监测内容汇总表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
重载交通桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	1#墩盖梁两侧	2	左右幅
		标靶	第1跨2-5#T梁1/2处； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面2个测点	10	左右幅
	视频监控	智能球机	左右幅桥头迎车方向各1个	2	具有拥堵、事故、重车聚集、危险品车辆识别等智能功能
	振动监测	智能感知报警设备	第2跨1、8#T梁1/2处，每个截面2个测点	4	左右幅

附注：

1.本图尺寸以厘米为单位。

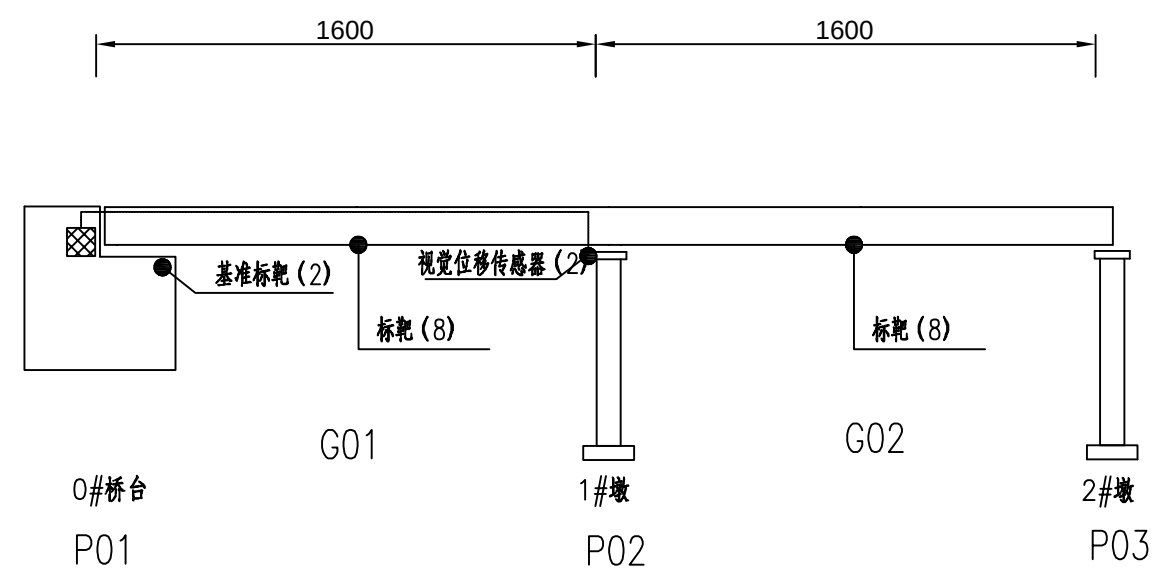
监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	1	标靶	QJQ-DIS-G01-002-01	左幅第1跨2#T梁1/2处
		2		QJQ-DIS-G01-003-01	左幅第1跨3#T梁1/2处
		3		QJQ-DIS-G01-004-01	左幅第1跨4#T梁1/2处
		4		QJQ-DIS-G01-005-01	左幅第1跨5#T梁1/2处
		5		QJQ-DIS-G01-008-01	右幅第1跨2#T梁1/2处
		6		QJQ-DIS-G01-009-01	右幅第1跨3#T梁1/2处
		7		QJQ-DIS-G01-0010-01	右幅第1跨4#T梁1/2处
		8		QJQ-DIS-G01-0011-01	右幅第1跨5#T梁1/2处
二	振动	1	智能感知报警设备	QJQ-VIB-G02-001-01	左幅第2跨1#T梁1/2处
		2		QJQ-VIB-G02-006-02	左幅第2跨6#T梁1/2处
		3		QJQ-VIB-G02-007-01	右幅第2跨1#T梁1/2处
		4		QJQ-VIB-G02-012-02	右幅第2跨6#T梁1/2处



竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02	2	左右幅
2		标靶	G01、P01	10	左右幅

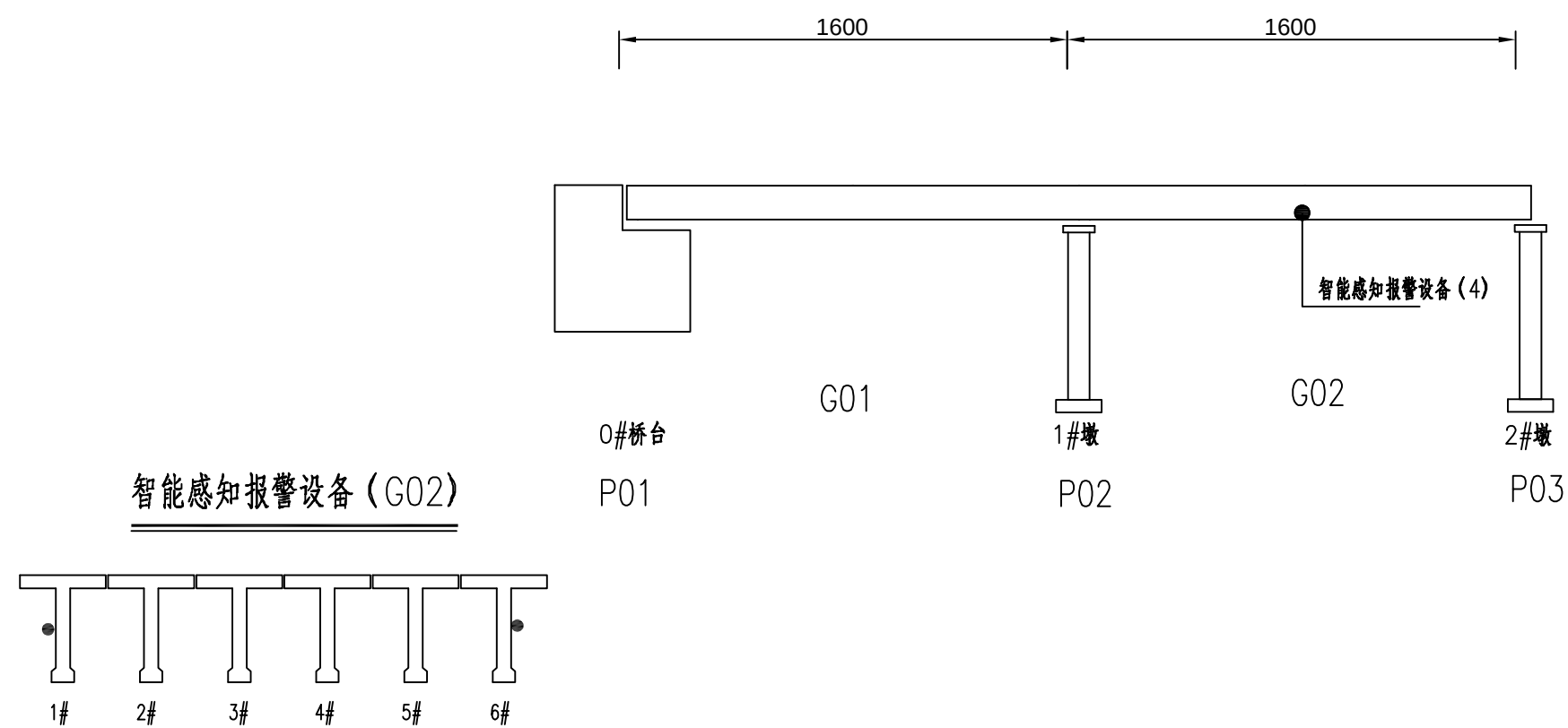
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	32	左右幅
2		电源线	m	32	左右幅

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

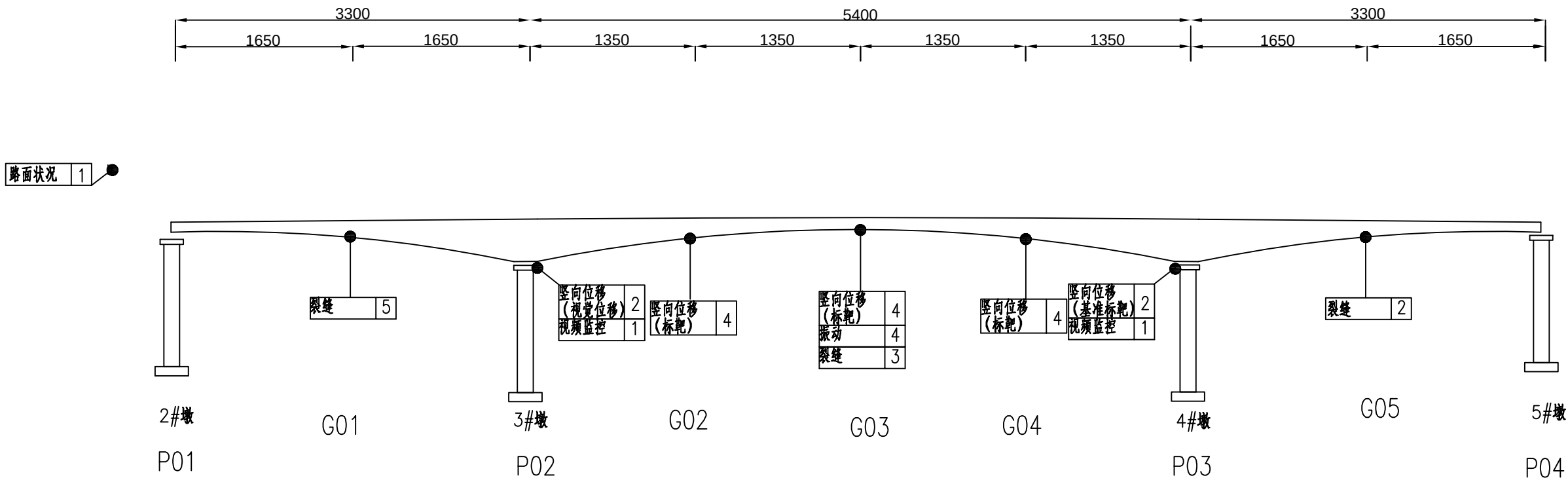


振动测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	振动	智能感知报警设备	G02	4	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

总体测点布置图



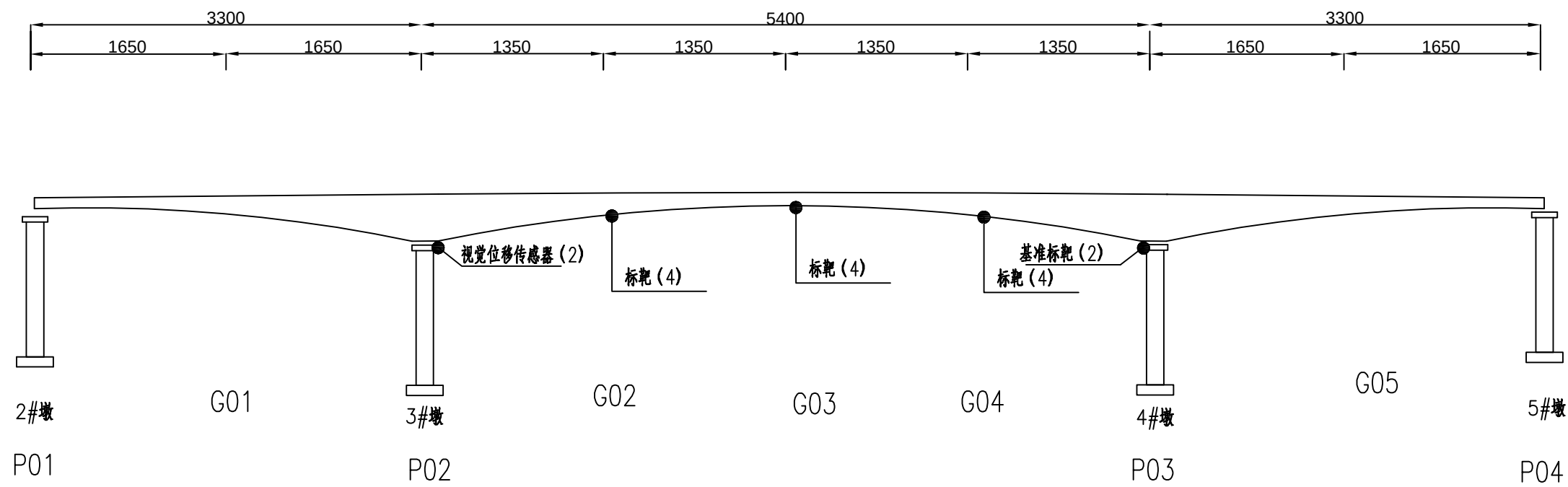
监测内容汇总表

监测场景	监测项目	监测设备	布设情况	测点数量	备注
技术状况差桥梁	竖向位移	视觉位移传感器	3#墩盖梁	2	左右幅
		标靶	4跨1/4、1/2、3/4，每个截面4个测点； 基准标靶位于对向盖梁位置，每个截面2个测点	14	左右幅
	裂缝监测	裂缝传感器	左幅3#箱梁外2个测点，4#箱梁外2个测点，5#箱梁外1个测点； 右幅3#箱梁外3个测点，4#箱梁外1个测点，5#箱梁外1个测点	10	
重载交通桥梁	视频监控	智能球机	3、4#墩盖梁	2	
	振动监测	智能感知报警设备	第4跨1/2处，每个截面4个测点	4	左右幅

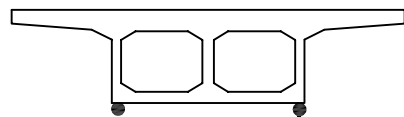
附注：

1.本图尺寸以厘米为单位。

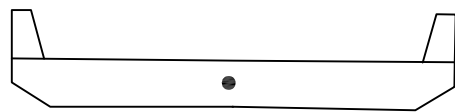
监测项目		序号	设备	编号	备注
一	竖向位移	1	标靶	PHZGQ-DIS-G02-001-01	左幅第4跨箱梁1/4处
		2		PHZGQ-DIS-G02-001-02	左幅第4跨箱梁1/4处
		3		PHZGQ-DIS-G02-002-01	右幅第4跨箱梁1/4处
		4		PHZGQ-DIS-G02-002-02	右幅第4跨箱梁1/4处
		5		PHZGQ-DIS-G03-001-01	左幅第4跨箱梁1/2处
		6		PHZGQ-DIS-G03-001-02	左幅第4跨箱梁1/2处
		7		PHZGQ-DIS-G03-002-01	右幅第4跨箱梁1/2处
		8		PHZGQ-DIS-G03-002-02	右幅第4跨箱梁1/2处
		9		PHZGQ-DIS-G04-001-01	左幅第4跨箱梁3/4处
		10		PHZGQ-DIS-G04-001-02	左幅第4跨箱梁3/4处
		11		PHZGQ-DIS-G04-002-01	右幅第4跨箱梁3/4处
		12		PHZGQ-DIS-G04-002-02	右幅第4跨箱梁3/4处
二	裂缝	1	裂缝传感器	PHZGQ-CRK-G01-001-01	左幅第3跨箱梁外
		2		PHZGQ-CRK-G01-001-02	左幅第3跨箱梁外
		3		PHZGQ-CRK-G02-001-01	左幅第4跨箱梁外
		4		PHZGQ-CRK-G02-001-02	左幅第4跨箱梁外
		5		PHZGQ-CRK-G05-001-01	左幅第5跨箱梁外
		6		PHZGQ-CRK-G01-002-01	右幅第3跨箱梁外
		7		PHZGQ-CRK-G01-002-02	右幅第3跨箱梁外
		8		PHZGQ-CRK-G01-002-03	右幅第3跨箱梁外
		9		PHZGQ-CRK-G02-002-01	右幅第4跨箱梁外
		10		PHZGQ-CRK-G05-002-01	右幅第5跨箱梁外
三	振动	1	智能感知报警设备	PHZGQ-VIB-G03-001-01	左幅第4跨箱梁1/2处
		2		PHZGQ-VIB-G03-001-02	左幅第4跨箱梁1/2处
		3		PHZGQ-VIB-G03-002-01	右幅第4跨箱梁1/2处
		4		PHZGQ-VIB-G03-002-02	右幅第4跨箱梁1/2处



标靶 (G02~04)



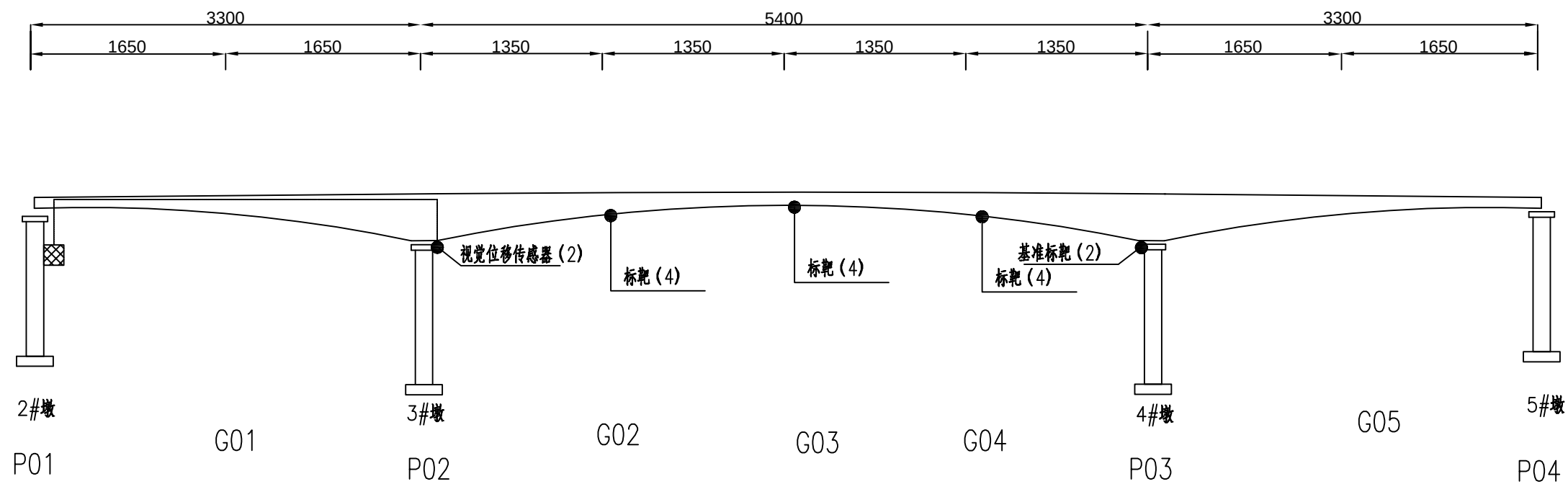
视觉位移传感器 (P03)



竖向位移测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	竖向位移	视觉位移传感器	P02	2	左右幅
2		标靶	G03、P03	14	左右幅

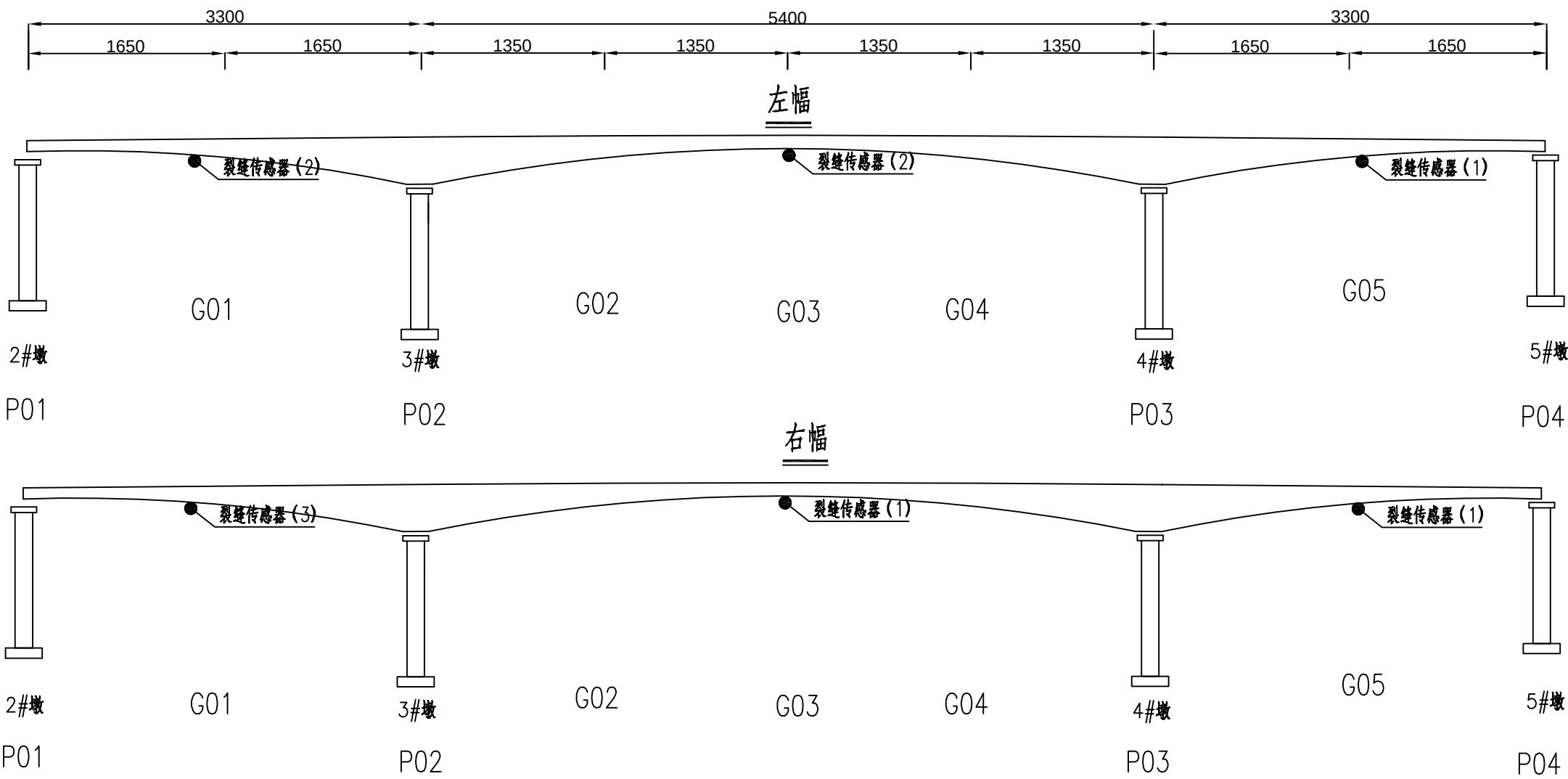
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	视觉位移传感器	光纤	m	66	左右幅
2		电源线	m	66	左右幅

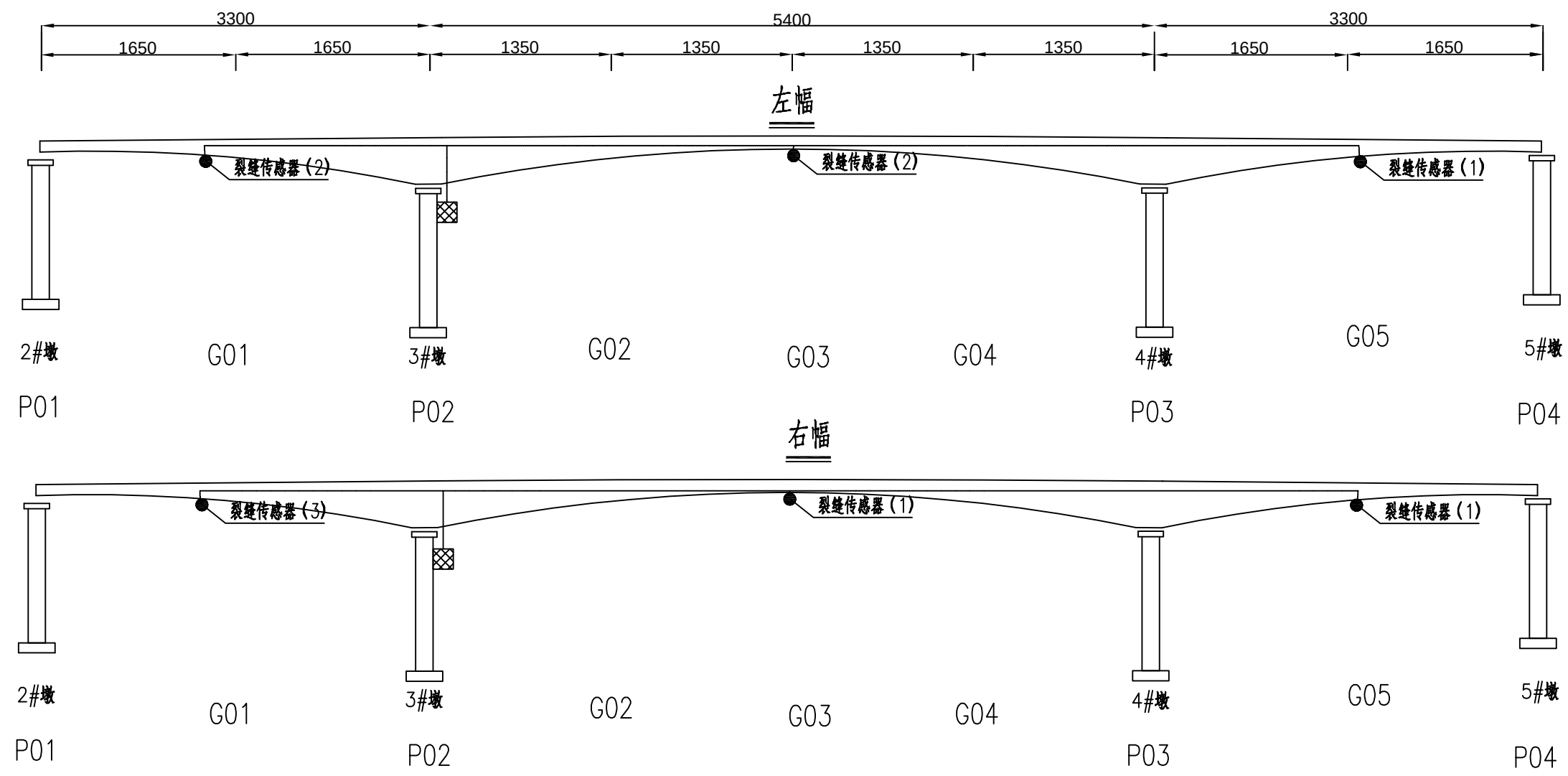
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



裂缝测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	裂缝	裂缝传感器	G01~05	10	

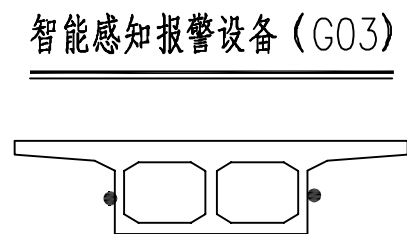
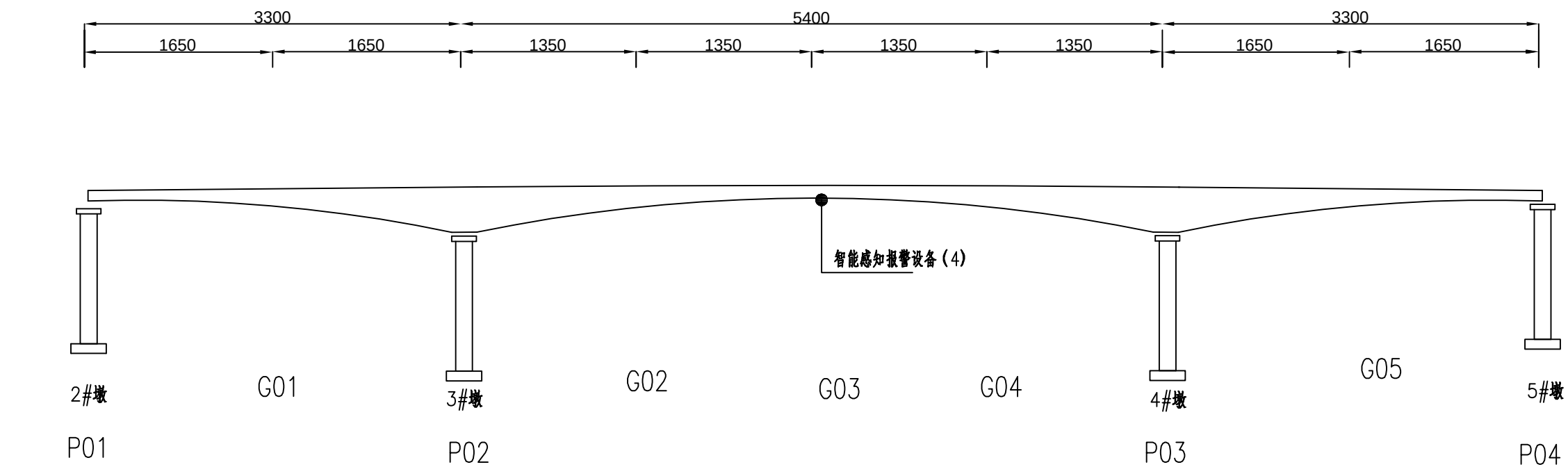
- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。



线缆数量表

序号	设备名称	辅材名称	单位	数量	备注
1	裂缝传感器	RVP4x0.5mm2信号线	m	304.5	左右幅

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
- 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

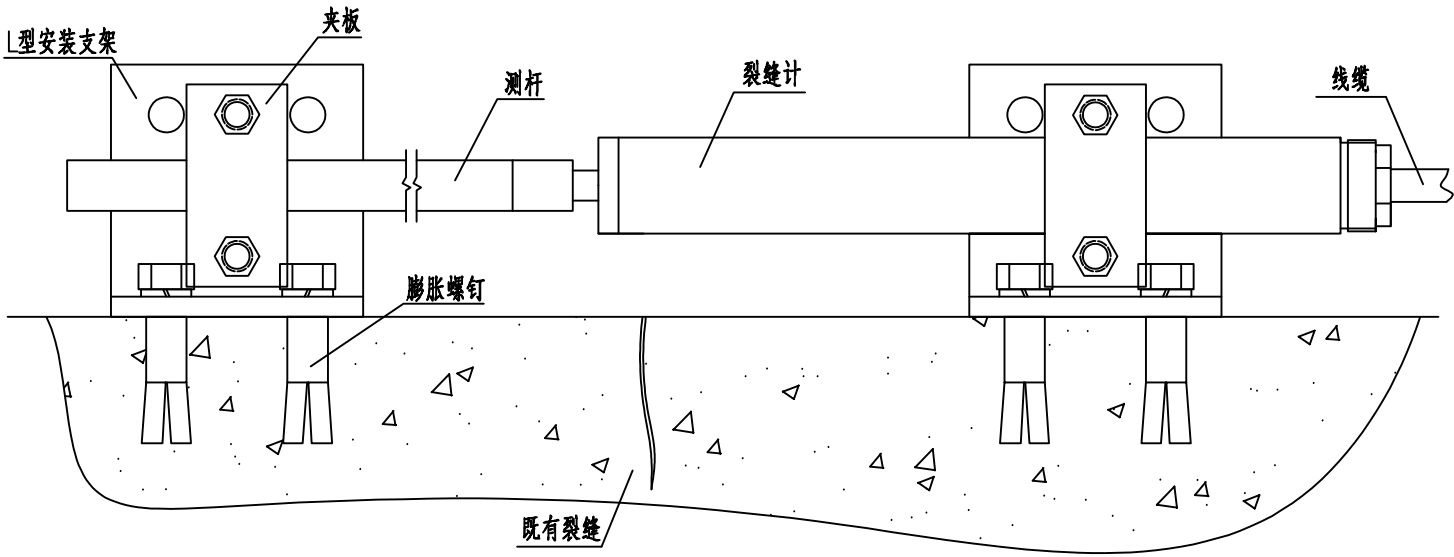


振动测点布置

序号	监测项目	设备类型	截面	数量	备注
1	振动	智能感知报警设备	G03	4	

- 附注：
- 1.本图尺寸以厘米为单位。
 - 2.●表示测点，测点布置的具体位置详见各类型传感器测点布置图。

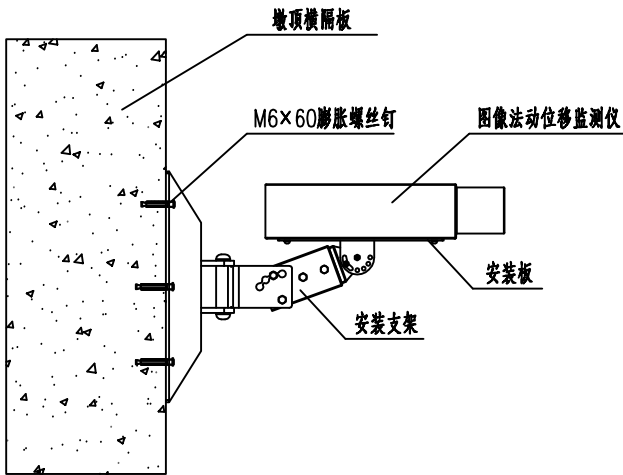
裂缝传感器安装示意图



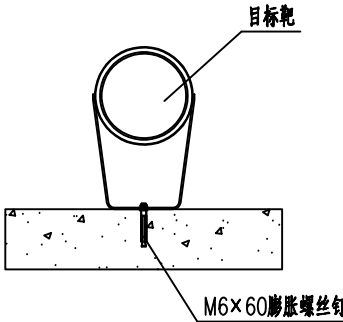
附注：
1.本图尺寸均以mm计；
2.倾角仪安装时传感器+X沿大桩号方向布置；
3.倾角仪安装应保证安装支架水平。

六安市公路管理处	六安市2025年普通国省干线公路养护工程 G105京澳线桥群结构监测系统项目	裂缝传感器安装示意图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			松涛	王路遥	孙以华	2025.3	SIV-13	

视觉位移传感器安装示意图



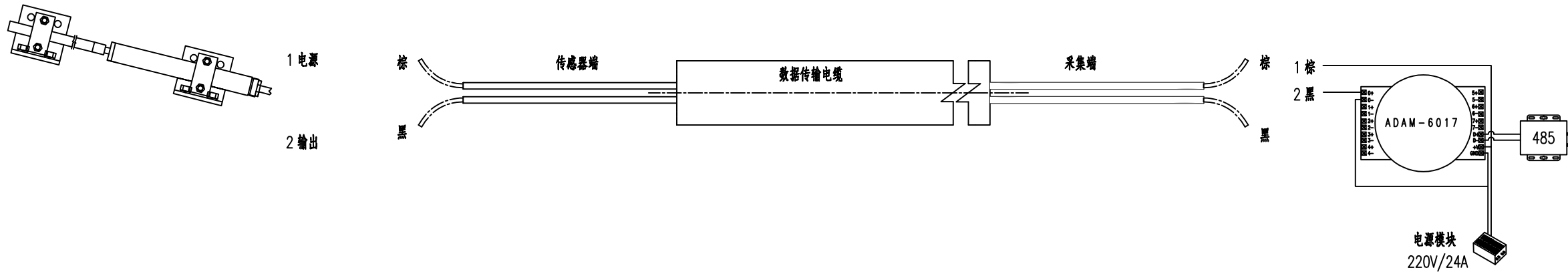
目标靶安装示意图



- 附注：
- 1.应变传感器应纵桥向布置，传感器具体安装位置见测点布置详图；
 - 2.保护罩用M5螺栓固定在结构表面，保护罩采用1mm厚不锈钢板折弯制作；
 - 3.主梁挠度监测安装时目标靶靶心应对向光电挠度仪，并确保测试数据有效；
 - 4.各加工件加工完成后需磨光处理。

六安市公路管理处	六安市2025年普通国省干线公路养护工程 G105京澳线桥群结构监测系统项目	视觉位移传感器安装示意图	设计	复核	审核	日期	图表号	华设设计集团股份有限公司
			松涛	王路遥	孙心怡	2025.3	SIV-14	

裂缝传感器接线示意图



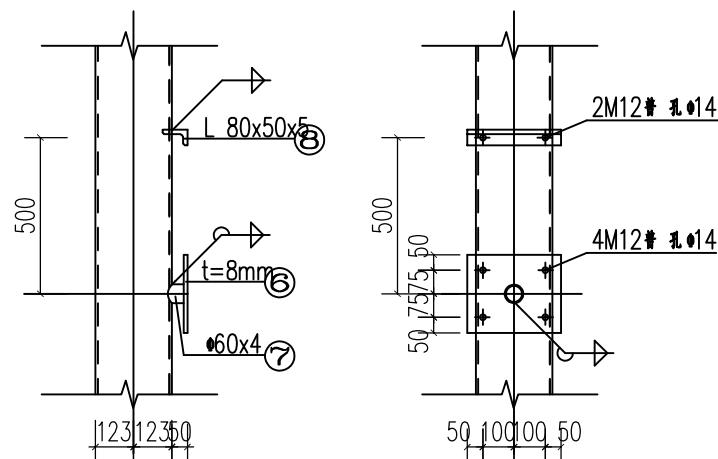
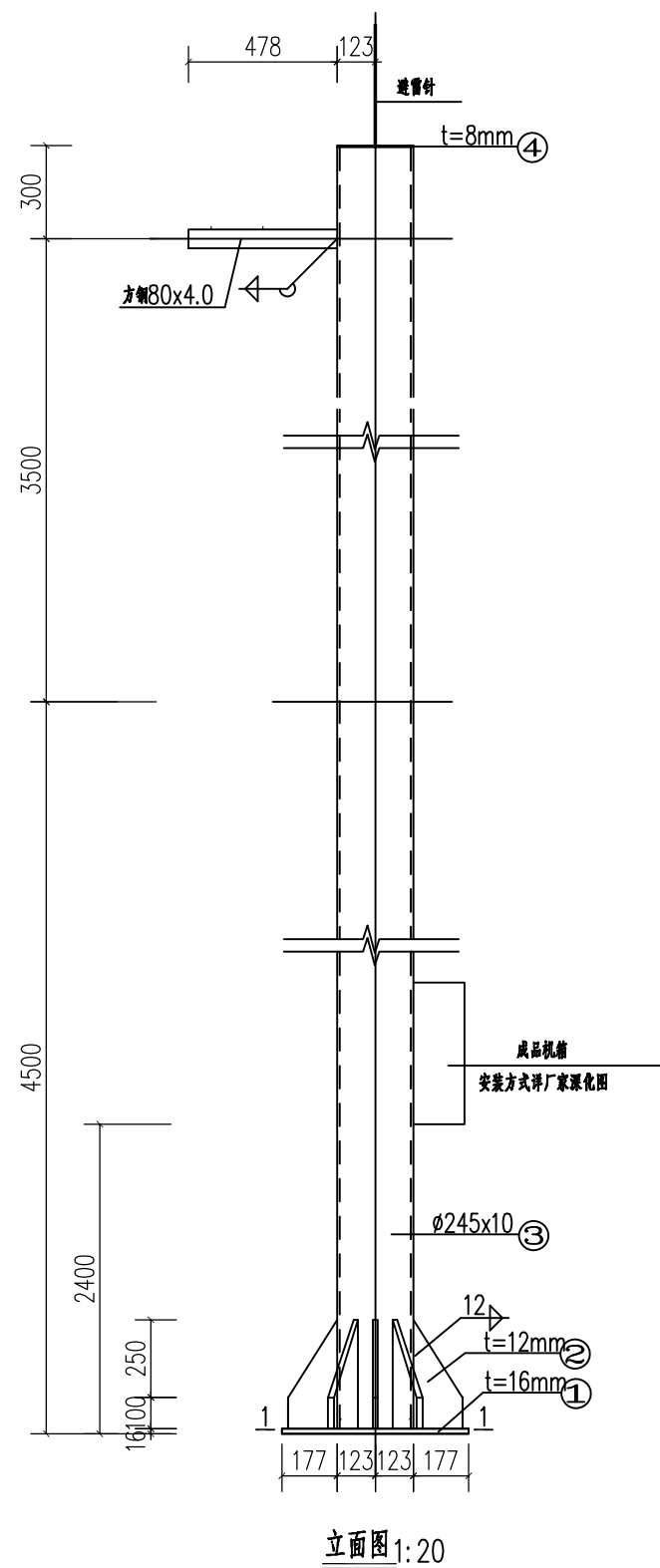
接线关系对应表

序号	接线排	用途	接线颜色	传输线缆	描述
1	1#	电源+	棕	芯1	接24V+
2	2#	输出	黑	芯2	输出信号

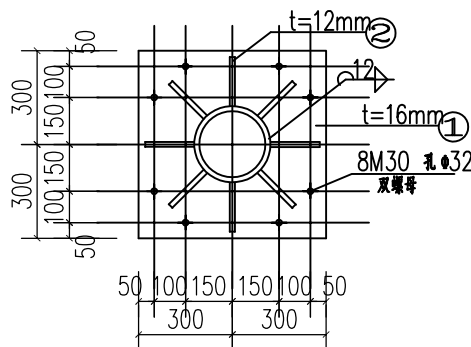
附注：

1.本图为接线示意图，可根据供电、数据传输电缆实际配色调整；

2.供电、数据传输电缆优先选用机电设备原装线缆。



机箱安装底座 1:20
可根据机箱型号和尺寸作相应调整



1-1 1:20

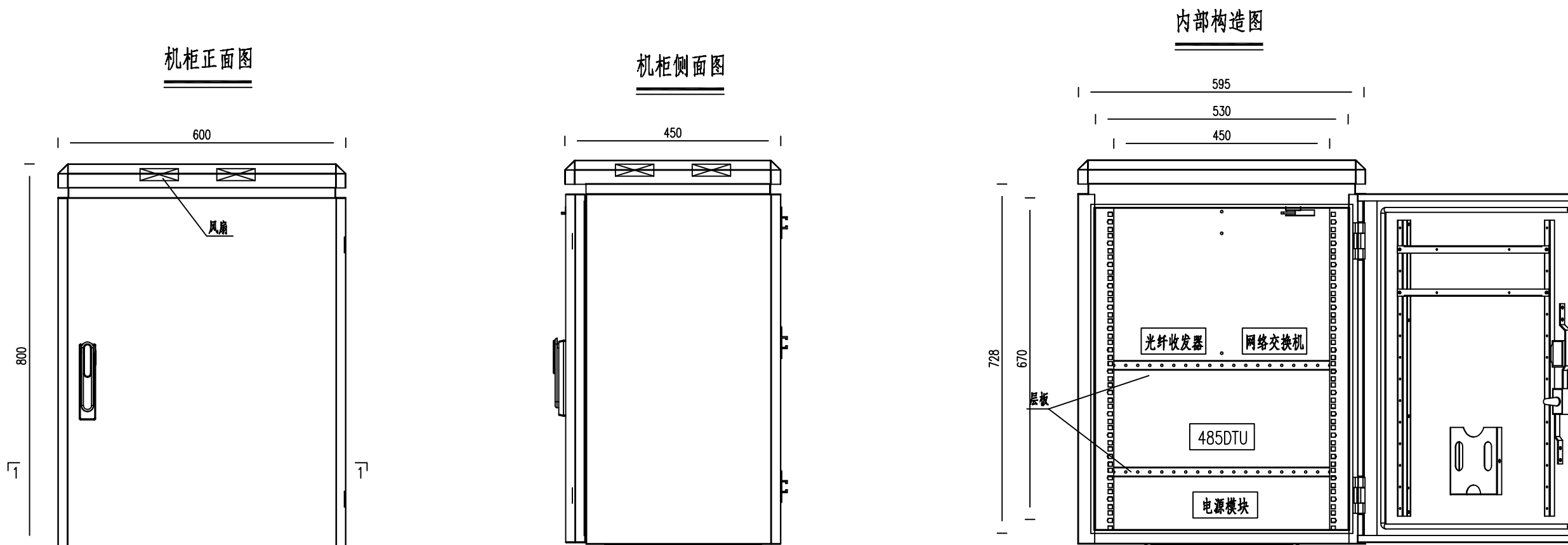
工程材料(主要)数量表

序号	材料名称	规格型号	长度(mm)	数量	单件重(kg)	合计重(kg)
1	板材	600x16	600	1	45.2	45.2
2	板材	160x12	350	8	5.28	42.2
3	钢管	ø245x10	8300	1	712.8	712.8
4	板材	245x8	245	1	3.8	3.8
5	方钢	80x4.0	480	1	4.58	4.58
6	板材	250x8	300	1	4.71	4.71
7	钢管	ø60x4	50	4	0.3	0.3
8	角钢	80x50x5	300	1	1.5	1.5

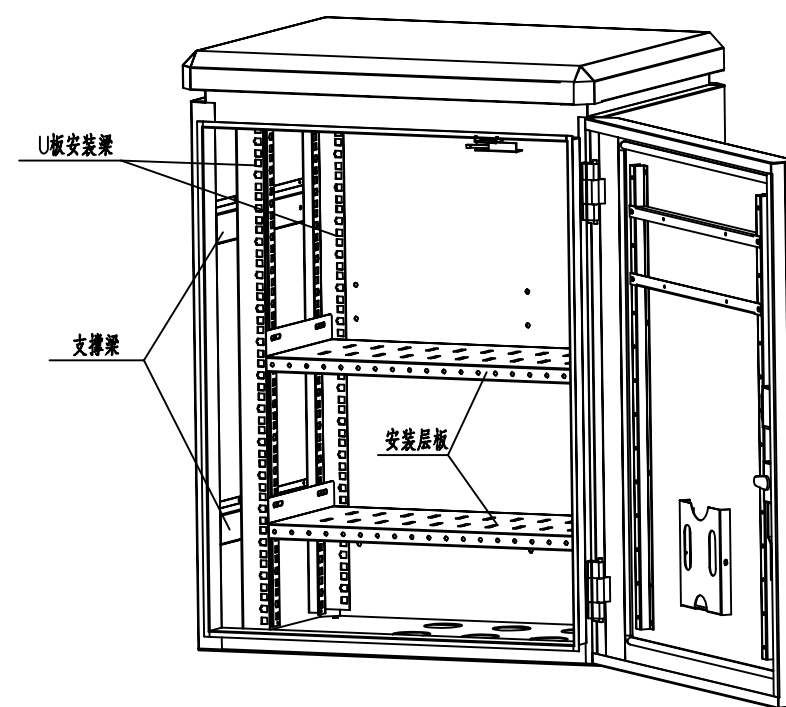
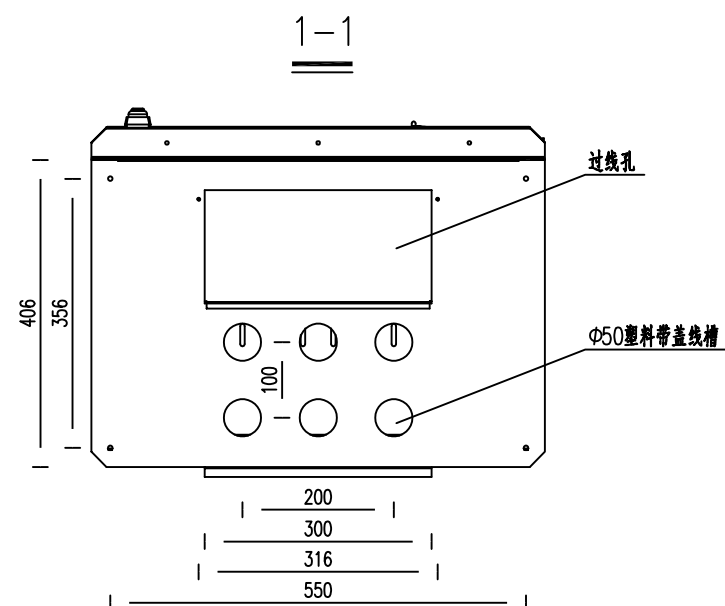
注: 本表为主要构件数量, 仅供参考, 工程数量以厂家深化图纸为准。

注:

- 所有钢材材质除注明外均为Q235B钢, 其机械性能和化学成分应符合现行国家标准《碳素结构钢》(GB/T700-2006)之规定, 所有焊缝应与主材配套。
- 高强度螺栓、螺母和垫圈采用《优质碳素结构钢》(GB699-1999)中规定的钢材制作, 其热处理、制作和技术要求应符合《钢结构用高强度六角头螺栓、大六角螺母、垫圈技术条件》(GB/T1231-2006)的规定。高强度螺栓采用10.9级摩擦型高强度螺栓。
- 坡口焊质量等级为二级, 角焊缝为三级, 所有非施工图所示构件拼接用对接焊缝质量应达到二级。图中未注明的焊缝高度均不小于6mm或较薄构件厚度, 一律满焊。应按有关要求对焊缝质量进行检查。
- 钢结构及其安装附件应由专业厂家根据现场构件尺寸和设备安装方式进行深化设计, 深化图纸经有关部门审查并技术交底和图纸会审后方可施工。
- 图纸中所注尺寸以mm为单位, 标高以m为单位。构件下料前应根据现场实际情况进行1:1放样, 经校对尺寸正确无误后再下料制作。
- 钢结构的制作、安装必须按《钢结构工程施工质量验收规范》(GB50205-2001)的有关规定执行, 安装时立柱向路外侧倾斜10~15mm, 在使用过程中应按规范要求定期维护。



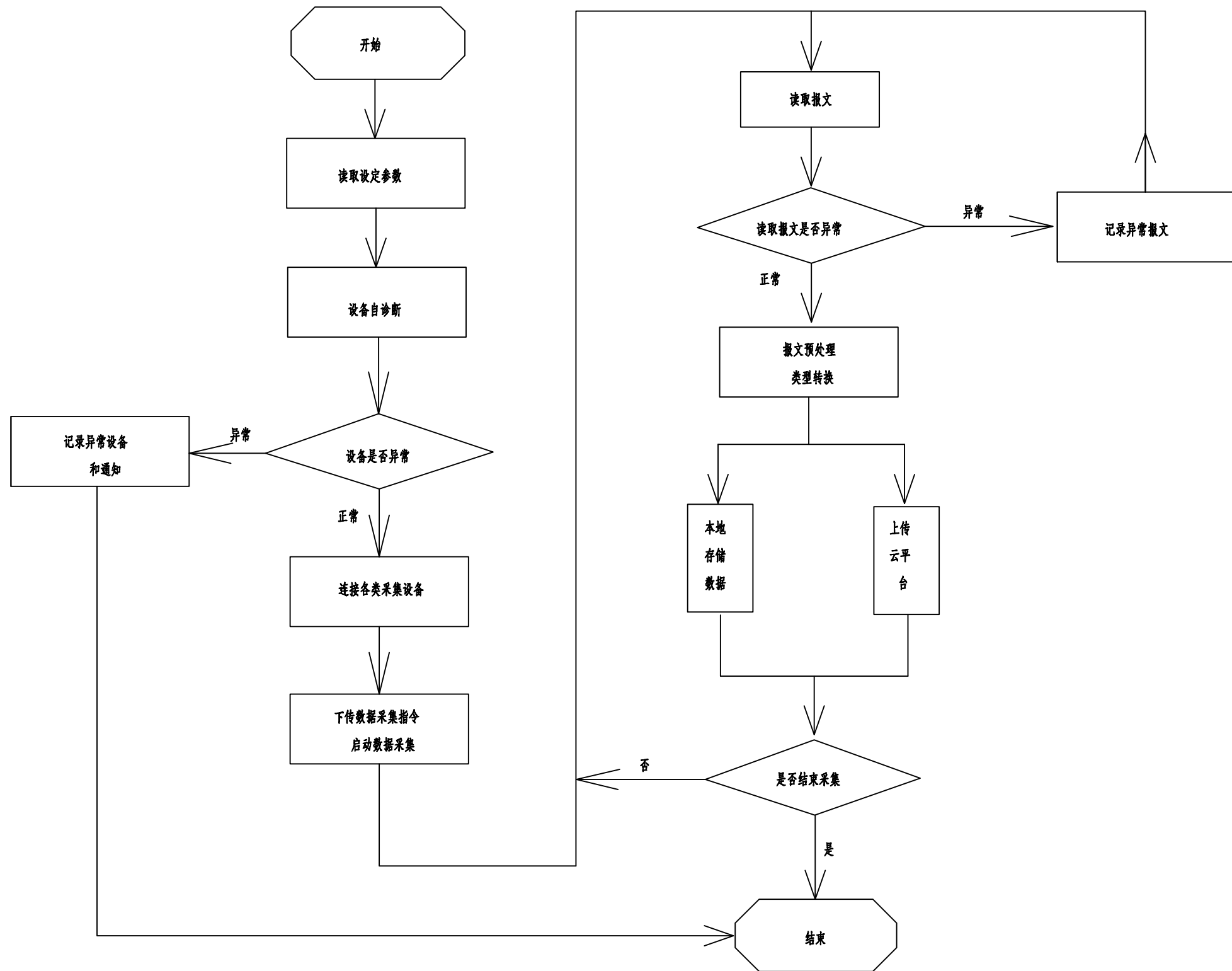
机柜三视图



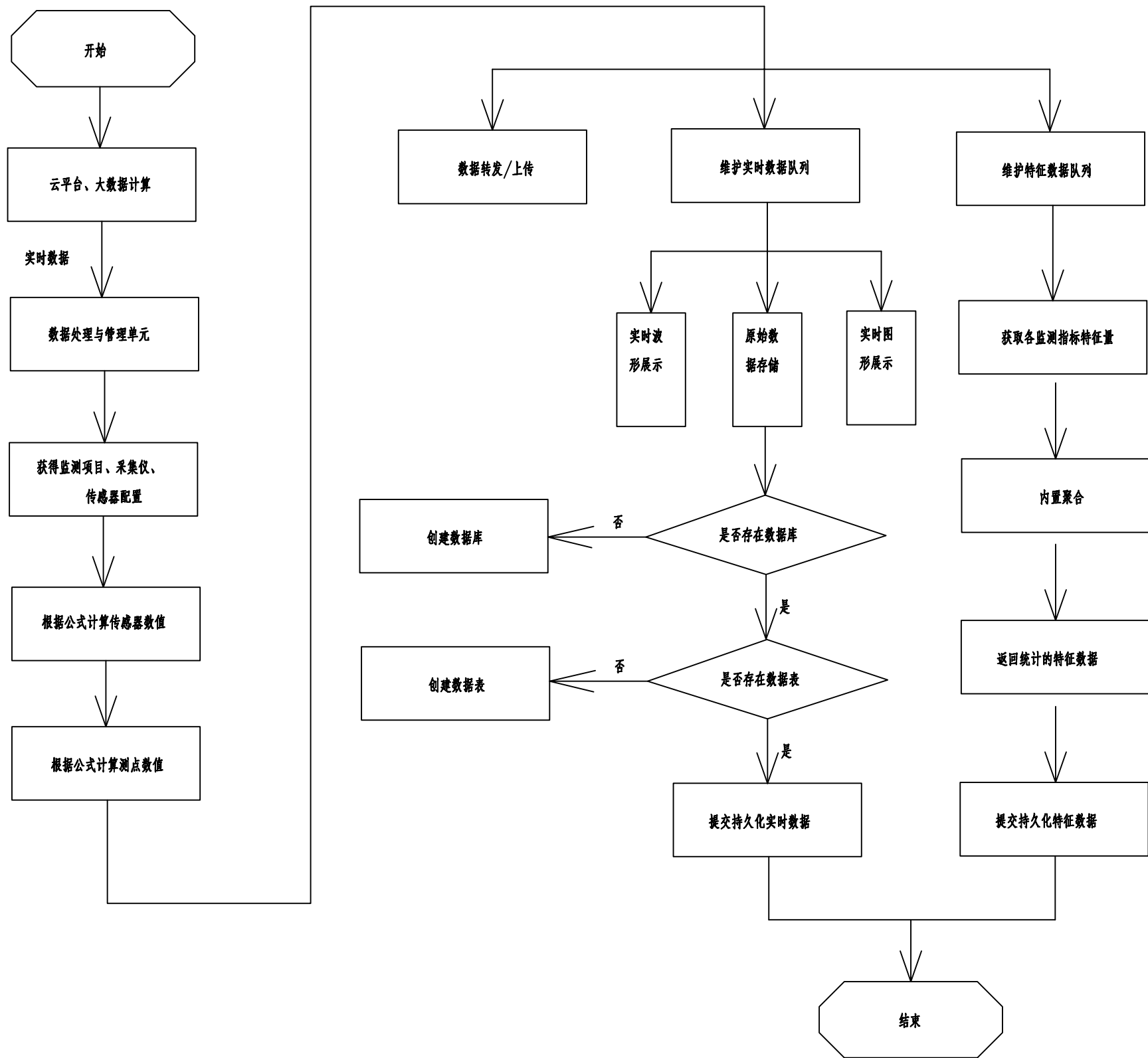
附注:

1. 图中尺寸均以毫米计。
2. 图示配备2块层板, 可根据现场需求增设层板数量。
3. 本图为采集子站机柜图。

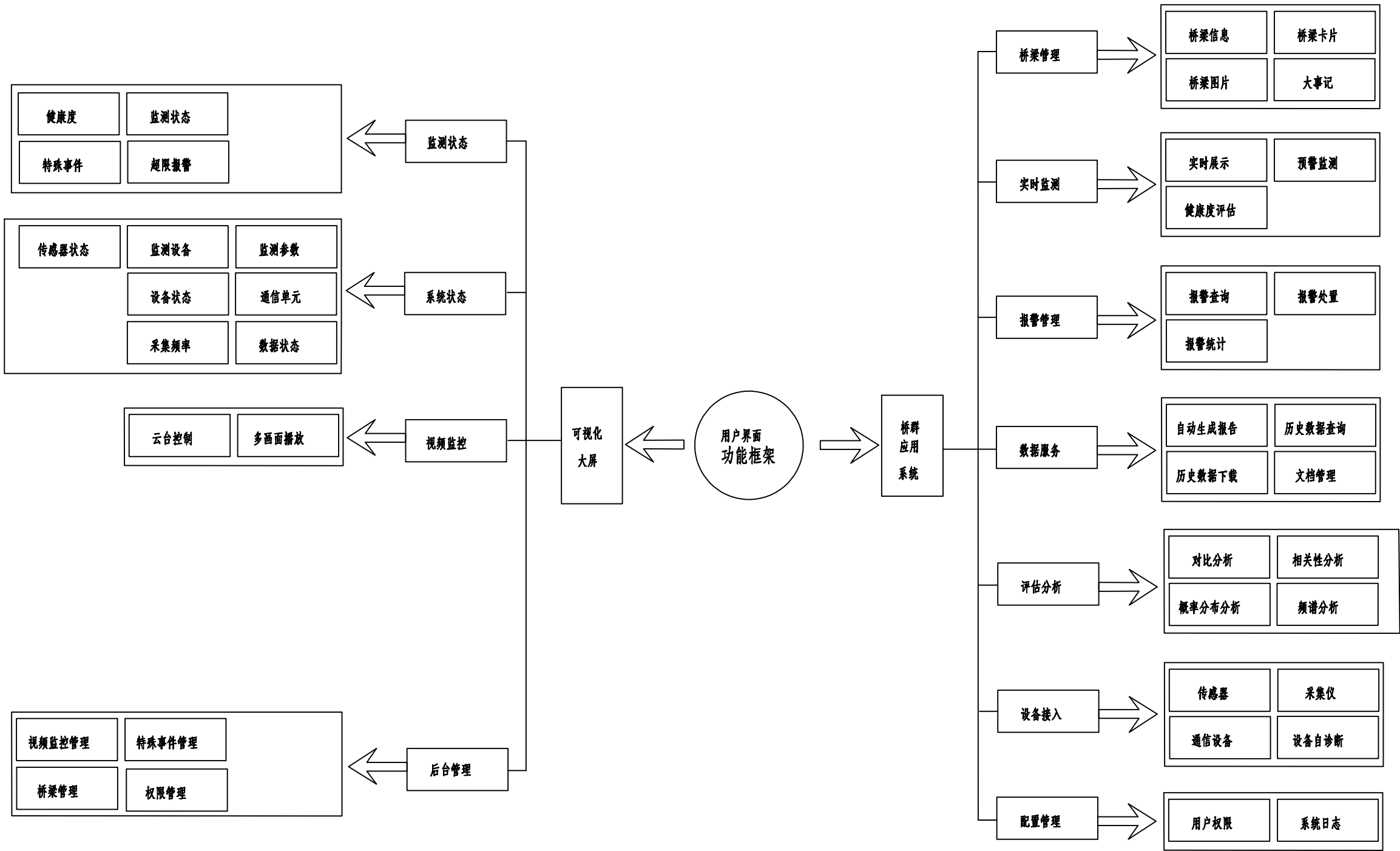
数据采集与传输流程图



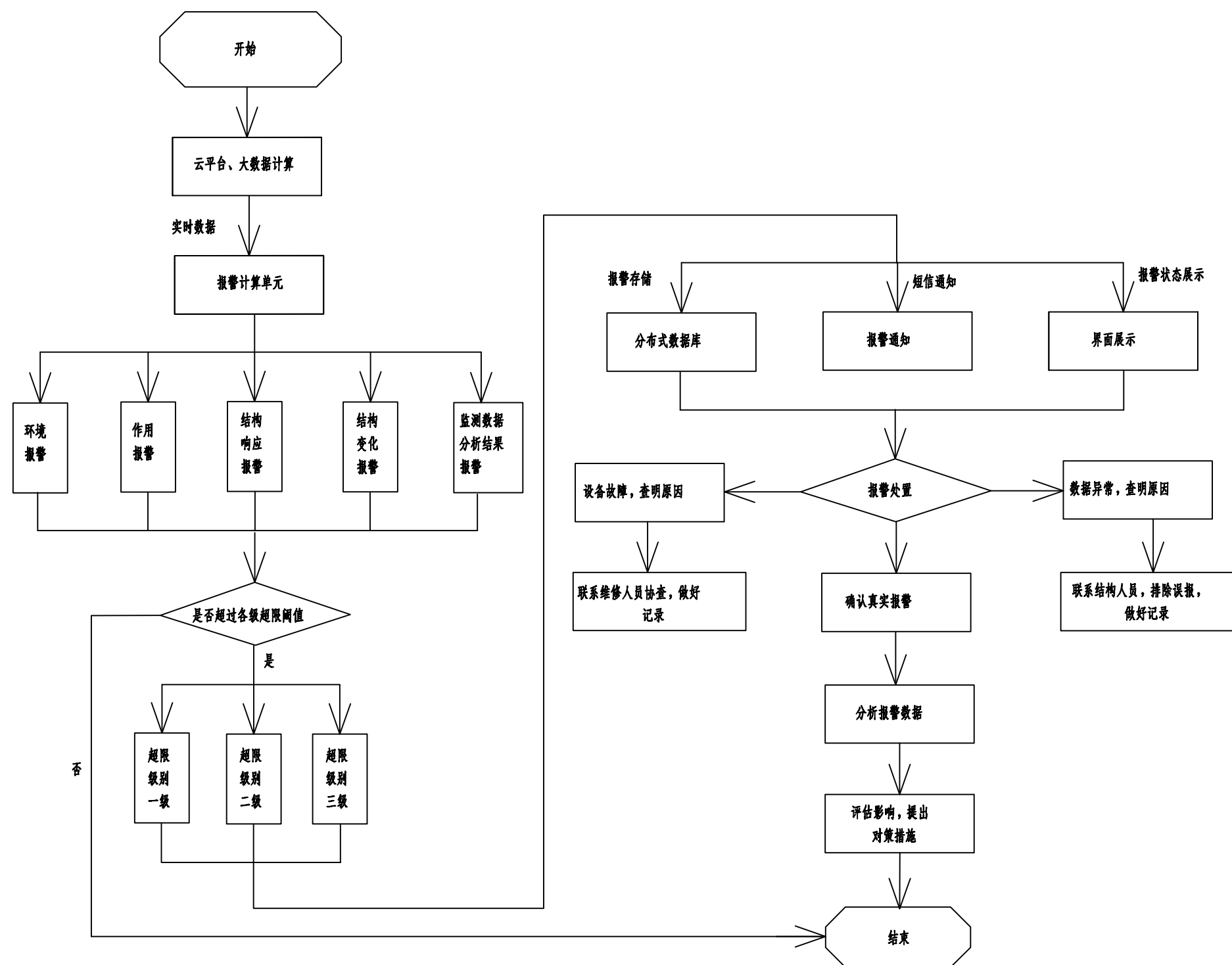
数据处理与管理流程图



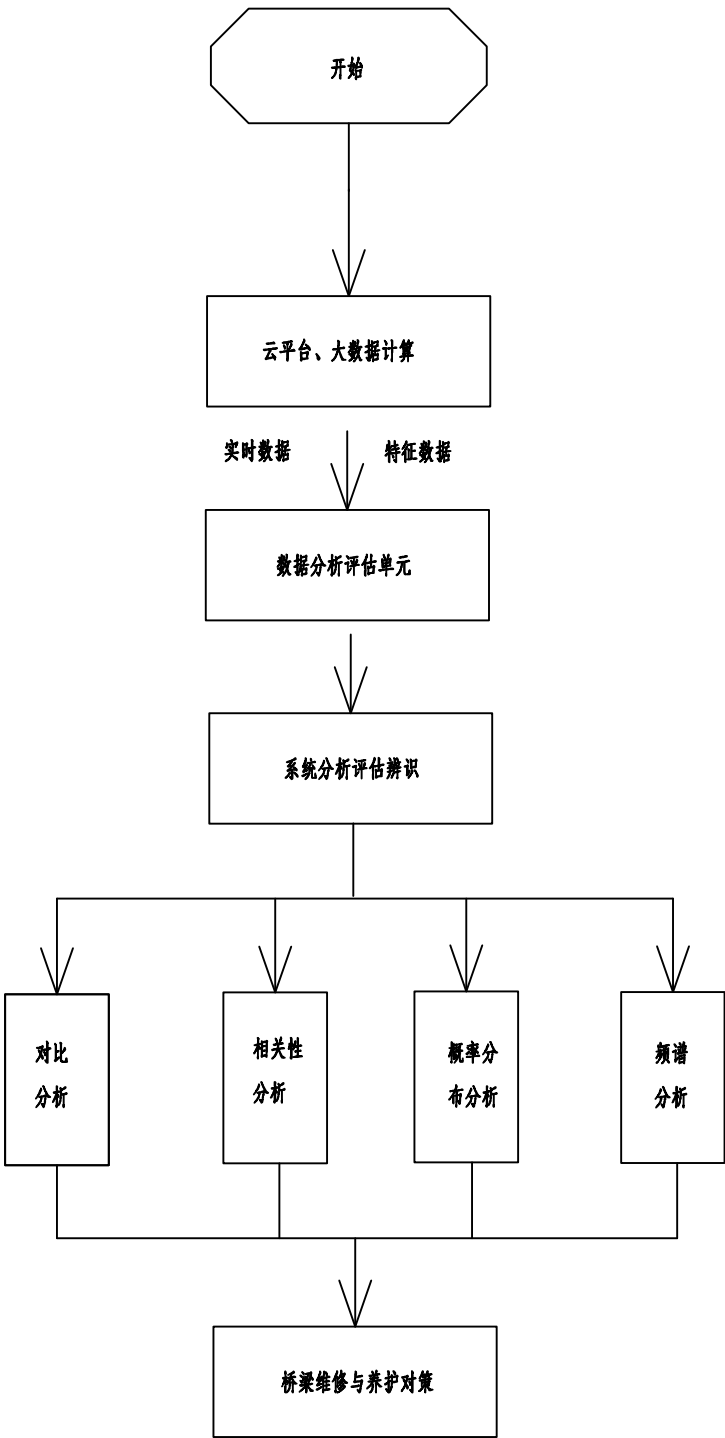
用户界面功能框架图



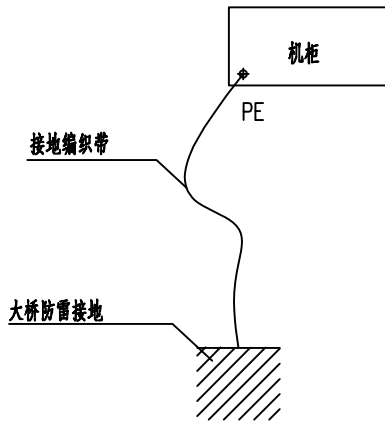
报警及应急处置流程图



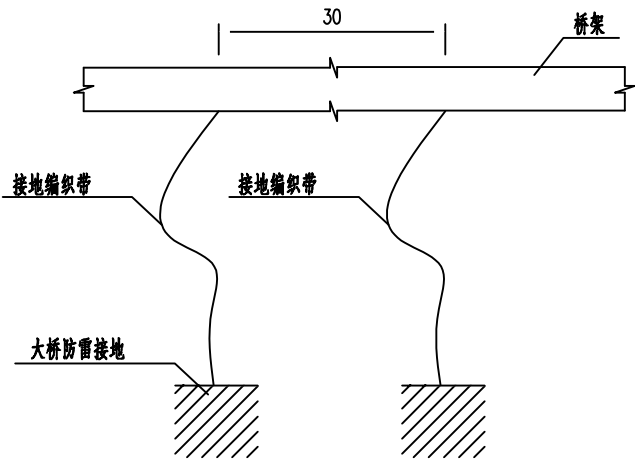
系统数据分析评估流程图



机柜接地示意图



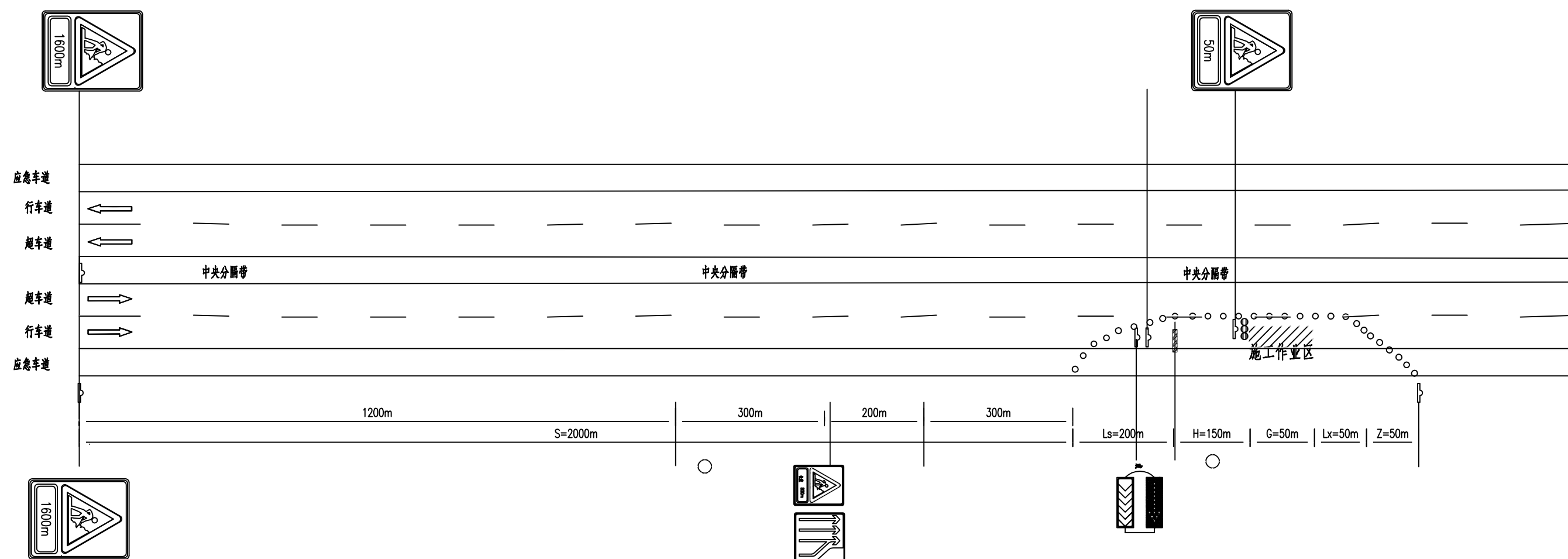
桥架接地示意图



附注：

- 1、本图尺寸均以cm为单位。
- 2、机柜、调理仪及信号电缆屏蔽层就近接入大桥防雷接地系统。
- 3、要求接地电阻均不大于4Ω。

施工作业控制区布置示意图



标识标牌说明:

闪光箭头；

附设警示灯的路栏；



警示频闪灯；

车道数减少标志:

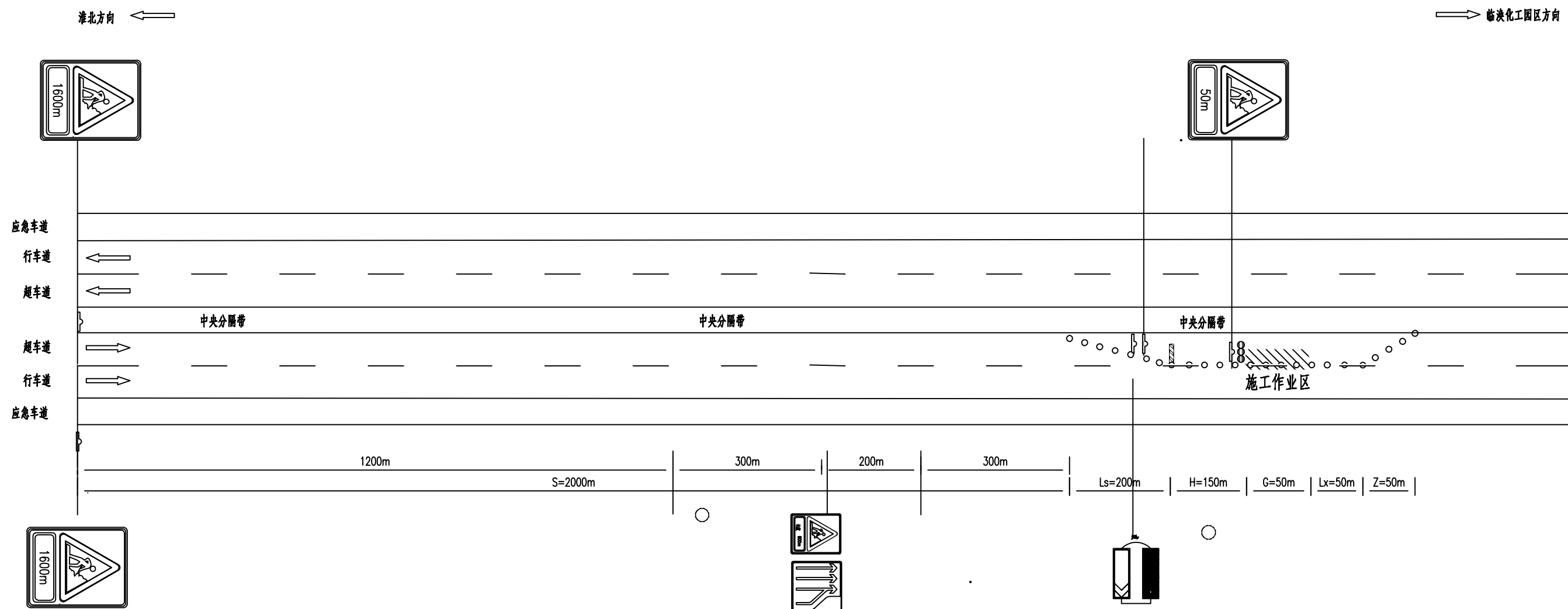
○ 交通锥标志;

① 防撞桶。

附注：

- 1、本图适用于桥梁行车道与应急车道作业图。
- 2、图中作业区长度以G表示，作业区具体长度根据实际情况确定。
- 3、本图尺寸均以m为单位。

施工作业控制区布置示意图



标识标牌说明:

闪光箭头:

附设警示灯的路栏:



施工区长度标志:

警示频闪灯:

车道数减少标志:

○ 交通锥标志:

● 防撞桶:

附注:

- 1、本图适用于桥梁行车道与应急车道作业图。
- 2、图中作业区长度以G表示，作业区具体长度根据实际情况确定。
- 3、本图尺寸均以m为单位。