

临海市城区桥梁安全管理监测系统建设项目

系统设计

(全一册)

中交瑞通路桥养护科技有限公司

二〇二一年六月

临海市城区桥梁安全管理监测系统建设项目

系统设计

(全一册)

项目负责人：

甲兆

总工程师：

台健色

总经理：

急成五

中交瑞通路桥养护科技有限公司

二〇二一年六月





工 程 设 计 资 质 证 书

证书编号: A161011594

有效 期: 至2021年09月26日

中华人民共和国住房和城乡建设部制

企 业 名 称 : 中交瑞通路桥养护科技有限公
司

经 济 性 质 : 有限责任公司 (法人独资)

资 质 等 级 : 公路行业 (公路、特大桥梁、特长隧
道) 专业甲级。

可从事资质证书许可范围内相应的建设工程总承包业务以
及项目管理和相关的技术与管理服务。*****

发证机关



2016 年 09 月 30 日

No.AZ 0057076

目 录

临海市城区桥梁安全管理监测系统建设项目

[illegible]

临海市城区桥梁安全管理监测系统建设项目设计说明

1 概述

1.1 项目背景

临海地处浙江东部沿海、长三角经济圈南翼，是区域和人口大市。全市陆域面积 2203 平方公里，三面环山、一面靠海，呈“七山一水两分田”地貌。境内铁路、高速、国道、省道纵横交错，共有高速公路 4 条、高速道口 9 个，在建高速 2 条，公路总里程达 2307 公里，其中道路桥梁众多。桥梁管理一直是临海市城市道路养护、管理、监管工作的重点和难点。随着城市建设的飞速发展，桥梁管理部门管养的桥梁越来越多，而国内有四川小南门桥、重庆綦江彩虹桥、辽宁盘锦大桥、江苏武进桥等桥的坍塌，海印大桥、济南黄河桥、珠海淇澳大桥等桥的拉索锈蚀突发断裂等一系列桥梁灾害也给我市的桥梁安全管理提出了警示，传统的桥梁管理如：表面观察、手写笔抄、人工处理、凭经验决策的传统管理和工作模式已无法适应现代化城市桥梁管理的要求。为了更好的解决临海市道路桥梁养护、管理、监管的难点，充分利用大数据、云技术、BIM、物联、5G 等前沿新技术解决桥梁业务管理监管的问题就成为必然选择。

基于以上原因，本项目拟建设一个统一、标准、规范的临海市智慧桥梁管理平台。通过完善桥梁的各种资料，整合已有的桥梁数据资源，新构建重要桥梁安全监测与智能巡检终端，集成进入统一的交换平台，建成临海市道路桥梁大数据综合信息管理云平台，提高临海市桥梁监管、管理、养护的工作效率和技术水平，为城市桥梁运维安全保驾护航，进而延长桥梁使用寿命，提高经济效益。

文件审查情况：2021年4月9日，临海市综合行政执法局在临海组织召开了临海市城区桥梁安全管理监测系统设计文件评审会（评审意见附后）。总体同意本设计作为下一阶段系统实施的依据，具体意见及执行情况如下。

- 1、系统建设数据平台服务器调整为租赁云服务器。

答复：按要求将平台服务器调整为租赁云服务器设计，同时调整该项预算。

- 2、基于有限元数据分析和桥梁定检报告对传感器布设进行优化。

答复：按要求结合桥梁有限元分析，同时查阅桥梁定检报告，对传感器布设进行了优化分析，优化后适当减少了桥梁 GNSS 传感器布设数量。

- ### 3、细化传感器采样频率。

答复：按要求明确了每一类型传感器的工作采样频率要求。

临海市桥梁安全监测与综合管理系统设计

评审会意见

2021年4月9日, 临海市综合行政执法局在临海组织召开了临海市桥梁安全监测与综合管理系统设计文件评审会。临海市交通运输局、临海市建设局、中交瑞通路桥养护科技有限公司及有关专家参加了会议(名单附后)。会议听取了设计单位中交瑞通路桥养护科技有限公司关于“临海市桥梁安全监测与综合管理系统设计”汇报。与会专家经过质询和讨论, 评审意见如下:

- ### 一、总体评价

临海市桥梁安全监测与综合管理系统设计文件内容详细、齐全,整体技术成熟、方案可行,可作为下一阶段系统实施的依据。

- ## 二、主要建议

- 1、系统建设数据平台服务器调整为租赁云服务器。
- 2、基于有限元数据分析和桥梁定检报告对传感器布设进行优化。
- 3、细化传感器采样频率。

专家组组长:

2021 年 4 月 9 日

会议签到表

会议主题	洛阳市桥梁建设协会	会议主持人
会议时间	2021.4.9	会议地址
参会单位	参会人员	手机号码
台科学院	郭国辉	13811615255
郑州市公路科研所	包文峰	1725110338
郑州市交通勘察设计院	王若香	13857678080
河南省公路与运输管理中心	何志锋	13516807826
中交路桥工程研究院	杨旭佳	1388085296
四川路桥集团	袁高洲	1800800271
洛阳市信息中心	陈主凤	13958569367
洛阳京昆段局	林康	18251642233
规划局	朱国栋	13777670581
市规划院	高宇翔	13166804692
中交路桥工程研究院	甲佳	1396805878
规划局	PS 乙	1304919760

1.2 桥梁概况

1.2.1 临海大桥

临海大桥位于浙江省临海市，横跨灵江，距上游灵江一桥 1.4 公里，距下游 104 国道灵江二桥约 1 公里。主桥为独塔单索面三跨预应力混凝土斜拉桥，桥跨布置为 $(3 \times 32 + 30) + 3 \times 30 + (36 + 110 + 160) + 3 \times 32 + 4 \times 32\text{m}$ ，主桥长 306m，桥面宽 31.2m。主桥采用塔梁墩固结的结构体系；边墩及辅助墩顶竖向设盆式橡胶支座，横向设挡块。为减少边跨压重，主梁伸出边墩并设牛腿，引桥箱梁压在牛腿上。

主塔基础采用分离式承台钻孔桩基础，两承台之间设横系梁连接。每个承台下为 6 根 $\phi 250\text{cm}$ 钻孔桩，主塔基础共 12 $\phi 250\text{cm}$ 钻孔桩，桩间距为 5.0(6.3)m，桩长约 80.8m，桩底嵌入微风化粉

砂岩 3m，按柱桩设计。承台为圆端矩形承台，其平面尺寸为 14×10.3m，四角倒圆半径为 2.0m，承台厚为 5m，承台砼采用 C40。两承台之间的横系梁按预应力构件设计，施加预应力用以平衡倾斜塔柱的水平推力，系梁为矩形截面，宽度为 6.0m，高度为 3.0m，系梁砼采用 C40。承台及系梁均采用吊箱围堰施工。

主塔塔高为 96.2m（自承台顶至塔顶），桥面以上部分高 80.77 米。自上而下分为上、中、下塔柱。塔柱在承台顶的中心距离为 41.832m。主塔砼采用 C50。

中、下塔柱为倾斜塔柱，高 58.33 米，倾斜度 1：3.25。其中桥面以下为下塔柱（高 16.23m），桥面以上为中塔柱（高 42.10m），单箱单室截面，外形尺寸顺桥向为 6.4m、横桥向为 4.5m，中塔柱壁厚为 60cm，下塔柱壁厚为 80cm，按钢筋混凝土构件设计。

上塔柱为斜拉索的锚固区，为单箱双室截面，外形尺寸顺桥向为 6.4m、横桥向为 4.5m，顺桥向外壁厚 1.2m，横桥向外壁厚 0.6m，中横隔板厚 0.4m。斜拉索锚固点布置于中横隔板两侧，直接锚于混凝土塔壁，在塔壁横向施加预应力，锚固点竖向标准间距 1.4m。

主塔横梁按预应力混凝土构件设计，截面为单箱单室截面，高 3.0m，宽 10m，顶、底、腹板厚均为 60cm，中间设与主梁截面一致的横隔板以平衡主梁腹板传递的轴向压力。

主梁采用单箱三室大悬臂预应力混凝土箱梁；梁高 3.0 米，梁顶宽 31.2m，梁底宽 10m；悬臂 4.5m，端部厚 15cm，根部厚 50cm；顶板厚 30cm，底板厚 30cm，中腹板厚 40cm，斜腹板厚 22cm。纵向每隔 5.0m 设横梁一道，横梁厚度为 30cm。梁上索距为 5.0m，锚固于箱梁中室，中室横隔板加厚至 40cm。

主塔附近人行道绕至塔柱外侧，在辅助跨主梁中室为实心压重段，辅助墩顶、边墩顶处主梁为实心截面，主梁伸出边墩支座中心 1.8m，引桥箱梁压在主梁牛腿上，以提供压重。

主梁采用挂篮悬浇施工，主梁最大双伸臂 102m，最大单伸臂 142m，边跨现浇段 43.6m，主跨现浇段 17.6 m，边、中跨合拢段长均为 2.0m。

本桥为单索面斜拉桥，斜拉索采用扇形布置，共 26 对，不设 0 号索。梁上基本索距为 5.0m，塔上基本索距为 1.4m，斜拉索采用 φ7mm 镀锌平行钢丝索，两端采用冷铸锚，索外包挤黑色和白色 PE 防护套各一层。每根斜拉索均设减震器，并在其下端 2.5m 高的范围内外包不锈钢管。

斜拉索的有关说明详见有关图纸。斜拉索的技术要求按《斜拉桥热挤聚乙烯拉索技术条件》执行。

边墩、辅助墩均采用直径为 1.8m 的圆柱形双柱墩，以利美观和行洪。桩基直径为 2.0m，两桩柱之间设系梁连接。临海大桥的总体布置图如下。



图 1-1 临海大桥桥梁概貌

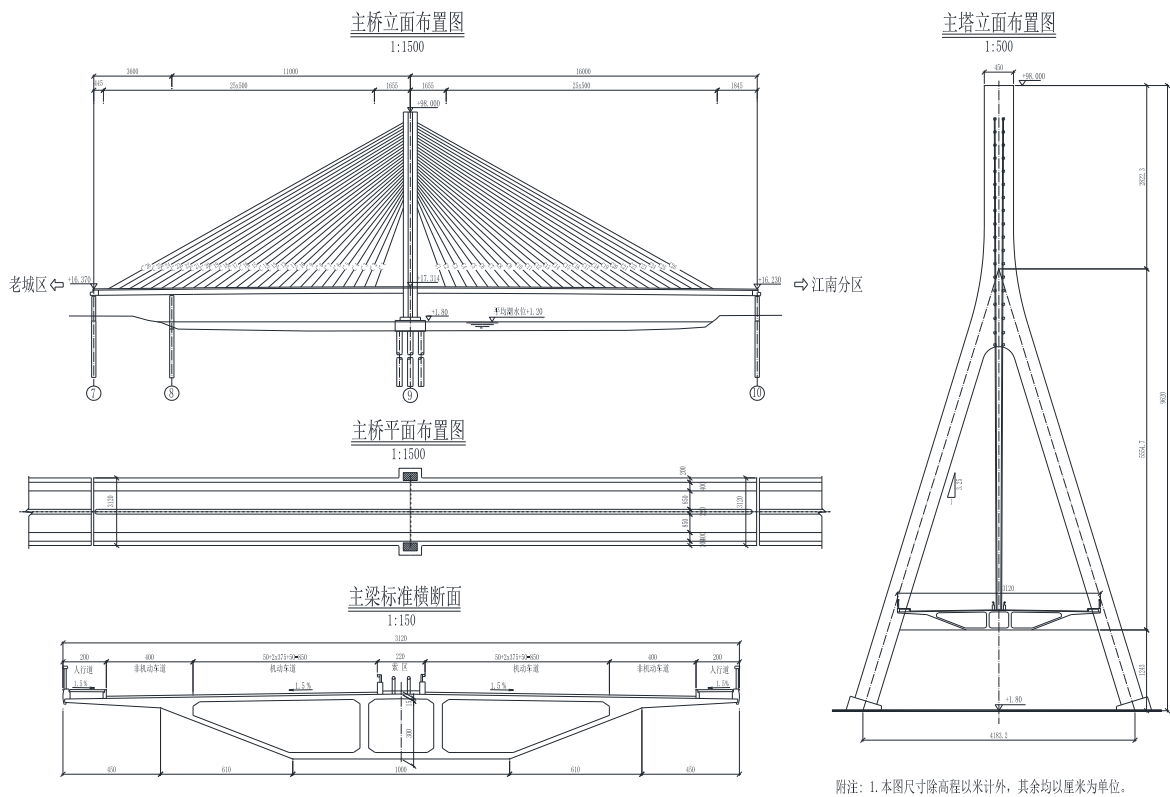


图 1-2 临海大桥总体布置示意图

1.2.2 双林大桥

临海市双林路双林大桥位于临海市灵湖风景区西侧（台州中学南西侧），东部现为大田港河流。双林路向西北方向与临海大道相接，向东南方向与大王路相连，横跨灵湖、汇港湖和大田港河。灵湖是该市新城中心区的核心，新城区将逐渐建成灵湖、五峰湖、桃源、大岗山、万安寺、洛河公园和汇港湖等 7 大风景区，逐渐改善临海市区的水生态系统和生态环境，凸现山水园林城市的风貌。灵湖工程是一个沿河而建的以植物造景为主的滨河生态休闲公园，集文化、休闲、生态、旅游为一体。双林大桥的建设使灵湖两岸得以连通，对该地区的发展起到了积极的作用。

本桥为异型弯塔斜拉桥，桥跨组成为 35+35+80m，桥长 161.2m，桥面宽 47.0m。主塔在主梁处塔梁固结，辅助墩在主梁处墩梁固结，形成纵向刚构体系。主塔竖向在约 1/3 高度处设一道斜撑，斜撑和辅助墩固结。

主塔采用独柱式塔，两幅桥横向布置四个塔柱。塔墩高 5300cm，桥面以上塔柱高 4155cm，桥面以下墩高 1145cm；每个塔柱纵向为曲线、变高度结构，纵桥向桥塔高度由 600cm 变化至塔顶 150cm，承台顶 800cm 高度以上主塔由直线变为曲线，曲线半径为 R=5000cm；在斜撑与主塔相交处其曲线半径变为 R=5682.6cm(内侧曲线)和 R=4867.4cm(外侧曲线)，横桥向宽度为 240cm。塔身壁厚横向为 60cm，纵桥向为 110cm，过斜拉索锚固段后纵向变为 30cm。

主塔墩纵、横向按普通钢筋混凝土构件设计，受力主筋采用 Φ32 的钢筋。在斜拉索锚固处，局部设横向 U 形预应力束，预应力束采用 9-φs15.2 钢绞线。

主塔墩底横向布置三个矩形承台，边塔承台截面为 1340cm×780cm，中塔承台截面为 1340cm×1740cm，承台厚均为 450cm。边承台底布 6 根 Φ180cm 钻孔桩，中承台底布 12 根 Φ180cm 钻孔桩，桩长为 4500cm。承台底和桩身截面受力主筋采用 Φ28 的钢筋。主塔墩塔墩身采用 C50 混凝土，承台采用 C40 混凝土，桩身采用水下 C30 混凝土。斜撑采用矩形实心截面，截面横向高为 120cm，纵向高度变化为 124cm~400cm，辅助墩和斜撑连为一体，其受力主筋采用 Φ25 的钢筋。

墩底横向布置三个矩形承台，边墩承台截面为 440cm×440cm，中墩承台截面为 440cm×1090cm，承台厚均为 300cm。边承台底布 1 根 Φ250cm 钻孔桩，中承台底布 2 根 Φ250cm 钻孔桩，桩长为 4500cm。

承台底受力主筋采用 Φ25 的钢筋，桩身截面受力主筋采用 Φ28 的钢筋。斜撑及墩身采用 C50 混凝土，承台采用 C30 混凝土，桩身采用水下 C30 混凝土。双林大桥的总体布置图如下。



图 1-3 双林大桥桥梁概貌

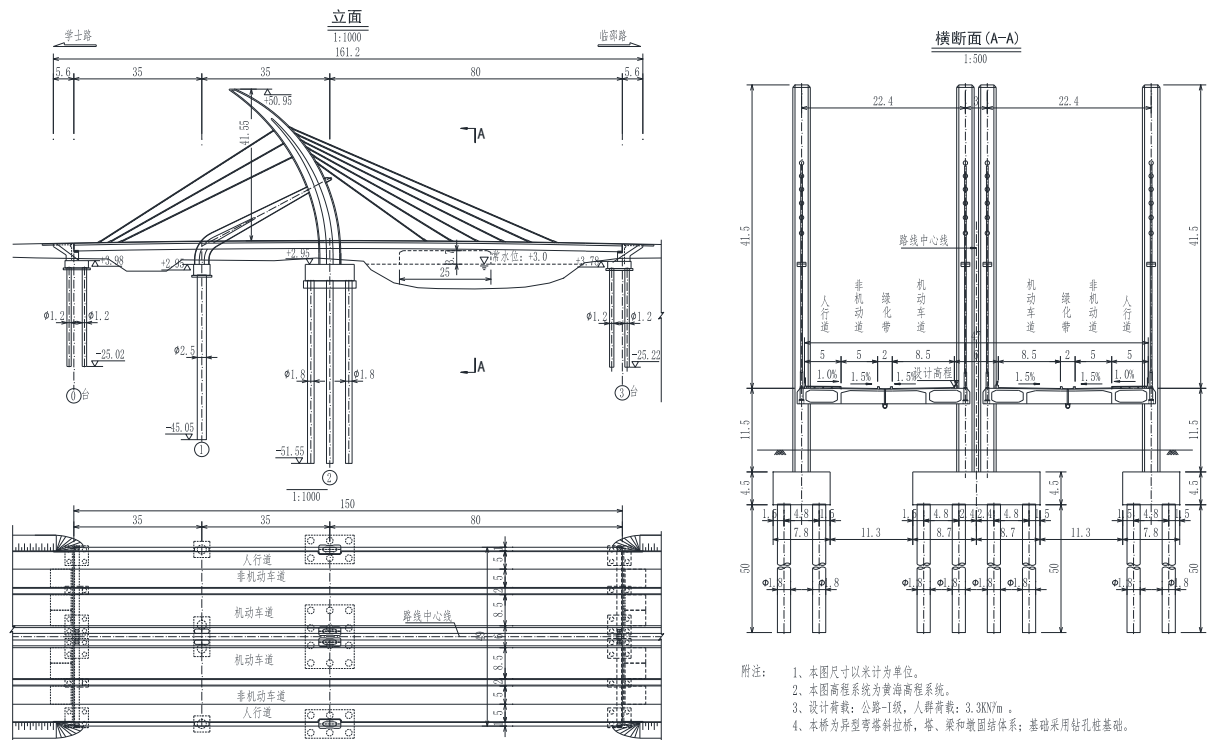


图 1-4 双林大桥总体布置示意图

1.2.3 其它桥梁

除上述两座斜拉桥外其余有常规结构桥梁 50 余座主要为空心板桥。临海市主要桥梁基本情况如下。

表 1-1 临海市主要桥梁基本情况表

序号	桥名	桥长 (m)	桥宽 (m)	跨径组成	结构形式	设计荷载	建成年限
1	曹家河桥	11.04m	36	1×8m	空心板梁	汽-20 级，挂-100	2005. 5
2	柏叶路大庆河桥	16	18. 6	2+8+2m	钢筋砼板	汽-20 级，挂-100	1996. 9
3	大洋路大庆河桥	13. 7	22	1×10m	钢筋砼板	汽-20 级，挂-100	1996
4	临海大道大庆河桥	26. 4	49. 8	1×20m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2000. 3
5	临海大道大寨河桥	25. 12	91	1×20m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2006
6	东庄路大田港桥	50. 54	47	13+20+13m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2002. 5
7	丁家洋桥	21. 04	9. 25	1×16m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2008. 6
8	吉利生活区南跨越大寨河桥	18. 04	5. 5	1×13m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2008. 6
9	吉利生活区北跨越大寨河桥	17	12. 5	1×10m	预制钢筋砼空心板	汽-20 级，挂-100	2002
10	柏叶路大寨河桥	25. 54	47. 6	1×20m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2002
11	东渡路大田港桥	51. 04	60. 6	13+20+13m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2007. 9
12	耀达商城东大河二号桥	30. 1	12. 5	2×13m	普通砼空心板梁	汽-20 级，挂-100	2003. 5
13	凯歌路东大河桥	14. 6	28. 6	3+8+3m	钢筋砼空心板	汽-20 级，挂-100	1994
14	冠春园路东大河桥	11. 8	12. 6	8m	钢筋砼实心板	汽-20 级，挂-100	2002
15	府园路东大河桥	18	12. 6	1×10m	钢筋砼空心板	汽-20 级，挂-100	1998
16	东庄路东大河	37. 5	48	2×16m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2002
17	东渡路东大河桥	31. 04	60. 6	2×13m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2007. 1

18	开发大道东大河	27. 1	62	2×13m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2001
19	曹家路东大河桥	10. 5	26. 1	1×10m	钢筋砼空心板	汽-20 级，挂-100	1997. 6
20	耀达商城东大河一号桥	30. 1	12. 5	2×13m	空心板梁	汽-20 级，挂-100	2003. 5
21	立发路东大河桥	27. 08	16. 5	1×20m	预应力空心板	城-B 级	2003
22	人民路东大河桥	30. 8	12. 5	8+3×6m	钢筋砼实心板	汽-20 级，挂-100	2000. 5
23	钱暄路东湖立交桥	13. 1	18. 38	1×12m	钢筋砼空心板	汽-20 级，挂-100	1999
24	东渡路东区大环线二号桥	111. 68	53	2×20+25+2×20m	预应力空心板梁	城-A 级	2006. 1
25	张洋路东大河桥	16	19. 4	2+8+2m	钢筋砼实心板	汽-20 级，挂-100	1994. 9
26	台州府路东大河桥	17. 8	37	8m	预制钢筋砼实心板	汽-20 级，挂-100	1998. 12
27	水云塘路东大河桥	19. 8	36	2+10+2m	钢筋砼空心板	汽-20 级，挂-100	1994. 4
28	人民路东大河桥	30. 8	12. 5	8+3×6m	钢筋砼板	汽-20 级，挂-100	2000. 5
29	鹿城路东大河桥	6. 6	29. 2	1×6m	钢筋砼实心板	汽-20 级，挂-100	1993
30	东渡路东区大环线一号桥	26. 78	53	1×20m	预应力空心板	城-A 级	2005. 12
31	南路巾山南路桥	27. 8	12. 6	2×13m	普通钢筋砼空心板梁	汽-15，挂-80	2001
32	东港路西洋河桥	26. 08	40. 5	1×20m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2004. 6
33	东渡路西洋河桥	30	60	1×20m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2006
34	巾山西路望江门大桥主桥	248. 5	7. 5	8+9×25+13m	预应力空心板	汽-10	1994. 12
35	江南大道七一河桥	26	55. 9	1×20m	钢筋砼空心板	汽-20 级，挂-100	2001
36	临海大道南湖大道桥	134. 34	61	5×25m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2003. 1
37	临海大道南湖大道一号桥	146. 08	32. 5	7×20m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2003. 2
38	临海大道南湖大道二号桥	24	61	1×20m	预应力空心板	汽-20 级，挂-100	2002. 12

39	临海大桥	758	31.2	$(3\times 32+30)+3\times 30+(36+110+160)+3\times 32+4\times 32\text{m}$	斜拉桥	城市-A级	2007.7
40	江石路江石路桥	25	40.6	$1\times 20\text{m}$	预应力空心板	汽-20级,挂-100	2002.4
41	临海大道南接线小灵江桥	31.2	52	$1\times 25\text{m}$	预应力小箱梁	城市-A级	2004.6
42	靖江南路义澄港桥	27	21.2	$4\times 20\text{m}$	预应力空心板	汽-20级,挂-100	2004
43	临海大道洋头河桥	27	60.6	$1\times 20\text{m}$	预应力空心板	城市-A级	2004.6
44	大洋路洋头河桥	19.76	36.6	$1\times 16\text{m}$	空心板	汽-20级,挂-100	1999
45	大洋路洋头河桥	28.58	47.6	$2\times 12\text{m}$	钢筋砼空心板	汽-20级,挂-100	2001.2
46	东庄路洋沁河桥	41	19.5	$2\times 20\text{m}$	预应力空心板	汽-20级,挂-100	2003.1
47	东渡路洋沁河桥	26.78	60.5	$1\times 20\text{m}$	预应力空心板	城市-A级	2006.1
48	汇丰南路下园桥	24.5	36.5	$1\times 20\text{m}$	预应力空心板	汽-20级,挂-100	2004
49	义澄港桥	65.08	15.6	$3\times 20\text{m}$	预应力空心板	城市-B级	2007.2
50	双林大桥	161.2	47	$35+35+80\text{m}$	斜拉桥	城市-A级	2013

此外在建重要桥梁还有临海市伏龙大桥，该桥位于灵湖以南、小两山以西，总体线位呈南北走向，江北沿临海大道在张洋路以南起坡，向南跨越清化路至小两山山脚，折向西南跨越沿江路、灵江，再折向东南跨越规划一路后连接江南伏龙片区聚景路。工程范围为：伏龙大桥主线：北起张扬路以南约 12m，向南依次跨越清化路、沿江路、灵江、规划一路，南至规划二路以北约 95m；临海市伏龙大桥工程包含跨越清化路、临海大道、沿江路、灵江、规划一路的伏龙大桥主线工程，临海大道改造工程，江北侧上、下匝道工程及沿江路局部改造工程。伏龙大桥主线工程全长 1910m，其中主线桥梁全长 1763.68m。主桥桥长 $75+156+75=306\text{m}$ ，桥宽 43.2m。主桥采用半封闭钢箱梁、飞鸟形索塔平行索面斜拉桥结构，塔梁固结，梁下设置支座。主桥位于竖曲线及平曲线上，主桥平面线型非直线。



图 1-5 伏龙大桥桥梁概貌

1.3 系统建设必要性

近几十年来世界范围内频发由于设计、建设、监管、养护技术手段不足或由于多种因素的耦合作用等原因导致发生的桥梁灾难性事故，这些投入运营的桥梁是在没有任何被探知征兆的前提下垮塌的，这些灾难性事故给世界范围内不同的国家和人民造成了巨大的人员伤亡和财产损失。

伴随着改革开放 40 年来我国交通建设跨越式的发展，我国目前已成为世界上名符其实的桥梁结构建设大国，中国桥梁的设计和建设水平取得了令世界桥梁强国都为之惊叹的技术进步，目前我国正处于一个桥梁设计、建造技术的创新、验证、积累、再沉淀的历史时期。但相对桥梁的设计、建设 30 多年的技术沉淀而言，国内大型桥梁信息化、数字化监管技术只能归为新兴的桥梁技术研究延伸探索领域，刚处于一种萌芽发展状态，经验严重不足。加之国内绝大多数桥梁采用的是建设和管养分家的特殊模式，养护技术人员和资金严重缺乏，而国内原有桥梁常规的养护管理方式和手段已被这些年来频发的桥梁灾难性事故证明是落后的，不满足现代化大型桥梁管养的实际需求。处于我国经济腾飞时期建设的桥梁，非常多的桥梁是处于“只建不养或养护管理不到位、不得法或根本不知道要做什么”或“无人值守”现状，导致出现了四川小南门桥、重庆綦江彩虹桥、辽宁盘锦桥梁、江苏武进桥等桥的坍塌，海印桥梁、济南黄河桥、珠海淇澳桥梁等桥的拉索锈蚀突发断裂等一系列桥梁灾害，目前国内桥梁监控养护基本还处于“头痛医头、脚痛医脚”，出了问题甚至是大问题才被动检测维修加固的局面，造成了严重伤亡事故，对人民生命财产安全构成威胁。

（1） 从国家发展战略角度，安全运营健康监测系统的建设是“新基建”目标实现的基础

2018 年中央经济工作会提出新型基础设施建设并将其列入 2019 年政府工作报告，2020 年 4 月国家发改委给出“新基建”明确含义，其中传统基础设施的转型升级是“新基建”战略中不可或缺的一部分，要实现交通基础设施的智能化和智慧化目标，其最基础的需求便是基础设施的数字化，只有将现实的基础设施以数字模型的形式映射在信息空间中，才能进一步利用大数据以及人工智能等技术手段实现智能化的目的。因此，安全运营健康监测系统的建设是国家“新基建”战略目标实现的必需基础。

（2） 本项目的实施符合行业发展和相关规定的要求

早在 2007 年，交通运输部发布《公路桥梁养护管理工作制度》（交公路发〔2007〕336 号）的“第四章桥梁检查与评定”中第二十四条已经明确提出了需要对特大桥梁进行运营期的安全监测的要求：“特大桥、特殊结构桥梁和单孔跨径 60 米及以上大桥的检测评定工作应符合以下规定：（三） 对特别重要的特大桥，应建立符合自身特点的养护管理系统和安全监测系统。

2013 年交通运输部发布《交通运输部关于进一步加强公路桥梁养护管理的若干意见》中“三、认真落实桥梁安全运行十项制度”中（七）“技术档案管理制度”中规定“特大、特殊结构和特别重要桥梁的养管单位，要利用现代信息技术，建立符合自身特点的养护管理系统和健康监测系统”。

2016 年交通运输部已经发布实施了《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》。

2018 年 4 月交通运输部印发了《公路长大桥梁养护管理和安全运行若干规定》的通知，其中第四条“地方各级交通运输主管部门、长大桥梁经营管理单位应当保障长大桥梁监测、检测、养护、应急和安全运行资金。”第二十三条“长大桥梁经营管理单位应针对长大桥梁自身特点和技术要求编制养护管理手册，建立养护管理信息系统，全面及时记录长大桥梁检查和养护管理等有关情况。”第二十五条“长大桥梁经营管理单位应逐步建立长大桥梁结构监测体系，设置专人或委托专业机构对桥梁的结构状态和各类外部荷载作用下的响应情况进行监测，及时掌握长大桥梁的结构运行状况”。

2020 年 12 月，交通运输部发布《 进一步提升公路桥梁安全耐久水平的意见》第三条中提出，到 2025 年，跨江跨海跨峡谷等特殊桥梁结构健康监测系统全面建立，公路桥梁运行安全水平和服务品质明显提升。第十四条提出健全完善公路桥梁基础数据库，统一数据标准和接口标准，推进数字化、信息化、智能化。

逐步实现临海市桥梁运营期养护管理的档案数字化、信息系统化、决策科学化， 有必要对其

建立一套结构安全监测系统，以方便大桥管理人员实时掌握桥梁的运营安全状态。

桥梁结构健康监测行业目前有五本相关规范，分别是：

《结构健康监测系统设计标准》（CECS - 333 - 2012）

《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982 - 2014）；

《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T 1037 - 2016）；

《大跨度桥梁结构监测系统预警阈值标准》（T/CECS 529 - 2018）；

《结构健康监测系统运行维护与管理标准》（T/CECS 652 - 2019）；

五本规范的颁布对桥梁结构健康监测行业的规范、有序发展、确保健康监测系统的质量与效果方面起到了重要作用。



图 1-6 桥梁结构健康监测行业规范

1.4 系统建立目标

从临海市城市桥梁管理的实际出发，通过条块联手、整合资源、再造流程、强化监管和指挥功能等手段推进市桥梁管理监测的现代化，实现桥梁管养工作的数字化、精细化、智能化，逐步建立分工明确、沟通快捷、监测准确、反应快速、处置及时、监管有力、运转高效的临海市桥梁综合信息管理云平台管理长效机制。

总体目标：建立提高桥梁安全监管的针对性、实效性、准确性，及时发现桥梁安全隐患，实现桥梁日常维养动态监管、风险预警，实现多部门信息共享，逐步实现主要桥梁数字化管理“全覆盖”。

该平台具体目标为：

- 1、建立临海市城市桥梁统一电子身份，一桥一电子档案。形成标准、规范、完整的桥梁静态数据（桥梁设施数据和资料）和动态数据（桥梁业务及监测监管数据） 的数据资料资源中心和数据交换共享体系，形成临海市桥群信息管理系统和桥梁云数据中心。

2、通过对重点桥梁结构安全的实时监测和智能化定检，综合利用结构分析、损伤识别及可靠度理论等技术，诊断结构损伤，分析原因，提前预防损伤的发生， 当发现异常时及时预警，有效降低突发性事件造成的损失。

3、充分利用大数据技术为我市桥梁管养和监管构建桥梁综合信息管理体系， 形成临海市桥梁管理统一、标准、全面、智能的市桥梁大数据综合信息平台环境。

1.5 建设原则

——坚持顶层设计、统筹协调。临海市桥梁综合信息管理云平台应以顶层思想为指导，通过对未来临海市桥梁管理信息化建设的总体任务和实施重点进行梳理，科学合理构建公路桥梁大数据管理的总体框架，周密制定建设方案。

——坚持数据为先、需求导向。市桥梁综合信息管理云平台工作必须以解决桥梁管养监测中存在的突出问题和矛盾为切入点，深化需求分析，充分利用数据，将信息技术与管养监测及服务充分融合，并坚持数据有效性和需求客观性并重，积极推进以数据效能优先的绩效管理。

——坚持集约建设、数据整合共享。临海市桥梁综合信息管理云平台必须加强规划项目的统筹和资源监管，强化数据资源整合，加强统筹开发，将集约化、标准化思想贯穿工程设计与建设的始终，统筹安排各部门建设任务，强化共建共享机制，避免重复建设，确保一数一源。

——坚持机制创新、长效运行。临海市桥梁综合信息管理云平台须充分认识到机制创新的重要性，通过加强领导和组织协调，建立完善信息采集、共享、更新、维护、监测、决策机制和配套的规章制度，在保障长效运行方面做出积极探索。

1.6 系统设计思路

整合桥梁监测、检测、巡检数据，为桥梁养护提供基于大数据专业分析、管理和咨询服务，为桥梁全寿命周期养护管理和科学决策提供数据支撑。

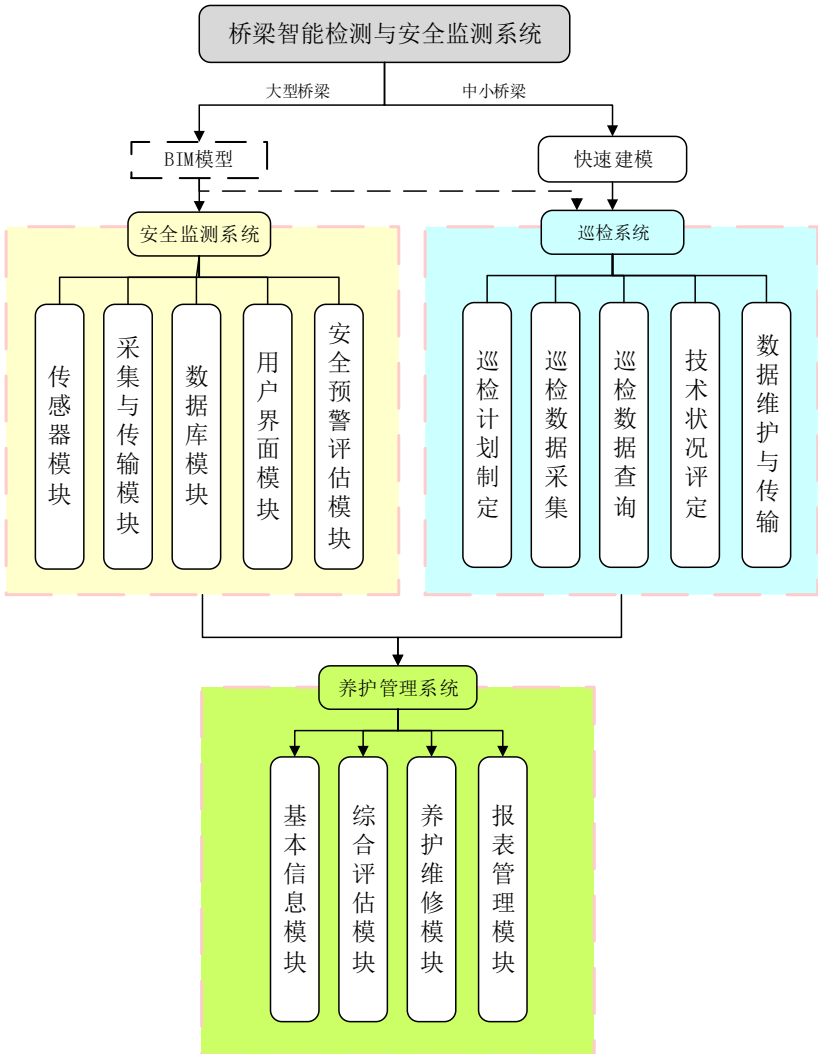


图 1-7 系统模块组成示意

由于系统规模比较大，同时经济现实情况决定了传感器系统不可能全面布置到桥梁各个方面，单纯的通过采集传感器系统的数据从而对桥梁结构进行分析是不可靠的。同时，由于桥梁身处于比较多样化的环境和荷载情况下，由于自身的认识和经验的问题，很难给出准确的预警系统。

因此，将实时结构安全监测系统与传统的巡检养护相结合，建立起一整套基于监测系统和检测手段的桥梁管养系统，具有重要的研究和应用价值。一方面，人工的检测可以及时的观测到结构安全监测系统无法监测的项目。如：桥梁材料的变化，桥梁表观的裂缝信息等。通过这些人工的检测，可以将这些桥梁参数的变化更新与桥梁的理论模型中，使得模型更加接近于桥梁的真实状况。另一方面，结构安全监测系统利用先进的信号收集功能、数据挖掘技术等，结合目前利用监测信息对桥梁的结构分析和损伤识别对桥梁进行分析，从而为养护管理者提供更好的决策建议。

利用结构安全监测系统的实时性对桥梁进行实时的监测，通过一定的评估流程对桥梁的日常健康状况起到保障作用。同时结构安全监测系统也存在一定的盲区：无法监测外观状态，结构的

内部参数会发生变化等其他方面。利用日常的人工巡检可以发现桥梁一些表现的损伤。同时桥梁的承载能力评定会为结构安全监测中的模型进行一个参数的更新，从而使得模型更加接近真实的桥梁状态。

1.7 依据标准规范

- (1) 《结构健康监测系统设计标准》（CECS 333:2012）；
- (2) 《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T1037-2016）
- (3) 《建筑与桥梁结构监测技术规范》（GB 50982-2014）；
- (4) 《大跨度桥梁结构监测系统预警阈值标准》（T/CECS 529 - 2018）；
- (5) 《结构健康监测系统运行维护与管理标准》（T/CECS 652 - 2019）；
- (6) 《公路桥涵养护规范》（JTG H11-2004）；
- (7) 《公路桥涵设计通用规范》（JTG D60-2015）；
- (8) 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》（JTG D62-2012）；
- (9) 《低压配电设计规范》（GB 50054-2011）；
- (10) 《电力工程电缆设计规范》（GB 50217-2007）；
- (11) 《电子信息系统机房设计规范》（GB 50174-2008）；
- (12) 《综合布线系统工程设计规范》 GB/T50311-2007
- (13) 《计算机软件可靠性和可维护性管理》GB/T 14394-2008
- (14) 《计算机软件文档编制规范》 GB/T8657-2008
- (15) 《软件工程：产品质量》GB/T16260-2006

2 桥梁健康监测子系统

2.1 监测项目

根据临海市两座大桥桥址环境、行车环境、结构形式等特点，建议的监测项目可划分为荷载源监测、结构响应监测两大类。

(1) 荷载源监测

- a) 重要的环境荷载（风速风向、温度、湿度）；
- b) 桥面运营荷载状况监测；

(2) 结构响应监测

- a) 主梁控制截面的挠度；

- b) 关键控制截面的应变；
- c) 伸缩缝位移；
- d) 结构关键位置空间变位；
- e) 关键构件的倾斜状况；
- f) 关键拉索索力；
- g) 结构动力特性；

2.2 选型原则

目前，国内外生产、销售用于土木工程结构监测、检测设备的厂家很多，各厂家生产的传感器性能及价格千差万别。即使是同一厂家生产的同一类型传感器，因为型号不同，技术性能和价格亦不尽相同，因此在系统监测仪器选择上提出了很高的要求。传感器选择必须有在桥梁监测方面有成功应用的厂家，成熟稳定的型号。

1）可靠性

监测仪表必须能够真实地量测到该项目需要反映的效应量(或原因量)，传感器的量程、精度、灵敏度、直线性和重复性、频率响应等技术指标必须符合国标及仪器系列型谱的有关要求。

2）精确性

可靠的监测仪表还必须具备必要的精度，能敏锐地反映出效应量(或原因量)的变化。选择传感器时，必须对结构部位的受力进行分析，选择量程高于设计最大值（或可能出现的最大值）、精度（该量程范围应是仪表的最佳工作范围）满足监测要求的传感测试仪器及配套仪表。传感器的精度选择还应该和采集与传输子系统相匹配。

3）耐久性

选择的桥梁监测仪器设备必须能在复杂的环境下长期稳定可靠运行，其必须具备温漂小、时漂小和可靠性高等特点。尽可能选择已在大型工程中广泛使用、并证明效果良好的监测仪表及传感设备。

4）简便性

仪器结构简单，牢固可靠，率定、埋设、测读、操作、维修方便，便于更换，使操作人员易于掌握，有利于提高量测速度和精度。所有监测设备应以能支持最新的即插即用传感器电子数据表格（Transducer Electronic Data Sheet, TEDS）技术为优先考虑，以便简化安装、标定、调试、后期维护等程序和保证测量测试的高精度。

5）经济实用性

传感测试仪器及配套仪表须有合理的性能/价格比，满足养护管理实用性的要求。

6) 自动化性

传感测试及采集设备选型时，应从技术先进、可靠实用、经济合理以及与自动化系统相适应等方面进行综合分析确定，以便系统集成和调试及自动控制。

7) 冗余度

考虑到传感测试元件成活率和施工中可能出现的问题，系统设计中各监测项目的监测点时应适当考虑冗余度。

8) 可更换性

桥梁设计年限一般为百年，因此在桥梁整个生命周期内，几乎所有传感器都面临着更换的问题。所以在传感器选型时应尽可能考虑选择外装可更换性好的产品，并能满足更换时测试数据的连续性。

2.3 监测方案

根据浙江省临海市临海大桥、双林大桥的桥型结构受力特征，进行危险因素分性分析，建议监测项目与传感器数量如下。

2.3.1 临海大桥

临海大桥测点总体布置如下：

表 2-1 临海大桥测点数量汇总表

序号	监测类型	监测项目	传感器类型	单位	测点数量
1	环境荷载	风荷载	风速风向仪	个	2
2		环境温度	温湿度仪	个	3
3		环境湿度			
4		运营荷载监测	不停车称重系统	车道	4
5		视频监控	高清摄像头	套	4
6	结构响应	主梁应力	应变计	个	16
7		主梁挠度	静力水准仪	个	22
8		空间变位	GNSS 传感器	套	2
9		梁端位移	位移计	个	22
10		结构倾斜	单向倾角计	个	16
11		典型裂缝	裂缝计	个	10
12		索力	索力加速度计	个	20
13		结构振动	三向加速度计	个	4
总计					125

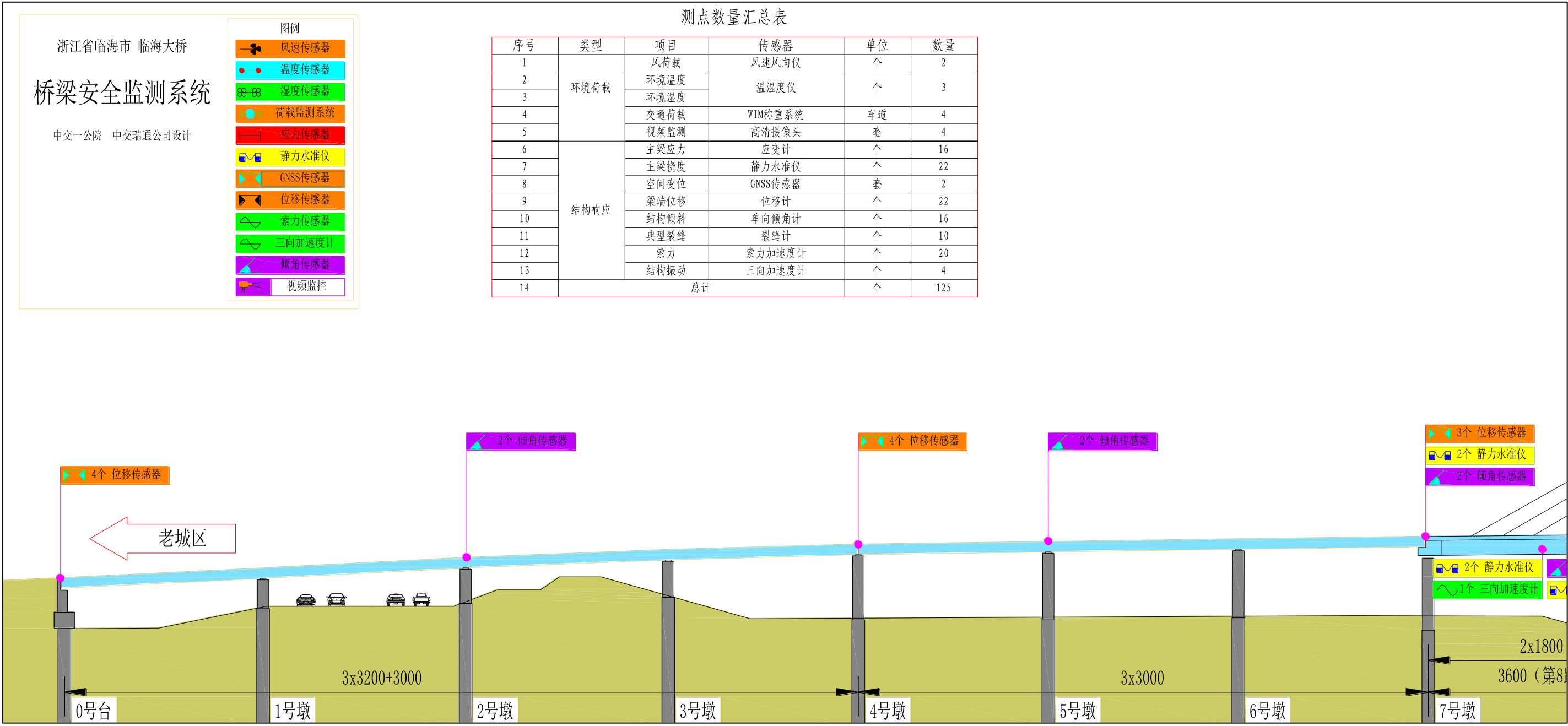
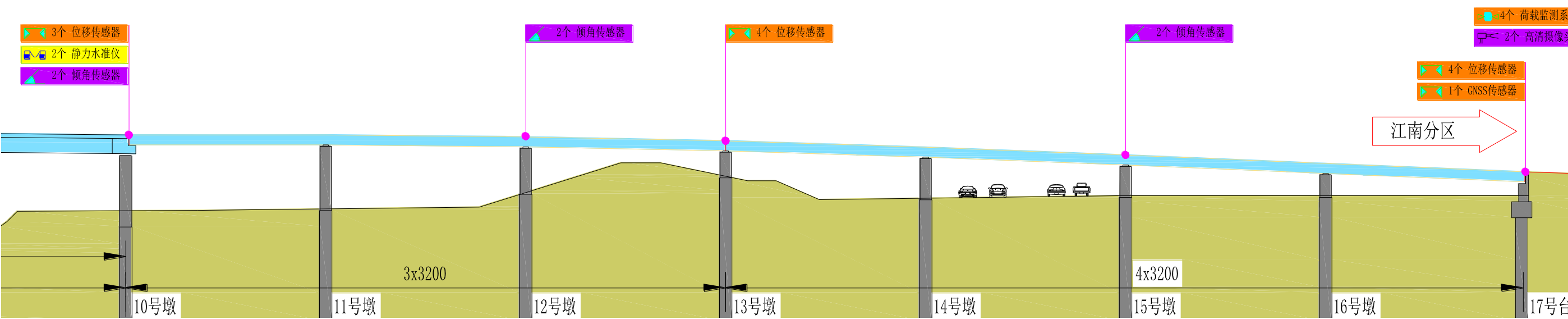
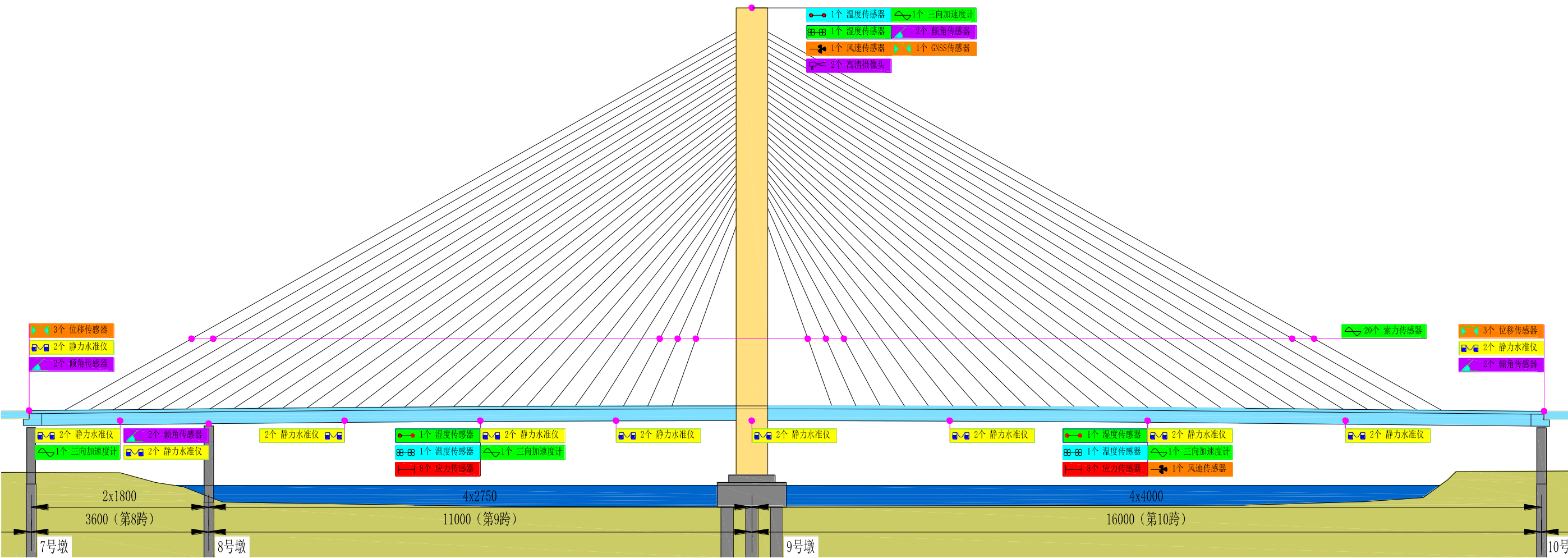


图 2-1 临海大桥测点总体布置图（一）



2.3.2 双林大桥

双林大桥测点总体布置如下：

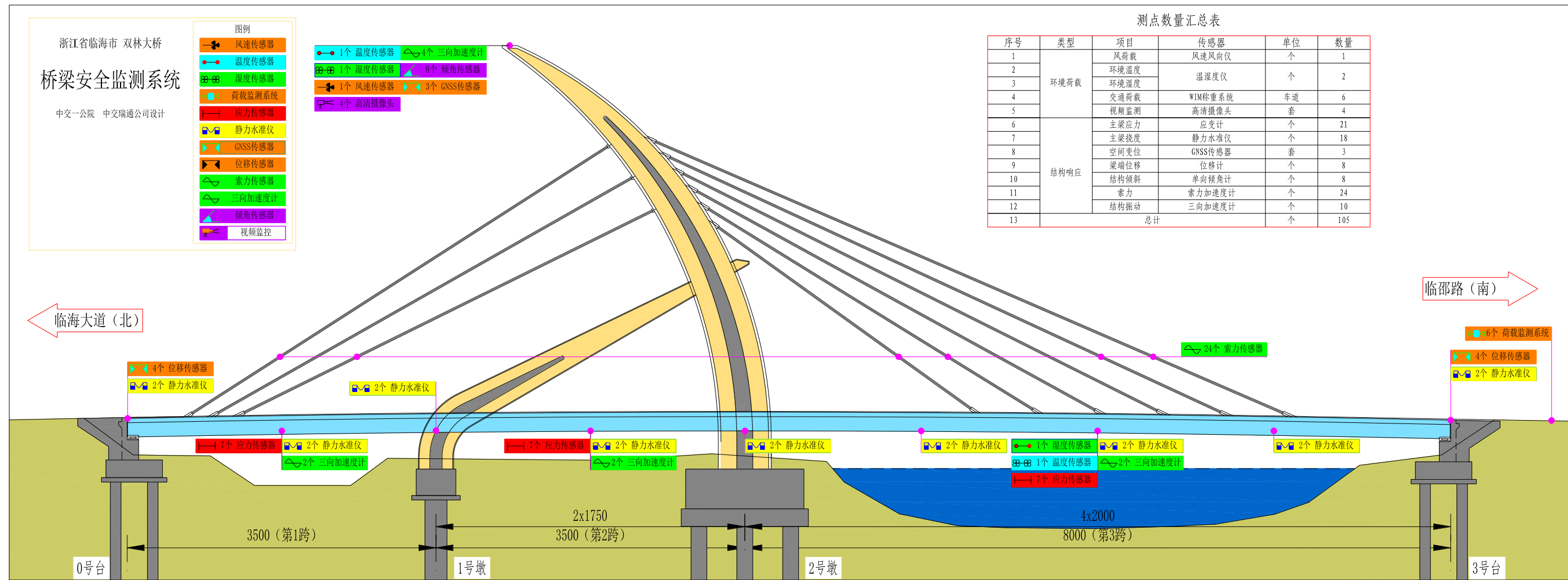


表 2-2 双林大桥测点数量汇总表

序号	监测类型	监测项目	传感器类型	单位	测点数量
1	环境荷载	风荷载	风速风向仪	个	1
2		环境温度	温湿度仪	个	2
3		环境湿度			
4		运营荷载监测	不停车称重系统	车道	6
5		视频监控	高清摄像头	套	4
6	结构响应	主梁应力	应变计	个	21
7		主梁挠度	静力水准仪	个	18
8		空间变位	GNSS 传感器	套	3
9		梁端位移	位移计	个	8
10		结构倾斜	单向倾角计	个	8
11		索力	索力加速度计	个	24
12		结构振动	三向加速度计	个	10
总计					105

2.3.3 测点布设

(1) 风速风向监测

临海大桥和双林大桥在运营阶段可能会出现强风作用下产生颤振、驰振、涡激振动、抖振等。强风作用下对结构的影响主要表现为：气动弹性不稳定；强度破坏（强度）；变形过大（刚度）；疲劳破坏等等。另外，结构物的振动使结构使用者会产生感觉上或心理上的不舒适，且大风还会对桥梁上通行的车辆安全造成风险。为保证行车安全的预警，建立风荷载与结构变形的关系，需对本桥进行风荷载监测。测点布设位置和数量如下表所列。

表 2-3 大桥风荷载长期监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	主塔塔顶	1	1 次/1 分钟	风速风向仪
	第 10 跨跨中	1	1 次/1 分钟	风速风向仪
双林大桥	主塔塔顶	1	1 次/1 分钟	风速风向仪
测点数量总计：3 个				

风速风向仪技术参数如下：

表 2-4 风速风向仪技术参数表

项目	技术指标
测量参数	三个正交方向 U、V、W 的风速和风向
风速	测量范围：0~65 m/s；分辨率：0.1m/s
风向	测量范围：0~359.9°； 分辨率：1°； 精度：<±3°
采样率	≥10Hz
环境要求	适应于暴露在自然环境下； 操作温度：-40℃~+60℃；湿度：0~100%； 防护等级：IP65
寿命	≥3 年

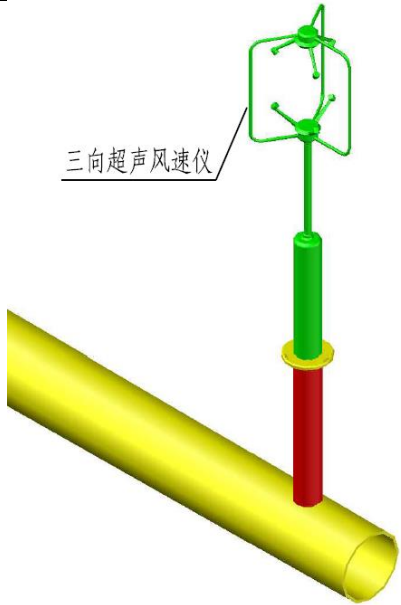


图 2-5 风速风向仪

(2) 环境温湿度监测

桥梁地处临海市，气候比较潮湿，为保证结构的耐久性，进行温湿度监测，掌握空气温湿度状况，辅助指导养护维修工作。测点布设位置和数量如下表所列。

表 2-5 大桥湿度长期监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	主塔塔顶	1	1 次/1 分钟	温湿度仪
	第 9 跨跨中（箱外）	1	1 次/1 分钟	温湿度仪
	第 10 跨跨中（箱内）	1	1 次/1 分钟	温湿度仪

双林大桥	主塔塔顶	1	1 次/1 分钟	温湿度仪
	第 3 跨跨中（箱内）	1	1 次/1 分钟	温湿度仪
测点数量总计：5 个				

其技术指标如下：

表 2-6 温湿度仪技术参数表

项 目	技术要求
空气相对湿度测量	
测量范围	0~100%RH，非结露
精度	≤±3%RH
存储温度	-20℃~+80℃
空气温度测量	
测量范围	-20℃~+80℃
精度	±0.5℃
存储温度	-20℃~+80℃
寿命	≥3 年



图 2-6 温湿度仪

（3）结构应力监测

结构应力监测一定程度上能反映结构的受力情况，测点设在可变荷载响应较大区域，选择主跨主梁最大正弯矩截面为主要监测区域。应力监测采用系统长期全自动方式监测。测点布设位置和数量如下表所列。

表 2-7 大桥结构应力长期监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	第 9 跨主梁最大正弯矩截面（梁底）	8	1 次/1 分钟	应变计

	第 10 跨主梁最大正弯矩截面（梁底）	8	1 次/1 分钟	应变计
双林大桥	第 1 跨主梁最大正弯矩截面（梁底）	7	1 次/1 分钟	应变计
	第 2 跨主梁最大正弯矩截面（梁底）	7	1 次/1 分钟	应变计
	第 3 跨主梁最大正弯矩截面（梁底）	7	1 次/1 分钟	应变计
测点数量总计：37 个				

结构应力监测采用振弦式应变计、振弦式应变计，技术参数如下。

表 2-8 应变计技术参数

项目	技术指标
标准量程	3000με
灵敏度	1με
温度范围	-30℃~+70℃
安装方式	表面安装
寿命	≥3 年



图 2-7 振弦式应变计

（4）主梁挠度监测

主梁控制截面挠度变化是反映主梁线形变化的重要参数，也是反映大桥安全状态及进行内力状态评估分析的重要参数，是结构安全预警的重要指标，必须进行监测。挠度监测采用系统长期全自动方式监测。测点布设位置和数量如下表所列。

表 2-9 主梁挠度监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	7 号墩墩顶位置（两侧护栏外侧）	2	1 次/1 分钟	静力水准仪
	第 8 跨 1/2L 跨位置（两侧护栏外侧）	2	1 次/1 分钟	静力水准仪

	8号墩墩顶位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第9跨1/4L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第9跨1/2L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第9跨3/4L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	9号墩墩顶位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第10跨1/4L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第10跨1/2L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第10跨3/4L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	10号墩墩顶位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
双林大桥	0号台顶位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第1跨1/2L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	1号墩墩顶位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第2跨1/2L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	2号墩墩顶位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第3跨1/4L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第3跨2/4L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	第3跨3/4L跨位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
	3号台顶位置（两侧护栏外侧）	2	1次/1分钟	静力水准仪
测点数量总计：40个				

挠度监测采用压变式静力水准仪进行监测，静力水准仪技术参数如下：

表 2-10 静力水准仪技术参数

项 目	技术要求
量程	≥1000mm
灵敏度	0.01mm
精 度	≤0.1（%FS）
工作温度	-10℃~+70℃
寿命	≥3 年



图 2-8 静力水准仪

（5）主塔塔顶空间变位

主塔是斜拉桥最重要的受力构件之一，主塔塔顶空间变位响应相对较大。主要构件变形稳定是桥梁健康的重要指标，有必要对其进行长期自动化监测。测点布设位置和数量如下：

表 2-11 主塔塔顶空间变位 GNSS 测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	主塔塔顶	1	1次/1分钟	GNSS 传感器
	桥位附近（基准点共享）	1	1次/1分钟	GNSS 传感器
双林大桥	主塔塔顶	3	1次/1分钟	GNSS 传感器
测点数量总计：5个				

主塔塔顶三向空间变位采用 GNSS 传感器进行监测，GNSS 及倾角仪技术参数如下：

表 2-12 GNSS 接收机技术参数

项目	技术要求
GPS 独立性	每个测点相互独立
基线结算精度	水平方向：3mm+0.1ppm

	静态长基线： 垂直方向：6mm+1ppm 水平方向：5mm+0.5ppm 快速静态： 垂直方向：10mm+1ppm 水平方向：10mm+1ppm 动态点位： 垂直方向：20mm+1ppm
采样频率	不低于 10HZ
工作环境	接收机、终端：-20℃~+55℃；天线：-40℃~+75℃；
数据存储	接收机的存储量不小于 80MB（128MB or 8GB）
通讯功能	支持 TCP/IP
寿命	≥3 年



图 2-9 GNSS 接收机

（6）伸缩缝位移

主梁在车辆、温度、基础变位、地震动及风荷载等的影响和作用下将会产生一定的纵向位移，监测主梁在支座/伸缩缝处的位移将为评估主梁支座和伸缩缝的安全使用状态提供依据。伸缩缝变位监测采用布设位移传感器，长期全自动方式监测，测点布设位置和数量描述见下表：

表 2-13 伸缩缝位移监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	0 号台伸缩缝（桥面外侧）	4	1 次/1 分钟	位移计
	4 号墩伸缩缝（桥面外侧）	4	1 次/1 分钟	位移计
	7 号墩伸缩缝（桥面外侧）	3	1 次/1 分钟	位移计
	10 号墩伸缩缝（桥面外侧）	3	1 次/1 分钟	位移计
	13 号墩伸缩缝（桥面外侧）	4	1 次/1 分钟	位移计
	17 号台伸缩缝（桥面	4	1 次/1 分钟	位移计

	外侧)			
双林大桥	0 号台伸缩缝（左幅两侧、右幅两侧）	4	1 次/1 分钟	位移计
	0 号台伸缩缝（左幅两侧、右幅两侧）	4	1 次/1 分钟	位移计
测点数量总计：30 个				

伸缩缝变位监测采用位移传感器，位移传感器的技术参数如下：

表 2-14 位移计技术参数

项目	技术要求
类型/型号	位移计
检测范围	≤1000mm
线性度	±0.1%
使用环境	-40-85 ℃
输出信号	4-20mA
使用寿命	≥3 年

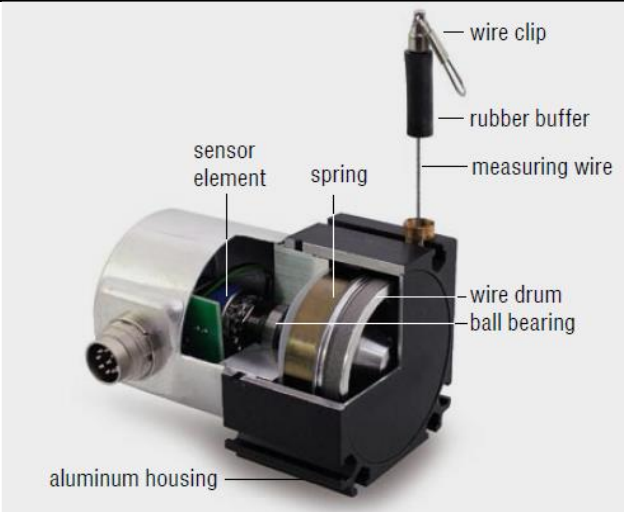


图 2-10 位移计

（7）结构倾斜监测

主塔和桥墩是桥梁的重要受力构件，运营过程中可能受到基础或不均衡荷载影响产生倾斜。主要构件变形稳定是桥梁健康的重要指标，有必要对其进行长期自动化监测。测点布设位置和数量如下：

表 2-15 结构倾斜监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点	测量频率	传感器类型
----	------	----	------	-------

		数量		
临海大桥	2 号墩处主梁翼板	2	1 次/1 分钟	倾角计
	5 号墩处主梁翼板	2	1 次/1 分钟	倾角计
	7 号墩墩顶	2	1 次/1 分钟	倾角计
	8 号墩墩顶	2	1 次/1 分钟	倾角计
	主塔塔顶（9 号墩）	2	1 次/1 分钟	倾角计
	10 号墩墩顶	2	1 次/1 分钟	倾角计
	12 号墩处主梁翼板	2	1 次/1 分钟	倾角计
	15 号墩处主梁翼板	2	1 次/1 分钟	倾角计
双林大桥	主塔塔顶（四个）	8	1 次/1 分钟	倾角计
测点数量总计：24 个				

结构倾斜采用倾斜计，倾斜计的技术参数如下：

表 2-16 倾斜计技术参数

项目	技术要求
量程范围	±2.5°（±5°、±6.5°）
最小分辨力	0.0001°（0.001°）
准确度等级	0.5 级
输出方式	RS485 标准接口
工作电压电流	DC+8~12 V <40mA
作环境	-20~+60℃ 湿度 <90% RH
使用寿命	≥3 年



图 2-11 倾斜计

（8）结构裂缝

桥梁结构裂缝常显著地改变构件内的应力场和应变场，破坏混凝土构件的整体性，严重的结构开裂将会对桥梁结构安全构成威胁。另外，若是混凝土裂缝超限，外界的水、氧气、二氧化碳

中交瑞通路桥养护科技有限公司

等都会由裂缝进入到混凝土结构中，进而导致钢筋的锈蚀，从而使得结构承载力降低。有必要对部分典型裂缝进行长期自动化监测，以判断其发展趋势，作为结构预警评估的主要依据。

依据两座桥梁的外观检测情况，裂缝测点主要布设在临海大桥的主梁塔梁固结区和主梁跨中位置典型结构裂缝上，共布设 10 个测点。裂缝计技术参数如下：

表 2-17 裂缝计技术参数

项 目	技术要求
精 度	0.02mm
测量范围	0—2mm
防护等级	IP65
使用寿命	≥3 年

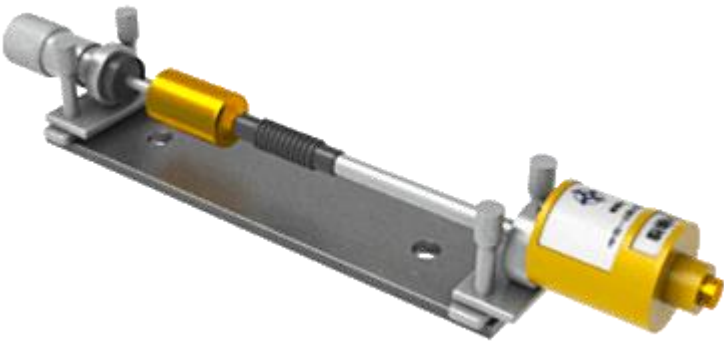


图 2-12 裂缝计

（9）拉索索力

拉索是重要的传力结构，也是必须监测的项目。长期处在较高应力状态下，由于温度、湿度和侵蚀性介质作用，吊索钢丝很容易受到腐蚀。此外拉索在车辆、风、雨荷载作用下容易产生振动，经常激烈的振动也会加速吊索防护和平行钢丝的疲劳损坏，所以应加强吊索的监测。

表 2-18 大桥索力长期监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	部分吊索	20	1 次/5 分钟	索力传感器
双林大桥	部分吊索	24	1 次/5 分钟	索力传感器
测点数量总计：44 个				

拉索索力监测采用频谱法索力传感器，索力传感器的技术指标如下：

表 2-19 索力传感器技术指标

项目	技术指标
分辨率	5kN
测量精度	小于 2%
使用寿命	≥3 年



图 2-13 索力传感器

（10）结构振动及动力特性

桥梁动力特性的参数（频率、振型、模态阻尼系数）是桥梁构件质量退化的标志。桥梁的振动水平（振动幅值）反映桥梁的安全运营状态。桥梁自振频率的降低、桥梁局部振型的改变可能预示着结构的刚度降低和局部破坏，或约束条件的改变，所以进行结构动力及振动特性监测的目的为：

- ① 从整体使用状态上把握结构的安全使用状况；
- ② 是进行结构损伤评估重要依据；
- ③ 检验和修正用于桥梁状态分析预测的有限元模型。
- ④ 作为影响行车舒适度的预警指标。

表 2-20 大桥结构振动长期监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	主塔塔顶	1	50Hz	加速度传感器
	第 8 跨 1/2L 跨桥面位置	1	50Hz	加速度传感器

	第 9 跨 1/2L 跨桥面位置	1	50Hz	加速度传感器
	第 10 跨 1/2L 跨桥面位置	1	50Hz	加速度传感器
双林大桥	主塔塔顶	4	50Hz	加速度传感器
	第 1 跨 1/2L 跨桥面位置	2	50Hz	加速度传感器
	第 2 跨 1/2L 跨桥面位置	2	50Hz	加速度传感器
	第 3 跨 1/2L 跨桥面位置	2	50Hz	加速度传感器
测点数量总计：14 个				

结构振动及动力特性监测采用加速度传感器，加速度传感器技术参数如下：

表 2-21 加速度计技术参数

项目	技术要求
量程	±2g
频率响应	0-120 Hz
非线性度	1% FS
分辨率	10ug
横向灵敏度	小于 1%
动态范围	> 120dB
工作温度	-40℃ - +85 ℃



图 2-14 加速度传感器

（11）交通荷载

交通荷载为大桥运营期的主要荷载，且超载车辆是造成桥梁破坏和影响桥梁寿命的主要因素，进行交通荷载监测的主要目的为：

- ① 对运营期大桥的交通量进行统计，对过桥的车辆轴重、速度、车长进行动态实时监测，当车辆超载时可给出预警；
- ② 为结构内力状态识别提供荷载依据；

③ 为行车道板疲劳分析提供荷载依据。

测点布设位置和数量如下表所列。

表 2-22 桥梁交通荷载长期监测测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	17 号台台后 500m 范围内，4 个车道	4	触发	WIM
双林大桥	3 号台台后 500m 范围内，6 个车道	6	触发	WIM
测点数量总计：10 车道				

交通荷载监测采用 WIM 称重系统，WIM 称重系统主要技术参数如下：

表 2-23 WIM 称重系统主要技术参数要求

项 目	技术要求
压电常数	>20pC/N (标称值)
工作温度范围	-40℃～70℃
相对湿度	0～95%R.H
温度灵敏度	<0.2%/℃
输出一致性	传感器长度方向的输出一致性在用于动态称重 (WIM)时<±7%；总重误差范围≤10%。
检测速度	5-200km/h；速度误差<±2Km/h
轮胎类型识别正确率	≥95%
车型分类精度	≥90%（符合交通部 I 类设备技术要求）
使用寿命	>4000 万次
防护等级	IP65
检测信息	日期和时间、速度、车牌、车轴数量、车轴间距、车型、车轴重量、轮重、轴重、轴组重、车辆总重、分类类型、总轴距、车道号和行驶方向、数据记录序号、标准当量轴次、车辆加速度、车辆间隔时间（毫秒）



图 2-15 动态称重系统

（12）视频监控

视频监控可直观了解记录桥梁现场情况，测点布设位置和数量如下表所列。

表 2-24 视频监控测点布设位置和数量

桥梁	位置描述	测点数量	测量频率	传感器类型
临海大桥	主塔塔顶	4	24 小时	高清摄像头
双林大桥	主塔塔顶	4	24 小时	高清摄像头
测点数量总计：8 个				

视频监控采用高清摄像头，高清摄像头主要技术参数如下：

表 2-25 高清摄像头主要技术参数要求

项 目	技术要求
参数要求	10 倍光学变焦、8 倍数字变倍；手动水平控制速度：0.05～400°/s；水平 360°连续旋转，垂直转动角度-11°～90°；支持三码流同时输出，主码流最高分辨率 1080p@30fps；支持宽动态、强光抑制、背光补偿、3D 降噪、图像翻转、NIR 红外增强；支持透雾、数字防抖、场景模式设置； IP66，TVS 4000V，防雷、防浪涌、防突波；



图 2-16 高清摄像头

2.4 数据采集与传输模块

2.4.1 数据采集

为便于型号采集分析除视频监控采用以太网信号外，其余传感器输出信号统一采用 RS485 数字信号，为增强系统稳定性、便于系统维护采集设备。

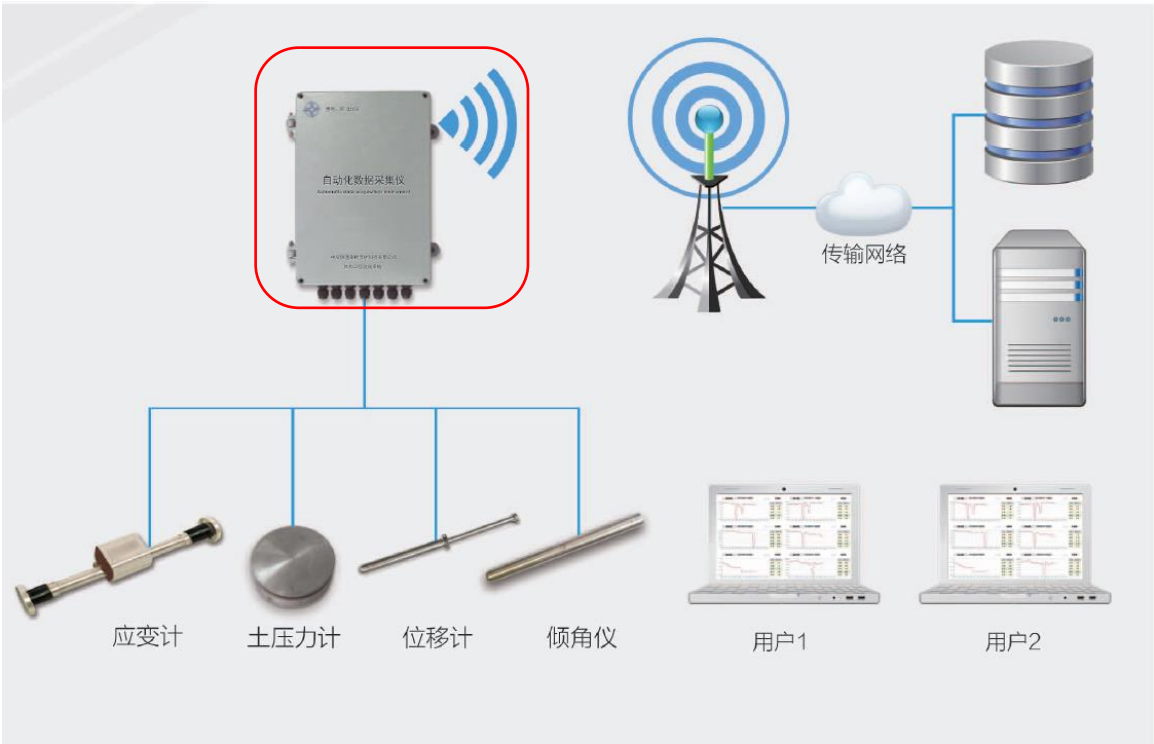


图 2-17 自动化数据采集仪

2.4.2 RS485 转 RS232

传感器输出是 RS485 的数字信号，一条 RS485 总线就可以将位移，应力应变传感器连接起来。RS485 总线的传输距离可达到 1000M 以上。

RS485 转 RS232 是将差分信号转换为串口形式，这样可方便的链接到 PC 机上直观的读到数据，方便现场调试。

RS232 信号通讯速率(波特率 Baud Rate): 缺省常用的是 9600 bps, 常见的还有 1200, 2400, 4800, 19200, 38400 等。波特率越大，传输速度越快，但稳定的传输距离越短，抗干扰能力越差。

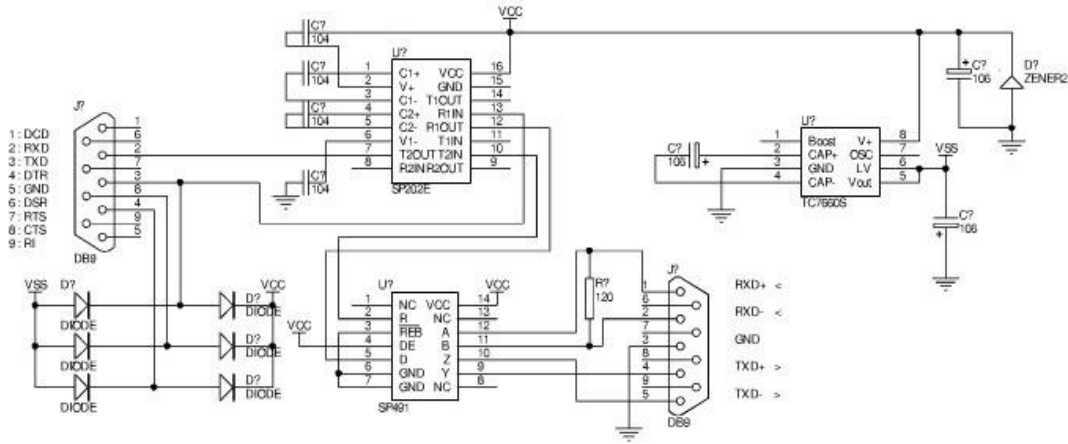


图 2-18 转换原理图

2.4.3 传输网关

网关的作用是将感知节点采集到的数据，汇总通过无线的 GPRS，CDMA，网络的方式发送到监控中心。

网关的设计方案：

本方案尽可能将所有的功能压缩到到一个主模块上实现，在必要的情况下再添加扩展模块，因此，系统架构是这样的：

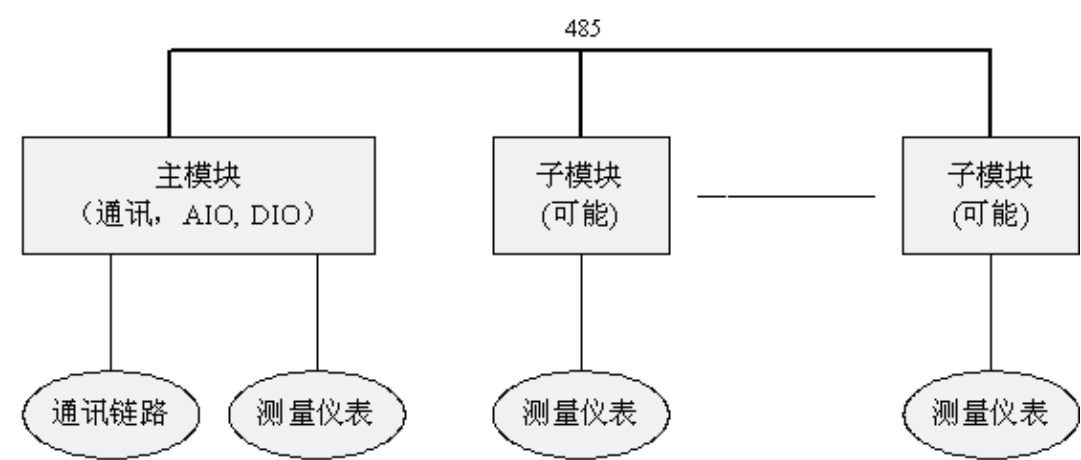


图 2-19 系统架构

这种架构的特点是：尽可能多用主模块的功能，必要的情况下扩展子模块。这种结构类似于工控机+ADAM 模块的结构。

2.4.4 通信服务器

通讯服务器软件是在环保监测系统中，运行在具有公网 IP 的中心主站计算机上，负责在传输网络中接收并解析下端数据采集仪上传的实时数据，并将解析后数据写入数据库中以备监控中心软件查询分析的软件。此外，通讯服务器还做为数据采集仪远程设置和升级的转发控制功能，其传输协议按国家环保局数据采集仪通讯协议执行，并在此协议基础上满足远程设置及升级的协议命令的转发。

2.5 数据库子系统

中心数据库子系统要求能够保障数据存储安全，系统能够长期不间断稳定工作，能够同时处理结构化及非结构化数据，能够完成数据的快速查询及视图的快速生成，支持网络分布式数据管理，支持 WEB 数据访问，满足开放式数据库协议等。

中心数据库子系统的主要设计内容包括：基础数据库管理语言工具的选择、数据库设计、数据库备份与灾难恢复策略等。

2.5.1 基础数据库管理商业工具的选择

MySQL 是最流行的关系型数据库管理系统之一，在 WEB 应用方面，MySQL 是最好的 RDBMS (Relational Database Management System, 关系数据库管理系统) 应用软件之一，可以满足系统的稳定性和大数据量的要求。

数据库良好稳定的运行需要管理员的辛勤工作，管理员的经验直接关系到数据库的安全稳定，

MySQL 在中国的企业和政府尤其是在 web 端应用方面得到了广泛的应用，有大量经验丰富的管理员。MySQL 数据库的管理和操作是最简单的，整个系统的安全性和稳定性也较好，而且性能价格比最高，完全满足桥梁结构安全监测巡检管理系统的稳定安全的要求，同时节约资金，降低成本，是理想的选择。

常规小型企业或者中小型的应用中，采用 MySQL 作为数据平台，既可以节约资金，又便于维护管理。小型应用主要考虑的是资金问题，MySQL 的资金投入最小，是中小型应用的最佳选择。

系统需要完成原始数据的处理并入库的功能，保存到数据库中的数据包含了某段时间监测数据的特征值，保存特征值可以方便我们对长期存储数据的统计与分析。统计报表需要对保存下的数据进行进一步的处理，剔除异常点并将处理后的数据保存到数据库中。

传感器系统的监测数据。这类数据经预处理、二次预处理和后处理后进行数据压缩、信息提取和融合，可得到结构特性及荷载响应特性等实时结果，并可在此基础上建立结构“安全”状态数据库（包括基准值、界限值和参数相关性模型）。随结构年龄的增加，其“安全”状况标准需作调整更新，如维修工程可改善结构的“健康”状况。根据不同阶段的状态值，可了解结构的退化信息；

长期监测系统数据的特点：（1）数据量庞大，长时间的连续监测将形成海量数据；（2）类型多，既有监测的数字、图像数据，又有设计的图表信息及某些非数字的描述信息。

数据库管理系统安装在控制中心的结构安全评估服务器上，主要包括综合数据库和查询显示系统两部分。要求系统能快速及时地通过计算机网络以图文并茂、友好自主的方式显示数据库中的桥梁状态信息。

根据系统存储和管理海量数据和不同形式数据的需求，选择采用 MySQL 作为数据库管理系统，实现对桥梁几何数据、监测时间序列数据、图像监测信息和文本信息的统一存储。

由于数据来源多样、形式复杂、格式不一，因此数据的收集和整理入库须统一规划、分步实施。传感器的监测数据及预处理结果直接加入到动态数据库；图像监测信息经删选后以图幅方式存入动态数据库；现场监测和检查收集的数据经整理后存入状态检测数据库；事件（损伤、维修记录等）信息存入状态检测库。入库数据信息录入数据库中的索引系统上。数据库按层按列形成网状结构，如根据传感器类别将监测数据分成相应的列，而以测量数据导出量作为层。以加速度数据为例，计算得到的功率谱信息为第一层，进一步识别得到的频率、模态阻尼等值作为第二层。

2.5.2 数据库的实施

MySQL 使用 C 和 C++编写，并使用了多种编译器进行测试，外加开源特点，保证了源代码

的可移植性。同时为多种编程语言提供了 API，结合 C、C++、C#等编程语言形成了数据库管理系统软件。

数据库实施阶段包括两项重要的工作，一项是数据的载入，另一项是应用程序的编码和调试。

数据库运行和与维护

在数据库运行阶段，对数据库经常性的维护工作主要是由管理员完成的，它包括：

- 1）数据库的转储和恢复；
- 2）数据库的安全性、完整性控制；
- 3）数据库性能的监督、分析和改造；
- 4）数据库的重组与重构造。

2.5.3 数据备份和灾难恢复策略

监测系统需要长期稳定的保存各种数据，数据库管理员需要制定合理的备份数据库、恢复数据库、收缩数据日志、转移数据库的策略，以保证数据的完整及安全。

完整和及时的数据备份是当遇有事故发生后拯救数据的最关键手段，因此也是保证数据安全的重要环节。对数据备份重视不够，数据备份设备不完好，不经常检查和定期更新数据备份介质，都可能产出无效的数据备份。

从制度措施上来说，对数据库数据备份没有健全的规章制度，数据备份策略制定的不合理，没有对数据备份介质进行可靠的存放，也会给数据安全带来隐患。

大桥桥梁结构安全监测系统数据库的数据备份设计为使用双服务器组建群集，冗余热备及时实现数据库的自动备份。

数据库管理员经常性对数据库进行异地备份以保证可以实现灾难恢复。具体方式就是通过刻录光盘异地保存和通过大容量移动存储设备来异地保存。一旦监控中心服务器发生灾难性事故，便可以通过异地的数据库备份来恢复数据，减小损失。

2.5.4 数据库构成

系统由数据库服务器、数据库管理系统软件、实例数据库等部分组成。

数据库管理系统平台采用 MySQL Community Server 关系型数据库管理系统软件，实例数据库针对本系统的特点进行研发设计。中心数据库是系统数据交换、存储、查询、分析、评估、处理的核心。包括实时监测数据数据库、动态称重数据数据库(数据引入)、报告报表数据数据库、结构分析数据库、静态信息数据数据库。

2.5.5 主要设备参数

表 2-26 主要设备参数表

仪器设备部分	技术参数
加速度信号调 理器	1、通道数：1-32 2、输入及范围：电荷 0.1pc~50000pc；电压 0.1Vp~5Vp 3、功能选择及频响：线性电荷输入：0.16Hz~20kHz； 线性电压输入：DC~20kHz（直通）, 1Hz~20kHz（隔直） 4、电荷灵敏度适调(归一化)：10~100 pc/EU 5、电荷增益：1,10,100,1000,10000 mV/EU 6、电压增益：1,10,100,1000,10000 倍 7、抗混叠滤波衰减率：>140dB/oct 8、滤波截止频率：(Hz) 10,20,50,100,200,500,1k,2k,5k,10k,20k
工控机	1、4U 上架式机箱，可支持多达 15 个附加卡 2、抗冲击磁盘驱动器托架可支持 3 个 5.25"和 1 个 3.5" 磁盘驱动器 3、前部可访问 USB 和 PS/2 接口，更易于数据传输 4、提供双 12 cm / 85 CFM 滚珠轴承风扇和流线式空气流通 可锁前门，防止未经许可的访问 5、支持 300 W 单 PS/2 喝冗余 ATX 电源
数据存储与管 理服务器	银牌 4210/64G(4*16G) /2*750W/8SFF（性能相当的云存储服务器）
磁盘阵列	1、最大存储容量：48TB 2、系统支持：Windows 2003 R2,Windows 2003... 3、外接主机通道：4Gb 光纤通道 4、RAID 支持：RAID 0,1,3,5,6,10,50 5、单机磁盘数量：12 个 6、内置硬盘接口：SAS、SATA 7、其它参数：双控制器增强型
电信级交换机	1、产品类型：千兆以太网交换机

仪器设备部分	技术参数
	2、应用层级二层 3、传输速率 10/100/1000Mbps 4、产品内存内存 DRAM：128MB 5、闪存：64MB 6、交换方式存储-转发 7、背板带宽 88Gbps 8、包转发率 41.7Mpps
大型不间断电源	1、容量：3kW·h 2、输出功率： 3KW； 3、输入电压范围：220-380V 4、输出电压范围：228-478V 5、输出频率范围：40-70 6、工作噪声：<58

2.6 用户界面模块

用户界面模块是运营监测系统的终端窗口，是桥梁管理和维护人员了解、查询桥梁结构各种监测信息的交互式平台。完整的运营监测系统不但需要面对专业技术人员和管理人员，也必须面对其他用户，例如政府职能管理部门等，用户界面系统应综合考虑用户的各种需求。在监控中心，专业技术人员应能很方面地对大桥各种监测数据和评估结果进行详细查看和处理；此外，一般桥梁管理人员、业主、专家和政府监管部分等其他人员在不同时间、地点都能查阅到大桥的相关监测信息。

针对不同的用户使用要求，结合最新的云平台技术，桥梁群用户界面系统综合 B/S 架构，采用远程终端完成各种功能。



图 2-20 监测主要界面

Web 门户网站采用 B/S 架构，结合 GIS（地理信息系统）技术设计，主要展示用户管辖桥梁的详细信息、测点布设情况、实时监测数据、最近一段时间的历史数据和预警信息。

监测平台使用 .Net 框架，用户通过 Web 方式进行远程调用。这种程序远程发布方式即是所谓的应用虚拟化，用户的键盘、鼠标输入会反馈到服务器端执行相应的操作，服务器端运算后将结果显示在本地计算机。它具有两个优点：其一是安全性，程序运行在远程服务器，无需安装在用户本地计算机上，当程序关闭后，在本地不会留下任何痕迹，有助于保护软件知识产权和核心技术；其二是灵活性，用户无需安装本地软件即可运行应用虚拟化程序，并且与运行本地程序没有任何区别。该平台提供了更强大的数据展示能力，主要包含如下功能：查看桥梁的相关信息及传感器数据，并结合桥梁三维模型实时显示最新采集到的测点数据，并对异常数据进行警报；提供传感器历史数据的查看，以波动曲线的方式呈现给用户；查看桥梁的定期、日常检查报告；根据检测报告和监测数据为用户生成安全评估结果。其中各类数据分析和安全评估功能，是通过调用相应的后台程序完成，这里仅提供交互、发布和显示功能。



图 2-21 桥梁监测子页面



图 2-22 桥梁数据分析子页面



图 2-23 桥梁监测安全预警子页面

利用所有监测数据，系统会定期生成结构监测报告。该报告的建立是桥梁数字化、信息化“档案”的一部分，也是追踪结构内力状态演变过程。推测其预期发展趋势的基本依据，同时也能为该类型桥梁的进一步研究提供有力的数据支持。



图 2-24 自动监测报告

2.7 数据分析与安全预警及评估模块

安全预警与评估子系统作为桥梁运营期结构监测管理系统的核心部分之一，它通过监测结构的运营状态，通过荷载输入和结构响应数据对桥梁整体及关键部件的安全状况进行评估，判断结构是否处于正常使用极限状态内，是否即将达到或超越服役极限状态（Serviceability Limit State）。

对结构安全状态的重要变化及桥梁出现不安全征兆时进行报警，提供报警信号，提醒管养人员关注结构运营安全状况，及时进行维修养护，保障结构健康正常运行。具体为：对监测及识别的结果进行统计、对比分析，趋势分析和相关性分析；对结构形等监测参数建立明确的报警指标，对监测结果进行分级报警；综合各种监测数据、内力状态信息对结构进行综合评估。传感器模块所采集的监测数据是为安全报警与状态评估子系统服务的，依据上述两者信息进行结构的综合报警及安全评估。

根据《公路桥梁结构安全监测系统技术规程》（JT/T 1037-2016）中 8.1 规定，每年不应少于一次数据分析，且数据分析结果可运用于安全预警、安全以及评估、安全二级评估和专项评估。

2.7.1 安全预警

1) 预警工作流程

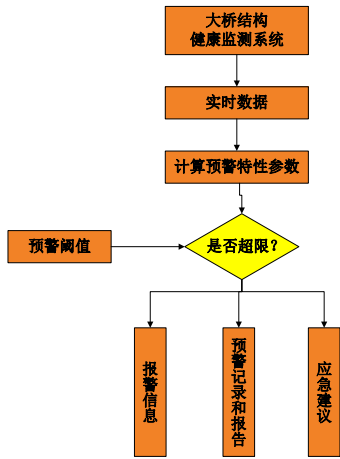


图 2-25 结构预警子模块流程图

2) 报警等级划分

结构报警等级划分及对应描述见下表。

表 2-27 报警级别划分及对应的桥梁状态

报警等级	对应的结构状态描述
1 级黄色报警	结构已明显偏离通常运营状态，已有明显趋向极限状态的趋势，建议关注。
2 级红色报警	结构已严重偏离通常运营状态，已接近设计极限状态，结构安全富裕量已不足，建议密切关注，必要时建议进行交通管制。

3) 预警方式

报警方式根据需要可以有三种方式：

- （1）在计算机终端软件界面上以醒目的图形方式（数字颜色改变、多级报警线、状态灯）表示报警状态；
- （2）通过鸣叫等声音方式通知监控中心管理人员；
- （3）通过发短信的方式通知管理人员。

4) 预警指标阈值的配置

（1）阈值配置的原则

报警指标阈值的确定将遵循以下原则：

- a、相应结构设计规范中规定的限值，按极限状态理论设计时承载能力极限状态、正常使用极限状态规定的限值以及按容许应力法设计时规定的设计容许值等；
- b、考虑结构安全可靠度采取不同的安全系数进行阈值的分级；
- c、建立在监测数据统计分析的基础上，对阈值进行的调整。

（2）报警指标阈值配置的内容

配置的过程是首先确需要进行报警的监测项目和逐一对应的传感器编号，然后确定每个测点信号的二级报警值，每级报警可能包括上限和下限，因此每个测点信号最多的阈值为 4 个，从大到小依次为红色报警上限、黄色报警上限、黄色报警下限、红色报警下限。报警体系主要作用是在结构实时监测过程中对发生的可能威胁到桥梁结构运营安全的可变荷载（如超重车等）以及结构对其的响应指标（主梁变形等）进行报警，提供桥梁在特殊气候、交通条件下或桥梁营运状况异常时所触发的报警信号，提醒桥梁管理养护人员关注结构的运营与安全状况，并根据需要临时启动识别和评估机制以确定结构是否处于安全状态。

2.7.2 结构安全评估

结构安全评估是监测系统的最终成果体现，也是健康监测中技术难度最大的部分。既需要熟悉对大桥结构特性，也需要对传感器测试数据有深刻的认识。要求系统能够针对结构的损伤识别、异常状态识别、性能发展趋势预测和整体结构安全性进行分析。应在对本桥进行充分的危险性分析和运营状态受力分析的基础上并采用较成熟的方法对本桥安全状态进行评估，报告大桥主要构件的承载能力，评估大桥整体及各主要构件的使用性能。

2.7.3 数据报表

结构安全监测报表功能计划主要设置以下子模块，包括：各桥监测项目的监测数据查询、监测数据报告报表和交通荷载统计报表实现。

- 监测数据查询
- 针对不同桥梁每一个监测项，用户应可以根据不同的时间段（天、月、季度、年、自定义时间段）实现查询历史数据的功能。
- 监测数据报告报表
- 用户可以实现接单桥、单个监测项或监测单元，按不同的时间段统计，生成报表的功能。报表支持多种格式（excel、word、pdf）导出功能。
- 1) 历史数据查询模块
- 历史数据查询模块用于历史统计数据的查看功能。
- (1) 历史数据自定义查询，可按照监测项对历史数据进行自定义查询。
- (2) 曲线数据显示，可对最大值、最小值、平均值在曲线上进行显示，并且支持曲线的图上操作，例如放大、缩小、还原、选定点在图上删除等功能。
- (3) 列表数据显示，可以对最大值、最小值、平均值、方差、均方根值数据进行显示。
- 2) 报告报表编辑模块
- 报告报表编辑模块用于报告报表历史数据的查询及历史数据的处理等功能。
- (1) 历史数据自定义查询，可按照监测项对历史数据进行自定义查询，以作为报告报表的数据源。
- (2) 历史数据处理，可对统计值和差值数据进行处理，包括去除异常点、恢复异常点、去除全零值等。
- (3) 报告报表生成，可选择相应的报告报表模板进行报告报表的自动生成。
- (4) 历史数据曲线自定义查看，可对历史数据曲线进行放大查看。
- (5) 历史数据异常点剔除，可对历史数据曲线中的异常点进行手动剔除操作，以删除那些异常突变的数据点。

3 桥梁巡检终端子系统

桥梁巡检终端子系统是桥梁综合管理系统的重要组成部分，为桥梁综合管理系统提供全面检测数据记录，负责桥梁运营状态信息的收集和更新工作。

桥梁检测时可通过安装有本系统软件的平板协助完成桥梁检测记录、技术状况评定和检测报告编制工作。桥梁巡检终端子系统的建设范围为临海市区管辖范围内的全部桥梁。



图 3-1 桥梁巡检终端子系统

3.1 上部结构模型编辑

对桥梁上部结构模型进行参数的设置、浏览，完成桥梁上部结构参数录入，上部结构的参数化录入包括空心板梁、T 梁、小箱梁、整体板和现浇箱梁。通过点击上一跨径和下一跨径可以对构成桥梁的各个主梁参数进行浏览修改，点击保存为数据按钮可以保存修改后的该跨数据。



图 3-2 空心板桥上部结构



图 3-3 T 梁桥上部结构

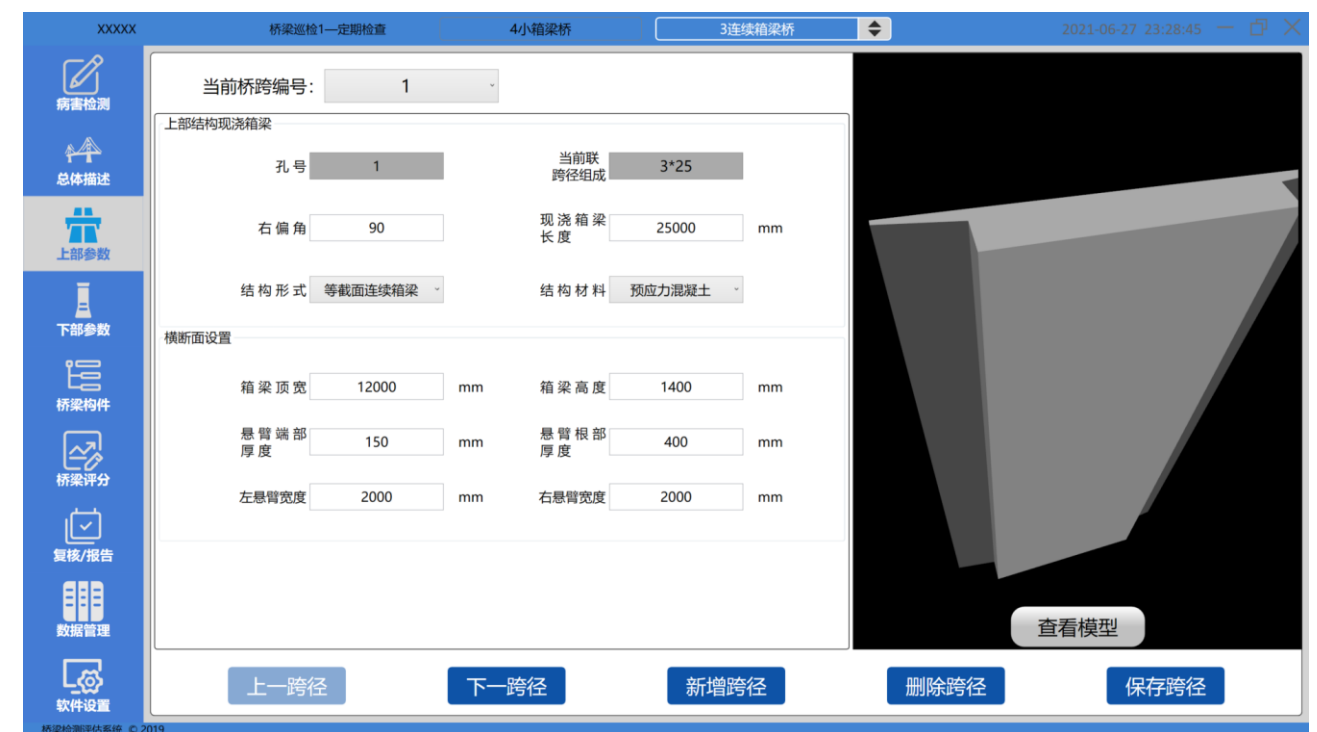


图 3-5 现浇箱梁桥上部结构



图 3-4 小箱梁桥上部结构

3.2 下部结构模型编辑

对桥梁下部结构（包括桥台和墩柱）模型进行编辑修改。通过点击上一桥台/墩和下一桥台/墩可以对构成桥梁的各个下部结构参数进行浏览修改，



图 3-6 下部结构桥墩



图 3-7 下部结构桥台

3.3 巡检病害标记

在对桥梁巡检过程中若发现那部分存在病害并需要进行标记，在可在上述漫游过程中用鼠标左键双击桥梁的该部件，桥梁病害标记窗口。在窗口左侧是对应桥梁部件的二维展开图，可以通过交互方式在改图上进行病害的标记。右侧上半部分为病害标记类型选择、病害标记操作按钮和漫游浏览按钮。右侧下半部分为所标记病害的数据自动记录部分。

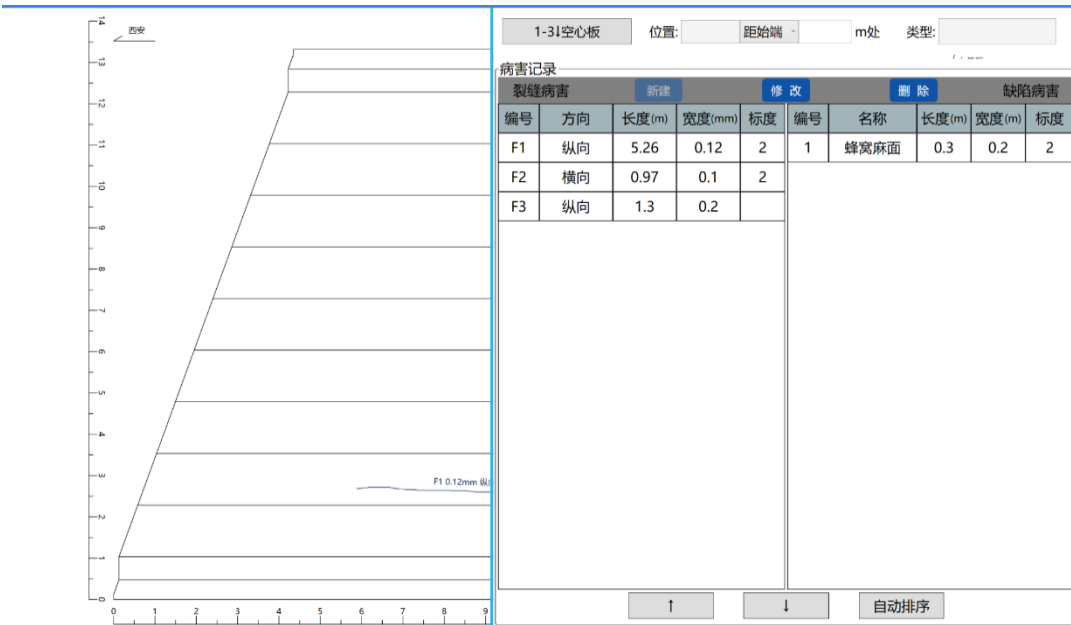


图 3-8 病害交互标记



图 3-9 病害管理

病害标记操作时先在病害标记类型中选择病害标记类型，对于裂缝类型的病害选择线型裂缝，而对于麻面等类型的病害选择面型病害；其次点击开始标记按钮，并在左侧的相应位置使用鼠标在病害形状的关键点处勾画出病害的形状，然后点击结束标记按钮。则相应的病害数据被自动记录到右侧下半部分的病害数据列表中，然后在病害数据列表中填写其他数据。一次病害标记即可结束。重复上述操作即可继续进行病害的标记。所有病害标记完成后，点击保存标记按钮，所有标记数据保存到数据库中。

3.4 桥梁技术状况评定

通过调取桥梁模型参数，遍历全桥构件，对构件指标进行自动化评定。依次核算构件评分→部件评分→总体评分，依据《城市桥梁检测与评定技术规范》（CJJ/T 233-2015）对桥梁技术状况进行科学客观评定。



图 3-10 技术状况评定软件界面

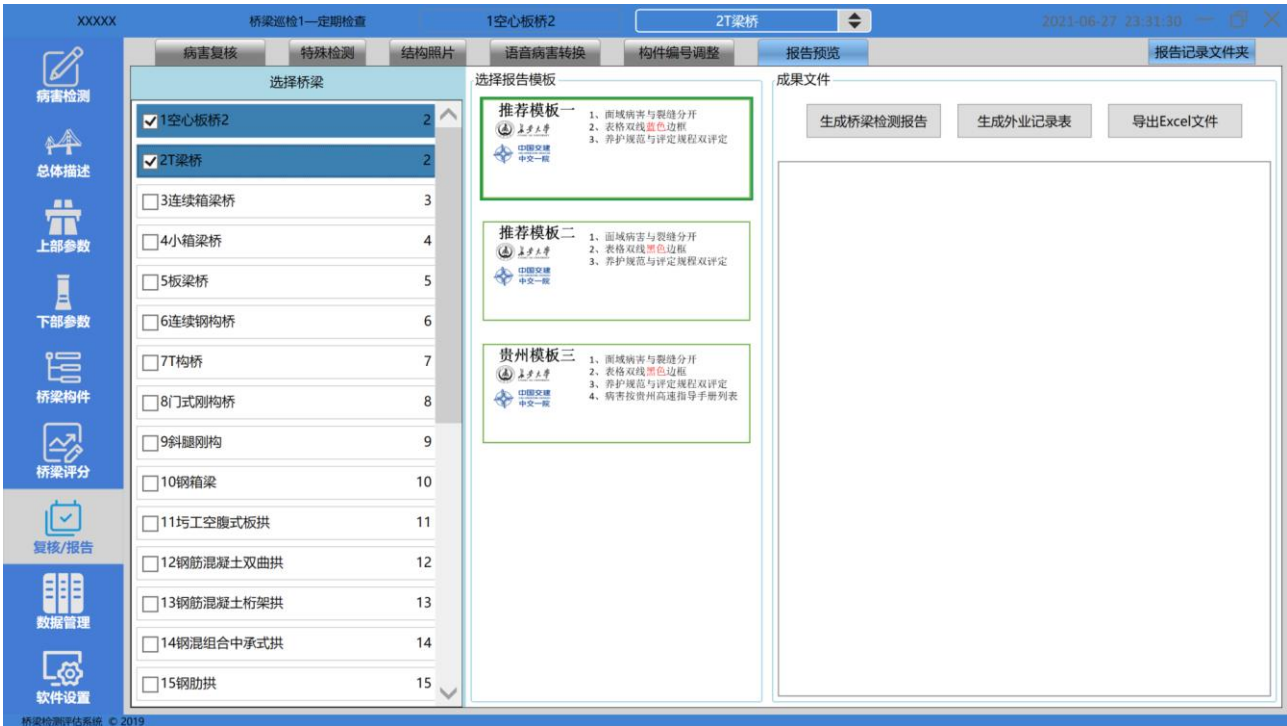


图 3-12 报告生成

调整部件权重					
序号	全局	部件名称	权重	调整权重	存在与否
1	上部结构	上不承重构件	0.7	0.7	√
2		上部一般构件	0.18	0.18	√
3		支座	0.12	0.12	√
4	下部结构	翼墙、耳墙	0.02	0.02	√
5		锥坡、护坡	0.01	0.01	√
6		桥墩	0.3	0.33	√
7		桥台	0.3	0.33	√
8		墩台基础	0.28	0.31	√
9		河床	0.07	0	×
10		调治构造物	0.02	0	×
11		桥面铺装	0.4	0.4	√
12		伸缩缝装置	0.25	0.25	√
13	桥面系	人行道	0.1	0.1	√
14		护栏	0.1	0.1	√
15		排水系统	0.1	0.1	√
16		照明、标志	0.05	0.05	√

保 存

退 出

K247+210 茶房庙大桥左幅桥技术状况评定计算表											
序号	部位	桥梁部件及评级			构件评定						
		部件名称	技术状况等级	技术状况评分	构件名称	构件总数	有病害构件数	t 值	最低得分	平均得分	
1	上部结构	上部承重构件	3	60.39	空心板	56	52	4.16	45.28	72.15	
2	63 分 3 类	上部一般构件	2	83.67	砌缝	49	29	4.45	80	88.16	
3		支座	3	77.02	支座	224	160	2.3	80	100	
4		翼墙、耳墙	1	100	翼墙、耳墙	2	0	10	100	100	
5	下部结构	锥坡、护坡	1	100	锥坡、护坡	2	0	10	100	100	
6		桥墩	2	80.05	桥墩	18	8	6.84	65	83.89	
7		桥台	2	80.07	桥台	2	2	10	65	65	
8		墩台基础	1	100	墩台基础	10	0	8.1	100	100	
9		河床	/	/	河床	/	/	/	/	/	
10		调治构造物	/	/	调治构造物	/	/	/	/	/	
11		桥面系	桥面铺装	3	61.74	桥面铺装	1	0	∞	61.74	61.74
12			伸缩缝装置	3	64.54	伸缩缝	2	2	10	61.74	68.37
13	人行道		/	/	人行道	/	/	/	/	/	
14	护栏		2	85	护栏	2	0	10	75	87.5	
15	64 分 3 类	排水系统	3	77.26	泄水孔、泄水管	14	14	7.3	80	80	
16		照明标志	1	100	标志	1	0	∞	100	100	

K247+210 茶房庙大桥左幅桥按《公路桥梁技术状况评定标准》(JTG/T H21-2011) 评定总体技术状况评分为 75.16, 桥梁总体技术状况等级评定为 3 类。

图 3-11 技术状况评定表

3.5 自动生成报告

在项目的所有桥梁完成病害的检测和标记后，即可自动生成检测报告。点击生成报告菜单。可选择一个报告模板，并点击生成报告按钮。即可在 Word 中完成桥梁检测报告的自动生成，并可在 Word 中浏览修改。

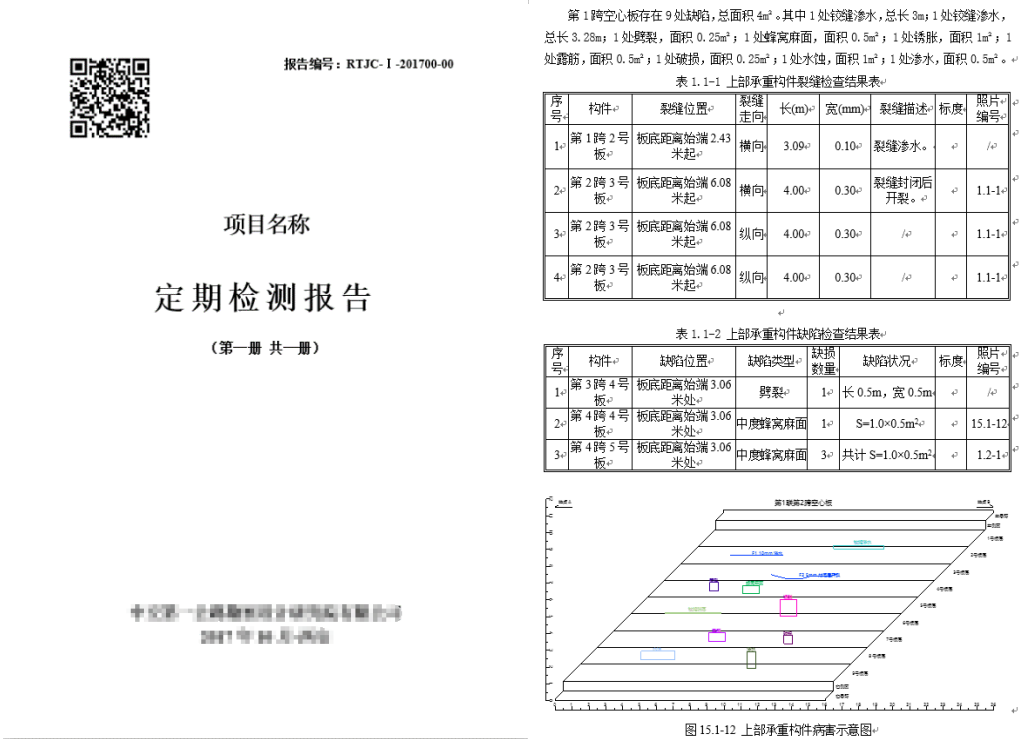


图 3-13 报告生成

4 桥梁综合管理信息系统

4.1 云数据库及支撑平台

■ 云数据库

该层主要建设统一、规范的“数据中心”，该层是整个平台的数据中心。主要资源数据包括：桥梁电子身份库，桥梁基础信息档案库，桥梁巡更检查检测库，桥梁定期检测数据库，桥梁安全状况库，重点桥梁传感器监测数据库，重点桥梁健康监测安全评估预警库，重点桥梁智能定检评定库，数据交换共享库等。

■ 云支撑平台

该层主要建设平台的基础支撑部分，该层次为业务应用和平台大数据应用提供底层服务和运行环境支持。主要包括：数据标准体系，形成市级统一的桥梁数据采集管理标准，以此为标准构建数据交换体系；数据交换接口，以数据标准和交换体系为基础，结合信息技术构建异构系统或资源的数据交换平台；地图支撑服务，主要实现地图的基础使用的显示支撑环境；平台管理，主要实现平台的基础管理和系统维护等。

4.2 桥梁综合管理系统

桥梁综合管理系统，整合桥梁监测、检测、巡检数据，为桥梁养护提供信息管理和基于大数据专业分析、管理和咨询服务。系统包括桥梁 GIS 总图、桥梁数据管理、桥梁综合查询、桥梁技术状况、用户中心五部分，架构设计如下。

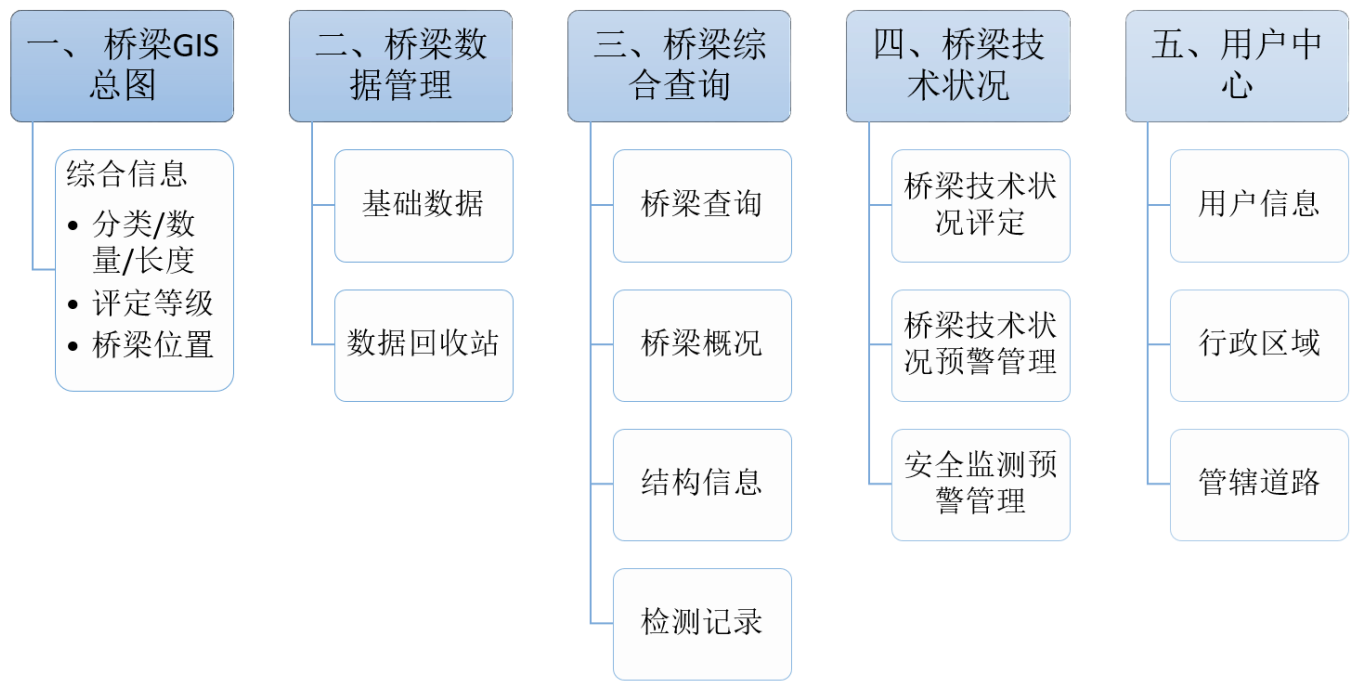


图 4-1 桥梁综合管理信息系统架构

4.2.1 桥梁管理总图

“桥梁管理总图”是桥梁综合管理信息系统的核心数据显示页面。通过整合关联该平台的市重点桥梁健康监测的安全预警信息，桥梁巡检终端子系统桥梁定检智能评定系统产生的数据，以及桥梁综合管理信息系统的桥梁基础信息，服务于临海市道路桥梁管理者，并体现大数据应用的优势和成果，通过大数据可视化一张图总览管理全市桥梁。

主要显示内容包括：桥梁数量、总长、桥梁规模分类信息、桥梁技术状况分类信息、桥梁所长地理位置等相关信息。



图 4-2 桥梁管理总图

4.2.2 桥梁数据管理

主要实现全桥梁基本信息卡片信息和档案的统一管理，首先收集获取桥梁基本信息，以此为基础进行补充和完善，实现桥梁总体的属性、位置、上部结构、下部结构、桥面系、构件等各部分信息、图片等，实现桥梁各类档案（设计资料、建设档案、检测报告等）的统一电子化管理，便于检索、共享。主要包括：桥梁列表信息、桥梁行政识别信息、桥梁技术指标信息、桥梁其它参数信息、桥梁图片档案管理、桥梁构件列表管理、桥梁数据回收站管理等。主要系统页面功能设计如下。

数据列表							
序号	数据名称	数据编号	所属单位	所在校区	所属数据	操作	
1	通惠新村	G30	西湾分公司	香洲区	数据	编辑	删除
2	华发湾大新	G85	宝隆分公司	阳东区	数据	编辑	删除
3	雅和苑	2018-G0522	西湾分公司	阳东区	数据	编辑	删除
4	王家山桥	G85	宝隆分公司	阳东区	数据	编辑	删除
5	澳门互通立交桥	G30	西湾分公司	濠洲县	数据	编辑	删除
6	西湾湾大桥	G85	宝隆分公司	阳东区	数据	编辑	删除
7	通惠新村	G5	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
8	通惠新村	G5	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
9	通惠新村大桥	G7011	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
10	通惠新村大桥	G3511	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
11	通惠新村	G3511	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
12	通惠新村	G7011	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
13	通惠新村	G30	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
14	通惠新村	G7011	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
15	通惠新村	G5	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
16	通惠新村	G7011	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
17	953.438数据	G30	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
18	大通河4年数据	H7011	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
19	K1150+48大桥上	G5	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除
20	大通河4年数据	H7011	西湾分公司	数据	数据	编辑	删除

图 4-3 桥梁列表信息管理

编辑

* 桥名名称: 通道桥 * 所属单位: 西路分公司

编辑

行政识别

技术指标

其他数据

多媒体资料

桥幅信息

1 通道桥

新增桥幅

* 跨径组合: 1-6

* 桥面全长 (米): 7.00

* 桥宽组合:

桥面净宽 (米): 23.00

车行道宽 (米): 0.00

中央分隔带宽度 (米): 0.00

桥高 (米): 0.00

基底标高 (米): 0.00

桥梁限高 (米): 0.00

桥面标准净空 (米): 0.00

桥下标准净空 (米): 0.00

桥下垂直净高 (米): 0.00

引道线性:

引道转弯 (米): 0.00

跨径总长 (米): 6

最大跨径 (米): 0

桥面总宽 (米): 0.00

桥头路面净宽 (米): 0.00

人行道宽 (米): 0.00

护栏或防撞栏高度 (米): 0.00

跨中截面高 (米): 0.00

桥面中心标高 (米): 0.00

桥梁坡度 (%): -45

桥面实际净空 (米): 0.00

桥下实际净空 (米): 0.00

地震边缘横加速度系数:

引道曲线半径 (米): 0.00

引道转弯 (米): 0.00

查看

保存

图 4-5 桥梁技术指标信息

编辑

桥梁名称: 通远桥

所属单位: 西略分公司

编辑

行政识别

桥梁地理位置

陕西省西安市长安区郭杜村
例: 陕西省西安市长安区郭杜村

坐标经度

115.310927

坐标纬度

39.145344

新增桥幅

1 通远桥

线路名称

线路编号

线路等级

营运桩号

K103+436
例 K328+468.25

设计桩号

例 K328+468.25

建成年限

1900-1-1
例: 1990年01月

功能类型

跨公路

管养单位

起点方向

西安

终点方向

安康

显示桥位

设置桥位

定位坐标

导航至桥梁

操作说明: 请先在地图用鼠标单击确定桥梁位置, 再选择"设定桥位"让系统获取坐标。

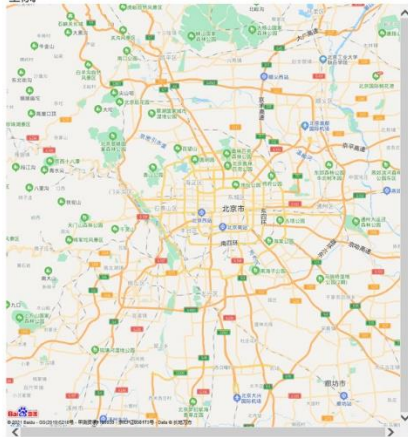


图 4-4 桥梁行政识别信息

编辑

* 桥梁名称：

通远桥

* 所属单位：

西路分公司

编辑

行政识别

技术指标

其他数据

多媒体资料

桥幅信息

+ 新增桥幅

1 通远桥

环境及附属设施：

防撞设施：

桥位高程：

抗洪防护工程类型：

环境条件：

地基地质：

分隔带：

抗震措施：

墩台防撞设施类型：

环境协调度：

0

是否互通立交：

桥牌：

养护单位：

管理单位：

监管单位：

养护单位联系电话：

管理单位联系电话：

监管单位联系电话：

重置

保存

图 4-6 桥梁其它参数信息

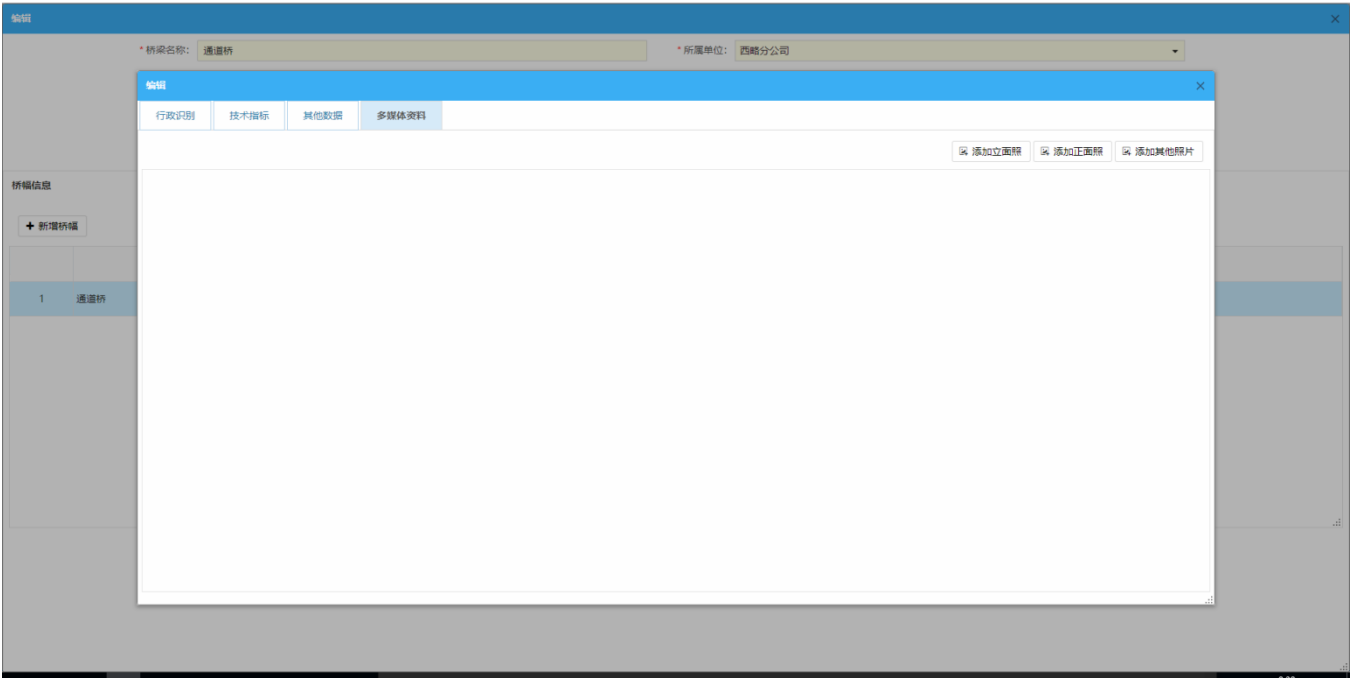


图 4-7 桥梁图片档案管理



图 4-8 桥梁构件列表管理

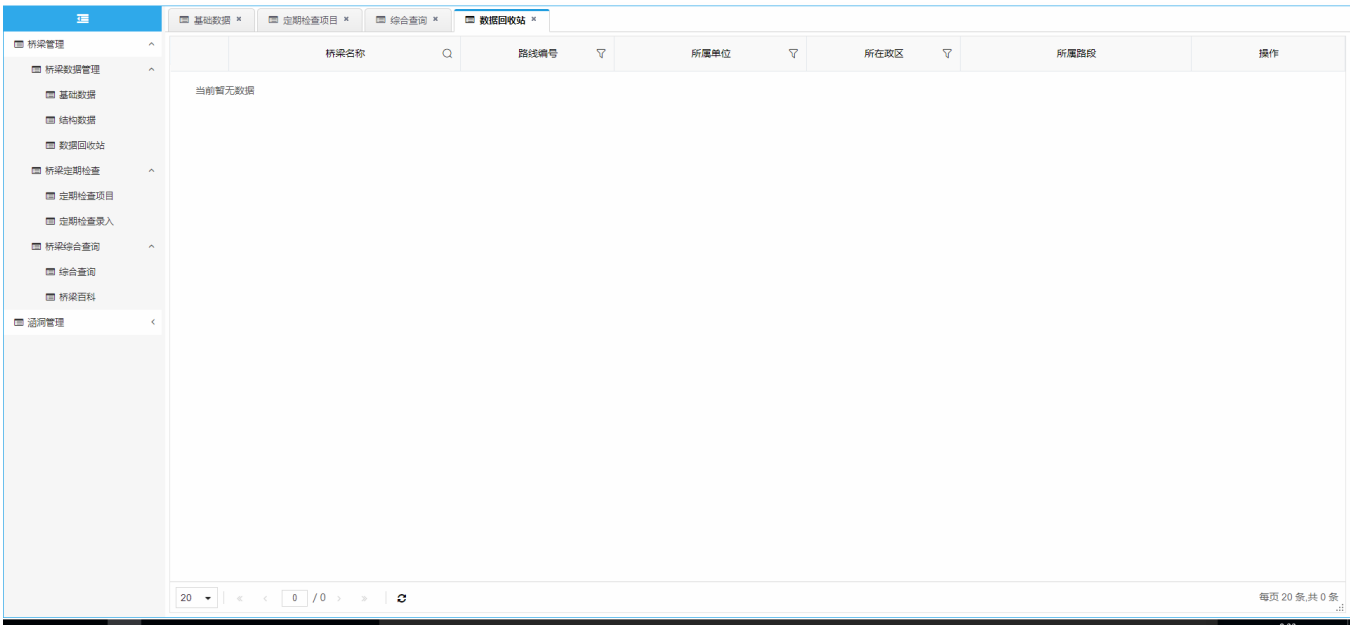


图 4-9 桥梁数据回收站管理

4.2.3 查询

主要实现全市道路桥梁的基本信息、桥梁巡查概况、桥梁病害情况的查询、统计、数据报表的导出功能。主要系统页面功能设计如下。

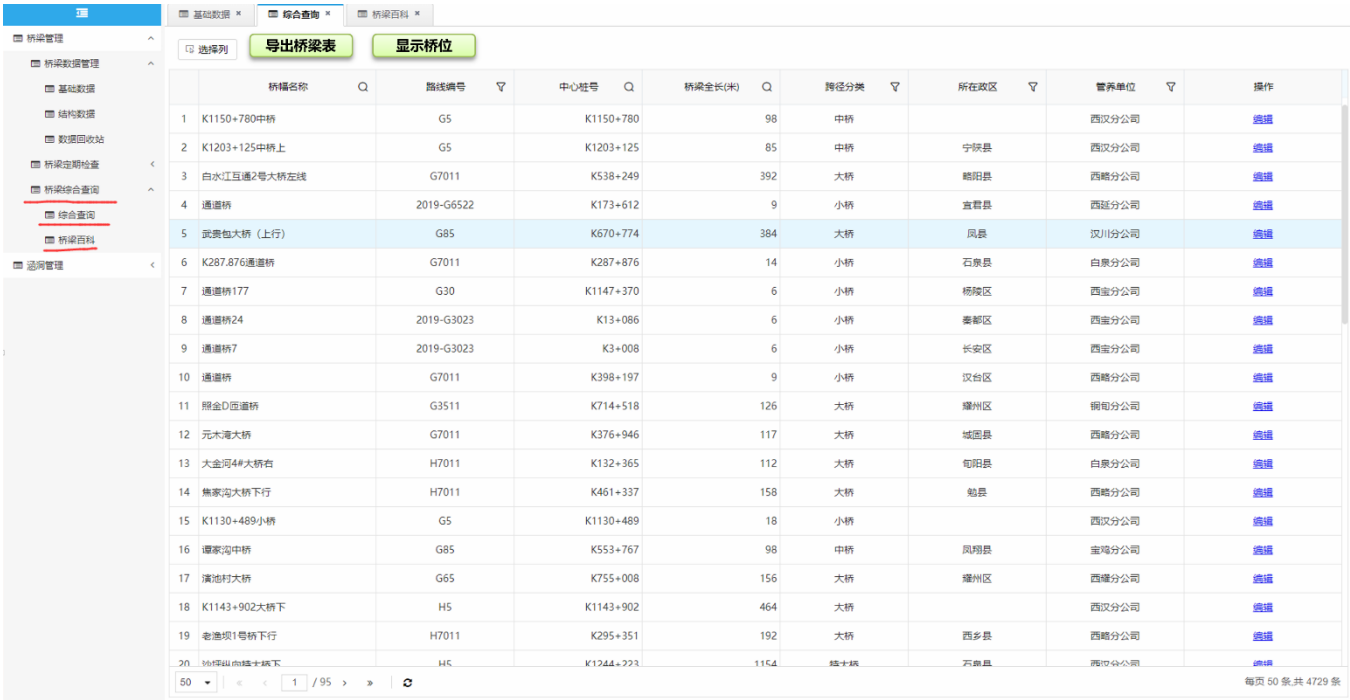


图 4-10 桥梁基本信息列表

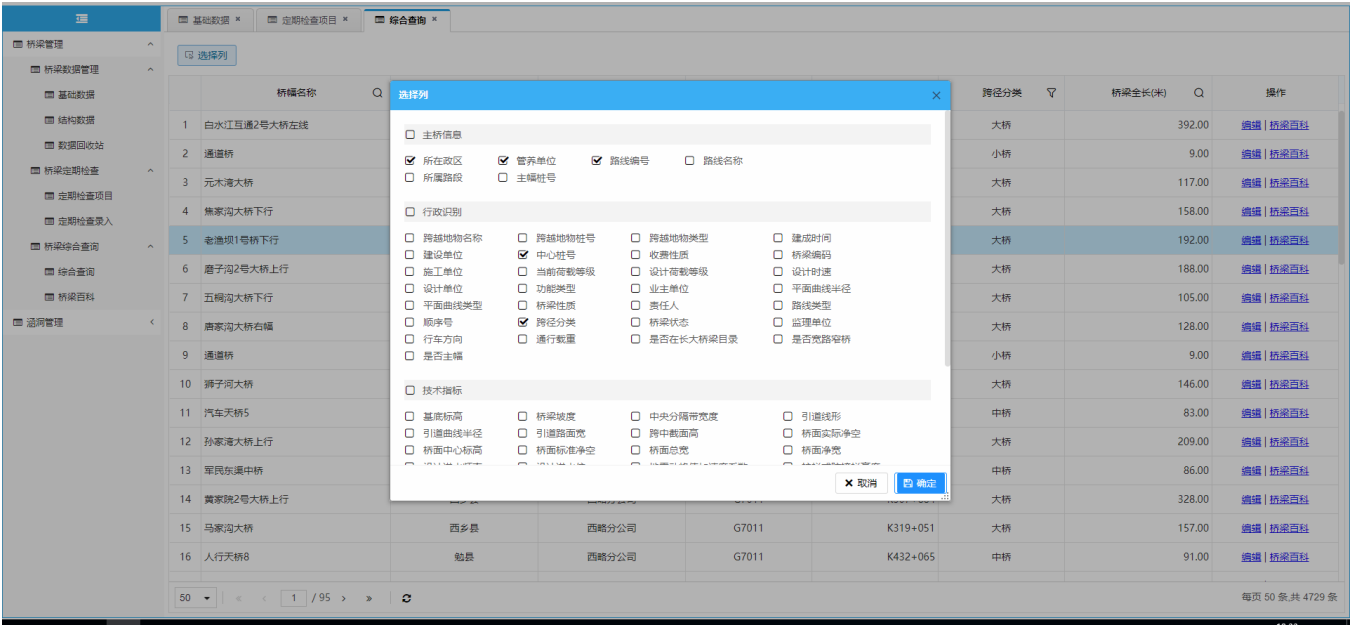


图 4-11 桥梁基本信息检索



图 4-13 桥梁病害查询

4.2.4 桥梁技术状况信息管理

主要实现根据定期检查数据形成的全市桥梁技术状况信息管理，对桥梁评定等级和分数，进行统一的评估和管理，属于危桥的进行危桥报警。主要系统页面功能设计如下。

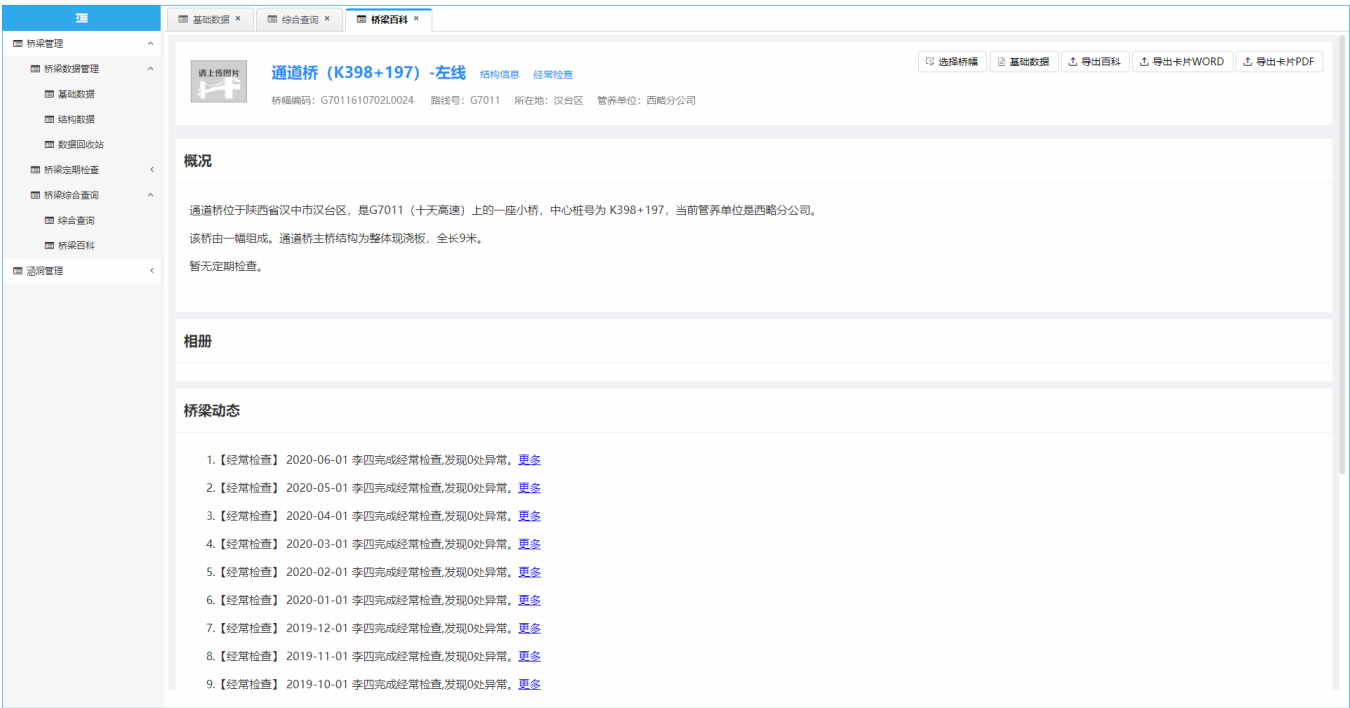


图 4-12 桥梁巡查概况

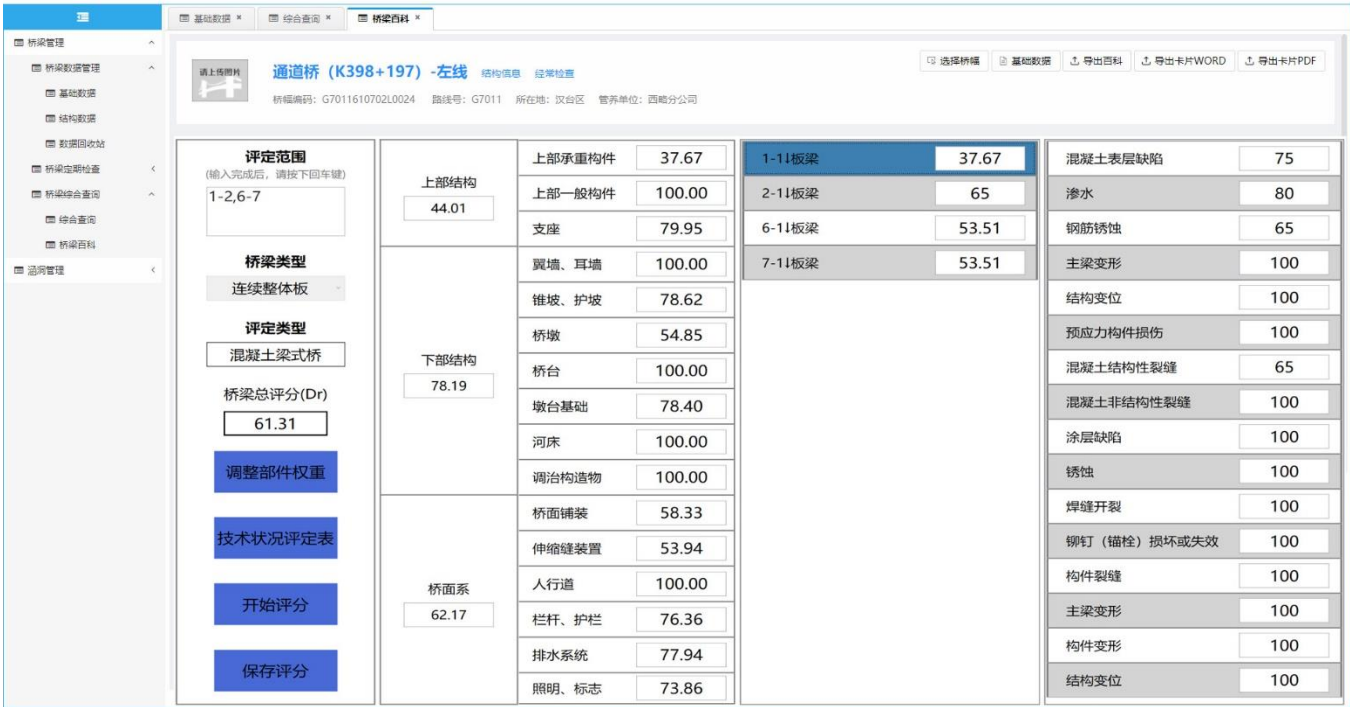


图 4-14 桥梁技术状况评定管理

4.2.5 用户数据管理

本页面主要对用户基本信息进行编辑和修改，同时对桥梁所属道路，所属行政区域等进行编辑和修改。主要系统页面功能设计如下。

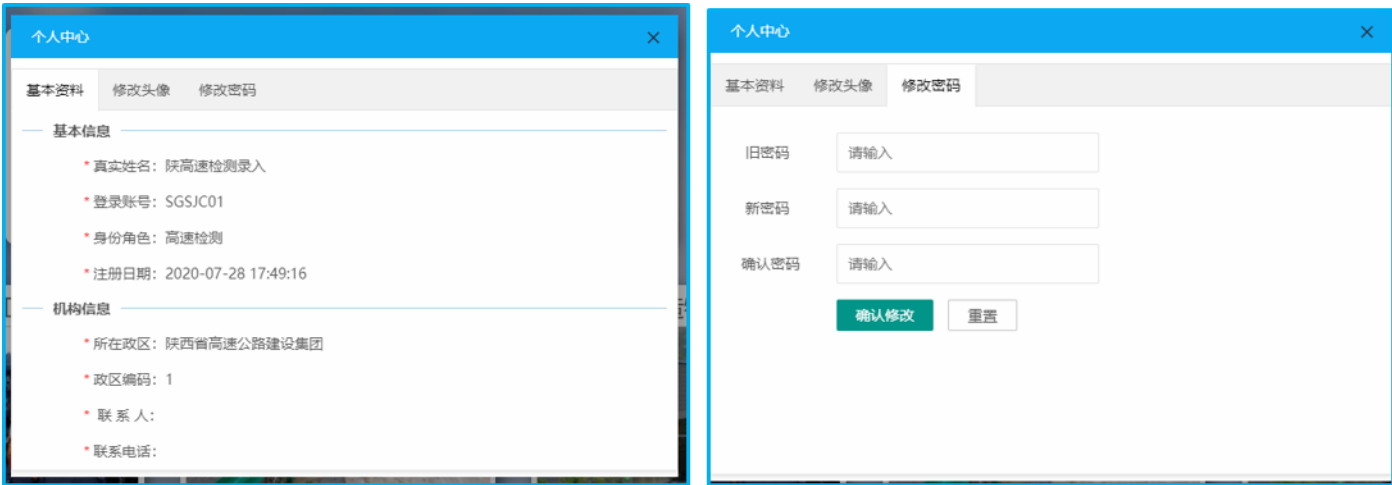


图 4-15 用户基本信息管理

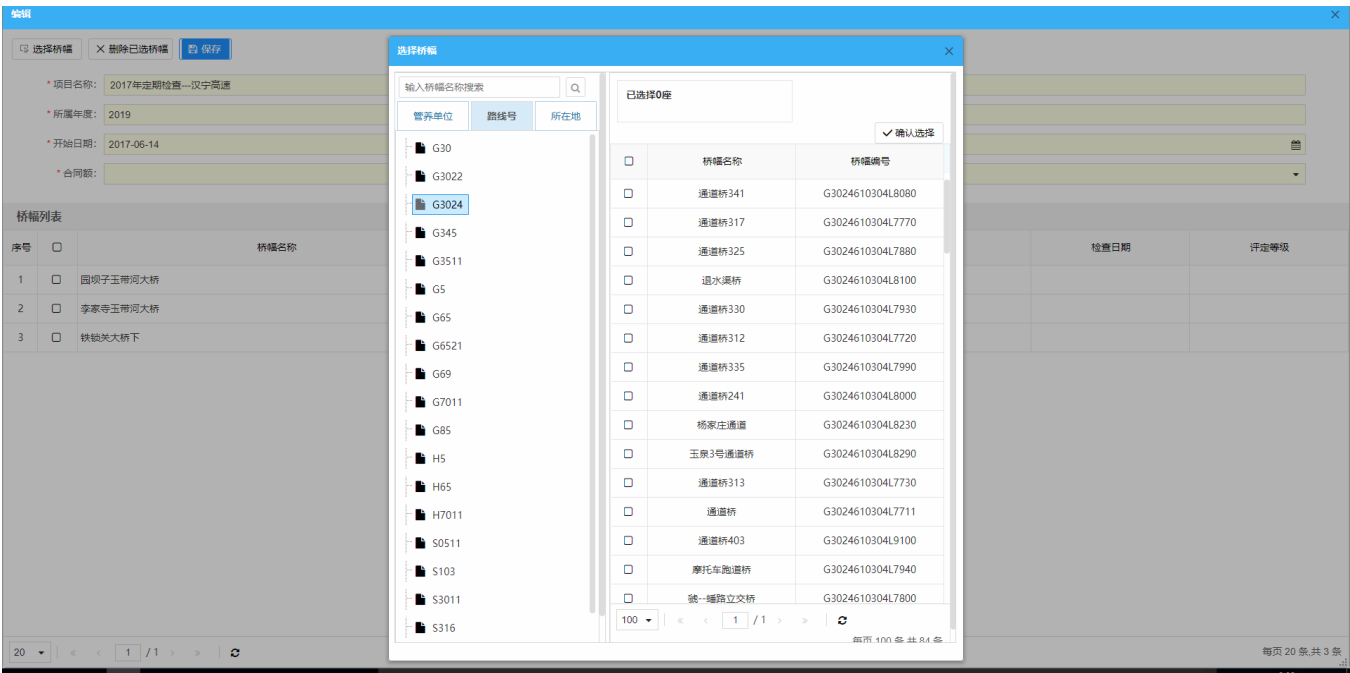


图 4-16 用户辖区道路库信息管理

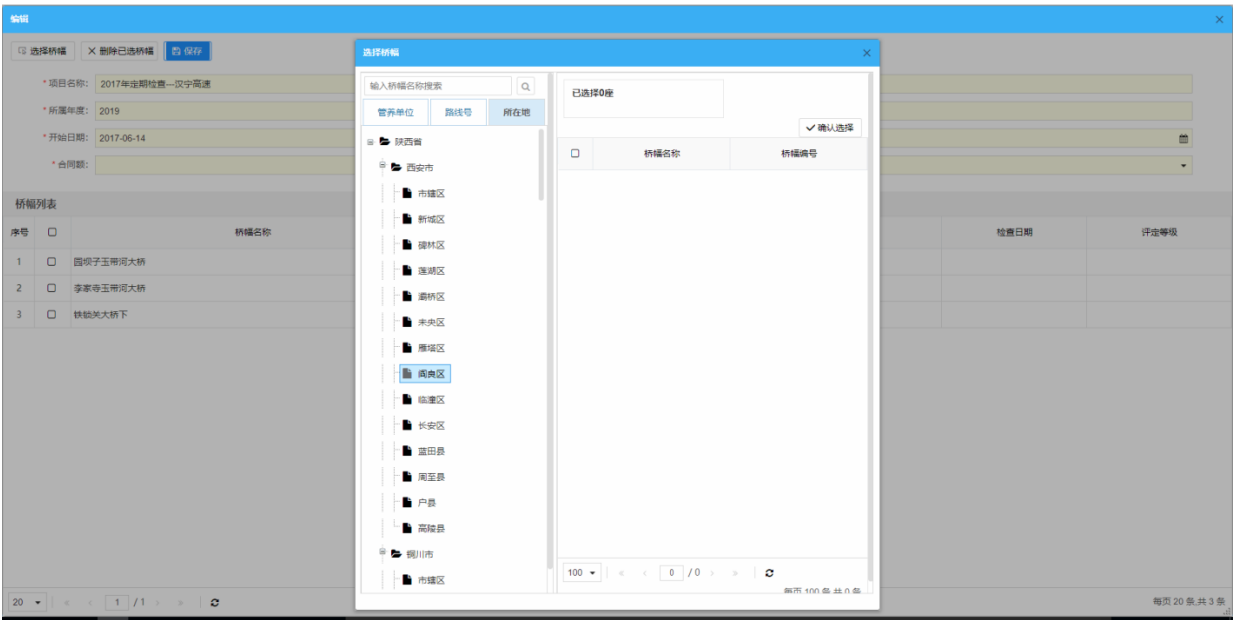


图 4-17 用户辖区区域划分管理

5 售后服务要求

(1) 1 个月试运行期

本系统自安装完成后开始进入 1 个月的试运行期，服务要去如下：

- 1) 在试运行期前，将提交用户手册初稿；
- 2) 在试运行期内，提供 3 个免费培训名额，为桥梁管理人员针对本系统的使用、维护、信息解读等方面进行培训；
- 3) 根据桥梁管理人员需求及时修改完善用户手册，提交终稿。

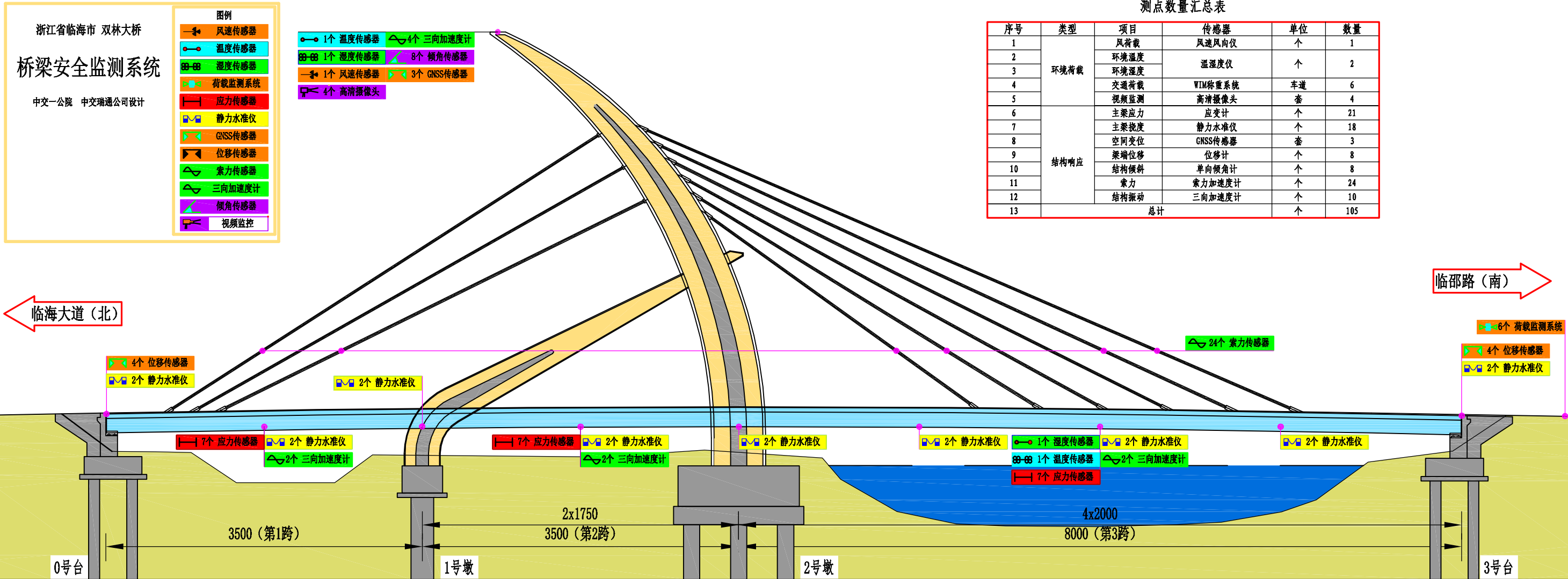
(2) 2 年系统质保期

试运行期结束，完成移交手续后，系统正式投入使用，进入 2 年的系统质保期。2 年质保期内，要求提供以下服务：

- 1) 半小时内响应用户的技术支持需求。
- 2) 免费负责系统非人为损坏的维修、更换等工作。
- 3) 不定期组织回访，收集客户使用意见，提高服务质量。
- 4) 为本系统软件提供无偿维护和升级。
- 5) 根据用户需要，不定期组织业主相关人员进行培训。
- 6) 每年提供一次桥梁状态评估报告。
- 7) 极端突发事件发生后提交极端事件专题分析报告。
- 8) 通过手机微信、短信或 E-mail 方式，提供实时预警信息。

主要工程数量一览表

序号	内容		单位	数量
1	系统设备、材料费			
1.1	传感器	风速风向仪	个	3
1.2		环境温度湿度仪	个	5
1.3		应变计	通道	37
1.4		静力水准仪	个	40
1.5		GNSS	个	5
1.6		位移计	套	30
1.7		索力加速度计	个	44
1.8		三向加速度计	个	14
1.9		单向倾角计	台	24
1.10		裂缝计	台	10
1.11		高清摄像头	台	8
1.12		车辆感应线圈	个	10
1.13		荷载感应压条	根	20
1.14	数据采集与传输设备	通用信号调理器	套	28
1.15		加速度信号调理器	台	12
1.16		GNSS信号采集模块	套	2
1.17		硬盘录像系统模块	套	2
1.18		外场机柜	台	12
1.19		屏蔽线、总线转换器	米	59650
1.20		通讯网络、系统集成	项	2
1.21		工控机	台	6
1.22	数据展示与评估	工业级机架式光电转换器	台	12
1.23		不间断电源（UPS）	套	2
1.24		荷载工况采集仪（4通道）	台	3
1.25		串口服务器	台	6
2	安全监测系统开发费用			
2.1	数据采集与传输软件	通用信号采集接入	套	1
2.2		动态信号采集接入	套	1
2.3		WTM信号模块接入	套	1
2.4		GNSS信号模块接入	套	1
2.5	数据展示与评估	数据预处理模块开发	套	1
2.6		桥梁3D显示开发	套	2
2.7		桥梁信息展示模块	套	1
2.8		监测数据展示模块	套	1
2.9		WEB端安全预警模块	套	1
2.10		微信预警模块	套	1
2.11		索力自动化监测模块	套	1
2.12		相关性分析模块	套	1
2.13		数据统计查询模块	套	1
2.14		监测数据库设计	套	1
2.15		监测数据自动备份设计	套	1
2.16		系统配置管理模块	套	1
序号	内容		单位	数量
3	数据中心设备费			
3.1	云平台数据服务搭建(租赁云服务器)	数据存储与管理服务器	台	2
3.2		桥梁数据监测工作站	台	2
3.3		安装调试费用	项	1
4	桥梁巡检终端子系统			
4.1	巡检模块	桥梁静态数据展示模块	桥	63
4.2		桥梁结构目录树编辑	桥	63
4.3		巡检计划模块	套	1
4.4		巡检日历模块	套	1
4.5		日常巡检模块	套	1
4.6		经常检查模块	套	1
4.7		定期检查模块	套	1
4.8		专门检查模块	套	1
4.9		桥梁病害库模块	套	1
4.10		桥梁病害示意图模块	桥	63
4.11		数据交互模块	套	1
4.12		巡检静态数据库设计	套	1
4.13		巡检动态数据库设计	套	1
4.14		巡检终端	台	3
5	桥梁综合管理系统			
5.1	桥梁综合管理	基本信息模块	套	1
5.2		GIS定位模块	套	1
5.3		巡检数据展示模块	套	1
5.4		病害查询与统计模块	套	1
5.5		技术状况评定模块	套	1
5.6		资料管理模块	套	1
5.7		桥梁技术状态预警管理模块	套	1
5.8		健康监测预警管理模块	套	1
6	系统维护与后期服务（两年）			
6.1	传感器设备维护		年	1
6.2	采集设备维护		年	1
6.3	系统数据库维护		年	2
6.5	系统预警服务		年	2
6.6	桥梁结构状态评价和诊断服务		年	2
6.7	系统培训		项	1
6.8	项目资料及系统操作和维护手册		套	1



注：

1、图中尺寸单位均以厘米计。

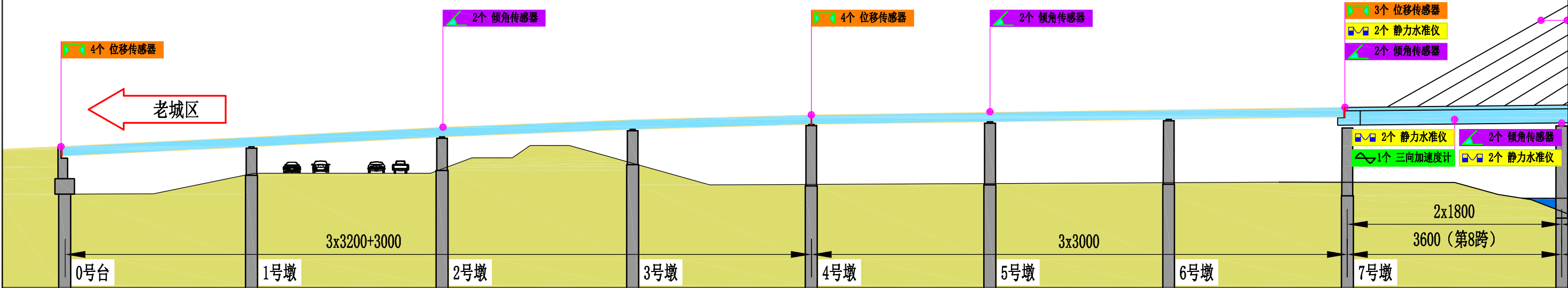
浙江省临海市 临海大桥
桥梁安全监测系统
中交一公院 中交瑞通公司设计

图例

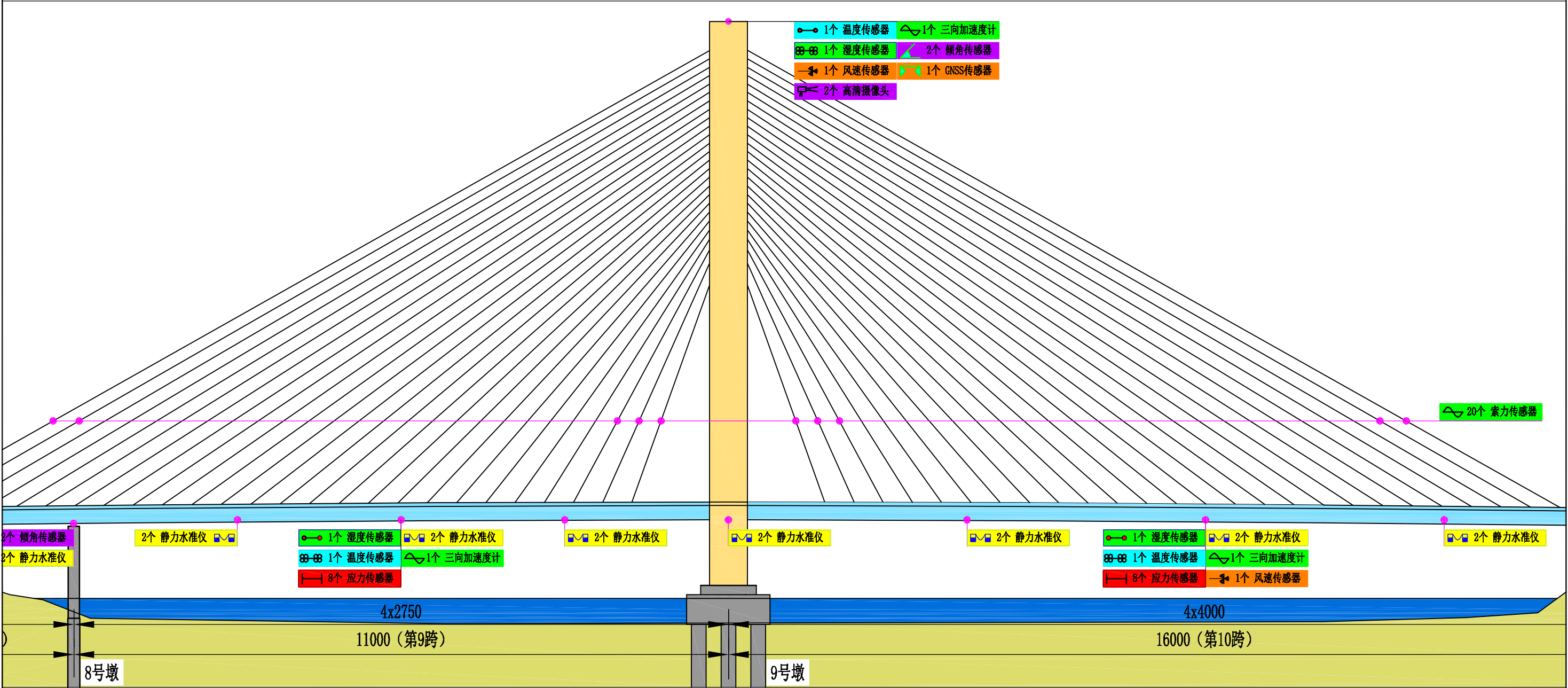
- 风速传感器
- 温度传感器
- 湿度传感器
- 荷载监测系统
- 应力传感器
- 静力水准仪
- GNSS传感器
- 位移传感器
- 索力传感器
- 三向加速度计
- 倾角传感器
- 视频监控

测点数量汇总表

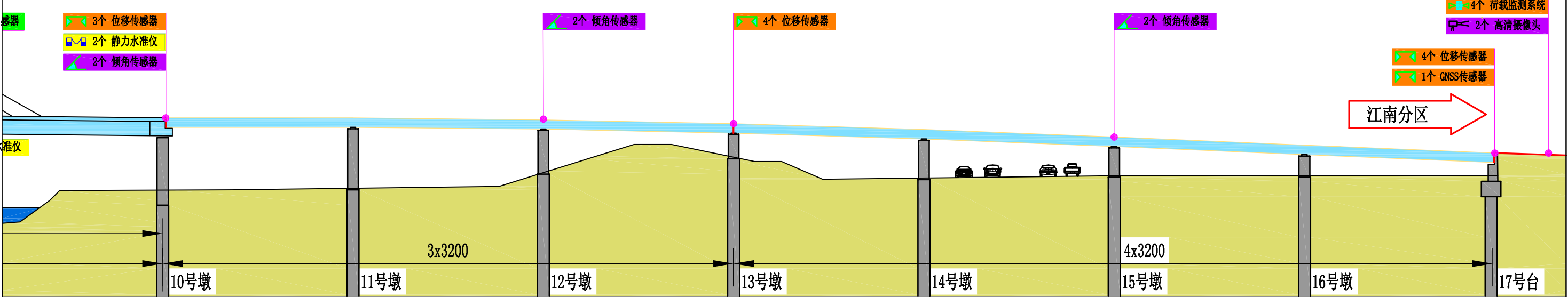
序号	类型	项目	传感器	单位	数量
1	环境荷载	风荷载	风速风向仪	个	2
2		环境温度	温湿度仪	个	3
3		环境湿度			
4		交通荷载	WIM称重系统	车道	4
5		视频监控	高清摄像头	套	4
6	结构响应	主梁应力	应变计	个	16
7		主梁挠度	静力水准仪	个	22
8		空间变位	GNSS传感器	套	2
9		梁端位移	位移计	个	22
10		结构倾斜	单向倾角计	个	16
11		典型裂缝	裂缝计	个	10
12		索力	索力加速度计	个	20
13		结构振动	三向加速度计	个	4
14		总计		个	125



注：
1、图中尺寸单位均以厘米计。

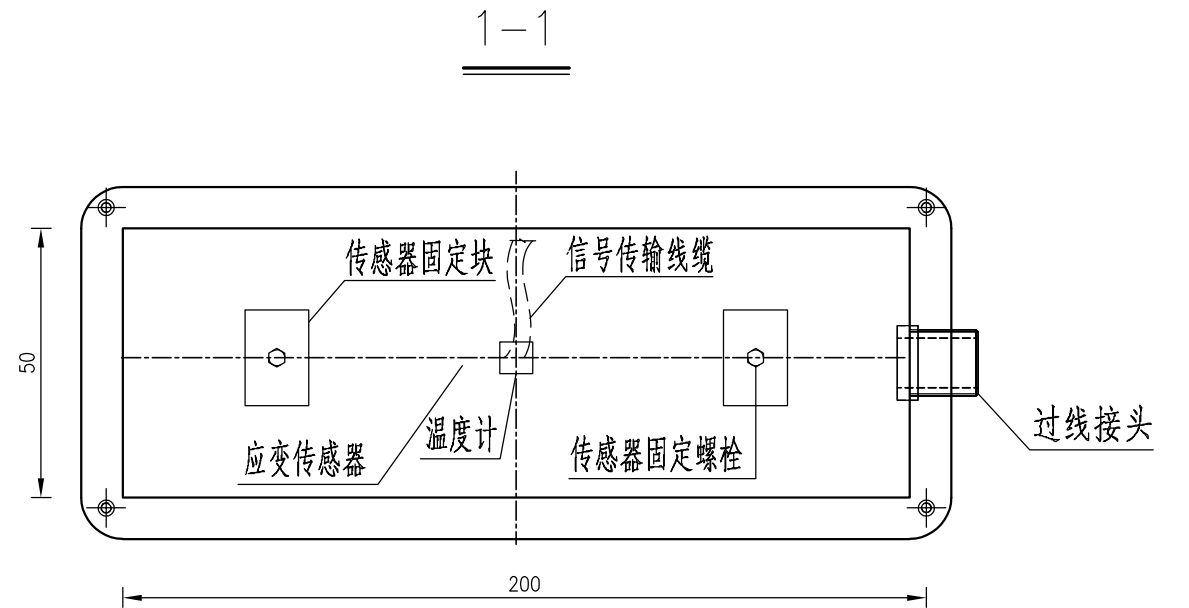
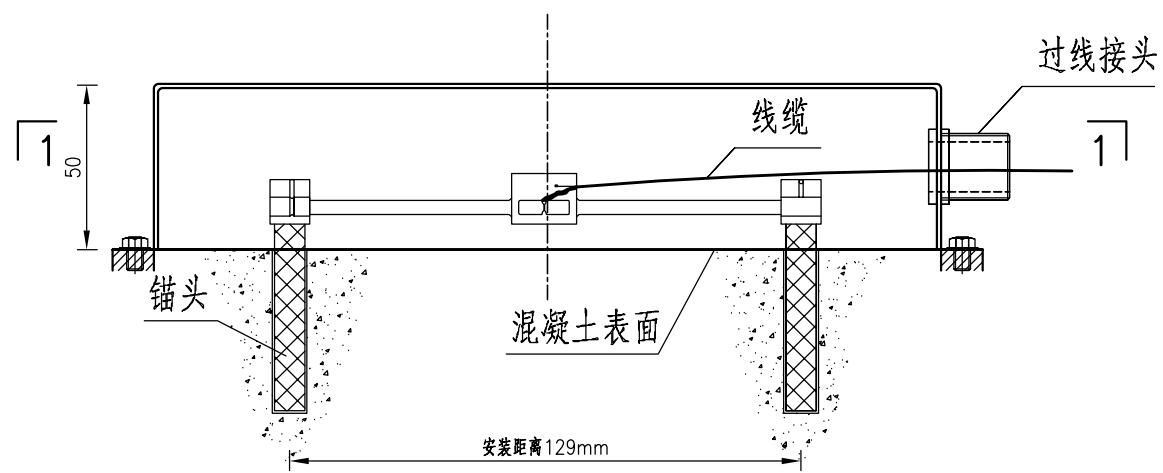


1、图中尺寸单位均以厘米计。

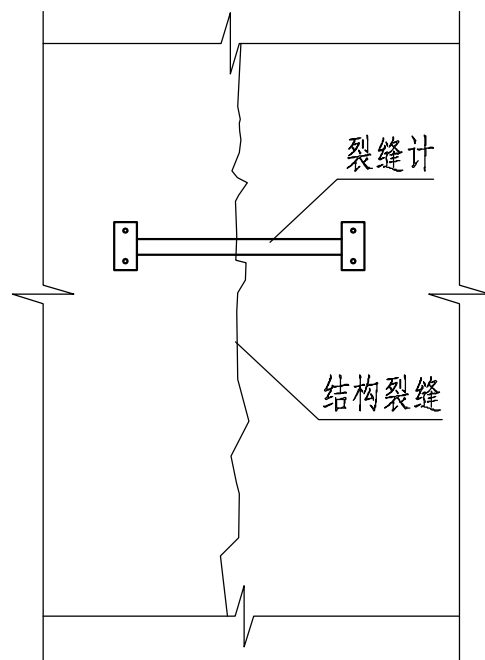


注：
1、图中尺寸单位均以厘米计。

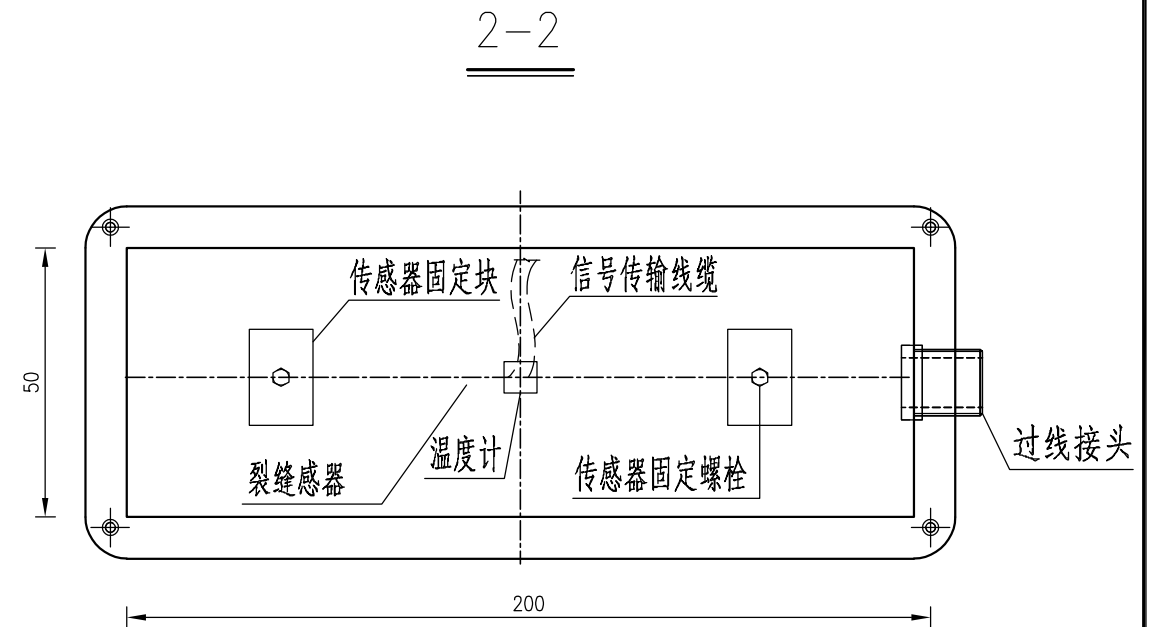
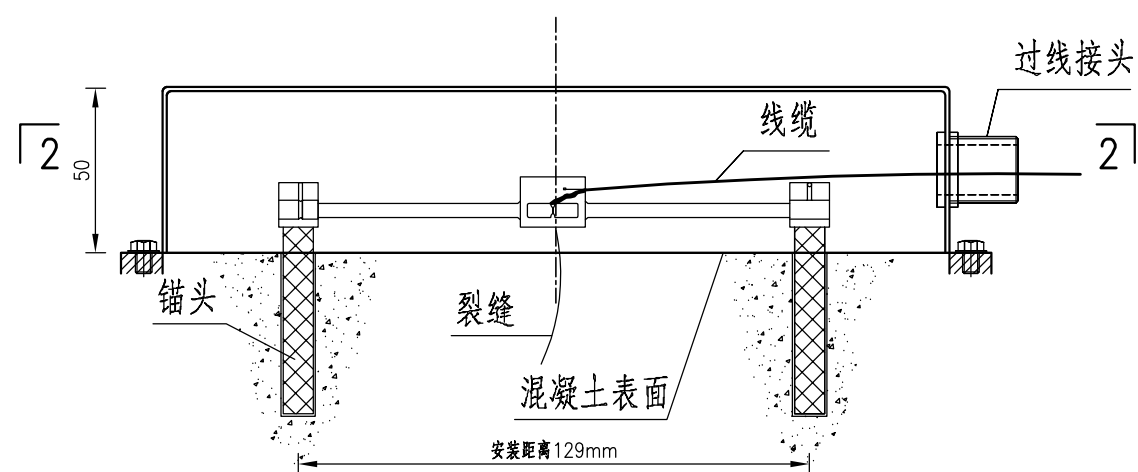
应变传感器安装图示



裂缝计安装大样



裂缝计安装图示

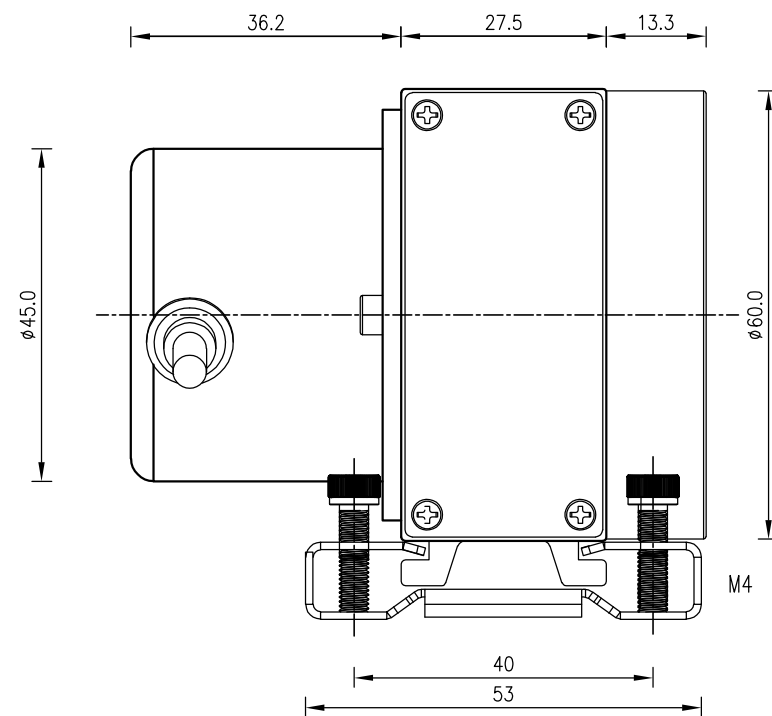


注：

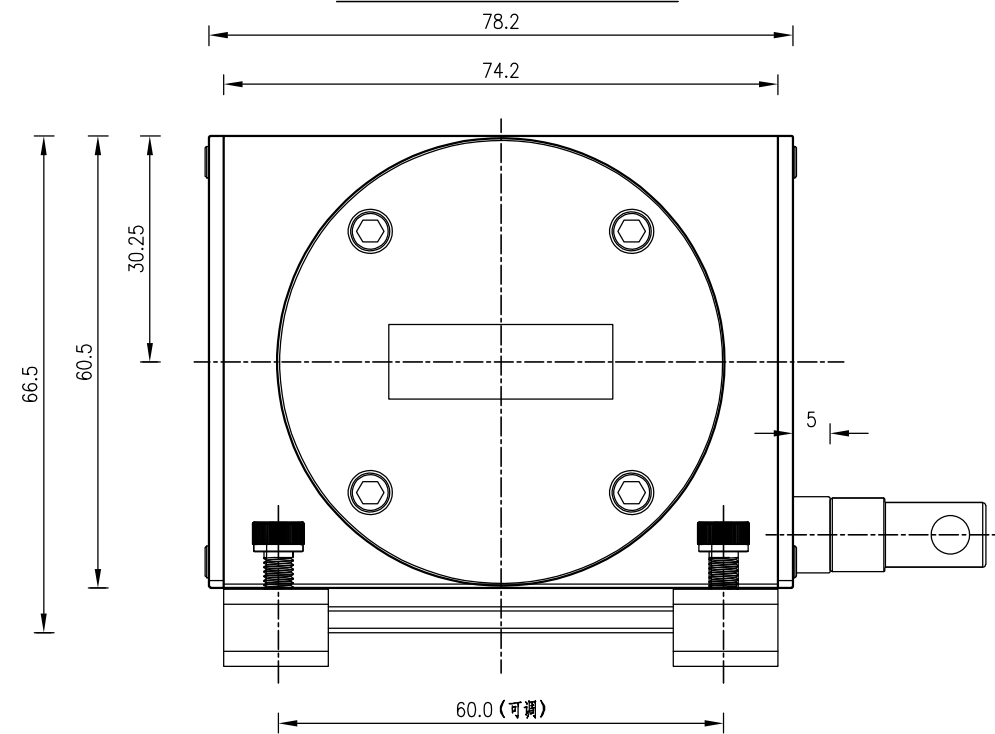
1、图中尺寸均以mm计。

2、应变计和裂缝计采用植筋的方式固定于混凝土表面。

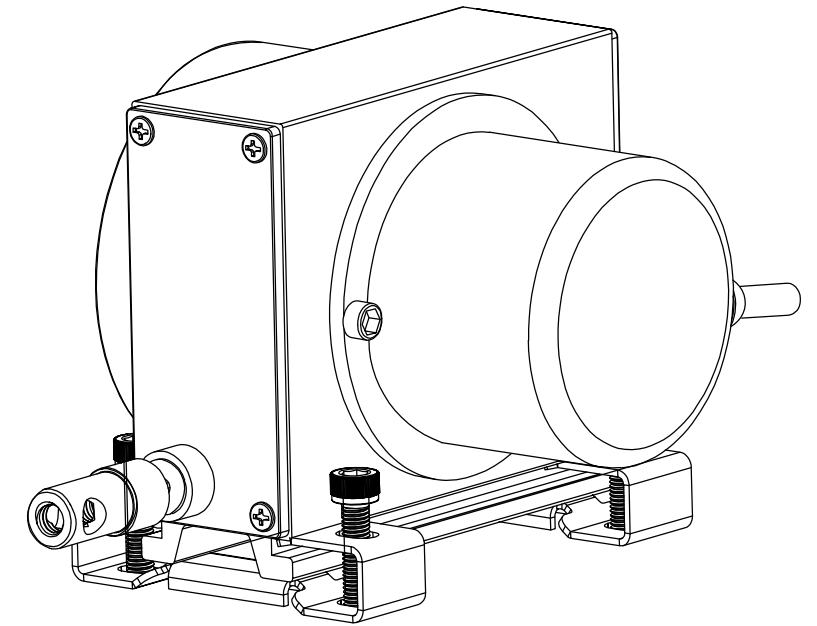
拉绳式位移计立面图



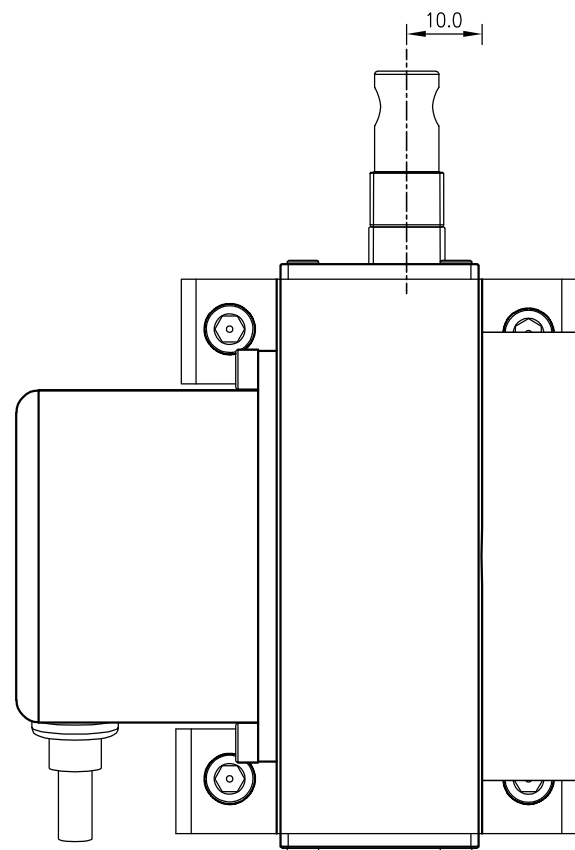
拉绳式位移计侧面图



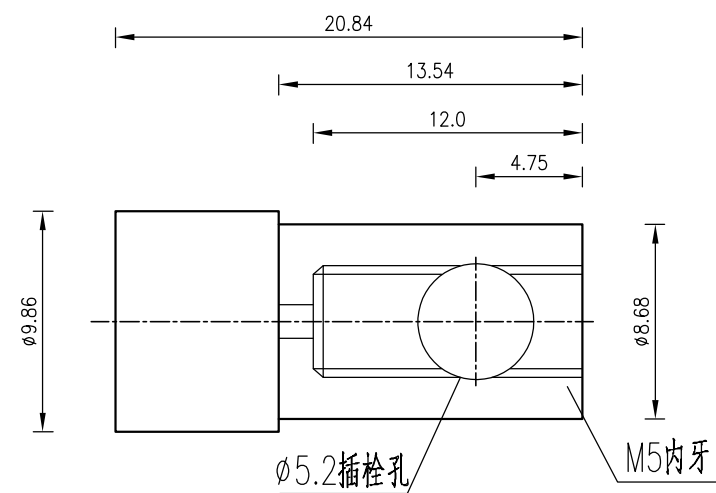
拉绳式位移计3D图



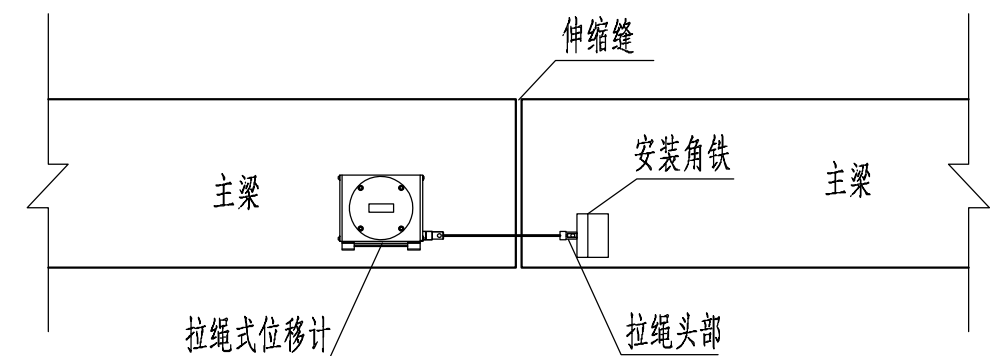
拉绳式位移计平面图



拉绳头部尺寸图

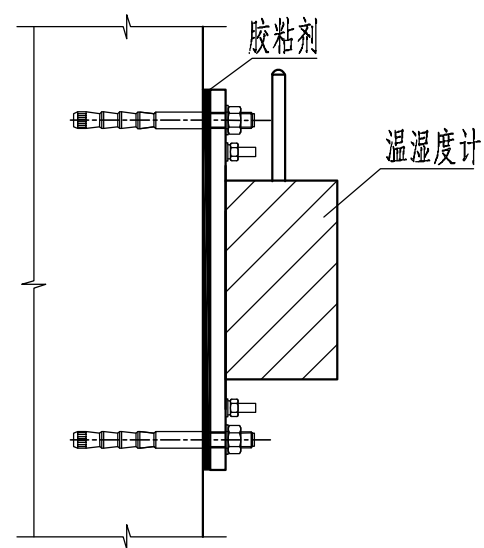


拉绳式位移计安装位置图

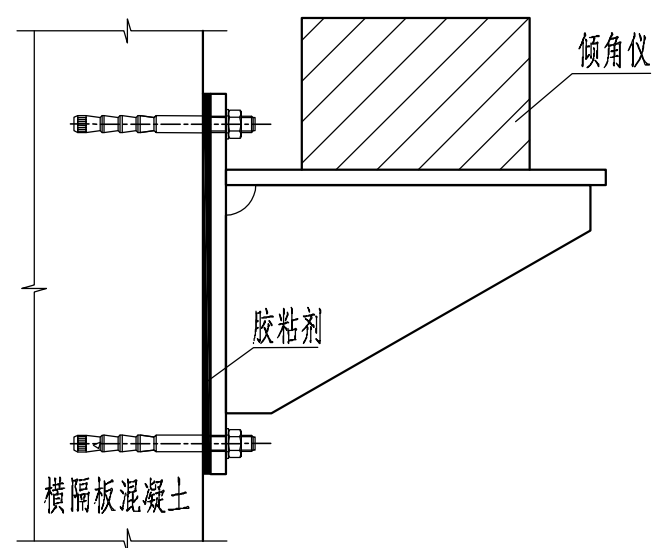


注：
1、图中尺寸均以mm计。

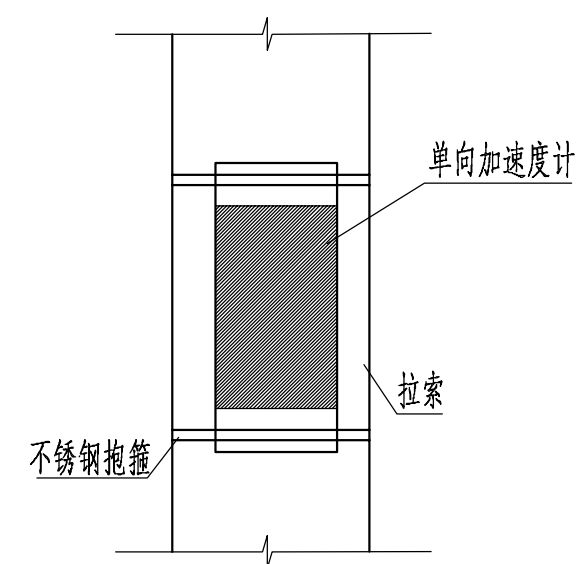
温湿度计安装大样



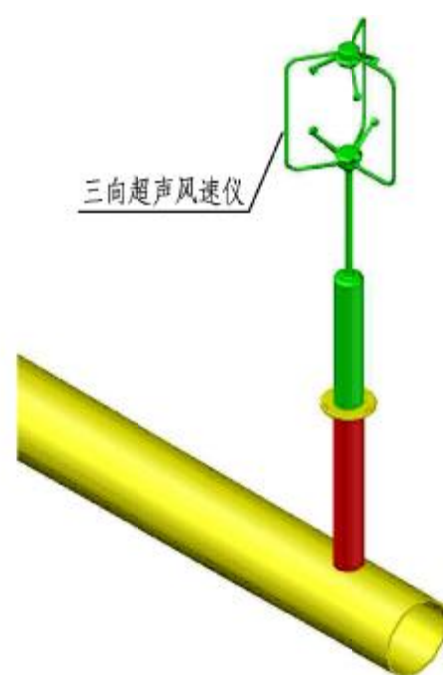
倾角仪安装大样



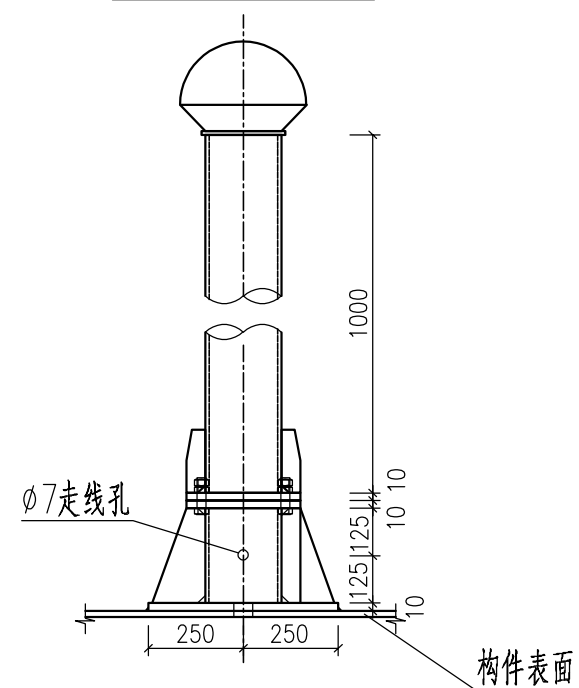
索力加速度计安装大样



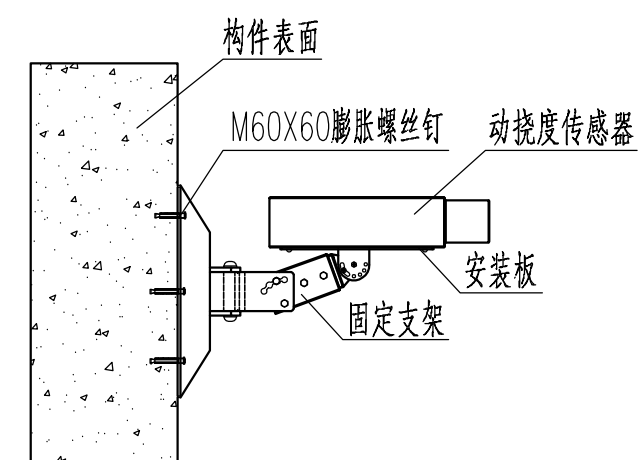
风速风向仪安装大样



GNSS安装大样

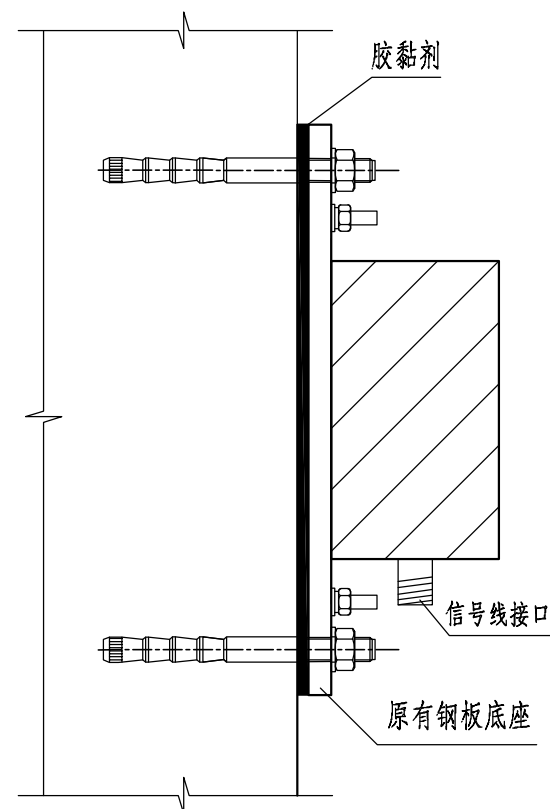


视频监控摄像头安装示意

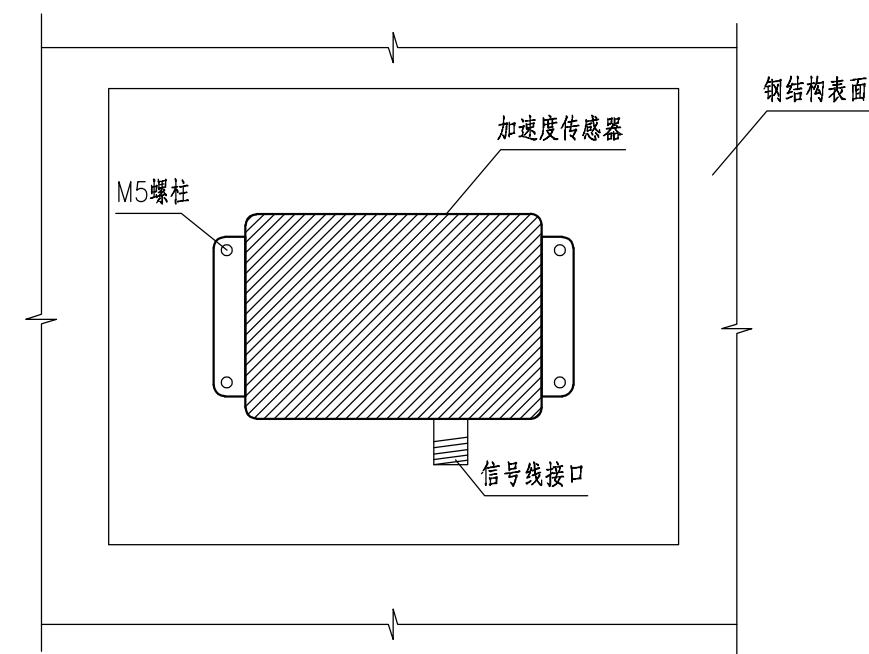


注：
1、图中尺寸均以mm计。

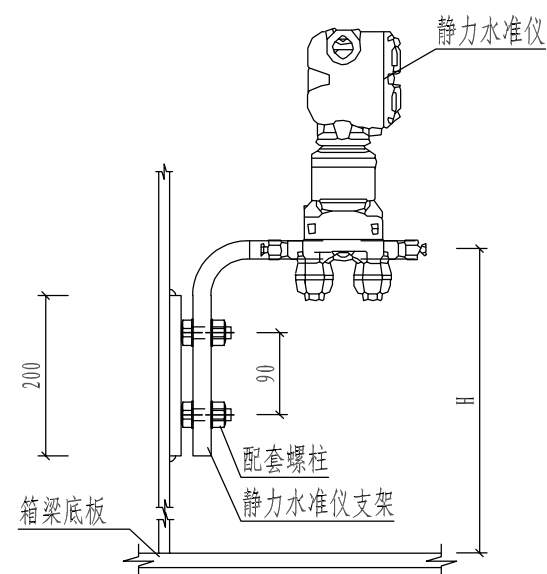
三向加速度计安装图（混凝土）



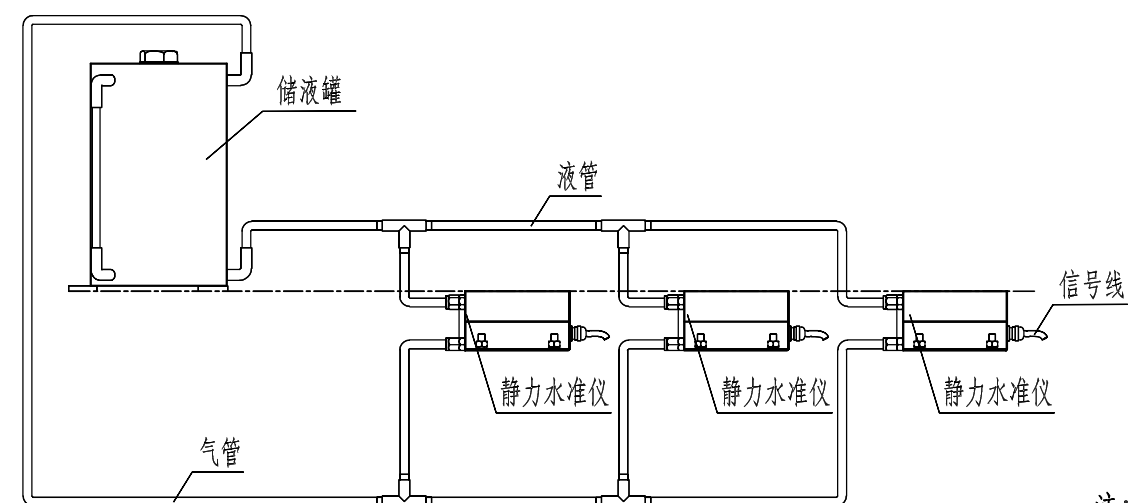
三向加速度计安装图（钢结构）



静力水准仪安装大样

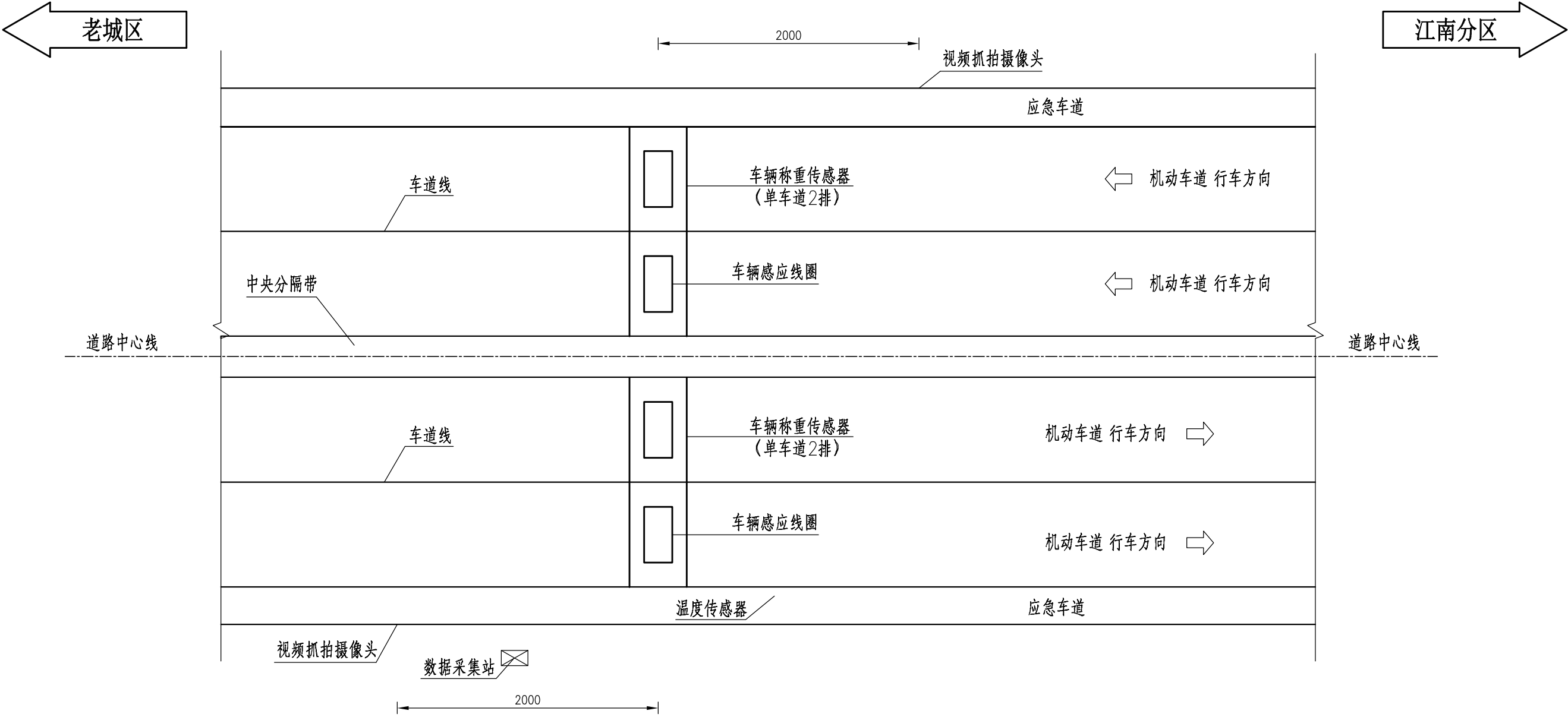


静力水准仪连接示意



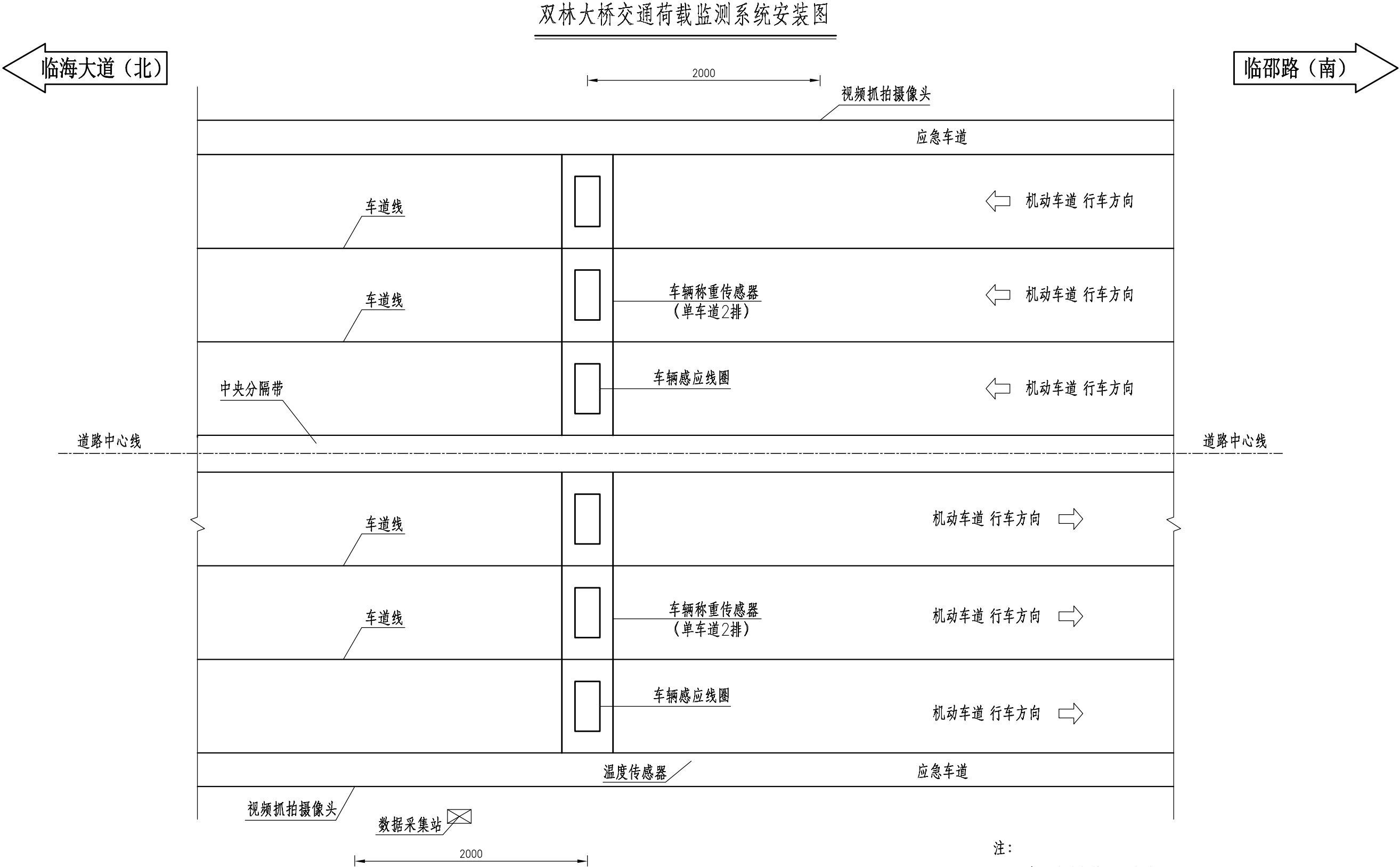
注：
1、图中尺寸均以mm计。

临海大桥交通荷载监测系统安装图



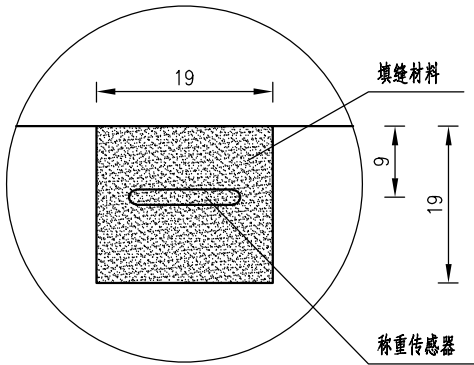
注：

- 1、图中尺寸单位均以厘米计。
- 2、交通荷载监测使用称重控制器1套、感应线圈4条、订制称重传感器8条。

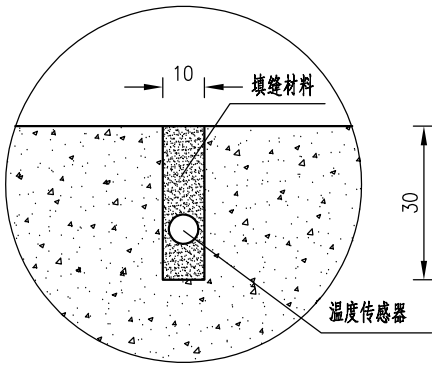


注：
1、图中尺寸单位均以厘米计。
2、交通荷载监测使用称重控制器2套、感应线圈6条、订制称重传感器12条。

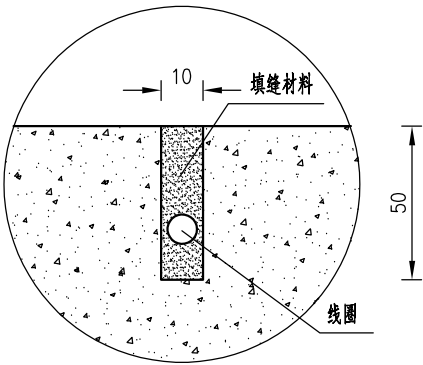
称重传感器埋设大样图



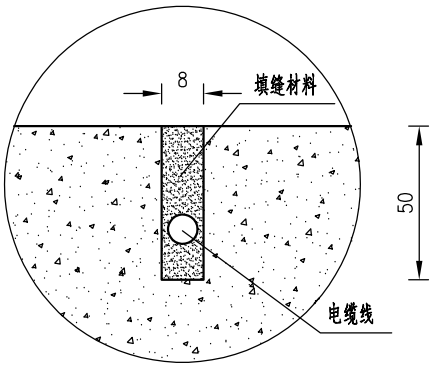
温度传感器埋设大样图



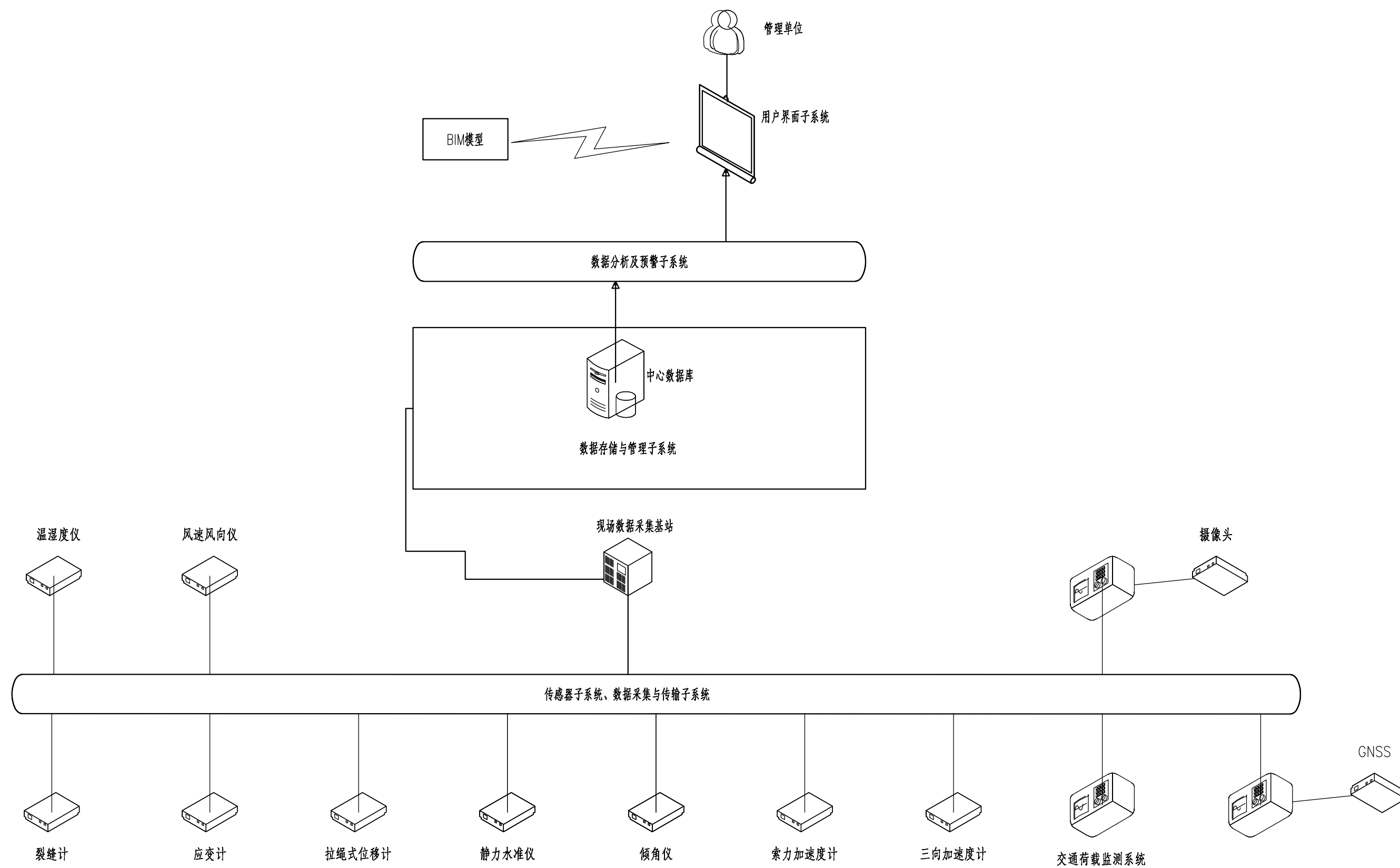
线圈埋设大样图

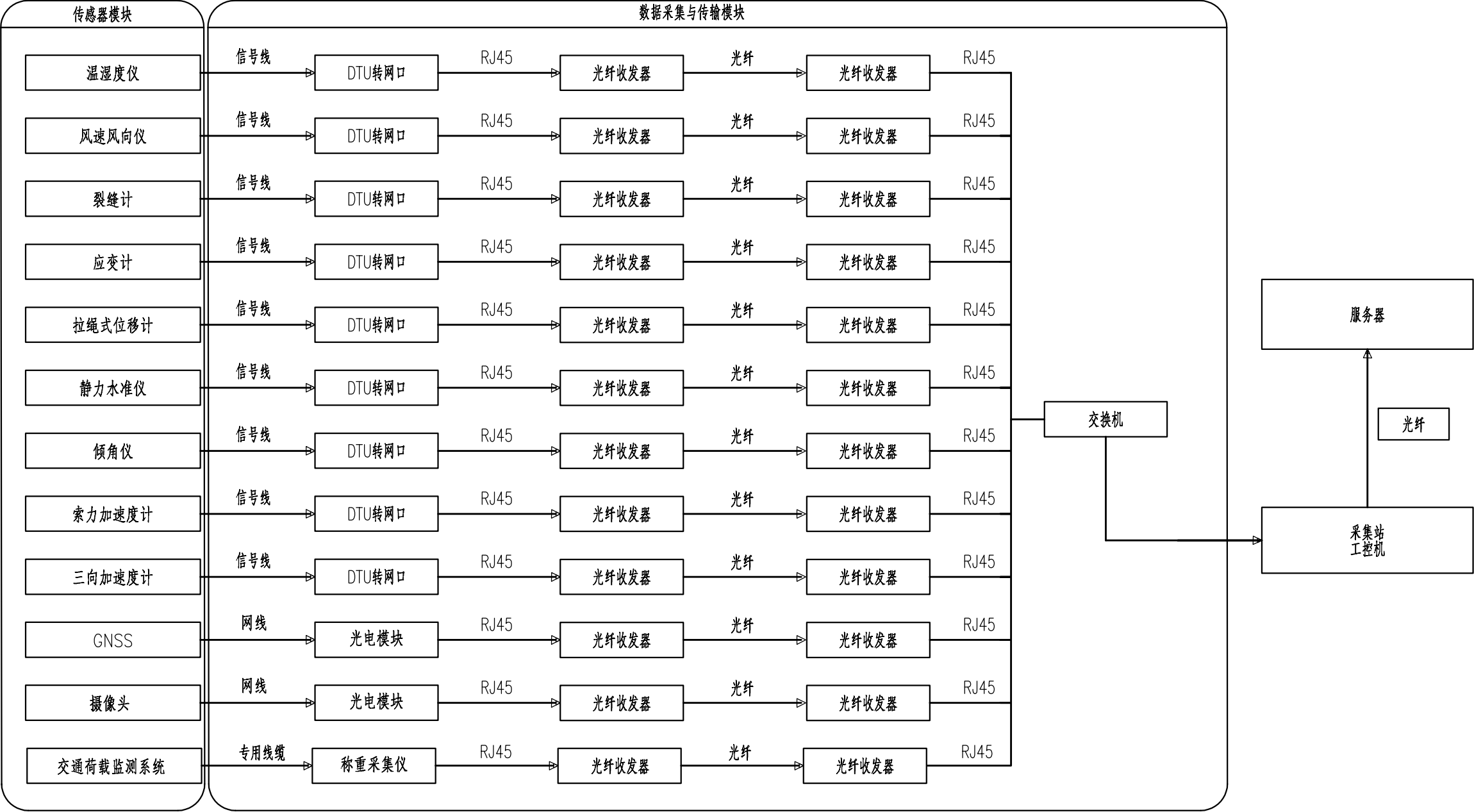


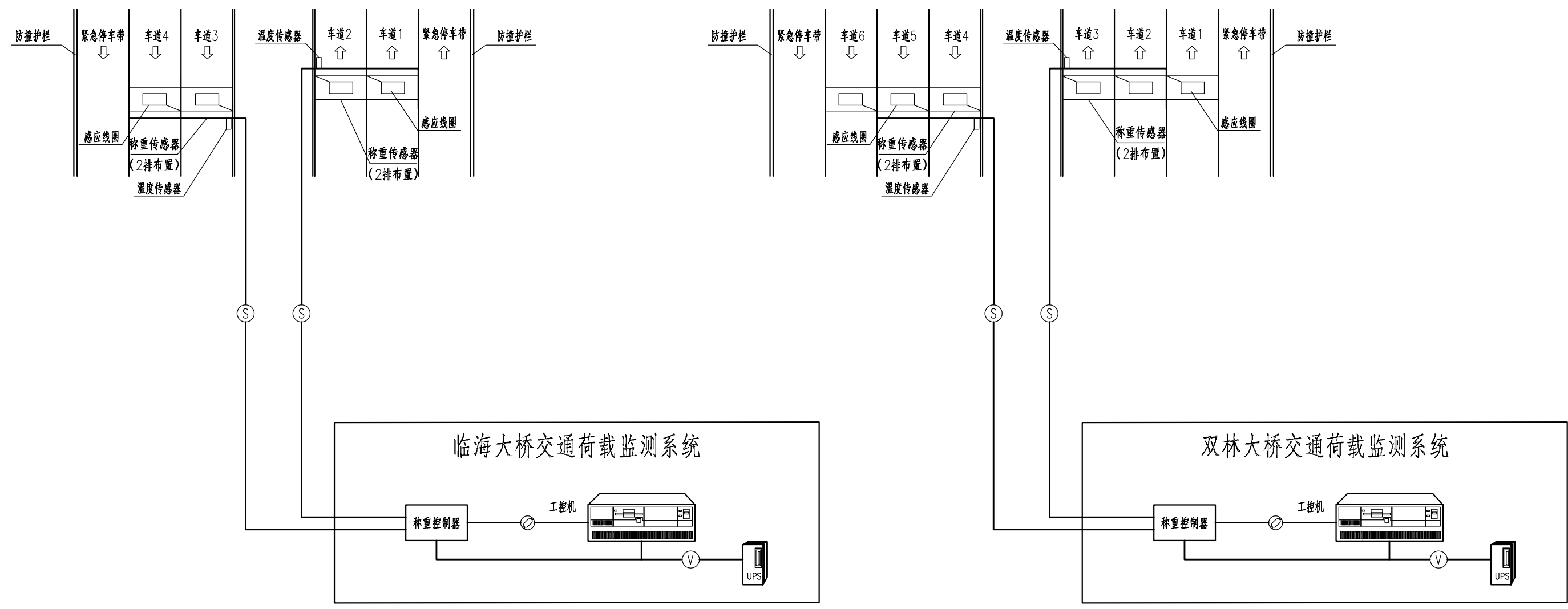
传感器线缆埋设大样图



注：
1、图中尺寸均以mm计。

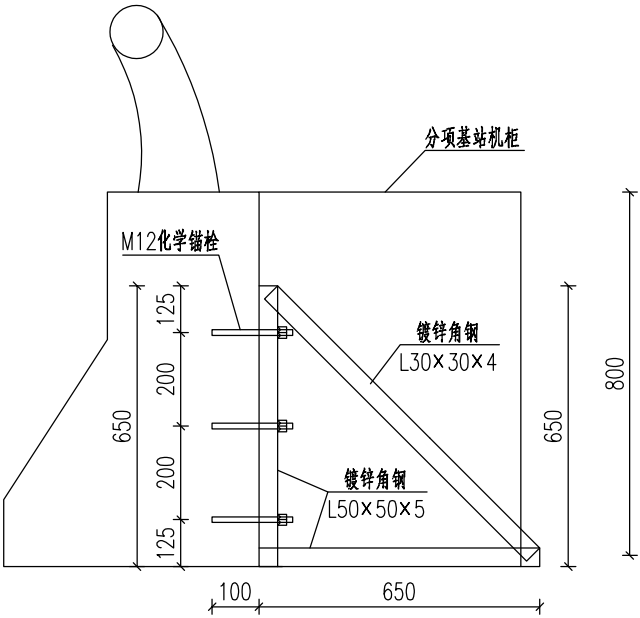




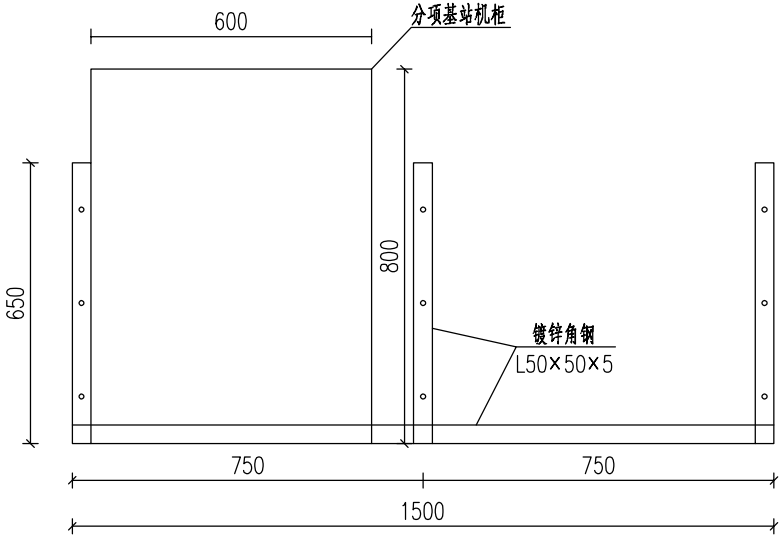


注：
1、⑤表示通讯电缆，④表示电力电缆。
2、③表示网线，②表示光缆。

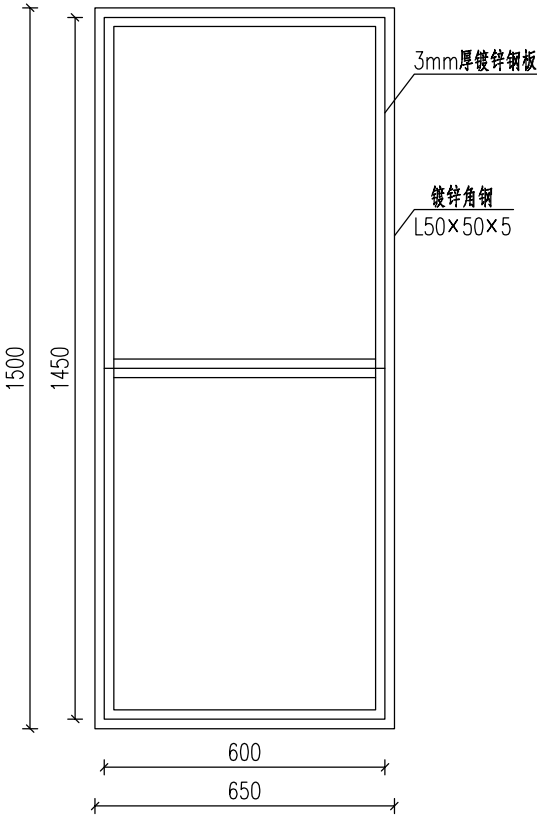
分项基站安装支架侧面图



分项基站安装支架正面图

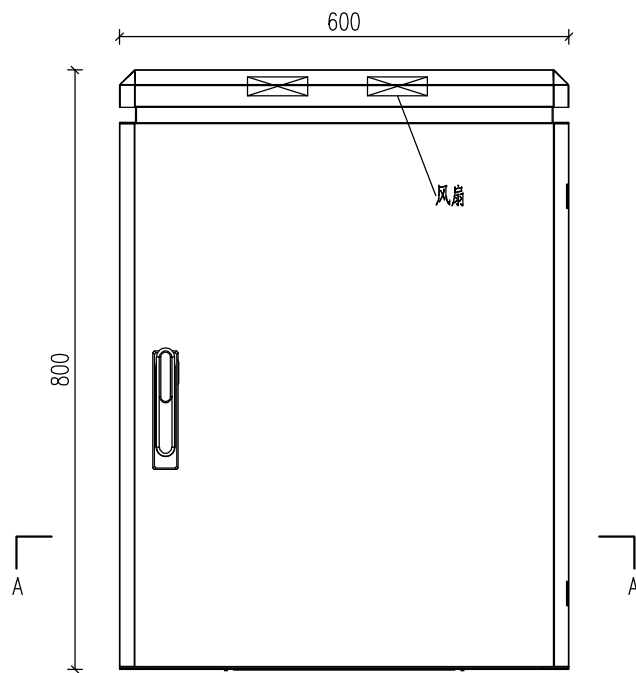


分项基站安装支架平面图

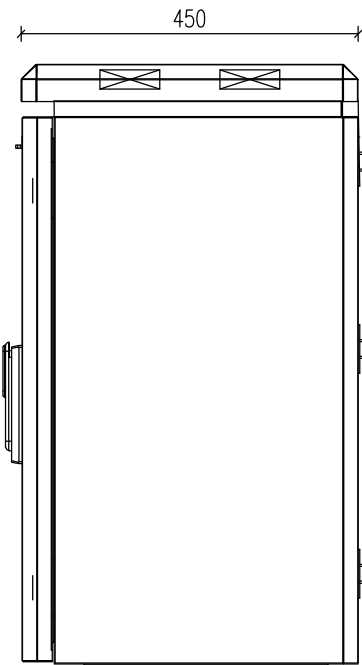


注：
1、图中尺寸均以毫米计。
2、支架安装于护栏或箱梁外侧。

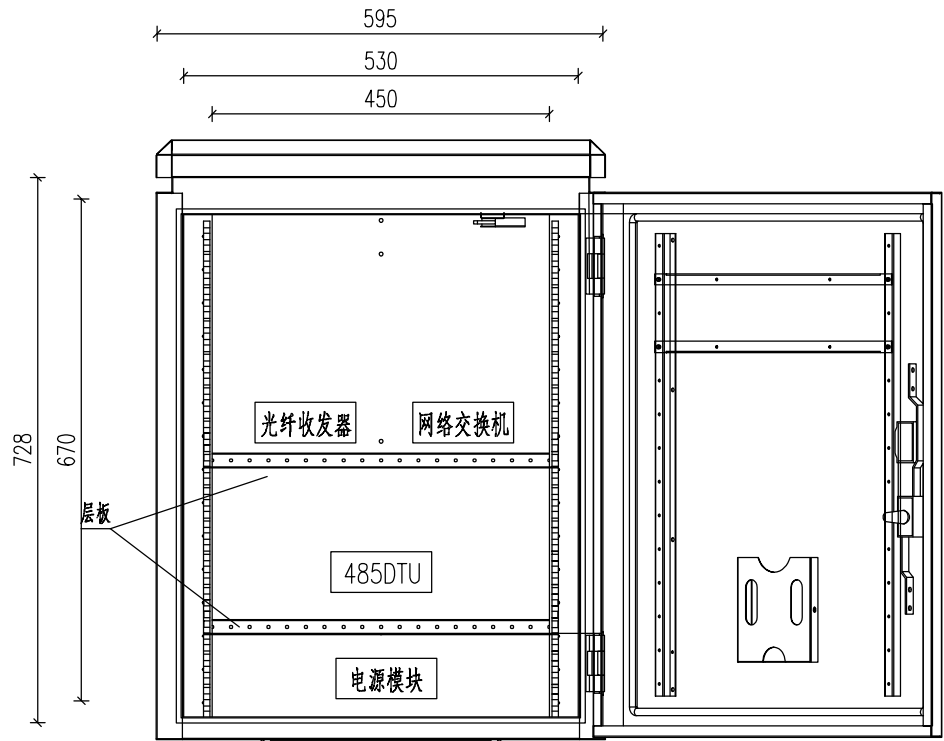
机柜正面图



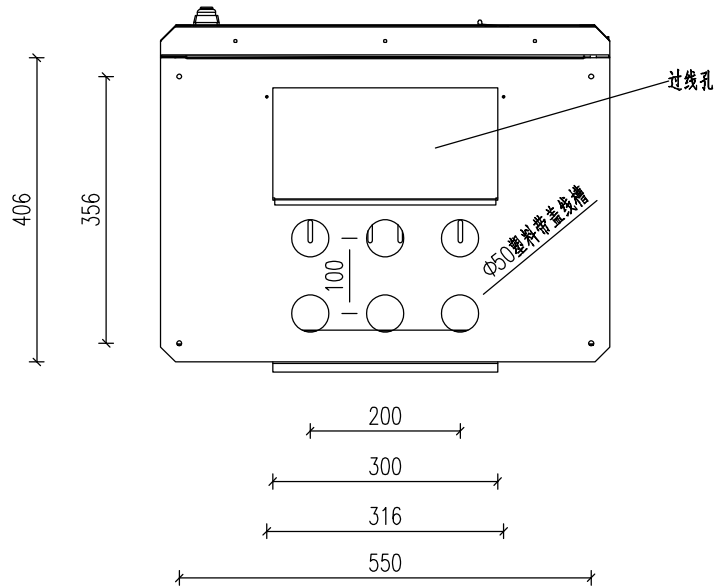
机柜侧面图



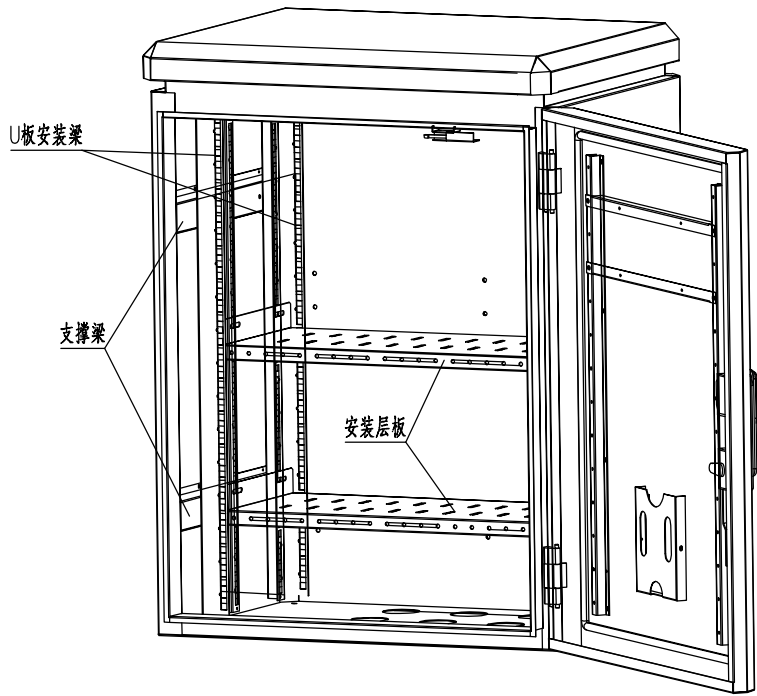
内部构造图



A-A

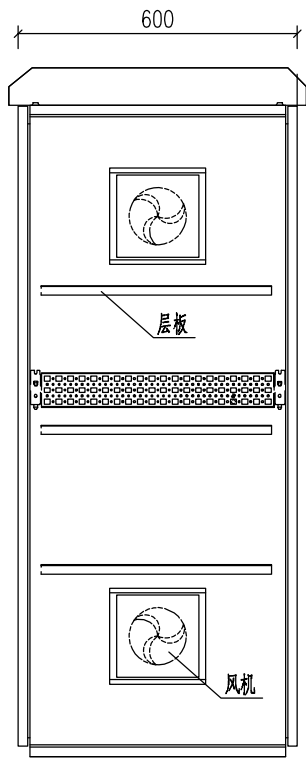


机柜3D图

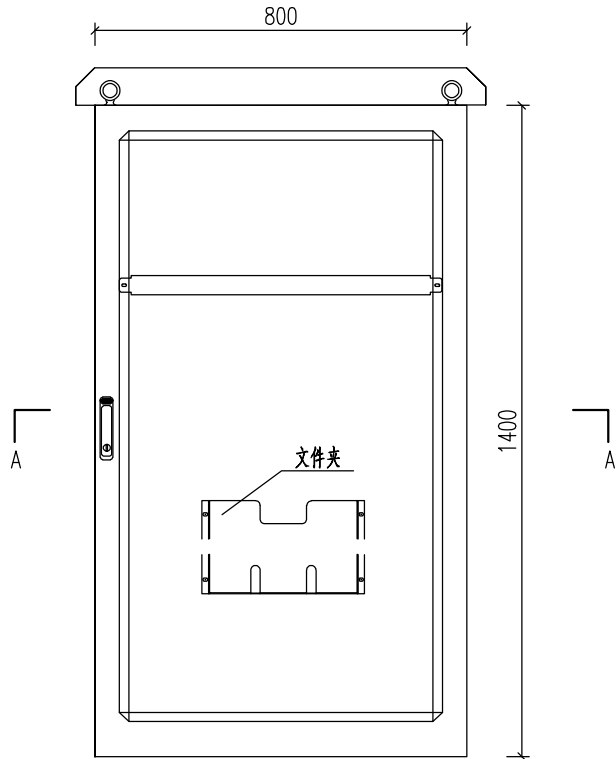


注：
1、图中尺寸均以毫米计。
2、图示配备2块层板，可根据现场需求增设层板数量。

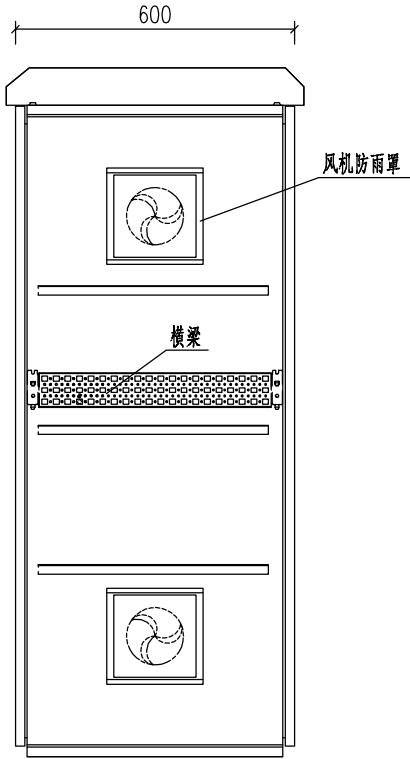
左立面图



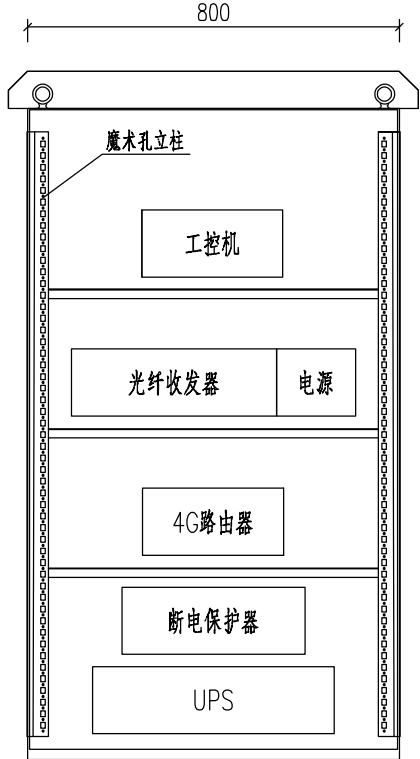
正立面图



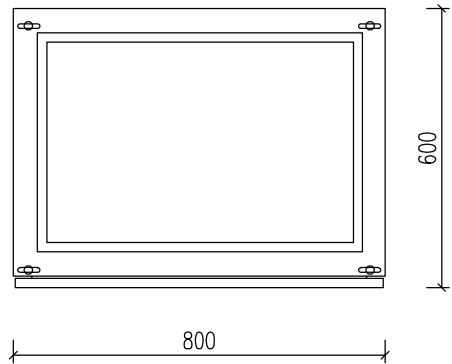
右立面图



内部构造图

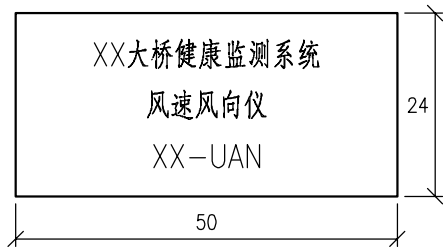


A-A

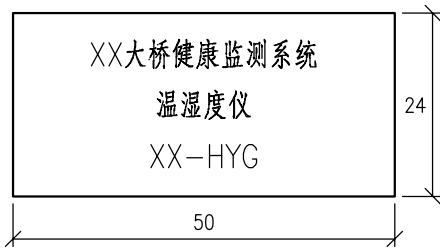


注：
1、图中尺寸均以毫米计。
2、图示配备3块层板，可根据现场需求增设层板数量。

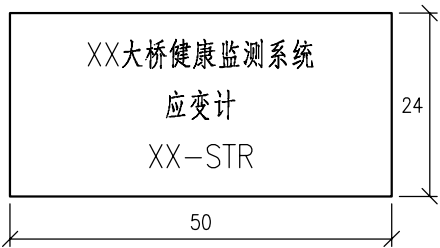
风速风向仪标签样式



温湿度传感器标签样式



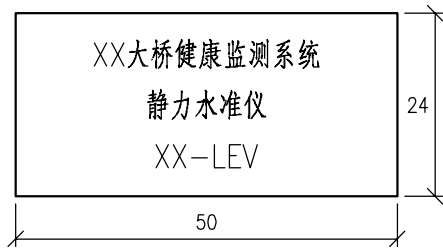
应变计标签样式



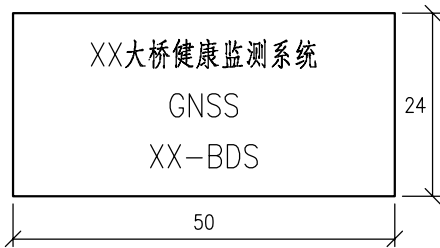
机柜标识样式



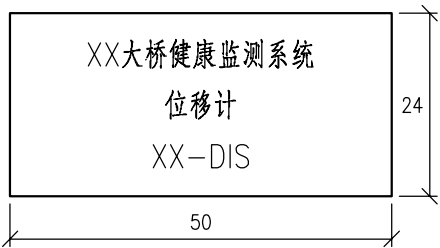
静力水准仪标签样式



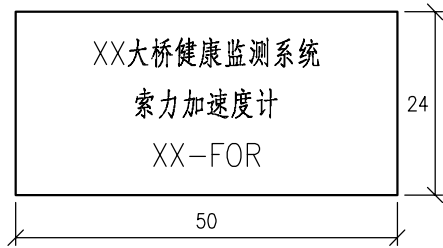
GNSS标签样式



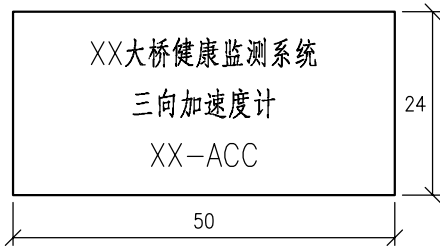
位移计标签样式



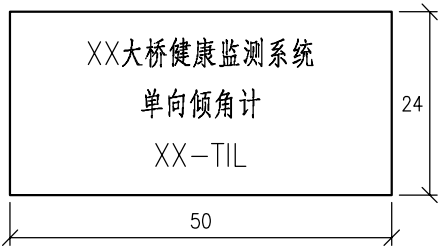
索力加速度计标签样式



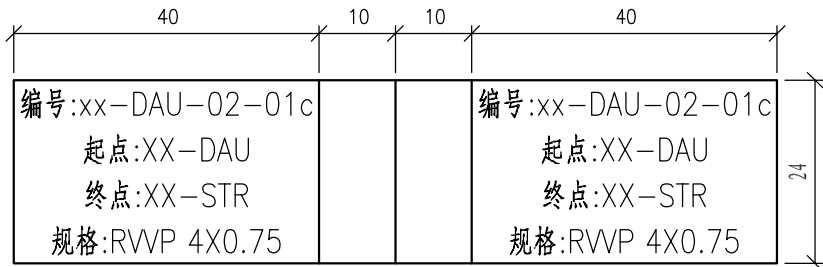
加速度传感器标签样式



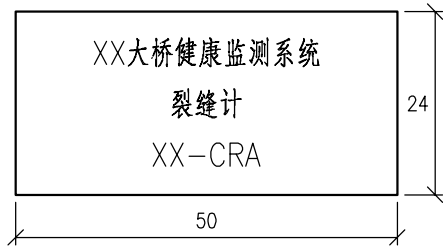
单向倾角计标签样式



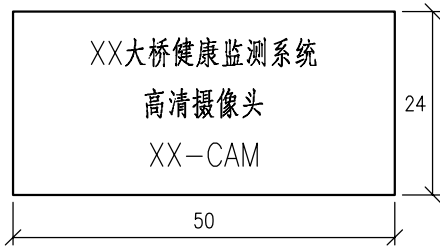
线缆标签样式



裂缝计标签样式

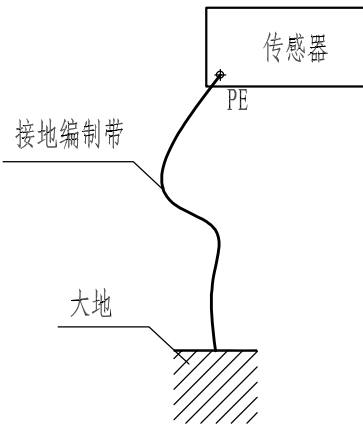


高清摄像头标签样式

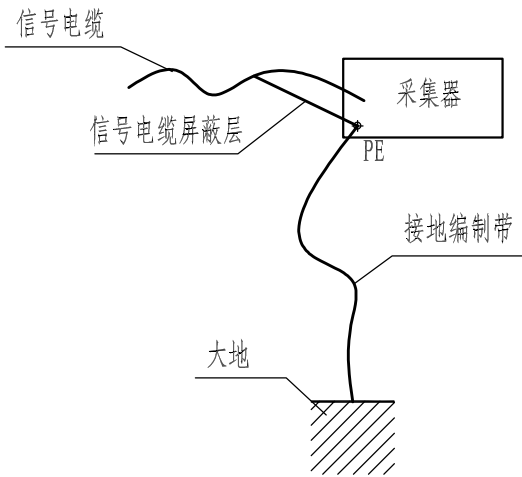


- 注：
- 1、本图尺寸均以毫米为单位。
 - 2、线缆标签必须使用专用标签打印机打印，使用防水、防油打印标签纸。
 - 3、同类型传感器参见标签样式打印。
 - 4、根据传感器现场易于粘贴和美观需求可做适量的更改。

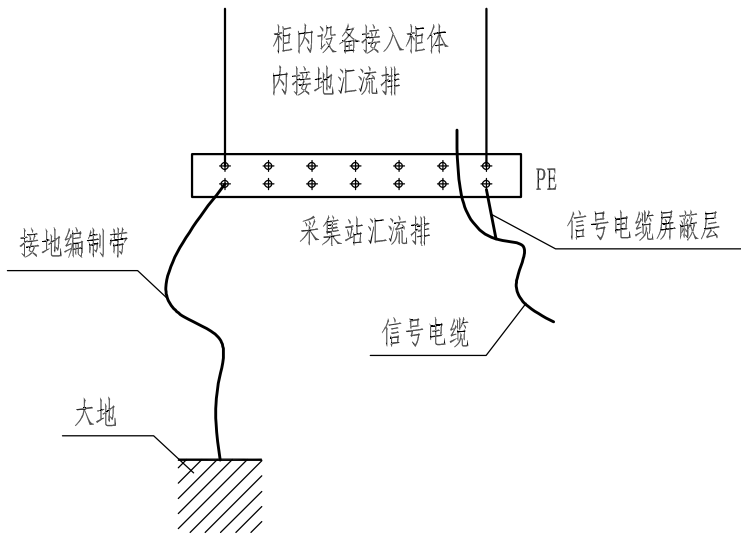
传感器接地示意图



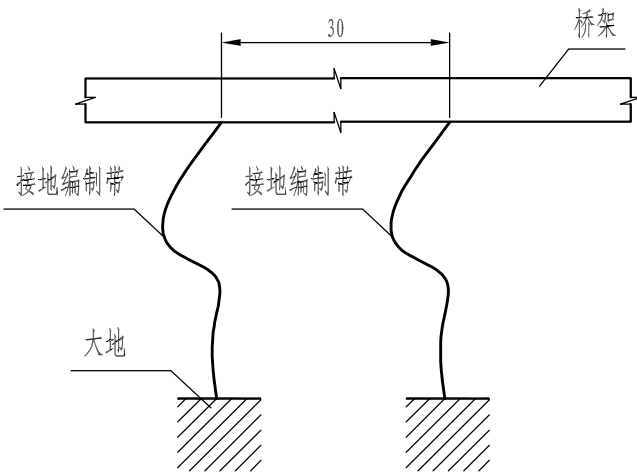
采集器接地示意图



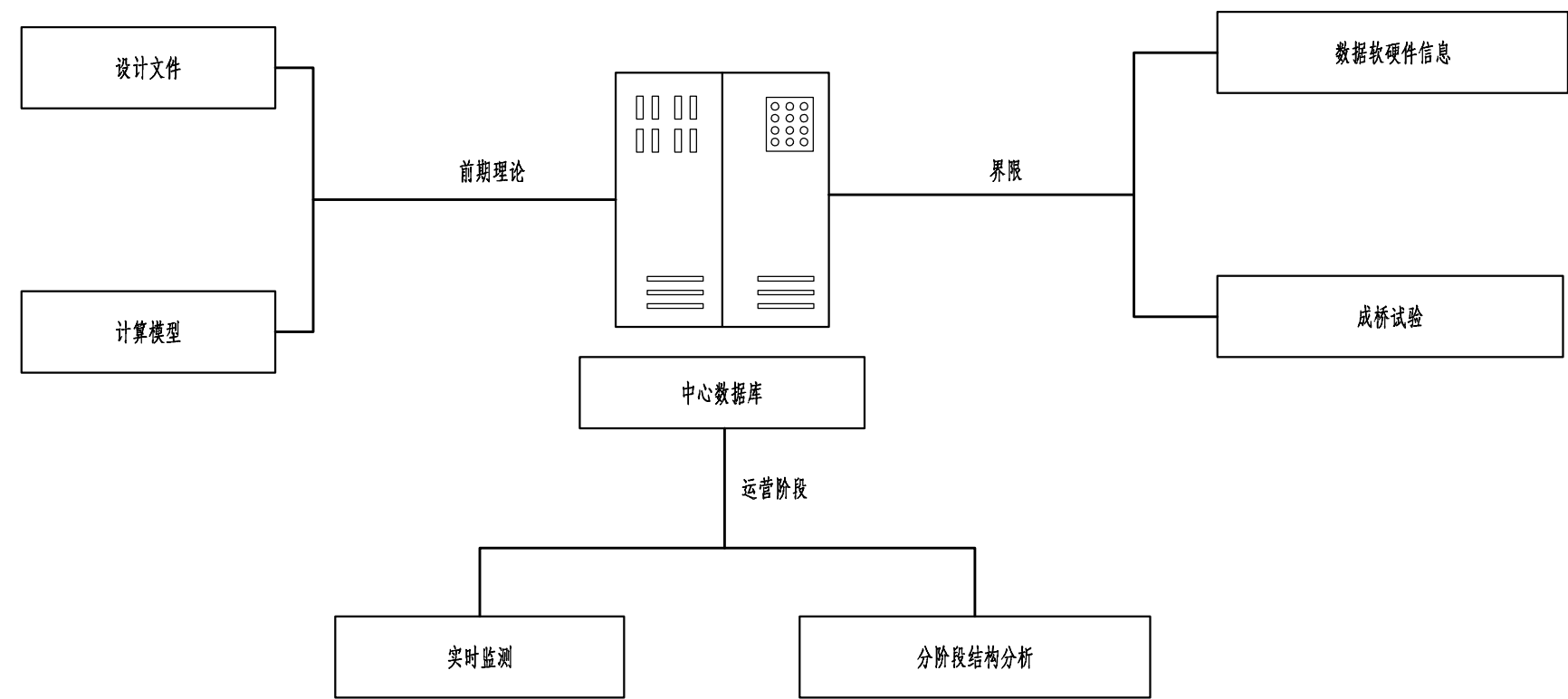
柜体内部示意图

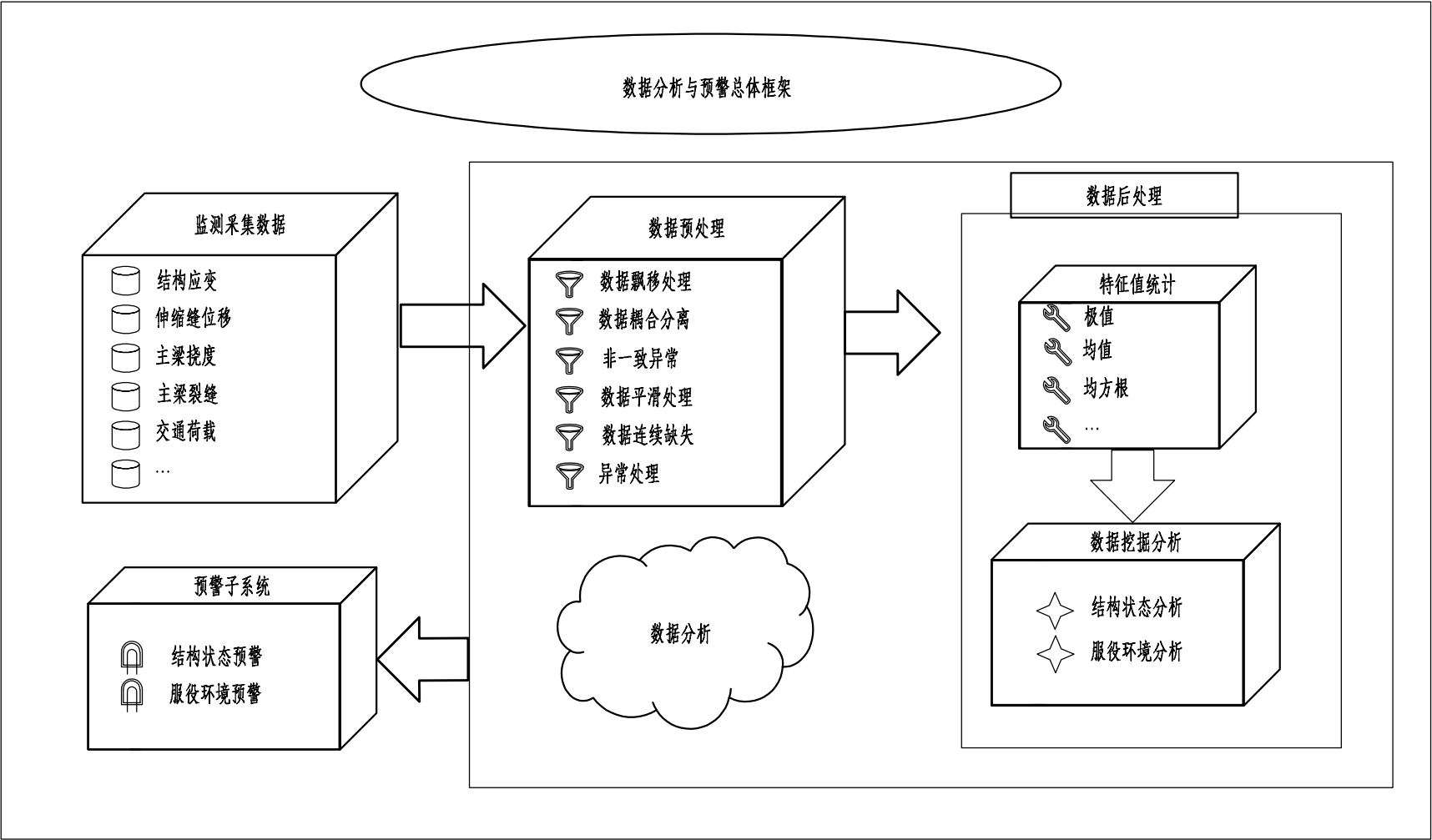


桥架接地示意图



- 注：
- 1、传感器外壳就近接入箱梁。采集仪及信号电缆屏蔽层就近接入箱梁。
 - 2、柜体内设备接地接入柜体内部接地汇流排，汇流排就近接入箱梁。
 - 3、要求接地电阻均不大于4欧。





总概算表

建设项目名称：临海市城区桥梁安全管理监测系统建设项目

编制范围：临海市城区桥梁安全管理监测系统建设项目

第 1 页

分项编号	工程或费用名称	单位	数量	金额（元）	技术经济指标	各项费用比例(%)
一	建筑安装工程费	桥长米	919.2	7270162	7909.23	90.96
101	临时工程	桥长米	919.2	325705	354.34	4.08
102	桥梁涵洞工程	km		6837016		85.54
103	安全生产费费用	元		107441		1.34
二	土地使用及拆迁补偿费	桥长米	919.2			
三	工程建设其他费	桥长米	919.2	341625	371.65	4.27
301	建设单位（业主）管理费	桥长米	919.2	36351	39.55	0.45
302	工程监理费	桥长米	919.2	82916	90.2	1.04
303	设计文件审查费	桥长米	919.2	4358	4.74	0.05
304	竣（交）工验收试验检测费	桥长米	919.2	20000	21.76	0.25
305	建设项目前期工作费	桥长米	919.2	198000	215.4	2.48
四	预备费	桥长米	919.2	380589	414.04	4.76
401	基本预备费	元		380589		4.76
402	价差预备费	元				
五	建设投资（一）～（四）	桥长米	919.2	7992376	8694.93	100.00
六	建设期贷款利息	桥长米	919.2			
七	固定资产投资（五）+（六）	桥长米	919.2	7992376	8694.93	100.00
八	铺底流动资金	桥长米	919.2			
九	项目总投资（七）+（八）	桥长米	919.2	7992376	8694.93	100.00

编制：尹恒

复核：李王辉