



中国铁建

工程建设

优秀科技论文选编

主编 中铁二十三局集团有限公司



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)



中国铁建

工程建设 优秀科技论文选编

CONGCHENG JIANSHE
YOUXIU KEJI LUNWEN XUANBIAN

主 编 中铁二十三局集团有限公司

西南交通大学出版社

• 成 都 •

图书在版编目 (C I P) 数据

工程建设优秀科技论文选编 / 中铁二十三局集团有限公司主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2014.1
ISBN 978-7-5643-2749-1

I. ①工… II. ①中… III. ①铁路工程—文集 IV.
①U2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 260562 号

工程建设优秀科技论文选编
中铁二十三局集团有限公司 主编

责任编辑	张 波
助理编辑	姜锡伟
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://press.swjtu.edu.cn
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	33.5
字 数	824 千字
版 次	2014 年 1 月第 1 版
印 次	2014 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-2749-1
定 价	68.00 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

主 编 田宝华

副 主 编 陈幼林

编 委 王 红 刘延龙 霍 莉

编者的话

在集团公司领导的高度重视和大力支持下，中铁二十三局集团有限公司《工程建设优秀科技论文选编》出版了。

本书汇编的优秀科技论文包括桥梁工程、隧道及地下工程、线路与路基工程和其他等四部分，共 57 篇。

本册汇编的优秀论文，围绕公司承担的重点工程，着重总结了施工技术，尤其在高速铁路及客运专线科技领域的创新和突破，反映了集团公司科技水平的迅速提升，体现了集团公司及所属单位对实施“科技兴企”战略、充分发挥科技进步和创新对提升企业核心竞争力重要支撑作用的高度重视。在这种良好的科技氛围中，广大科技管理人员不断创新、认真总结，撰写出了高质量、高水平的优秀科技论文。

本册汇编在整理、编辑和出版过程中，得到了集团公司所属各单位业务部门的大力协助，在此表示感谢！由于汇编工作量较大，编者水平有限，编写当中难免有不足之处，欢迎大家批评指正。

中铁二十三局集团有限公司

2013 年 7 月

目 录

桥 梁 工 程

钢管桁架梁施工监控技术	李治强 杨 毅 徐仁华	3
干海子大桥高空防腐技术研究	李治强 杨 毅 徐仁华	16
可分解抽拔式新型结构内模在公路板梁生产中的运用	章日昆	22
浅论高铁箱梁蒸养参数宜弱化及制度改进	章日昆	27
下穿既有高速公路预制箱梁平行桥位横移落梁施工技术	陈宗国	34
干海子特大桥主梁架设拖拉施工技术	李治强 杨 毅 张晓飞	42
格构墩斜撑安装施工技术	李治强 杨 毅 张晓飞	50
上跨铁路干线架梁施工技术	庄乾国	59
穴利 1# 大桥边跨现浇段施工技术	王 啸 陈 浩	77
鱼洞长江大桥二期工程主桥 15 号 T 构合龙技术	温秉银	81
干海子大桥钢管格构墩现场安装技术	李治强 武旭升 杨 毅	92
清水河自锚式悬索桥的主缆监控计算	李胜臣	98
高速铁路桥梁钻孔桩在岩溶发育地区的成孔关键技术	陈幼林	110
钢管格构墩现场安装测量控制技术	李治强 武旭升 熊 飞	119
滁河大桥系杆拱的临时支架施工技术	李红金	127
钢管格构墩高抛自密实混凝土施工技术	李治强 武旭升 苏志才	138
郑西客运专线列斜沟大桥节段拼装施工技术	王 岑	148
造桥机节段拼装技术在客专 900 t 箱梁建造中的应用	苏 杰	154
石浔大桥水中桩施工技术	李振飞	164
无障碍钢吊箱围堰施工技术	唐永会	172
门型墩与连续箱梁组合结构关键技术研究	王春堂	178
大跨高墩连续刚构桥 0 号块托架法施工技术	秦玉军	186

客运专线箱梁高性能混凝土施工控制	李 龙	192
40 m 预应力混凝土槽形梁预制施工技术	王晓文 吴顺建	199
钢板桩围堰在软土地基深基础施工中的应用	张晓周	210

隧道及地下工程

大型湿喷台车在隧道快速施工中的应用	郁志翔	227
青云山隧道 2# 斜井排水施工技术	张义君 金坤学	237
干海子螺旋隧道安全施工技术	武旭升	246
隧道超前地质预报中人工地震反射法的应用	樊建国 周 琪 丰小强	253
大断面黄土隧道 V 级围岩段采用弧形导坑三台阶开挖法施工技术	赵永明 罗国君 初厚永 夏 伟	263
浅埋大断面黄土隧道下穿既有铁路施工技术	丁维利 赵永明 初厚永 苏 杰	271
深孔预注浆在城市地铁浅埋暗挖中的应用	郭凤彦 董 岩	279
圆形隧道快速衬砌施工技术探讨	黄明波	289
浅谈大断面湿陷性黄土隧道施工技术	苏 杰 张教才 姚永波	296
浅谈雅泸高速公路干海子螺旋隧道昔格达软土进洞施工技术	周文强	306
林岭小净距隧道施工技术	史卫滨	312
大断面湿陷性黄土隧道施工技术	丁维利 赵永明 初厚永	322
色尔古水电站引水隧洞大变形控制技术	黄明波	337

线路与路基工程

浅谈高填方风积沙路基施工技术	刘蒋锋	347
多边界地形条件下预留光爆层峒室爆破技术	李 松 李文军	353
CRTSⅢ型路基纵连轨道板制造技术及创新点	刘延龙	361
CRTSⅡ型板式无砟轨道静态调整技术	张小军 李 辉	369
CRTSⅡ型板式无砟轨道水泥乳化沥青砂浆充填层施工技术	李 辉 唐 平	379
无砟轨道线下工程精密测量控制系统	袁 斌	396
严寒地区客运专线 CRTSⅠ型板式无砟轨道混凝土轨道板制造技术	张玉光	413
昔格达地质土高填方综合施工技术研究	李治强 马中海	420

栗子坪 4 号桥自然不稳定边坡预应力锚索处治	武旭升	436
车站桩板结构的施工工艺及应用	朱传宁	442
红砂岩路基施工技术	王志锋 张明华	449

其 他

ZPW-2000A 型无绝缘移频自动闭塞施工	汪双鹏	459
真空辅助压浆工艺的应用	李志明	471
框架结构抗震破坏的表现形式与施工预防措施	刘建国	476
基于卡西欧 5800 计算器单交点非对称曲线坐标正反算程序设计	孙亚奇	481
60 m 钢箱梁动力特性及变形实测与分析	陈宗国 赵春波	497
碳素纤维贴片加固桥梁设计与应用	吴星银	505
引气混凝土在郑西铁路客运专线的应用	袁 松 徐 杰	516
承重混凝土多孔砖在北方严寒地区多层建筑中的应用	李 伟	522

桥梁工程

钢管桁架梁施工监控技术

李治强 杨毅 徐仁华

中铁二十三局集团第三工程有限公司

摘要 钢结构桥梁施工是一个复杂而漫长的过程，钢管在定位、焊接、拖拉施工过程中还受到大气温度、日照温差等环境因素的影响。如果节段很长的话，会产生一定的累积量，可能会导致前后主梁节段下的走板与滑道无法协调，出现偏差，并且各个施工阶段不仅结构形式不同，结构的坐标、边界约束条件、内力和变形影响也均不断地变化着，施工荷载也与成桥状态的设计荷载有一定的差异，因此对钢结构桥梁进行监控是施工的重点之一。本文以干海子钢管桁架梁桥为例，介绍了在钢结构桥梁施工过程中的监控技术，对类似桥梁的监控有着借鉴作用。

关键词 钢结构 施工 监控

1 工程概况

干海子大桥为四川省雅安市经石棉至泸沽高速公路段的一座钢管混凝土连续桁梁弯桥，分左、右两幅设计。主桥设计采用 44.5 m 和 62.5 m 两种主要跨径，桥梁全长 1 811 m，共计 36 跨，分三联设计。其中 1~11 跨为第一联，12~30 跨为第二联，30~36 跨为第三联。具体跨径布置为：第一联 $40.7\text{ m} + 9 \times 44.5\text{ m} + 40.7\text{ m}$ ，第二联 $45.1\text{ m} + 3 \times 44.5\text{ m} + 11 \times 62.5\text{ m} + 3 \times 44.5\text{ m} + 45.1\text{ m}$ ，第三联 $45.1\text{ m} + 4 \times 44.5\text{ m} + 45.1\text{ m}$ 。由于该桥设计复杂、桥型新颖、桥跨多且长、格构墩高且复杂、施工工艺复杂，本文只对该桥主要部分的监控技术进行介绍。

2 监控原则

本项目施工过程监测监控的原则是，围绕成桥状态的最终设计目标，根据施工过程中对各状态控制数据实测值与理论值的比较分析，进行结构设计参数识别与调整，对成桥状态进行预测和反馈控制分析；在满足安全性和稳定性要求的前提下，对结构线形和内力进行双控，其中以变形控制为主，应力控制为辅，严格控制各控制截面的挠度和主梁轴线的偏移；同时兼顾应力发展情况，防止施工中出现过大位移和应力，确保施工按照预定目标进行。

3 现场主要施工监控技术

根据干海子大桥设计的结构特点、拖拉施工工艺特点以及现场条件，施工控制主要从主导梁及桥墩线形控制、应力控制和安全稳定性控制三个方面着手。在施工前，先选取 35#、36# 跨作为试验跨，并用 ANSYS 有限元软件对其施工过程进行模拟，同时施工过程中对主要截面进行线形、应力监测，了解其整体受力特点；通过与设计值进行比较验证，为后续节段的施工提供依据。施工过程监测监控的项目主要有格构墩在日照作用下线形的监测、主梁标高及轴线监测、应力监测、墩顶水平力监测、温度对钢管影响的监测等内容。

3.1 格构墩在日照下的变形监测

干海子大桥的高墩采用钢管混凝土格构式墩身、钢筋混凝土承台和桩基础，矮墩采用双柱式钢筋混凝土桩柱结构。在日照作用下，高墩由于温度场的影响，墩顶会随着日照方向的变化，而发生墩顶偏移现象，因此，通过现场选择有代表性的高格构墩进行线形测量，以了解在日照作用下格构墩的变形情况很有必要。

3.1.1 测站布置

干海子大桥位于孟获河右岸一级、二级阶地上，为高中山深切河谷区。桥位所在山顶高程为 2 254.3 m。根据现场的情况，在山坡上架设测站，高度大致与格构墩顶相同，以防止因竖直角太大而导致测量精度下降，测点布置图见图 1，同时在格构墩的顶部安装有两部棱镜。

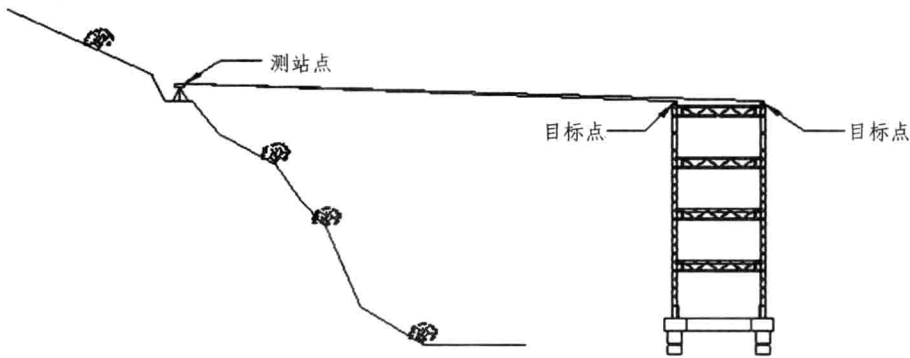


图 1 测点布置图

3.1.2 温度测量

环境温度的大小特别是日照温差对格构墩的线形及内力影响较大，各个施工阶段的控制无不受温度影响，均须考虑温度变化及温度场的分布而对控制目标进行修正。环境温度采用温度计测量，格构墩表面的温度采用红外测温仪（图 2）进行测量，一般选取阳面及阴面两个截面。



图 2 红外测温仪

3.1.3 测量时机

根据当地的气象条件,选取温度变化较大的一天,集中进行观测。从早晨到晚上每隔两小时进行一次观测。每次测量时,首先测量环境温度及格构墩表面的温度(阴面及阳面温度),同时进行时间记录,并大致测出日照方向与格构墩的角度,再测量目标点的坐标变化情况,测量记录如表 1。分析在一天中日照的作用下,格构墩的空间变化趋势。

表 1 格构墩变形测量

时间	环境温度	格构墩表面温度		日照 角度	坐标
		阴面温度	阳面温度		

3.2 主梁架设过程监控

依据设计图纸及施工方案,干海子大桥主梁的架设采用拖拉法方式进行。

3.2.1 拖拉过程监控工作

3.2.1.1 线形监控

线形监控内容主要包括主梁的标高和轴线偏位、拖拉过程中桥墩的墩顶位移、导梁前端的位移。在施工过程中要密切关注前端主梁标高和轴线偏位、墩顶位移及导梁前端的位移。线形测试主要采用全站仪及水准仪测试。

3.2.1.2 主梁标高控制

标高监测的目的主要是监测拖拉施工中已形成结构的实际线形及高差变化,监测主梁在悬臂过程中的挠度变化情况,保证主梁的顺利安装。

主梁骨架的标高直接关系到成桥后的桥面线形,因此必须对其进行控制。干海子大桥的主梁骨架是按照设计要求的竖曲线和坐标进行安装的,要求在进行拖拉施工完成后的主梁在无应力状态下应与其设计线形保持一致。然而实际拖拉出去的梁段在自重作用下,其末端梁节段会产生转动。这就要求在主梁拖拉的过程中进行较好的线形控制,及时修正由温度、主梁制作、梁段末段转角等所引起的各项误差,从而确保主梁拖拉线形满足设计要求。

3.2.1.3 主梁轴线控制

在主梁拖拉过程中，包括主梁两侧拖拉不同步在内的多种因素可能会造成桥梁轴线偏离理论位置，影响桥梁的水平线形，甚至过孔困难、对桥墩产生过大的侧向推力，在弯桥拖拉中，这种影响尤为明显。因此，为了控制主梁在前进过程中的轴线始终处于规定范围，可以在导向装置上设置水平千斤顶，在梁体拖拉过程中进行导向纠偏。建议纠偏工作要在拖拉过程中进行，不得在静止中进行。

由于本桥为连续桁梁弯桥，在拖拉过程中，在悬臂工况下，容易产生主梁轴线偏位，使得前导梁难以到达指定位置，造成过孔困难。因此在拖拉过程中，应实时监测前导梁的轴线偏位情况。在施工过程中，要保证拖拉同步，拖拉千斤顶施力分辨率要高，以保证各墩及墩两侧拖拉点上施力大小一致。拖拉过程中要对桥梁轴线偏位进行实时观测，如发现有过大偏差，可通过调整桥墩墩顶两侧千斤顶的出力大小来进行纠偏。在主梁定位安装时，还要对主梁轴线偏位进行观测，控制每段梁段尾端与待安装梁段间的局部轴线偏差以及主梁骨架的整体线形，保证其轴线偏位在容许范围之内。在拖拉过程中尤其是最大悬臂状态时，应密切关注主梁轴线与理论轴线、桥墩轴线的偏差，确保主梁走向的正确性，使过孔顺利并不对桥墩产生过大的水平侧向推力。

3.2.1.4 测试断面及测点布置

根据多跨连续梁拖拉的力学性能，导梁和前两跨在拖拉的过程中线形变化较为明显，后面的桥跨竖向变形则相对较小，结合施工方案选取导梁最前端作为挠度以及轴线观测控制截面，见图 3。考虑左右两幅同时顶进，在每个控制截面的左右幅两边顶端各设置一个（共 2 个）长期标高观测点，横断面测点布置见图 4。

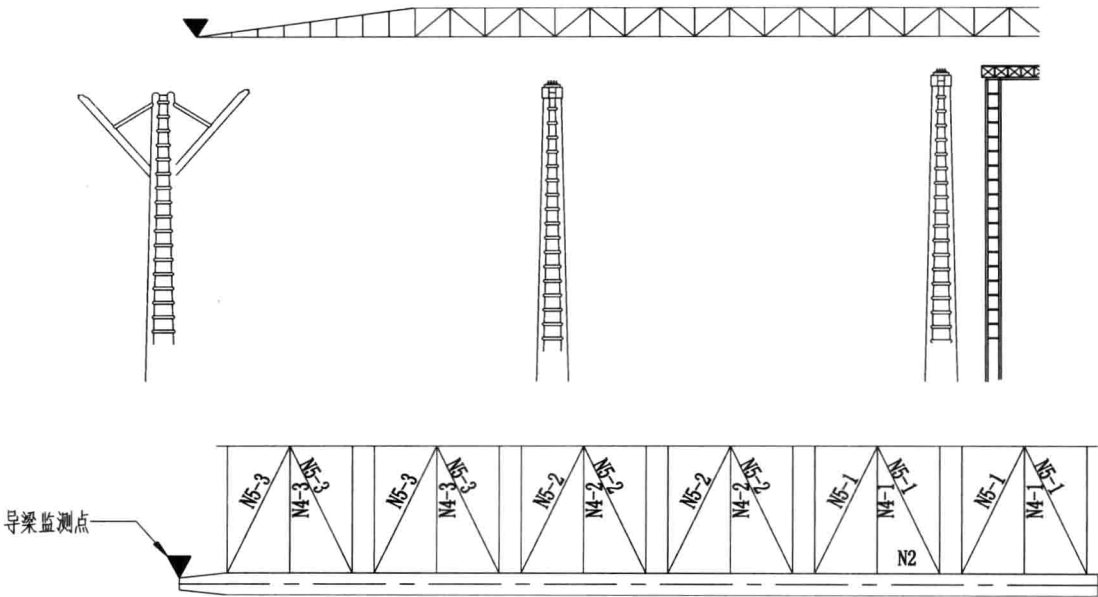


图 3 拖拉施工段线形测试断面布置图

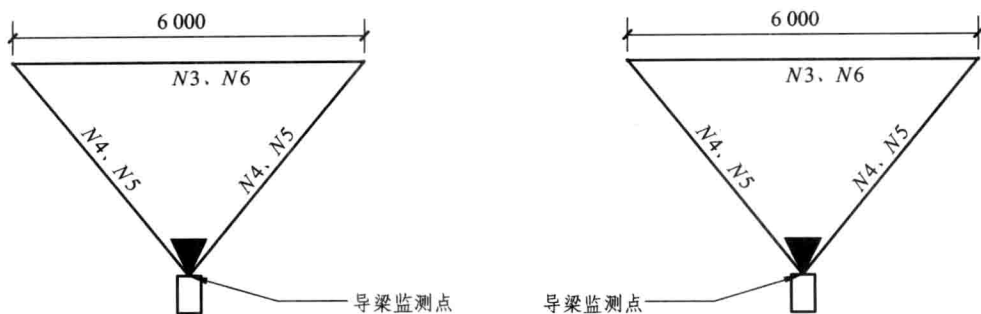


图 4 导梁测试横断面测点布置图

3.2.1.5 测试内容及测试时机

在拖拉过程中，要测试导梁前端及将过桥墩的墩顶线形，确保主梁能够顺利过孔。拖拉过程中，主梁要跨过 62.5 m 和 44.5 m 两种不同跨径，因此在最大悬臂状态工况下测试各测点标高及轴线变化情况，并做好记录。

3.2.1.6 墩顶位移监测

墩顶的位移监测是施工线形监测的重要内容，直接关系着结构的安全及能否顺利过孔。干海子大桥为曲线桥，桥墩将受到一定的侧向力，使桥墩产生横向位移。这些位移都会影响主导梁的过孔。因此，为了主梁能够顺利过孔，保证每个桥墩的安全，应密切关注导梁前端、将通过桥墩墩顶及已通过每个桥墩的墩顶坐标及偏移情况，防止过大的水平和侧向位移对结构产生的不利影响，保证施工过程的安全，墩顶位移监测点布置见图 5。

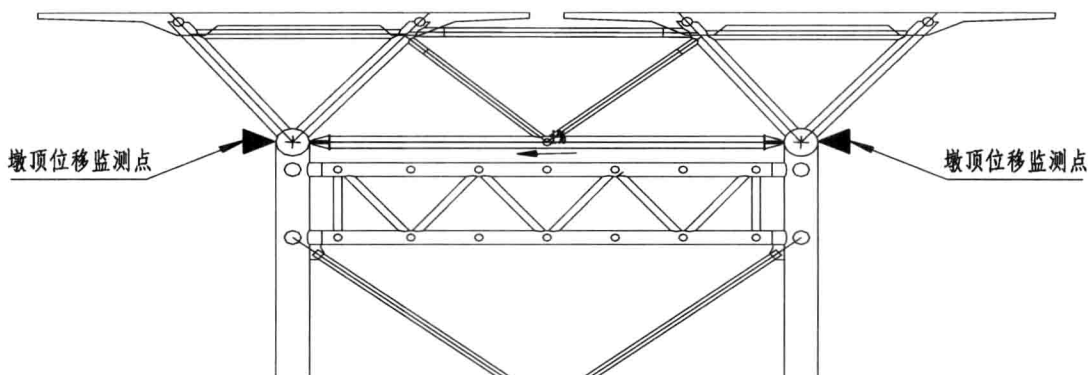


图 5 墩顶位移测点示意图

3.2.1.7 应力监测控制

拖拉过程中主梁和格构墩的应力监测是整个控制工作的主要内容之一，也是施工过程的安全预警系统。直接测量应力是不现实的，一般采用间接测量的方法，即测试应变，根据弹模计算出应力。

在施工拖拉阶段，原则上应选取最不利工况的最危险截面作为应力测试的主要断面，但主梁在拖拉过程中，最大悬臂状态往往是瞬时的，不可能有足够的时间来测试应力，处理的办法是通过计算来模拟最大悬臂工况，验算结构是否安全。实际梁体顶进过程中并不对主梁应力进行实时监测。

拖拉过程中对格构墩应力测量非常重要，拟在 26# 格构墩墩顶及墩底布置测点，在整个拖拉过程中对应力进行监测。监测时，注意监测时机，以减少温度对测试的影响。

为了便于后期监控应力的实施，选取 17 跨跨中截面 A、支座截面 B 作为后期的应力监测断面。考虑到实际施工情况，布置应力测点如图 6、图 7。

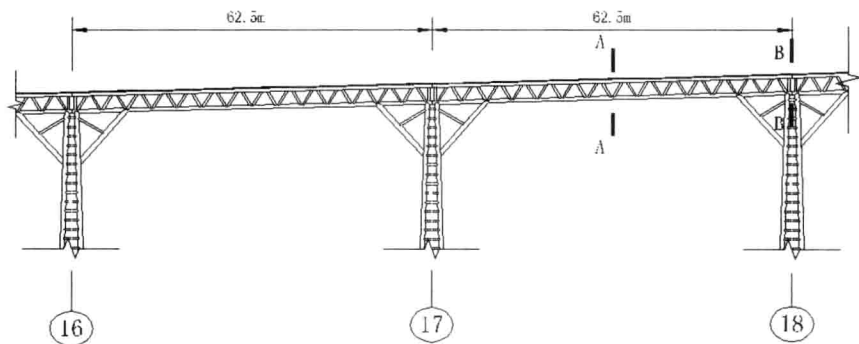


图 6 应力控制断面示意图

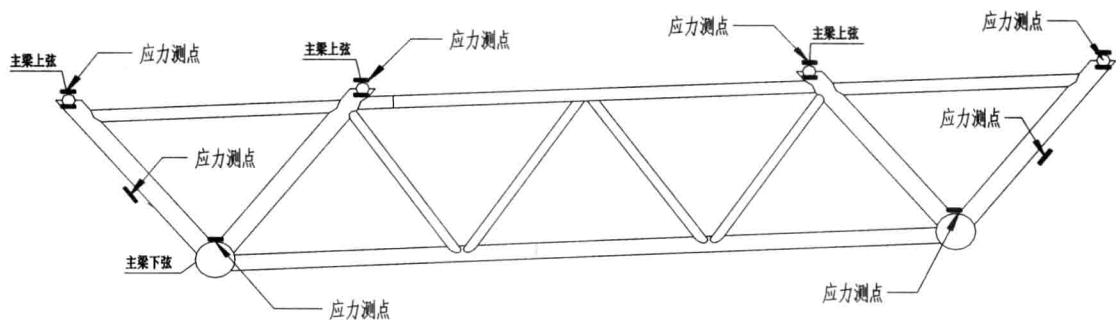


图 7 应力测点布置示意图

3.2.1.8 传感器选择

由于应力测试与施工同时进行，因而要求测试元件必须具备长期稳定性好、抗损伤性能好、埋设定位精确、方便及对施工干扰小等性能。根据以前测试经验和对国内元件及仪器的综合分析比较，测试采用智能钢弦式数码应变计（图 8）；对钢管截面的应力测试选用带测试温度功能表面式钢弦式应变计（图 9）。通过配套的振弦式智能应变采集仪，测试出每个应变计的频率值，然后根据频率与应变的映射关系，采集仪自动换算出钢管和混凝土的实测应变值，最后再根据钢管和混凝土弹性模量推算钢管以及混凝土应力。

由于影响钢管表面和混凝土应力的因素很复杂，除荷载作用引起的弹性应力应变外，还与钢管表面温度、混凝土收缩、徐变等有关。因此需要通过应变换算处理获得应力值，即

$$\sigma_{\text{弹}} = E \varepsilon_{\text{弹}}$$

- 式中 $\sigma_{\text{弹}}$ —— 荷载作用下构件测点的应力；
 $\varepsilon_{\text{弹}}$ —— 荷载作用下构件测点的弹性应变；
 E —— 构件的弹性模量。

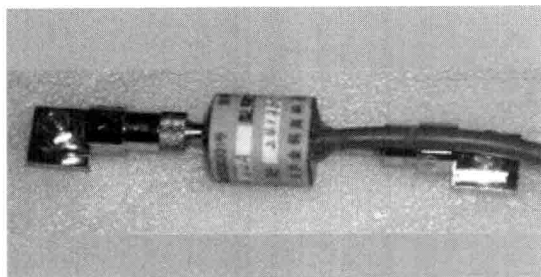


图 8 钢弦式应变计



图 9 安装在钢管表面的钢弦式应变计

实际测出的应变则是包含其他变形影响的总应变 ε ，即

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{弹}} + \varepsilon_{\text{非弹性}}$$

式中 $\varepsilon_{\text{弹}}$ ——弹性应变；

$\varepsilon_{\text{非弹性}}$ ——非弹性应变。

为了补偿无应力应变，特别是温度引起的无应力应变，需要在钢管表面和混凝土内部布置应力测点的同时，测量测点温度场。分别测得总应变 ε 和非弹性应变 $\varepsilon_{\text{非弹性}}$ ，按上式即可得到应力应变 $\varepsilon_{\text{弹}}$ 。

3.2.1.9 桥墩应力测试

桥墩的受力情况与整个施工的安全有着密切联系。根据设计图纸、现场的测试条件，选取 26# 格构墩作为控制墩，在墩顶和墩底布置传感器，测点布置如图 10、图 11 所示，密切关注格构墩的受力变化情况，防止桥墩出现失稳与应力超标现象。

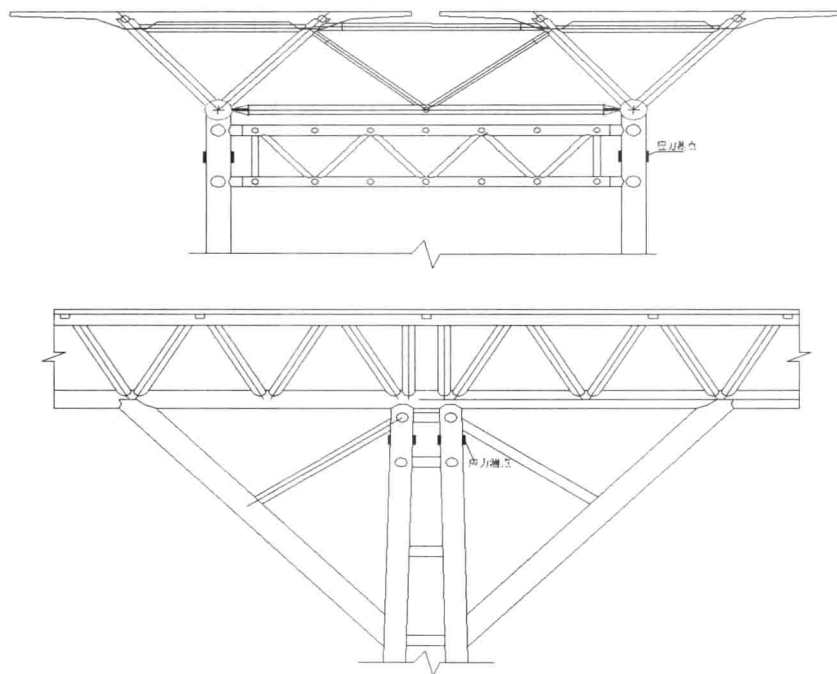


图 10 格构墩顶应力测点布置示意图