

基于互联网+的数字化大坝 安全监测系统

技术文件

编制单位： 深圳市简测科技有限公司

二〇一五年七月

批 准：申 爽

审 核：曾庆彬

校 核：苏腾飞

编写人员：王 伟 刘 倩 陈 正 何 凡

目 录

1. 概述	1
1.1 项目背景	1
1.2 设计原则	2
1.3 设计依据	2
2.建设目标与任务	4
2.1 建设目标	4
2.2 建设任务	4
2.3 建设原则	5
3.总体设计	7
3.1 总体结构设计	7
3.2 技术、设计要求	8
3.2.1 信息采集与传输	8
3.2.2 计算机网络	8
3.2.3 数据中心	9
3.2.4 应用支撑平台	10
3.2.5 应用系统	11
3.2.6 标准体系	12
4.信息采集系统建设方案	12
4.1 建设目标	12
4.2 建设内容	13
4.3 方案可行性分析	13
4.4 方案实施	14
4.5 基于 LTE 数据高速无线传输	15
4.6 监测系统布置	16
4.7 安全监测中心	19
4.8 技术要求	21
4.8.1 设备要求	21

4.8.2 施工要求	32
------------------	----

JEMETECH 简测科技

1.概述

1.1 项目背景

大坝建造在地质构造复杂、岩土特性不均匀的地基上，在各种荷载的作用和自然因素的影响下，其工作性态和安全状况随时都在变化。如果出现异常，又不被及时发现，任其发展，其后果不堪设想。如果事先运用有效的观测手段对这些工程进行监测，就能及时发现问题，采取有效的工程措施，就能避免灾难。大坝失事的原因是多方面的，从世界上 300 多座大坝失事的原因分析，认为 35%是泄洪能力不足，在勘测、设计中洪水计算和防洪能力方面存在问题，大部分失事是洪水以外的工程原因，有一个量变到质变的过程，可以用监测方法及早发现的。通常，通过仪器观测和巡视检查对水利水电工程主体结构、地基基础、两岸边坡、相关设施以及周围环境所作的测量及观察，界定为大坝安全监测。监测，既包括对建筑物固定测点按一定频次进行的仪器观测，也包括对建筑物外表及内部大范围对象的定期或不定期的直观检查和仪器探查。

大坝监测与大坝检测在某种意义上有相同之处，均为对水利工程工况及运营性状进行量测。同时，两者也有不同之处，监测重点放在实时监视测量上，检测则重点以规则标准对量测结果作出评判。监测常表现为持续不断的对水利工程性状监视记录，检测多表现为某一时段的检测结果评判。

正在运行的大坝，由于受到各种自然因素的影响，其工程状态和运行情况都在随时变化，所以必须对大坝进行系统全面地检查，随时掌握工程状态，分析判断大坝及基础、岸坡是否能安全运行，预报工程发展趋势及安全度。可以说，安全监测（包括检查、观测）是大坝安全管理的耳目，是判断水库能否安全运用充分发挥效益的前提，也是检查施工质量、验证设计是否正确的手段，它能为水利科学试验研究供给宝贵的原型观测资料，也为水库除险加固设计和水库调度维修保养提供依据。总之大坝安全监测是了解大坝安全性态、对大坝安全实施科学管理必不可少的重要手段。

围绕以上工作重点及任务，同时积极响应政府提出的“制定‘互联网+’行动计划，推动移动互联网、云计算、大数据、物联网等与现代制造业结合”政策，

拟先行实施国内数字化大坝安全监测系统的建设。通过对传统大坝安全监测内容重新梳理，同时按照上述要求和工作的实际需要，编制了基于互联网+的数字化大坝安全监测系统初步设计报告。

1.2 设计原则

1. 技术落地化：对项目各系统的运行平台和主要建设内容进行技术方案比选时，除考虑该技术方案先进性，除保持技术的适当超前外，最重要是要考虑该技术方案在建设中的适当性，通过对各种技术进行比选，选择最适合于本地自然环境、社会经济发展需求的技术，以充分发挥本项目综合效益；

2. 稳定第一、适当超前：在进行项目技术方案比选和设备选型时，在保持适当超前的基础上，采用当前业界最认可，最稳定的技术。如在设计大坝混凝土应变监测中，考虑到技术成熟可靠兼前瞻领先、电磁环境、工程复杂性、后续长期维护性、可靠性、安全性，采用了光纤光栅传感技术；

3. 建设的分步和连续性统一原则：由于项目建设内容多，涉及的学科广、技术跨度大，需要较长的时间才能建设完成。因此，在建设过程中需要在一个统筹的过程，根据急用先建的原则，先确定各建设内容的先后顺序，然后进行分步建设，考虑计算机技术发展较为迅速的特点，后面建设的内容可能采用不同的技术方案，但所采用的技术方案一定要与前面的技术方案相连接，使不同时期建设的内容可相互兼容。

4. 易于维护原则：在进行各建设内容技术设计时，将充分考虑项目建成后的易于维护性。

1.3 设计依据

- (1)《工程建设标准强制性条文—水利工程部分》，建标[2004]103号，建设部
- (2)《混凝土坝安全监测技术规范》，DL/T5178-2003，电力部
- (3)《大坝安全自动监测系统设备基本技术条件》，SL268-2001，水利部

- (4)《国家防汛指挥系统工程总体设计大纲》，国家防总
- (5)《洪涝灾害调查纲要》，国家防总
- (6)《全国水利信息化发展“十二五”规划》
- (7)国家和地方现行各种工程设计规范和标准；
- (8)《计算机网络产品设计规范》，电子工业部
- (9)《指挥自动化计算机网络安全要求》，GB2887
- (10)《计算机外部设备接口统一规定》，ZBY306.1-85，信息产业部
- (11)《计算站场地安全要求》，GB9361-88，信息产业部
- (12)《通信工程系统防雷技术规定》，YD 5078-98，信息产业部
- (13)《国家防汛指挥系统工程总体设计大纲》
- (14)《水利建设项目经济评价规范》，SL72-94，水利部
- (15)《水利工程设计概(估)算编制规定》，水总[2002]116号
- (16)《水利建筑工程概算定额》(2002)
- (17)《水利工程施工机械台时费定额》(2002)
- (18)《水利水电设备安装工程概算定额》，水建管[1999]523号，水利部
- (19)《水文专业有偿服务收费管理办法》，水利部
- (20)《水文自动测报系统技术规范》，SL61-2003，水利部
- (21)《水利水电工程水情自动测报系统设计规定》，D1/T5051-1995，水利部
- (22)《水文自动测报系统设备基本技术条件》，SL/T102-1995，水利部
- (23)《水文自动测报系统通信电路设计规定》，SL199-97，水利部
- (24)《国家防汛指挥系统工程总体设计实施纲要》

2. 建设目标与任务

2.1 建设目标

数字化大坝安全监测系统的总体目标是：以“安全预警、统一管理、防灾减灾”为工作导向，将水情、工情，水库、坝体、河道、闸门和泵站等工况自动采集、传输、整编入库管理为基础，建设完善的数据采集、及时的指挥调度决策分析、准确的数据预报模型和水情灾情评估等子系统，完善应急响应能力，提升水利设施的防灾预警水平。

2.2 建设任务

数字化大坝安全监测系统建设的主要内容包括四大部分：大坝信息采集监控系统、通信网络系统、数据中心、软件信息系统。

1. 大坝信息采集系统

建设大坝实时网络化监测系统，在水库建设大坝裂缝数据采集子系统、应变数据采集子系统、大坝温度数据采集子系统，并能够在通信网络中集成在大坝的自动化监测系统中，为统一信息管理提供接口。

2. 通信网络系统

1) 光纤环网建设：充分利用现有、在建及待建的的网络资源，建成一个依托现有工程的自动化配套光纤网络形成环路，对已有光纤的连接部分进行光纤铺设。需要建设的光纤包括老旧安全监测点的修复及新监测点等。同时需要购置搭建光纤环网需要的网络设备，构建 1 个中心、若干个分中心的光纤网络环境；

2) IP 地址规划：对接入本项目网络设备的所有智能化设备进行 IP 地址规划，按监测网、管理内网、管理外网三个不同的网络体系和网络路由进行规划；

3) 网络管理软件购置，按 200 个 LICENSE 的规划进行购置，实现对环网内网络设备的可视化管理；

3. 数据中心

数据中心包括以下几个组成部分：

- 硬件平台：包括核心数据库服务器、存储设备、备份设备等。
- 基础软件平台：包括操作系统、数据库管理系统、GIS 基础软件平台、备份软件等。
- 数据库群：补充完善数据采集基础数据库，以及与水电综合应用相关的政务综合应用和业务综合应用主题数据库等。
- IT 管理：包括数据中心高效运行所必需的管理体系和制度保障。
- 数据中心机房：主要包括数据中心机房的建设。
- 数据分中心：新建各大坝本地数据分中心。

4. 应用系统

1) 利用已有基础资料，对已有数据库进行完善，在应用层对三大坝安全监测系统进行重新开发，实现大坝安全监测的各种资料的一张图显示，在电子地图上实现数据基础信息、实时结构信息、业务辅助信息的显示、查询、统计；

2) 部分实现决策指挥辅助功能，在水库实现大坝安全实时监测的基础上，进行数据分析，通过历史数据比对、计算，对安全进行评估，为决策提供数据依据。

2.3 建设原则

根据《全国水利信息化发展“十二五”规划》的指导思想，结合历年来大坝安全监测工作的发展积累和新形势下的要求，力求统筹规划、强化资源整合，促进信息共享，完善机制体制，使项目建设达到投资少、见效快，既实用、科学又具有先进性、前瞻性，满足防灾减灾的各项需求，其建设过程应遵循以下原则：

1、整体规划与分步实施相统一

大坝安全监测工作重点是防灾减灾，大坝安全监测系统建设必须与三防工作的重点一致，逐步提高水务工作水平。建设一套完整的优化调度、优化配置的管理体系，建设任务繁重，因此，必须统筹规划，分步实施。为了边建设边发挥效益，应制定分期建设目标与任务，分期分步实施。大坝安全监测系统工程建成后，应能达到全面实时自动采集、传输、处理。

2、先进性与实用性相统一

大坝安全监测系统建设既要采用当今世界先进的技术，高起点、高标准，又要注重实用性，要在充分考虑实用性的基础上，力求技术的先进性。在技术先进与实用性统一的基础上，处理好投入与产出的关系，做到边建设边发挥效益。

3、单一性与综合性相统一

大坝安全监测系统涉及多种信息资源的采集、传输、存储，必须考虑综合功能，统筹解决信息的采集、传输。尤其是关系全局性的基础设施和重点业务应用系统，要统一设计、统一建设，避免重复，造成浪费。

4、全局性与地区性相统一

大坝安全监测系统工程分布在各地，建设时必须考虑互连互通，充分发挥作用，在按照国家要求的信息管理标准与规范的基础上，全面推进信息资源共享服务体系建设，解决好全局性与地区性相统一的问题。

5、整合资源、讲求实效

为提升大坝安全监测工作现代化、决策高效化的整体实力，为实现政府资源最大限度公用化，政府专网必须统一建设、管理，各部门共享使用。要打破行业界限，对各政府部门现有的基础网络资源要加以整合，统一管理公共资源，根据各部门需求进行调整，避免重复建设。要特别重视系统建设的实用和实效，避免资金和资源的浪费。

6、信息互通、安全保密、运行稳定

只有实现信息互通才能发挥大坝安全监测系统建设的整体优势。同时，要严格遵照国家有关安全保密的法律、法规，建立必要的规章制度，采取有效的技术措施，同步规划建设保密设施，保障网络的安全保密性，确保国家秘密安全。

系统将满足可靠性要求，能够长时间不间断运行。对关键的数据、接口和设备采取冗余设计，具有故障检测、故障服务、系统自愈合、系统恢复以及系统健康状态检查等功能；系统使用用户身份认证以及访问控制技术等多种技术对用户的各种操作和涉密文件的存取实行认证和限制，以保证系统的安全。

7、加强管理，突出实效

利用大坝安全监测这个系统，可以形成自动采集、快速查询、高效分析、准确决策和服务社会的一体化网络体系，进而提高在第一时间获取“情报信息”、第一时间采取防范措施、第一时间有效控制局势、第一时间实现精确决策的能力。

可以通过自身管理能力和市场化运作相结合开展建设，专业化维护保障运行，制度化提升运行质量。

3. 总体设计

3.1 总体结构设计

大坝安全监测系统以信息采集为基础，以通信与网络为依托，以信息数据中心为核心，以满足防灾减灾需求为主线，构建信息化综合体系，改善信息基础设施，整合信息资源，推进业务应用的按需协同，提高防治洪涝灾害决策水平，为实现决策科学化提供支撑。大坝安全监测系统总体采用“六横三纵”的层次框架结构，形成可持续改进的水务信息化综合体系，总体结构如图 3-1 所示。



图 3-1 总体框架图

3.2 技术、设计要求

3.2.1 信息采集与传输

对重要水库、大坝的结构安全监视系统，要求达到结构数据的实时收集，以提高快速反应能力，及时提供水情信息。

3.2.2 计算机网络

随着计算机技术的迅速发展，水务管理已经实现了计算机化，为进一步提高工作效率、完善质量、加强各部门之间以及同外部的信息交流与合作，建立一个完善的计算机网络系统，通过该网络，形成一个以资源共享和信息交换为核心，并能访问 Internet 的有机整体。本系统计算机网络系统应采用当今先进的三层交换技术。网络的规划与实施须从以下几个方面进行考虑。

1、光纤环网

充分利用现有及在建的网络资源，建成一个自动化配套网络形成环路的覆盖所有水库的大型水务光纤专网，实现数据传输、监控视频传输、闸门控制等综合业务。对于不能进入水务专网的个别水库，采用利用政务网的光纤链路的办法实现。

2、千兆以太网

千兆以太网是建立在以太网标准基础之上的技术。千兆以太网和大量使用的以太网与快速以太网完全兼容，并利用了原以太网标准所规定的全部技术规范，其中包括 CSMA/CD 协议、以太网帧、全双工、流量控制以及 IEEE 802.3 标准中所定义的管理对象。作为以太网的一个组成部分，千兆以太网也支持流量管理技术，它保证在以太网上的服务质量，这些技术包括 IEEE 802.1P 第二层优先级、第三层优先级的 QoS 编码位、特别服务和资源预留协议（RSVP）

三防预警应急指挥系统业务以 IP 及以太网业务为主，没有 SDH 网络基础，TDM 业务处于次要地位。从网络建设的目标来看，设计主要是提供各单位信息连接。从网络建设成本，网络维护成本，维护人员技术，投资保护看，选择万兆以太网技术来建设。

3、IP 地址规划

为了保障网络系统的安全，可靠。根据使用单位的具体需求和组织结构为原

则对整个水务城域网络地址进行有合理的规划，形成结构化、组织化。其优点在于相邻或者具有相同服务性质的主机或办公群落都在 IP 地址上也是连续的，这样在各个区块的边界路由设备上便于进行有效的路由汇总，使整个网络的结构清晰，路由信息明确，也能减小路由器中的路由表。而每个区域的地址与其他的区域地址相对独立，也便于独立的灵活管理。

3.2.3 数据中心

1. 网络布线规划

对于动态、不断演进的数据中心环境来说，更强大的网络连接是不变的需求。无论是企业或公共服务数据中心，都要尽可能保障网络基础设施能够提供可扩展带宽、冗余业务备份、灵活性、安全性并方便移动、增加和变更。为保障服务的可信赖性，数据中心必须使用高密度、方便使用与部署的高品质布线系统。

数据中心机房应当采用光纤网络布线，使企业更经济地实施数据中心应用，来进一步满足数据存储以及局域网内服务器和交换机之间的数据快速交换，便于将来网络升级换代，节省投资，避免浪费，给我们提供了一个灵活、安全、高性能价格比的布线系统。

2. 网络存储

网络存储按照存储设备与服务器的连接方式目前主要有三种形式：DAS（Direct Attached Storage，直接连接存储）、NAS（Network Attached Storage，网络附加存储）、SAN（Storage Area Network，存储区域网络）。SAN 特别适合于服务器集群、灾难恢复等大数据量传输的业务环境。SAN 是位于服务器后端，为连接服务器、磁盘阵列、磁带库等存储设备而建立的高性能网络。SAN 将各种存储设备集中起来形成一个存储网络，以便于数据的集中管理。SAN 以数据存储为中心，采用可伸缩的网络拓扑结构，通过具有高传输速率的光通道的直接连接，提供 SAN 内部任意节点之间的多路可选择的数据交换，并且将数据存储管理集中在相对独立的存储区域网内。根据深圳水务数据存储的需要，数据中心将采用 DAS 与 SAN 结合的方式。

3. 集群规划

数据中心为整个网络提供应用服务，通常这些服务包括一些关键业务（如 ERP、MRP II、HIS、PACS 等）和其他功能服务（如 WEB、FTP、MAIL、DHCP、

DNS、WINS 等)。对于关键业务和重要的功能服务采用集群技术提供冗余和负载均衡，可以有效地保证网络的高效安全运转。一个配置完善的应用服务器群，可以将应用平台与服务平台分离，降低网络管理的难度，提高网络运行效率；以最少的用户端干预，达到最高的可用性，从而降低管理成本。

集群是两台或更多台服务器（节点）在一个群组内共同提供一种或多种应用服务。与单独工作的服务器相比，集群系统能够提供更高的可用性和可扩充性，是提供高可用性和增强企业应用软件可管理性的有效途径。高可用性表现在当一台节点服务器或一个应用服务发生故障时，这台服务器上所运行的应用程序将被集群系统中其他服务器自动接管，客户端将能很快连接到新的应用服务上，最大限度地缩短服务器和应用程序的宕机时间。高可扩充性表现在集群允许在不中断服务的情况下增加处理能力或存储容量，从而提高了系统的可扩充性。企业中的关键业务应用均可采用集群系统以提供高可用性的稳定应用服务。

4. 网络管理规划

网络管理系统是网络管理员了解网络性能的一个窗口，也是评估和调整网络可用性的重要工具。网络管理可以识别关键资源、网络流量以及网络性能，还能配置设备故障的阈值、提交精确的端到端分析报告。更重要的是通过网络管理可以让企业设置可用性策略，在系统出现故障或性能下降时自动启动。

网络管理系统按使用功能可分为两种：一种是网络设备管理，主要安装网管软件、服务器管理软件、磁盘磁带机管理软件，以监视网络流量、设备运转状态等情况。另一种是网络桌面管理，对服务器或客户机提供远程管理、远程配置、远程遥控等功能，使管理人员不用离开数据中心就可以完成大部分技术支持工作。

随着数据中心的发展，对系统和网络管理提出新的要求。网络管理必须走出设备管理的圈子，提供应用性能的清晰视图，然后提供帮助用户保证应用性能的工具。此外，还将面对更好地支持移动设备、网络集成和安全管理的需求。由于数据中心的疆界可能超出了传统机房的边界，网络管理确保分布式应用和无处不在的数据存取的强大性能。数据中心的网络管理应当有效、合理的管理、协调好各种品牌的网络设备以及服务器，让设备发挥最大作用，全面实现网络功能。

3.2.4 应用支撑平台

应用支撑平台建设是一个可持续动态发展过程，与业务应用系统是相互支持、

互相促进、相互协调的关系，在各类应用系统建设过程中，应注意将一些可公用的模块及时封装成应用支撑平台可提供的服务，不断丰富应用支撑平台功能。

应用支撑平台规划建设应满足下列基本要求：

- 资源整合：大坝安全监测应用支撑平台的建设是个历史过程，对已有系统，特别是已有知识系统的保护和继承是新系统建设的重中之重，应用支撑平台应不仅能支撑新应用开发，而且能包容整合已有系统。
- 提供开发环境：应用支撑平台应该是一种构架和环境，能为不同的功能实体独立实现提供服务和支撑。
- 基于松耦合的信息共享：必须实现业务逻辑与公共服务的分离，保证信息服务的松耦合，以适应业务和环境的不断变化。
- 可伸缩的配置：应用支撑平台应根据业务的轻重进行不同级别的配置，以保证系统合理的规模和经济性。
- 个性化的服务：应用支撑平台应能为不同的使用者提供“按需”而变的个性化服务。
- 方便重构和扩展：业务、环境和技术可能会变，建立在应用支撑平台之上的各类应用系统应能很容易重构和扩展。

3.2.5 应用系统

1. 应用监测管理

大坝安全监测系统建成后，有必要运用一套应用监测管理系统来对所有业务系统进行全面的自动监测和管理，以减轻系统管理员的维护工作量，提高管理水平。

应用监测管理系统可以通过 Web 浏览器对各种应用程序进行监控，监控对象包括采集系统、Web 服务器、数据库管理系统、操作系统、网络服务等；当被监控的应用出现故障或超过监测的阈值时，会产生相应的告警，并提供故障原因的分析，帮助管理员快速进行问题定位。

应用监测管理系统可以通过电子邮件、短信等方式通知用户，也可执行外部命令对故障进行修复；通过集成的报表功能，还能方便地进行趋势分析并把握系统的能力限度。

2、实时应用监测

通过预先设置阈值，可对传感器采集子系统进行实时监测和结构安全分析。

3、应用趋势预测

应用监测管理系统为整个大坝结构安全监测业务环境提供了统一的视图，以及针对该视图的实时可见性，这些都简化了 IT 资源的管理和监视，并排除了不同管理工具维护费用超支的情况；同时可以分析被监视对象在不同时间段内的变化趋势，提供有效和可操控的报表和图表视图，有助于作出准确的决定和趋势分析。

3.2.6 标准体系

为保障系统的建设技术标准化，需要按深圳水务信息化综合体系的框架，构造相应的技术标准体系。

制定技术标准体系的基本原则是：

- 1、有相关的国家标准，则遵循国家标准，强制性国家标准优先，推荐性国家标准次之。
- 2、没有国家标准支持，但有行业标准支持的，遵循该行业标准，强制性行业标准优先，推荐性行业标准次之。
- 3、没有国家标准和行业标准支持，但 IT 业内通行标准支持的，可引用 IT 业内标准。
- 4、要遵循系统建设过程中已经形成的技术标准或规定，保证系统互联互通、资源共享。
- 5、国际、行标没有覆盖，也无 IT 业内标准支持，本系统也没有相应规定，应建立自适用的标准。

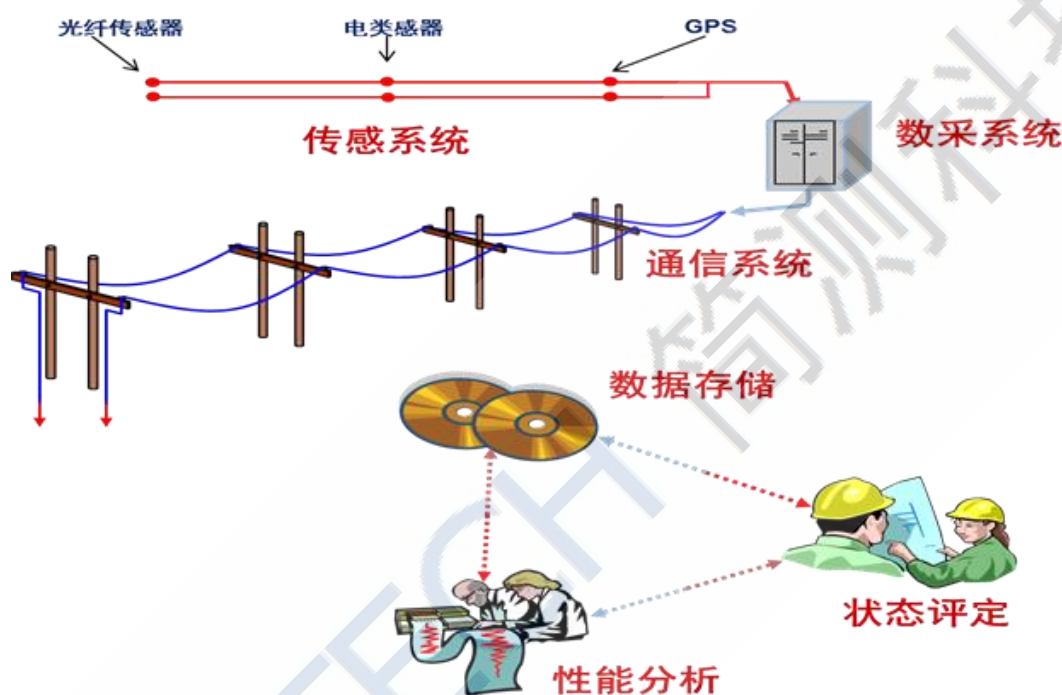
4.信息采集系统建设方案

4.1 建设目标

在水库主坝安装 1 套数字化结构变形实时监测系统。信息采集系统主要功能是采集所有大坝的安全监测信息。各采集节点的信息分别通过光缆或 4G 方式传送到数据中心。

4.2 建设内容

本项目采用分布式云数据中心端到端解决方案，将传统的分散、异构、分级的传感数据采集业务架构整合替换为物理分散、逻辑集中的分布式云数据中心架构，将不同地点、不同时期、不同规模的传感数据采集点整合为一个统一的信号“逻辑资源池”，实现统一分析、统一管理、统一监测、统一呈现。工作架构图如下：



4.3 方案可行性分析

● 基于 PAC 平台的分布式多类传感器同步采集系统

本项目采用嵌入式实时控制器和 FPGA 作为基础硬件平台，实时控制器通过 FPGA 控制数据采集 I/O 模块(电压、电流、数字 I/O 信号)和光纤光栅解调模块采集到的信号并通过运行在 FPGA 上的算法对信号进行实时“硬”分析处理，并采用 GPS 信号作为设备间的定时/同步采集触发信号，系统与上位机之间采用网络通信方式传输数据和控制命令

● 基于 LTE 技术的 4G 的无线通信传输模型

目前，数据传输采用的通信方式可分为有线方式和无线方式，其中，有线方式包括电力线载波、音频电缆、光纤通信，无线方式包括微波通信、数传电台、

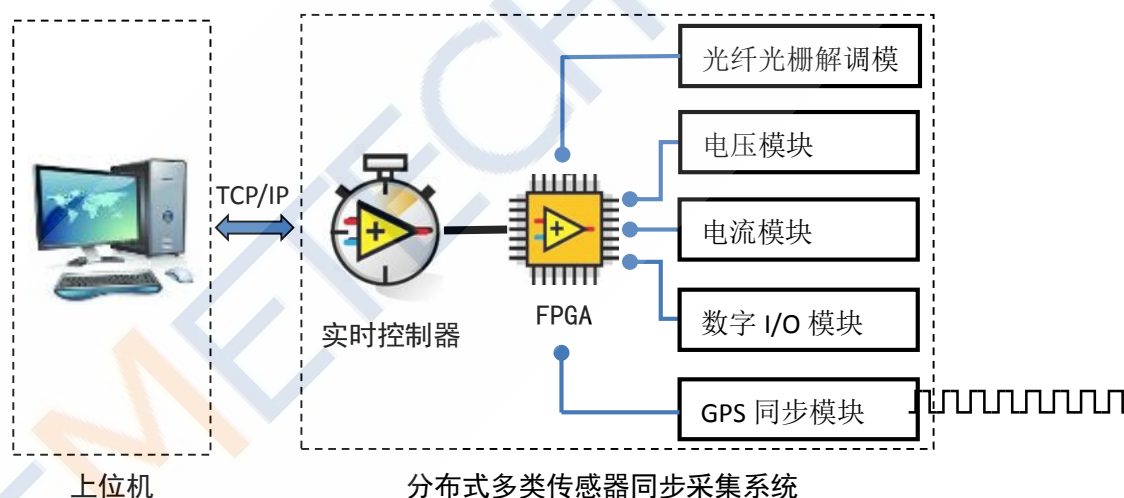
租用公网的无线通信（短信数据采集系统、GPRS 无线数据采集、CDMA 无线数据采集）等。而对于目前普遍采用的公网的无线传输方式，传输速率低、可靠性低、保密安全性差、不利于以后扩展。鉴于以上原因，在众多的通信方式中，LTE 宽带无线技术以其频带宽、传输速率高、覆盖范围广、业务支撑能力强、可靠、安全等特点，成为公认的无线通信传输技术发展趋势。非常适用于本项目中传感信号大规模、异构化、实时性、数据量大的特点。

- 基于云计算的数据监测平台

此平台为该项目提供由内到外统一的基础架构平台服务，建设基于云计算平台的新一代数据中心。基于云计算的数据中心将改变模式单一、重复建设、各自为阵的状态，消除异构化传感数据之间障碍，实时动态的监测数据，最终实现归一化管理，

4.4 方案实施

该系统工作原理图如下：



- 光纤光栅解调模块：将光纤光栅波长信号转换为电压信号，实现数据采集功能

- 电压、电流、数字 I/O 模块：分别采集传感器输出的电压、电流和数字 I/O 信号。本仪器采用 NI 公司成熟的工业数据采集 I/O 模块实现高稳定性高精度的数据采集功能；

- GPS 同步模块：通过 GPS 接收器接收 GPS 同步信号，做相应的处理

得到时钟同步信号和绝对时间戳并通过 FPGA 发送给实时控制器，详细可行性分析见 GPS 同步模块部分；

- 可编程逻辑门阵列(FPGA)：配置以及使用定时同步 while 循环读取数据采集模块，从而实现通道间同步采集功能，通过开发基于 FPGA 的实时信号滤波、频域计算和传感器信号阈值触发算法实现对传感器信号的实时分析，将采集到的数据和分析后的信号写入 FIFO 数据缓冲器中；

- 实时控制器：通过 FIFO 读取 FPGA 传输来的数据，读取并实时处理时钟同步信号和绝对时间戳以实现设备间同步采集，通过“波长显微镜”算法实时计算出光纤光栅的波长值，按照数据类型在内存中建立缓存池，实时的以“先入先出”机制将采集或分析处理后的数据通过 TCP/IP 协议发送至 PC 上位机，接收上位机命令并通过 FPGA 控制模块的数据采集参数；

- 上位机：实现人机界面的交互，显示并存储实时采样数据，通过逻辑命令控制仪器的数据采集参数。

该系统新之处主要有：

- (1) 基于波长扫描型光纤激光器的光纤光栅解调模块；
- (2) 多类传感器硬件级别的数据同步采集能力；
- (3) 基于 GPS 同步触发信号的设备间同步采集；
- (4) 基于 FPGA 的传感器信号实时“硬”分析处理算法。

该系统可以满足传感器种类多、数量大、分布广、信号测量精度、同步性要求高以及信号分析处理实时性强的需求，为结构分析提供详实准确的数据，将会极大的提高现有监测技术水平。

4.5 基于 LTE 数据高速无线传输

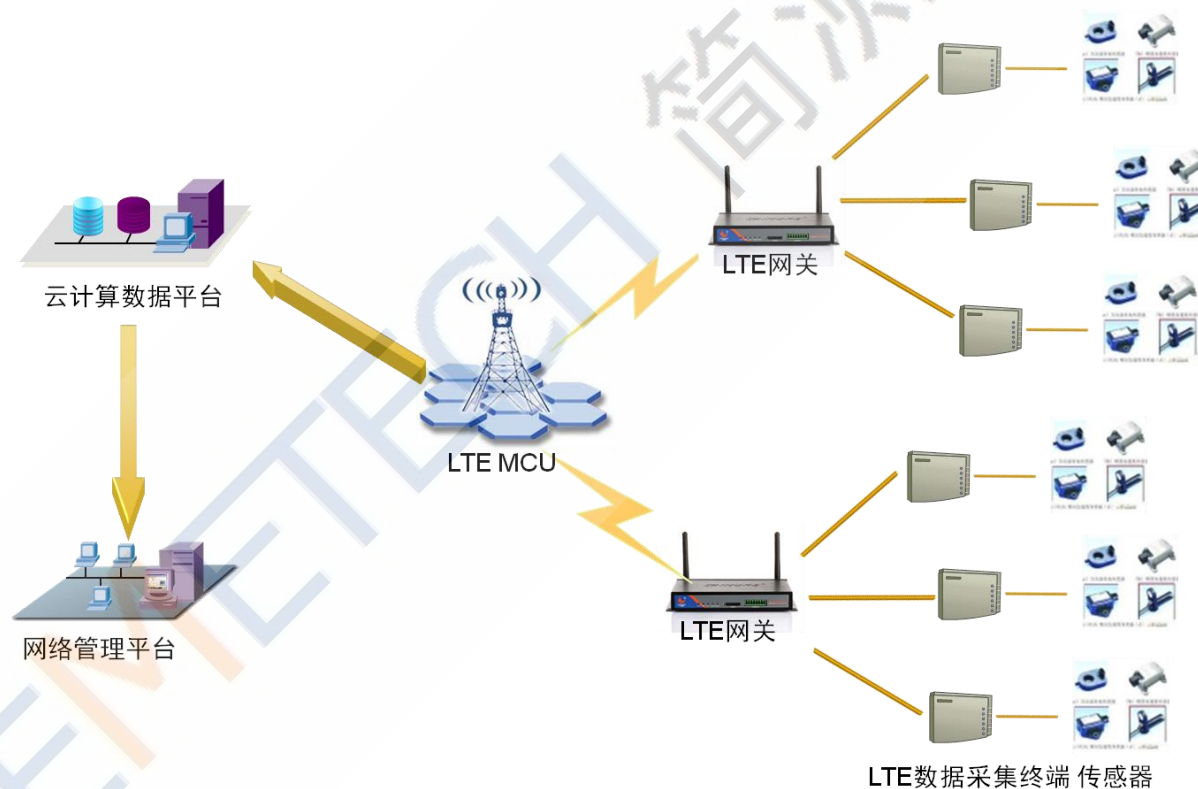
该项目应用此技术可以支持高带宽：在 20MHz 频宽和 2*2 MIMO 的条件下，最高可支持下行 100Mbps，上行 50Mbps 的数据速率。由于高带宽，可以用一张网络同时支持专业的数据采集业务，实时信号传输，远程数据采集和宽带数据接入，实现防灾减灾，助力生产安全。主要有以下特点：

- 大容量：配用设施中的传感器终端分布较广且数量巨大，大量的数据采集对网络容量需求巨大。LTE 的大容量特点能够满足安全监测的需

求，并且，随着 LTE 技术的不断演进，未来网络传输升级潜力巨大，速率可达到 1Gbps。

- 高安全性：安全监测都有高度安全需求，LTE 是多种技术融合演进的结果，在继承已有技术安全性的特点外，还在设备自恢复、业务 QoS 自保障、网络及业务层面数据加密鉴权方面得到了提升，能够满足化工设施安全监测的要求。
- 业务灵活性：化工设施安全监测以控制计量点、数据采集为主，这些业务有上行带宽高、终端位置固定等特点。LTE 具备上行业务带宽可调、低时延、系统扁平化设计的特点，并且对传感节点分等级进行保障。

工作原理图如下：

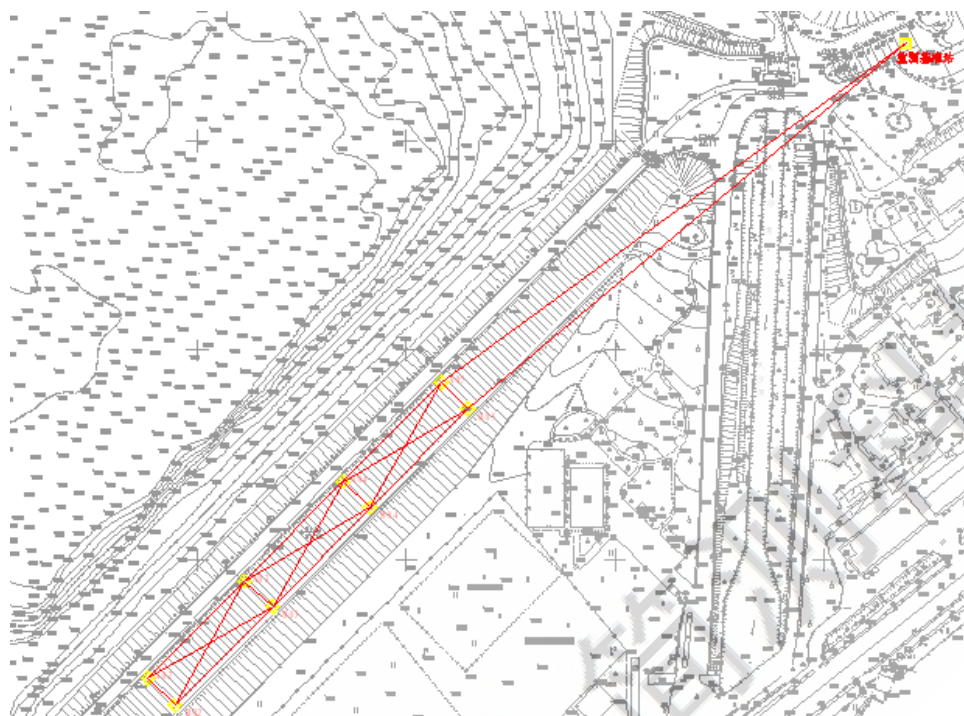


4.6 监测系统布置

本监测系统在监测点均预先布置好传感采集网络和供电设备。

1. 监测点

监测点布置在主坝和溢洪闸，用于采集各监测点的实时观测数据。监测网形图如下：



需要的仪器设备包括：光纤光栅解调仪、LTE 无线收发设备、传感器、仪器柜、信号避雷器等。

2. 控制中心

控制中心布设于水库管理处，用于接收、存储、处理和分析监测数据。控制中心需要的设备包括：计算机、信息采集与处理软件。

计算机主要用于搭载信息采集与处理软件，其主要技术指标应满足以下要求：

- CPU 速度大于 2.0GHz
- 至少 2 GB 内存
- 1TB 硬盘
- 19 英寸液晶显示器
- DVD 光驱
- 网络接口
- RS232 串口×2
- USB 2.0×2
- Windows 操作系统

信息采集与处理软件具备的基本功能如下：

- 基于 Windows 平台运行，采用 C/S 架构和 B/S 架构相结合的方式开发，局域网内用户访问基于 C/S，局域网外用户访问基于 B/S；
- 具有可视化、图文并茂的用户界面，可方便地修改系统设置、设备参数及运行方式；
- 在线监测、离线分析、人工输入、数据库管理、数据备份、图表报表制作和信息查询发布；
- 系统管理、安全保密、运行日志、故障日志记录等；
- 系统具备可扩展性，能支持增加测站。
- 信息采集与处理软件分为数据采集模块、数据解算模块和数据维护管理模块。

数据采集模块用于采集各节点数据，应具备的技术指标如下：

- 对基准站和监测站接收机进行远程控制，修改 GNSS 接收机运行模式，设置采样率、卫星、截止高度角等采集参数；
- 每 15 分钟定时下载 30s 采样间隔的 GNSS 观测数据；
- 定时自动采集 GNSS 接收机工作状态信息，生成日志文件，在接收机工作状态异常时发出告警；
- 将采集的观测数据解码，生成 RINEX 格式文件；
- 支持 50 个以上监测站数据的实时传输；
- 具有人工数据采集接口，可输入人工采集数据。

数据解算模块用于 GNSS 高精度基线解算，解算各监测点三维坐标，计算各监测点变形量。模块应具备的技术指标如下：

- 分析监测数据，自动探测和剔除错误数据；
- 采用双差的数据处理策略，自动进行高精度基线解算；
- 具备消除卫星钟差，接收机钟误差以及削弱与距离相关的轨道误差、对流层、电离层误差等误差的功能；
- 具备 4 小时精密解和 5 分钟快速解两种工作模式；
- 保证 4 小时精密解水平变形监测精度优于 3mm；
- 自动分析数据、计算变形量；
- 采用预报模型对变形趋势进行预测；
- 在监测数据超出预警时，以短信、邮件的形式自动发出预警。

数据维护管理模块应具备的技术指标如下：

- 按照观测日期、观测数据类型分类存储 GNSS 观测数据；
- 数据自动备份；
- 定期整理存储在硬盘上的 GNSS 观测数据文件；
- 具备用户管理模块，保障数据安全；
- 具备远程登录、查询功能。

4.7 安全监测中心

本项目监测中心负责结构安全监测系统的数据接收、处理、整编、入库服务。

监测中心由计算机网络和信息采集系统组成。计算机网络为数据的接收、处理、加工、信息的交换与服务提供平台；数据采集系统全面负责系统的数据接收处理以及系统的运行控制管理。系统由信息采集软件、数据库、两台服务器和一台 VPN 网关组成。数据库采用政府免费提供的 SQLSERVER 数据库。为保证系统稳定，两台服务器互为双机热备。

1. 监测数据接收功能

通过光纤、LTE、WLAN 等通信信道实时接收采集数据、监测报警等各种数据信息。

2. 监测数据处理功能

（1）对接收的信息进行合理性检查分析、排错、标识，把合理的数据分类整理处理后以统一的格式存入用户指定的标准数据库（SQL SEVER 和 ORACLE）中，不合理的数据可以人工更正后再入库；

（2）自动检查数据帧格式，对数据进行合理性判断；

（3）完成相关的数据处理工作，包括：原始接收数据的处理、时段数据的自动生成等工作；

实时数据存储及入库转发功能

（1）具有将监测数据和解析合成后的监测设备运行状态等信息存储到前台计算机的监测数据库中的功能，并实现自动转发，可根据用户需求实现群发功能；

(2) 具有将统计实时监测数据转存到后台数据库服务器上的水文数据库表中的功能；数据库按照国家水利行业标准《实时水雨情数据库表结构与标识符》（SL323-2011）进行设计。

3. 图形展示功能

在地图上标识各个大坝监测点的实时数据，地图可以分片区进行展示。

4. 监测状态管理功能

(1) 具有随机查看功能，可通过建立的通信信道（光纤、LTE、WLAN）查询测站的数据信息；

(2) 能记录每次巡测/召测/实时接收的指令和信息，对每条信息都标上其发生时刻标识，把这些跟踪遥测系统运行轨迹的信息存入遥测系统运行档案数据库。然后对接收回来的数据信息进行合理性检查分析、排错、标识，把合理的数据分类整理并存入相应的数据库中。另外，把电源报警、设备故障等各种数据信息存入遥测系统运行档案数据库；

(3) 远程编程功能。可在监测中心对测站进行远程编程，设置参数，改变运行状态等；

(4) 当接收到测站的告警信息时，将记录告警时间、告警信息、告警站名，并通过屏幕上专门的图形化窗口顺序列出告警信息；

(5) 能查询、显示、打印各种监测数据和统计报表、图表分析；

(6) 能查询、显示各个采集点的状态；

(7) 能查询、显示各个采集点实时接收数据；

(8) 查询显示采集点基本参数和配置；

(9) 监测数据库数据查询及维护功能；

(16) 将实时接收的最新数据发送到后台数据库中；

(17) 随时或定期自动进行监测数据资料的备份；

(18) 当数据库被破坏时，具有数据库自动恢复功能；

(19) 能对监测数据库中的数据进行修改、删除、插入等维护，并能根据维护后的数据自动更正有关统计数据 and 后台数据库中相应的统计数据。

4.8 技术要求

4.8.1 设备要求

4.8.1.1 概述

在详细施工设计时，本着定型定功能，不确定厂家的原则进行设备配置。投标人选用的主要设备均应经过国家授权质检机构的技术鉴定，并符合有关国家标准或行业标准的要求。对实施工业产品生产许可证的产品，应优先选用已取得生产许可证企业的产品；对实施市场准入管理制度的产品，应优先选用取得市场准入资格的产品；选用国外设备时，应认真核实生产方的资质水平，产品在国内外应用的情况，并经专门检测机构检测通过后，方可选用；对于为系统配套而选用的新型产品，必须通过行业管理部门的鉴定，并经过试用考核后，方能使用。

在投标人中标后，投标所选用的设备的技术参数不满足招标技术要求，建设单位有权利提出更换，产生的费用由投标人承担。

1. 一般要求

(1) 所有设备的设计和制造均应符合 ISO 和 IEC 标准，均用国际单位制(SI)度量所有的产品。

(2) 设备的金属构件表面除了加工装配面和电镀表面外，都应进行防锈和喷涂处理。在装配前，对封闭结构的内表面也有必要喷涂或进行防锈处理，处理质量应符合相关标准。

(3) 相同规格的设备及接口应具有互换性。

(4) 投标的全部设备经过检验，具有有效的试验报告和合格证。检测的内容按国家有关标准执行。

2. 基本性能

(1) 系统及设备是可靠的，能适应连续 24 小时不间断地稳定的运行；设备设计便于安装、操作和维护；系统应选用耗能少、防尘、防震、防潮、防高温等的设备和材料。

(2) 敷设缆线、管材要采用阻燃、低烟、防蚀的产品；并注意防水、防鼠害和防腐蚀；

(3) 系统应具备集中监控功能,实时、详细地反映系统内部各设备的状态。既要满足本工程的需求,又要适应其他系统引入可扩展的需要。扩展时应做到不影响已有设备的运行,硬件增加较少、软件基本不变;系统之间的接口尽量简单;

(4) 系统应具备包括屏蔽、滤波或者其他器材或技术可抑制自我产生的电磁辐射应不超过可以接受的向外辐射电平。本系统不受其他系统产生的电磁辐射的影响。

本章描述本次招标设备的技术规格说明。这些技术规格是本项目所需设备的最低配置要求,投标人必须提供充分的书面说明(原厂商产品技术规格的彩页或黑白页)或其它相关证明文件,证明其性能指标满足要求。

3. 设备选型要求

对设计设备及环境的基本要求:

(1) 除技术规格说明书特别注明外,所有设备包括电气设备和机械配件都能于下列的环境条件下进行测试工作及正常操作。

夏季 50 度摄氏(干球温度)

冬季-20 度摄氏(干球温度)

(2) 按技术规格说明书要求,部分设备需在更恶劣的环境条件下作正常性运作,而所有设备有可能需要在较高温度和湿度的恶劣环境条件下作短暂性的操作。

(3) 按当地环保局条例的要求,所有设备必须为低噪音和高效率型,并符合当地环保局及下列噪音管制的要求。

白天(上午七时至晚上九时) 不大于 60 分贝

早晚(上午六时及晚上十时) 不大于 55 分贝

深夜(晚上十一时至翌日上午五时) 不大于 50 分贝

机间内 不大于 75 分贝

4.8.1.2 主要设备性能指标

1. 光纤光栅表面安装式应变传感器

主要用于测试各种混凝土结构的应变。现场安装时先将底座固定在混凝土表面,然后通过螺母将传感器方便地固定在底座上,也可以采用焊接的方式实现对

大型钢结构表面的测试，既可以进行长期监测，又可以在短期监测完成后重复使用。

光纤光栅应变传感器采用了非胶封装工艺，与同类产品相比，具有精度高，灵敏度高，寿命长等优点，可与其他类型的光纤光栅传感器组成全光监测网。

- 标准量程： $\pm 1500 \mu \varepsilon$
- 测量精度：1‰ F.S.
- 分辨率： $0.1 \mu \varepsilon$
- 波长范围：1510nm~1590nm
- 尺寸：外径 5mm，测量标距 20mm
- 连接方式：FC/APC 或熔接
- 安装方式：打孔安装或焊接
- 使用温度： $-30^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$



光纤光栅应变传感器

2. 光纤光栅温度传感器

光纤光栅温度传感器具有表面式、埋入式、浸入式等多种封装结构，可以广泛应用于桥梁、大坝、油罐、输油输气管道、隧道、粮库、厂房、海洋石油平台等大型结构及建筑、医药、化工、电力、军工、航空航天、消防、矿业等领域大型设施或设备的准分布式精确测温。

光纤光栅温度传感器具有测温精度高、响应快、防护能力强等优点，可与其他类型的光纤光栅传感器组成全光监测网。

- 标准量程：-30 °C ~ 180 °C
- 测量精度：±0.1 °C
- 分辨率：±0.1 °C
- 波长范围：1510nm ~ 1590nm
- 尺寸：Φ4×88mm
- 连接方式：FC/APC 或熔接
- 安装方式：表面安装或直埋
- 使用温度：-30 °C ~ 180 °C



3. 光纤光栅温度自补偿型应变传感器

- 标准量程：±2000 $\mu\epsilon$
- 分辨率：1 $\mu\epsilon$
- 波长范围：1510nm ~ 1590nm
- 尺寸：Φ4×88mm
- 连接方式：FC/APC 或熔接
- 安装方式：表面安装或直埋
- 使用温度：-30 °C ~ 180 °C

JEMETECH 简测科技



4. 光纤光栅位移传感器

拉线式位移传感器主要用于测试各种结构间的较大相对位移。安装时将传感器和拉绳分别固定在移动物体和参考物体上。

光纤光栅位移计具有高灵敏度，量程大，温度自补偿，兼有测温功能，可作实时监控，可与其他类型的光纤光栅传感器组成全光监测网。

- 标准量程：0 - 50mm
- 测量精度：5‰ F.S.
- 分辨率：1 mm
- 波长范围：1510nm~1590nm
- 尺寸：221.5×103×30 mm
- 连接方式：FC/APC 或熔接
- 温度补偿形式：自补偿
- 使用温度：-30℃~85℃



5. 光纤光栅解调仪

采用深圳市简测科技有限公司的 JEME-iFBG-S15 光纤光栅解调仪，基于嵌入式硬件平台和实时操作系统的多通道光纤光栅同步解调仪，采用波长扫描型光纤激光器作为光源，具有多路同步采集及单光路 20dB 信号增益能力。2Hz 采样频率可以测量低速变化的温度、应变等物理参数。每个光学通道具有 80nm 波长范围（1510~1590nm），选用光通信行业标准波段器件，符合光通信国际标准，与主流光纤光栅传感器厂家的产品有通用性；

本仪表需与计算机配套使用；

适用于隧道、桥梁等大型公共工程结构的工程检测，尤其是长期健康监测。

应该具备如下指标：

■ 光纤光栅解调部分：

- ★ 15 路同步采集，大功率波长扫描型激光光源
- ★ 单通道 20dB 信号增益
- ★ 动态范围：50dB
- ★ 光纤光栅反射光功率可达-5dBm
- ★ 80nm 波长解调带宽
- ★ 内置绝对波长参考，不需要外部波长校准
- ★ 支持冗余备份通道

■ 硬软件系统部分：

- ★ 以太网接口，系统支持远程工作方式
- ★ 内嵌 VxWorks 实时操作系统提供工业级的系统稳定性能
- ★ 内嵌资源丰富的 FPGA 硬件逻辑芯片
- ★ 可定制的信号实时处理功能
- ★ 低功耗，可支持移动电源

★ 指标

光纤光栅测量指标	
光路数量	15
波长范围	1510~1590nm
精度	1pm

稳定性	±2pm
光源	波长扫描型光纤激光器
光纤光栅反射光功率	-5dBm(Max)
动态范围	50dB
弱信号增益	20dB
扫描频率	2Hz
通道间同步采集	是
光学接头	FC/APC
光谱功能	全光谱
数据/软件特性	
板载硬/软件输出信号	全光谱或峰值信号
远程软件	系统远程控制软件和数据远程监测软件
源代码	支持基于 LabVIEW 的源代码
电气特性	
电源供应	+ 19~30VDC
数据传输接口	以太网
功率	20W 典型
机械特性	
工作温度	-20~55°C



6. 电类传感器综合采集仪

采用简测科技的电类传感器数据采集仪，型号为 JEME-eDAQ-32U，是一台基于嵌入式硬件平台和实时操作系统的分布式多类传感器同步采集仪器。能够实现多类传感器(电压、电流、电桥、IEPE)的同步采集，具备信号实时处理分析功能以及多线程运行的模块化、规范化的软件平台，可以满足结构健康监测的传感器数量多，分布广，信号测量精度高，同步性要求高，信号分析处理实时性强的需求。

能够广泛用于用于测量基于电压、电流、桥式电路、IEPE(压电)等类型的传感器信号，最高支持 32 通道的同步采集。高精度的 A/D 数据采集卡提供精准可靠的测量结果来满足测试测量需求。

特点

■ 电类传感采集部分：

- ★ 32 通道高速同步采集
- ★ 支持多种类型信号(IEPE、电压、电流、桥路、数字 I/O)
- ★ 16 位数据采集分辨率
- ★ 与光纤光栅解调仪可同步解调

■ 硬软件系统部分：

- ★ 以太网接口，系统支持远程工作方式
- ★ 内嵌 VxWorks 实时操作系统提供工业级的系统稳定性能
- ★ 内嵌资源丰富的 FPGA 硬件逻辑芯片
- ★ 可定制的信号实时处理功能
- ★ 低功耗，可支持移动电源

指标

电类传感测量指标	
单机最大通道数	32、48 可选
支持输入信号类型	IEPE、电压、电流、桥路
低通滤波器	50Hz
单通道最高采样率	100KS/s
同步差分采集	是

分辨率	16bits
共模抑制比	85dB @ 0dB gain, 60Hz
通道间串扰	-100dB @ 0dB gain, 1kHz
电气特性	
电源供应	+ 19~30VDC
数据传输接口	以太网
功率	20W 典型
机械特性	
工作温度	-20~55℃





(2) 网络设备及要求

路由器类型	企业级路由器
-------	--------

传输速率	10/100M
支持协议	PPPoE, DHCP, DHCP, NAPT, NTP, DDNS
网络接口	2 个以上
VPN 支持	支持
网络管理	基于 Web 的用户管理接口（远程管理/本地管理）HTTPS 远程管理
处理器	MIPS 64 位 网络处理器 500MHz
产品内存	内存：64MB DDRII；FLASH 内存：8MB
产品认证	CE ClassA, CCC

4.8.2 施工要求

本项目设备安装及土建施工应按设计图纸施工，中标人经过勘察现场后，可对图纸设计的安装方案提出意见和建议，提出的方案须更为科学合理或更有利于系统运行，且不增加相关工程量及造价。新的方案须由建设单位、设计单位、监理单位签字认可后才能实施。

4.8.2.1 传感信号采集点施工要求

施工阶段传感器布设

(1) 应变传感器

本项目中所使用的应变传感器布设方式分为表面式与埋入式，表面式应变传感器的布设方式主要有粘贴式与焊接式。粘贴式布设主要针对桥梁结构钢构件。利用优质粘结剂将应变传感器粘贴到测点表面。首先需将测点处位置利用角磨机砂轮片进行初次打磨，将测点表层防腐层清除掉，然后利用砂纸片进行打磨，最后用细砂纸沿某一固定方向将测点表面细腻抛光。利用脱脂棉蘸丙酮将测点表面清洗干净。利用高性能粘结剂粘贴传感器之后，需在传感器表面附近设置防腐层保护好传感器与附近经打磨测点表面。防腐层采用多层环氧树脂类胶以及玻璃胶。焊接式布设的前几个步骤与粘贴式相同，只是在被测物表面处理完成之后，采用点焊或氩弧焊初步固定传感器的位置，然后再采用点焊或氩弧焊将传感器在标距位置处焊透。特别注意：焊接时间必须很好把握，否则将严重损害传感器。通常而言，焊接时间低于 3 秒，迅速采用沾水脱脂棉或海绵降低温度。焊接结束的 5 小时内，根据结构表面的颜色特征，采用油漆将传感器进行喷涂。如条件允许，可采用“环氧树脂+玻璃布”进行传感器二次固定和保护。对于混凝土结构表面，预先在混凝土表面钻孔，埋入膨胀螺栓。然后，采用钢结构的焊接工艺方法布设传感器。

埋入式应变传感器布设工艺如下：在混凝土结构钢筋笼施工完毕后，将应变传感器应用铁丝架准确固定在截面测点处。一般情况下将传感器固定在截面测点附近的受力钢筋上，以确保传感器在混凝土浇注过程中保持预定位置。

(2) 加速度传感器

为保证加速度传感器能够承受恶劣的野外环境，针对加速度传感器采用如下布设方法，具体为：首先将传感器与索的接触的表面清洁平滑，使其不平度小于 0.01mm，安装螺孔轴线与测试方向一致，某些安装表面较粗糙需在接触面上涂些清洁的硅脂以改善耦合；传感器安装时采用螺钉安装和胶粘剂两种手段固定传感器，安装螺钉可将加速度传感器和准备套在索上的钢套箍固定，螺钉为 M5 安装螺钉，安装力矩为 20Kgf.cm。另外，加速度传感器和钢套箍之间还可以用 J-39 胶粘剂粘，粘结工艺按胶接工艺清洗胶接面，对大加速度的测量需计算胶接强度，最后钢套箍可直接通过螺丝包裹固定在斜拉索上，所有螺丝均涂有胶粘剂以防松动和腐蚀。针对坝体加速度传感器布设采用如下布设方法，加速度传感器外部采用全密封钢盒结构，可防水及其他腐蚀。该封装结构可以重新开启，以方便监测系统运营过程中的传感器检修。

(3) 其他种类传感器布设

风速仪、空气湿度传感器等传感器的施工现场布设，应根据各自监测要求与性能特点采取防护措施。利用钢箱对传感器进行防潮、防水与防撞击保护，以确保传感器正常工作。

3.2 传感器编号

桥梁传感网络包括众多类型的传感器。需根据传感器布设方案按照一定规则为每一传感器指定唯一编号。采用下述格式对传感器进行编号。

传感器编号=传感器类型编号+可测方向编号+监测截面编号+测点编号

应制作耐久性好，可防潮的传感器编号标签。确保在恶劣环境下，不会产生编号标签模糊的情况。通常应用碳素墨水笔书写标签，采用透明胶带制作防水即可满足要求。但是大量实践经验表明，由于大桥恶劣的施工条件会导致传感器信号线成束切断，这样会导致传感器位置信息大量丢失。为防止此极端情况发生，可以在制作传感器编号标签同时，纪录该传感器信号线的长度编号范围。该编号

为信号线出厂时按每隔 1 米，标识在最外保护层的连续编号。这样即使信号线标签全部损坏，通过长度编号范围同样可以分辨出传感器编号，进行补救。

3.3 施工阶段传感网络保护

桥梁施工阶段需在每一监测截面设置信号线续接点。续结点布设在桥梁检修道位置处。在竣工阶段传感网络集成前，截面内传感器信号线在信号线续接点保护放置。截面布设的传感信号线长度不要过长，长度够引入信号线续接点后冗余 1.5m 即可。混凝土构件传感网络保护比钢构件复杂，下面只针对混凝土构件传感网络保护进行阐述，钢构件相关工作基本一致。

施工阶段传感网络保护任务是将传感器精确埋设到预定监测位置以及混凝土构件浇注完毕后，确保构件内传感器与信号线完好，将信号损耗控制在最小范围内。将引出信号线集中放置在信号线续结点进行可靠保护。该阶段信号线保护工作可以划分为两部分。

(1) 被浇注于混凝土构件中的信号线保护。采取以下保护措施：将截面内各测点信号线集束后，紧贴构造钢筋下部固定。这样可以避免人员的踩踏与浇注混凝土的冲击；在信号线容易产生锐弯曲的部分，额外搭接辅助钩筋以达到固定效果；在信号线混凝土构件引出段，预埋 7~12cm 直径钢管。在钢管下端口处做好防漏浆处理，避免砂浆上涌致使管内信号线粘连；提高施工方现场人员的认识。

(2) 混凝土构件中引出的信号线保护。在预埋钢管附近设置预埋件，待混凝土浇注完毕后在钢管外部采取木盒保护；利用铁丝可以将木盒固定于预埋件上。1.5m 冗余信号线放置在钢管内部。钢管上端口要严格密封。这样防止万一木盒破坏，钢管内 1.5 米信号线仍然能够满足防护要求。木盒与钢管即为信号线续接点保护结构。当信号线引入续接点后，在混凝土浇注前，应利用传感器采集装置对各传感器信号进行检测，对不合格传感器进行及时补救。

3.4 竣工阶段传感网络集成

竣工阶段传感网络集成任务是在桥梁竣工阶段将各截面信号线续接点内信号经信号线集中引入位于子监测系统的监控室内。传感网络所有出现的信号线接头采用焊接方式连接，以保证信号传输质量。具体措施如下：

利用耐久性好的铁盒预埋在信号线续接点处，在该处进行信号线续接的焊接操作。确保每个焊接点质量合格。在铁盒内做好焊接点保护。预埋铁盒可以在桥梁运营阶段较为方便打开，有利于日后传感网络检修与维护。预埋铁盒与中控室之间传输段采用铠装信号线，外部用钢线桥盒进行保护。

4.8.2.2 电缆管施工要求

电缆管施工包括传感器进设备房的保护管、摄像机就近取电电源线保护管等。

1. 若电缆管道铺设方向改变，则应保证管道中的电缆至少 800mm 的转弯半径。进入拉线坑的管道应与拉线在相同的水平面上。

2. 采用螺纹镀锌窝接接头和麻油布接合或其它经建设单位同意的等同方式对钢制电缆管道进行接合，以使结合的电缆管道彼此约束；螺纹要刷涂两层沥青漆。去除管道内部的突起和毛刺，以使接合处保持平滑。

3. 地面安装的电缆管道应用镀锌钢制管夹或与地面距离不超过 3m 的托架予以支撑固定。

4. 全部电缆管道上应附带塑料识别标签，以使其与其它地下设施区分开来。

5. 管道连接完毕后，对电缆管道系统中裸露的金属部分应刷涂两层铬化锌底漆及两层镀锌漆。

6. 地面安装的镀锌钢制电缆管道在安装和连接后应予以清扫和喷漆。

7. 管道连接后，应用圆柱形刷对管道内部加以清扫。管道的端头(包括拉线坑内的管道和备用管道)应用楔形硬木塞堵予以封堵，以防止水、水雾及其它有害物质进入系统内，并安装直径为 6mm 的尼龙拉线。木塞堵中心打孔以使拉线穿过，塞堵外的拉线应打结，每个塞堵处的拉线应至少留出 1500mm 的剩余量。

4.8.2.3 立杆施工要求

立杆包括河道雷达式水位计立杆和摄像机立杆。具体施工见图纸，要求如下：

1. 焊接要求符合国标 GBJ205-83 规程，所有焊缝要求平整、表面光洁、美观。

2. 杆体加工后进行热镀锌处理，杆体表面喷涂户外耐候涂料。

3. 达到足够的机械强度，满足抗风 10 级、抗阵风 12 级、防震。

4. 设计风阻：35m/s。
5. 杆体均需接地，接地电阻不大于 4 欧姆，且设置避雷针。
6. 连接板必须与传感器或摄像机规格配套。

4.8.2.4 人（手）井的建造

人（手）井深度必须符合规定。

井内墙面必须平整、美观。

人（手）井外形偏差小于 $\pm 20\text{mm}$ ，厚度偏差不得大于 $\pm 10\text{mm}$ 。

井框（盖）安装必须水平、方向正确。

井内抹面必须平整、压光、不空鼓、不歪斜。

4.8.2.5 取电要求

本系统取电指视频监控系统取电。

供电采用分散供电方式、就近取电原则。

监控点的取电，以就近的原则选取市政电源，须配单独的开关及电表，及从取电处引至监控点的线路铺设。**取电费用列入报价清单。**

根据本项目现场采用就近取电供电方式。就近取电供电时，充分考虑传输线路对电能的损耗及安全。当电源供电点较远时，适当选择输出功率较大的设备并适当提高输出电压，以承载线路压降，使摄像机获得足够的电力驱动。对室外摄像机供电时考虑在最恶劣环境下摄像机所需的最大供电功率。

4.8.2.6 土方工程

进场施工人员必须熟悉施工图纸和工程要求，清楚工作位置及方向，分区段把手井位置确定下来。

如有涉及市政道路开挖，中标单位必须与有关部门沟通，弄清地下有无煤气、自来水、市电与电话管线。避免造成煤气、供水事故、触电事故发生。动工前必须向工人报告清楚才能动工试挖，确定无误后才能正式动工。堆置土不得压埋消防栓、煤气等检查口，堆土范围必须符合市政、环保等部门要求。

埋线管道规格为深 80cm*宽 30cm。

回填土时必须分层务实。

余土一定要运走，不得随意倾倒。做到不掉、不弃、不漏。

管道沟的深度应符合规定，沟底应平整无碎石、石质、半石质，沟底应铺 10cm 的细土或沙土，然后放置保护管。

4.8.2.7 缆敷设要求

一、开挖缆沟

1、路由复测：缆沟开挖前，现场监理员应依据批准的施工图设计重点做好如下工作：

- (1) 核定光缆路由的具体走向、敷设方式、环境条件及接头的具体地点，是否符合施工图设计；
- (2) 核定地面距离和中继段长度；
- (3) 核定光缆穿越障碍物需要采取防护措施地段的具体位路和措施；
- (4) 核定光缆沟坎、护坎、护坡、堵塞等光缆保护的地点、地段和数量；
- (5) 光缆与其他设施、树木、建筑物及地下管线等最小距离要符合验收技术标准；
- (6) 光缆的路由走向、敷设位路及接续点应保证安全可靠，便于施工、维护。由于客观情况的影响确需变更设计时，路由变更小于 1.0km，可由施工单位、随工验收单位和工程建设监理单位现场确定，作好记录，并以书面形式报告建设单位备查。路由变更大于 1.0km 时，报告建设单位，请设计单位处理；

2、开挖缆沟：

- (1) 开挖缆沟前，施工单位应依据批准的施工图设计，沿路由撒放灰线，直线段灰线撒放应顺直，不应有蛇形弯或脱节现象；
- (2) 缆沟沟深符合如下标准：
 - A：普通土、硬土、经过市郊、村镇、沟、渠、水塘及穿越铁路（距路面基底） ≥ 1.2 米；
 - B：砂砾土、软石 ≥ 1.0 米；
 - C：坚石、流砂、市区人行道、公路路肩 ≥ 0.8 米；

D: 公路边沟, 石质 (坚石、软石) $\geq$ 边沟设计深度以下 0.4 米, 其它土质 $\geq$ 边沟设计深度以下 0.8 米;

(3) 缆沟沟底应平整无碎石, 石质、半石质沟底应铺 10 厘米厚的细土或沙土。(对于垫有砂土的石质光缆沟、可将沟深视作光缆的埋深)。

(4) 缆沟沟底宽为 30 厘米。

二、敷设直埋光缆

1、光缆配盘:

(1) 光缆配盘施工单位应根据复测路由计算出光缆敷设的总长度及光纤全程传输质量要求, 选配单盘光缆;

(2) 光缆应尽量做到整盘敷设, 以减少中间接头。水线、防蚁、加强型光缆优先配盘;

(3) 靠设备侧的第 1、2 段光缆的长度应大于 1.0 公里;

(4) 应尽量将低损耗的光缆配路在 80 公里以上的大长度中继段内;

(5) 管道光缆接头应避开交通道口, 管道光缆与直埋光缆相接, 其接头必须设在人孔内, 一个人孔内只能安装两个接头, 直埋光缆可以进入管道, 但管道光缆不能用于直埋;

(6) 直埋光缆接头应尽可能安排在地势平坦和地质稳固地点, 光缆接头应避开水塘、河流、河渠及道路等, 沿路肩敷设, 接头设路手孔;

(7) 不同规格程式光缆的配盘要求如下:

A: 阻然光缆: 按设计配路 (一般在机站内或局内使用)。

B: 普通直埋光缆 (I 型): 用于野外一般地段 (包括较小河、渠) 及介于直埋中间的桥上;

C: 加强型光缆 (H 型): 用于坡度超过 30 度, 距离较长的山坡, 采用 S 型敷设或其它保护措施有困难的较长地段或沼泽、流沙等不稳定的直埋地段及河床有冲刷、岸滩稳定性较差的较小河地段敷设;

D: 直埋防蚁光缆: 用于长期白蚁活动猖獗、危害严重的野外地段敷设;

E: 加强型防蚁光缆: 用于山地爬坡、防蚁地段敷设;

F: 水底光缆: 用于有冲刷河床、岸滩稳定性较差的一般河流地段敷设;

以上特种光缆可代替普通光缆, 高强度光缆可代替低强度光缆, 直埋光缆可

代替管道光缆。

(8) 光缆端别的确定：正常情况下：（东向、北向）为 A 端，（南向、西向）为 B 端；

(9) 光缆端盘结果应填入“中继段光缆配盘表”，同时应按配盘表在选用的光缆盘上标明该盘光缆所在的中继段别及光缆配盘编号。

2、敷设光缆一般规定：

(1) 布放光缆时，光缆必须由绕盘上方放出，保持松弛孤型。严禁打小圈、浪涌、背扣等现象发生；

(2) 布放光缆，必须严密组织并有专人指挥，有良好的联系手段，禁止未经训练的人员上岗和无联系工具的情况下作业；

(3) 光缆布放完毕，光缆端头应做密封防潮处理，不得浸水。

(4) 光缆的弯曲半径应小少于光缆外径的 15 倍，施工过程中不应小于 20 倍。

(5) 机械牵引时，进度调节范围应在 0-20 米/分、调节方式应为无级调速，并具有自动停机性能，牵引时应根据牵引长度，地形条件牵引张力等因素选用集中牵引，中间辅助牵引、分散牵引等方式。

3、直埋光缆的敷设：

(1) 同沟敷设光缆排列顺序，应符合设计要求，布放顺直，严禁交叉重叠；

(2) 直埋光缆采用人工抬放，人工抬放时光缆不应出现小于规定曲率半径的弯曲（光缆的弯曲半径应不小于光缆外径的 20 倍），不允许光缆拖地敷放和牵拉过紧；

(3) 直埋光缆布放时必须清沟，沟内有水时应排净，光缆必须放于沟底，不得腾空和拱起；

(4) 直埋光缆敷设在坡度大于 30 度，坡长大于 30 米的斜坡上时，宜采用“S”形敷设或按设计要求的措施处理；

(5) 直埋光缆在布放过程中或布放后，应及时检查光缆的排列顺序，如有交叉重叠要立即理顺，当光缆穿越各种预埋的保护管时，尤应注意排列顺序，要随时检查光缆外皮，如有破损，应立即通知施工方予以复修，敷设后应检查每盘光缆护层对地绝缘

电阻应符合要求，否则应进行更换；

(6) 直埋光缆接头处，在接头坑内，每侧预留长度为 12 米。

4、直埋光缆基站引入：

(1) 在基站的引上处做手井一个；

(2) 将预留圈绕成直径 40cm 的小圈固定在井壁上；

(3) 引上光缆用 3 米长 $\Phi 50\text{mm}$ 钢管进行保护。

三、直埋光缆回填土

1、光缆穿越路基尚未坚实的新修公路和允许开挖路面的一般公路，必须采用钢管保护，保护钢管伸出穿越物两侧应不小于 1.0m。直埋光缆与引雷目标不足 5M 时，应采用 PVC 管保护，长度一般每处 20M，管口应进行封堵；

2、光缆穿越机耕路及未定型的土路时，采用横铺或竖铺红砖保护；

3、光缆穿越市郊、乡镇及经济开发区动土性较大的地段，段落较短时，采用横铺红砖保护。段落较长时，采用 PVC 硬塑管保护，在直线段每隔 200M 左右及拐弯处，塑料管要间断 2M，间断处加套大一号的塑管连接，塑料管接头处用胶带缠绕密封；

4、光缆沿公路排水沟或公路路肩敷设时，采用半硬塑管保护，在直线段 200M 左右及拐弯处塑料管间断 2M，间断处加套大一号的塑料管连接，塑料管接头处用胶带缠绕要密封。光缆沿排水沟内敷设，遇石质沟埋深 $\geq 0.4\text{M}$ ，土质沟埋深 $\geq 0.8\text{M}$ ，回填土后用水泥砂浆封沟；

5、光缆与原有地下电（光）缆或其他线路交越时，视其管线埋深，决定光缆在其下面或上面穿越。采用穿套 PVC 半硬塑管保护，原有电（光）缆空出部分采用竖铺红砖保护。光缆与地下油管、气管、水管交越，采用镀锌对缝钢管保护；

6、光缆在石质、半石质地段敷设，沟底应平整，并在沟底 和光缆上方各铺 10CM 的砂或碎土；

7、光缆在坡度大于 30 度，坡长较长的山坡地段敷设时，应做“S”形敷设，“S”形敷设有困难时，采用加强型直埋光缆；

8、位于斜坡上的光缆有受水冲刷可能时，光缆沟应做堵塞保护。石砌堵塞上部应与地面平齐（上厚 ≥ 0.5 米），下部应砌到沟底（下厚 ≥ 0.7 米），两侧比缆沟各加宽 0.2-0.4 米。堵塞与堵塞间隔一般为 20 米左右一处，在坡度大于 30

度的地段可视冲刷情况减至 5-10 米一处。砌石用 50 号水泥砂浆，沟缝用 1: 1 水泥砂浆，穿越堵塞下的光缆采用长 3.0 米 $\Phi 28/34$ 纵剖一条缝半硬塑管包覆保护；

9、光穿越冲刷较严重的山涧、水溪时，应砌漫水坡保护，石砌漫水坡上部基本保持与河床持平（上厚 ≥ 1.0 米），下部应砌在光缆埋深以下 0.3 米处（下厚 ≥ 1.5 米），宽度应大于河床冲刷宽度。漫水坡砌在埋设光缆下游 1-5 米处，河道落差大时间距可小些，反之间距应大些。砌石用 50 号水泥砂浆，沟缝用 1: 1 水泥砂浆；

10、光缆穿越梯田等陡坎，高差在 0.8M 以上的，光缆沟采用石砌护坎保护，石砌护坎上部应稍露出地面（厚度 ≥ 0.5 米），下部应砌到沟底（厚度 ≥ 1.0 米），两侧比缆沟各加宽 0.2-0.4 米。砌石用 50 号水泥砂浆，沟缝用 1: 1 水泥砂浆。穿越护坎下的光缆采用长 3.0 米 $\Phi 28/34$ 纵剖一条缝半硬塑管包覆保护；高差在 0.8M 以下的，做垒石沟坎，不做保护的小坎应原土分层 夯实；

11、光缆穿越或沿靠山洞、山溪等易受冲刷的地段敷设，视其情况，设路漫水坡或挡土墙保护；

12、光缆穿越石质河床、山洞或狭窄深沟时，埋设镀锌对缝钢管保护，钢管两端伸出河床或山涧边缘长度应 ≥ 3.0 米。视其穿越宽度，采取打角钢下柱、水泥封沟等固定措施。直埋与钢管穿放接口落差太大时，两岸护坎的外侧增设手孔；

13、光缆穿越河床为土质或砂质的较小河流时，预埋 PVC 半硬塑管，并铺设水泥砂浆袋或采取砼封沟保护；

14、光缆穿越有疏浚、拓宽计划和挖泥取土的河流、沟渠及水塘时，采用截流挖沟方式施工时，在光缆上方铺设水泥盖板保护，采用水泵冲槽方式施工时，在光缆上方铺水泥砂浆袋保护；

15、直埋光缆的埋深不足 0.5M 时，可采用镀锌钢管保护；

16、光缆采用 PVC 半硬塑管保护，塑料管可采取承接法，光缆直接穿放，端口采用 PVC 胶带密封。

五、直埋光缆防护

光缆防雷措施必须符合设计要求：

1、光缆线路与孤立大树、电杆拉线等高耸建筑物的间距小于 5M 时，光缆套

穿 20M 半硬塑料管保护，光缆与塑料端口用油麻沥青封堵严密；

2、光缆防蚁措施应符合设计要求：

①白蚁危害严重较长的地段，布放防蚁光缆；

②白蚁危害一般地段，施工中发现蚁穴时须喷洒防蚁药物，首先在沟底喷洒一次，

回填 10-15CM 细土后喷洒第二次，喷洒必须保证沿线人畜安全。

六、标石埋设

1、光缆接头处埋设监测标石，监测标石顶部 70MM，涂刷红色油漆，同沟两条以上光缆时涂刷不同颜色的油漆区别；

2、光缆拐弯点、排流线起止点、同沟敷设的光缆起止点、光缆特殊预留点、与其它缆线交越点、穿越障碍物地点以及直线段每隔 250 米均应设路普通标石（设计有规定时长度按设计进行）。

3、普通标石的制作和使用，1.6M 高用于稻田，埋深 0.6M；1.2M 高用于山地，埋深 0.6M；0.5M 高用于公路路肩和公路边沟，埋深 0.4M，标石周围的土应夯实；



4、普通标石应埋在光缆的正上方，标石有字的一面面向 A 端，接头标石应埋在光缆的正上方，标石有字的一面应面向光缆接头。转弯处的标石应埋在光缆线路的转弯的交点上，标石朝向光缆弯角较小的一面，当光缆沿公路敷设间距不

大于 100 米时，标石可朝向公路；

5、标石编号为白底红（或黑）漆正楷字，字体端正，表面整洁，编号应根据传输方向，自 A 端至 B 端方向编排，一般以一个中继段为独立编号单位；如下图所示：

$\frac{07}{23}$	$\frac{08(J)}{24}$	$\frac{<}{25}$	$\frac{\Omega}{26}$
普通接头标石	监测点标石	转角标石	特殊预留标石
$\frac{-}{27}$	$\frac{\times}{28}$	$\frac{07+1}{23+1}$	$\frac{-}{27+1}$
直线标石	障碍标石	新增接头标石	新增直线标石

七、光缆接续

1、一般规定：

- (1) 光缆接续前应首先核对光缆的程式、端别，检查纤芯的质量；
- (2) 光纤接续的环境必须整洁，应在工程车或有遮盖物的环境中操作，严禁露天作业；
- (3) 接续时应用专用清洁剂除去填充油膏，禁止用汽油清洁，开剥光缆外护层，不得损伤光纤；
- (4) 在一个中继段内同一根光纤的接头衰减的双向平均值应 $\geq 0.08\text{dB/个}$ 。

2、光缆接续：

- (1) 光纤的接续采用熔接法；
- (2) 各盘光缆间的金属护套、铠装等金属构件在接头处电气断开，光缆加强芯在接头盒连接可靠，电气绝缘良好。直埋光缆、水底光缆两端的金属护套，加强芯分别引出与监测装路的尾缆芯线连接，监测电极应牢固地粘接在接头盒的底部；
- (3) 进局光缆的金属构件接保护地，一般在光纤分配架上接单引保护接地；
- (4) 光缆在接头处重迭 12 米，每侧各 2 米为接头盒内光纤盘留和接头损耗，余 10 米为预留，接头盒内余留光纤每侧不应少于 0.8 米；

(5) 余长光纤收容盘放，盘绕方向应一至，曲率半径符合厂家规定，接头部分应平直不受力；

(6) 直埋光缆采用一端（或两端）进线方式引入接头盒，其中一端同时引入监测缆；

(7) 靠近交流电气铁道进行光缆接续作业时，应将光缆的金属构件临时接地，以保障人身安全。

(8) 接头盒内应放入袋装防潮剂和光纤接续责任卡。

(9) 接续封装完毕，应测试检查接头损耗并做记录。检查引出地线质量。

3、光缆接头盒的安装：

(1) 光缆接头盒的安装方式应符合设计规定，

(2) 接头坑一般应位于光缆前进方向的右侧，若受地形条件限制，可位于左侧，直埋光缆接头盒的埋深与光缆埋深一致，接头盒平放在接头坑底部与光缆走向平行；

(3) 接头坑回填土前应检查接头盒气闭性，接头坑回填土或砂土，铺放 4 块水泥盖板保护，然后回填踏实，回填土应高出地面 10—20 厘米。

八、光缆中继段测试

1、光纤特性测试的内容包括：

(1) 光纤线路衰减：光纤衰减测量应取双向测量的平均值，光纤工作波长 1310NM，光纤衰减应 $\leq 0.36\text{db/KM}$ ；1550NM 波长，光纤衰减应 $\leq 0.22\text{db/KM}$ ；

(2) 光纤后向散射信号曲线。（全程信号曲线应打印记录或拍照）。

2、电气性能测试：

(1) 直埋光缆在随工检验中，应测试光缆护层对地绝缘电阻；

(2) 测试方法为：单盘光缆敷设回土 30 厘米不少于 72 小时，测试每公里护层对地绝缘电阻标准：（用 500DC）10%不低于 2 兆欧，90% ≥ 10 兆欧。

(3) 光缆接续回土后，不少于 24 小时，测试光缆接头盒对地绝缘电阻的数值不低于出厂标准值的 1/2；

(4) 测试后应由施工人员和随工监理人员双方签字。

4.8.2.8 室内光缆敷设要求

① 局内光缆分为水平走线架及天棚内敷设，进入 ODF 机柜或壁挂式终端盒内要绑扎固定好。

② 光缆沿走线架、槽道、通道等处敷设，要安装塑料软管保护，并在拐弯点（前、后）应予绑扎。上下走道或爬墙的绑扎部位，应垫胶管，避免光缆受侧压。

③ 局用机楼地下室端盘留 5 米，盘留在局外的人井内。局用机楼端盘留 10 米。

4.8.2.9 光缆布置

本工程光缆进局要求接入网络机房端盘留 5 米光缆，机楼端盘留 20 米光缆，用户端盘留 10 米光缆。进出局端要挂光缆标志牌。在 ODF 架的配线单元成端位置上，应标明光纤纤号。

4.8.2.10 光缆线路防护措施

1、防雷、防强电

光缆接头断开加强芯时，须保证两端光缆的电气连通性能。光缆成端时加强芯与终端设备（ODF 或终端盒）上的接地装置相连通，以加强防雷、防强电功能。

2、防机械损伤

① 人孔内光缆采用 $\Phi 25\text{mm}$ 软塑喉管保护。

② 布放光缆的牵引力应不超过光缆允许张力的 80%。瞬间最大牵引力不得超过光缆允许张力的 100%。主要牵引力应加在光缆的加强件（芯）上。

③ 光缆敷设安装的最小曲率半径应符合下列规定：

A. 敷设过程中应不小于光缆外径的 20 倍。

B. 安装固定后应不小于光缆外径的 10 倍。