

关于复合地基质量管理系统在路基工程中的应用

田兴学¹ 于琦²

1. 菏泽交通发展集团有限公司 山东 菏泽 274008

2. 中铁十局集团有限公司 山东 济南 250000

【摘要】：近年来中国高速铁路建设飞速发展，越来越多的基础工程建设需要面对软弱地基处理这个问题，选择一种经济、安全、合理的地基处理方法显得尤为重要。地基处理手段也日趋多样化，CFG 桩和螺杆桩复合地基由于其充分利用桩间土和桩共同作用的特有优势和相对低廉的工程造价得到了越来越广泛的应用。在传统施工中，CFG 桩和螺杆桩施工需要前期放样，在施工过程中，现场人员需要记录成桩时间、桩深、电流值。施工后灌注高度相比于设计高度存在了大量的材料浪费问题，事后检测存在很大的质量安全隐患。在此基础上，复合地基质量监控系统（以下称为 TCF900 系统）成为一种新的施工管理方式，本次主要对 CFG 桩和螺杆桩的质量管控系统在施工过程中应用技术进行讨论。

【关键词】：质量；混凝土；实施监控；信息化

引言

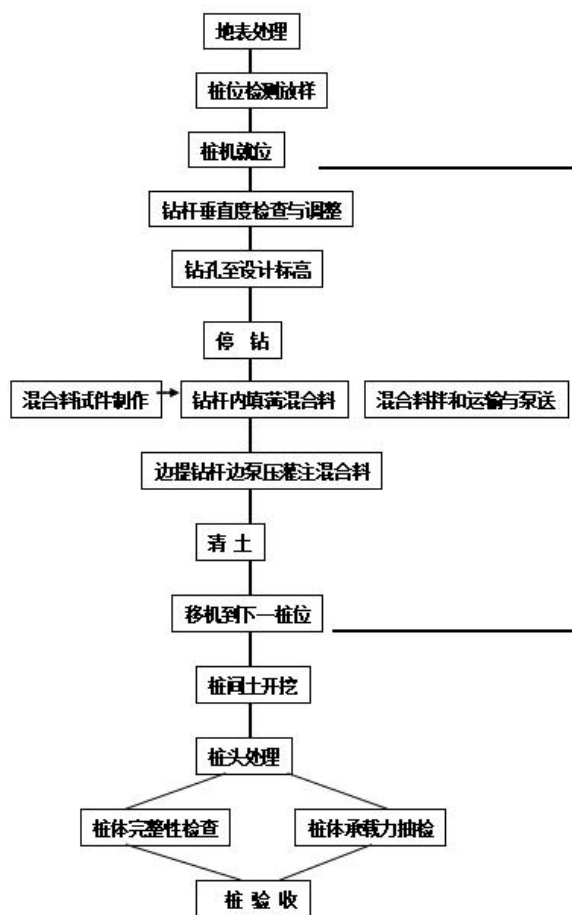
随着信息数字化社会的发展，国内对施工精度和施工规范的要求越来越高，传统的项目管理方法已不能适应项目建设的要求。而在国外，数字化信息化的工程管理已得到了广泛的应用。“数字化信息化”时代已经来临，而数字化施工管理成为一种新的管理途径。高举新时代中国特色社会主义思想伟大旗帜，以创新、协调、绿色、开放、共享新发展理念为引领，贯彻科技强国、质量强国、交通强国、制造强国战略。充分发挥信息技术基础性、引领性作用，发展物联网技术，实施大数据战略，加快推进新一代信息技术与交通建设融合发展，大力促进数字化、信息化、智能化交通建设。应用物联网、移动互联和智能感知等技术，深化专业安全监测监控应用，建立集监测、监控和管理于一体的安全监管信息系统，实现安全生产动态信息实时监测监控。复合地基质量监控系统在 CFG 桩和螺杆桩施工过程中能够很好的做到实时监控。

1 工程概况

鲁南高铁 4 标五分部承建鲁南高铁菏泽东站、动走线及停车场的施工任务，全长 5.945km，其中路基主要工程量：区间土石方 6.35 万立方，站场土石方 169.76 万立方，菏泽东站采用 CFG 桩地基加固 11929 根，共 17.03 万米；动走线及停车场采用 CFG 桩地基加固 3324 根，共 5.35 万米。区间路基采用螺杆桩地基加固 1825 根，共 3.84 万米；菏泽东站采用螺杆桩地基加固 21934 根，共 41.13 万米。

2 桩基施工管控方案

2.1 CFG 桩、螺杆桩施工工艺流程



2.2 CFG 桩施工工艺要求

CFG 桩的施工过程中，一般性的工艺要求如下：

(1) CFG 的打桩垂直度要求控制在 1%;

(2) CFG 施工中,作业的标高一般要高于桩顶设计标高 200mm,桩机施工面又要高于褥垫层 300mm,也就是桩机的钻头放置于底面时,离设计标高尚有 500mm 的高差;

(3) 沉桩过程中要记录电机电流值,用于判断桩深度达到要求,一般到持力层时电机的电流强度较之沉桩过程会明显增大;

(4) 根据施工质量要求桩长允许误差 $\leq 10\text{cm}$ 、桩径误差 $\leq 2\text{cm}$ 、垂直度允许差 $\leq 1\%$ 、桩位偏差垂直线方向 $\leq 1/4D$ 、顺轴线方向 $\leq 1/3D$ 等。

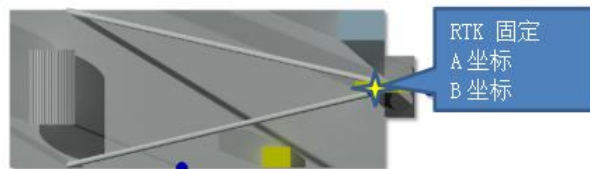
3 复合地基质量管理系统 (TCF900) 介绍



3.1 TCF900 系统模型原理

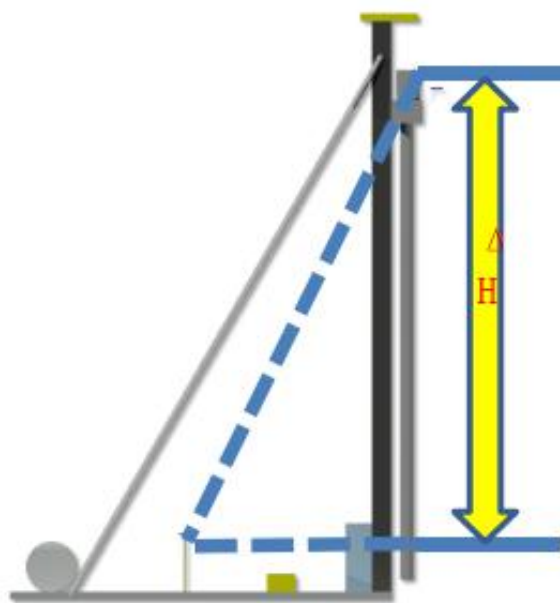
根据复合地基的施工工艺质量要求,结合北斗 RTK 定位信息技术、北斗姿态计算技术、高精度倾斜传感器和先进的材料,使用算法模型所开发出的一套具有高智能化、高精度以及物联网化的施工质量管理体系。

3.1.1 TCF900 系统定位及测深原理



(1) 定位原理

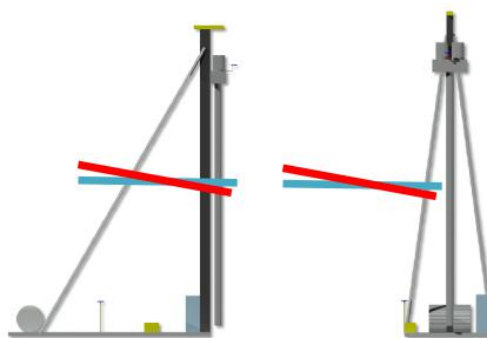
采用在桩头安装定位天线直接测量桩位坐标。



(2) 测深原理

利用双天线定姿的原理计算两个天线高差的变化来计算深度 (AVR 精度 2-3 厘米)。

3.1.2 TCF900 系统倾斜测量原理



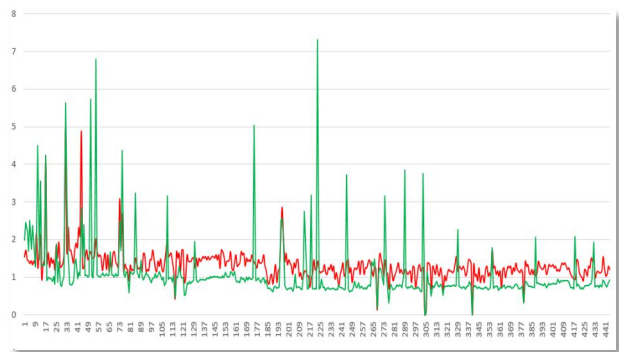
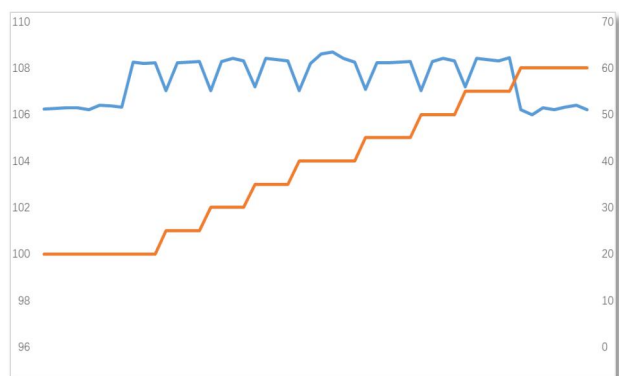
倾斜测量原理

采用测量塔架的倾斜来反应钻机的倾斜，在塔架上安装倾斜传感器，X和Y轴与塔架一致，标校传感器以消除安装误差，当塔架有倾斜时传感器则会实时感应到并把数据传输到控制箱中。

3.1.3 TCF900 系统泵车测量原理

材料测量原理

在拖泵上安装电流测量和输送接近感应模块，通过 WIFI 实时把采集到的电流和次数数据发送到 DAT300，DAT300 通过系统在成孔开始到成桩结束的区间内统计数据，通过标校料车总量与输送数据的关系计算每桩的使用量。



3.2 TCF900 系统监测指标

TCF900 系统分为两大部分：一是施工现场每台桩机安装的施工质量监测设备；二是指挥部搭建的互联网复合地基质量管理平台。由互联网管理平台实现远程监控施工现场每台桩机的施工质量，根据数据统计分析可以提取各种类型的施工报告。

施工现场复合地基质量管理系统监测指标及精度如下：

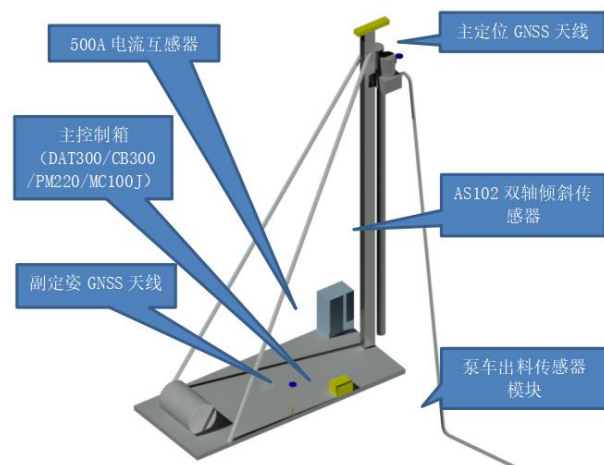
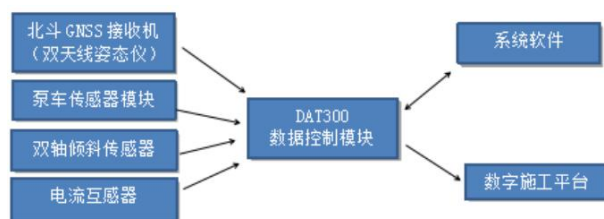
- (1) 打桩位置——精度 3cm
- (2) 打桩深度——精度 2cm
- (3) 成孔时间

- (4) 成桩时间
- (5) 成孔成桩电流——精度 0.1A
- (6) 桩塔倾斜度——精度 0.05°
- (7) 混凝土使用量

互联网施工平台报告内容（可定制）：

- (1) 每桩机工作报表统计（根据施工现场报检要求生成，包括桩深、电流值等关键指标）
- (2) 每桩表统计（包括打桩位置、打桩深度、成孔时间、成桩时间、电流值、灌入量）
- (3) 实现打桩机历史工作信息的回溯统计分析等

3.3 TCF900 系统架构



3.4 TCF900 系统专属技术参数

(1) 精度指标

- 桩位水平精度 10mm+1ppm
- 高程精度 20mm+1ppm
- 打桩深度精度 30mm
- AVR 俯仰角精度 0.05°
- 持力层电流测量精度 0.1A

材料计量精度 5%

(2) 物理指标

整机尺寸 410mm*320mm*190mm

減震系統 G25-02*6

钢丝绳弹簧减震 荷载减震 40KG

北斗天线 强固型三星八频天线

防水防潮 IP65

(3) 通讯指标

4G 全网通支持移动 2/3/4G 联通 2/3/4G 电信 4G

CAN-BUS* 2 通讯接口，支持 CAN2.0 协议

RS232* 2 通讯接口

USB 2.0* 2 数据接口

支持 WIFI 远程系统配置和维护

支持单基站，APIS 和 CORS 差分模式

内置 450-470MHz 电台，兼容天宝 TT450 格式，透明协议和华测协议

(4) 系统参数

内置 LINUX 操作系统

车载电脑采用 WES7 操作系统

主机支持缓存功能，支持断点续传，保证数据不丢失

内置加密协议，保证数据传输安全性

(5) 电源参数

支持 AC60V~AC500V 供电，使用发电机范围更广

过滤电流杂波，保证系统稳定性

3.5 TCF900 系统终端软件

TCF900 系统终端软件展示主要界面及功能。



系统主界面上主要显示的是每一根桩的监测数据,该系统记录的每一根桩的实时数据,包括实时深度、实时电流、实时倾斜及该桩位的空间坐标信息,当前成桩结束后,成桩时间、成桩深度,持力层电流都会呈现在主界面上。

需要查看历史数据时，可以点击“历史记录”可以查看历史数据。

[illegible]

施工过程中桩点引导功能



如果在施工过程中，设备数据出现问题，可以根据通讯检核情况方便查找问题原因，便于解决，为施工流程带来更高的效率。



3.6 TCF900 系统管理平台

以鲁南高铁 QHTJ-4 标五分部质量监控平台为例：



管理平台示意图

施工进度

统计

选择工程:

鲁南高铁十局QHTJ-4标

选择标段:

五分部

设计桩位数量(根)	3059	当前已施工(根)	157	施工进度			5.13%
平均深度(m)	16.18	平均深度(m)	2.97	平均成桩时长(min)			20.25
平均成桩速度(m/min)	2.43	平均成桩速度(m/min)	1.58	统计日期			2019-03-27 11:21:51
桩位编号	桩位名称	施工数量(根)	平均深度(m)	平均成桩时长(min)	平均成桩速度(m/min)	平均成桩力值(kN)	
1040537	CFG	157	16.18	2.97	2.43	1.58	

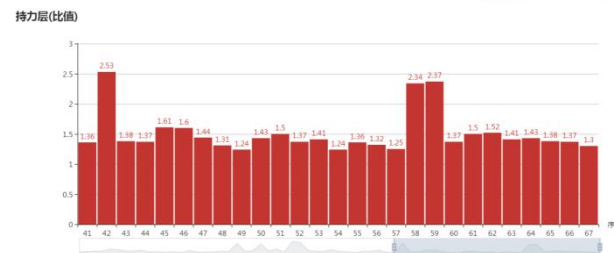
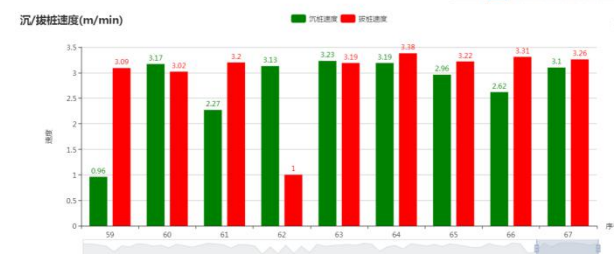
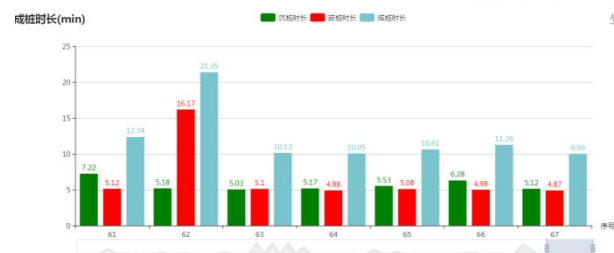
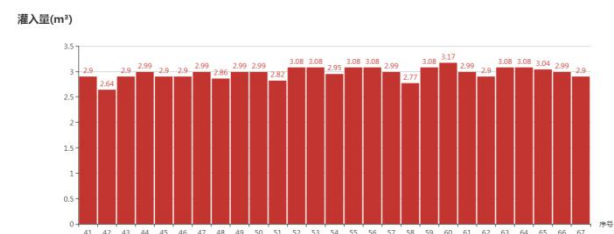
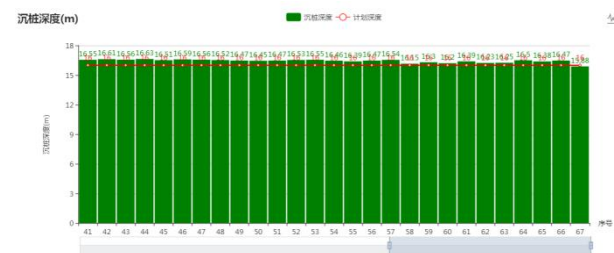
施工进度统计

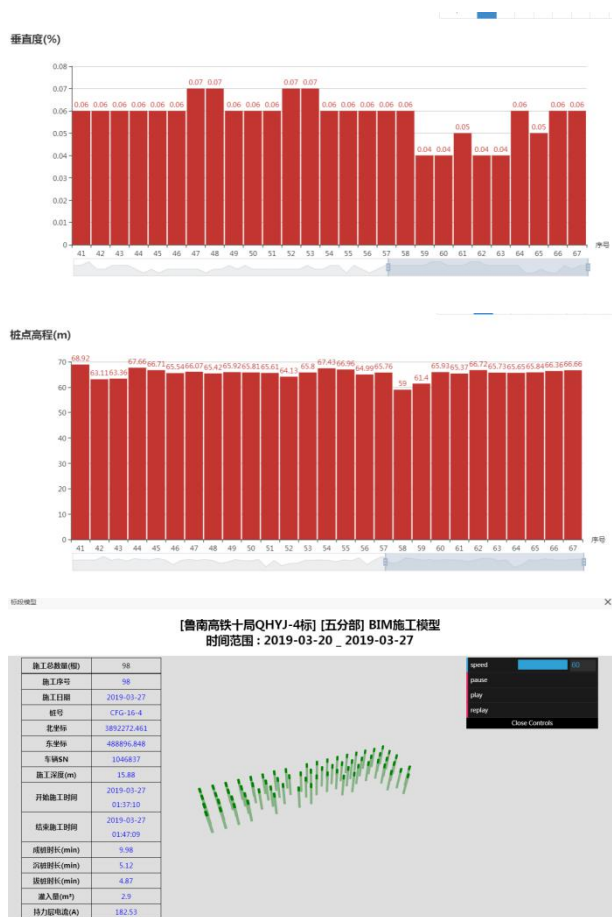
3.7 TCF900 系统定制报告

鲁南高铁十局QHTJ-4标五分部CFG桩2019-03-26施工日报信息汇总						
施工工程	鲁南高铁十局QHTJ-4标	施工标段	五分部	施工日期	2019-03-26	
设计桩数(根)	22	平均深度(m)	16.44	平均成桩时长(min)	2.99	
平均成桩速度(m/min)	16.05	平均成桩速度(m/min)	2.65	平均成桩力值(kN)	1.49	
施工详细信息						
序号	桩位编号	桩位名称	桩位深度(m)	桩位直径(mm)	桩位长度(m)	桩位重量(kg)
1	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
2	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
3	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
4	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
5	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
6	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
7	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
8	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
9	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
10	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
11	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
12	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
13	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
14	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
15	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
16	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
17	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
18	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
19	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
20	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
21	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00
22	1040537	CFG	16.58	2.90	11.02	3.00

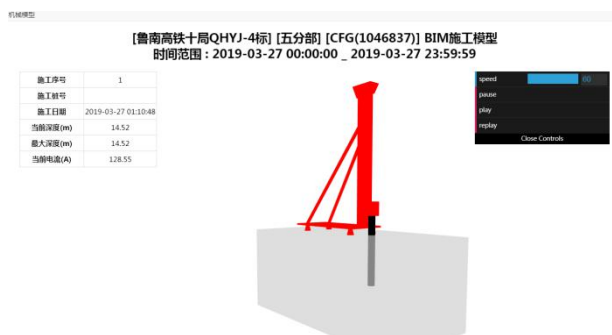
CFG 桩施工质量报告

可以针对施工现场每一台的桩机进行施工数据统计，如下图所示：





该标段所有 CFG 桩机过程施工 BIM 动画展示



一台 CFG 桩机过程施工的 BIM 模型示意图

4 TCF900 系统应用效果

随着近年来施工工艺要求越来越高,传统的管理方式对于施工质量的控制越来越落后,现有的管理手段存在很大的不确定性,体现如下:

(1) 监测不全面

施工监测过程控制不全面,只能选择抽检方式,即使增加随机抽检的频率也不能保证每一根桩的成桩质量。

(2) 全天候监测不到位

人力耗费很大,无法做到 24 小时管控,总有监测不到位的时间段,增加了施工质量低的概率。

(3) 监测指标无法量化

传统施工监测时指标值对于经验的要求很大,无法具体量化,只能依赖经验丰富的施工人员,无法避免增加人工成本。

(4) 计量方式精度低

传统施工监测的计量方式比较粗放,无法精准的统计,经过工作量的累加,误差也会累加起来,这样对施工质量影响非常大。

(5) 影响施工效率

施工监测如果遇到不合格的桩位,不可避免地进行返工,这样既耽误整个施工流程,还增加施工成本。

(6) 施工数据报告滞后

统计数据报告滞后,数据无法实时统计,只能依靠后期人员整理,这样人为因素干扰大,影响整个施工过程的决策。

针对以上监测过程中的问题,可以看出使用复合地基质量管理系统的优势:

(1) 采用高精度北斗定位系统和各种传感器,可以实时显示钻孔的位置、深度、倾斜度、灌料量等信息;

(2) 采用“互联网+”技术,施工数据无线传输到服务器,保证施工数据的真实有效;

(3) 现场施工管理软件平台,可以监控关键数据,保证施工质量和进度;

(4) 管理者可以通过浏览器和移动 APP 等媒介,查看日常工作统计报告,以利于管理和决策。

(5) 对工地进行规范化、信息化管理,保障所有标段作业标准的一致和施工精度的统一。

(6) 能实时掌握工程进度,通过把握各标段施工状况并加以调配资源,实现缩短工期的目的。

(7) 将隐蔽工程实现施工过程控制,把握整体施工质量,满足建设项目质量安全红线管理制度要求。

(8) 同时将施工原始数据留存,为后期维护提供数据来源,实现数据“建维一体化”,对各施工队上报的打桩数量进行精确审核,控制土方成本,满足目前北斗导航在铁路建设中的应用这一要求,保障施工安全并降低能源消耗。

5 总结

针对现有施工过程监管的困难,复合地基质量管理系统(TCF900 系统)可以做到实时监控,传统施工监测的弱点可以通过 TCF900 系统克服,改善了过程管理的持续性、准确性和实时性,同时也符合国家在信息化施工方面的发展方向。