

城市地下综合管廊

监测系统方案



目录

一、 项目背景 3

二、 问题研究 6

2.1 通风系统 6

2.2 照明系统 7

2.3 给排水系统 8

2.4 其他部分 10

三、 系统方案 11

3.1 系统架构 12

3.2 系统功能 13

3.3 关键技术 14

四、 项目前景 16

五、 结论 17

一、项目背景

城市地下综合管廊,是在城市地下建造一个隧道空间,将电力、通信、燃气、供热、给排水等各种工程管线集于一体,设有专门的检修口、吊装口和监测系统,实施统一规划、统一设计、统一建设和管理,是保障城市运行的重要基础设施和“生命线”。

欧洲、日本等发达国家,从 19、20 世纪起城市规划建设中即开始建设地下综合管廊。国内目前仅有少数几个城市建设有部分地下综合管廊。在国内开始建设城市地下综合管廊的城市中,城市地下综合管廊建设处于领先地位,在标准制定、经验推广方面有重要的指导意义。

目前,市已经建设完成了、澄阳路及吴中太湖新城三个国家试点管廊项目,运营总长度达到 28.58 公里。管廊建设依照《城市综合管廊工程技术规范 GB50838-2015》以及相关要求设计实施。

城市地下综合管廊内除电力、通信、燃气、供热、给排水等工程管线外,根据运营与维护需要,还安装有供配电、消防、通风、给排水、照明、监控与报警及标识等七大系统。其中供配电、通风、给排水、照明与监控系统均依靠电力运行,在目前情况下,每年约需要支出电费 200 万。在地下综合管廊运营成本中占比较大。

针对这一情况,建立城市地下综合管廊能源监控系统,利用物联网、大数据及人工智能等技术手段,对管廊能源系统进行精细化监控,采集并分析能源系统运行数据,并在此基础上进行技术改造与运行优化,以大幅提高地下管廊能源系统效率,降低单位能耗,为建立城市地下综合管廊能源系统运行与维护管理规范,

指导新建管廊项目，有积极作用。



为充分了解各个区域、各个系统以及各个能耗设备的真实用能情况，能源监测系统采用分项计量的统计方法，进行详细能耗分析，为开展城市地下综合管廊节能管理与改造工作提供指导性意见。同时，通过对能耗设备环境的实时监控，一方面，当管廊系统出现事故或潜在风险时，可通过能耗设备异常状况进行分析、判断与预警，从而促进管廊系统安全运行。

本系统的实施与部署具有以下几方面意义：

- (1) 实现管廊能耗监控的信息化，自动完成管廊内各子系统、各能耗设备的能耗的实施能耗监测及能耗统计，对管廊能耗情况进行分系统、分设备精细化管理。
- (2) 通过对管廊内各种能耗设备实时耗能情况的监测与分析，能够及时发现
问题，提高管廊系统运行安全。
- (3) 通过能耗与环境监控的融合，利用大数据分析、专家系统等原理，为管

廊能源系统提供合理的降低能耗的策略，实现管廊能源系统节能减排的目的。

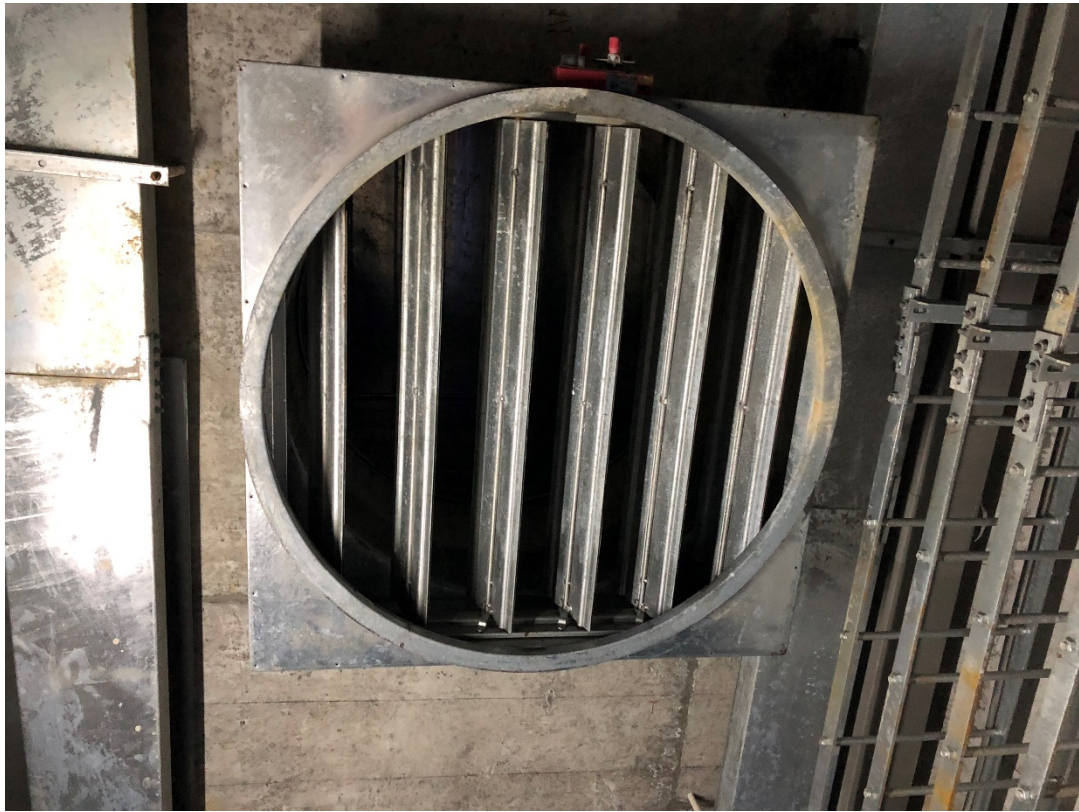
- (4) 项目的部署应用采用先进的物联网技术，为提升管廊系统整体运行水平、降低运维人员工作强度起到积极促进作用。

二、问题研究

城市地下综合管廊能耗系统包括供配电系统、消防系统、通风系统、给排水系统、照明系统、监控与报警系统几部分。其中，消防系统、监控与报警系统部分日常能耗较小，且由于与系统安全密切相关，相关部分能耗可仅做监控与统计，不宜调整。而通风系统、给排水系统与照明系统，则由于消耗电量大、节能空间高，宜进行精细化分系统、分设备监测，为后期进行节能改造及优化运行提供基础。以下针对通风、给排水及照明系统主要耗能设备进行分析，在此基础上，进行能源监控系统设计与实施。

2.1 通风系统

目前在运行的地下综合管廊中，单台风机功率约为 3kW，属于高能耗设备，风机的启停目前均为人工操作，在启动条件、运行时间方面均缺乏严格制度与依据。风机启停条件与运行环境密切相关，而运行成本则取决于实时电价与运行时长。根据了解，目前城市管廊运行中，风机运行已通过人工调节的方式，实现部分错峰运行以降低能耗，为进一步提高调节精度，并对运行效率进行监控，本方案拟针对风机及运行环境进行精细化监控。针对风机设备安装能耗及环境监测设备，对单台风机实时能耗进行动态监测，并对风机运行环境温度、空气质量等进行监控与对比，通过大量采集风机及环境参数，为数据分析提供条件，以利于通过分析风机运行与环境参数的相关性，优化风机运行时间与启停次数，提高风机效率，降低风机能耗。同时，在有必要的情况下，为后期风机系统进行变频改造及其他节能改造活动提供参考基准线，以便于考察节能效果。



2.2 照明系统

目前,仅在管廊内已安装有数千盏日光灯,虽然每盏日光灯能耗仅约 10 瓦,但聚沙成塔,总能耗逾 50kW,在 24 小时运行的情况下,能量消耗相当巨大。根据了解,目前管廊公司通过人工调节的方式,降低部分日光灯开启时长,仅此一项每年即可节约电费数十万元。但照明系统与管廊运行安全密切相关,关系到巡视人员、巡视设备、摄像监控系统的安全与效率。因此,照明系统的能源效率同样需在保证功能的前提下进行。本方案针对照明系统的现状,分区域对照明系统能耗及环境进行监测,对每组可控的日光灯(或增加分控开关)进行能耗监控,并针对该区域增加红外检测、运动监控等模块,以自动检测区域内移动的巡视人员、摄像设备等,为照明系统的自动开闭提供条件。同时,如监控系统的摄像设

备已具备红外摄像等功能,可进一步降低在保证照明效果的同时进一步降低照明系统运行时间,在节约能源消耗的同时,最大程度的延长照明设备寿命。



2.3 给排水系统

给排水系统内的水泵属于高耗能设备,根据了解,目前水泵系统仅与液位系统联动,水泵运行未考虑峰谷电价因素,同时,水泵系统无变频等调节设

备，启停频繁，能耗较高。针对这一情况，本方案在对水泵进行能耗监控的同时，对相应位置液位同时进行监控，如现有系统仅监控液位上下限，则本系统拟进一步增加详细的液位水平监控。通过采集详细的实时液位值与水泵运行情况信息，为后期进行给排水系统运行优化提供基础，以便实现水泵系统与液位、实时电价的最优联动，并降低水泵启停冲击。如有需要，在后续的节能改造中，可通过变频控制等方式优化水泵能耗。

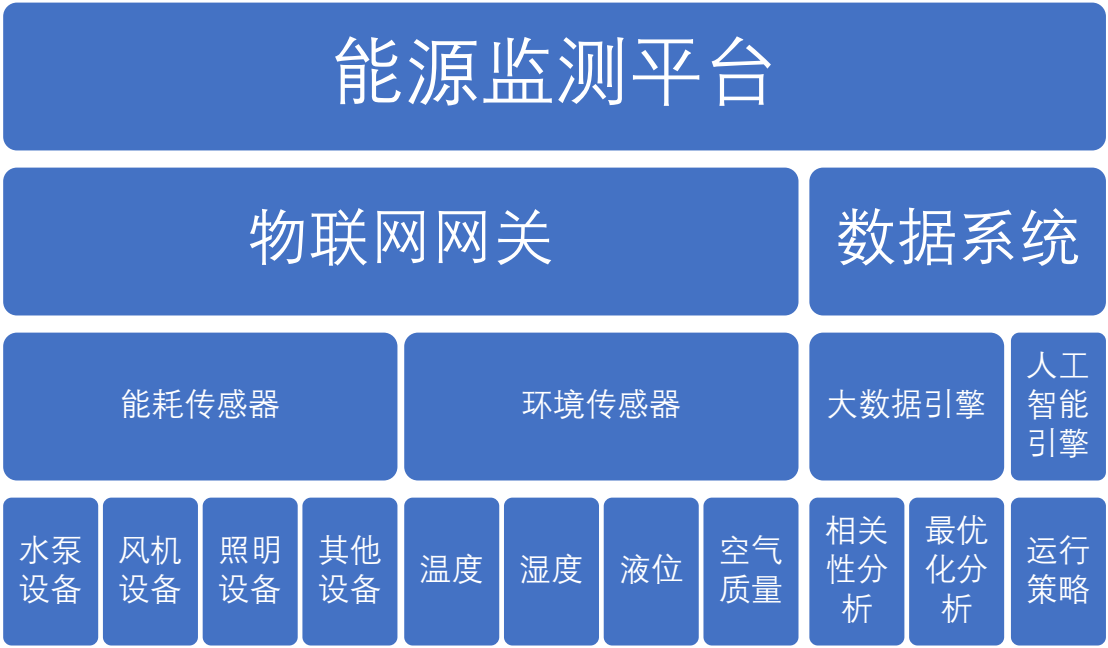


2.4 其他部分

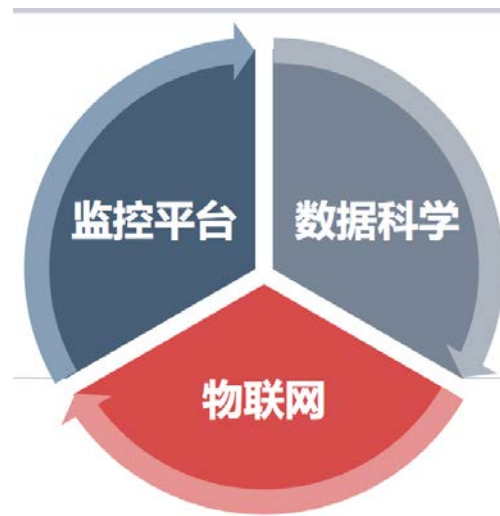
如前所述，除通风、照明与给排水系统外，针对消防、报警等设备与系统，在完全不影响系统运行的同时，通过安装非接触式电量检测（霍尔元件等形式），对各个系统能耗进行监测，有利于了解各系统的详细能耗情况，并通过横向、纵向比较与分析，及时通过能耗异常等情况发现设备故障或系统安全隐患，在提高能源监控水平的同时促进系统安全可靠运行。

三、系统方案

城市地下综合管廊能源监测系统的建设与实施，以能源系统精细化监测与节能减排为目标。通过物联网、大数据及人工智能手段，对能源系统能耗进行采集、分析及优化。为能源系统的优化运行提供条件，也为后期实施节能改造提供能耗基准与参考。系统以能源监测平台为核心，以物联网、传感器技术为手段，以大数据、人工智能技术为支持，主要实现设备能耗、系统能耗、环境参数等信息采集及监测，并在此基础上进行数据相关性分析，基于现有条件为运行管理人员提供最优坏运行参考建议，为后期节能改造提供条件，系统结构示意图如下图。



3.1 系统架构

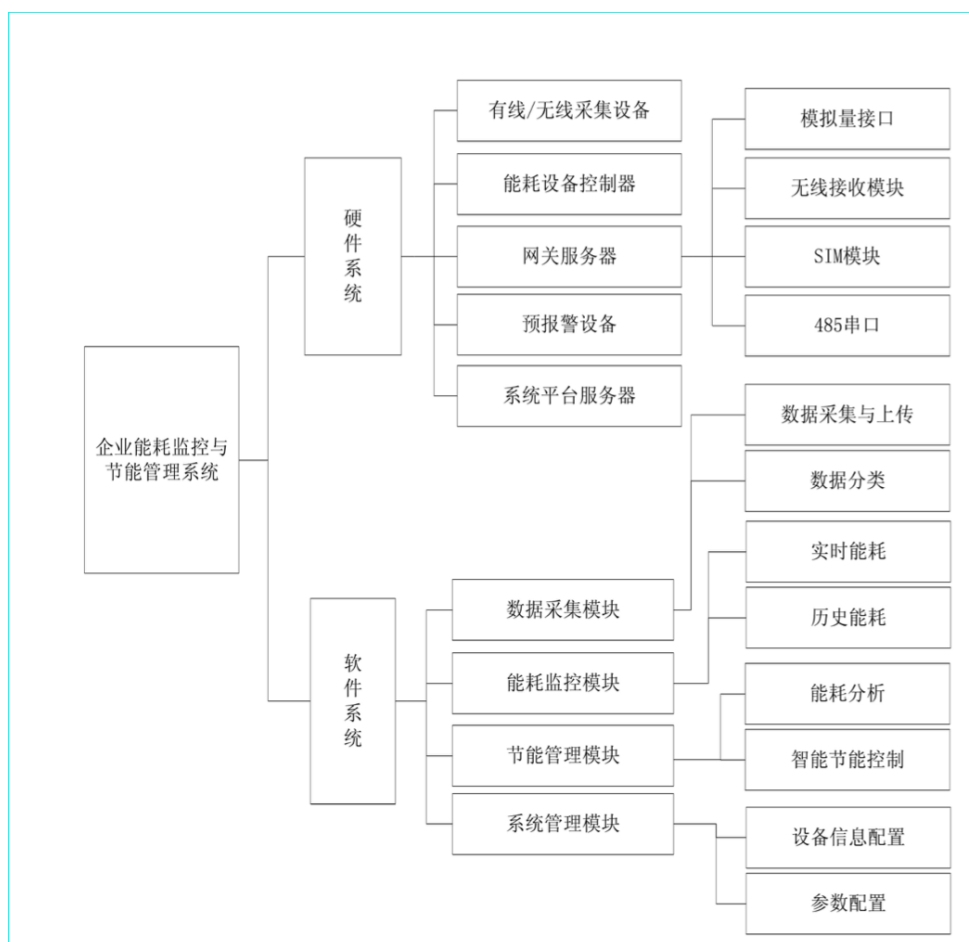


如图所示，本系统在结构方面分为监控平台、数据科学与物联网三部分。通过三部分技术的有机结合，搭建具有先进性、前瞻性的城市地下综合管廊能源监控系统。

本方案物联网系统设计采用三层结构，包括感知层、网络层和应用层。系统在系统架构设计中，根据实际工程项目应用需求在网络层与控制层之间添加一个控制层，通过添加的控制层可以使应用层对能耗设备具有自动控制与运行的可能，为后期从而实现能耗设备智能化自动运行提供条件。

监控平台对物联网系统与网络前后端设计进行有机集成，提供统一的用户界面，平台的模块划分及与物联网系统的集成示意如下图。

数据科学部分，主要包括大数据分析引擎及人工智能引擎，用于对采集到的数据进行相关性分析、最优化分析及决策判断，为运行人员提供系统运行决策参考。

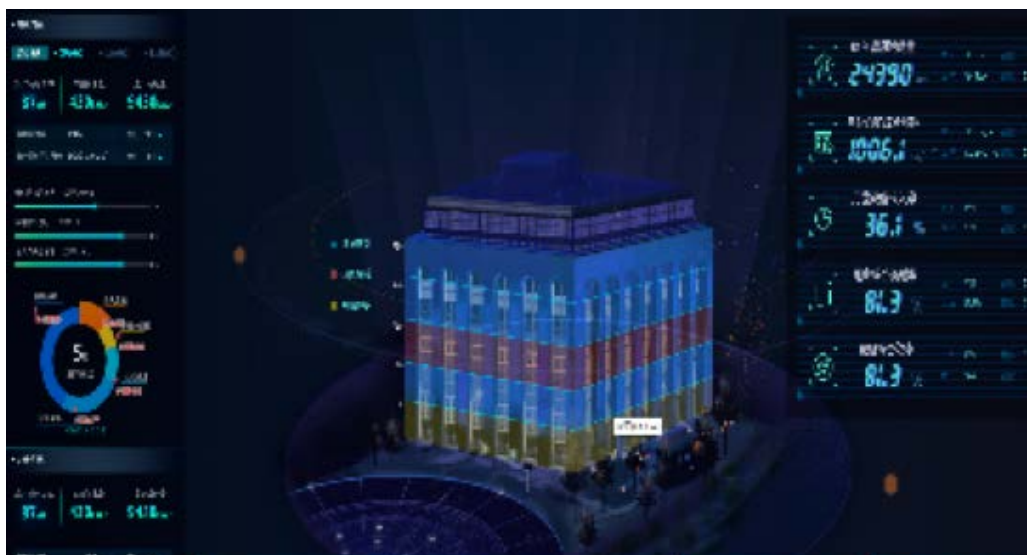


3.2 系统功能

城市地下综合管廊能源系统的优化是一个持续的不不断提升的过程，本系统的实施，为后续能源系统的优化提供技术上的可能性。完整的能源系统应该包括能源规划、能源监测、节能改造、能耗审计几部分，根据本项目的特点，本系统重点实现能源监测部分，但包括了为后续实施节能改造和能耗审计所必需的系统能耗基线建立与节能措施参考。除此之外，针对管廊系统的具体情况，本系统还提供了最优化运行的策略参考功能，并为后续实现设备智能化自动运行提供技术可能。

在能耗监测方面，本系统对管廊内各个用电子系统和重点能耗设备进行分系统、分设备的精准能耗监测，并监测廊内环境与机电设备能耗之间的关系。在能耗分析方面，则通过对能耗监测所得到的数据通过大数据引擎进行分析，研究如何进行能耗管理措施或技术改造。并在此基础上提供最优化运维建议。

系统设备能耗监测可提供实施及历史能耗分析，用户可按照分系统、分设备进行查询和检索，检索过程可按年、月、日分时段查询。并可根据用户查询情况自动生成分析报单，供用户参考使用。



3.3 关键技术

城市地下综合管廊能源系统方案的实施，在技术上主要存在三方面的难点与要点，分别体现在能耗采集、通讯传输及数据处理部分。

在能耗采集上，本方案涉及的传感器数量、类型均较多，拓扑结构复杂、信号结构多样，为能耗数据的采集和监控带来很大的不确定性。同时，由于大部分传感器并未有在地下综合管廊的复杂条件下的运行经验，传感器长期运行下的可靠性与稳定性值得考虑。为此我们选择的大部分传感器均为与管廊环境

类似的矿用设备（但不需要具备同样等级的防爆或本安型壳体），以求实现最高效率。

在通讯传输上，地下环境不利于 4G 网络信号传输，本项目中我们拟利用地下管廊系统中现有的光纤互联网进行分布式基站建设，在每段基站中综合采用各种近场通信技术以实现传输信号的可靠高速传输。

诸多的传感器采集到的海量数据，在存储与分析方面都会带来新的挑战，本方案采用分布式的数据库技术，为海量数据存储提供条件及（理论上）无限的扩展空间，并利用成熟的大数据引擎进行检索与分析，可以在保证数据安全性同时进行有效的分析与检索。

四、项目前景

如前所述，本项目的实施是城市地下综合管廊能源优化系统的开始，在项目实施后，管廊公司可使用系统对相应能耗设备进行精细化监测，并可根据系统反馈情况不断优化现有的管理手段及运行细则，不断提高系统运行效率。

例如，系统可根据运营实际情况，对比内外温度、湿度、气压等条件，提供风机开启、关闭运行建议或水泵开启运行建议，并逐渐形成可规范实施的运行规程，为制定管廊能源系统运行标准等提供技术基础与依据。

同时，本系统为进一步实现能耗系统自动运行提供技术可行性，在系统实施完成后，可逐步由目前的手动开启过渡为半自动、全自动过程，最终实现能源系统的无人化值守与全自动运行。

另一方面，根据系统提供的能耗基准线，用户可与节能公司针对重点能耗设备进行能耗优化与改造，并对改造结果进行审计与评价，从而建立管廊能源系统的数字化模型，该模型也可作为国内同类型系统的标杆与基准。为国内城市地下综合管廊能源系统的运行提供有效参考。

五、结论

城市地下综合管廊综合能源监控系统, 结合物联网、大数据与人工智能技术, 针对管廊系统中通风、给排水及照明等重点能耗部分进行分系统、分设备的精细化监控, 采集设备能耗及相关环境信息, 并在此基础上进行相关性分析及决策建议, 为后续管廊能源设备的无人化智能运行及节能改造提供技术可行性。在目前条件下, 具备技术前瞻性与可行性, 为管廊系统能源优化提供基础。