

# 建筑运维期能耗大数据管理模式与架构

张云翼，胡振中，林佳瑞，张建平

(清华大学土木工程系，北京 100084)

**【摘要】**通过分析建筑运维期能耗管理的内容，总结建筑运维期能耗管理数据及其特点，分析建筑运维期能耗数据的管理模式，基于统一管理型能耗数据管理模式，提出一种建筑运维期能耗数据管理与应用架构，基于标准化分布式的能耗管理数据平台，向不同地区、不同建筑的能耗管理者提供统一的数据应用，并分析了在此管理架构中所需要突破的关键技术。

**【关键词】**建筑能耗；大数据；运维期；数据管理

## 1 引言

建筑运维期能耗管理是指在保证使用功能的前提下，加强建筑用能系统的运行管理，记录并优化建筑运维期能源消耗<sup>[1]</sup>。目前的建筑运维期能耗数据管理平台面临着数据来源复杂、格式标准各异且互不兼容、覆盖面不全、普遍存在质量缺陷、缺乏统一的接口和平台及自动化互通机制等问题<sup>[2]</sup>，数据内隐藏的信息得不到充分挖掘，常常沦为数据垃圾。本研究从技术方法角度出发，结合云技术、大数据、语义网等技术和理念，建立标准化分布式的建筑运维期能耗数据管理体系架构，以高效整合不同来源、爆炸式增长的异构数据，支持建筑运维期能耗的监、管、控各环节应用。

## 2 建筑运维期能耗管理内容

对照我国住建部提出的“绿色建筑”的概念<sup>[3]</sup>，建筑运维期能耗管理就是落实绿色建筑在节能方面的具体要求，建筑的能耗监测、节能诊断和节能改造等工作是建筑节能的重点<sup>[4]</sup>。根据调研，在运维阶段，建筑及建筑群层级的数据应用管理内容与区/县、省、市等地区层级的管理内容存在差异。

### 2.1 建筑及建筑群层级的能耗管理内容

(1) 能源审计：能源审计是指“依据国家有关的节能法规和标准，对公共机构能源资源利用状况进行的检验、核查和分析评价”<sup>[5]</sup>。

(2) 能耗预测：对于能源站管理人员，若能准确预测整个建筑或建筑群的耗热量、耗

---

**【基金项目】**国家重点研发计划(2017YFC0704200)；国家自然科学基金项目(51778336)；清华大学(土木学院)-广联达 BIM 联合研究中心项目；

**【作者简介】**张云翼(1993-)，男，助理研究员。主要研究方向为 BIM 与大数据、物联网等技术融合与应用。

E-mail : yunyi2525@foxmail.com

冷量、耗电量、耗水量等，就可以预先进行准备。此外，预测数据还可以与实际运行数据进行对比，出现偏差过大的情况时，则提示可能出现用能异常。

(3) 异常监控：物业管理人员需要监控建筑设备的运行状态，一方面保证建筑内机房系统的正常运行，另一方面还需要保证室内环境处于适宜状态。

(4) 节能优化：对于建筑物业主，通过建筑历史运行数据、横向对比数据等分析挖掘，可以判断建筑内现有用能状态是否存在可优化点，通过自控等手段，使得建筑内的机电系统可以以最小的能源消耗保证建筑的正常运行的数据应用。

## 2.2 地区层级的数据应用能耗管理内容

(1) 能源调配：相关部门或单位通过对各个节点能耗数据的分析，可以判断不同建筑或建筑群所需的能源数量，进而通过相应的调节手段，调配合适的能源至相应的能耗节点，实现能源的合理调配，尽量避免在同一区/县内出现能源分配不合理的情况。

(2) 能源网故障诊断：相关部门或单位通过对其积累的历史数据进行分析，判断能源网运行的合理状态，在监测到异常数据时，应对异常数据进行分析，判断能源网是否发生故障，以及造成故障的可能原因。

(3) 政策制定：能耗数据辅助能源政策的制定是能耗数据应用的一个重要内容。用数据来辅助政策的制定，可以保证政策具有更加良好的可操作性。

## 3 建筑运维期能耗管理数据及其特点

### 3.1 建筑运维期能耗管理数据

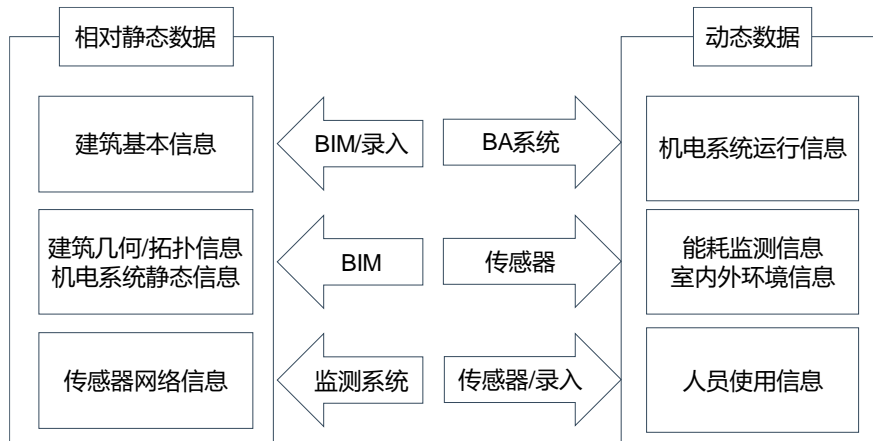


图 1 大数据驱动的建筑运维期能耗管理的数据需求

建筑运维期能耗管理数据来源主要有基于 BIM 的建筑及其机电系统静态标准化大数据和基于监测系统的建筑及其机电系统静态与动态标准化大数据，如图 1 所示。根据数据的来源和性质，可以将其分为相对静态数据和动态数据两大类。其中，相对静态数据是指基本保持稳定的数据，主要包括建筑基本信息、建筑几何与拓扑信息、机电系统与设备相对静态信息和传感器网络相对静态信息，主要来自 BIM 和监测系统。容量相对较小，结构也

比较单一。动态数据是指随时间发展不断变化的数据，主要包括机电系统运行信息、能耗监测信息、室内外环境信息和人员使用信息等，主要来自监测系统所布置的传感器网络，其数据量随时间同步增长，时效性强，由于监测系统各有不同，因此其数据结构多样，应预先统一设计。

### 3.2 建筑运维期能耗管理数据的特点

建筑运维期能耗管理数据具有多源异构、爆炸式增长和价值密度低等特点，因此在建筑运维期能耗数据管理架构，必须能针对这些数据特点进行管理。

#### (1) 多源异构

对于一栋建筑而言，至少包括建筑室内外环境、建筑几何拓扑、建筑系统与设备、建筑能耗四方面，每方面又都包括相对静态数据和动态数据，不同来源、不同类型的数据相互关联，才能构成建筑完整的能耗数据模型。但是，建筑运维期能耗管理数据来源复杂，现有的监测平台所采用的数据模型和存储模式各不相同，采集设备多种多样，用户可以选择不同厂商的产品，采用不同的数据格式或标准，数据来源互不兼容，而且缺乏统一的接口和平台，即使是同一种数据，也存在不同的表达方式和存储模式。

#### (2) 爆炸式增长

在运维期能耗管理数据中，能耗监测数据属于动态数据，每时每刻都在变化，无论是存储还是分析处理，都不能再适用传统的模式与方法。只有采用支持横向扩展的分布式数据库，才能应对爆炸式增长的数据现状。以何种粒度传播数据取决于分析结果精确度与分析算法复杂度之间的权衡，但实时的分析与决策支持是十分必要的。

#### (3) 价值密度低

运维期能耗管理大数据与传统数据相比，不仅在规模上差异很大，在分析方法上也存在着明显的差别。虽然运维期能耗管理数据呈现爆炸式增长的特点，但从数据到信息、知识和智慧的过渡仍需要大量工作，庞大的数据量中可能产生价值的只是其中非常小的一部分，而且需要高效的分析挖掘算法才能实现其价值的体现。在大数据背景下，要将来源众多的大规模建筑能耗管理数据进行分析，就必须针对性开发大数据分析挖掘方法。

## 4 建筑运维期能耗数据管理模式

由于建筑能耗大数据应用还没有全面进行，参考其他行业的大数据管理发展历程，结合建筑运维期能耗管理的内容，建筑运维期能耗数据管理模式可分为分散管理型、职能复用型、统一管理型三个阶段，三个阶段是逐步发展的关系。

### 4.1 分散管理型

分散管理型即保持现有管理模式不变，业主只是对自身数据中心进行升级，仍然分散开展数据应用。在此种能耗数据管理模式，各建筑均分别独立对自己所产生的能耗监测数据和 BIM 模型等相关文件进行管理，建筑与建筑之间无法互通，能耗监测数据的记录格式也各不相同，对一栋建筑分析的结果难以推广到其他建筑上，也难以与其他建筑的能耗

水平进行对比。进行能耗数据分析管控时，常常需要人工识别能耗监测数据与对应 BIM 信息之间的关联关系，浪费大量精力，数据十分容易沦为数据垃圾。

#### 4.2 职能复用型

职能复用型即赋予现有部门一些数据应用管理的职责，在一定范围内集中开展数据的局部应用。在此种能耗管理模式下，由于有区域级平台和商业公司的介入，建筑能耗监测数据可以小范围共享，也有一些约定的通用的数据模式，可以通过数据分析获得一些跨建筑对比的结论，与分散管理型模式相比有一定进步。但职能复用型管理模式仍存在一些缺点，不同区域级平台和商业公司仍然采用的是内部数据格式，在平台之间缺乏统一互用机制；BIM 数据未与能耗监测数据融合，对能耗监测数据本身的挖掘难以完整体现建筑真正的用能特点；不同建筑之间的数据所有权归属不明，数据共享事实上还存在困难。

#### 4.3 统一管理型

第三阶段是统一管理型，也就是单独建立管理组织，统一建立数据平台，集中开展数据应用全流程的管理。在这种管理模式，单独建立统一的建筑能耗管理大数据平台，从各建筑和区域级/商业能耗监测平台接入 BIM 与能耗监测数据，以标准化格式存储来自不同建筑的建筑能耗管理数据，并在不同领域数据之间建立语义联系。这种方法对数据管控能力强，数据之间存在普遍的关联，可以充分利用海量数据提高数据应用创新能力，一种算法可以同时应用于不同的主体，减少重复工作。

### 5 建筑运维期能耗数据管理架构

根据对建筑运维期能耗数据管理内容、特点和模式的分析，统一管理型是实现建筑运维期能耗管理大数据全面应用的理想模式。符合这种模式的建筑运维期能耗数据管理架构如图 2 所示。该架构既面向建筑业主、各级能耗管理者，也面向各项建筑运维期能耗分析挖掘应用的开发者，可集成来自不同地区、各种类型不同建筑的 BIM 信息与能耗监测数据的分布式标准化存储、集成、管理与控制。

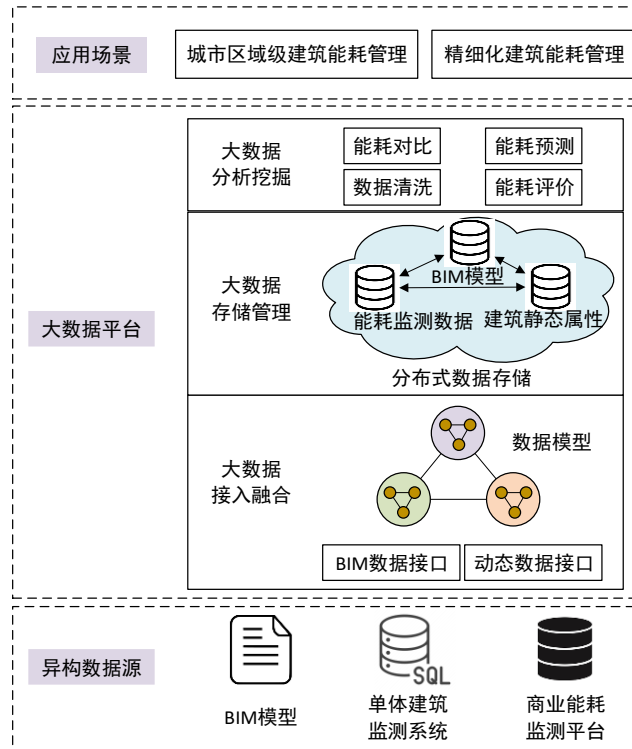
在大数据接入融合层，平台通过静态与动态数据接口接入来自 BIM 的建筑相对静态数据和来自各监测系统与平台的动态数据。不同系统平台的监测平台可能具有不同的数据格式，需要通过数据接口对数据格式进行转换。数据接入后，需要根据数据模型的定义，识别多源数据之间的关联关系，进行多源数据的融合，形成完整统一标准化的建筑运维期能耗管理数据模型。

在大数据存储管理层，采用基于云的分布式服务器集群和非关系型数据库，对多源异构数据进行统一管理，将数据模型落实为非关系型数据库的存储模式。在分布式数据库中，不同来源、不同类型的数据分别采用各自适宜的标准化存储模式进行存储，并通过相互引用等方式维护数据模型中的关联关系，实现数据融合，是数据模型的物理实现。

在大数据分析挖掘层，建筑运维期能耗大数据管理平台提供基础通用的数据清洗、能耗评价、对比、预测等服务，并通过网页端直接可视化地进行数据展示，对于建筑业主而

言，可以直观地浏览建筑各功能区的用能情况，并支持与同类型其他建筑的横向对比。对于管理者而言，可以在平台中对整个城市或区域的建筑进行能耗指标的计算评价和对比排序，发现用能异常节点，总结节能经验并进行推广。同时平台开放标准化的数据接口向外提供数据推送服务，对于能耗管理应用的开发者，可以通过数据接口获取数据，支持其深度分析挖掘应用的开发，更进一步地支持城市区域级和精细化的建筑能耗管理。

这种建筑运维期能耗数据管理架构基于统一管理型大数据管理模式，可实现统一的数据管控，不同建筑之间的数据可以以标准形式共享，通过横向对比，增强数据应用创新能力，同一种大数据应用方案可在不同建筑之间进行复制，降低数据应用成本。在这一模式中，云技术在大数据存储环节为多源异构海量数据的分布式存储和统一管理提供技术支持，大数据计算分析技术为分析挖掘环节提供技术手段，大数据分析的结果可以可视化展示或数据接口提供给业主等管理人员，实现大规模精细化的建筑运维期能耗管理。



图错误! 文档中没有指定样式的文字。 建筑运维期能耗数据管理架构

## 6 建筑运维期能耗数据管理关键技术

在建筑运维期能耗数据管理架构中，建筑运维期能耗数据管理和应用的过程主要可以分为两大环节、六项流程。大数据管理的主要环节包括采集与获取、记录与存储、集成与融合，大数据分析的主要环节包括转换与清洗、分析与挖掘、展示与解释。相应地，大数据管理主要研究大数据的获取、存储、抽取、清洗等技术，大数据分析主要研究大数据的

建模、分析、挖掘等技术。

### 6.1 建筑能耗大数据管理关键技术

(1) 采集与获取：利用感知层获取所有管理阶段所需数据，目前的主要困难在于不同厂家的平台采集到的数据多源异构，而且缺乏建筑本体数据的采集。所需要解决的关键技术是多源数据的实时采集、传输等技术。

(2) 集成与融合：识别并建立不同领域数据之间的联系，形成完整数据模型。目前的主要困难是多源数据存储于不同平台系统，数据之间缺乏联系。所需要解决的关键技术是多源数据融合、数据建模等技术，对应架构中的数据转换接口部分。

(3) 记录与存储：将获取的数据以标准化的形式存储在分布式平台，目前主要困难在于普遍采用的单一存储模式无法应对数据的爆炸式增长，多源异构数据缺乏统一存储标准。所需要解决的关键技术是标准化分布式建筑能耗管理数据存储与数据库平台部署等技术。

### 6.2 建筑能耗大数据管理关键技术

(1) 转换与清洗：提取分析所需的数据，对数据质量进行校核，并转换成统一的所需格式，目前的困难是缺乏自动化转换清洗方法，人工处理耗费大量精力。所需要解决的关键技术是数据抽取、推送、共享、预处理、清洗等技术，对应架构中的通用数据处理模块。

(2) 分析与挖掘：根据管理需求，利用大数据算法对数据进行分析挖掘，发现隐藏的价值，目前的困难是现有数据覆盖面不全、普遍存在缺失异常、缺乏联系，难以直接利用现有模型进行训练。所需要解决的关键技术是数据预测、异常检测等技术，对应架构中的通用数据处理模块。

(3) 展示与解释：将分析挖掘的结果以容易理解的形式进行展示，并据此指导管理工作，目前主要困难在于缺乏统一平台对建筑能耗数据进行多维展示。所需要解决的关键技术是数据平台、数据可视化等技术，对应架构中的可视化用户界面和数据推送服务接口。

## 7 结论

本文通过分析建筑运维期能耗管理的内容，总结了建筑运维期能耗管理数据及其特点，分析了建筑运维期能耗数据的管理模式，并基于统一管理型能耗数据管理模式，提出了一种建筑运维期能耗数据管理与应用架构，并分析了在此管理架构中所需要突破的关键技术，为各项关键技术的研究奠定理论基础。

### 参考文献

- [1] 中国建筑节能协会能耗统计专业委员会. 中国建筑能耗研究报告(2017)[R].2017.
- [2] 张仕杰. 探析大型建筑的能源管理与节能策略[J]. 工程建设与设计, 2019(12):5.
- [3] 中国住房和城乡建设部. GB/T 50378-2019 绿色建筑评价标准[S]. 2019.
- [4] 许艺颖. 建筑能耗监测平台异常数据的辨识与修复[D]. 大连理工大学, 2019.
- [5] 中国能源基础与管理标准化技术委员会. GB/T 31342-2014 公共机构能源审计技术导则[S]. 2014.