

太阳能热水系统引入空气源热泵系统的设计探讨

彭庆侠

上海电子工程设计研究院有限公司

DOI:10.12238/ems.v4i1.4790

[摘要] 近年来,各种各样的能源应用广泛存在,而电力供应系统中最重要的一个趋势是“同一来源内不同能源的互补性”,主要是太阳能、电力、风能、余热、地热能、水能等能源。由于空气源热泵技术是利用低位可再生能源,因此基于空气源热泵技术的多功能综合供热技术的发展备受关注。在此基础上,本文主要分析了在太阳能热水系统引入空气源热泵系统的有效方法和设计要点。

[关键词] 太阳能热水系统; 空气源热泵; 应用

中图分类号: TK51 **文献标识码:** A

Discussion on the design of introducing solar water heating system into air source heat pump system

Qingxia Peng

Shanghai Electronic Engineering Design and Research Institute Co., Ltd

[Abstract] in recent years, a variety of energy applications exist widely, and the most important trend in the power supply system is "the complementarity of different energy sources in the same source", mainly solar energy, electric power, wind energy, waste heat, geothermal energy, hydropower and other energy. Because air source heat pump technology uses low-level renewable energy, the development of multi-functional comprehensive heating technology based on air source heat pump technology has attracted much attention. On this basis, this paper mainly analyzes the effective method and design points of introducing air source heat pump system into solar hot water system.

[Key words] solar hot water system; Air source heat pump; application

引言

近年来,我国经济保持了强劲的增长,但能源短缺的矛盾也在加剧。我国的能源相对较少,人均能源资源与世界平均水平相比,还有很大的差距。同时,能源部门的技术发展水平低和能耗低加剧了我国的能源短缺问题。目前我国95%的现有建筑不符合节能要求,由于建筑的建造和使用直接或间接而消耗的能源占社会总能源消耗的46.7%。为了有效缓解当前的能源危机,人们越来越重视节能和开发新能源。太阳能作为可再生的清洁型能源,在供水、电力、供暖、制冷等领域中有着非常广泛的应用。其中,由于太阳能的节能、环保、经济等优势,成为了人们常用的热水供应方式。但是,其性能受天气的影响非常大,因此在日

照不足的情况下提供热水需要额外的热源。空气源热泵的工作原理主要是逆卡诺循环,通过运用少量的高品位能量进行驱动,对空气中的低品位热能进行吸收,并将其转移到热水中。太阳能热水系统以及空气源热泵之间的有效连接,能够对前者的不足进行有效地弥补,从而确保室内热水能够进行不间断的供应。

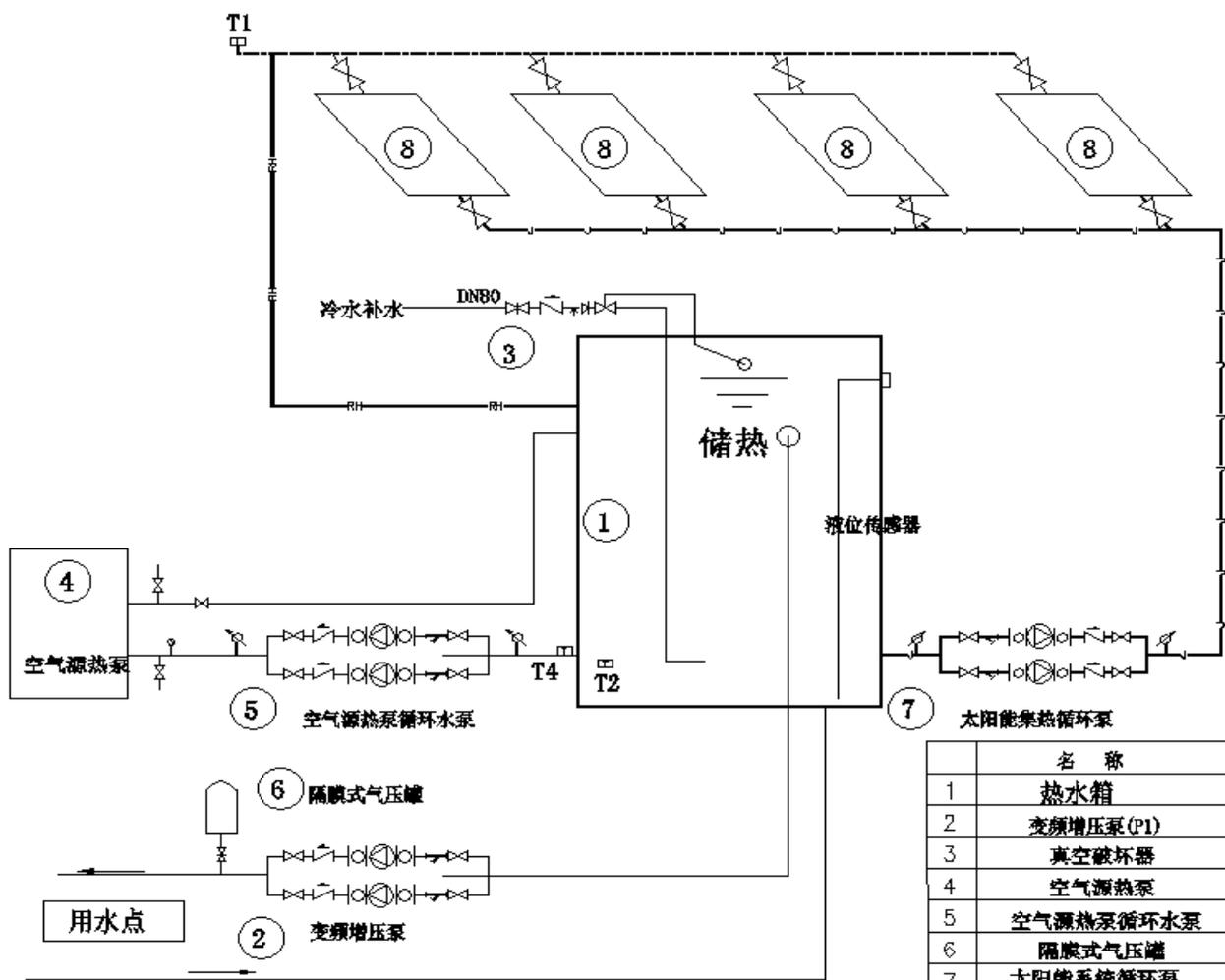
1 常用热水系统场所的特点分析

旅馆、医院,幼儿园,办公楼,公共浴室,员工宿舍等类型的公共建筑对热水需求量大,且具有专门的维修管理部门、维修条件较完善,这类建筑宜采用集中集热、集中供热的太阳能热水供应系统。住宅类建筑物业管理水平参差不齐且需要考虑热水收费等问题不建议采用集中

太阳能供热系统,建议采用分散集热分散供热的太阳能热水系统。

2 太阳能—空气源热泵热水系统的原理

日照充足的情况下,太阳能集热器吸收太阳光的辐射,将光能转化为热能。集热器的设计又使得热量不易散发到外部,故太阳能热水器中热水的升温情况与外界温度关系不大主要取决于光照。集热器加热的水进入到太阳能储热水箱中,水箱下部的冷水又会通过循环水泵进入到太阳能集热器内,热水源源不断的加热。根据水箱热水温度是否达到所需温度来控制确定太阳能热水循环水泵的开启和关闭,保证了热水系统的可靠性。此系统加热仅需要少量的循环水泵或者根本不需要热量。



名称	名称
1	热水箱
2	变频增压泵(P1)
3	真空破坏器
4	空气源热泵
5	空气源热泵循环水泵
6	隔膜式气压罐
7	太阳能系统循环泵
8	太阳能集热器

太阳能空气源热水系统原理图1

空气源热泵可将室外5-15℃空气的热量通过热泵提升到50-55℃供室内生活热水。热泵的COP值可达到3至5,即热泵运行输入1KW的电量可产生3到5KW的热量,热功率比单纯的耗电要高出3到5倍,且不受光照影响。通过水箱水温控制器启停空气源热泵。

在既可常年利用空气源热泵又有充分的光照地区,太阳能和空气双源热泵合用系统无疑是最节能的热水系统之一,此系统具有节能、运行可靠性等优点。与常规系统相比,每年可有效节省68%的电力,不仅可以降低能耗,也能更好地实现节能环保的目标。

3 常用空气源热泵原理图比较

由于太阳能集热器和空气源热泵都适宜放置于屋面,故常用的太阳能空气

源热泵的热水系统原理如图所示。

系统原理图一和图二的控制原理均为:

a、当 $T1-T2 > 5 \sim 10^{\circ}C$ 时,太阳能集热循环泵7开启,当 $T1-T2 < 2^{\circ}C$ 或 $T2 \geq 60^{\circ}C$ 时,太阳能集热循环泵关闭。b、当 $T2 < 50^{\circ}C$ 时,空气源热泵循环泵开启,当 $T2 \geq 60^{\circ}C$ 时,空气源热泵循环泵关闭。c、当 $T4 \leq 45^{\circ}C$ 且 $T2-T4 > 5^{\circ}C$ 时,回水电磁阀打开。放过热保护措施:当 $T2 \geq 65^{\circ}C$ 时报警这两个系统的区别是图二太阳能制热做为热媒,而不是热源。太阳能系统内的介质可以是水也可以是防冻液。热媒温度可高于 $100^{\circ}C$,加快了换热效率。

4 太阳能—空气源热泵热水系统设计要点

4.1 水箱容积大小确定

a、单独的太阳能热水系统的水箱容

积计算公式为

$$V1 = qrjd \cdot Aj$$

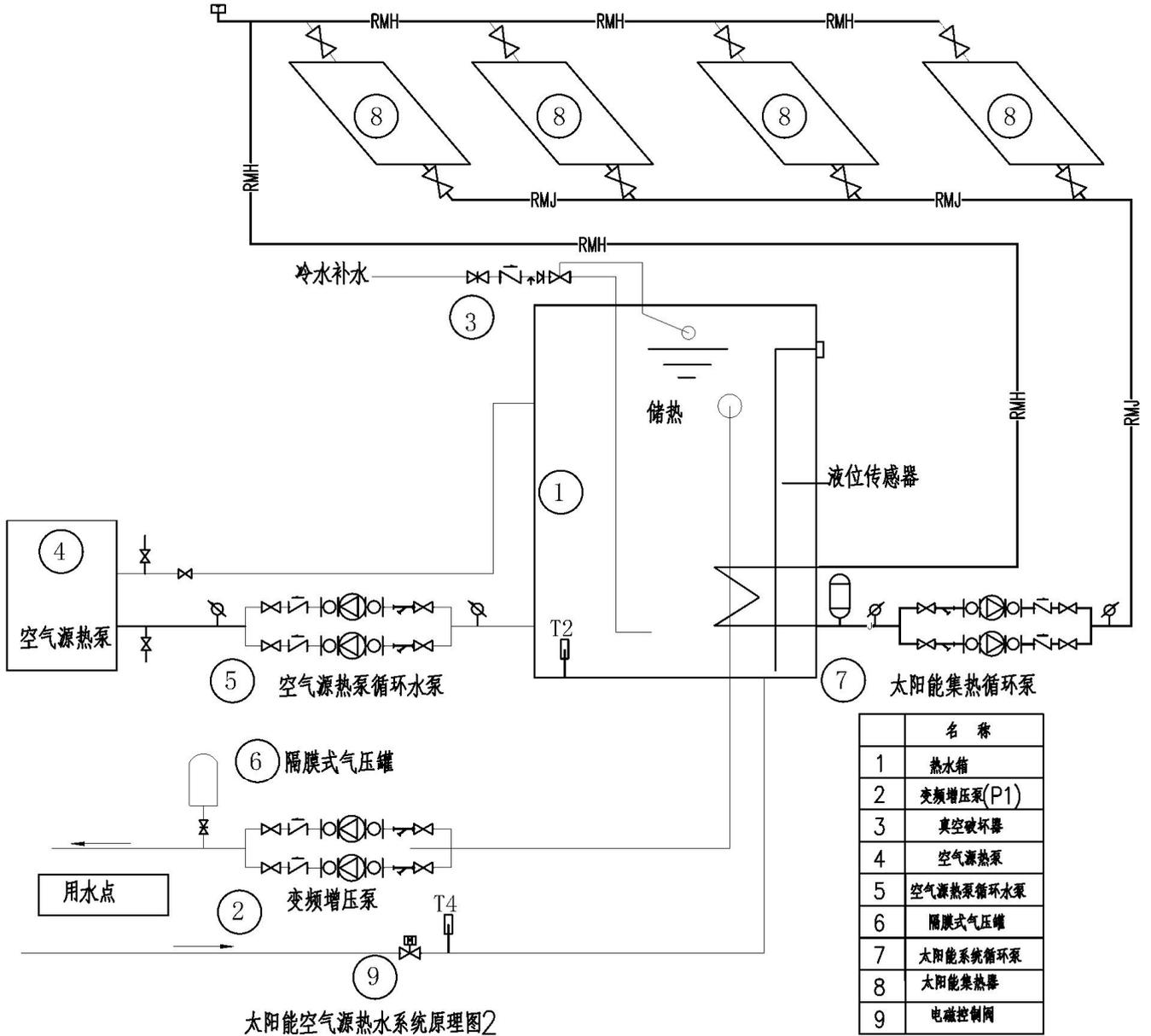
$v1$ ——太阳能集热水加热器或集热水箱(罐)有效容积(L);

Aj ——集热器总面积(m^2),

$qrjd$ ——集热器单位轮廓面积平均日产 $60^{\circ}C$ 热量量 $[L / (m^2 \cdot d)]$,根据集热器产品的实测结果确定。当无条件时,根据当地太阳能辐照量、集热面积大小等选用下列参数:直接太阳能热水系统 $= 40L / (m^2 \cdot d) \sim 80L / (m^2 \cdot d)$;间接太阳能热水系统 $qrjd = 30L / (m^2 \cdot d) \sim 55L / (m^2 \cdot d)$ 。

太阳能储热水箱的容积与集热器布置的面积有关。

b、单独的空气源热泵热水箱容积计算公式为:



太阳能空气源热水系统原理图2

$$V2 = k1 \frac{(Qh - Qg)T1}{(tr - t1)C \cdot \rho r}$$

V2——贮热水箱(罐)总容积(L);

k1——用水均匀性的安全系数, 按用水均匀性选值, k1=1.25~1.50

Qg——水源热泵设计小时供热量(kJ/h);

Qh——设计小时耗热量(kJ/h)

这两个算法必然会导致水箱容积的不一致。对于太阳能空气源热泵系统选择哪种算法的水箱容积的更为合理是我们设计需要考虑的。从根本讲不论空

气源热泵系统还是太阳能热水系统都是系统在可使用条件下持续储热, 故水箱容积应该按照大的选择, 只有这样才能把所需热量适当存储起来。

4.2集热器的选择和布置

集热器可分为平板型、全玻璃真空管型、金属玻璃真空管型。全玻璃真空管型集热器承压能力差, 工作承压能力仅为0.05MPa, 多用于开式的自然循环的太阳能热水系统。平板型和金属玻璃管型承压能力强, 可承压0.6MPa, 多用于闭式太阳能热水系统。闭式承压系统的集热系统内介质温度最高可达200°C以上, 其优点是集热效率较高, 但它相应

的管材、管件、阀件均要求耐高温, 并且还设置防管系高温差伸缩附件, 维护、管理必须到位。否则将严重影响系统的正常运行。开式系统: 不承压, 介质温度小于100°C相应的系统运行管理要求较低。本文原理图一为开式系统, 图二为闭式系统需承压集热器。

集热器安装: 太阳能集热器安装宜朝南正南方向, 当考虑全年使用时集热器安装倾斜角度需与当地纬度相等。集热器前后排安装需要考虑集热器之间的距离保证集热器不存在遮挡并考虑安装和检修空间。集热器之间的连接有并联串联并三种方式。并联集热器个数不

超过16组,全玻璃真空管串联个数不超过3个且每个集热器联箱长度不大于2m。为保障热水循环效果集热器管道连接宜采用同程布置,当采用异程布置时集连接集热器的支管需设调节平衡阀调节流量和压力。

4.3 空气源热泵布置

空气源热泵布置需要考虑空气源集热的效果同时还需要考虑空气源热泵的噪音问题故空气源热泵布置需按照以下规定布置。

a、空气源热泵宜布置在屋顶、地面等远离居住场所的场所。

空气源热泵一般安装于室外,而机组24h不定时运行。机组的运行和启停都会产生一定的噪声,由于空气源热泵24小时不定时启动需要考虑机组噪音对环境的影响,且空气源热泵不能设置于空气质量较差的地方,否则空气成的灰尘在交换翅片上积存泥垢影响空气源热泵换热效率,耗费电量,产生更多噪音。

b、为防止空气回流及机组运行不佳,热泵机组各个侧面与墙面的净距如下:机组进风面距墙大于1.5m,机组控制柜面距墙大于1.2m,机组顶部净空大于4.5m。

c、两台机组进风面间距一般不小于3.0m。机组周围墙面只允许一面墙面高度高于机组高度。

d、热泵机组基础高度一般应大于300mm,布置在可能有积雪的地方时,基础高度需加高

4.4 水泵的计算和选择

系统中共四套泵分别为共生活用水点的加压泵,生活热水系统循环泵,太阳能系统的循环泵,空气源热泵系统的循环泵。

a、生活用水加压泵

根据用水端特点选择设计生活用水设计秒流量。扬程按照最不利点的用水压力考虑。对于在屋面上的水箱水泵系统,最不利点为最上层。

b、生活热水系统循环泵

系统循环流量: $qx = \frac{Qs}{c \cdot \rho \cdot r \cdot \Delta t}$

Qs - 配水管道的热损失(kJ/h),经计算确定,单体建筑可取(2%~4%) Qh

Δt_s - 配水管道的热水温度差(°C),按系统大小确定,单体建筑可取5°C~10°C,小区可取6°C~12°C

水泵流量: $Q = K \cdot Q_{XK}$ - 水泵附加系数(1.2~1.5)

水泵扬程: 水泵扬程为循环流量经过所有配水管网和所有回水管网的水头损失

C、太阳能系统循环水泵

流量: $qx = qjz \cdot Aj$

qjz - 单位轮廓面积集热器对应的工质流量[L/(m²·s)],按集热器产品实测数据确定。当无条件时,可取0.015L/(m²·s)~0.020L/(m²·s)。

扬程: $H_b = H_{jx} + H_j + H_f + H_z(He)$

H_{jx} - 集热系统循环流量通过循环管道的沿程与局部阻力损失(kPa);

H_j - 集热系统循环流量通过集热器的阻力损失(kPa)

H_f - 附加压力(kPa),取20kPa~50kPa。

H_z - 集热器顶与集热水箱最低水位之间的几何高差(kPa);(开式系统)

He - 循环流量通过集热水加热器的阻力损失(kPa)。(闭式系统)

D、空气源热泵端系统循环水泵

流量: $qxh = \frac{k2 \cdot Qg}{3600 \cdot c \cdot \rho \cdot r \cdot \Delta t}$

$k2$ - 考虑水温差因素的附加系数, $k2 = 1.2 \sim 1.5$;

Δt - 快速水加热器两侧的热媒进水、出水温差或热水进水、出水温差,

扬程: $H_b = H_{xh} + He1 + H_f$

H_{xh} - 循环流量通过循环管道的沿程与局部阻力损失(kPa);

$He1$ - 循环流量通过热泵冷凝器、快速水加热器的阻力损失(kPa),冷凝器阻力由产品提供,板式水加热器阻力为40kPa~60kPa

5 空气源热泵+太阳能热水系统的效益研究

5.1 从经济性分析空气源热泵+太阳能热水系统的效益

在日常生活中,家用热水的温度通常在40到60°C之间,这样的热能需求属于低温热能需求,如果使用大量的电力或煤气能源满足生活中热水的使用有些大材小用。因此,国家文件还明确了在建筑设计中添加和使用太阳能热水系统的法律规范,并使用空气源热泵辅助太阳能热水系统以降低能耗。经过基本技术的设计和选择,对经济形势进行了分析。在工程经济学领域,动态投资方法常被用来评价系统经济学。通过假设利率估计系统的使用寿命、运行成本等,并最终得到各热水系统每年使用费用。通过不同方法分析太阳能和空气源热泵的年成本,可以发现每年的费用都相对较低,这表明该计划存在较高的经济性,可以实现较少的能源成本投入。

5.2 从节能环保性分析空气源热泵+太阳能热水系统的效益

由于能源消耗的增加,许多燃料燃烧产生的CO₂数量迅速增加,并且由于燃料能源是不可再生的,导致这些资源用于热水系统的成本上升,长期使用对环境有严重影响。通过分析不同的能源消耗方式,发现热泵和太阳能热水系统的结合能够实现最低能耗,也可以减少二氧化碳排放,确保环境的质量和安,对未来的发展十分重要。

6 结束语

近年来太阳能热水器的使用已成为一种普遍现象,但传统的太阳能热水器容易受到天气变化的影响,很难实现全天候的热水供应。而空气源热泵作为一种高效节能设备推动了人们对其开发和利用,但当室外温度下降时,空气源热泵的效率会降低,特别是室外温度低于0°C时,会引起霜冻问题。根据工程实例分析表明,采用太阳能热水系统和空气源热泵的组合取代现有的建筑物热水系统,可以大大节省煤、天然气、电力的等常规能源,有效降低成本。总的来说,随着社会的发展和城市化进程的加快,城市对热水的需求不断增加,传统取暖用电量巨大,为了节约能源,

只有通过太阳能和空气双热源热泵系统的有效结合,才能有效提高热水系统的工作效率,延长应用周期,最重要的是有效减少能源资源的损失,从而为进一步发展和进步奠定坚实的基础。空气源热泵+太阳能热水系统是目前年消耗量最低的模式,有较发达的技术支持,可以有效减少有害气体的排放,并有效节省经济成本。尽管该系统需要进行大量投资,但从长远来看,考虑到其他因素的影

响,仍然是保证人们日常热水需求的重要措施。

[参考文献]

- [1]徐嘉,李红旗,王东越,等.太阳能-空气源热泵多能互补系统能效分析[J].制冷与空调,2018(12):77-83.
- [2]武斌,田琦,董旭,等.太阳能+空气源热泵热水机组系统数学模型构建与分析[J].暖通空调,2019(11):125-131.
- [3]朱星星.建筑给排水设计标准相关

问题[J].中国标准化,2016(11):128-129.

[4]刘振印.《民用建筑给水排水设计技术措施》一书简介[J].给水排水,1997(11):41-43.

作者简介:

彭庆侠(1988--),女,汉族,山东省滕州市人,本科,中级工程师,上海电子工程设计研究院有限公司,研究方向:工业厂房及附属建筑物给排水设计。

中国知网数据库简介:

CNKI介绍

国家知识基础设施(National Knowledge Infrastructure, NKI)的概念由世界银行《1998年度世界发展报告》提出。1999年3月,以全面打通知识生产、传播、扩散与利用各环节信息通道,打造支持全国各行业知识创新、学习和应用的交流合作平台为总目标,王明亮提出建设中国知识基础设施工程(China National Knowledge Infrastructure, CNKI),并被列为清华大学重点项目。

CNKI 1.0

CNKI 1.0是在建成《中国知识资源总库》基础工程后,从文献信息服务转向知识服务的一个重要转型。CNKI1.0目标是面向特定行业领域知识需求进行系统化和定制化知识组织,构建基于内容内在关联的“知网节”、并进行基于知识发现的知识元及其关联关系挖掘,代表了中国知网服务知识创新与知识学习、支持科学决策的产业战略发展方向。

CNKI 2.0

在CNKI1.0基本建成以后,中国知网充分总结近五年行业知识服务的经验教训,以全面应用大数据与人工智能技术打造知识创新服务业为新起点,CNKI工程跨入了2.0时代。CNKI 2.0目标是将CNKI 1.0基于公共知识整合提供的知识服务,深化到与各行业机构知识创新的过程与结果相结合,通过更为精准、系统、完备的显性管理,以及嵌入工作与学习具体过程的隐性知识管理,提供面向问题的知识服务和激发群体智慧的协同研究平台。其重要标志是建成“世界知识大数据(WKBD)”、建成各单位充分利用“世界知识大数据”进行内外脑协同创新、协同学习的知识基础设施(NKI)、启动“百行知识创新服务工程”、全方位服务中国世界一流科技期刊建设及共建“双一流数字图书馆”。