

## 摘要

工业企业综合节水评价研究是针对节水工作在多水源、多用户的新形势下提出的课题。本文在运用标准化相关理论、结合城市综合节水特点、构建城市综合节水标准体系的基础上。在此基础上对工业企业节水深入研究，构建工业企业综合节水标准体系框架。借鉴国内外工业企业节水的评价指标及影响因素，初步构建工业企业综合节水评价指标；运用专家调研法筛选、优化评价指标建立工业企业综合节水评价指标体系。采用层次分析法确定各评价指标的权重。运用模糊综合评价法与评分法相结合的模糊综合评分模型作为工业企业综合节水评价模型。

本研究建立的工业企业综合节水评价标准对增强工业企业综合节水评价标准的科学性和可操作性，具有实用意义。

**关键词：** 城市综合节水 标准体系 工业企业综合节水评价指标体系 评价模型

## Abstract

The research of industrial enterprises integrated water conservation is proposed in the new situation of multiple resources and users. The standard system framework of urban integrated water conservation is founded by research on combine the theory of standardization with the characteristics of urban integrated water conservation. The standard system framework of industrial enterprises integrated water conservation is founded by deeply research on enterprises water conservation. Evaluation indictor of industrial enterprises integrated water conservation is depended on influencing factors on industrial enterprises water conservation in China and Western countries. The water conservation evaluation indictor system of industrial enterprises is identified by screening and optimizing. The weight-vector of each indictor is calculated by analytic hierarchy process (AHP). This paper put forward the method of fuzzy comprehensive point system, which integrating the merits of fuzzy comprehensive evaluation and method of point rating, as the model of evaluation of integrated industrial enterprises water conservation.

The scientific and practicable of the industrial enterprises water conservation standard is improved. The paper makes good contribution to the research of industrial enterprises water conservation.

**Keywords:** Urban Integrated Water Conservation; Standard System; Evaluation Indictor System of Industrial Enterprises Water Conservation; Evaluation Model

# 北京建筑工程学院

## 硕士学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：罗丁

日期：2008年12月26日

# 1 绪论

## 1.1 研究的背景

### 1.1.1 我国水资源现状

我国年水资源总量为 2.81 万亿  $\text{m}^3$ ，且时空分布不均。全国年人均水资源量 2200 $\text{m}^3$  为世界人均水平的 1/4。全国各地缺水类型可分为资源性、水质性、工程性缺水，前两种缺水类型的地域所占比重较大，正常年份全国年均缺水量 400 亿  $\text{m}^3$ ，城市年均缺水 60 亿  $\text{m}^3$  [1]。

随着近年来我国经济的高速发展，城市化水平大幅度提高，预计到 2020 年，我国城市化水平将达到 55% [2]，据统计，从 20 世纪 50 年代中期到 2003 年，我国城市供水量从 9.6 亿  $\text{m}^3$  增加到 475 亿  $\text{m}^3$ ，人均生活用水也有了大幅度的提高，由 1957 年的 40 L/人·d 提高到 2003 年的 211 L/人·d。近 10 多年来，我国经济和城市发展速度较快，而基础设施建设相对滞后，城市缺水问题突出 [3]。全国 669 座城市有 400 多座城市供水不足，其中 110 座城市严重缺水，使城市发展面临巨大挑战。工业因缺水年均损失产值 2300 亿元 [4]。水资源短缺成为制约国民经济和社会可持续发展的重要因素，城市节水已被提到战略的高度。

### 1.1.2 我国工业企业用水节水现状

根据中国工程院的报告，我国缺水高峰将在 2010~2020 年出现，乐观的估计 2020 年我国将缺水 300 多亿  $\text{m}^3$ 。2000 年我国工业用水的取水量为 1138 亿  $\text{m}^3$ ，占全国取水总量的 20.7%，全国污水排放总量 620 亿吨（不包括火电直流冷却水），其中工业废水占 66%。2004 年我国万元 GDP 用水量为 399 $\text{m}^3$ ，约为世界平均水平的 4 倍，是先进国家的 8 倍。我国 2004 年万元工业增加值用水量 196 $\text{m}^3$ ，工业用水重复利用率约为 60%~65%。西方发达国家万元工业增加值用水量一般在 50 $\text{m}^3$  以下，工业用水重复利用率一般在 80%~85% [5]。我国各地区、各行业、各工业企业的取水水平相差也十分大，东部沿海发达地区的工业企业用水效率明显高于中西部欠发达内陆地区。

由此可见，工业用水占城市用水的比重较大，用水水平与发达国家相比存在一定的差距，但这也说明了我国的工业企业节水尚有一定潜力。工业企业合理利用水资源、提高水的重复利用率、减少污、废水的排放量，对节约我国城市用水起着举足轻重的作用。目前，工业用水主要以地下水、地表水等传统水源为主要水源，对再生水、含盐水等非传统水资源的利用有限。并且各地区、各行业企业之间用水水平差异较大，我国工业用水主要集中在火力发电、造纸、纺织、钢铁、石油化工行业等高耗水行业。因此，如何合理开发利用水源，做到分质用水、优水优用，是工业企业节水的主要途径。随着工业化和城市化进程的不断加快，我国工业用水低效率、高增长、重污染的现状已与我国水资源条件极不相适应。加强工业节水，是一项十分重要的任务，是实现水资源可持续发展的主要保证。

根据工业生产特点，工业节水的基本途径一般可分为三类：一是提高生产用水系统的用水效率，即通过改变生产用水方式提高水的利用率，简称“系统节水”；系统节水一般可在生产工艺条件基本不变的情况下进行，故较易实现。二是通过加强管理，减少水的损失，或通过利用海水、大气冷冻、人工制冷等，减少淡水或冷却水量，提高用水效率，节水简称为“管理节水”；三是通过实行清洁生产、改变生产工艺或推动生产技术进步，采用少水或无水生产工艺，合理进行工业生产布局，减少水的需求，提高用水效率，简称“工艺节水”。根据相关资料对我国主要工业行业用水（节水）状况进行分析可知，目前我国主要工业行业的单位产品取水量指标，除纯碱、合成氨与国外同类先进指标值相当外，绝大多数高出同类先进指标值 2~3 倍，部分行业高出更多。根据 2010 年节水规划目标分析，目前国外先进用水（节水）指标值即为我国各行业今后 10~20 年甚至更长时间可以达到的用水（节水）水平。据统计，从 1983 年到 1997 年我国城市工业节水效果的贡献份额中，系统节水占 65%，管理节水和工艺节水共占 35% [6]。但从长远看，在前两种途径，特别是系统节水发挥到一定作用时，工艺节水的效果会日益明

显,是蕴含极大潜力的节水途径。

《工业节水“十五”规划》所确定的“十五”时期我国工业节水的指导思想是:坚持开源节流并重、把节约放在突出位置的方针,以总量控制、定额管理为目标,以提高水的利用效率为核心,以高用水行业为重点,以发展节水技术和工程为支撑,以加强管理体制和运行机制为先导,以水资源的可持续利用促进工业可持续发展,以企业为主体,加大结构调整和技术改造力度,积极改革水价,强化工业节水管理,促进工业增长与水资源的协调发展,积极创建节水型企业<sup>[7]</sup>。国工业企业节水多集中在节水技术的改进、节水项目的建设等技术措施层面上,缺乏相应的、系统的标准去指导、规范、约束工业企业的用水节水行为。特别是在评价工业企业节水水平的优劣方面,尚缺少比较完善的评价指标体系和评价方法。

## 1.2 研究的目的和意义

基于我国当今水资源紧缺以及工业企业用水多水源、多用户的现状,为使工业企业清楚自身用水节水现状,更加科学合理的利用有限的水资源,提高用水效率,减少污废水的排放量,需对工业企业综合节水标准体系进行研究。通过拟建标准体系,能发现工业企业节水标准中存在的不足与空白,使其成为工业企业节水工作今后的发展方向,使工业企业节水工作更具系统性。

工业企业综合节水评价研究目的是通过对工业企业用水节水的全面分析找出差距、发现不足,更好的科学合理利用水资源,为不同行业的工业企业建立一个可行的工业企业综合节水评价标准服务,使其对不同类型工业企业具有一定的通用性,同行业企业间具有较好的可比性,推动我国工业企业节水工作向更深层次发展。本课题完善了对工业企业节水评价标准的研究,能为工业企业节水战略提供导向,有助于企业的科研、生产及管理工作,对保护水资源、防治水污染、实现水资源可持续发展具有重要的经济和社会意义。

## 1.3 国内外研究概况

### 1.3.1 国外研究动态

无论是发达国家还是发展中国家,各国都十分重视水资源的节约和合理使用。尽管各国水资源情况不同,在节水技术和政策的实施程度上各有不同,但对我国城市综合节水研究有很大的借鉴之处。美国把加强水的立法作为依法管理水资源的基础,立法涉及水资源开发、保护、水污染防治、水资源规划、水灾防治、水质保护、水纠纷调节处理等几个方面,制定了《供水法》、《水污染防治法》、《水资源开发法》、等30多部水资源法规<sup>[4]</sup>。EPA也制定了《安全饮用水标准》、《联邦水质标准》来规范用水行为。美国的城市用水中,家庭用水和商业用水的比例比较大,约占城镇总用水的70%以上,更换、安装室内节水器具是美国节水的主要措施<sup>[8]</sup>。1992年《美国能源政策法》颁布节水器具用水效率标准,预计至2025年更换的新型节水器具将使全国可节水36%<sup>[4]</sup>。加拿大和美国是最早提出水质规划的国家之一,立法、法规与标准制定和执法都较完善。加拿大的水质法规包含:排污许可制度、省代表制度、依据技术制定的标准、依据水质要求制定的管理计划、污泥处理导则、城市与工业暴雨径流控制规定与废物预处理规定等。以色列围绕农业节水技术的应用,注重农业节水设备的研制。包括输水管道、喷头、滴头、过滤器、阀门、自动控制装置等,形成了比较完整的农业节水配套标准体系,使以色列的农业节水在国际处于领先地位<sup>[4]</sup>。日本的节水有完善的管理办法,并以此来制约、规范全国的水事活动。政府于1973年制定了《控制水道水的需要量的措施》,以推行各种节水措施和促进水的有效利用,并在1985年将“控制水道水的需求措施委员会”改为“推行建设节水型城市委员会”,更努力地充实和推行节水措施。日本还制定了《节约用水纲要》,动员市民共同努力,建设节水型城市<sup>[9]</sup>。

对于工业企业节水评价,国内外都没有完善、统一的标准,注意力一般集中在技术改进方面,或者只是提出一些完善政策、加强管理等定性的改进方法。国外的工业节水工作已经相对成熟,形成了系统全面的节水体系。美国是节水研究较早也是研究最多的国家。对各州普遍将节水和用水量管理视为水资源总体规划(Integrate Water Resources Planning)的一部分。美国新墨西哥州颁布了对商业、公共机构和公共用水户的节水导则,其中包含了帮助决策者开发全面节水规划的有用数据<sup>[10]</sup>。美国德克萨斯州

用水委员会发布了节水最佳管理措施(BMPs)导则报告,其中包括指导工业用户开展节水和成本效益分析方面<sup>[11]</sup>。Dr. Peter H. Gleick 等人在美国加利福尼亚州节水潜力报告中分析工业各行业节水潜力,并与工业用水基准对照<sup>[12]</sup>。

### 1.3.2 国内研究动态

我国对工业企业的合理用水及评价颁布了一系列国家、行业标准及行政管理文件:最早的是由国家技术监督局发布的《评价企业合理用水技术通则》(GB 7119—86),而后于1993年经修订为《评价企业合理用水技术通则》(GB/T 7119—93)(1993年6月19日发布,1994年2月1日实施)、于2006年经修订为《节水型企业评价导则》(GB/T 7119—2006)(2006年7月18日发布,2006年12月1日实施)。在此基础上,相继出台了国家技术监督局发布的《企业水平衡与测试通则》(GB/T 12452—90)(1990年7月24日发布,1991年3月1日实施)、中华人民共和国建设部发布的《工业用水考核指标及计算方法》(CJ 42—1999)(1999年6月14日发布并实施)等相应标准。为促进企业合理用水,创建节水型企业(单位),推动企业节水技术进步,提高城市节约用水管理水平,建设部于1997年制定了《节水型企业(单位)目标导则》(城建[1997]45号)。各省、市也根据地区水资源及用水特点,制订了一些评价工业企业合理用水节水的考核文件,如:《北京市节水型企业(单位)建设考核标准及说明》、《江苏省节水型企业(单位)考核说明》、《乌鲁木齐市节水型企业(单位)建设考核标准》等。一系列的标准及考核文件的出台为我国对工业企业综合节水评价提供了一个示范性平台,对创建节水型企业(单位)工作有积极意义。

此外,国内对城市工业节水综合评价的研究也在不断展开。崔玉川<sup>[13]</sup>从工业节约用水量 and 用水率两大类评价指标分析工业节水。郑小华<sup>[14]</sup>选取7个主要的评价指标构建城市工业节水评价指标体系,运用可拓物元模型进行综合评价。陈伟、王玉坤<sup>[15]</sup>在通过对河北供水区七个市的工业取水量,通过比较率法的基本构思建立数学模型,体现不同城市工业节水水平和差距。但对于工业企业节水评价而言,整体分析不够全面,大多都是定性分析、缺乏科学合理的量化标准;仅从单一角度考虑评价指标,有的甚至只选取一个指标相关来评价,评价指标的选取缺乏科学性,工业企业综合节水评价的可操作性较差。

## 1.4 本课题研究的主要内容

### 1.4.1 城市综合节水标准体系

根据标准化的相关理论,将标准体系建立的目标、原则与城市综合节水相结合,把城市节水系统划分为初端节水、中端节水、末端节水,构建城市综合节水标准体系(包括编制说明、收录范围、城市综合节水标准体系结构框图、城市综合节水标准体系表)。

### 1.4.2 工业企业综合节水标准体系

在拟构建的城市综合节水标准体系的基础上,以工业企业节水为研究主线,对工业企业节水标准体系进一步深入研究。将工业企业按国家统计局的行业划分为十五大类(冶金工业、电力工业、煤炭工业、石油工业、化学工业、机械工业、建筑材料工业、食品工业、食品加工业、纺织工业、缝纫工业、皮革工业、造纸工业、文教用品工业、其他工业),构建出工业企业综合节水标准体系框架。从中发现现行我国工业企业节水标准中的不足与发展方向。

### 1.4.3 工业企业综合节水评价指标体系

从指标体系构建的理论研究开始,结合国内外工业企业节水的措施及现有对工业企业节水评价指标的分析,综合考虑得出初拟的工业企业综合节水评价指标,再运用专家调研法,将一些不易获取数据资料、不能充分反映评价对象特点、对评价对象影响不大的指标予以舍弃,优化评价指标,建立工业企业

综合节水评价指标体系。采用层次分析法（AHP）确定评价指标权重。

#### 1.4.4 工业企业综合节水评价模型

通过分析综合评价的方法理论,结合各评价模型的适用范围及工业企业综合节水评价指标体系的特点,综合考虑选用模糊综合评价法与经典评分法中的加权评分法相结合的模糊综合评分模型进行计算。以电力行业为例作为研究对象,采用模糊综合评分模型进行实例计算,确定电力行业节水评价等级标准。

## 2 城市综合节水标准体系框架构建研究

### 2.1 标准体系框架构建的相关理论研究

#### 2.1.1 标准与标准化

##### 2.1.1.1 标准

标准是标准化活动的产物,是为了在一定范围内获得最佳秩序,经协商一致制定并由公认机构批准,共同使用和重复使用的一种规范性文件。标准宜以科学、技术、经验的综合成果为基础,以促进最佳共同效益为目的<sup>[16]</sup>。

##### 2.1.1.2 标准化

标准化是为了在一定范围内获得最佳秩序,对现实问题或潜在问题制定共同使用和重复使用的条款的活动<sup>[17]</sup>。制订、实施、评价标准是组成标准化活动的三个过程<sup>[18]</sup>,这个过程也不是一次就完结了的,而是一个不断循环、螺旋式上升的运动过程。每完成一个循环,标准的水平就提高一步。标准化的核心是标准,关键是贯彻执行标准<sup>[19]</sup>。

根据标准化对象范围的大小,标准化可分为两大类:一类是标准化的具体对象,即需要制定标准的具体事物,如可以对鞋子的尺码和耐用性分别标准化;另一类是领域标准化,即各种具体对象的总和所构成的整体,通过它可以研究各种具体对象的共同属性、本质和普遍规律,这些具体对象是一组相关的标准化对象。例如工程、运输、农业均可视为领域标准化。领域标准化由“标准体系”、“管理机制”和“运行机制”三部分组成。在管理机制方面,着重于标准、规范的制定;在运行机制方面,则为标准的实施及其监督。

#### 2.1.2 标准体系

##### 2.1.2.1 标准体系的概念

标准体系是指一定范围内的标准按其内在联系形成的科学的有机整体<sup>[20]</sup>。其中,“一定范围”可以指国际、区域、国家、行业、地区、企业范围,也可以指产品、项目、技术、事物范围<sup>[21]</sup>;是指标准所覆盖的范围,工业企业综合节水标准体系的范围是整个工业企业节水系统。“内在联系”是指上下层次联系,即共性与个性联系和左右之间的联系,即相互统一协调、衔接配套的联系<sup>[22]</sup>。“科学的有机整体”指标准体系是一个整体,标准体系内各项标准之间具有内在的有机联系<sup>[21]</sup>,这种联系不是简单的叠加,而是根据标准的基本要素和内在联系组合而成的,具有一定集合程度和水平的整体结构。

标准体系是一个由标准组成的系统,是标准化系统内标准最佳秩序的体现。其形成有两种模式,即由局部到整体和由整体到局部。标准体系是一个较为抽象的概念,在实际运用过程中则将其具体化为标准体系表的形式<sup>[23]</sup>。

##### 2.1.2.2 标准体系的特征和属性

###### ① 目标性

任何标准体系的建立首先要确定建立系统的目标,然后根据目标进行系统的分析、研究和规划,达



到实现目标的目的。标准体系应围绕实现特定标准化目的建立<sup>[24]</sup>。编制体系的目标也决定了标准体系内各标准所应达到的水平。

### ② 整体性

标准体系的整体性体现在标准体系组成的完整性、一体性和均衡性<sup>[19]</sup>。完整性是指组成标准的完整成套；一体性是指标准体系中所涵盖的标准是遵循一定结构和层次的有机整体；均衡性是指标准体系中标龄到期的标准能及时修订，避免标准体系中存在先进和落后的不均衡性。

### ③ 科学性

科学性是标准化的基本原则，它是保障技术系统安全、可靠、稳定运行的根本条件，因此建立标准体系首先应贯彻这项基本原则<sup>[25]</sup>。标准体系的层次不能简单地以行政系统划分为依据，而应当以工业企业综合节水的总体发展需要为原则，以系统理论的原理为依据进行规划。

### ④ 动态性<sup>[24-26]</sup>

因为标准体系是在一定的经济、技术、社会条件下形成的，作为一个开放的系统，它必然受到一个国家(地方、企业等)管理体制和方针政策的影响，受到经济发展、科学技术发展水平的影响，受到生产的社会化和组织化程度的影响，因此标准体系是一个动态的系统，随着社会、生产、技术的发展不断调整和更新。

一定时期内的标准体系只能与当时的科学技术水平和经济发展需要相适应，并受当时的人力、物力和财力的限制，所以在确定目标项目时，既要考虑到目前我国经济发展的需要和科学技术发展的现状，也要预见到未来科学技术和生产发展对标准化的需求，始终保持标准体系的动态发展。

### ⑤ 层级性<sup>[24-26]</sup>

标准体系中既包括通用标准也包括专用标准。专用标准是直接表达一种标准化对象的个性特征的标准；通用标准是同时表达存在于若干种标准对象间所共有的共性特征的标准。一定范围内的若干标准中，提出共性特征并制定成通用标准，然后将此通用标准安排在标准体系表内被提取到若干标准之上，这种提取出来的通用标准构成标准体系的一个层次<sup>[20]</sup>。标准体系的层级性体现在以下几方面：

- (1) 标准体系是由低层的个性标准找出共性特征，将共性特征制定成共性标准集合成的；
- (2) 上层标准对下层标准有一定的指导制约作用，下层标准在不违反上层标准的原则下，结合具体情况进行一定的补充；
- (3) 上层标准由于具有较大的通用性和综合性，不能完全反映下层标准的个性，下层标准在实施过程中结合具体情况进行一定的补充；
- (4) 标准体系之间既有纵向的补充关系又有和横向的标准体系间的补充关系；
- (5) 从产品、过程、服务或管理标准中提取共性特征形成共性标准时，可以依据不同的特征制定不同的标准或只制定通用技术条件；
- (6) 贯彻到产品、过程、服务或管理标准中的所有标准必须相互协调，而不应相互矛盾。

#### 2.1.2.3 标准体系框架

标准体系包括标准体系编制说明，标准体系框架，标准体系表三部分<sup>[27]</sup>。标准体系框架是标准体系的重要组成部分，它表现为一种标准分类方法，用来对标准进行粗线条的分类，通过它可以把大量已制定的、无序的标准映射为有序子体系，划清各部分的界线；并能发现标准制定的空白领域，提出需要加强的方面。

现有的标准体系框架结构多为二维结构和三维结构。

二维标准体系，层次结构方块图是最常见的形式。详细结构如图 2.1 所示：

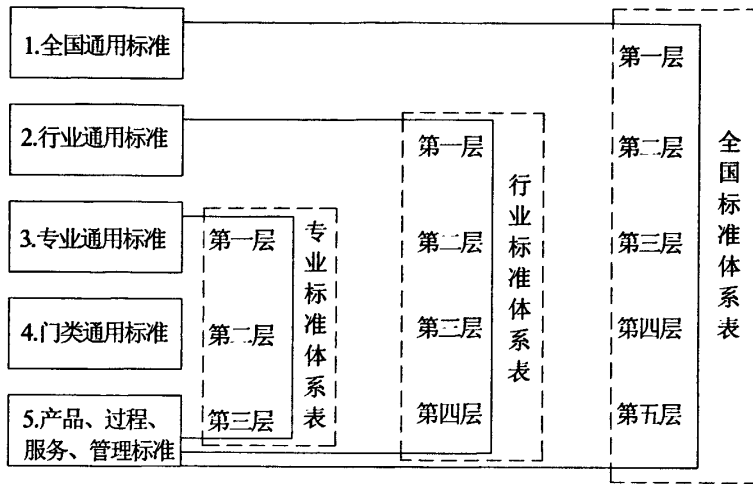


图 2.1 层次结构示意图

三维标准体系框架结构源于标准化空间。标准化空间的概念是波兰的约·沃吉茨基于 1960 年得出的<sup>[22]</sup>。它将内容、领域、级别——这三个标准天然具备的三要素分别作为三维直角坐标系的标注，如图 2.2 所示。空间内的任一点都对应于一个具体标准，即任何一个标准都可以在标准化空间中找到自己的位置。

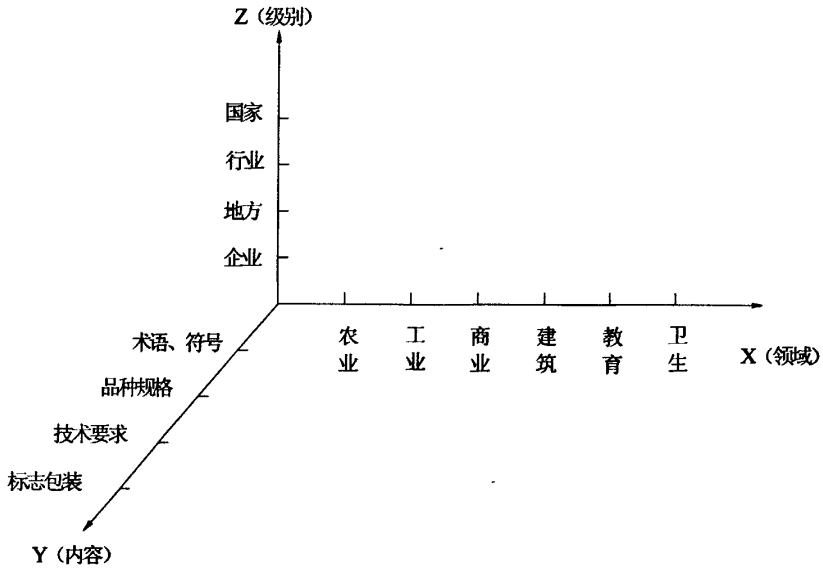


图 2.2 标准化空间示意

### 2.1.2.4 标准体系表

#### ① 标准体系表的概念

一定范围内的标准体系的标准,按一定形式排列起来的图表,称为标准体系表。它是以图标的方式反映标准体系的构成,各组成元素(标准)之间的相互关系,以及体系的结构全貌,从而使标准体系形象化、具体化。标准体系是一种指导性技术文件。它可以指导标准制定、修订计划的编制,指导对现有标准体系的健全和改造。通过标准体系表,可以使标准体系的组成由重复、混乱走向科学、合理和简化,从而有利于加强对标准化工作本身的管理<sup>[22]</sup>。

#### ② 标准体系表的结构

标准体系表的结构是标准体系固有内在结构的形象表示。标准体系同别的系统一样,其内部结构是一个空间结构,具有纵向的层次关系和横向的门类关系,同时还具有时间的序列关系。那么作为该体系反映的标准体系表,其结构也具有这样三种关系。

(1) 纵向的层次关系。是指整个标准体系表分为若干层,位于各层的标准,从上至下,标准的共性逐渐减少而个性逐渐增大。位于上一层的标准对下一层的标准起着指导和制约的作用;位于下一层的标准则对上一层的标准起着补充和具体化的作用。这种层次关系,从本质上来说,反映了标准化对象之间本来就存在的共性和个性、抽象与具体、统一与变异的辩证关系。不同层次的标准相互制约、相互补充,构成一个有机整体。

(2) 横向的门类关系。标准体系表中位于同一层次上的标准,又按照它们所反映的标准化对象的属性,分成若干门类,位于同一层次的各项标准之间的关系,其关系不是指导和遵从、共性和个性的关系,而是相互联系、相互影响、相互协调的关系。

(3) 时间上的序列关系。序列关系有两种:一是反映标准化对象,在其运动过程中本身所固有的先后顺序关系;二是由标准的相互制约关系所决定的制定标准的时间先后关系。

### 2.1.3 标准化与标准体系的关系

标准化与标准体系的关系如图 2.3 所示:

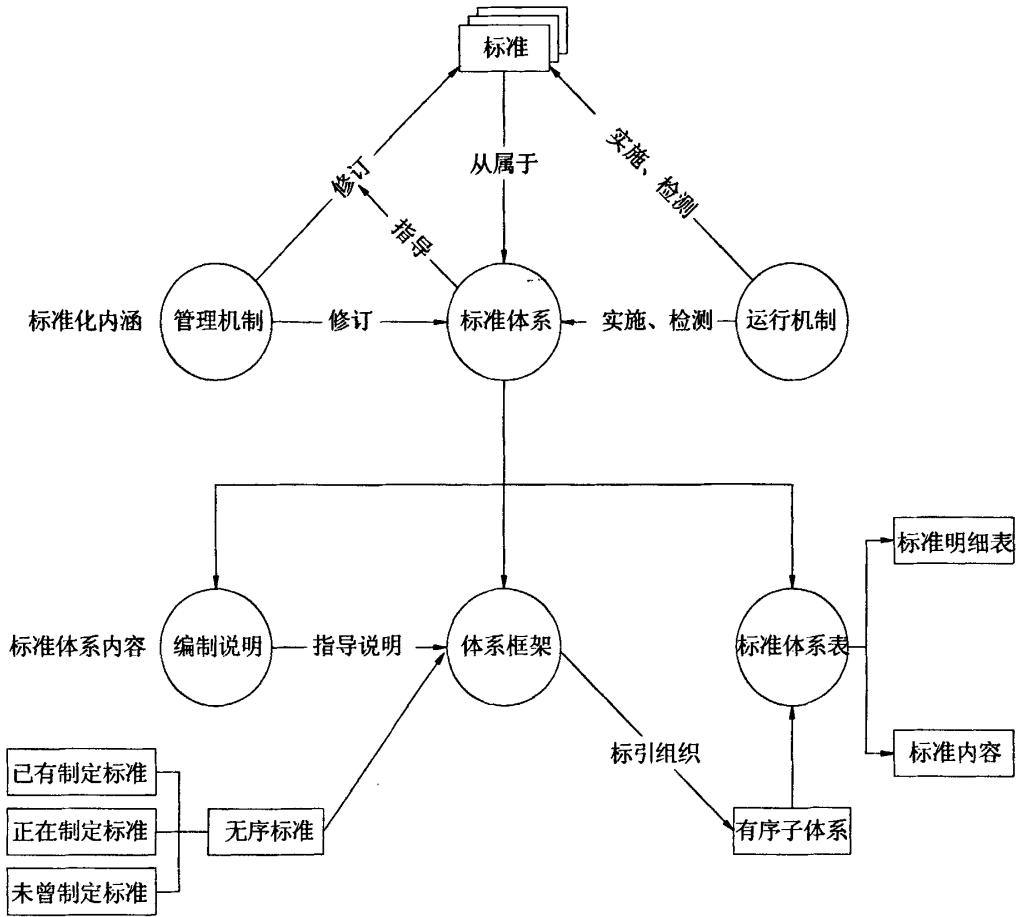


图 2.3 标准化示意图<sup>[28]</sup>

## 2.2 城市综合节水标准体系建立的目标和指导思想

### 2.2.1 目标

① 通过建立城市综合节水标准体系，为城市节水相关主管部门依法行政、科学管理、有效指导工业企业节水工作提供技术保障和支持；为企业及时了解综合节水标准的信息并自觉执行国家各级标准提供保障。

② 通过城市综合节水标准体系的标准化需求分析，重新评价和清理现有的标准，提出标准制修订项目，使绝大多数的城市节水方式都有标准相对应，从而达到全面质量控制的目的。

③ 逐步解决目前城市节水相关标准中存在的问题，通过与国际组织及发达国家标准体系的对比，找出我国城市节水相关标准中存在的主要差距，促使其与国际接轨，研究形成科学全面、系统配套的城市综合节水标准体系框架。

### 2.2.2 指导思想

按照新时期城市综合节水发展的总体要求，根据国家的相关法律、法规、政策、条例，以非传统水

资源开发为导向,以提高水资源利用率、减少用水损失和用水浪费为重点,以国际标准为参照,以城市多水源多用户之间合理、协调调配为基础,以政府推动为主导力量,着眼于城市节水的规划、实施和水源保护等全周期过程,建立一套既适合国情又适合国际惯例的城市综合节水标准体系,为新时期城市建设和社会和谐发展提供强有力技术支撑。

## 2.3 城市综合节水标准体系建立的原则

### 2.3.1 坚持标准化理论与法律法规相结合的原则

城市综合节水标准体系的建立在遵循标准化“统一、简化、协调、优选”的基本原理的前提下,必须与城市节水的相关法律、法规、政策、条例相衔接。因此,在建立标准体系时,要避免重复和交叉、繁杂和混乱;也必须紧紧围绕现行的与城市节水相关的法律、法规、政策、条例的规定和要求,使之得以充分地体现,避免标准与国家法律、法规、政策、条例相互脱节的现象。法律、法规对标准的制定有导向性作用,标准是对法律法规中条款的细化和延伸。

### 2.3.2 坚持循序渐进与全面统筹相结合的原则

城市综合节水标准的制定主要是立足当前多水源、多用户的现状,在已有的相关城市节水标准的基础上,全面协调多水源与多用户之间的关系,填补现有标准存在的空白与不足,不断完善,是一个循序渐进、滚动发展的过程。“开源”和“节流”是节水的两大途径,“节流”是最直接的方法,主要是针对不同用户来制定标准,现行标准针对合理开发利用非传统水源的“开源”相对较多,覆盖层面也相对较广。因此,加强对再生水、雨水、含盐水、矿井水、外调水的合理开发利用标准的制定,是我国城市综合节水标准体系中的薄弱环节,也是今后制定标准工作的主要方向;与此同时,随着形势的发展、工作范畴的扩展和工作要求的提高,针对用户端的节水标准也应不断修订,确保标准的时效性,与时俱进。

### 2.3.3 坚持现实性与可操作性相结合的原则

城市综合节水标准必须与一定时期内的经济发展水平和水资源开发利用技术水平相适应。这一原则要求制订标准要充分考虑标准实施时在经济和技术的可行性。如果一个节水标准过分超前,订的指标太高,超过当时的经济承受能力和水资源开发利用技术所能达到的要求,那么,这个标准就无法被社会所接受,也根本不可能有效地执行。如果节水标准订得太低,虽然执行这样的标准没有经济和技术上的障碍,但是不利于有效地保护水源、提高水资源的利用效率。那么,这样的标准执行得再好也是没有意义的。可见,制定过高或过低的标准对水资源的可持续利用都是不利的。因此,要做好充分的调查、研究工作,掌握我国现阶段经济发展水平、水资源开发利用技术水平状况及两者的发展趋势和前景,做到城市综合节水标准与一定时期内的经济发展水平和水资源开发利用技术水平相适应。

## 2.4 城市综合节水标准体系构建

### 2.4.1 编制说明

城市水系统包括城市水源子系统、城市供水子系统、城市用水子系统和城市排水/回用子系统四个子系统。城市水源子系统主要包括地表水、地下水等传统水源以及再生水、雨水、含盐水、外调水等非传统水源。城市供水子系统是指将水源水经过提取加工处理后,按需要制成符合一定水质要求的水并送到用户的一系列工程的组合体<sup>[29,30]</sup>,是城市水资源管理的前提和基础,既要满足城市用水需求,又要考虑水资源、环境、经济的承受能力<sup>[31]</sup>,主要包括公用(城建部门管理的)自来水厂和单位(工矿、企业)自备水源两部分,是城市节水(用水)系统物质流的动力站<sup>[29,30]</sup>。城市用水系统是对供水系统所

提供的自来水厂出水和自备井水进行使用的环节<sup>[29,30]</sup>，主要涵盖生活用水、工业企业用水、生态用水等方面。城市排水/回用系统包括污、废水的收集、处理、回用/排放系统。

城市综合节水不是传统的减少用水量、限制用水，而是一种观念的转变，即基于城市良性水循环思想，在多水源、多用户的城市水系统中采取可行的综合措施，减少水的损失和浪费，提高用水效率，合理和高效利用水资源<sup>[31]</sup>，用更少的水来获得更大的利益，是一个优化的过程。

以城市水系统（城市水循环）过程为主线，将城市综合节水系统划分为以下三个系统：城市初端节水系统、城市中端节水系统、城市末端节水系统。城市末端节水系统是从用水的末端用户考虑的，划分为生活节水系统、工业企业节水系统和生态节水系统。城市中端节水系统是指从供水水源到末端用户之间所有过程的节水，主要指管网漏损控制和水处理厂节水。城市初端节水系统是从水源角度考虑，包括对地下水、地表水等传统水源的合理利用以及对再生水、雨水、含盐水、外调水的收集——处理——利用。末端用户排出的污、废水回用部分可归到此系统中。

尽管在节水技术与政策的实施程度及种类上各有不同，但大体上都包括以下几方面措施：① 节流，提高水资源的利用效率。节流是节约水资源，提高其利用效率的最重要途径；② 大力开源，增加水的供应量。为增加水的供应量，国外许多国家都在积极扩大水源，主要的途径是集雨、海水淡化、微咸水的利用以及跨流域调水；③ 加强水资源管理体制与政策的合理安排，提高和实现节水效率。由此可见，城市节水系统的“三端”划分不仅符合国内外城市节水技术、政策的主要经验和做法，而且强调了连接水源与用户之间的管网及水处理厂节水在城市节水系统中的重要性。

## 2.4.2 收录范围

主要包括：

① 由国家质量监督检验检疫总局发布或国家质量监督检验检疫总局与国家标准化委员会联合发布的，以建设部为主编部门或起草、归口单位的已颁、在编或拟编的国家标准。

② 由建设部发布的现行有效的已颁、在编或拟编的城镇建设行业标准，包括建设部与其他部位联合发布的建筑行业标准。

③ 由其他部委与建设部联合发布的已颁或在编的其他行业标准。

④ 由建设部发文在全行业推广使用的其他行业先进标准。

⑤ 目前由水利部门主管的，且与城镇建设行业关系密切的水利技术标准（包括国家标准和水利行业标准）

⑥ 建设部、环保部、工程建设标准化协会等部委颁布的涉及节约用水的相关标准。

标准体系涉及的标准有国家标准、行业标准，其代号如表 2.1 所示：

表 2.1 国家标准、行业标准代号

序号	标准类型
1	国家标准 (GB, GBJ; GB/T, GBJ/T)
2	城镇建设 (CJ, CJJ; CJ/T, CJJ/T)
3	水利 (SL; SL/T)
4	电力 (DL; DL/T,)
5	石油天然气 (SY; SY/T)
6	环境 (HJ; HJ/T)

## 2.4.3 城市综合节水标准体系结构框图

根据标准体系的内在联系特征和城市综合节水的特点，城市综合节水标准体系采用城市节水系统维、专业序列维和层次维构成的三维框架结构，见图 2.4.a，城市节水系统维、专业序列维和层次维展开图见图 2.4.b，城市综合节水标准体系构架结构表请见附录表 1。

① 城市节水系统：与城市节水的政府职能和和施政领域密切相关，反映了城市节水的主要对象、作用和目标，体现了城市综合节水的特色。按城市综合节水系统标准的专业门类分为“城市初端节水系统”、

“城市中端节水系统”和“城市末端节水系统”三大类。

(1) 城市初端节水系统：收入涉及地表水、地下水等城市传统水源和再生水、雨水、含盐水、外调水等非传统水源利用的标准。

(2) 城市中端节水系统：收入涉及供水、排水等城市传统市政管网，再生水、雨水、外调水等非传统市政管网和城市水处理厂节水类的标准，是连接初端节水与末端节水的纽带。

a.) 管网漏损控制：是给排水系统从水源到用户、再从用户到水源的重要环节，是针对城市各类管网的布局、输配水的漏损及安全性的标准。

b.) 水处理厂节水：水处理厂节水主要是指水处理厂自用节水的节水，主要由水处理厂的排泥水、反冲洗水和其他生产、生活用水组成。

(3) 城市末端节水系统：收入涉及生活节水、工业企业节水、生态节水等城市用户端类别的标准。

a.) 生活节水系统：生活节水系统包括居民家庭生活节水、公共服务节水、城市杂用水节水三部分。公共服务节水包括：机关/写字楼节水、大专院校节水、商业节水、部队节水、宾馆饭店节水、旅馆节水、餐饮节水、医疗卫生节水、中小幼节水、文娱乐场所节水、市政单位节水、洗浴节水、外事单位节水、文化事业节水、居民服务及其他服务业节水、影剧院节水等；城市杂用水包括：(冲厕、道路清扫、建筑施工、消防)节水、环境用水(娱乐性景观环境用水、观赏性景观环境用水、湿地环境用水)节水和补充水源水(补充地表水、补充地下水)节水三个方面。

b.) 工业企业节水系统：工业企业节水系统按照国家统计局对工业划分的十五个行业进行划分。

c.) 生态节水系统：生态节水系统包括城市绿化节水、环境用水(娱乐性景观环境用水、观赏性景观环境用水、湿地环境用水)节水和补充水源水(补充地表水、补充地下水)节水三个方面。

② 专业序列：为实现上述专业目标所采取的工程建设程序或技术装备类别，反映了国民经济领域所具有的共性特征。根据对现行实施的与节水相关标准分析与总结，按标准的专业序列展开，分为“综合技术”、“节水规划”、“工程建设”、“节水管理”、“节水型产品”和“保护”六大序列的技术标准。

(1) 综合技术：收入涉及两个或两个以上的序列，具有综合性或难以归入“节水规划”、“节水管理”、“工程建设”、“节水型产品”、“保护”五大序列的技术标准。其中包括城市用水节水的分类分级标准、名称术语标准；用水水质、水量标准；节水导则等。

(2) 节水规划：编制城市节水规划的相关标准。

(3) 节水管理：包括“用水定额管理”、“用水价格管理”、“节水计量管理”、“节水评价”、“节水信息系统管理”五个子序列所涉及的标准。

(4) 工程建设：按照工程建设的步骤顺序，将“工程建设”依次划分为“工程设计”、“工程施工”、“工程验收”三个子序列。

(5) 节水型产品：“节水型产品”包括“节水型设备”与“节水型器具”。

(6) 保护：保护包括“污水排放”与“突发事件预警”两方面内容。

③ 按标准的层次展开，分为“基础标准”、“通用标准”、“专用标准”三个层次。

(1) 基础标准：是指具有广泛的普及范围或包含一个特定领域的通用规定的标准，在城市综合节水范围内可作为其他标准的基础并普遍使用，具有指导意义的标准。这一层次的标准主要包括术语符号、分类分级等。

(2) 通用标准：是指在一定范围或领域内通用的标准，是由各项专用标准中将其共性内容提升上来的标准，是针对某一类标准化对象制定的覆盖面较大的共性标准。如：通用的节水工程技术标准及通用的节水管理标准。

(3) 专用标准：是指受有关基础标准或通用标准所制约，仅适用于某个专门对象或作为通用标准的补充、延伸制定的专项标准。它的覆盖面一般不大，如：城市末端节水(用户端)的节水规划、工程建设、节水管理、节水型产品、保护的要求和方法，某个领域的安全、卫生标准，某类节水型产品的应用及管理要求。专用标准的数量在体系表中往往占大多数。

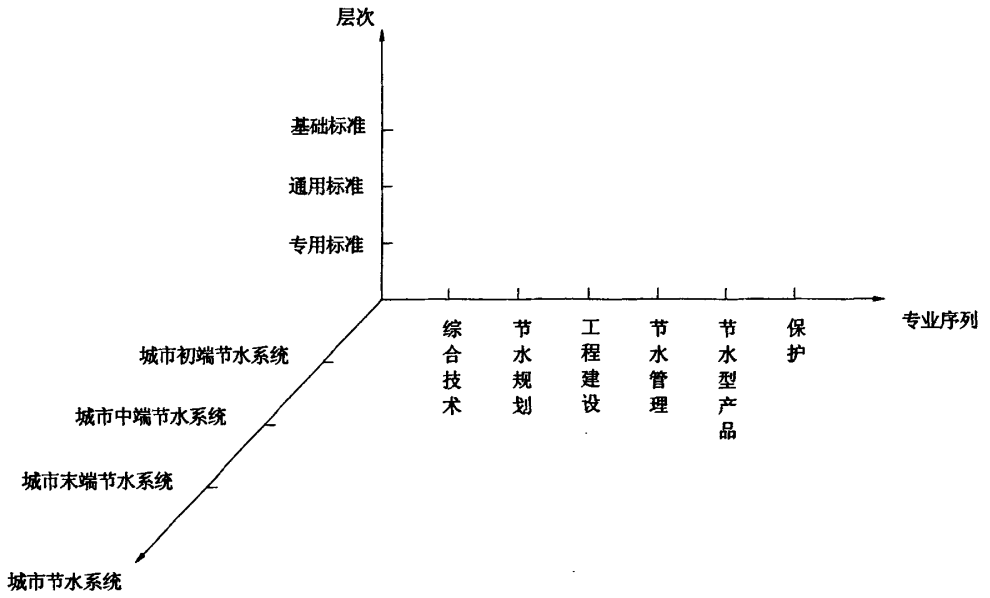


图 2.4.a 城市综合节水标准体系三维框架结构图



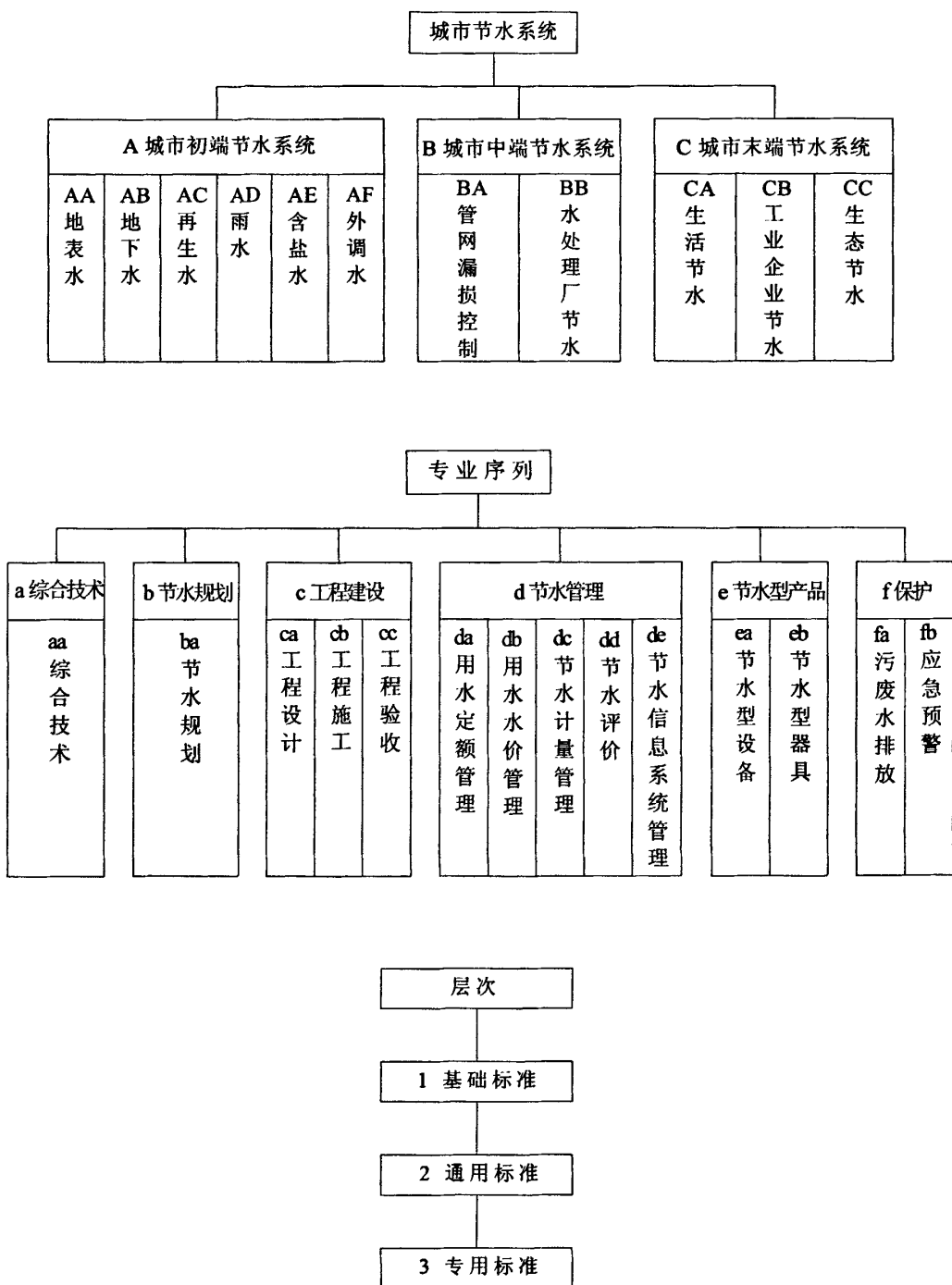


图 2.4.b 城市节水维、专业序列维、层次维展开图

## 2.4.4 城市综合节水标准体系表

根据上述标准体系结构的确定,研制出初步的城市综合节水标准体系,根据城市综合节水科技水平的发展、技术创新和社会经济水平的提高,多水源、多用户的可持续发展新局面,来制订新的标准完善城市综合节水标准体系。表中标准有标准编号的,为现行标准;无标准编号的,有的正在编制,有的属于拟编项目,在编和拟编项目也有国标、行标、协会标不同类型。每项城市综合节水标准的体系号头几个大写字母属于城市节水系统编号,接着的两小写字母属于专业序列号,后面的数字表示层次号(1为基础标准,2为通用标准,3为专用标准)。横线后面的数字表示相同城市节水端、相同专业序列和相同层次号标准的顺序号。详细标准体系表请见附录表2。

## 2.5 工业企业综合节水标准体系构建

### 2.5.1 编制说明

工业企业综合节水标准体系是在构建城市综合节水标准体系的基础上,对工业企业用水节水方面的进一步深化。以工业企业用水节水为研究主线,对各行业工业企业的节水工作展开全面、深入、细致的研究。从拟建立的城市综合节水标准体系三维框架结构图可以看出,将末端节水展开,包括生活节水、工业企业节水、生态节水三方面。工业企业用水是城市用水子系统的主要部分,工业企业节水是“末端节水”子系统中的重要组成部分。由于工业企业用水占整个城市用水的比重较大,工业企业综合节水标准体系的建立对整个城市综合节水起着举足轻重的作用。工业企业节水标准体系的建立要充分结合工业企业用水节水的特点,反映出今后工业企业节水工作中的发展方向。

所谓的工业企业综合节水亦不是传统的减少工业企业的取用水量、限制用水,而是基于工业企业用水良性水循环思想,在多水源、多用户的工业企业水系统中采取可行的综合措施,减少水的损失和浪费,提高用水效率,合理和高效利用水资源<sup>[31]</sup>,用更少的水获得更大的利益。对工业企业而言,所谓多水源即地下水、地表水等传统水源与再生水、雨水、含盐水、外调水等非传统水源的合理开发利用;多用户既可指工业企业用水中所涵盖的生活用水、生产用水、生态用水,又可指各行业工业企业的不同用户。工业企业综合节水的目标是使用于工业企业范围内水资源得到科学合理的开发、利用、整治和保护,实现水资源的永续利用与社会、经济、资源、环境协调发展,不断满足城市各方面长期发展的需要,达到最佳的社会、经济和资源综合效益,促进节水型工业企业与节水型城市建设,最终达到节约型社会的构建和维护。

工业企业用水过程中由于企业所属行业类别,产业结构、工艺条件、地区差异等诸多因素的不同,其用水的性质、条件、种类、水量参差不齐,为便于工业企业用水管理,分析工业企业用水规律,进行行业间水平比较,提高工业用水的合理化程度,需要对工业企业用水进行分类。目前,工业企业用水分类的方法比较多,概括起来有以下两种基本方法:一种是按工业企业所属门类分类(按行业分类),另一种是按工业企业用水的用途分类。

按工业企业所属部门分类(按行业分类):方法一,《国民经济行业分类和代码》(GB/T 4754—2002)中的大类B~D(采矿业、制造业、电力、燃气及水的生产和供应业),小类编号为06~46的各行业企业。方法二,按照国家统计局对工业化分的十五个行业进行分类,分为冶金工业用水、电力工业用水、煤炭工业用水、石油工业用水、化学工业用水、机械工业用水、建筑材料工业用水、森林工业用水、食品工业用水、纺织工业用水、缝纫工业用水、皮革工业用水、造纸工业用水、文教用品用水和其他工业用水。

按工业企业用水的用途分类:《评价企业合理用水技术通则》(GB 7119—1996)和《工业用水分类及定义》(CJ 40—1999)将工业企业生产过程的总用水量分为主要生产用水、辅助生产用水和附属生产用水三大类,如下表2.2所示。

表 2.2 工业用水按用途分类

序号	类别	内容
1	主要生产用水	间接冷却水, 工艺用水 (产品用水、洗涤用水、其他用水), 锅炉用水 (锅炉给水、锅炉水处理用水)
2	辅助生产用水	机修用水、运输用水、空压站用水、厂内基建用水
3	附属生产用水	厂内科室用水、绿化用水、食堂用水、浴室用水、保健用水、厕所用水、其他用水

各工业企业产品与工艺的特点决定了用水方式和用水需求的不同,这一差异不仅仅因为企业内部的水管理造成的,更主要的是由于企业内部用水结构的差异所引起,不同行业之间在取用水量上差别较大。因此,工业企业综合节水标准体系中对工业企业节水的分类可以参照国家统计局对工业划分的十五个行业进行分类。

对于工业企业用水,需考虑以下几个关键要素,分别是工业企业面临的多水源的综合技术问题、节水规划、用水定额、用水价格、节水计量、节水评价、节水信息系统、节水型产品。

**工业企业节水综合技术:**对于工业企业节水,城市多水源是首先必须要引起重视的问题。现在工业企业取水已从过去的地下水、地表水等传统水资源逐步发展到包括再生水、雨水、含盐水等非传统水源,特别是对于间接冷却水,海水及苦咸水经淡化作为冷却水水源效果较好,工业企业用水水质以及各行业企业的用水量需求需要有一个标准来衡量,并且,工业企业用水的分类、工业企业节水的分级也应给出明确的界定。

**工业企业节水规划:**工业企业节水规划是城市节水规划的重要组成部分,对国民经济和社会发展起着重要作用。其根本目的是有效地开发和利用城市水资源,使其更好的为工业企业所用,提高工业企业科学合理用水水平,使有限的水资源能满足工业企业用水需求。节水规划的主要任务是分析工业企业自身的供水、用水、节水、可回用污水与水资源的关系,研究寻求合理的供用水结构,特别是针对不同行业工业企业之间以及同行业企业内部的用水节水问题,使工业企业节水有明确的目标和实施措施。经查阅北京、上海、南京、深圳等城市的节水规划发现,各城市工业企业节水规划这部分所涉及的内容除了涵盖城市水资源持续开发利用现状、工业企业节水现状之外,存在一定的差异,即编制节水规划目前还没有统一的标准规范工业企业节水规划的编制。

**工业企业用水定额:**工业用水定额是指在一定的生产技术条件和管理水平下,为合理利用水资源而制定的水消耗(或占用)标准。工业用水定额是随着企业生产工艺的更新、节水技术的改进、节水管理水平的提高而变化的管理指标<sup>[32]</sup>。定额管理是节水部门以用水定额这宏观指标为基本依据,以保证水的合理配置为原则,通过计量核算制定计划、价费政策等手段,达到水资源的高效利用。这个管理过程包括制定宏观的用水定额、确定水分配计划的制定原则、设计合适的价费政策、制定科学的管理方案实施细则等<sup>[33]</sup>。用水定额也是衡量工业企业节水程度的重要标尺,用水定额的颁布实施可以使企业与企业之间、企业内部各部门之间有可比性,增强节水的竞争意识,促进工业企业节水的发展。

**用水价格:**用水价格作为一个经济调节手段很大程度的缓解水资源供需矛盾,也是工业企业节水的重要方面。我国现行水价根据用水性质分为居民生活用水、工业企业用水、行政事业用水、经营服务用水、特种用水等五大类。从目前国内城市的水费收取来看,多采用水表计量这一单一方式,只有少数城市采用有累进计价、阶梯水价计费。对于工业企业用水,更加提倡分质供水、优水优用,再生水、含盐水等非传统水源更多的用于工业企业的生产环节。因此,加快制定工业企业用水价格标准显得十分必要。

**节水计量:**节水计量是实现工业企业节水的一项重要基础工作。节水计量工作需要准确把握企业单位的用水信息以及与水相联系的工艺、技术、管理制度,即需要掌握企业的水平衡测试信息。水平衡测试需要依据国家有关测试、评价规范,建立和完善用水计量网络,配备测试计量仪器,即一、二、三级计量率必须达到规定的要求,并保证计量的正确和完好。定期或不定期地测试各环节各类水量,填报用水台帐等,这些用水计量工作也恰好是制定用水定额和实施用水定额管理制度所要求的<sup>[34]</sup>。

**节水评价:**工业企业采用先进的技术、科学的管理模式等各种方式和途径来提高用水效率,目的是为了节约用水,使有限的水资源更好的服务于工业企业的生产运行。但节水节到什么程度才算是节水型企业,用哪些指标来衡量,国内外尚缺乏统一的标准。工业企业节水评价的目的是通过对企业用水节水进行全面分析找出差距、发现不足,更好的科学合理利用水资源。并且,针对各类不同行业企业,如何建立可行的评价指标指标体系,成为制定工业企业综合节水评价标准的关键环节。做好工业企业用水

节水的评价工作是节水工作上的一个新层次，使工业企业节水更加系统、全面。从某种意义上来说，用水定额管理、节水计量管理可视为工业企业的节水评价服务的，可以作为评价体系中的指标。但对工业企业综合节水的评价决不仅仅涵盖用水定额和节水计量两方面，它需要综合考虑，全面考量。

**工业企业节水信息系统：**工业企业节水信息系统是近年来新出现的名词，是通过先进的网络计算机技术，将节水规划、用水定额、用水价格、节水计量、节水评价等所有与工业企业节水相关的信息汇集到一块，建立一个供节水管理的相关部门及工业企业共同分享的信息资源平台。工业企业节水信息系统的建立既能为管理部门提供方便、简洁的各项数据，又能为工业企业查询相关资料，找到自身企业的用水节水不足，以便提高自身的用水效率。此外，针对节水信息系统的建立也需做好相应的保密工作。在实践中，结合企业实现现代化管理过程，应用现代信息技术，以定额管理为核心，构建工业企业用水节水信息平台，促进各企业间信息交流，有利于提高节水管理的公开性和公平性<sup>[35]</sup>。

**节水型产品：**《节水型产品技术条件与管理通则》(GB/T 18770—2002)中对节水型产品给出的定义是：符合质量、安全和环保要求，提高用水效率，减少水使用量的产品。节水型产品主要包括节水型器具和节水型设备，是指与同类器具和设备相比有显著节水功能的用水器具、设备或其他监测控制装<sup>[13]</sup>。节水型产品能在较长时间内不发生跑冒滴漏等水资源浪费现象，并且设计更为先进合理、使用方便，比传统的器具和设备在完成相同效果的耗水量明显减少。因此，节水型器具、设备的研制开发，对提高工业企业用水效率，推进工业企业节水十分必要。日前，我国的节水型器具种类较多，主要包括节水龙头、节水阀门、节水卫生洁具、节水淋浴器等大类，而节水设备相对较少，仅有冷却设备、灌溉设备等少数种类。

拟建工业企业综合节水标准体系时充分考虑了上述问题，将“综合技术”、“节水规划”、“节水型产品”作为专业序列中的一个序列，将“用水定额管理”、“用水价格”、“节水计量管理”、“节水评价”、“节水信息系统管理”作为“节水管理”序列中的5个子序列。

工业企业综合节水标准体系的建立围绕“开源”、“节流”两大主要方式，展现了工业企业节水的主要措施，特别强调了工业企业节水评价在工业企业综合节水系统中的重要性。既体现出同行业工业企业内部的纵向比较，又涵盖了不同行业企业之间的横向关系。

### 2.5.2 收录范围

主要包括：

- ① 由国家质量监督检验检疫总局发布或国家质量监督检验检疫总局与国家标准化管理委员会联合发布的，以建设部为主编部门或起草、归口单位的已颁、在编或拟编的国家标准。
- ② 由建设部发布的现行有效的已颁、在编或拟编的城镇建设行业标准，包括建设部与其他部位联合发布的建筑行业标准。
- ③ 由其他部委与建设部联合发布的已颁或在编的其他行业标准。
- ④ 由建设部发文在全行业推广使用的其他行业先进标准。

标准体系涉及的标准有国家标准、行业标准，其代号如表 2.3 所示：

表 2.3 国家标准、行业标准代号

序号	标准类型
1	国家标准 (GB, GBJ; GB/T, GBJ/T)
2	城镇建设 (CJ, CJJ; CJ/T, CJJ/T)
3	电力 (DL; DL/T,)

### 2.5.3 工业企业综合节水标准体系结构框图

根据标准体系的内在联系和工业企业综合节水的特点，建立工业企业综合节水标准体系。由工业企业节水系统、专业序列和层次构成其三维框架结构。

**工业企业节水系统维：**与工业企业节水的政府职能和和施政领域密切相关，反映了工业企业节水的主要对象、作用和目标，将工业企业节水按照国家统计局对工业划分的十五个行业进行划分，体现了工业企业综合节水的特色。

专业序列维：为实现上述专业目标所采取的工程建程序或技术装备类别，反映了国民经济领域所具有的共性特征，如：综合技术、节水规划、节水管理、节水型产品等。

层次维：一定范围内一定数量的共性标准的集合，反映了各项标准之间的内在联系。上、下层次体现了标准与标准之间的主从关系，上一层次的标准作为下一层次标准的共性提升，一般制约着下层次的标准；下一层次标准是对上一层次标准内容进行细化或补充，应服从上一层次标准的规定，而不得违背上一层次标准的规定。层次的高低表明了标准在一定范围内的共性程度及覆盖面的大小。本体系表将标准分为三个层次：基础标准、通用标准和专用标准。

下面就工业企业综合节水系统、专业序列、层次的详细划分情况作一个说明，城市综合节水标准体系框架中专业序列轴上比工业企业综合节水标准体系框架多“工程建设”、“保护”两个序列，主要是出于对“初端（水源端）节水”和“中端（管网漏损和水处理厂节水）”节水的考虑。工业企业综合节水标准体系三维结构图如图 2.4.a 所示。

① 按照国家统计局对工业划分的十五个行业，工业企业综合节水系统的专业门类分为“冶金工业节水”、“电力工业节水”、“煤炭工业节水”、“石油工业节水”、“化学工业节水”、“机械工业节水”、“建筑材料工业节水”、“森林工业节水”、“食品工业节水”、“纺织工业节水”、“缝纫工业节水”、“皮革工业节水”、“造纸工业节水”、“文教用品节水”和“其他工业用水节水”等十五大类。

(1) 冶金工业节水：主要包括黑色金属和有色金属的采矿、冶炼加工的节水。其行业用水特点是工艺用水的比重较大、特别是直接冷却用水成分较大。

(2) 电力工业节水：主要包括火电、水电、供电等行业节水。用水的间接冷却水为其用水的主要部分，循环复用率很高。

(3) 煤炭工业节水：主要包括煤炭的开采、洗煤、炼焦（含煤气）及焦炭化工的节水。行业用水以工艺用水为主，特别是洗涤用水为多。

(4) 石油工业节水：包括石油开采、加工（包括天然气）的节水，行业用水以冷却用水为主。

(5) 化学工业节水：包括化学开采业、基本化学原料、化肥农药、有机化学、化学制药、日用化工、橡胶及塑料加工工业的节水。行业用水的间接冷却水成分最大，其次是工艺用水。

(6) 机械工业节水：包括农业机械制造、工业设备制造、交通设备制造、建筑筑路机械制造、生产用其他机械制造、电子及生活用机械制造、金属用品制造、金属结构及金属品修理工业等的节水。行业工艺用水量较大。

(7) 建筑材料工业节水：包括水泥、瓦砖、石灰及其他建筑材料、耐火材料、玻璃、陶瓷等非金属采矿制造加工等的节水。行业用水比较杂乱。

(8) 森林工业节水：包括木材采运加工、森林化学工业的节水。行业用水量不大。

(9) 食品加工业节水：包括粮油、制盐、饮料、味精、啤酒、罐头等食品工业的节水。行业用水以冷却用水和洗涤用水为主。

(10) 纺织工业节水：包括化学纤维、纤维原料加工，棉、毛、麻、丝、绢纺织、针织品等工业的节水。行业用水以间接冷却水、洗涤用水、锅炉用水为主。

(11) 缝纫工业节水：包括服装、制鞋、制帽、其他缝纫的节水。其用水量很小。

(12) 皮革工业节水：包括制革、皮革制品、皮毛制品的节水。行业用水以工艺用水为主，特别是洗涤用水、污染较大。

(13) 造纸工业节水：包括造纸、纸浆、纸制品的节水。行业用水中洗涤用水量较大。

(14) 文教用品工业节水：体育制品、印刷业、工艺美术制品的节水。

(15) 其他工业用水节水：主要包括火工生产、碳素制品、绝缘材料、火柴、自来水、中药加工提炼、土产品、日用品及其他制造加工业的节水。

② 根据对现行实施的与节水相关标准分析与总结，按专业的专业序列展开，分为“综合技术”、“节水规划”、“节水管理”、“节水型产品”四大序列的技术标准，其中各个序列中又包含相应的子序列。

(1) 综合技术：收入涉及两个或两个以上的序列，具有综合性或难以归入“节水规划”、“节水管理”、“节水型产品”三大序列的技术标准。其中包括工业企业用水节水的分类分级标准、名称术语标准；用水水质、水量标准；节水导则等。

(2) 节水规划：编制工业企业节水规划的相关标准。

(3) 节水管理：包括用水定额管理、用水价格管理、节水计量管理、节水评价、节水信息管理系统五个子序列所涉及的技术标准。

(4) 节水型产品：在工业企业综合节水标准体系框架中仅包括节水型设备类标准。（在城市综合节

水标准体系中，节水型产品包括节水型设备与节水型器具)

③ 按标准的层次展开，分为“基础标准”、“通用标准”、“专用标准”三个层次。

(1) 基础标准：是指具有广泛的普及范围或包含一个特定领域的通用规定的标准，在城市综合节水范围内可作为其他标准的基础并普遍使用，具有指导意义的标准。这一层次的标准主要包括术语符号、分类分级等。

(2) 通用标准：是指在一定范围或领域内通用的标准，是由各项专用标准中将其共性内容提升上来的标准，是针对某一类标准化对象制定的覆盖面较大的共性标准。如：通用的水平衡测试通则。

(3) 专用标准：是指受有关基础标准或通用标准所制约，仅适用于某个专门对象或作为通用标准的补充、延伸制定的专项标准，它的覆盖面一般不大。

将城市节水系统（“三端”节水）所在轴中的“末端节水”涵盖的工业企业节水展开，得到工业企业综合节水标准体系框架结构图，如图 2.5.a 所示，工业企业系统节水维、专业序列维和层次维展开图如图 2.5.b 所示，工业企业综合节水标准体系构架图如图 2.6 所示。

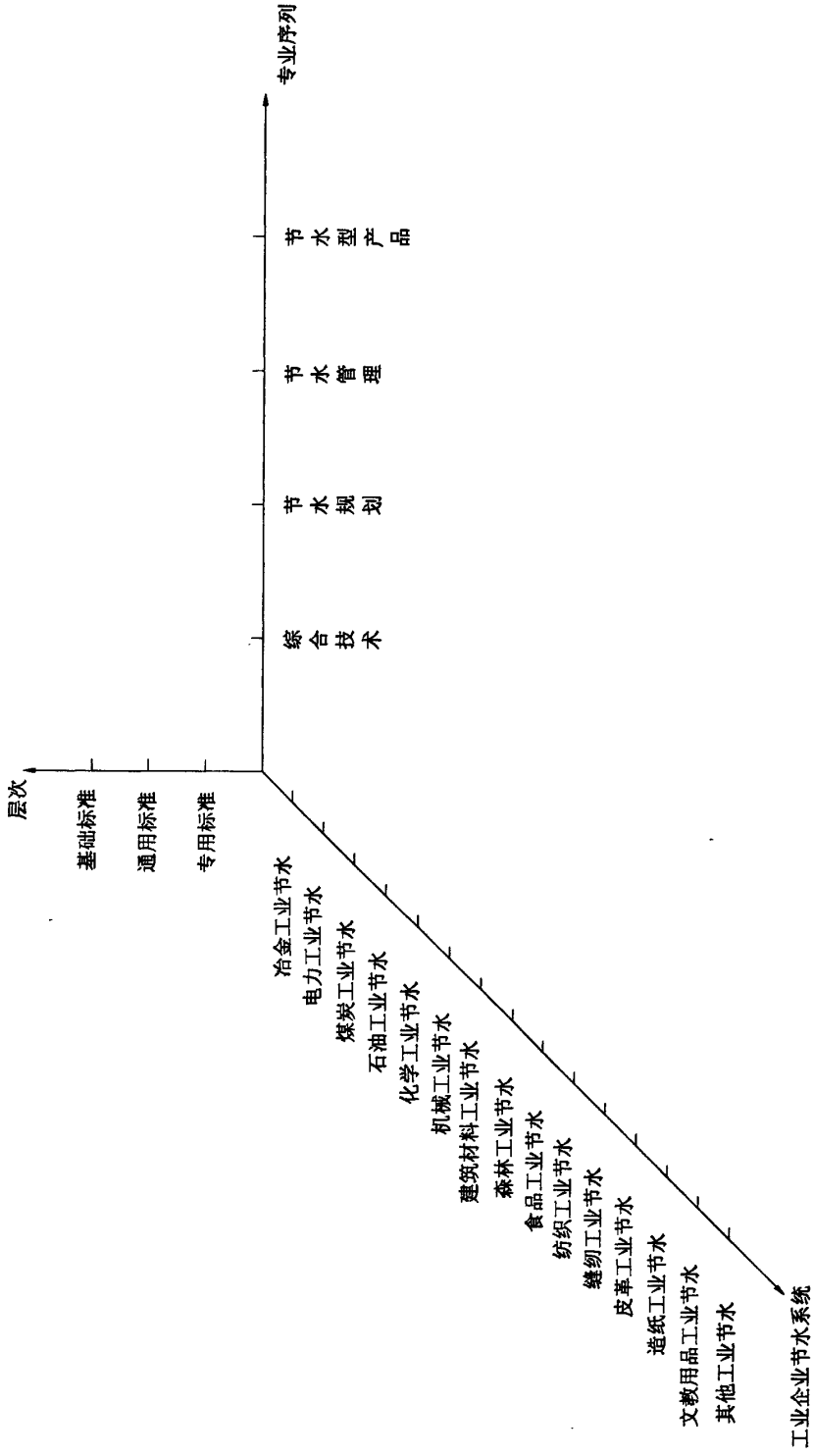


图 2.5.a 工业企业节水标准体系三维框架结构框

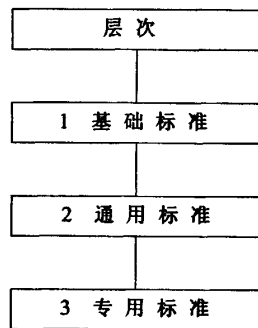
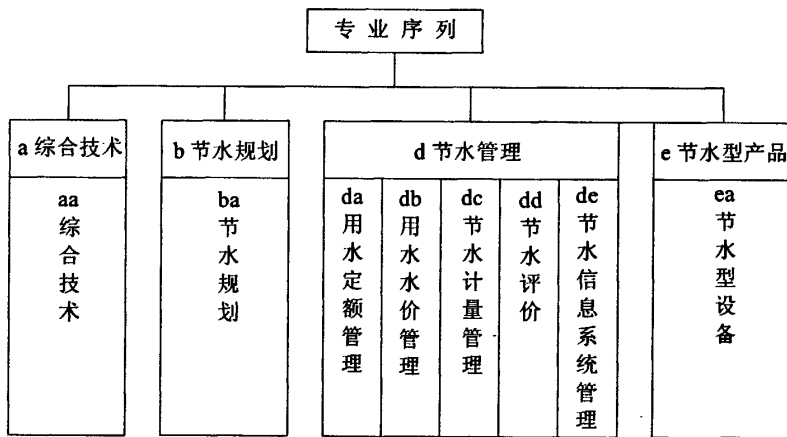
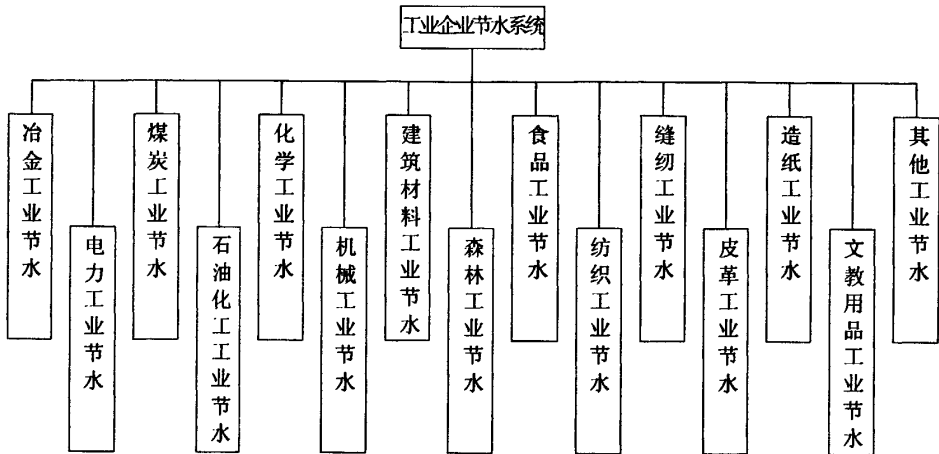


图 2.5.b 工业企业节水系统维、专业序列维和层次维展开图



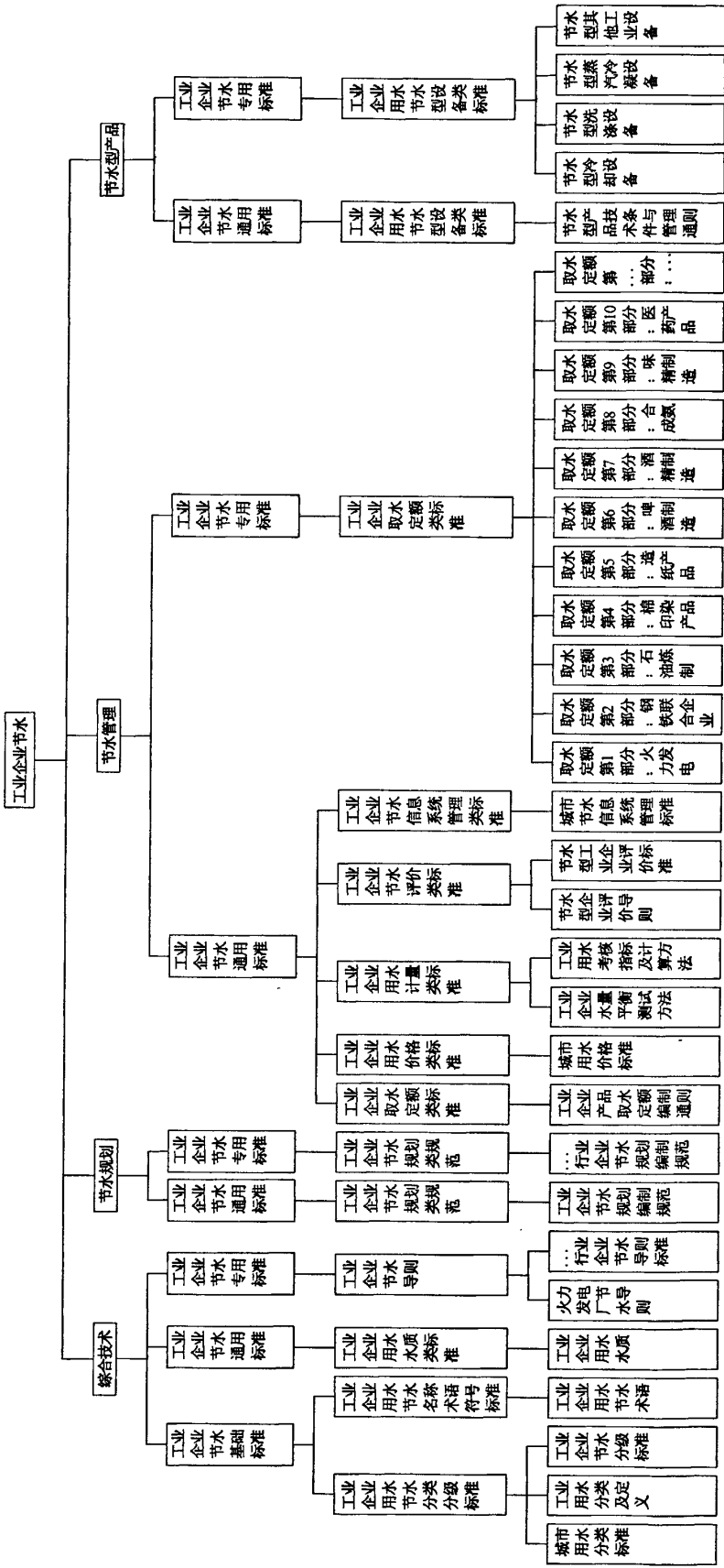


图 2.6 工业企业综合节水技术标准体系架构图

### 2.5.4 工业企业综合节水标准体系表

根据上述标准体系结构的确定,研制出初步的工业企业综合节水标准体系,根据工业企业综合节水科技水平的发展、技术创新和社会经济水平的提高,多水源、多用户的可持续发展新局面,来制订新的标准完善工业企业综合节水标准体系。下表中标准有标准编号的,为现行标准;无标准编号的,有的正在编制,有的属于拟编项目,在编和拟编项目也有国标、行标、协会标不同类型。每项城市综合节水标准的体系号头几个大写字母属于城市节水系统编号,接着的两个小写字母属于专业序列号,后面的数字表示层次号(1为基础标准,2为通用标准,3为专用标准)。横线后面的数字表示相同城市节水端、相同专业序列和相同层次号标准的顺序号。

表 2.4 CB 工业企业节水标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	Caa1-01	城市用水分类标准	CJ/T 3070—1999	已颁
	CBaa1-02	工业用水分类及定义	CJ 40—1999	已颁
	CBaa1-03	工业企业节水分级标准		
	CBaa1-04	工业企业用水节水术语	GB/T 21534—2008	已颁
	CBaa2-01	工业企业用水水质标准		
	CBaa3-01	火力发电厂节水导则	DL/T 783—2001	已颁
	CBaa3-……	具体行业企业节水导则		
节水规划				
	CBba2-01	工业企业节水规划编制规范		
	CBba3-……	具体行业企业节水规划编制规范		
节水管理				
	CBda2-01	工业企业产品取水定额编制通则	GB/T 18820—2002	已颁
	CBda3-01	取水定额 第1部分:火力发电	GB/T 18916.1—2002	已颁
	CBda3-02	取水定额 第2部分:钢铁联合企业	GB/T 18916.2—2002	已颁
	CBda3-03	取水定额 第3部分:石油炼制	GB/T 18916.3—2002	已颁
	CBda3-04	取水定额 第4部分:棉印染产品	GB/T 18916.4—2002	已颁
	CBda3-05	取水定额 第5部分:造纸产品	GB/T 18916.5—2002	已颁

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
节水管理				
	CBda3-06	取水定额 第6部分:啤酒制造	GB/T 18916.6—2004	已颁
	CBda3-07	取水定额 第7部分:酒精制造	GB/T 18916.7—2004	已颁
	CBda3-08	取水定额 第8部分:合成氨	GB/T 18916.8—2006	已颁
	CBda3-09	取水定额 第9部分:味精制造	GB/T 18916.9—2006	已颁
	CBda3-10	取水定额 第10部分:医药产品	GB/T 18916.10—2006	已颁
	CBda3-……	取水定额 第…部分:……		
	Cdb2-01	城市用水价格标准		
	CBdc2-02	工业企业水量平衡测试方法	CJ 41—1999	已颁
	CBdc2-03	工业用水考核指标及计算方法	CJ 42—1999	已颁
	CBdd2-01	节水型企业评价导则	GB/T 7119—2006	已颁
	CBdd2-02	节水型工业企业评价标准		
	Cde2-01	城市节水信息系统管理技术规程		
节水型产品				
	Ce2-01	节水型产品技术条件与管理通则	GB/T 18870—2002	已颁
	CBea3-01	节水型冷却设备		
	CBea3-02	节水型洗涤设备		
	CBea3-03	节水型蒸汽冷凝设备		
	CBea3-……	节水型其他工业设备		

## 2.6 本章小结

本章从构建标准体系框架的理论研究开始,将标准体系建立的目标、原则与城市综合节水相结合,以非传统水资源开发为导向,以提高水资源利用率、减少用水损失和用水浪费为重点建立城市综合节水标准体系(包括编制说明、收录范围、城市综合节水标准体系结构框图、城市综合节水标准体系表)。城市综合节水技术标准体系三维框架由城市节水系统维、专业序列维、层次维构成,城市节水系统包括初端节水、中端节水、末端节水。城市末端节水系统是从用水的末端用户考虑的,划分为生活节水系统、工业企业节水系统和生态节水系统。城市中端节水系统是指从供水水源到末端用户之间所有过程的节水,主要指管网漏损控制和水处理厂节水。城市初端节水系统是从水源角度考虑,包括对地下水、地表水等传统水源的合理利用以及对再生水、雨水、含盐水、外调水的收集——处理——利用。末端用户排出的污、废水回用部分可归入此系统中。专业序列维包括综合技术、节水规划、工程建设(工程设计、

工程施工、工程验收)、节水管理(用水定额管理、用水水价管理、节水计量管理、节水评价、节水信息系统管理)、节水型产品(节水型设备、节水型器具)、保护(污废水排放、应急预案)六大子序列。层次维分为基础标准、通用标准、专用标准三大类。

工业企业综合节水标准体系是在拟构建的城市综合节水标准体系的基础上,以工业企业用水节水为研究主线,对工业企业节水标准体系进一步深入研究。将工业企业按国家统计局的行业划分为十五大类(冶金工业、电力工业、煤炭工业、石油工业、化学工业、机械工业、建筑材料工业、食品工业、食品加工工业、纺织工业、缝纫工业、皮革工业、造纸工业、文教用品工业、其他工业),采用工业企业节水系统维、专业序列维、层次维构建出工业企业综合节水标准体系框架。其中,工业企业节水系统维包括以上十五个行业,专业序列维包括综合技术、节水规划、节水管理(用水定额管理、用水价格管理、节水计量管理、节水评价、节水信息系统管理)、节水型产品(节水型设备)四大子序列。层次维分为基础标准、通用标准、专用标准三大类。从对工业企业节水分类到各专业序列的选择确定,均围绕节水的“开源”与“节流”这两大措施展开,为各行业企业节水标准体系继续深入研究提供平台。特别对于专业序列维,着重分析了四大专业序列及其子序列对工业企业节水的作用。

### 3 工业企业综合节水评价指标体系的构建

工业企业综合节水评价标准是工业企业综合节水标准体系的重要标准之一。根据城市和工业企业综合节水标准体系框架中的相关研究：目前虽已出台《节水型企业评价导则》(GB/T 7119—2006)，但在如何判定工业企业综合节水的程度（即如何判定为节水型企业）、节水评价指标的构成、节水评价方法的科学性等方面均有待深入与完善。在评价标准中，评价指标体系是评价标准的核心内容，整个评价标准围绕评价指标体系展开。因此，工业企业综合节水评价指标体系的构建对制定工业企业综合节水评价标准有重大影响，需深入研究。

#### 3.1 工业企业综合节水评价指标体系构建的基本理论

##### 3.1.1 工业企业综合节水评价指标体系的设计原则

对于工业企业综合节水评价，并非是评价指标越多越好，评价指标过多，可能存在交差，带来重复工作；评价指标过少，可能所选的指标缺乏足够的代表性，不够全面。因此，在构建评价指标体系时应该遵循一些原则。

① 系统性原则：工业企业综合节水是一个系统性的概念，它包括主要生产节水、辅助生产节水、附属生产节水等各方面内容，同时涵盖冶金、电力、煤炭、石油、化学、机械、建筑材料、森林、食品、纺织、缝纫、皮革、造纸、文教用品等行业。评价指标体系应能全面反映评价对象的本质特征和整体性能，指标体系的整体评价功能大于各分项指标的简单总合。应注意使指标体系层次清楚、结构合理、相互关联、协调一致。要抓住主要因素，以保证评价的全面性和可信度。

② 一致性原则：工业企业综合节水评价指标体系应与评价目标一致，从而充分体现评价活动的意图。所选的指标既能反映直接效果，又要反映间接效果，不能将与评价对象、评价内容无关的指标选择进来。

③ 独立性原则：工业企业综合节水的各评价指标一方面尽可能不要包括过多内容，同一层次的指标避免出现重复或交差涵盖关系，同时各评价指标之间要有一定的逻辑关系，需保证指标能从不同方面反映工业企业综合节水系统的实际情况，构成一个有机整体。

④ 科学性原则：工业企业综合节水评价指标体系构建要以科学理论为指导，以客观系统内部要素以及本质联系为依据，定性与定量分析相结合，正确反映系统整体和内部相互关系的数量特征。定量指标注意绝对量和相对量的结合使用。指标要求意义明确，统计计算方法规范，测量方法标准。如果指标体系过大，指标层次过多、指标过细，势必将评价者的注意力吸引到细小的问题上；而指标体系过小，指标层次过少、指标过粗，又不能充分反映工业企业综合节水的实际情况。

⑤ 实用性原则：实用性原则使指标的设置容易理解，基础数据便于收集。工业企业综合节水评价指标体系着眼于工业企业用水节水的各环节，所需数据原则上从现有统计指标中产生，少量需要重新统计的指标应是确定的且易于采集的，且应具有足够的灵活性，以便能根据我国的实际情况，对指标灵活运用。工业企业综合节水评价指标和评价标准的制定要客观实际，便于比较。

##### 3.1.2 建立工业企业综合节水评价指标体系的方法和步骤

在实际进行项目评价中，要建立一个具有科学性、完备性及可靠性的评价指标体系，是进行项目综合评价工作的关键环节。具体建立指标体系一般需要经过以下三个阶段<sup>[36,37]</sup>：

① 系统分析评价对象。在建立评价指标体系时，必须首先对评价对象(本文为工业企业综合节水)

进行深入系统的综合分析,确定建立工业企业综合节水评价指标体系的功能、特点、关键问题、影响范围以及项目目标等各要素。

② 初拟评价指标。在对评价对象工业企业综合节水进行系统分析的基础上,对项目目标按其内在因果、隶属等逻辑关系进行项目目标分解,并对分解产生的各层次项目目标确定相应的评价指标,初步构成项目评价指标的层次结构,这也是建立评价指标体系的关键步骤。在实际工作中,即使对于同一个项目由于不同的评价人员,其视角和着眼点不同,因而所选择的评价指标系统也就不可能相同。在选择工业企业综合节水评价指标时,应本着系统与全面相结合、科学和实用相结合的原则,确保整体最优,以局部服从整体综合选取。

③ 筛选并优化评价指标体系。通过上述要求初拟得出的工业企业综合节水评价指标,应进一步筛选和优化,并综合采用合并、剔除、替换等手段进行优化设计,对指标体系进行修改和完善。对于评价人员选择的评价指标,还要广泛征询各方面专家的意见,并综合运用各专家的知识、经验以及信息等对评价指标体系进行修改后,最后确定工业企业综合节水评价指标体系。

## 3.2 工业企业综合节水评价指标体系

### 3.2.1 工业企业综合节水评价指标需考虑的因素

工业企业节水系统是城市节水系统的子系统,也是其核心部分。城市节水系统是人与自然、环境交互作用的集中体现,是典型的资源——环境——经济——社会复合系统,因此,建立工业企业综合节水评价指标体系需充分考虑资源、环境、经济、社会等方面的影响。

工业企业综合节水评价指标的设置是根据评价目标及诸多影响因素综合考虑的结果。工业企业综合节水评价主要针对各行业工业企业用水节水情况,因而所有与工业企业用水环节相关的因素在制定指标体系初期皆应在考虑之列,主要包括以下两方面:

#### ① 与节水相关的现行法律、法规、政策

与节水相关的现行法律、法规是制定指标项目及指标标准的主要依据。只有符合法律、法规、政策,制定出的指标和标准才有说服力和可行性。对于现行政策、标准中尚未作出规定但直接影响当前工业企业节水的普遍性问题不容忽视,应进行调研、测试并参考相关权威性的标准制定指标标准,以使工业企业综合节水指标体系更具现实意义。

#### ② 各行业工业企业用水节水现状

充分了解我国现阶段各行业工业企业用水现状及存在的主要问题是构建工业企业综合节水评价指标体系的关键。从各行业工业企业的用水特点及用水方式入手,将纵向分析同行业企业与横向对比不同行业企业相结合得出衡量工业企业综合节水评价指标,有助于准确地把握评价指标,使得评价指标的更具代表性,能充分体现各行业企业用水节水的特点。

### 3.2.2 初拟的工业企业综合节水评价指标

工业企业综合节水的评价指标主要通过查阅国内、外相关资料得出。因此,在参考国外资料获取评价指标时,主要采取的是查阅国外节水的措施、结合我国工业企业节水评价已有指标,得出初拟的工业企业综合节水评价指标。

国外目前没有针对节水评价的研究,较多的是针对不同用水对象特点,介绍节水措施。国外节水主要出于经济刺激(financial incentives),而不是一种强制性的政府行为。国外研究用水节水主要分为以下几个方面:生活(indoor/domestic/residential use);灌溉(landscaping);商业、机构、工业(commercial, institutional and industrial),其中工业用水包括冷却用水、冲洗用水、金属零件用水、设备用水(cooling and heating、rinsing and cleaning、plating and metal finishing、medical care facilities);农业(agricultural)。

国外节水,比较注重用水效率(water use efficiency)<sup>[38-42]</sup>;节水设施(water saving devices and practice/high efficiency equipment/efficient products)<sup>[38,41,43,44]</sup>;用水审计(water audit)<sup>[39,41,42,44]</sup>;用水量(install water meter/Mains meter、Sub meters、Flow meters and temporary devices/meter maintenance)

[41,43-45]; 用水水源的多样性 (water replacement/make-up water) [39,41,43,44,46,47]; 控制漏损 (leakage detect and elimination) [39,42-45]; 水的循环利用 (water recycling/ water reuse/water recirculate) [38,39,43,44,47]; 公众教育 (public awareness/education staff) [42,43,48]; 管理制度 (water use management /institution) [42-44]; 水价 (water price) [42,43]; 水平衡测试 (water balance) [43]。

我国对工业企业合理用水及评价颁布了一系列国家、行业标准及行政管理文件: 最早的是由国家技术监督局发布的《评价企业合理用水技术通则》(GB 7119—86), 而后于 1993 年经修订为《评价企业合理用水技术通则》(GB/T 7119—93) (1993 年 6 月 19 日发布, 1994 年 2 月 1 日实施)、于 2006 年经修订为《节水型企业评价导则》(GB/T 7119—2006) (2006 年 7 月 18 日发布, 2006 年 12 月 1 日实施); 在此基础上, 随后相继出台了国家技术监督局发布的《企业水平衡与测试通则》(GB/T 12452—90) (1990 年 7 月 24 日发布, 1991 年 3 月 1 日实施)、建设部发布的《工业用水考核指标及计算方法》(CJ 42—1999) (1999 年 6 月 14 日发布并实施) 等相应标准。为促进企业合理用水, 创建节水型企业 (单位), 推动企业节水技术进步, 提高城市节约用水管理水平, 建设部也于 1997 年制定了《节水型企业 (单位) 目标导则》(城建[1997]45 号)。以上标准或文件中在研究工业企业节水评价指标之前, 结合工业企业用水节水特点及发展趋势, 对准予进行工业企业综合节水评价的企业制定以下基本入门要求:

- ① 企业在新建、改建和扩建项目时应实施节水的“三同时”、“四到位”制度。“三同时”即工业节水设施必须与工业主体工程同时设计、同时施工、同时投入运行; “四到位”即工业企业要做到用水计划到位、节水目标到位、节水制度到位、节水措施到位;
- ② 严格执行国家相关取水许可制度, 开采城市地下水应符合相关规定;
- ③ 生活用水和生产用水分开计量, 生活用水没有包费制;
- ④ 蒸汽冷凝水进行回用, 间接冷却水应重复利用;
- ⑤ 具有完善的水平衡测试系统, 水计量装置完备;
- ⑥ 企业排水实行清污分流, 排水符合 GB 8978—1996 的规定, 不对含有重金属和生物难以降解的有机废水进行稀释排放;
- ⑦ 没有国家明令淘汰的用水设备和器具的;
- ⑧ 不能擅自停止使用节水设施;
- ⑨ 二级水表计量率不小于 90%, 没有由于管理不当造成严重浪费用水 (包括检查的用水器具漏失率超过 10%);
- ⑩ 两年内未受过节水处罚。

以上 10 项入门要求若有 1 项不符合, 实行一票否决制, 没有参加工业企业综合节水评价的资格。

除一些相关工业企业节水评价的标准和政府文件出台外, 国内对于城市工业节水综合评价的研究也在不断展开, 各文献资料对工业企业节水采用的评价指标如表 3.1 所示。

表 3.1 各文献资料研究的工业企业节水评价指标

编号	资料来源	指标分类	评价指标
1	《节水型企业评价 导则》(GB/T 7119 —2006) [49]	管理考核指标、技 术考核指标	管理制度、管理人员、管网(设备)管 理、水计量管理、计量设备;单位产品 取水量、万元增加值取水量、重复利用 率、直接冷却水循环率、间接冷却水循 环率、冷凝水回用率、废水回用率、用 水综合漏失率、达标排放率、非常规水 资源替代率
2	《工业用水考核指 标及计算方法》(CJ 42—1999) [50]		单位产品取水量、万元产值取水量、重 复利用率、间接冷却水循环率、工艺水 回用率、蒸汽冷凝水回用率、职工人均 日生活取水量
3	《节水型企业(单 位)目标导则》(城建 [1997]45号) [51]		工业用水重复利用率达到同行业先进 水平、间接冷却水循环率、万元产值取 水量递减率、水表计量率、居民生活用 水户水表率、企业用水损失率(包括自 备供水)
4	《城市与工业节约 用水手册》 [13]	工业节约用水量指 标、工业节约用水 率指标	万元工业产值取水量、万元工业产值取 水量减少量、单位产品取水量、城市污 水处理工业回用量、附属生产人均日取 水量;工业用水重复利用率、间接冷却 水循环率、工艺水回用率、冷凝水回用 率
5	北京市节水型企业 (单位)考核标准 [52]	基础管理考核指 标、技术考核指标	机构与职责、规章制度、水平衡测试、 台帐完整规范、节水管理;工业用水重 复利用率达到同行业先进水平、间接冷 却水循环率、万元取水量递减率、水表 计量率、企业用水损失率(包括自备供 水)、卫生洁具设备漏水率、锅炉冷凝 水回收率
6	江苏省节水型企业 (单位)考核标准 [53]		用水重复利用率、间接冷却水循环率、 工艺水回用率、万元产值取水量递减 率、水表计量率、用水设施综合漏失率 (含自备水源)、节水型卫生洁具安装 率、卫生洁具和设备漏水率
7	《工业企业水平衡 测试·计算·分析》 [54]		工业企业重复利用率、新鲜水补充率、 间接冷却水的循环利用率、工艺水回用 率、锅炉蒸汽冷凝水回用率、排放率、 消耗率、单位产品新水量、单位产品用 水量、单位产值新水量、单位产值用水 量、吨水效益、企业内部职工人均生活 日用新鲜水量、投资节水率
8	《工业用水节水与 水处理技术术语大 全》 [55]		水的重复利用率、间接冷却水循环率、 工艺水回用率、蒸汽冷凝水回用率、排 水率、废水达标率、万元产值取水量、 水循环比、水的损耗率、水回用率、新 水利用系数、比差率



编号	资料来源	指标分类	评价指标
9	城市工业节水效率评价研究 <sup>[56]</sup>	工业用水复用类指标、工业取水水量类指标	重复利用率、间接冷却水循环率、工艺水回用率、蒸气冷凝水回用率；单位产品新水量、万元工业产值新水量、附属生产人均日新水量

从现有的对工业企业节水评价指标的研究看，无论其是否分类或如何分类，主要包括定性指标和定量指标两大类。各类指标特别是定量指标差异较大，划分较细，同时也存在划分较细后带来的指标交差问题。例如：衡量工业企业用水重复利用的指标有重复利用率、间接冷却水循环率、锅炉蒸汽回收率、循环水回用率、工艺水回用率。重复利用系统是由工业循环用水系统、串联用水系统、回用水系统组成，间接冷却水循环率、锅炉蒸汽回收率、循环水回用率、工艺水回用率是重复利用率的组成部分。

在构建初拟的评价指标时，结合所查阅的国内外资料，及工业企业用水节水按用途划分的三方面（主要生产用水节水、辅助生产用水节水、附属生产用水节水）内容，根据各指标在工业企业节水评价中运用的频度大小选取。分别从管理和技术两方面考虑其对工业企业综合节水的影响，管理方面因《北京市节水型企业（单位）考核标准》从管理角度谈节水较全面且实用性较强，故参考《北京市节水型企业（单位）考核标准》中基础管理类中的 5 个指标，在技术考核指标方面，根据各行业企业的纵向节水比较确定 15 个指标，其中既包含用水量类的绝对指标，又包括利用率类的相对指标，初拟的工业企业综合节水评价指标如表 3.2 所示。

表 3.2 初拟的工业企业综合节水评价指标

类别	序号	指标名称
基础管理类考核指标	1	机构与职责 <sup>[51]</sup>
	2	规章制度 <sup>[42,44,51]</sup>
	3	水平衡测试 <sup>[43,51]</sup>
	4	台帐完整规范 <sup>[51]</sup>
	5	节水管理 <sup>[42,43,48,51]</sup>
技术类考核指标	6	单位产品取水量 <sup>[49]</sup>
	7	万元增加值取水量 <sup>[49]</sup>
	8	重复利用率 <sup>[13,38-42,49-56]</sup>
	9	间接冷却水循环率 <sup>[13,49-56]</sup>
	10	工艺水回用率 <sup>[13,52-56]</sup>
	11	锅炉蒸汽冷凝水回用率 <sup>[13,49,50,52,54-56]</sup>
	12	节水型器具普及率 <sup>[38,41,44,52,53,57]</sup>
	13	水表计量率 <sup>[41,43-45,51-53]</sup>
	14	水循环利用率 <sup>[38,39,43,44,47,55]</sup>
	15	排水率 <sup>[55]</sup>
	16	用水综合漏失率 <sup>[39,42-45,52,53,55]</sup>
	17	废水回用率 <sup>[49]</sup>
	18	达标排放率 <sup>[49,55]</sup>
	19	非常规水资源替代率 <sup>[39,41,43,44,46,47,49]</sup>
	20	投资节水率 <sup>[54]</sup>

### 3.2.3 筛选优化工业企业综合节水评价指标体系

在对初拟的评价指标进行筛选时，不仅要评价对象的性质、特点进行具体分析，还必须采用一些筛选方法对各指标反映的信息进行分析；剔除不需要的指标，简化指标体系。

常用的评价指标筛选方法主要有专家调研法、条件广义方差极小法、极大不相关法、最小均方差法。因初拟的工业企业综合节水指标为定性与定量指标相结合,没有具体数据支持,适合采用专家调研法,不具备运用数学定量计算方法的进行筛选的条件,故采用专家调研法筛选评价指标。根据建立评价指标体系可操作性原则,运用专家调研法,将一些不易获取数据资料、不能充分反映评价对象特点、对评价对象影响不大的指标予以舍弃,简化评价指标,建立工业企业综合节水评价指标体系。

对于工业企业综合节水评价指标体系的建立,理论上应根据各行业生产工艺用水特点,选择合理的评价指标,建立适合自身行业的评价指标体系,使得对某一行业纵向评价节水实用性较强,但这样构建出的评价指标体系不具有通用性,对于各行业企业横向的节水评价实际操作性较差。因此,在筛选初拟的评价指标时,要充分考虑评价指标在各行业之间的可比性和可操作性。

根据专家调研,筛除的评价指标如下:

#### ① 单位产品取水量

单位产品取水量在衡量某一具体行业用水节水是一个重要指标,具有较强的代表性,但对于不同行业工业企业的横向比较实用性较差。不同行业的用水特点与生产工艺存在差异是造成这一现象的主要原因。因此,将单位产品取水量筛除评价指标体系。

#### ② 万元增加值取水量

万元增加值取水量在整个城市工业用水中有统计值,是衡量城市节水的重要指标,但对于细化到各行业的单位产品取水量、万元增加值取水量,国家发展与改革委员会计划将在2009年3月纳入统计,目前,尚缺乏统计数据,在各行业企业的横向比较中不易衡量因此被筛除。

#### ③ 非常规水资源替代率

非常规水资源替代率对于评价城市综合节水是一个适用性较好的指标,但用于具体行业工业企业显得划分过细,整个城市的非常规水资源使用量会有统计,对于具体行业的非常规水资源利用情况则没有具体统计数据,并且非常规水资源的使用与工业企业的行业生产工艺用水特点,对水质需求以及非常规水资源利用的客观条件有很大关系,因此,将非常规水资源替代率筛除评价指标体系。

#### ④ 排水率

排水率是在一定计量时间(年)内,总外排废水量与新水(取水)量之比,取水量与外排量均与行业生产工艺用水特点有关,对衡量各行业企业节水关系不是特别密切,企业一般不对排水量进行计量,因此,将排水率筛除评价指标体系。

#### ⑤ 达标排放率

达标排放率已随着社会、经济、环境协调的发展成为工业企业排水的必需考核指标,并且均要求达到100%达标排放,因此达标排放率不应处在评价指标体系当中。

#### ⑥ 投资节水率

投资节水率是偏重经济的技术指标,指年节水量与总投资之比,其含义是每万元投资在一年中可节约的水量。投资节水率虽是衡量企业节水效益的重要指标,但在企业节水统计中该指标没有纳入统计,没有数据支持;因此不得不将其筛除指标体系。

根据专家调研,将利用率类指标优化:

重复利用率是指工业用水中重复利用水量在全部用水量中所占的比重。它能够综合地反映工业用水的重复利用程度,是评价工业企业用水水平的重要指标。提高重复利用率是节约用水的主要途径之一。但重复利用率是反映工业企业生产、生活用水复用情况的综合性指标,有时它尚不能全面反映不同用水组成工业企业的用水水平。有些工业企业的生产用水所占比例较大,而有些工业企业以生活用水为主。目前生活用水一般重复利用率较小,这两种不同行业的工厂,同样的重复利用率可能反映的节水情况是不同的。即使同样以生产为主的企业,如果间接冷却水、锅炉蒸汽冷凝水占生产用水比例相对较大的情况下,由于间接冷却水、锅炉蒸汽冷凝水较工艺水容易回收,重复利用率可能高,而工艺水回用较困难,有些工艺水因回收技术、经济效益等原因而目前不能回用,重复利用率可能低。在这种情况下,单用一个重复利用率指标不能全面和客观地反映工业用水节水效率。因此,在将重复利用率确定为评价指标时,还需考虑间接冷却水循环率以及锅炉蒸汽冷凝水回收率;因工艺水不易回收且各行业用量差异较大,工艺水回用率则被筛除。废水回用率和水循环利用率与重复利用率存在交叉重叠,因此也被筛除。

通过以上对评价指标筛选、优化评价指标,建立工业企业综合节水评价指标体系。工业企业综合节水评价指标分为基础管理类考核指标和技术类考核指标两大类。其中,基础管理类考核指标包括:机构与职责、规章制度、水平衡测试、台帐完整规范、节水管理;技术类考核指标包括水表计量率、重复利

用率、用水综合漏失率、节水型器具普及率、间接冷却水循环率、锅炉蒸汽冷凝水回收率，如表 3.3 所示。

表 3.3 工业企业综合节水评价指标体系

工业企业综合节水评价指标体系	指标类别	指标名称
	基础管理类考核指标	机构与职责 规章制度 水平衡测试 台帐完整规范 节水管理
技术类考核指标	水表计量率 重复利用率 用水综合漏失率 节水型器具普及率 间接冷却水循环率 锅炉蒸汽冷凝水回收率	

### 3.3 工业企业综合节水评价指标涵义

#### 3.3.1 基础管理类考核指标

##### ① 机构与职责

管理机构的设置是节水工作顺利进行的首要条件。在水资源日趋紧张、水危机日益严重的状况下，节水工作应当是一项长期坚持、常抓不懈的战略任务。为使这项工作顺利开展，必须有健全完善的管理机构。此项工作要求三个要点：一是要有节水管理组织，领导分工有负责节水工作；二是有节水主管部门和专职（兼职）节水管理人员；三是各级管理人员责任明确，工作记录完整。

##### ② 规章制度

管理制度的制定和落实是节水工作顺利开展的重要保证。没有制度，节水工作将出于无序和混乱的状态；制度不够完善，就不能有效制止浪费，节水工作也难以持续开展。

有巡回检查和设备维修管理制度、明确巡查人员，定期对用水设施进行巡回检查，并有检查记录。发现漏水的设施及时维修，有问题及时解决。对单位内部用水指标完成情况有节奖超罚管理制度。

##### ③ 水平衡测试

水平衡测试是工厂企业加强用水科学管理，合理用水的一项基础性工作。通过水平衡测试，要达到以下目的：（1）摸清工厂企业用水现状，工业用水水量之间的定量关系。（2）进行合理化用水分析，找出节约用水潜力；根据实际条件，制定切实可行的合理用水规划。（3）建立工业用水档案，健全工业用水计量仪表。培养一批收悉本企业工业用水现状的管理人员。（4）为制定工业企业取水定额标准积累基础数据。有近期合格的水平衡测试报告书，报告书内有节水整改规划。无近期水平衡报告书的需要又能反映单位用水现状的管网图、计量图。

##### ④ 台帐完整、规范

台帐完整、规范是实现工业企业节水的一项重要基础工作。它包括有计量台帐、指标分解台帐、指标计算台帐三方面内容。并有以下两方面要求，一方面是对台帐和资料的要求，要建立统计台帐，企业内部各类用水原始记录完整准确。另一方面是对报表和统计分析的要求，要及时完成有关各类水的统计报表并进行统计分析，对用水的变化情况找出原因，起到指导加强节水管理的作用。

##### ⑤ 节水管理

节水管理包括经常进行节水宣传、实行指标分解或定额管理、节水设施管理运行正常三方面。节水宣传是节水管理的有效辅成部分，它能为节水工作的顺利开展扫清障碍，取得支持。人们的用水时间、

用水次数、用水方式等直接取决于个人的用水行为和习惯。而用水行为和习惯是较稳定的，如果想改变不良的用水行为和习惯，就必须加强节水观念的宣传教育，使得改变不良的用水行为和习惯成为大家的自觉行动。实行指标分解管理可以使目前没有用水定额的产品在用水量的控制上更具可操作性。

### 3.3.2 技术类考核指标

#### ① 水表计量率

根据水平衡测试标准的要求，每天（24 小时）取水量达到  $10\text{m}^3$  以上的用水单元（车间、工段、设备）均应安装水表。

一级计量水表：计量从水源（自来水、自备井、河水）取水量的水表，是用以全厂各种水源的计量。

二级计量水表：用以计量用水企业（单位）内部用于各车间、工段、部门及不同建筑物或区域新水量的水表。是各车间及厂区生产用水、生活用水的计量水表。

三级计量水表：用以主要用水设计、设备新水量计量的水表。

一、二、三及水表计量率是指厂（单位）、车间（部门）、班组水表计量率。按式（3-1）、（3-2）计算：

$$\text{二级水表计量率} = \frac{\text{二级水表量之和}}{\text{一级水表量之和}} \times 100\% \quad (3-1)$$

$$\text{三级水表计量率} = \frac{\text{三级水表量之和}}{\text{带三级水表的二级水表量之和}} \times 100\% \quad (3-2)$$

#### ② 重复利用率

重复利用率是工业用水中能够重复利用的水量的重复利用程度。它是考核工业用水水平的一个重要指标。提高工业用水重复利用率是节约用水的主要途径之一。重复利用率定义为工业用水中，重复利用水量占用水量的百分比。按式（3-3）计算：

$$R = \frac{V_r}{V_i + V_r} \times 100\% \quad (3-3)$$

式中： $R$ ——重复利用率，%

$V_r$ ——在一定的计量时间内，企业的重复利用水量， $\text{m}^3$

$V_i$ ——在一定的计量时间内，企业的取水量， $\text{m}^3$

#### ③ 用水综合漏失率

用水综合漏失率按式（3-4）计算：

$$\text{用水综合漏失率} = \frac{\text{供水总量} - \text{有效供水量}}{\text{供水总量}} \times 100\% \quad (3-4)$$

供水总量：取用的新水总量，即一级水表量；

有效供水量：车间、班组等分水表的水量之和，即二级表水量之和。

此项指标也可以用（一级表计量率）-（二级表计量率）来计算，其差就是用水综合漏损率。

#### ④ 节水型器具普及率

节水型设备器具普及率是表示节水型设备器具占全部使用设备器具的百分比。按式（3-5）计算：

$$\text{节水型设备器具普及率} = \frac{\text{节水型设备器具使用数量}}{\text{全部使用的设备器具数量}} \times 100\% \quad (3-5)$$

#### ⑤ 间接冷却水循环率

间接冷却水循环率是考核工业生产用间接冷却水循环和回用程度的专项性指标，它是重复利用率的

一个主要组成部分。在企业用水中，间接冷却水所占比例较大，使用后的水质污染较轻，一般只是温度升高，所以可回用性大，同时投资较少，回用程度远高于工艺水。它的定义是一定量时间内，工业生产用间接冷却水中循环和回用水量占间接冷却水用量的百分比。按式（3-6）计算：

$$R_c = \frac{V_{cr}}{V_{cr} + V_{cf}} \times 100\% \quad (3-6)$$

式中： $R_c$ ——间接冷却水循环率，%

$V_{cr}$ ——间接冷却水循环量， $m^3/h$

$V_{cf}$ ——间接冷却水循环系统补充水量， $m^3/h$

⑥ 锅炉蒸汽冷凝水回收率

锅炉蒸汽冷凝水回用率是考核蒸汽冷凝水回用程度的专项性指标。定义为用于生产的锅炉蒸汽冷凝水回用于锅炉给水的回收水量占锅炉蒸汽发汽量的百分比。按式（3-7）计算：

$$\text{锅炉蒸汽冷凝水回收率} = \frac{\text{锅炉蒸汽冷凝水回收量}}{\text{锅炉蒸汽发汽量}} \times 100\% \quad (3-7)$$

### 3.4 工业企业综合节水评价指标权重计算

#### 3.4.1 筛选权重计算方法

目前，有关权重的确定方法有数十种之多。根据计算权重时原始数据的来源不同可以分为主观赋权法、客观赋权法两类。

① 主观赋权法

主观赋权法是根据人们主观上对各评价指标的重视程度来确定其权重系数的一类方法。其特点是能较好地反映评价对象所处的背景条件和评价者的意图，但各指标权重系数的准确性有赖于专家的知识 and 经验的积累，因而具有较大的主观随意性。常用的有相对比较法、集值迭代法、层次分析法等。

② 客观赋权法

客观赋权法的原始数据来自于评价矩阵的实际数据，其基本思想是：权重系数应当是对各个指标在指标总体中的变异程度和对其他指标影响程度的度量，赋权的原始信息应当直接来源于客观环境，可根据各指标所提供的信息量的大小来决定相应指标的权重系数。这类方法切断了权重系数的主观性来源，使系数具有绝对的客观性，但容易出现“重要指标的权重系数小而不重要指标的权重指标系数大”的不合理现象。常用的客观赋权法有熵值法、拉开档次法、逼近理想点法等。

拟建立的工业企业综合节水评价指标体系包括机构与职责、规章制度、水平和测试、台帐完整规范、节水管理这些定性指标。对于定性指标不可能具有实际观测值，只能将定性指标定量化进行考量，可见，工业企业综合节水评价指标体系不具备采用客观赋权法确定权重的条件。因此，选用主观赋权法确定工业企业综合节水评价指标权重。

几种常见的主观赋权法：

(1) 相对比较法

相对比较法的过程如下：将所有的评价指标  $X_j (j=1,2,\dots,n)$  分别按行和列排列，构成一个正方形的表；再根据三级比例标度对任意两个指标的相对重要关系进行分析，并将评分值记入表中相应位置；将各个指标评分值按行求和，得到各个指标的评分总和；最后作归一化处理，求得指标的权重系数。

三级比例标度两两相对比较评分的分值为  $q_{ij}$ ，则标度值及其含义如下：

$$q_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{当 } X_i \text{ 比 } X_j \text{ 重要时} \\ 0.5 & \text{当 } X_i \text{ 比 } X_j \text{ 同样重要时} \\ 0 & \text{当 } X_i \text{ 比 } X_j \text{ 不重要时} \end{cases}$$

则评分构成的矩阵  $Q = (q_{ij})_{m \times n}$ 。显然， $q_{ii} = 0.5$ ， $q_{ij} + q_{ji} = 1$ 。

指标  $X_i$  的权重系数为：
$$\omega_i = \frac{\sum_{j=1}^n q_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n q_{ij}}$$

使用该方法确定指标权重时，任意两个指标之间的相对重要程度要有可比性。这种可比性在主观判断评分时，应满足比较的传递性，即  $X_1$  比  $X_2$  重要， $X_2$  比  $X_3$  重要，则  $X_1$  比  $X_3$  重要。

(2) 集值迭代法

采用集值迭代法确定配件指标权重的过程如下：

a.) 选取  $L(L \geq 1)$  位专家，让每一位专家在指标集  $X = \{X_j\}$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) 中任意选取其认为最重要的  $s(1 \leq s \leq n)$  个指标。即第  $k(1 \leq k \leq L)$  位专家选取的结果是指标集  $X$  的一个子集  $X^{(k)} = \{X_1^{(k)}, X_2^{(k)}, \dots, X_s^{(k)}\}$ , ( $k = 1, 2, \dots, L$ )

b.) 作(示性)函数  $\mu_k(j)$ ：

$$\mu_k(j) = \begin{cases} 1 & \text{若 } X_j \in X^{(k)} \\ 0 & \text{若 } X_j \notin X^{(k)} \end{cases}$$

令  $g(x_j) = \sum_{k=1}^L \mu_k(j)$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ )

c.) 确定各指标权重  $\omega_j$ ：

将  $g(x_j)$  归一化后，将  $g(x_j) / \sum_{k=1}^n g(x_k)$  作为与指标  $x_j$  相对应的权重系数  $\omega_j$ ，

$$\omega_j = g(x_j) / \sum_{k=1}^n g(x_k), \quad j = 1, 2, \dots, n$$

(3) 层次分析法

层次分析法确定权重的步骤如下：

a.) 建立层次模型，将评价指标体系分层

b.) 构造判断矩阵：将同一层次各元素关于上一层次某一准则重要性进行两两比较，构造判断矩阵。对于每个评价指标相对重要程度的赋值采用德尔菲法 (Delphi Method)，即专家咨询法确定。其比较结果以 0~1 模糊标度法表示，各级标度的含义见表 3.4。

表 3.4 各级标度含义表

重要性标度	含义
1	表示两个元素相比，具有同等重要性
3	表示两个元素相比，前者比后者稍重要
5	表示两个元素相比，前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比，前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示为上述相邻判断的中值
倒数	若元素 i 和元素 j 的重要性之比为 $a_{ij}$ ，则元素 j 和元素 i 的重要性之比为 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

c.) 计算权重

d.) 计算判断矩阵的最大特征值

e.) 一致性检验

由上可知：相对比较法与集值迭代法均直接对评价指标进行重要性比较，对评价指标之间的关系分析不深入，反观层次分析法，先对评价指标体系分层，再对同一层次各元素关于上一层次某一准则重要性进行两两比较、构造判断矩阵，则较为科学且系统性强。对于各级比例标度，层次分析法的 0~1

模糊标度法划分较细，更有利于体现出评价指标之间重要性的差异。结合工业企业综合节水评价指标体系自身定性指标与定量指标相结合的特点，综合考虑本课题选用层次分析法计算各评价指标权重。

### 3.4.2 层次分析法计算工业企业综合节水评价指标权重

层次分析法(The Analytic Hierarchy Process 即 AHP)是由美国运筹学家、匹兹堡大学教授 T. L. Saaty 于 1977 年创立的一种系统分析与决策的综合评价方法<sup>[58]</sup>。20 世纪 80 年代中期, Saaty 提出了反馈 AHP<sup>[59,60]</sup>, 1996 年, Saaty 较为系统地提出了网络分析法(Analytic Network Process, 简称 ANP)的理论与方法<sup>[61]</sup>。层次分析法的主要思想是: 先分解后综合, 整理和综合人们的主观判断, 使定性分析与定量分析有机结合, 实现量化决策。首先将所要分析的问题层次化, 根据问题的性质和要达到的总目标, 将问题分解成不同的组成因素, 按照因素间的相互关系及隶属关系, 将因素按层次聚集组合, 形成一个多层次分析结构模型, 最终归结为最低层(方案、措施、指标等)相对于最高层(总目标)相对重要程度的权值或相对优劣次序的问题。需要说明的是, 层次分析法需借助于专家打分, 通过专家打分的结果建立判断矩阵。该方法具有灵活简洁的优点, 在能源系统分析、城市规划、经济管理、科研评价等领域, 得到了广泛的重视和应用。

层次分析法确定权重的步骤<sup>[62]</sup>如下:

#### ① 建立层次结构模型

分析确定系统中各因素的关系, 将评价目标层次化, 一般将系统分为三层, 第一层为目标层, 第二层为准则层, 第三层为方案层。对于工业企业综合节水评价, 将已构建的评价指标体系按层次分析法(AHP)分层的层次结构如表 3.5 所示。

表 3.5 工业企业综合节水评价指标体系层次结构

目标层	准则层	方案层
工业企业综合节水评价指标体系	基础管理类考核指标	机构与职责 规章制度 水平衡测试 台帐完整规范 节水管理
	技术类考核指标	水表计量率 重复利用率 用水综合漏失率 节水型器具普及率 间接冷却水循环率 锅炉蒸汽冷凝水回收率

#### ② 构造判断矩阵

目标层次结构建立后, 上下层次指标间的隶属关系就被确定了。将同一层次各元素关于上一层某一准则重要性进行两两比较, 构造判断矩阵。对于每个评价指标相对重要程度的赋值采用德尔菲法(Delphi Method), 即专家咨询法确定。其比较结果以 0~1 模糊标度法表示, 各级标度的含义见表 3.4。因此, 对于同一层次的 n 个指标, 可得到两两比较判断矩阵 A,  $A = \{a_{ij}\}$ , 其中  $a_{ij} > 0, a_{ii} = 1$ 。

德尔菲法(Delphi Method)是在 20 世纪 40 年代由 O. 赫尔姆和 N. 达尔克首创, 经过 T. J. 戈尔登和兰德公司进一步发展而成的, 又名专家咨询法, 主要采用向专家发函、征求意见等形式, 用背靠背的判断代替面对面的会议, 充分听取专家意见, 反复征求每个专家的意见, 经过客观分析和多次反复征询, 使各种不同意见逐步趋向一致<sup>[63]</sup>。德尔菲法主要包括制定专家咨询表和选聘专家两方面内容:

(1) 制定专家咨询表: 专家咨询表主要涵盖咨询目的、指标体系的层次结构及各项指标的含义与算式、分层设计指标重要程度比较表、咨询内容及填表方法等内容。

本课题咨询目的: 确定工业企业综合节水评价指标体系中各评价指标的权重。将拟构建的工业企业综合节水评价指标体系层次结构中的目标层、准则层、方案层分别编号, 如表 3.6 所示。

表 3.6 工业企业综合节水评价指标体系层次结构编号

目标层	准则层	方案层
A 工业企业综合节水评价指标体系	B1 基础管理类考核指标	C11 机构与职责 C12 规章制度 C13 水平衡测试 C14 台帐完整、规范 C15 节水管理
	B2 技术类考核指标	C21 水表计量率 C22 重复利用率 C23 用水综合漏失率 C24 节水型器具普及率 C25 间接冷却水循环率 C26 锅炉蒸汽冷凝水回收率

咨询内容：同一层次上各评价指标的重要性程度，其比较结果以 0~1 模糊度法表示，填表方法即详细各的级标度含义如表 3.4 所示；工业企业综合节水详细评价表如表 3.7 所示。

表 3.7 工业企业综合节水详细评价表  
准则 A 工业企业综合节水评价指标体系

A	B1	B2
B1	1	
B2		1

准则 B1 基础管理类考核指标

B1	C11	C12	C13	C14	C15
C11	1				
C12		1			
C13			1		
C14				1	
C15					1

准则 B2 技术类考核指标

B2	C21	C22	C23	C24	C25	C26
C21	1					
C22		1				
C23			1			
C24				1		
C25					1	
C26						1

(2) 选聘专家：选聘专家应根据需要，选择收悉所研究内容，长期从事该方面研究的权威人士。本课题是对工业企业综合节水评价研究，确定各评价指标的权重，选聘了北京市节约用水管理中心的专家。此外，专家咨询工作需注意以下因素：

- a.) 合理选择咨询对象，要充分了解专家专长及其收悉的领域，可针对不同准则请有关专家填写判断矩阵。
- b.) 创造适合于咨询工作的良好环境，咨询过程中要向专家简明准确地介绍层次分析法 (AHP)，提供可靠的资料和信息。
- c.) 掌握正确的咨询方法，首先要通过咨询确定层次结构，为节省时间避免误解要设计好咨询表。
- d.) 及时分析专家咨询信息，必要时进行反馈及多轮次咨询。



德尔菲法 (Delphi Method) 与传统的专家讨论会、座谈会有所区别, 它能够使每位专家充分发挥各自作用、集思广益, 避免专家因各种原因不愿发表不同意见或修改其意见的现象, 将各专家意见的分歧充分展示出来, 取各家之长、避各家之短。德尔菲法的不足是过程较复杂, 可能持续的时间较长。

③ 计算权重

由判断矩阵计算被比较元素对每一准则层的相对权重, 并进行判断矩阵的一致性检验。

(1) 计算判断矩阵  $A$  的每一行元素的积  $M_i$ :  $M_i = \prod_{j=1}^n a_{ij}, i=1,2,\dots,n$

(2) 计算各行  $M_i$  的  $n$  次方根值  $\bar{w}_i$ ,  $\bar{w}_i = \sqrt[n]{M_i}, i=1,2,\dots,n$ , 式中  $n$  为矩阵阶数

(3) 将向量  $(M_1, M_2, \dots, M_n)^T$  归一化, 计算如下:  $W_i = \frac{\bar{w}_i}{\sum_{i=1}^n \bar{w}_i}$ ,  $W_i$  即为所求的各指标的权重系数。

④ 计算判断矩阵  $A$  的最大特征值  $\lambda_{max}$ ,  $\lambda_{max} = \sum_{i=1}^n \frac{(A \cdot W)_i}{nW_i}$

上式中:  $A \cdot W = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix}$

$(A \cdot W)_i = a_{i1}W_1 + a_{i2}W_2 + \dots + a_{in}W_n$

⑤ 一致性检验

(1) 计算一致性指标  $CI$ ,  $CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$

(2) 查同阶矩阵平均随机一致性指标  $RI$  (见表 3.8)

表 3.8 平均随机一致性指标

阶数 $n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$RI$	0.00	0.00	0.58	0.96	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.52	1.54

(3) 计算一致性比率  $CR$ ,  $CR = \frac{CI}{RI}$

当  $CR=0$  时,  $A$  具有完全一致性; 当  $CR<0.1$  时,  $A$  具有满意一致性; 当  $CR\geq 0.1$  时,  $A$  具有非常满意一致性, 则应予以调整或舍弃不用。

3.5 本章小结

从工业企业综合节水标准体系框架的研究中发现: 虽然已出台《节水型企业评价导则》(GB/T 7119—2006), 但如何判定工业企业节水的程度 (如何判定节水型企业), 评价指标、衡量方法等方面均没有详细说明, 工业企业综合节水评价标准仍是我国现行的城市节水标准工作中的不足之一。评价指标体系是评价标准的核心内容, 整个评价标准围绕评价指标体系展开。因此, 构建评价指标体系、确定各指标对评价对象的影响即指标权重是本章的主要研究内容。

在研究和借鉴国内外工业企业节水影响因素的基础上,从工业用水的三方面(主要生产用水、辅助生产用水、附属生产用水)综合考虑,得出初拟的工业企业综合节水评价指标 20 项。再运用专家咨询法,将一些不易获取数据资料、不能充分反映评价对象特点、对评价对象影响不大的指标予以舍弃,简化评价指标,建立工业企业综合节水评价指标体系。该评价指标体系分为基础管理类考核指标和技术类考核指标两大类,共 11 项评价指标。运用层次分析法(AHP)计算各评价指标权重。首先,对评价指标体系分层建立模型:以工业企业综合节水为目标层,基础管理类、技术类考核指标构成准则层,将各评价指标分别纳入方案层。其中基础管理类考核指标包括机构与职责、规章制度、水平衡测试、台帐完整规范、节水管理;技术类考核指标包括水表计量率、重复利用率、用水综合漏失率、节水型器具普及率、间接冷却水循环率、锅炉蒸汽冷凝水回收率。其次,运用德尔菲法(Delphi Method)(又称专家咨询法)构造判断矩阵。最后,通过一致性检验确定出指标权重。

## 4 工业企业综合节水评价模型

### 4.1 工业企业综合节水评价方法

#### 4.1.1 综合评价综述

##### ① 综合评价的问题

综合评价涉及到社会生活中的方方面面,从个人、家庭到国家,甚至外星系。综合评价的研究对象通常是自然、社会、经济等领域中的同类事物(横向)或同一事物在不同时期的表现(纵向)。具体一般表现为以下几类问题<sup>[62]</sup>:

第一类综合评价问题表现为所研究事物进行分类。俗话说,物以类聚,人以群分,把多个事物中具有相同或近似属性的事物归为一类,有利于对客观事物进行科学的管理。

第二类综合评价问题表现为对上述分类的序化,即在第一类问题基础上对各小类按优劣排出顺序。比如,对我国各地区按经济状况分类后再进一步明确,哪些地区经济发展状况好,哪些地区经济发展状况不佳等。这将为客观经济管理提供信息。

第三类综合评价问题表现为对某一事物做出整体评价。当然也必须要有评价参考系,否则无法做出评价。这在地质勘探、天气预报等方面有较广泛的应用。即使对于每一个评价对象,通过综合评价和比较,可以找到自身差距,也便于及时采取措施,对症下药。

##### ② 综合评价的概念<sup>[64]</sup>

综合评价是指对被评价对象所进行的客观、公正、合理的全面评价。如果把被评价对象视为系统的话,上述问题可抽象地表述为:在若干个(同类)系统中,如何确认哪个系统的运行(或发展)状况好,哪个系统的运行(或发展)的状况差,这是一类常见的所谓综合判断问题,即多属性(或多指标)综合评价问题(The comprehensive evaluation problem)。对于有限个方案的决策问题来说,综合评价是决策的前提,而正确的决策源于科学的综合评价。甚至可以这样说,没有科学的综合评价,就没有正确的决策。因此,综合评价的理论、方法在管理科学与工程领域中占有重要的地位。

#### 4.1.2 几种典型的综合评价方法

近几十年来,综合评价的理论研究和实践活动均有较大发展,不断有新的评价方法提出,与此同时,一些早起提出的方法也在不断的完善补充。评价方法已从最初的经典评分法发展到主成分分析法(PCA)、数据包络分析法(DEA)、模糊综合评价法(FCE)等,其评价方法日趋复杂化、多学科化,对数学的运用也越来越深入。上述方法均各有特点及适用范围,下面就几种常见、较典型的评价方法给予简单介绍:

##### ① 经典评分法<sup>[65]</sup>

经典评分法即通过各因素打分的方法,得出系统的总分数,根据总分给出评价结果。常用的评分法有:加法评分法、连乘评分法、加乘评分法、加权评分法。

(1) 加法评分法:加法评分法根据评价对象列出的评价指标,对每个评价指标定出评价的等级,并用分数来标定。将评价指标所评得的分数值采用加法累计,然后得到的总分就是综合评价的结果。该方法简单易行,便于计算;但反映不出因子间重要性程度,主观成分过多;灵敏度不高。

(2) 连乘评分法:连乘评分法是将各种评价指标的分数值连乘,得到的总分就是综合评价的结果。在方案的选择上,按成绩大小排序,以决定方案的优劣。该方法简单易行,计算直观;反映不出因子间重

要性程度, 主观成分过多, 灵敏度较加法评分法高。

(3) 加乘评分法: 加乘评分法将各评价指标分成若干子指标或子因素, 首先计算各指标的子因素的评分值之积, 然后将各指标分数值连乘得总评分数, 或按分数多少排序。吸取了加法评价法与连乘评价法的特点, 指标分得细, 评价较全面; 指标间的重要性程度反映不出来, 灵敏度介于加法与连乘评分法之间。

(4) 加权评分法: 如果已知几个指标值为  $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ , 而各指标所赋权重系数为  $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ , 则总的评价结果是

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i \gamma_i$$

其中,  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$

加权评分法用权重区分各项评价指标的主次, 但对一些定性指标, 其评价结果很难用分数准确表示, 并且受认识水平及考察侧重点的不同, 有时不同专家对同一指标的打分会有很大不同, 因此, 无论哪一种经典评分法, 其应用都受到了一定的限制。

#### ② 主成分分析法<sup>[37,66]</sup>

主成分分析法 (Principal Component Analysis, 即 PCA) 最早是作为多元数据的降维处理技术而提出的, 是多元统计分析的分支。20 世纪 30 年代, 由 Fisher、Hotelling、许宝禄及 Roy 等人的一系列奠基工作使多元统计分析成为应用数学的重要分支。主成分分析法的基本特征是应用数理统计和线性代数知识, 通过寻找样本点散布最开的  $p$  个正交方向, 对样本中的信息进行提炼和降维; 再应用决策分析和泛函分析知识, 探索主成分价值函数的形成机理和结构形式, 进一步把低维系统降成一维系统。主成分分析法在涉及经济效益评价、城市综合实力评价、地区经济发展水平评价、财务评价、环境质量评价、等方面广泛应用。

#### ③ 数据包络分析法<sup>[37,67]</sup>

数据包络分析法 (Data Envelopment Analysis, 即 DEA) 是美国著名运筹学家 A. Charnes 和 W. W. Cooper 等学者, 以相对效率概念为基础、以凸分析和数学规划为工具发展起来的一种效率评价方法。DEA 法的一个直接和重要的应用是根据输入、输出数据对同类型部单位 (决策单元) 进行相对效率与效益方面的评价。特别是由于 DEA 法对于输入、输出指标有较大的包容性, 如它可以接受那些在一般意义上很难定量的指标 (如心理指标等)。DEA 法可用于产品质量的评估; 对单纯非赢利的公共服务部门如学校、医院、某些文化设施等方面的评价等方面; 也可扩展到预测、预警; 成本收益和理论分析等方面。

#### ④ 模糊综合评价法<sup>[37,68]</sup>

模糊综合评价法 (Fuzzy Comprehensive Evaluation, 即 FCE) 是模糊数学 (由美国控制论专家查德于 1965 年提出) 的一种具体应用方法。它是以模糊数学为基础, 应用模糊关系合成的原理, 将一些边界不清、不易定量的因素定量化, 将多个因素对被评价事物隶属等级状况进行综合评价的一种方法。模糊评价法主要分为两步: 第一步先按每个因素单独评判; 第二步再按所有因素综合评判。模糊综合评价法的特点在于评判逐对进行, 对被评对象有唯一的评价值, 不受被评价对象所处对象集合的影响。模糊综合评价法也是目前多指标综合评价实践中应用最广的方法之一。评价结果的可靠性和准确性依赖于合理选取因素、因素的权重分配、评价模型的选择等方面。目前, 广泛地应用于环境、气象预报、经济管理等多个领域。

对经典评分法、主成分分析法、数据包络分析法、模糊综合评价法这几种综合评价方法进行分析比较, 可将他们归纳如表 4.1 所示。

表 4.1 几种综合评价方法的比较

方法类别	优点	缺点
经典评分法	简单易行、便于计算	反映各指标间重要性程度较差
主成分分析法	全面性, 可比性, 客观合理性	需要大量的统计数据, 对样本容量较小情形不适用
数据包络分析法	可以评价多输入多输出的大系统, 评价时不需要预先给出权重	只表明评价单元的相对发展指标, 无法表示出实际发展水平
模糊综合评价法	将一些边界不清、不易定量的因素定量化	评价结果的可靠性和准确性依赖于合理选取因素、因素的权重分配、评价模型的选择等方面。

### 4.1.3 工业企业综合节水评价方法的选择

对工业企业综合节水进行评价, 考虑到评价结果不受样本容量的影响, 所以首先排除主成分分析法; 拟构建的工业企业综合节水评价指标体系由 5 个定性与 6 个定量指标组成, 且定量指标均不是通过试验获得, 没有大量输入输出的数据, 因此排除数据包络分析法。

对工业企业综合节水的评价涉及到社会、经济、环境等方面, 是一个特殊而复杂的过程。所以必须同时考虑多个方面、多个环节和多个因素。可以说, 工业企业综合节水评价工作本质上就是一个多因素的综合评判问题。

多因素中同时存在着由随机性引起的或由模糊性引起的不确定因素。随机性是指问题或事件本身虽有明确含义, 但由于存在偶然因素和不可控因素, 使得事件的结果具有不确定性, 即事件的试验结果是随机的。这类问题可以采用统计方法给出事件试验各结果的发生概率。模糊性是由于问题比较含糊或过于复杂, 无法给出确切定义和确定的评价标准而引起的不确定性, 或者说由于事物边界不清晰, 致使已知事实的归属不明确, 问题本身又很难定量描述。这种现象在工程质量评定、环境污染程度打分、项目招投标等工程问题中较常见<sup>[69]</sup>。工业企业综合节水评价的不确定性是由于模糊性引起的不确定性, 即涵盖定性指标又包括定量指标, 评价本身难以定量描述, 符合模糊综合评判法的适用范围。

工业企业综合节水评价指标体系由基础管理类考核指标和技术类考核指标构成。其中其中, 基础管理类考核指标包括: 机构与职责、规章制度、水平衡测试、台帐完整规范、节水管理; 技术类考核指标包括水表计量率、重复利用率、用水综合漏失率、节水型器具普及率、间接冷却水循环率、锅炉蒸汽冷凝水回收率。工业企业综合节水评价最终得出的应是较直观的结果, 例如: 是否是节水型工业企业; 节水处于何种等级或水平。模糊综合评价法的优点是向量作为评价结果, 评价较客观, 但运算相对复杂; 经典评分法的优点是计算简单, 但对一些指标尤其是定性指标的评分带有较大的主观随意性。将模糊综合评价和评分法相结合形成模糊综合评分法, 简化计算过程, 得到一个较直观的结果。因此, 模糊综合评分法符合工业企业综合节水评价需要, 具有较强的科学性和实用性。

## 4.2 模糊综合评价模型

### 4.2.1 模糊综合评价的基本原理

模糊综合评价是在考虑多种因素的影响下, 运用模糊数学工具对某事物做出综合评价。设  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  为刻化被评价对象的  $m$  种因素即因素集,  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$  为刻化每一因素所处状态的  $n$  种决断即决断集。这里存在着两类模糊集, 以主观赋权为例, 一类是标志因素集  $U$  中诸元在人们心目中的重要程度的量, 表现为因素集  $U$  上模糊权重向量  $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$  另一类是  $U \times V$  上的模糊关系, 表

现为  $m \times n$  模糊矩阵  $R$ ，这两类模糊集都是人们价值观念或偏好结构的反映。再对这两类集施加某种模糊运算，便得到  $V$  上的一个模糊子集  $\underline{B} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ 。因此，模糊综合评价是指寻找模糊权重向量  $\underline{A} = (a_1, a_2, \dots, a_m) \in F(U)$ ，以及一个从  $U$  到  $V$  的模糊变换  $\tilde{f}$ ，即对每一因素  $u_i$  单独做出一个判断  $\tilde{f}(u_i) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}) \in F(V)$ ， $i = 1, 2, \dots, m$ ，据此结构模糊矩阵  $R = [r_{ij}]_{m \times n} \in F(U \times V)$ ，其中  $r_{ij}$  表示因素  $u_i$  具有评语  $v_j$  的程度。进而求出模糊综合评价  $\underline{B} = (b_1, b_2, \dots, b_n) \in F(V)$ ，其中  $b_j$  表示被评价对象具有评语  $v_j$  的程度，即  $v_j$  对模糊集  $\underline{B}$  的隶属度。

由此可见，模糊综合评价模型涉及三个要素：

- ① 因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ ；
- ② 决策集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ；
- ③ 单因素判断  $\tilde{f}: U \rightarrow F(V)$ ， $u_i \mapsto F(V) = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in}) \in F(V)$ 。

由  $\tilde{f}$  可诱导模糊关系  $R_f \in F(U \times V)$ ，其中  $R_f(u_i, v_j) = \tilde{f}(u_i)(v_j) = r_{ij}$ ，而由  $R_f$  可构成模糊矩阵

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

对于因素集  $U$  上的权重模糊向量  $\underline{A} = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ ，通过  $\tilde{R}$  变换为决策集  $V$  上的模糊集  $\underline{B} = \underline{A} \circ \tilde{R}$ ，于是  $(U, V, R)$  构成一个综合评价模型，它像一个如图 4.1 所示的转换器。若输入一权重分配  $\underline{A} \in F(U)$ ，则输出一个综合评价  $\underline{B} = \underline{A} \circ \tilde{R} \in F(V)$ 。

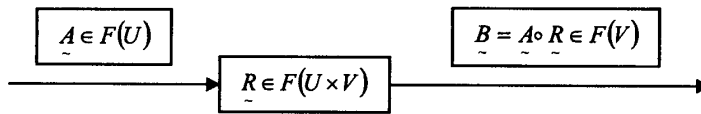


图 4.1 模糊转换器

模糊综合评价的基本步骤：

步骤 1 确定评价对象集、因素集和评语集。

根据实际需要确定评价的对象集、评价的因素集和评语集（即决策集）。

对象集： $O = \{o_1, o_2, \dots, o_j\}$ ，因素集： $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ ，评语集： $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 。

步骤 2 建立  $m$  个评价因素的权重分配向量  $\underline{A}$ 。

评价因素中的每个因素在“评价目标”中有不同的地位和作用，即各评价因素在综合评价中占有不同的比重，这个比重我们称之为权重值，确定权重值的方法很多，可以采用层次分析法、或“相对重要程度相关等级计算法”等。

步骤 3 通过各单因素模糊评价获得模糊综合评价矩阵。

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

每一个评价对象都应建立一个综合评价矩阵  $\underline{R}$ ，其中  $\underline{R} = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$  为第  $i$  个因素  $u_i$  的单因素评价，所以  $r_{ij}$  表示第  $i$  ( $1 \leq i \leq m$ ) 个因素  $u_i$  在第  $j$  ( $1 \leq j \leq n$ ) 个评语  $v_j$  上的频率分布，一般将其归一化使之满足  $\sum_{j=1}^n r_{ij} = 1$ 。

步骤 4 进行复合运算可得到综合评价结果。

$$\underline{B} = \underline{A} \circ \underline{R}$$

步骤 5 计算每个评价对象的综合分值。

综合评价的目的是要从对象集中选出优胜对象，所以还需要将所有对象的评价结果进行排序，将综合评价结果  $\underline{B}$  转换为综合分值  $M$ ，于是可依  $M$  值进行排序，从而可挑选出最优者。

### 4.2.2 几种常见的模糊综合评价模型

$$\underline{B} = \underline{A} \circ \underline{R} = (a_1, a_2, \dots, a_m) \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{pmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_n) \quad (4.3)$$

行向量  $\underline{B}$  称为单因素综合评价结果。

$$\text{其中, } b_j = \left( a_1 \hat{*} r_{1j} \right) \check{*} \left( a_2 \hat{*} r_{2j} \right) \check{*} \dots \check{*} \left( a_m \hat{*} r_{mj} \right) \quad j = (1, 2, \dots, n) \quad (4.4)$$

这里“ $\hat{*}$ ”表示广义模糊“与”运算，“ $\check{*}$ ”表示广义模糊“或”运算。称  $\underline{B}$  为评语集  $V$  上的模糊综合评价集， $b_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) 为等级（评语） $v_j$  对综合评判所得模糊评价集  $\underline{B}$  的隶属度

在 Fuzzy 综合评价中，要注意“ $\circ$ ”算子的选择。由于在评价事物时有不同的考虑原则，从运算的角度可丰富综合评判数学模型，因此，可针对不同的原则选用不同的算子。

#### ① 主因素决定型模型 $M(\wedge, \vee)$

取  $\hat{*}$  为  $\wedge$ ， $\check{*}$  为  $\vee$ ，代入式 (4.4) 得：

$$b_j = \vee_{i=1}^m (a_i \wedge r_{ij}) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (4.5)$$

此模型的特点：现将单因素  $u_i$  的评价对评语  $v_j$  的隶属度  $r_{ij}$  调整为  $r_{ij}^* = a_i \wedge r_{ij}$ ，( $j=1, 2, \dots, n$ )，这里  $a_i$  可看作是  $r_{ij}$  的调整系数；然后将各因素调整后的所有隶属度  $r_{ij}^*$  的最大者作为评语  $v_j$  对综合评判后的指标值（隶属度） $b_j$ ，即只考虑调整后的  $r_{ij}^*$  最大的、其主要影响作用的那个因素，而忽略了其他因素的影响。因此，模型  $M(\wedge, \vee)$  比较适于单项评判最优就能作为综合评判最优的情况。

#### ② 主因素突出型模型 $M(\bullet, \vee)$

取  $\hat{*}$  为  $\bullet$ ， $\check{*}$  为  $\vee$ ，代入式 (4.4) 得：

$$b_j = \vee_{i=1}^m (a_i \bullet r_{ij}) \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (4.6)$$

此模型的特点：把  $r_{ij}$  调整为  $r_{ij}^* = a_i \bullet r_{ij}$  ( $j=1, 2, \dots, n$ )。这是一种以  $a_i$  倍缩小  $r_{ij}$  的策略， $a_i$  也是一种调整系数。由于也是用  $\vee$  代替  $\check{*}$ ，故模型  $M(\bullet, \vee)$  也是一种“主因素”的综合评判，其意义与模型

$M(\wedge, \vee)$ 相近。此模型适用于模型  $M(\wedge, \vee)$ 失效(不可区别), 需要“加细”的情况。此模型比模型①稍微精确一些, 因为它兼顾了所有因素, 普通实数乘法  $\bullet$  不会丢失信息。

③ 加权平均型  $M(\bullet, +)$

取  $\hat{\ast}$  为  $\bullet$ ,  $\check{\ast}$  为  $+$ , 代入式 (4.4) 得

$$b_j = \sum_{i=1}^m (a_i \bullet r_{ij}) \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (4.7)$$

此模型的特点:

(1) 在确定评语  $v_j$  对模糊综合评价集的隶属度  $b_j$  时, 考虑了所有因素  $u_i (i=1,2,\dots,m)$  的影响;

(2) 由于同时考虑到所有因素的影响, 所以各  $a_i$  的大小具有刻画各因素  $u_i$  重要性程度的权系数的意义。因此,  $a_i$  应满足:

$$\sum_{i=1}^m a_i = 1$$

此模型比较适用于要求总和最大的情形。

④ 全面制约型  $M(\text{幂乘}, \wedge)$

取  $\hat{\ast}$  为幂乘,  $\check{\ast}$  为  $\wedge$ , 代入式 (4.4) 得

$$b_j = \wedge_{i=1}^m (r_{ij}^{a_i}) \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (4.8)$$

此模型的特点: 先把单因素评价中的元素  $r_{ij}$  调整为  $r_{ij}^* = (r_{ij})^{a_i}$ , ( $j=1,2,\dots,n$ ), 然后在调整后的  $r_{ij}^*$  中取其最小值作为  $b_j$ 。这时  $r_{ij}$  和  $b_j$  不再是各自相应的隶属度, 而是受到全面制约的。此模型突出信息中的次要因素而进行综合评判。

⑤ 取小上届和型  $M(\wedge, \oplus)$

取  $\hat{\ast}$  为  $\wedge$ ,  $\check{\ast}$  为  $\oplus$ , 代入式 (4.4) 得

$$b_j = \oplus \sum_{i=1}^m (a_i \wedge r_{ij}) = \min \{1, \sum_{i=1}^m (a_i \wedge r_{ij})\} \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (4.9)$$

此模型的特点: 把单因素评价中的元素  $r_{ij}$  调整为  $r_{ij}^* = a_i \wedge r_{ij}$ , ( $j=1,2,\dots,n$ ), 然后各  $r_{ij}^*$  作有上界相加以求  $b_j$ 。因此,  $a_i$  也是在考虑多因素时  $r_{ij}$  的调整系数。此模型是一种对每个评语  $v_j$  都同时考虑各种因素的综合评判。

⑥ 均衡平均型  $M(\wedge, +)$

$$b_j = \sum_{i=1}^m \left( a_i \wedge \frac{r_{ij}}{r_{i0}} \right) \quad (j=1,2,\dots,n) \quad (4.10)$$

$$\text{其中, } r_{i0} = \sum_{k=1}^m r_{ik} \circ$$

此模型的特点: 先将综合评判矩阵的列向量归一化, 再把归一化后元素  $r_{ij} / \sum_{k=1}^m r_{ik}$  调整为  $r_{ij}^* = a_i \wedge r_{ij} / \sum_{k=1}^m r_{ik}$ , ( $j=1,2,\dots,n$ ), 然后把各个  $r_{ij}^*$  加起来作为  $b_j$ 。此模型也是一种对每一个评语  $v_j$



都同时考虑各种因素的综合评判<sup>[70]</sup>。

### 4.2.3 多级模糊综合评价模型

模糊综合评价法就是利用模糊变换原理和最大隶属度原则，考虑与被评价事物相关的各个因素，来判别事物的优劣，其原理是先按某一属性将事物分成若干大因素，然后对其中某一因素通过构建一个模糊综合评价的数学模型并进行模糊变换，从而得出初层次的综合评价，在此基础上，再对初层次综合评判的结果进行高层次综合评判。

一般来说，当出现以下情况时，应该采用多层次综合评价：

- ① 当评价因素集  $U$  中元素特别多时，存在着权重系数难以确定的问题。作法：按其性质将所有的因素分为若干类，先将某一类中的各个因素进行综合评价，然后再对各类进行综合评价。如果每类因素还可以再分类，则这样的评判还可以多次进行下去。
- ②  $U$  中因素有多个层次，即一个因素往往是由其他若干个因素决定的。作法：先对低层次的各个元素进行综合评价，然后再对上一层次的因素进行综合评价。
- ③  $U$  中因素具有模糊性。作法：按其性质，把  $U$  中的因素分为若干等级，通过对一个因素若干等级的综合评价来实现对该因素的评价，然后再对所有的因素进行综合评价。

下面以二级模糊综合评价模型为例，来求解多级模糊综合评价的问题。

设：因素集  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ ；决策集  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ 。

从各种不同的角度出发，选择一些有代表性的模型分别进行一级模糊综合评判，设所得模糊综合评价集分别为：

$$\begin{aligned} \underline{A}_{o_1} \underline{R} = \underline{B}_{\sim 1} &= (b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1n}) \\ \underline{A}_{o_2} \underline{R} = \underline{B}_{\sim 2} &= (b_{21}, b_{22}, \dots, b_{2n}) \\ &\vdots \\ \underline{A}_{o_s} \underline{R} = \underline{B}_{\sim s} &= (b_{s1}, b_{s2}, \dots, b_{sn}) \end{aligned} \tag{4.11}$$

由于仅由  $\underline{B}_{\sim 1}, \underline{B}_{\sim 2}, \dots, \underline{B}_{\sim s}$  之一作为评判指标，可能有片面性，故把它们综合起来作为二级评判指标，记  $U_0 = \{\underline{B}_{\sim 1}, \underline{B}_{\sim 2}, \dots, \underline{B}_{\sim s}\}$ ，称之为二级评判指标集。设  $U_0$  的各指标  $\underline{B}_{\sim i} (i=1, 2, \dots, s)$  的权重分配为  $\underline{A}_{\sim 0} = (a_1, a_2, \dots, a_s)$ ，这里  $a_i \geq 0$ ，且  $a_1 + a_2 + \dots + a_s = 1$ 。以  $\underline{B}_{\sim 1}, \underline{B}_{\sim 2}, \dots, \underline{B}_{\sim s}$  作为构成二级综合评判矩阵

$$\underline{R}_{\sim 0} = \begin{bmatrix} \underline{B}_{\sim 1} \\ \underline{B}_{\sim 2} \\ \vdots \\ \underline{B}_{\sim s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{s1} & b_{s2} & \dots & b_{sn} \end{bmatrix} \tag{4.12}$$

进行二级指标模糊综合评判

对  $\underline{A}_{\sim 0}$  和  $\underline{R}_{\sim 0}$  采用加权平均模型进行二级综合评判，即  $\underline{B}_{\sim 0} = \underline{A}_{\sim 0} \bullet \underline{R}_{\sim 0} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ ，其中

$$b_j = \sum_{i=1}^s a_i \bullet b_{ij}, \quad (j=1, 2, \dots, n)$$

进行模糊向量的清晰化即可得到所求的评判结果。

$\underline{B}_{\sim 0}$  即为二级模糊综合评价模型的综合评价，类似地，可以推广到多级模糊综合评价模型。二级模糊综合评价模型的步骤可由下面二级转换器表示（如图 4.2）。

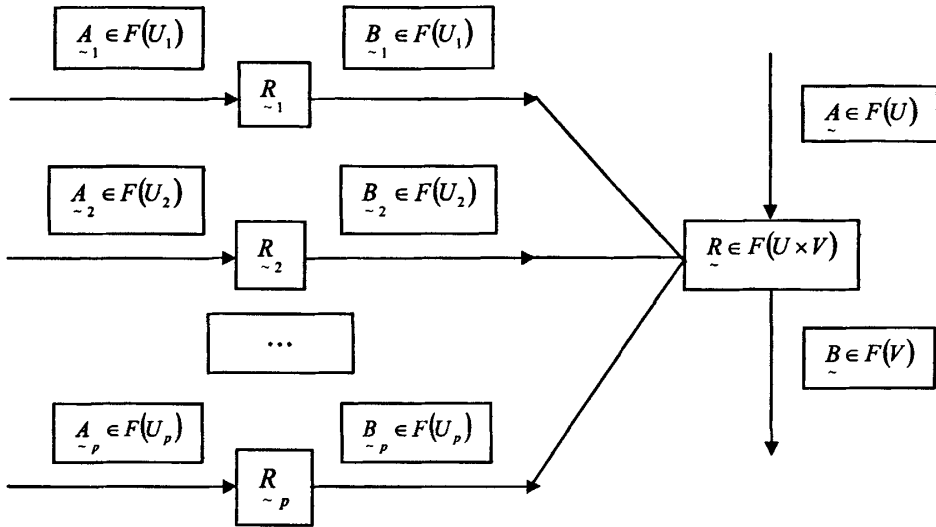


图 4.2 二级模糊转换器

### 4.3 工业企业综合节水评价的模糊综合评分模型

模糊综合评价法的优点是用向量作为评价结果，评价较客观，但运算复杂；评分法的优点是计算简单，但对一些指标尤其是定性指标的评分带有较大的主观随意性。而且这两种方法有其内在的联系，尤其是经典评分法中的加权评分法，采用了模糊综合评价中权重分配中加权平均型  $M(\cdot, +)$  算子的计算方法，较好地吸收了模糊综合评价的长处。所以进行工业企业综合节水评价时，可以将模糊综合评价和经典评分法中的加权评分法结合起来，吸收两者的优点组成模糊综合评分模型进行评价，其步骤如下：

步骤 1 确定评价对象集、因素集和评语集

- 评价对象：工业企业综合节水
- 因素集： $U = \{\text{基础管理类 } u_1, \text{技术类 } u_2\}$   
 $U_1 = \{\text{机构与职责 } u_{11}, \text{规章制度 } u_{12}, \text{水平衡测试 } u_{13}, \text{台帐完整规范 } u_{14}, \text{节水管理 } u_{15}\}$   
 $U_2 = \{\text{水表计量率 } u_{21}, \text{重复利用率 } u_{22}, \text{用水综合漏失率 } u_{23}, \text{节水型器具普及率 } u_{24},$   
 $\text{间接冷却水循环率 } u_{25}, \text{锅炉蒸汽冷凝水回收率 } u_{26}\}$
- 评语集： $V = \{\text{优}(A)v_1, \text{良}(B)v_2, \text{合格}(C)v_3, \text{不合格}(D)v_4\}$

步骤 2 用层次分析法确定因素集的模糊权重向量  $A$ 。

设  $U_i$  对应的权重为  $W_i (i=1,2, W_1 + W_2 = 1)$

$u_{1j}$  对应的权重为  $w_{1j} (j=1,2,\dots,5; \text{且 } w_{11} + w_{12} + \dots + w_{15} = W_1)$

$u_{2k}$  对应的权重为  $w_{2k} (k=1,2,\dots,6; \text{且 } w_{21} + w_{22} + \dots + w_{26} = W_2)$

步骤 3 参照加权评分法，将权重与对应的“等级”分相乘，表示此指标在系统内的评价结果，如  $u_{1j}$  的评价结果为  $(u_{1j}, r_{1j})$ 、 $u_{2k}$  的评价结果为  $(u_{2k}, r_{2k})$ ；各指标的评价结果相加，相同的“等级”进行合并，最后结果为子系统的评价结果。

设基础管理类  $U_1$  中各指标  $u_{1j} (j=1,2,\dots,5)$  的权重组成权重向量  $W_1 = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{15})$ ， $u_{1j} (j=1,2,\dots,5)$  的等级分  $r_{1j}$  组成等级向量  $R_1' = (r_{11}, r_{12}, \dots, r_{15})^T$ ，则基础管理类  $U_1$  的评价结果  $R_1$  用向量

运算表示为:

$$\begin{aligned} R_1 &= W_1 R_1' = (w_{11}, w_{12}, \dots, w_{15}) (r_{11}, r_{12}, \dots, r_{15})^T \\ &= w_{11}r_{11} + w_{12}r_{12} + \dots + w_{15}r_{15} \\ &= a_1A + b_1B + c_1C + d_1D \end{aligned}$$

同理: 设技术类 $U_2$ 中各指标 $u_{2k}(k=1,2\cdots 6)$ 的权重组成权重向量 $W_2=(w_{21}, w_{22}, \dots, w_{26})$ ,  $u_{2k}(k=1,2,\dots,6)$ 的等级分 $r_{2k}$ 组成等级向量 $R_2'=(r_{21}, r_{22}, \dots, r_{26})^T$ , 则技术类 $U_2$ 的评价结果 $R_2$ 用向量运算表示为:

$$\begin{aligned} R_2 &= W_2 R_2' = (w_{21}, w_{22}, \dots, w_{26}) (r_{21}, r_{22}, \dots, r_{26})^T \\ &= w_{21}r_{21} + w_{22}r_{22} + \dots + w_{26}r_{26} \\ &= a_2A + b_2B + c_2C + d_2D \end{aligned}$$

( $a_i, b_i, c_i, d_i$ 分别为 $A, B, C, D$ 对应的系数, 且 $a_i + b_i + c_i + d_i = W_i, i=1,2$ )

步骤 4 各因素集的评价结果乘以各自的权重, 经合并后, 根据最大隶属原则及其他要求确定总的评价结果; 设评价对象工业企业综合节水 $U$ 的权重分配为 $W=(W_1, W_2)$ , 基础管理类 $u_1$ , 技术类 $u_2$ 的评价结果组成向量 $R'=(R_1, R_2)^T$ , 则: 工业企业综合节水 $U$ 的最终评价结果用向量运算表示为:

$$\begin{aligned} R &= WR' = (W_1, W_2) (R_1, R_2)^T \\ &= W_1R_1 + W_2R_2 \\ &= aA + bB + cC + dD \end{aligned}$$

$a, b, c, d$ 分别为 $A, B, C, D$ 对应的系数,

$a = a_1 + a_2, b = b_1 + b_2, c = c_1 + c_2, d = d_1 + d_2, a + b + c + d = 1,$

如果 $b > a > c > d$ , 且其他条件也满足, 则最终评价结果为“B”级。

#### 4.4 实例计算模型

由于各行业的用水特点和用水工艺存在差异, 用统一的评价指标体系来衡量是不准确的, 但采用不同的评价指标体系又不便于实际操作。因此, 在实际应用中, 针对不同行业特点, 确定各评价指标的不同权重, 成为解决此矛盾的方法。现以电力行业为主要研究对象, 介绍整个评价过程。

##### 4.4.1 电力行业用水节水特点

工业用水系统分为重复用水系统和直流水系统。重复用水系统又可分为循环用水系统、串联用水系统和回用水系统。根据节水的要求, 必须发展循环用水、串联用水和回用水系统, 淘汰直流水系统。根据电厂用水特征, 可以把电厂作为一个大的用水系统, 把电厂中的用水单元称为用水子系统。通常把典型电厂中的用水单元分为循环冷却水系统、化学除盐水系统(锅炉补给水系统)、灰渣用水系统、工业冷却水系统、生活用水系统、杂用水系统、脱硫用水系统等七个用水子系统。电厂用水系统体系如图 4.3 所示<sup>[71]</sup>。

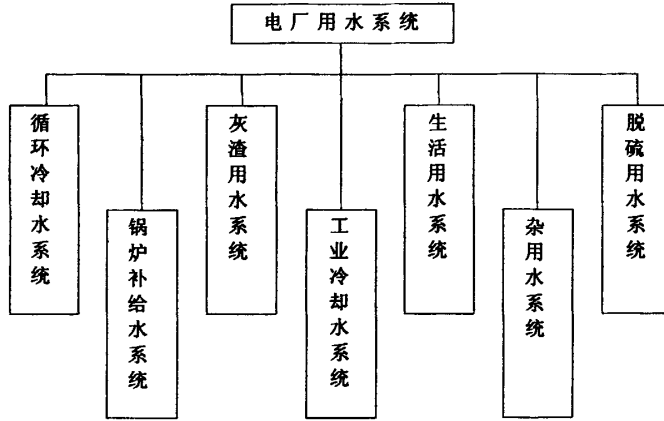


图 4.3 典型电厂用水系统体系

上面的七个子系统代表了一般电厂的用水单元。由于用水工艺和用水水平的差别，电厂用水子系统及子系统的用水方式可能会有所不同，有的电厂没有脱硫系统或用于除灰等<sup>[72]</sup>。

电力行业属于国民经济基础产业，也是用水大户，取水量所占比例为各行业之首。就北京市而言，根据《北京市统计年鉴（2005）》，2004 年北京市从事电力、热力的生产和供应的企业有 27 家，工业总产值 113.8 亿元<sup>[73]</sup>。其中大型电力企业主要有 5 家，分别是：中电国华北京热电分公司（简称国华热电）、华能北京热电有限公司（简称华能热电）、北京京能热电股份有限公司（简称京能热电）、大唐国际北京高井热电厂（简称高井热电）、北京京丰热电有限公司（简称京丰热电）。截至 2004 年这 5 家企业的总装机容量为 2795 MW，发电总量为 176.2 亿 kW·h，约占全市电力行业总发电量 84%，取水总量达到 1.88 亿 m<sup>3</sup>，占全市电力行业总取水量的 73.6%。除发电外，这 5 家企业均分别对外供热或向工业提供蒸汽。其中，国华热电采用通惠河水用于冷却后又排入河道的直流式冷却方式，其余 4 厂采用的是循环式冷却。

根据电力行业用水的特点，结合对北京市主要电力企业的实地调研结果，从整个电力行业用水结构上来看，间接冷却水约占 96%，锅炉用水占 2%，工艺用水和厂区其他用水各占 1%。显而易见，影响电力行业用水水平的主要因素是间接冷却水，其次是锅炉用水。根据调查的结果，电力行业用水效率的提高归因于冷却水系统改造、水资源循环利用、污水资源化、严格可行的用水制度<sup>[74]</sup>。

#### 4.4.2 指标权重

根据第三章已建立的评价指标体系，确定指标权重。在层次分析法中，各指标的权重不需要直接给出，而只要确定两两指标间的相对重要性即可，因此，根据专家给出的结果即可构造判断矩阵。

电力行业企业综合节水的两类指标及其权重如表 4.2 所示：

表 4.2 B 层 2 个指标总排序权重值 A 计算表

工业企业综合节水评价指标体系 A	B1	B2	Wi
基础管理类评价指标 B1	1	1/2	0.33333
技术类评价指标 B2	2	1	0.66667

计算得到判断矩阵一致性比例  $0 < 0.1$ ，同时计算得到归一化的权值。  $W=[0.33333, 0.66667]$ 。

基础管理类评价指标的 4 个指标及其计算的权重值如表 4.3 所示：

表 4.3 C 层 4 个指标总排序权重值 B1 计算表

基础管理类评价指标 B1	C11	C12	C13	C14	C15	Wi
机构与职责 C11	1	1/3	1/6	1/4	2	0.07884
规章制度 C12	3	1	1/5	1/3	3	0.14239
水平衡测试 C13	6	5	1	3	5	0.48643
台帐完整规范 C14	4	3	1/3	1	2	0.22244
节水管理 C15	1/2	1/3	1/5	1/2	1	0.06990

计算得到判断矩阵一致性比例  $0.0391 < 0.1$ ，同时计算得到归一化的权值。  $W=[0.07884, 0.14239, 0.48643, 0.22244, 0.06990]$ 。

技术类评价指标的 6 个指标及其计算的权重值如表 4.4 所示：

表 4.4 C 层 4 个指标总排序权重值 B1 计算表

技术类评价指标 B2	C21	C22	C23	C24	C25	C26	Wi
水表计量率 C21	1	1/4	2	3	1/5	3	0.11673
重复利用率 C22	4	1	4	6	1/3	3	0.24806
用水综合漏失率 C23	1/2	1/4	1	2	1/5	3	0.09611
节水型器具普及率率 C24	1/3	1/6	1/2	1	1/7	2	0.05345
间接冷却水循环率 C25	5	3	5	7	1	7	0.44062
锅炉蒸汽冷凝水回用率 C26	1/3	1/3	1/3	1/2	1/7	1	0.04503

计算得到判断矩阵一致性比例  $0.0259 < 0.1$ ，同时计算得到归一化的权重值。W=[0.11673, 0.24806, 0.09611, 0.05345, 0.44062, 0.04503]。

评价指标总排序权值的计算：

上面已完成各个指标的相对重要性，但各个指标相对于最高层的相对重要性指标还要计算，计算结果列于表 4.5 所示。

表 4.5 C 层 11 个指标总排序权重值 A 计算表

指标	B1	B2	C 层总排序权值
机构与职责 C11	0.07884		0.02628
规章制度 C12	0.14239		0.04746
水平衡测试 C13	0.48643		0.16214
台帐完整规范 C14	0.22244		0.07415
节水管理 C15	0.06990		0.02330
水表计量率 C21		0.11673	0.07782
重复利用率 C22		0.24806	0.16537
用水综合漏失率 C23		0.09611	0.06408
节水型器具普及率 C24		0.05345	0.03563
间接冷却水循环率 C25		0.44062	0.29375
锅炉蒸汽冷凝水回收率 C26		0.04503	0.03002

得到最后的权重，即  $W=[0.02628, 0.04746, 0.16214, 0.07415, 0.02330, 0.07782, 0.16537, 0.06408, 0.03563, 0.29375, 0.03002]$ 。

#### 4.4.3 电力行业节水评价等级标准

指标标准是对评价指标评级打分的依据。参考《取水定额 第 1 部分：火力发电》(GB 18916.1—2002)、《火电厂节水导则》(DL/T 783—2001)、《节水型企业评价导则》(GB/T 7119—2006)、《节水型企业(单位)目标导则》(城建[1997]45 号)、及其他相关标准，结合对北京市节水先进电力行业企业的调研资料，制订了电力行业工业企业综合节水评价等级标准，如表 4.6 所示。本指标体系共有 11 项指标，每项指标均给出了“**A**”级和“**C**”级标准，“**B**”级介于“**A**”和“**C**”级之间，不满足“**C**”级标准的即为“**D**”级。

表 4.6 电力行业工业企业综合节水评价等级标准

评价目标	评价指标	权重系数	评价标准		评价等级			
			A	C	A	B	C	D
基础管理类考核	机构与职责	0.02628	机构健全,有节水主管部门和专职管理人员负责节水工作,各级人员节水管理职责明确,积极开展节水工作,成绩显著。	有兼职管理人员负责节水工作,能积极开展工作,取得了一定成绩。				
	规章制度	0.04746	包括会议制度、岗位责任制度、奖惩制度、巡回检查制度、维修制度和计量管理制度等在内的各项制度健全,执行情况良好	管理制度不够完善,但能贯彻执行。				
	水平衡测试	0.16214	水平衡测试水量参数齐全,测试表格填写完整,计算正确,水平衡图及计量网络图绘制规范,落实整改措施。	水平衡测试记录完整,计算正确,水平衡图及计量网络图绘制规范。				
	台帐完整规范	0.07415	有近期完整的管网图,定期对用水管道、设备等进行检修,并有相应检查和检修记录;原始记录和统计台帐完整,按照规范完成统计表。	有基本的管网图,有对用水管道、设备等检查和检修记录;有计量台帐。				
	节水管理	0.02330	切实贯彻每年市节水部门布置的节水宣传纲要和有关文件,积极开展节水宣传活动,效果明显;能定期对节水管理人员进行培训或节水教育。较好地实行指标分解或定额管理,节水设施管理好运行正常。	能够贯彻执行市节水办布置的宣传纲要和有关文件,能够利用现有条件进行节水宣传,有一定的效果。有指标分解或定额管理、节水设施管理。				
技术考核类	水表计量率	0.07782	企业总取水,以及非常规水资源的水表计量率为 100%,二级表计量率>98%,三级表计量率>90%,有合理用水分析。	企业总取水,以及非常规水资源的水表计量率为 100%,二级表计量率>90%,三级表计量率>85%,有合理用水分析。				
	重复利用率	0.16537	>95%	>90%				
	用水综合漏失率	0.06407	<2%	<4%				



评价目标	评价指标	权重系数	评价标准		评价等级			
			A	C	A	B	C	D
技术考核类	节水型器具普及率	0.03563	>95%	>90%				
	间接冷却水循环率	0.29375	>98%	>95%				
	锅炉蒸汽冷凝水回收率	0.03002	>98%	>95%				

目前，已出台的《节水型企业(单位)目标导则》(城建[1997]45号)、《节水型企业评价导则》(GB/T 7119—2006)、《北京市节水型企业(单位)考核标准》等标准和文件，对不同行业的工业企业均采用统一的标准评价是不科学的，没有体现各指标对不同行业节水评价的影响。其他行业也可运用同样的方法建立具体行业的节水评价标准，即先对计算评价指标权重，再确定各指标的评价等级标准，最后运用模糊综合评分模型计算得出其节水水平。

#### 4.5 本章小结

本章根据综合评价方法的理论研究，结合各评价模型的适用范围及工业企业综合节水评价指标体系的特点，综合考虑选用模糊评分模型进行计算。由于各行业企业用水特点和生产工艺存在差异，用统一的评价指标体系来衡量是不准确的，但采用不同的评价指标体系又不便于实际操作。因此，在实际应用中，针对不同行业特点，确定各评价指标的不同权重，成为解决此矛盾的方法。

在工业企业综合节水评价标准中，评价模型的选用是评价能否顺利进行的关键、也直接影响评价结果，因此，也是本章主要研究内容。在评价模型方面，选用的是模糊评价法与评分法相结合的模糊综合评分模型，既具有模糊评价法用向量作为评价结果、评价较客观的优点，又具有经典评分法计算较简单的特点。模糊综合评分模型包括评价指标权重、各评价指标等级两大要素。其中，指标权重由层次分析法(AHP)计算得出；指标等级依据现场调研和资料调研，本着工业企业节水的可持续发展方向，由好到差分为优A、良B、合格C、不合格D四个等级。指标权重与指标等级确定后，运用加权平均型模糊算子 $M(\bullet,+)$ 得出评价等级。不同行业用水特点及生产工艺存在差异，各评价指标的权重也因行业而异。本章以电力行业为例，介绍模糊综合评分模型的运用。

## 5 结论与建议

### 5.1 结论

工业企业综合节水评价研究是节水工作在多水源、多用户的新形势下提出的课题。对工业企业而言,所谓多水源即地下水、地表水等传统水源与再生水、雨水、含盐水、外调水等非传统水源的合理开发利用;多用户即可指工业企业用水中所涵盖的生活用水、生产用水、生态用水,又可指各行业工业企业的不同用户。本研究构建了城市综合节水标准体系,在此基础上对工业企业节水深入研究,建立了工业企业综合节水标准体系。通过拟建工业企业综合节水评价指标体系和确定评价模型,完善了工业企业综合节水评价标准,使之更具有科学性、实用性。本文的主要成果如下:

① 将标准体系建立的目标及原则与城市综合节水相结合,创新性地构建出我国城市综合节水标准体系(包括编制说明、收录范围、城市综合节水标准体系结构框图、城市综合节水标准体系表)。城市综合节水标准体系三维框架由城市节水系统维、专业序列维、层次维构成,城市节水系统包括初端节水、中端节水、末端节水。城市末端节水系统是从用水的末端用户考虑的,划分为生活节水系统、工业企业节水系统和生态节水系统。城市中端节水系统是指从供水水源到末端用户之间所有过程的节水,主要指管网漏损控制和水处理厂节水。城市初端节水系统是从水源角度考虑,包括对地下水、地表水等传统水源的合理利用以及对再生水、雨水、含盐水、外调水的收集——处理——利用。专业序列维包括综合技术、节水规划、工程建设(工程设计、工程施工、工程验收)、节水管理(用水定额管理、用水水价管理、节水计量管理、节水评价、节水信息系统管理)、节水型产品(节水型设备、节水型器具)、保护(污废水排放、应急预案)六大子序列。层次维包括基础标准、通用标准、专用标准三大类。

② 在城市综合节水标准体系的基础上,以工业企业用水节水为突破点,对工业企业节水标准体系进一步深入研究。将工业企业按国家统计局对行业的划分为十五大类(冶金工业、电力工业、煤炭工业、石油工业、化学工业、机械工业、建筑材料工业、食品工业、食品加工工业、纺织工业、缝纫工业、皮革工业、造纸工业、文教用品工业、其他工业),采用工业企业节水系统维、专业序列维、层次维构建出工业企业综合节水标准体系框架。其中,工业企业节水系统维包括以上十五个行业,专业序列维包括综合技术、节水规划、节水管理(用水定额管理、用水价格管理、节水计量管理、节水评价、节水信息系统管理)、节水型产品(节水型设备)四大子序列。层次维包括基础标准、通用标准、专用标准三大类。工业企业综合节水标准体系框架的构建为各行业企业节水标准体系继续深入研究提供平台。

③ 研究和借鉴国内外工业企业节水影响因素,从工业用水的三方面(主要生产用水、辅助生产用水、附属生产用水)综合考虑,得出初拟的工业企业综合节水评价指标 20 项。运用专家咨询法,筛选、优化评价指标,建立工业企业综合节水评价指标体系。该评价指标体系分为基础管理类考核指标和技术类考核指标两大类,共 11 项评价指标。其中基础管理类考核指标包括机构与职责、规章制度、水平衡测试、台帐完整规范、节水管理;技术类考核指标包括水表计量率、重复利用率、用水综合漏失率、节水型器具普及率、间接冷却水循环率、锅炉蒸汽冷凝水回收率。创新地将层次分析法(AHP)运用于确定工业企业综合节水各评价指标的权重。

④ 研究综合评价方法理论、各评价模型的适用范围,综合考虑工业企业综合节水评价指标体系定性指标与定量指标相结合的特性,创新地将模糊综合评分模型运用于工业企业综

合节水评价,使评价结果既具有模糊评价模型较客观的优点,又具有经典评分模型计算较简单的特点。

⑤ 将模糊综合评分模型运用于电力行业,得出电力行业企业综合节水评价标准计算模型。

## 5.2 建议

本文针对工业企业综合节水研究在理论与实际应用中了一些工作并取得一定的成果,但还有一些问题有待进一步深入研究。以下几点值得注意:

① 在建立评价指标体系时,仅考虑了管理与技术两类指标,缺乏经济类指标,经济类指标对工业企业综合节水的评价还需做深入研究。

② 需进一步对各行业进行调研与分析,特别应充分考虑我国城市水资源以及城市用水节水水平的差异,确定各行业企业节水等级标准。

## 参考文献

- [1] 郭振江. 试论我国节水型社会建设与可持续发展[A]. 中国水利学会 2005 学术年会论文集节水型社会建设的理论与实践, 2005: 49~53
- [2] 吴佩林. 中国城市化进程中的水资源保障研究[D]. 中国科学院地理科学与资源研究所, 2005
- [3] 徐得潜, 梅素琴. 水资源与城市可持续发展[A]. 中国水利学会 2005 学术年会论文集节水型社会建设的理论与实践, 2005: 42~48
- [4] 郭培章, 宋群. 中外节水技术与政策案例研究[M]. 北京: 中国计划出版社, 2003: 354~356
- [5] 金明红, 汤万金. 建立工业节水标准化体系推进我国节水型工业建设[J]. 中国标准化 2002, 7: 16~17
- [6] 刘俊良. 城市节制用水规划原理与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 30, 54
- [7] 祁鲁梁, 李永存. 工业用水与节水管理知识问答[M]. 北京: 中国石化出版社, 2003: 12~13
- [8] 李宪法, 许京骐. 美国向节水型经济转变得重大战略决策[J]. 给水排水, 2001, 27(6): 87~90
- [9] 吴寄松. 全国节水规划纲要及其研究[M]. 南京: 河海大学出版社, 2003: 190~193
- [10] New Mexico Office of the State Engineer. A Water Conservation Guide for Commercial, Institutional and Industrial Users, July 1999, pp: 78~79
- [11] Water Conservation Implementation Task Force. Texas Water Development Board Report 362. Water Conservation Best Management Practice Guide, November 2004
- [12] [www.pacinst.org/reports/urban\\_uasage/appendix\\_e.pdf](http://www.pacinst.org/reports/urban_uasage/appendix_e.pdf)
- [13] 崔玉川. 城市与工业节约用水手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 128~129, 336
- [14] 郑小华. 城市工业节水综合评价研究[D]. 华北电力大学: 2006
- [15] 陈伟, 王玉坤. 南水北调中线河北供水区各市区工业用水综合分析评价[J]. 地下水, 2002, 24(4): 235~237
- [16] GB/T 20000.1—2002 标准化工作指南 第 1 部分: 标准化和相关活动的通用词汇[S]
- [17] 沈同, 邢造宇. 标准化理论与实践[M]. 北京: 中国吉林出版社, 2005: 7~10
- [18] 松浦四郎. 工业标准化原理[M]. 北京: 技术标准出版社, 1981: 3~10
- [19] 田克华. 工业标准化基础[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1996: 48~50
- [20] GB/T 13016—91 标准体系表编制原则和要求[S]
- [21] 李春田. 标准化概论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2005: 39
- [22] 舒辉. 标准化理论与实务[M]. 北京: 经济管理出版社, 2000: 30~34
- [23] 鲍仲平. 标准体系的原理和实践[M]. 北京: 中国标准出版社, 1998: 14~20
- [24] 杨丽. 果蔬产品及加工标准体系研究[D]. 中国农业科学研究院, 2004
- [25] 齐明. 东北老工业基地物流标准体系构建研究[D]. 沈阳工业大学, 2007
- [26] 管浩. 面向开放的中国物流标准体系结构研究[D]. 天津大学, 2005
- [27] 郗晶. 农村信息化标准体系框架及管理平台研究[D]. 中国农业科学院, 2007
- [28] 刘世洪, 胡海燕, 郗晶等. 农业信息化标准体系框架研究[J]. 农业网络信息, 2006 年第 2 期: 13~17
- [29] 太原工业大学, 大同市节水办. 城市节约用水水平评判及需水量预测方法的研究[M], 1996: 23~24
- [30] 北京市节约用水管理中心, 北京市城市规划设计研究院. 北京市节约用水规划研究(2006~2020) [M], 2006: 17~18
- [31] 《节水型社会建设标准指南》编写组. 节水型社会建设标准指南[M]. 北京: 中国水利

- 水电出版社, 2007: 93~96
- [32] 左建兵,陈远生. 北京市工业用水定额管理信息系统的研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19 (1): 43~46
- [33] 北京市城市节约用水办公室, 中国科学院地理科学与资源研究所. 北京市典型工业企业用水定额调查报告[R]. 2002
- [34] 桑连海, 黄薇, 刘强. 加强取水计量管理促进长江流域节水型社会建设[J]. 水利发展研究, 2007, 7 (4): 25~27, 48
- [35] BEKITHEMBA G, DIN IS J, ZAAG P. Information is a prerequisite for water demand management: experiences from four cities in Southern African[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2003(28): 827~837
- [36] 秦寿康. 综合评价原理与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2003: 1~8
- [37] 叶义成, 柯丽华, 黄德育. 系统综合评价技术及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001: 11~14
- [38] Workshop1: Water Minimsation.  
[www.envirowise.gov.uk/uk/Our-Services/Events-and-woekshops/Food-Environmental-Efficiency-Day/Food-Environmental-Efficiency-Day-2006/Programme/Programme-Details/Water-Minimisation.html](http://www.envirowise.gov.uk/uk/Our-Services/Events-and-woekshops/Food-Environmental-Efficiency-Day/Food-Environmental-Efficiency-Day-2006/Programme/Programme-Details/Water-Minimisation.html)
- [39] WATER EFFICIENCY INITIATIVES-GOOD PRACTICE REGISTER Water and Sewerage Companies(England and Wales)-2006,  
[www.ofwat.gov.uk/aptrix/ofwat/publish.nsf/AttachmentsByTitle/goodpracticeregister\\_2006/\\$FILE/goodpracticeregister\\_2006.pdf](http://www.ofwat.gov.uk/aptrix/ofwat/publish.nsf/AttachmentsByTitle/goodpracticeregister_2006/$FILE/goodpracticeregister_2006.pdf)
- [40] The Sub regional Workshop for South and South-West Asia on the Promotion of Public Awareness of Water Conservation Tehran, the Islamic Republic of Iran (7-9 May 2003),  
[www.unescap.org/esd/water/conservation/2003/7\\_9May.asp](http://www.unescap.org/esd/water/conservation/2003/7_9May.asp)
- [41] New Mexico Office of the State Engineer. A Water Conservation Guide for Commercial, Institutional and Industrial Users, July 1999
- [42] S.B White, S.A.Fane (2002). Designing cost effective water demand management programs in Australia. Water Science and Technology, Vol 46, No.6-7, pp.225-232.
- [43] [www.savewater.com.au/how-to-save-water/in-business/manufacturing](http://www.savewater.com.au/how-to-save-water/in-business/manufacturing)
- [44] Pete Wilson,Douglas P. , David N. Kennedy. Water efficiency guide for business managers and facility engineers. Department of water resources, State of California, Oct.1994
- [45] Water Conservation, Efficiency and Reuse A Report to the Georgia Environmental Protection Division University of Georgia Athens, Georgia 2006 (19-20, 28)
- [46] Yap Kheng Guan. Sustainable Water Management The Singapore Water Story Public education, WC&P International, vol49, No.9, p.74~78
- [47] J. Anderson, R.Iyaduri (2003). Integrated urban water planning: big picture planning is good for the wallet and the environment. Water Science and Technology, Vol 47, No.7~8, pp.19~23
- [48] The Sub regional Workshop for South and South-West Asia on the Promotion of Public Awareness of Water Conservation Tehran, the Islamic Republic of Iran (7-9 May 2003),  
[www.unescap.org/esd/water/conservation/2003/7\\_9May.asp](http://www.unescap.org/esd/water/conservation/2003/7_9May.asp)
- [49] GB/T 7119—2006 节水型企业评价指标体系[S]
- [50] CJ 42—1999 工业用水考核指标及计算方法[S]
- [51] 《节水型企业(单位)目标导则》(城建[1997]45号) [Z]
- [52] 北京市节约用水管理中心. 北京市节水型企业(单位)建设考核标准及说明 [Z]. [www.8wen.com/doc/860177](http://www.8wen.com/doc/860177)
- [53] 江苏省节水型企业(单位)建设考核标准及说明 [Z]. [www.njnz.gov.cn/upload/njzl/File/070420-1.doc](http://www.njnz.gov.cn/upload/njzl/File/070420-1.doc),  
[www.jyet.gov.cn/news/35/2007315160248.htm](http://www.jyet.gov.cn/news/35/2007315160248.htm)
- [54] 常明旺, 孔繁荣, 古太华等. 工业企业水平衡测试·计算·分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 153~161
- [55] 祁鲁梁, 李永存, 宋业林. 工业用水节水与水处理技术术语大全[M]. 北京: 中国水利

- 水电出版社, 2003: 19~20, 26~30
- [56] 张晓洁. 城市工业节水效率评价研究[J]. 安徽建筑工程学院(自然科学版), 2002, 10(1): 42~45
- [57] 刘陶, 吴传清. 节水型城市的内涵及评价指标体系探讨[J]. 科技进步与对策, 2006, 1月号: 134~136
- [58] 戴朝寿, 孙世良. 数学建模简明教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 152~158
- [59] Satty T.L. Multi-criteria Decision Making. Pittsburgh: RWS Publications, 1996
- [60] Satty T.L. Inner and outer Dependence in the Analytic Hierarchy Process: The Super matrix and Super hierarchy. Pittsburgh: Proceeding of 2nd ISAHP, 1991
- [61] Satty.T.L. Decision Making with Dependence and Feedback. Pittsburgh: RWS Publications, 1996
- [62] 胡永宏, 贺思辉. 综合评价方法[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 88~90
- [63] 张文忠, 尹卫红, 张锦秋等. 中国宜居城市研究报告[M]. 北京: 社会科学文献出版社, 2006: 80~82
- [64] 郭亚军. 综合评价理论与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 1~3
- [65] 沈巍麟. 既有住宅改造综合评价体系研究[D]. 北京交通大学: 2008
- [66] 陆勇. 房地产上市企业绩效评价方法研究[D]. 华东师范大学: 2008
- [67] 金萍. 区域物流发展评价研究[D]. 浙江工业大学: 2007
- [68] 马娟. 我国上市公司业绩评价体系研究[D]. 武汉科技大学: 2005
- [69] 喻湘存, 熊曙初. 系统工程教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 北京交通大学出版社, 2006: 220~227
- [70] Victor B. Kreng and Chao-Yi Wu. Evaluation or knowledge portal development tools using a fuzzy AHP approach: The case of Taiwanese stone industry [J]. European Journal of Operational Research, 2007: 176 (3), 1795~1810
- [71] 华冰. 火电厂节水[D]. 华北电力大学: 2005
- [72] 乔洪勇. 火力发电厂节约用水与循环用水管理模式研究[D]. 华北电力大学: 2006
- [73] 北京市统计局. 北京市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006
- [74] 左建兵, 刘昌明, 郑红星. 北京市电力行业用水分析与节水对策[J]. 给水排水, 2008, 34(6): 56~60

### 附录

#### 图 1 城市综合节水标准体系构架图

#### 图 1.1 地表水利用标准体系构架图

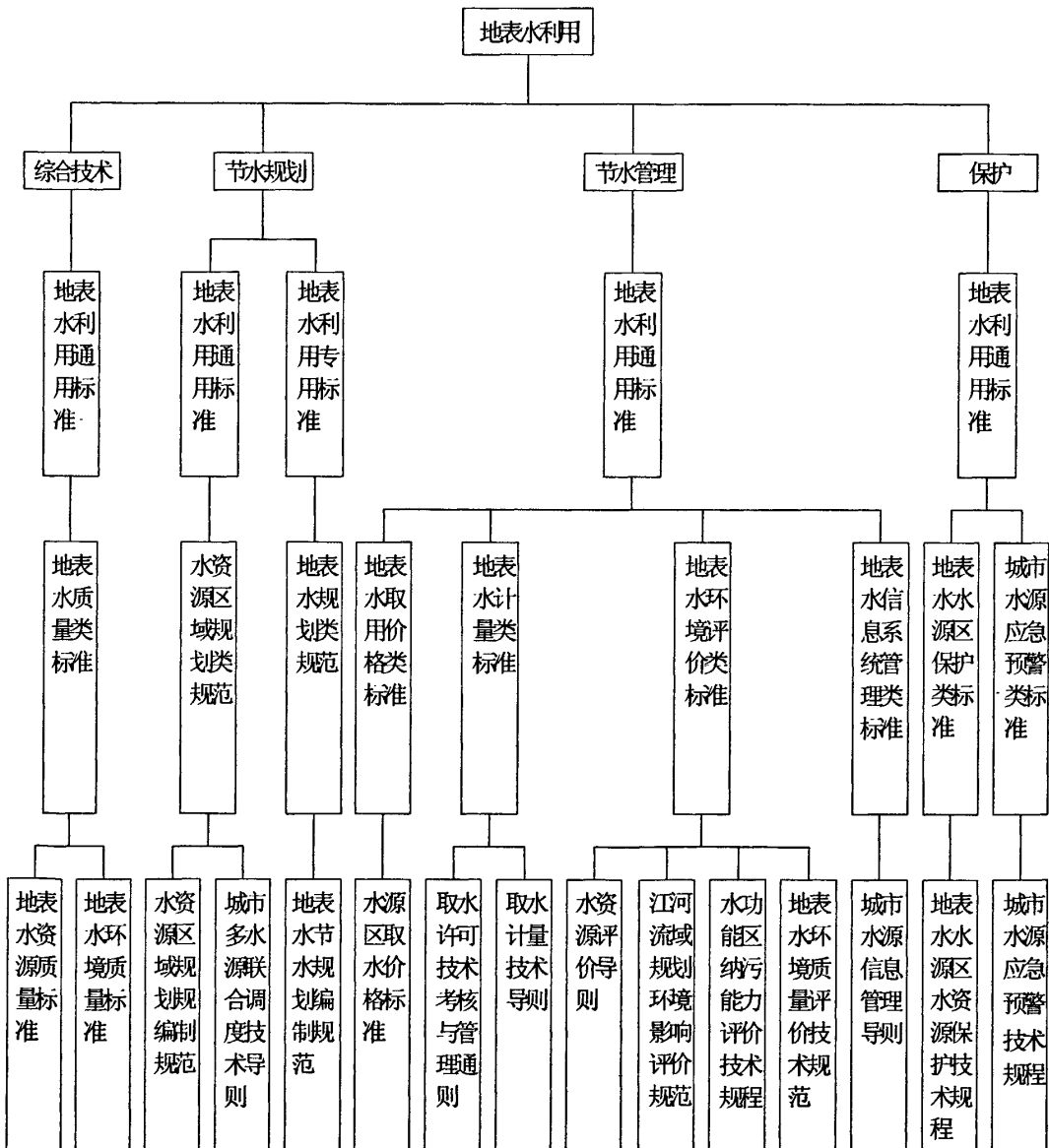


图 1.2 地下水利用标准体系构架图

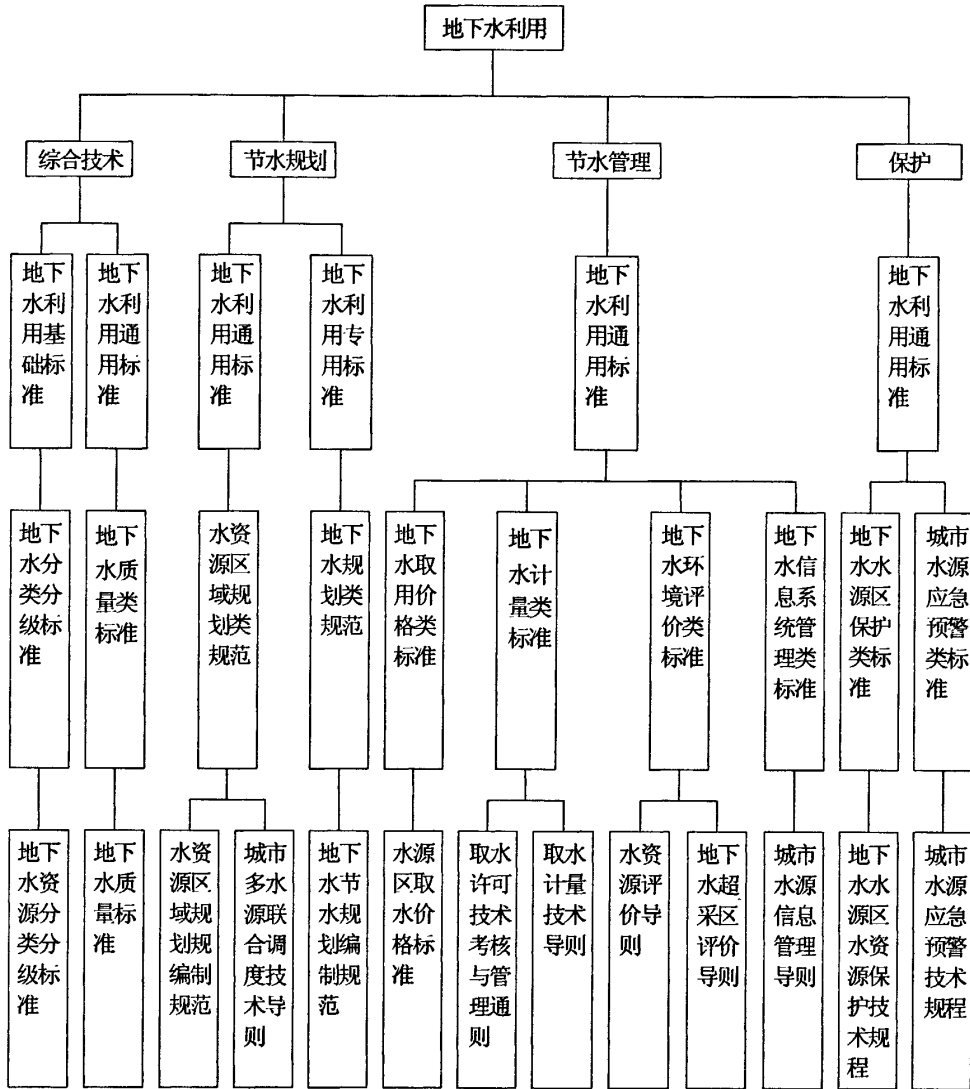




图 1.3 再生水利用标准体系架构图

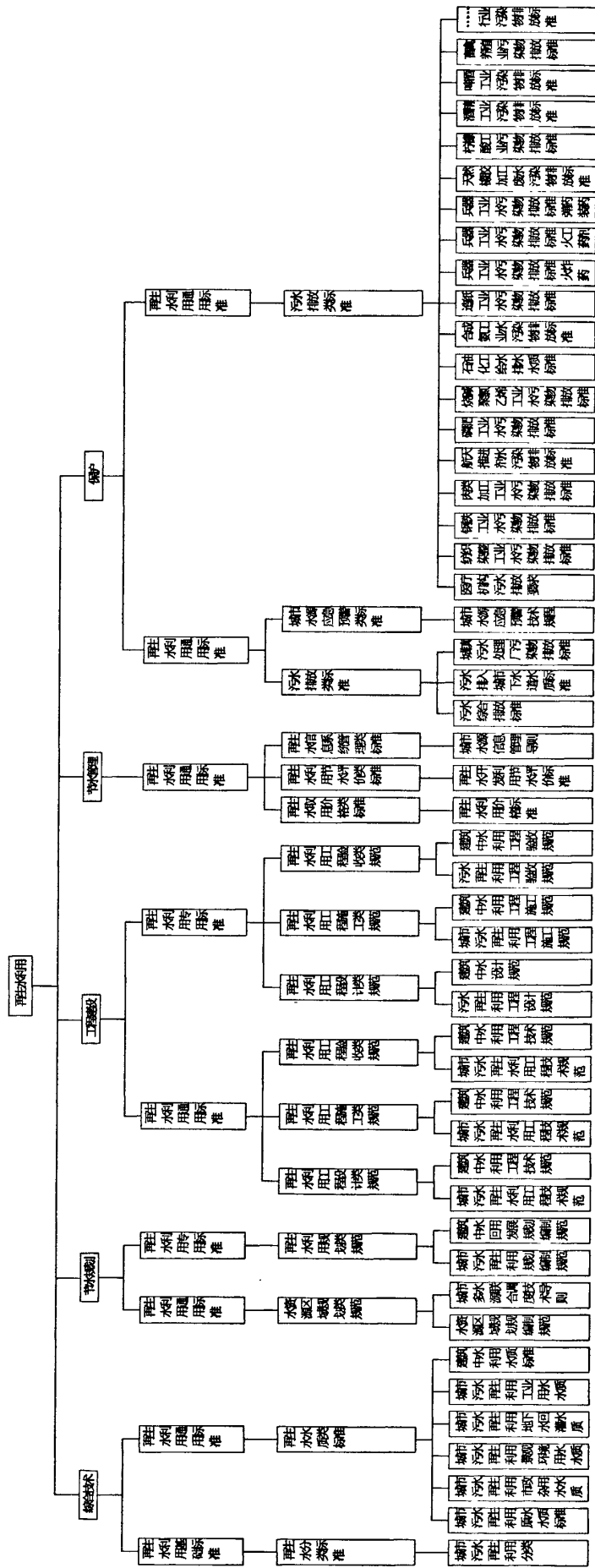


图 1.4 雨水利用标准体系构架图

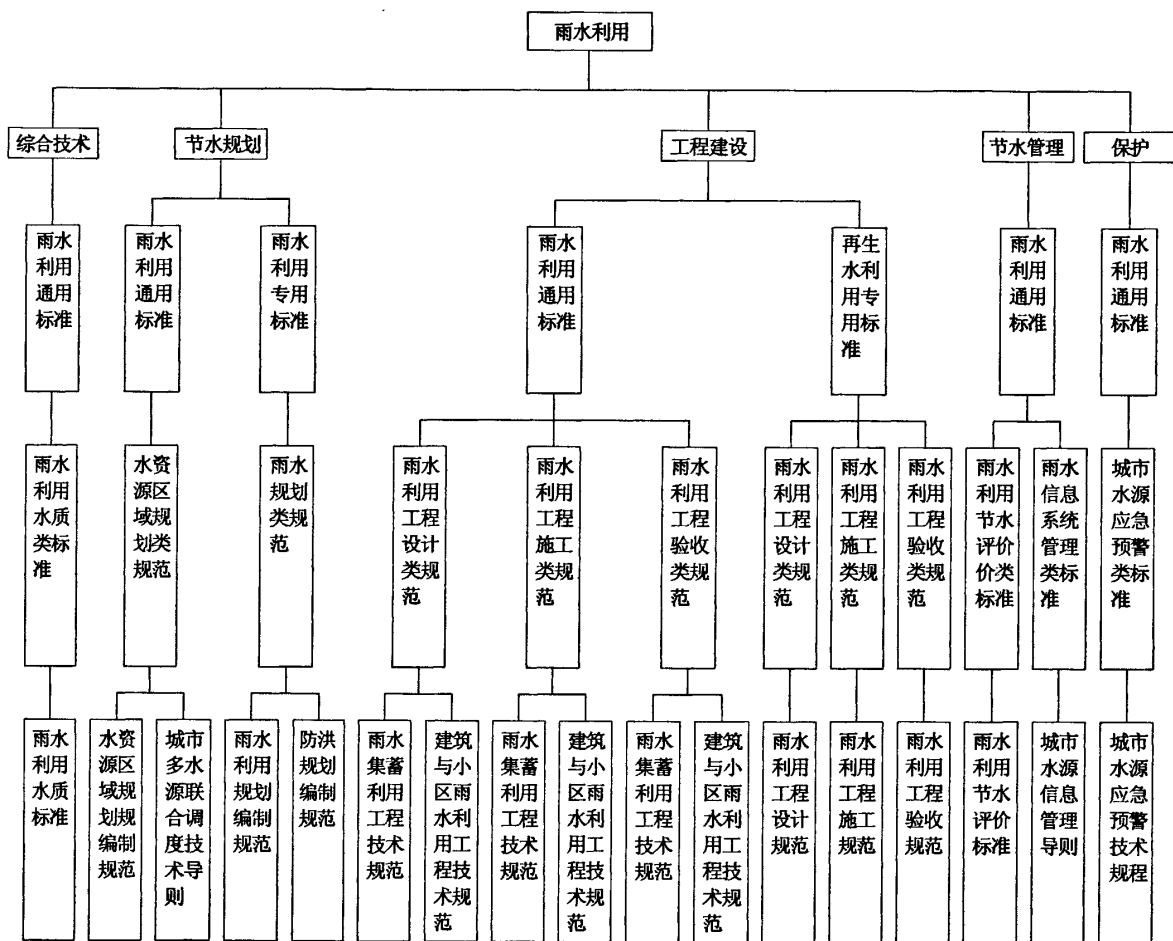


图 1.5 含盐水利利用标准体系构架图

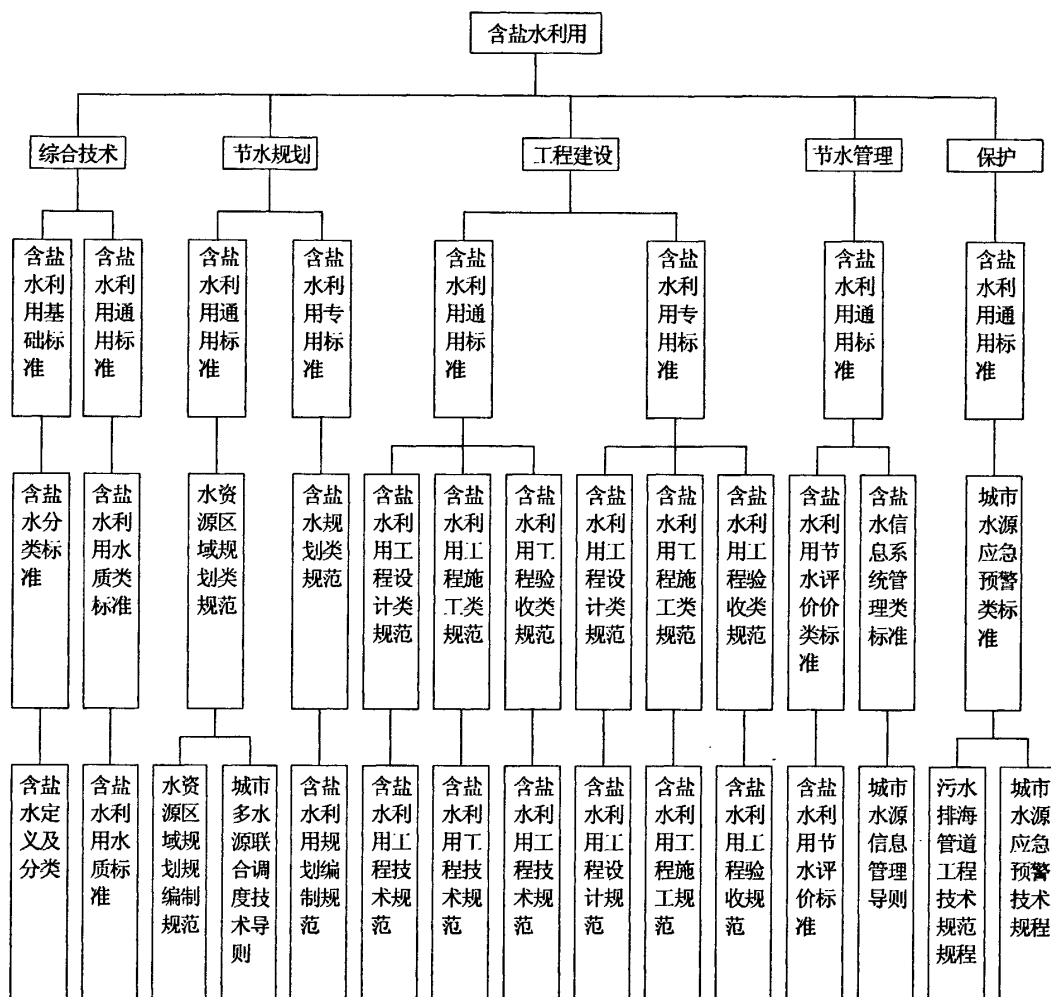


图 1.6 外调水利用标准体系构架图

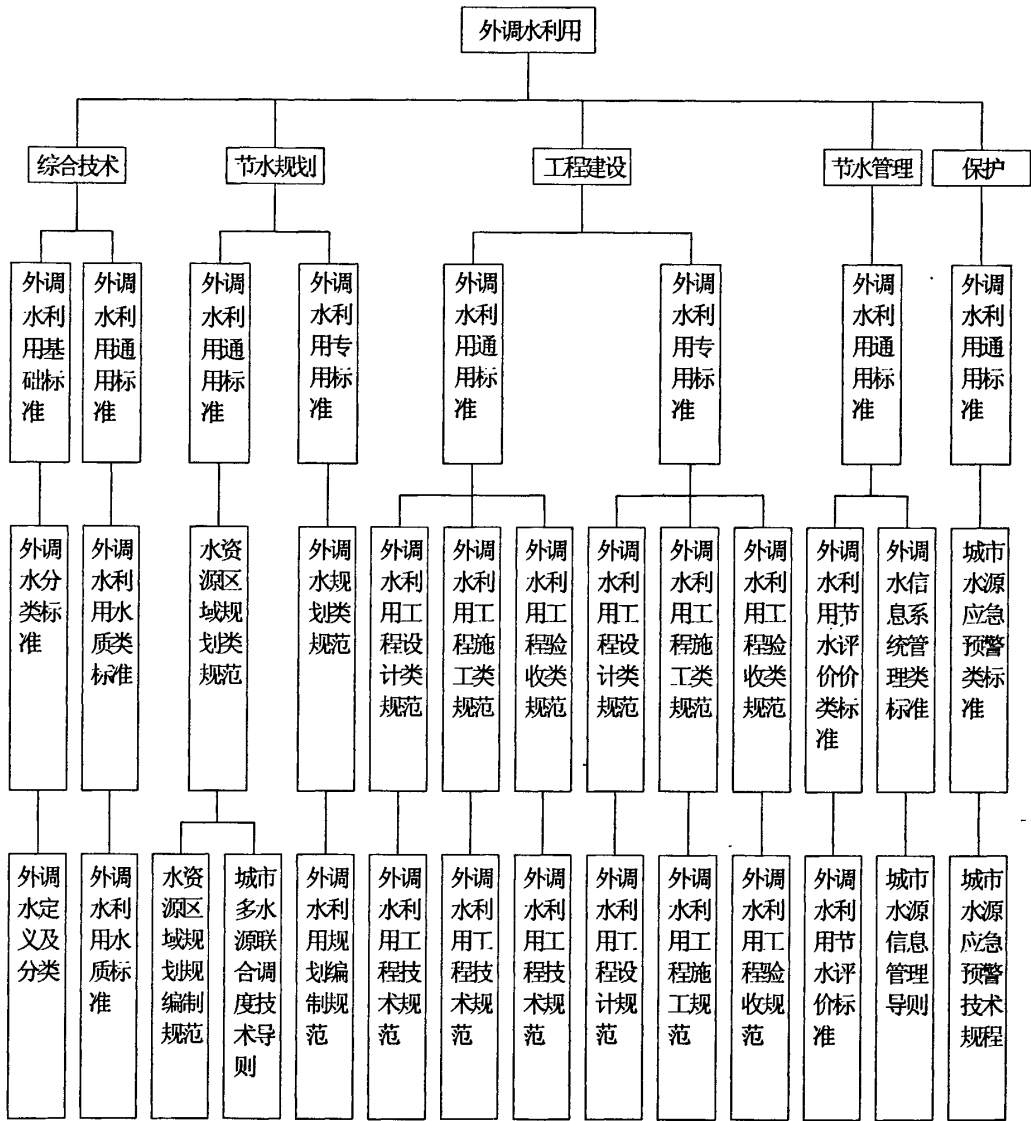


图 1.7 管网漏损控制标准体系构架图

图 1.8 水处理厂节水标准体系构架图

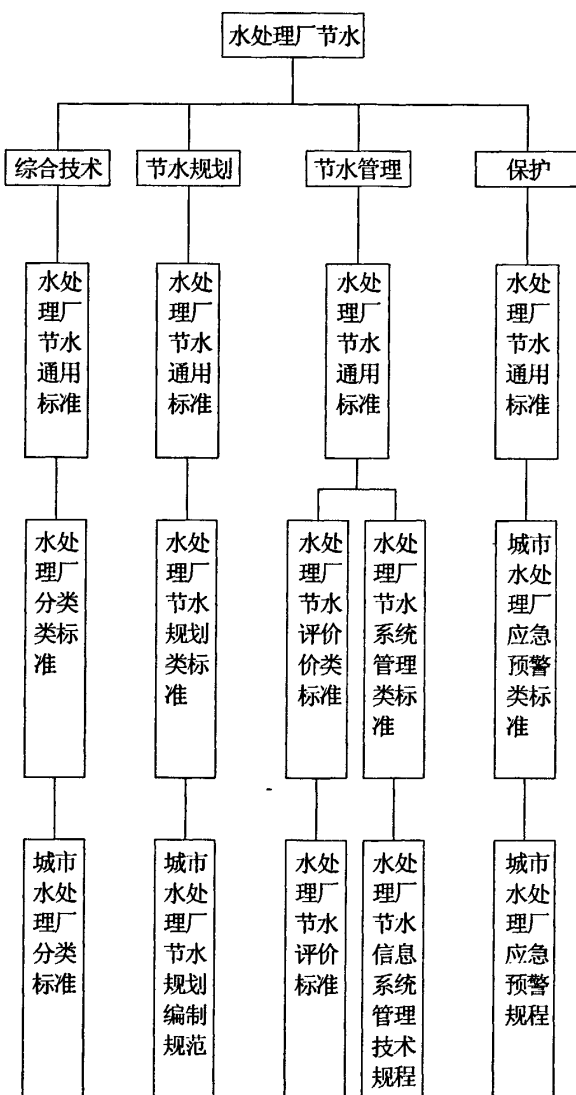
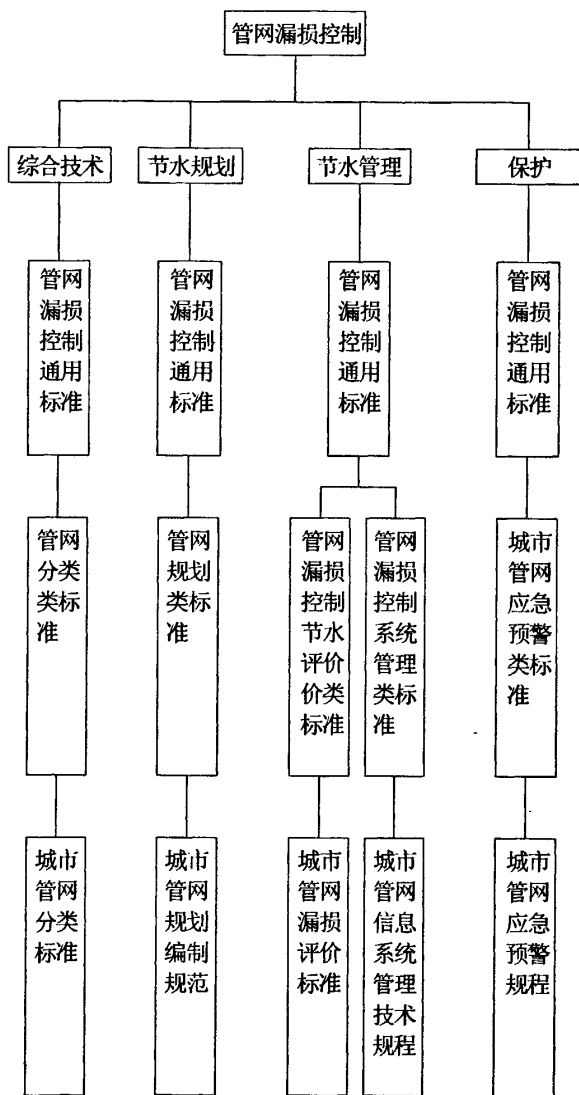






图 1.11 生态节水标准体系构架图

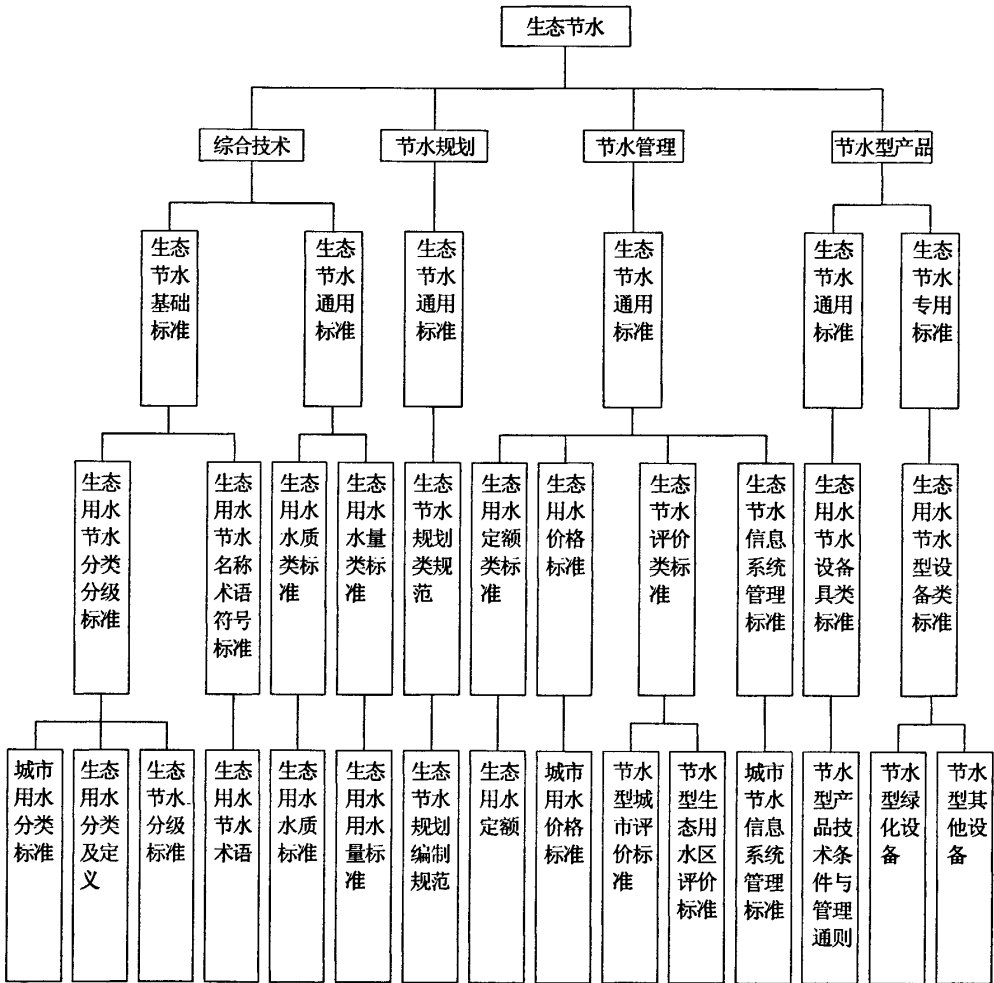




表 1 城市综合节水标准体系表

表 1.1 CA 生活节水标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	Caa1-01	城市用水分类标准	CJ/T 3070—1999	已颁
	CAaa1-02	生活用水分类及定义		
	CAaa1-03	生活节水分级标准		
	CAaa1-04	生活用水节水术语		
	CAaa2-01	生活饮用水卫生标准	GB 5749—2006	已颁
	CAaa2-02	城市居民生活用水量标准	GB/T 50331—2002	已颁
	CAaa2-03	公共服务业用水卫生标准		
	CAaa2-04	公共服务业用水量标准		
	CAaa2-05	城市杂用水水质标准		
	CAaa2-06	城市杂用水用水量标准		
	CAaa3-……	具体公共服务业用水水质标准		
	CAaa3-……	具体公共服务业用水量标准		
节水规划				
	CAba2-01	生活节水规划编制规范		
	CAba3-……	具体公共服务业节水规划编制规范		
节水管理				
	Cdb2-01	城市用水价格标准		
	Cdd2-01	节水型城市评价标准		
	CAdd2-02	节水型小区评价标准		
	CAdd2-03	节水型公共建筑评价标准		

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
节水管理				
	Cde2-01	城市节水信息系统管理技术规程		
节水型产品				
	Ce2-01	节水型产品技术条件与管理通则	GB/T 18870—2002	已颁
	CAeb2-02	节水型生活用水器具	CJ 164—2002	已颁
	CAeb3-01	节水型水嘴（水龙头）		
	CAeb3-02	节水型便器		
	CAeb3-03	节水型淋浴器		
	CAeb3-04	节水型洗衣机		
	CAeb3-05	节水型其他器具		

表 1.2 CB 工业企业节水标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	Caa1-01	城市用水分类标准	CJ/T 3070—1999	已颁
	CBaa1-02	工业用水分类及定义	CJ 40—1999	已颁
	CBaa1-03	工业企业节水分级标准		
	CBaa1-04	工业企业用水节水术语	GB/T 21534—2008	已颁
	CBaa2-01	工业企业用水水质标准		
	CBaa3-01	火力发电厂节水导则	DL/T 783—2001	已颁
	CBaa3-……	具体行业企业节水导则		
节水规划				
	CBba2-01	工业企业节水规划编制规范		
	CBba3-……	具体行业企业节水规划编制规范		
节水管理				
	CBda2-01	工业企业产品取水定额编制通则	GB/T 18820—2002	已颁
	CBda3-01	取水定额 第 1 部分：火力发电	GB/T 18916.1—2002	已颁
	CBda3-02	取水定额 第 2 部分：钢铁联合企业	GB/T 18916.2—2002	已颁
	CBda3-03	取水定额 第 3 部分：石油炼制	GB/T 18916.3—2002	已颁
	CBda3-04	取水定额 第 4 部分：棉印染产品	GB/T 18916.4—2002	已颁
	CBda3-05	取水定额 第 5 部分：造纸产品	GB/T 18916.5—2002	已颁
	CBda3-06	取水定额 第 6 部分：啤酒制造	GB/T 18916.6—2004	已颁
	CBda3-07	取水定额 第 7 部分：酒精制造	GB/T 18916.7—2004	已颁
	CBda3-08	取水定额 第 8 部分：合成氨	GB/T 18916.8—2006	已颁
	CBda3-09	取水定额 第 9 部分：味精制造	GB/T 18916.9—2006	已颁

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
节水管理				
	CBda3-10	取水定额 第10部分: 医药产品	GB/T 18916.10—2006	已颁
	CBda3-……	取水定额 第…部分: ……		
	Cdb2-01	城市用水价格标准		
	CBdc2-02	工业企业水量平衡测试方法	CJ 41—1999	已颁
	CBdc2-03	工业用水考核指标及计算方法	CJ 42—1999	已颁
	Cdd2-01	节水型城市评价标准		
	CBdd2-02	节水型企业评价导则	GB/T 7119—2006	已颁
	CBdd2-03	节水型工业企业评价标准		
	Cde2-01	城市节水信息系统管理技术规程		
节水型产品				
	Ce2-01	节水型产品技术条件与管理通则	GB/T 18870—2002	已颁
	CBea3-01	节水型冷却设备		
	CBea3-02	节水型洗涤设备		
	CBea3-03	节水型蒸汽冷凝设备		
	CBea3-……	节水型其他工业设备		

表 1.3 CC 生态节水标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	Caa1-01	城市用水分类标准	CJ/T 3070—1999	已颁
	CCaa1-02	生态用水分类及定义		
	CCaa1-03	生态节水分级标准		
	CCaa1-04	生态用水节水术语		
	CCaa2-01	生态用水水质标准		
	CCaa2-02	生态用水用水量标准		
节水规划				
	CCba2-01	生态节水规划编制规范		
节水管理				
	CCda-01	生态用水定额		
	Cdb2-01	城市用水价格标准		
	Cdd2-01	节水型城市评价标准		
	CCdd2-02	节水型生态区评价标准		
	Cde2-01	城市节水信息系统管理技术规程		
节水型产品				
	Ce2-01	节水型产品技术条件与管理通则	GB/T 18870—2002	已颁
	CCea3-01	节水型绿化设备		
	CCea3-02	节水型其他设备		

表 1.4 AA 地表水利用标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	AAaa1-01	地表水资源质量标准	SL 63—1994	已颁
	AAaa1-02	地表水环境质量标准	GB 3838—2002	已颁
节水规划				
	Aba2-01	水资源区域规划编制规范		
	Aba2-02	城市多水源联合调度技术导则		
	AAba3-01	地表水利用规划编制规范		
节水管理				
	AA/Bdb2-01	水源水取用价格标准		
	AA/Bdc2-01	取水许可技术考核与管理通则	GB/T 17367—1998	已颁
	AA/Bdc2-02	取水计量技术导则		
	AA/Bdd2-01	水资源评价导则	SL/T 238—1999	已颁
	AAdd2-02	江河流域规划环境影响评价规范	SL 45—92	已颁
	AA/Bdd2-03	水功能区纳污能力评价技术规程		
	AAdd2-04	地表水环境质量评价技术规范		
	Ade2-01	城市水源信息管理导则		
保护				
	AAea2-01	地表水水源区保护技术规程		
	Aeb2-01	城市水源应急预案技术规程		

表 1.5 AB 地下水利用标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	ABaa1-01	地下水资源分类 分级标准	GB/T 15218- 1994	已颁
	ABaa2-01	地下水质量标准	GB/T 14848— 1993	已颁
节水规划				
	Aba2-01	水资源区域规划 编制规范		
	Aba2-02	城市多水源联合 调度技术导则		
	Abba3-01	地下水开发利用 规划编制规范		
节水管理				
	AA/Bdb2-01	水源水取用价格 标准		
	AA/Bdc2-01	取水许可技术考 核与管理通则	GB/T 17367— 1998	已颁
	AA/Bdc2-02	取水计量技术导 则		
	AA/Bdd2-01	水资源评价导则	SL/T 238—1999	已颁
	AA/Bdd2-02	水功能区纳污能 力评价技术规程		
	ABdd2-03	地下水超采区评 价导则		
	Ade2-01	城市水源信息管 理导则		
保护				
	ABea2-01	地下水水源区水 资源保护技术规 程		
	Aeb2-01	城市水源应急预 警技术规程		

表 1.6 AC 再生水利用标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	ACaa1-01	城市污水再生利用 分类	GB/T 18919—2002	已颁
	ACaa2-01	城市污水再生利用原水水质标准		
	ACaa2-02	城市污水再生利用 市政杂用水水质	GB/T 18920—2002	已颁
	ACaa2-03	城市污水再生利用 景观环境用水水质	GB/T 18921—2002	已颁
	ACaa2-04	城市污水再生利用 地下水回灌水质	GB/T 19772—2005	已颁
	ACaa2-05	城市污水再生利用 工业用水水质	GB/T 19923—2005	已颁
	ACaa2-06	建筑中水利用水质标准		
节水规划				
	Aba2-01	水资源区域规划编制规范		
	Aba2-02	城市多水源联合调度技术导则		
	ACba3-01	城市污水再生利用规划编制规范		
	ACba3-02	建筑中水回用发展规划编制规范		
工程建设				
	ACc2-01	城市污水再生水利用工程技术规范		
	ACc2-02	建筑中水利用工程技术规范		
	ACca3-01	污水再生利用工程设计规范	GB 50335—2002	已颁
	ACca3-02	建筑中水设计规范	GB 50336—2002	已颁
	ACcb3-01	城市污水再生利用工程施工规范		
	ACcb3-02	建筑中水利用工程施工规范		
	ACcc3-01	污水再生利用工程验收规范		



总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
工程建设				
	ACcc3-02	建筑中水利用工程验收规范		
节水管理				
	ACdb2-01	再生水利用价格标准		
	ACdd2-01	再生水开发利用节水评价标准		
	Ade2-01	城市水源信息管理导则		
保护				
	ACea2-01	污水综合排放标准	GB 8978—1996	已颁
	ACea2-02	污水排入城市下水道水质标准	CJ 3082—1999	已颁
	ACea2-03	城镇污水处理厂污染物排放标准	GB 18918—2002	已颁
	ACea3-01	医疗机构污水排放要求	GB 18466—2001	已颁
	ACea3-02	纺织染整工业水污染物排放标准	GB 4287—1992	已颁
	ACea3-03	钢铁工业水污染物排放标准	GB 13456—1992	已颁
	ACea3-04	肉类加工工业水污染物排放标准	GB 13457—1992	已颁
	ACea3-05	航天推进剂水污染物排放标准	GB 14374—1993	已颁
	ACea3-06	磷肥工业水污染物排放标准	GB 15580—1995	已颁
	ACea3-07	烧碱、聚氯乙烯工业水污染物排放标准	GB 15581—1995	已颁
	ACea3-08	石油化工给水排水水质标准	SH 3099—2000	已颁
	ACea3-09	合成氨工业水污染物排放标准	GB 13458—2001	已颁
	ACea3-10	造纸工业水污染物排放标准	GB 3544—2001	已颁
	ACea3-11	兵器工业水污染物排放标准 火炸药	GB 14470.1—2002	已颁
	ACea3-12	兵器工业水污染物排放标准 火工药剂	GB 14470.2—2002	已颁
	ACea3-13	兵器工业水污染物排放标准 弹药装药	GB 14470.3—2002	已颁

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
保护				
	ACea3-14	天然橡胶加工废水污染物排放标准	NY 687—2003	已颁
	ACea3-15	柠檬酸工业污染物排放标准	GB 19430—2004	已颁
	ACea3-16	酒精工业污染物排放标准	GB 19431—2004	已颁
	ACea3-17	啤酒工业污染物排放标准	GB 19821—2005	已颁
	ACea3-18	畜禽养殖业污染物排放标准	GB 18596—2001	已颁
	ACea3-……	……行业污染物排放标准		
	Aeb2-01	城市水源应急预案技术规程		

表 1.7 AD 雨水利用标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	ADaa2-01	雨水利用水质标准		
节水规划				
	Aba2-01	水资源区域规划编制规范		
	Aba2-02	城市多水源联合调度技术导则		
	ADba2-03	雨水利用规划编制规范		
	ADba2-04	防洪规划编制规范		
工程建设				
	ADc2-01	雨水集蓄利用工程技术规范	SL 267—2001	已颁
	ADc2-02	建筑与小区雨水利用工程技术规范	GB 50400—2006	已颁
	ADca3-01	雨水利用工程设计规范		
	ADcb3-01	雨水利用工程施工规范		
	ADcc3-01	雨水利用工程验收规范		
节水管理				
	ADdd2-01	雨水利用节水评价标准		
	Ade2-01	城市水源信息管理导则		
保护				
	Aeb2-01	城市水源应急预案技术规程		

表 1.8 AE 含盐水利用标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	AEaa1-01	含盐水分类		
	AEaa2-01	含盐水利用水质标准		
	AEaa2-02	海水水质标准	GB 3097—1997	已颁
节水规划				
	Aba2-01	水资源区域规划编制规范		
	Aba2-02	城市多水源联合调度技术导则		
	ADba2-03	含盐水利用规划编制规范		
工程建设				
	ADc2-01	含盐水利用工程技术规范		
	ADca3-01	含盐水利用工程设计规范		
	ADcb3-01	含盐水利用工程施工规范		
	ADcc3-01	含盐水利用工程验收规范		
节水管理				
	AEd2-01	含盐水利用节水评价标准		
	Ade2-01	城市水源信息管理导则		
保护				
	AEfa2-01	污水排海管道工程技术规范	GB/T 19570—2004	已颁
	Aeb2-01	城市水源应急预案技术规程		

表 1.9 AF 外调水利用标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	AFaa1-01	外调水定义及分类		
	AFaa2-01	外调水利用水质标准		
节水规划				
	Aba2-01	水资源区域规划编制规范		
	Aba2-02	城市多水源联合调度技术导则		
	AFba2-03	外调水利用规划编制规范		
工程建设				
	AFc2-01	外调水利用工程技术规范		
	AFca3-01	外调水利用工程设计规范		
	AFcb3-01	外调水利用工程施工规范		
	AFcc3-01	外调水利用工程验收规范		
节水管理				
	AFde2-01	外调水利用节水评价标准		
	Ade2-01	城市水源信息管理导则		
保护				
	Aeb2-01	城市水源应急预案技术规程		

表 1.10 BA 管网漏损控制标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	BAaa1-01	城市管网分类标准		
节水规划				
	BAb2-01	城市管网规划编制规范		
节水管理				
	BAde2-01	城市管网漏损评价标准		
	BAde2-02	不同管材管网性能评价标准		
	BAdf2-01	城市管网信息系统管理技术规程		
保护				
	BAfb2-01	城市管网应急预案规程		

表 1.11 BB 水处理厂节水标准体系表

总序号	体系号	标准名称	标准编号	编制状态
综合技术				
	BAaa1-01	水处理厂自用水分类标准		
节水规划				
	BBba2-01	城市水处理厂节水规划编制规范		
节水管理				
	BAde2-01	水处理厂自用水节水评价标准		
	BAdf2-01	水处理厂自用水信息系统管理技术规程		
保护				
	BAfb2-01	水处理厂自用水应急预案保护规程		

表 2 初拟的工业企业综合节水评价指标

序号	指标	指标解释	计算分析方法
1	机构与职责	此项工作要求三个要点。一是要有节水管理组织，领导分工有负责节水工作；二是有节水主管部门和专职（兼职）节水管理人员；三是各级管理人员责任明确，工作记录完整。	定性分析
2	规章制度	有巡回检查和设备维修管理制度、明确巡查人员，定期对用水设施进行巡回检查，并有检查记录。发现漏水的设施及时维修，有问题及时解决。对单位内部用水指标完成情况有节奖超罚管理制度。	定性分析
3	水平衡测试	有近期合格的水平衡测试报告书，报告书内有节水整改规划。无近期水平衡报告书的需要又能反映单位用水现状的管网图、计量图。	定性分析
4	台帐完整、规范	有以下两方面要求：一方面是对台帐和资料的要求，要建立统计台帐，企业内部各类用水原始记录完整准确。另一方面是对报表和统计分析的要求，要及时完成有关各类水的统计报表并进行统计分析，对用水的变化情况找出原因，起到指导加强节水管理的作用	定性分析
5	节水管理	节水管理包括经常进行节水宣传，实行指标分解或定额管理，节水设施管理运行正常三方面	定性分析

序号	指标	指标解释	计算分析方法
6	单位产品取水量	评价时间内企业生产单位产品需要从各种水源提取的水量	一定计量时间内, 企业的取水量/产品量
7	万元增加值取水量	基期与报告期工业万元产值取水量之差与基期万元产值取水量的百分比	(基期年万元产值取水量-报告期万元产值取水量)/基期万元产值取水量 $\times 100\%$
8	重复利用率	企业用水重复利用量占企业总用水的百分比	企业的重复利用水量/企业用水总量 $\times 100\%$
9	间接冷却水循环率	工业生产用间接冷却水中循环和回用水量占间接冷却水取水量的百分比	间接冷却水循环量/(间接冷却水取水量+间接冷却水循环量) $\times 100\%$
10	工艺水回用率	在企业生产中, 工艺用水中回用水量占工艺用水量的百分比	工艺用水中回用水量/工艺用水量 $\times 100\%$
11	锅炉蒸汽冷凝水回用率	评价时间内, 用于生产的锅炉蒸汽冷凝水回用量占锅炉蒸汽发气量的百分比	评价时间内, 蒸汽冷凝水回用量/锅炉蒸汽发气量 $\times 100\%$
12	节水型器具普及率	居民生活用水使用节水器具与总用水器具之比	居民生活用水使用节水器具数/总用水器具数 $\times 100\%$
13	水表计量率	一、二、三级水表计量率指厂、车间、班组(工段、设备)水表计量率	二级水表计量率=二级表水量之和/一级水表水量 $\times 100\%$ 三级水表计量率=三级表水量之和/二级水表水量 $\times 100\%$
14	水循环利用率	循环用水系统新水循环利用次数, 它是总用水量(循环水量加补充新水量)与补充新水量的比值	总用水量(循环水量+补充新水量)/补充新水量 $\times 100\%$
15	排水率	在一定计量时间(年)内, 总外排废水量与新水(取水)量之比	总外排水量/新水(取水)量 $\times 100\%$
16	用水综合漏失率	在一定的计量时间内, 供水损失水量与供水总量的比值	(供水总量-有效供水量)/供水总量 $\times 100\%$ 或 (一级表计量率)-(二级表计量率) $\times 100\%$
17	废水回用率	在一定的计量时间内, 企业对外排废水自行处理后的回用水量与企业向外排放的废水量之比	企业对外排废水自行处理后的回用水量/企业向外排放的废水量 $\times 100\%$



序号	指标	指标解释	计算分析方法
18	达标排放率	在一定的计量时间内，企业的达到排放标准的排水量与企业的排水量之比	企业的达到排放标准的排水量/企业的排水量×100%
19	非常规水资源所替代率	在一定的计量时间内，非常规水资源所替代的取水量与企业的取水量之比	非常规水资源所替代的取水量/企业的取水量×100%
20	投资节水率	年节水量与总投资之比，其含义是每万元投资在一年中可节约的水量。	年节约水量/年节水投资×100%

表3 电力行业企业综合节水评价指标体系权重确定专家咨询表

尊敬的\_\_\_\_\_专家：

本表征求您对评价电力行业企业综合节水的各项指标因素重要性的意见。

请针对判断矩阵左上角的准则，两两比较其下面和右侧的各元素哪个重要，重要多少，对重要性程度按1~9（或1/9~1）赋值后填入判断矩阵中（仅填写三角形即可）。

感谢您提供宝贵意见！

重要性程度含义表

重要性标度	含义
1	表示两个元素相比，具有同等重要性
3	表示两个元素相比，前者比后者稍重要
5	表示两个元素相比，前者比后者明显重要
7	表示两个元素相比，前者比后者强烈重要
9	表示两个元素相比，前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示为上述相邻判断的中值
倒数	若元素 i 和元素 j 的重要性之比为 $a_{ij}$ ，则元素 j 和元素 i 的重要性之比为 $a_{ji}=1/a_{ij}$

目标层	准则层	方案层
A 电力行业工业企业综合节水评价指标体系	B1 基础管理类考核指标	C11 机构与职责 C12 规章制度 C13 水平衡测试 C14 台帐完整、规范 C15 节水管理
	B2 技术类考核指标	C21 水表计量率 C22 重复利用率 C23 用水综合漏失率 C24 节水型器具普及率 C25 间接冷却水循环率 C26 锅炉蒸汽冷凝水回收率

准则 A 工业企业综合节水评价

A	B1	B2
B1	1	
B2		1

准则 B1 基础管理类考核指标

B1	C11	C12	C13	C14	C15
C11	1				
C12		1			
C13			1		
C14				1	
C15					1

准则 B2 技术类考核指标

B2	C21	C22	C23	C24	C25	C26
C21	1					
C22		1				
C23			1			
C24				1		
C25					1	
C26						1

## 致谢

在北京建筑工程学院七年的学习生活即将结束，回想往事，依然历历在目。七年间，在母校恩师、同学的帮助下，我逐渐成长。在建院的求学时光宝贵而充实，记录着我在学习、生活、思想上的点点滴滴，既学到了扎实的专业知识又结识了良师益友。特别是能光荣的成为北京第 29 届奥运会赛会通用志愿者服务于月坛场馆群手球运行团队，使我倍感骄傲。这段时光在我人生中留下了难以磨灭的印记，我将终生受益。

十二月的天气，让人感觉冬天的微凉。在这个收获的季节，我的论文就要完成，心中感慨万千。回首往事，有过“山重水复”的迷茫，也有过“柳暗花明”的欣喜。几番增删，如今终于可以将这篇令自己惶恐的硕士文献与我敬爱的导师以及所有爱我的人和我爱的人，心中才有了一丝丝的轻松。但同时，这篇论文的完成也标志着我人生新征程的开始，还要面对人生各种新的挑战。

首先我要感谢导师张雅君教授对我的悉心指导！论文的选题、构思、修改定稿都凝结着恩师张雅君教授的无数心血。张老师的悉心引领，启发我不断拓展思考问题的空间，逐渐形成了比较清晰的思路。此外，张老师学识渊博、严谨求实、虚怀若谷，她的治学和为人之道不断地改变我的人生态度、世界观，使我受益终生。感谢张老师在学习上、生活上、思想上对我的指导与帮助。所有这些，都是无法用一个“谢”字来表达的。

感谢汪慧贞教授、杨海燕老师、许萍副教授、冯萃敏副教授，在研究生期间由于你们的关注和培养，使我自身的专业技能得到大幅度提高，感谢你们在课题研究、论文构思、论文定稿时给予的指导和帮助。在此表示诚挚的谢意。

感谢北京节约用水管理中心的工作人员，由于你们的帮助，使我的调研活动和资料收集得以顺利进行。

感谢我的家人、同学、师兄师姐师弟师妹们，在研究生期间正是你们的关心和帮助，使我的研究生生活更加充实。

罗丁  
二〇〇八年十二月