

污水处理 节能降耗问答

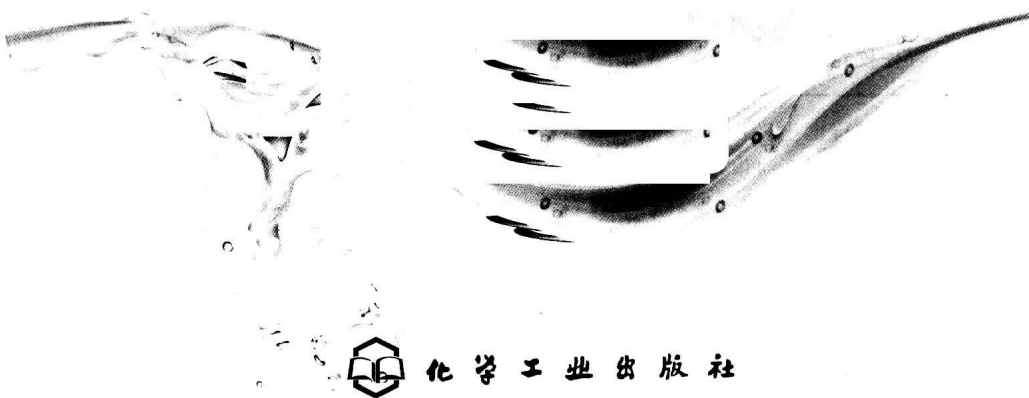
张志峰 孟少卿 编 ■



化学工业出版社

污水处理 节能降耗问答

张志峰 孟少卿 编



化学工业出版社

· 北京 ·

污水处理厂建得起用不起是当前污水处理中的一个突出矛盾,其中的一个主要原因是运行费用高,能耗大。本书围绕污水处理厂的建设和运行,分别从能源审计和节能潜力分析、污水处理厂的常用设备如电机和变压器、水泵和输送管路、曝气系统、污泥处理、设计和运行管理等多个侧面,以一问一答的形式介绍了污水处理厂的节能基本概念、节能原理、方法和步骤。所设问题来源于污水处理实践所常见,回答尽量简明务实,对实现污水处理厂的节能降耗、高效运行有一定指导意义。

本书适用于污水处理厂的管理人员、操作人员和污水处理设计工程师及相关工作者参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

污水处理节能降耗问答/张志峰,孟少卿编. —北京:
化学工业出版社, 2010.12
ISBN 978-7-122-10210-2

I. 污… II. ①张… ②孟… III. 污水处理-节能-问答 IV. X703-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第254260号

责任编辑:李仙华 郎红旗
责任校对:顾淑云

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:三河市延风印装厂
850mm×1168mm 1/32 印张7½ 字数198千字
2011年2月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.00元

版权所有 违者必究

前 言

进入 21 世纪，能源紧缺、环境污染、气候变暖等问题受到全世界的普遍关注，成为个人、企、事业单位和政府共同面临的挑战。水资源的短缺和水体环境的污染已是不争的事实，并已影响到整个社会的可持续发展。为解决这一问题，建造大量的工业和城市污水处理厂被认为是有效途径。近十年来，我国污水处理设施的建设飞速增长，据国家住房和城乡建设部通报，截至 2010 年 6 月底，全国累计建成城镇污水处理厂 2389 座，污水处理能力达到 1.15 亿立方米/天，这还不包括大量的工业污水处理厂。

大量污水处理厂的兴建，使得污水处理的费用增大。在发达国家，如美国，水和污水处理能耗达到市政公用事业用能的 1/3，占总能耗的 3%，全年耗电量达约 560 亿千瓦·时，这其中 2/3 以上的能耗和费用是用于污水处理。在我国，虽然远未达到这一数字（2006 年污水处理所占能耗约 0.5%，现已增长到约 1%），但随着污水处理率的提高，污水处理所占的能耗也必将越来越大。

由于污水处理所占能耗大，造成运行成本高，加重了社会公众的负担；污水处理的高能耗、高成本，也是很多地方的污水处理厂“建得起，用不起”或者长期闲置，或开开停停，运转不正常的重要原因。而且，由于资源和能源的有限性，在污水处理方面多占用了能源，必将影响其它行业的发展。一方面需要建设大量的污水处理设施来解决环境污染问题，一方面是国内大量的污水处理厂不能充分发挥其作用，造成了资金和设施的浪费。此外，随着污水处理市场的开放，国内的污水处理行业成为跨国公司竞相争夺的市场，出现了 BOT、TOT 等建设经营方式，而成本的高低决定了企业效益的好坏，高能耗的企业将难以生存发展。因此，欲使污水处理单位走出困境，只有提高效率，降低能耗，节省费用，才有可能在完成污水处理厂使

命的同时，保证其生存和可持续发展。

“十一五”以来，我国出台了一系列的政策，推动节能降耗工作的进行，取得了很大的成绩。但是，据报道，“十一五”前三年各行业的节能成效却并不尽如人意。2009年底国家能源局发布的《能源发展“十一五”规划中期评估报告》指出：“十一五”规划纲要提出到2010年单位GDP能耗比2005年降低20%的目标，从前三年的实际情况来看，能耗降幅总体呈现逐年加大的良好势头，但均小于4.36%的年预期目标，三年累计降幅为9.7%，仅完成规划指标的48.5%，节能降耗工作任重而道远。

目前，虽然节能降耗的理念已深入到各行各业，但在污水处理领域，还需要根据污水处理的性质特点，对污水处理厂的管理人员、操作人员、技术咨询人员、设计和维护人员加强节能基础知识普及，并进行专业性的指导。本书即是基于这个目的而编写。

全书共分十四章，计130个问题，采用一问一答的形式。

第一章介绍了能、能源、能效、节能、减排、一次能源、二次能源、耗能工质、比能耗、综合能耗、利用率、回收率、重点用能设备等与节能降耗有关的概念，及关于节能降耗方面的政策、管理手段、技术手段等内容。

第二章介绍了能源审计的概念、做法、意义，以及污水处理厂的能耗特点。

第三章介绍了供电线路和电能质量对污水处理厂能耗的影响，重点介绍了如何通过提高功率因数，减少无功功率而节能。

第四章介绍了电机和变压器的能耗组成，如何发挥已有电机的效率，并就高效电机和高效变压器进行了介绍。

第五章介绍了水力输送能耗的计算方法和如何降低输送能耗的做法；介绍了水泵的能耗组成，提高水泵整机工作效率的方法等。重点介绍了变频调速、叶轮切削、高效水泵等几个方面。

第六章介绍了鼓风机的用能公式和供风管网的系统组成、节能技术，着重介绍了节能型鼓风机，以及在操作管理中如何降低鼓风机能耗，保证其工作效率的主要做法。

第七章介绍了如何评估曝气系统的效率，重点介绍了曝气系统的

节能原理和设计、维护要点。

第八章介绍了污泥在输送、浓缩、脱水、处置中的能耗及相应的节能方法。

第九章着重介绍了污水处理过程的主要操作参数如泥龄、溶解氧浓度、回流等参数对能耗的影响及节能方式。

第十章着重介绍了近年来常见的节能新工艺，各自的节能原理，并简单介绍了可持续污水/废物处理技术的概念。

第十一章介绍了污水处理主要专用设备如潜水搅拌机、吸刮泥机、带压机、浓缩机、离心脱水机、阀门等设备的用能特点及节能方法。

第十二章介绍了各功能构筑物如格栅间、沉砂池、调节池、泵房、初次沉淀池、鼓风机房、曝气池、二沉池的能耗特点和节能方法，还就污水处理厂的建设、日常维护保养、生产异常处理、检修、技改期间的节能方法进行了介绍。

第十三章介绍了当前污水处理过程中对氮磷等营养元素的回收，对污水中热量的回收等节能新技术。

第十四章介绍应用在线监测和自动化控制手段实现节能降耗的原理和方法。介绍了重点处理工艺如曝气池供氧控制、加药控制、污泥脱水控制的原理，以及智能仪表、实时诊断技术在污水处理厂节能降耗中的应用。

本书第一～八章由张志峰编写，第九～十四章由孟少卿编写，全书由张志峰统稿。

本书在编写和出版过程中得到了中自控（北京）环境工程公司在人力和资金方面的大力支持，李磊、戴金凤教授及李杰博士为本书的出版提供帮助，化学工业出版社有关人员对本书的编写提出了大量翔实的修改建议，本书在编写过程中参阅了大量的有关文献资料，在此表示感谢。

由于水平有限，书中难免存在不足，恳请读者批评指正。

编者

2010年12月

目 录

第一章 基本概念	1
1 什么是“能”?	1
2 什么是一次能源、二次能源和耗能工质?	2
3 什么是节能和能效?	3
4 为什么要在污水处理厂推行节能降耗减排活动?	5
5 污水处理厂开展节能降耗活动的方式和内容有哪些?	7
6 什么是“减排”? 在污水处理厂开展“减排”的内容有 哪些?	9
7 在污水处理厂推行节能降耗与减排(温室气体)有什么 关系?	10
8 污水处理厂开展节能降耗活动的步骤有哪些?	10
9 推行节能降耗项目需要进行哪些方面的技术可行性分析? ...	13
10 推行节能降耗项目需要进行哪些方面的经济可行性 分析?	14
11 推行节能降耗需要克服哪些困难?	16
12 污水处理厂节能降耗可获得哪些政策和法律法规方面的 支持?	18
13 污水处理厂在开展节能降耗活动时可采用哪些技术 手段?	19
14 污水处理厂在开展节能降耗活动时可采用哪些管理 措施?	21
15 什么是比能耗和综合能耗?	22
16 水质指标 COD 与一些内能指标的关系是怎样的?	24

17	什么是能源利用率和回收率？	25
18	什么是热电联产和燃料电池？	26
19	污水处理厂有哪些能耗指标？	28
20	怎样认识传统的污水处理是一个高能耗行业？	29
21	污水处理厂如何开展节水工作？	30
22	什么是重点用能单位和主要用能设备？	31
23	如何判断某污水处理厂是否为重点用能单位？	32

第二章 能源审计和节能潜力分析

24	能源审计的内容和基本原理有哪些？	34
25	污水处理厂如何进行能源审计？	36
26	污水处理厂的能耗如何划分？	39
27	污水处理厂有哪些潜在可用能源？	41
28	污水处理厂的电耗在时空上大致是怎样分布的？	43
29	污水处理厂为什么会出现夜间用电量偏少的现象？	45

第三章 供电线路和电能质量

30	电能质量包括哪些内容？如何提高电能质量实现节能？ ...	47
31	电气系统节能在设计时应注意哪些方面？	50
32	如何通过提高功率因数实现节能？	53
33	当前电力方面有哪些实用节能技术？	54

第四章 变压器和电机

34	变压器的节能管理应注意哪些方面？	56
35	电机的能量损耗包括哪些方面？	58
36	电机的节能管理应注意哪些方面？	59
37	如何判断电机设备处于高效工作区？	61

38	什么是高效电机？	64
39	高效电机的节能效果如何计算？	65

第五章 水泵和水力输送 66

40	污水处理中的输送能耗如何计算？如何降低这部分能耗？ ...	66
41	污水管网的漏水量和浪费的能量如何计算？	67
42	污水处理厂在泵的管理上有哪些影响效率的现象？	68
43	水泵的能量损失包括哪些方面？	69
44	如何选择高效节能的水泵？	70
45	水泵叶轮切割对节能有什么影响？	73
46	变频调速是如何实现节能的？	77
47	水泵变频调速运行相对于阀门节流的节能效果如何计算？ ...	79
48	循环（冷却）水泵如何节电？	81
49	在对水泵变频调速时应注意什么？	82

第六章 鼓风机和供风管网 85

50	罗茨鼓风机的工作原理是怎样的？	85
51	离心鼓风机的工作原理是怎样的？	87
52	鼓风机的能量损失包括哪些方面？	89
53	鼓风机节能管理中有哪些节能措施？	90
54	如何选择高效节能的鼓风机？	95
55	供风系统的漏气量和浪费的能量应如何计算？	97
56	鼓风机冷却塔如何运行才节能？	98
57	鼓风机冷却水系统如何进行节能降耗？	100

第七章 曝气系统 103

58	如何估算曝气系统的节能潜力？可从哪些方面实现节能
----	--------------------------

目标?	103
59 微孔曝气系统在运行管理上应注意哪些方面的节能?	105
60 设计过程中如何考虑曝气系统的节能?	107
61 如何选择高效的曝气器?	110
62 如何通过提高传质推动力 ($C^* - C$) 实现节能?	111
63 如何提高污水的氧传质系数 K_L 以实现节能?	112
64 低溶解氧污泥微膨胀的节能原理是什么?	114
65 曝气自动控制的节能原理是什么?	116

第八章 污泥处理 119

66 污泥处理如何节能?	119
67 污泥浓缩过程中如何节能?	120
68 污泥在消化过程中如何节能?	122
69 污泥脱水过程中如何节能降耗?	123
70 如何降低在污泥调质中絮凝剂 PAM 的消耗量?	124

第九章 工艺参数控制 126

71 如何通过优化泥龄并实现节能降耗?	126
72 适当降低曝气池溶解氧如何实现节能的目的?	127
73 如何通过合理回流提高节能效果?	131

第十章 节能新工艺 132

74 污水处理有哪些常用工艺? 其节能特点各是什么?	132
75 厌氧氨氧化工艺是如何节能的?	134
76 水解工艺是如何节能的?	135
77 活性污泥法的多种变形工艺是如何节能的?	136
78 怎样认识厌氧工艺是一种节能工艺? 其应用受到哪些	

制约?	137
79 什么是短程反硝化和同步硝化反硝化工艺? 它是如何实现节能的?	143
80 深井曝气的节能原理是什么?	144
81 纯氧曝气法是否为一种节能工艺?	145
82 膜生物反应器是否为一种节能工艺?	146
83 什么是可持续污水/废物处理技术? 主要包括哪些前沿技术?	147

第十一章 污水处理设备节能

84 阀门的节能原理是怎样的?	149
85 如何从节能的角度选择合适的流量调节阀?	152
86 潜水搅拌器如何运行管理能够节能?	156
87 如何选择高效节能的吸刮泥机(浓缩机)?	157
88 如何选择高效率的带压机?	158
89 如何选择高效率的推流式潜水搅拌机?	159
90 如何选择高效率的离心脱水机?	160
91 污水处理工艺设备最近有哪些先进技术?	161

第十二章 设施设备的节能管理

92 对设施设备的日常保养如何影响节能降耗?	164
93 生产异常如何影响到能耗的变化?	168
94 污水处理厂如何随着季节的变化做好节能降耗工作?	169
95 什么是自动控制? 在污水处理厂应用自动控制有什么必要和优点?	170
96 如何通过 QC 小组活动开展节能降耗?	172
97 如何通过加强设备管理等节能降耗?	173
98 如何利用电价政策实现节能降耗目标?	174

99	如何通过减少最大需电量来节能降耗?	177
100	如何通过精细化操作实现节能降耗?	178
101	如何通过加强材料管理实现节能降耗?	181
102	格栅间如何节能?	184
103	沉砂池如何节能?	185
104	调节池如何节能?	186
105	提升泵房如何节能?	187
106	初次沉淀池如何节能?	189
107	如何加强对曝气池的维护以达到节能目的?	190
108	二次沉淀池如何节能?	191
109	如何降低混凝剂的消耗?	192
110	污水厂运行管理中还有哪些节能措施?	193
111	污水处理厂建设阶段有哪些节能措施?	194
112	污水处理厂在升级改造时如何体现节能原则?	196
113	什么是生命周期分析? 如何利用这种方法来评价节能效果?	197
114	为什么说节能降耗也要采取优化控制?	199

第十三章 物料和能量的回收 200

115	污水处理厂在物料和能量回收方面主要有哪些做法? ...	200
116	为什么要在污水处理厂的节能活动中大力推广污水的再生利用?	201
117	利用热泵回收污水中的低品味热值的原理是什么?	202
118	回收污水中磷元素的原理和工艺有哪些?	203

第十四章 通过对污水处理系统的控制实现节能降耗 206

119	污水厂水质如何通过在线监测实现节能?	206
120	曝气控制通过加入先进控制方法如何实现节能?	207

121	加药控制如何实现节能?	209
122	污泥脱水控制如何实现节能?	210
123	污泥回流、排放量控制如何实现节能?	211
124	实时故障诊断控制如何实现节能?	214
125	实时数据采集及在线数据挖掘如何实现节能?	216
126	全厂综合控制如何实现节能?	217
127	智能执行机构如何实现节能?	219
128	工艺参数优化控制如何实现节能?	220
129	通过工控机、PLC 等技术如何实现节能?	221
130	如何通过智能仪表实现节能?	221

参考文献	223
-------------------	-----



第一章 基本概念

1 什么是“能”？

现在，节能降耗成为社会的一个热门话题。但到底“能”是什么呢？能即能量，常见的能量形式有势能、动能、电能、磁能、热能、光能、化学能、原子能等。

通常体系的能量是由下列三部分组成：（1）体系整体运动的动能，（2）体系在外力场中的位能，（3）内能（ U ）。

从物理学的观点来看，能（energy）是物质做功的体现，是物质的固有属性，也是物质运动的量度。一般为了方便起见，将体系所具有的总能量分为两部分，即与体系之外的位置相关的参数所描述的能量和与物质的分子排列构型及微观运动方式有关的能量。前者包括位能和动能，后者指内能。处于宏观静止状态并且没有外力场存在的物质所具有的能量称为内能，包括分子移动能、分子间位能、分子转动能、分子振动能、电子运动能、核能等，内能是物质内部一切微观粒子所具有的能量的总和，是物质的一种属性。各种形式的能量在一定条件下可以相互转化，并且在转化过程中保持一定的比值。

根据能力的不同，也可将能量分为高级能量、低级能量和寂态能量。位能、动能、机械能、电能等具有完全转化的能力，称为高级能量。热能、化学能等具有部分转化的能力，称为低级能量。而第三种能量存在于广阔的大气和浩瀚的海洋之中，已完全不具有转化的能力，这种能量可称为寂态能量。

对能的描述有著名的热力学三大定律，它们是节能工作的理论

指导和基础依据。

“自然界的一切物质都具有能量，能量有各种不同形式，它能从一种形式转化为另一种形式，在转化中能量的总数量不变”。这就是热力学第一定律的文字叙述。它说明了能既不能消失，也不能创生。

在热力学过程中体系和环境以热 (heat) 和功 (work) 两种形式发生能量传递。热是体系与体系 (或体系与环境) 由于有温度差存在而传递的能量，习惯上用符号 Q 表示，并规定体系吸热为正值，放热为负值。功是除了热之外另一种可能通过体系边界外传递的能量，用符号 W 表示，并规定体系做功为正值，环境对体系做功为负值。功和热都是传递过程中的能量形式，一旦这种能量通过体系边界，它便变成了体系或环境所具有的能量的一部分，因而功和热都不是状态函数。

能量不但有数量的大小，而且有质量的高低。热力学第二定律阐述了自然过程的不可逆性 (引入熵 entropy)，是说“热不能完全转变为功”，热和功不等价。一方面，机械能和电能可以不受限制地转化为内能和热，而另一方面，内能和热不能以任意数量转化为机械能 (如功) 而不引起环境变化。过程的不可逆性引起了能量的耗损，这一事实也可称为能量耗散原理。这一原理可以解释为什么热电厂的煤炭燃烧后转化为电的效率不可能达到 100%。例如我国 2005 年的发电煤耗为 $347\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})$ ，热转化为电能的效率只有 35%。

污水处理过程的节能，应该减少外能的输入，包括高级能量如电能和低级能量如热能的输入，并充分利用污水中的内能，包括其中污染物所蕴含的化学能和水体中的热能、势能等。

2 什么是一次能源、二次能源和耗能工质？

能源可分为一次能源与二次能源。

一次能源是指直接取自自然界、没有经过加工转换的各种能量和资源。包括原煤、原油、天然气、油页岩、核能、太阳能、水

力、风力、波浪能、潮汐能、地热、生物质能和海洋温度能等。一次能源根据其利用的情况可以分为常规能源和新能源。常规能源是指在现有经济和技术条件下，已经大规模生产和广泛使用的能源，如煤炭、石油、天然气、水能等。新能源指近年来才开始利用或早已利用，但又有了新的利用方式的能源，如核能、海洋能、沼气等。在我国，新能源与可再生能源是指除常规能源和大型水力发电之外的风能、太阳能、小水电、海洋能、地热能、氢能和生物质能等。常规能源和新能源是相对的概念，如核能在许多国家是新能源，但在法国、日本等国已不是什么新能源。

二次能源指由一次能源加工转换后的能源，如电力、蒸汽、煤气、汽油、柴油、重油、液化石油气、酒精、沼气、氢气和焦炭等。

耗能工质是指在生产过程中消耗的不作原料使用、也不进入产品，制取时又需要消耗能源的工作物质。如压缩空气、氧气、氮气、乙炔、电石等。

几种常用能源的理论热值和大致利用效率如下所示（ $1\text{cal}=4.1868\text{J}$ ）：

电	$860\text{kcal}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 或 $3600\text{kJ}/(\text{kW}\cdot\text{h})$	效率：95%
液化气	$10800\text{kcal}/\text{kg}$	效率：70%
天然气	$8600\text{kcal}/\text{kg}$	效率：70%
管道煤气	$3800\text{kcal}/\text{m}^3$	效率：70%
柴油	$10200\text{kcal}/\text{kg}$	效率：85%
煤	$4300\text{kcal}/\text{kg}$	效率：55%
热泵	$860\text{kcal}/(\text{kW}\cdot\text{h})$	效率：300%

注：热泵的效率 300%，是指利用 1kW 的电功率可从低品味热值的介质中提取 3kW 的热量而言。

3 什么是节能和能效？

节能（energy conservation）的概念来源于 20 世纪的能源危机。

按照世界能源委员会 1979 年提出的定义，节能是“采取技术上可行、经济上合理、环境和社会可接受的一切措施，来提高能源资源的利用效率”。节能，从提高能效的角度来看，是旨在降低能源强度（单位产值能耗）的努力，并不是简单地压缩能源的消耗，而是在能源系统的所有环节，包括开采、加工、转换、输送、分配到终端利用，从经济、技术、法律、行政、宣传、教育等方面采取有效措施，以尽可能低的能源消耗，取得最大的经济效益。因此，节能的核心或者实质是提高能源效率，可视为与开发能源资源是同等重要的工作，也是最廉价最捷径的能源资源。

能效实际上是节能的另一种说法，是现代意义上的节能。

“能源效率（energy efficiency）”，简称“能效”，按照物理学的观点，是指在能源利用中，发挥作用的能源与实际消耗的能源量之比。世界能源委员会在 1995 年出版的“应用高技术提高能效”中，把“能源效率”定义为：“减少提供同等能源服务的能源投入。”目前，国际上普遍用“能源效率”来替代 20 世纪 70 年代能源危机后提出的“节能”一词。

从消费角度看，能效是指为终端用户提供的服务与所消耗的总能源量之比。所谓“提高能效”，是指用更少的能源投入提供同等的能源服务。

现代意义的节约能源并不是减少使用能源，降低生活品质，而应该是提高能效，降低能源消耗，也就是“该用则用、能省则省”。以电力为例：电力节能可分成减少功率（kW）消耗和减少电能（kW·h）消耗两大类。减少功率（kW）消耗没有轻松的方法，只有老老实实在地提升用电设备的内部效率或改进工艺流程，例如选用高效率的马达、高 EER 的空调机等。减少电能（kW·h）消耗则要从减少用电时间做起，例如自动开关的灯光、随手关灯等。

懂得了能效的概念，对节能可以这样理解：以节电为例，节能实际就是减少用电量。它可以从两方面来实现：一是减少用电时间，如采用自动控制的方法或良好的习惯（如人走灯灭），节省不