

淮北市中水资源供给平山电厂的可利用量评价

杨 杰,高慧慧,陶月赞

(合肥工业大学土木与水利工程学院,安徽 合肥 230009)

摘要:以淮北市平山电厂用水为例,从水质、水量两方面论证项目利用中水资源的可行性与可靠性,讨论影响中水资源利用可行性与可靠性的主要因素,进而对中水资源的评价方法进行一定的探讨。结果表明:中水回用在工程实际中具有良好的经济效益、环境效益和社会效益。

关键词:中水;水质;水量;淮北市

中图分类号:X703 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-693X(2008)S1-0126-04

中水一词源于日本,它是一种将城市和居民生活中产生的杂排水经过适当处理,达到一定水质标准后,回用于冲洗厕所、清洗汽车、城市绿化或工业冷却水补充等用途的非饮用水^[1]。近年来,随着水资源供需矛盾的日益突出,人们对中水工程给予了越来越多的重视:中水回用在世界许多国家的水资源系统中已经成为一个重要的组成部分,如美国、日本、印度、西欧等国都有着多年中水回用的历史,其中美国年产中水量为 35.92 亿 m^3 ,约占其全年农业灌溉、工业用水、地下水回灌等用水量的 15%;我国在中水回用方面发展也较快,先后在北京、大连、天津、青岛、太原、深圳等城市建成了一系列中水工程^[2-6]。所有迹象表明:中水将在 21 世纪的水资源管理中起着越来越重要的作用^[4,7],中水将成为城市的第二水源,对一些水质要求不高的建设项目,以中水作为其供水水源已取得了良好的经济效益和环境效益。

对于中水资源的研究,国内外虽有众多的相关文献,但对中水资源的可靠性评价尚未有统一的评价方法。本文以淮北市 4×600 MW 的平山电厂建设项目为例,从中水水质、水量两方面探讨中水资源利用的可行性与可靠性的评价方法。

1 概 述

淮北市是一座以煤炭、电力为主的新兴能源工业城市,平山电厂是淮北大型煤电能源基地建设工程的组成部分,规划装机容量 4×600 MW 超临界燃煤机组,项目计划总投资约 100 亿元,分两期实施,

一期两台机组规划于 2007 年动工兴建,2008 年底建成,项目最大需水量为 8.05 万 m^3/d 。项目生产需水将主要依靠淮北市污水处理厂生产的中水,因此中水水源利用的可行性是影响项目立项的关键因素之一。另外,由于电厂供水保证率要求达到 97%,中水水源的可靠性是又一个关键的影响因素。

淮北市污水处理厂属国务院“三河”、“三湖”水污染治理重点项目,主要是处理来自淮北市老城区、开发区的城市生活与工业污水。污水处理厂的设计污水处理量为 12 万 m^3/d ,管网总长度 98.9 km;已建成投产的一期工程处理能力为 8 万 m^3/d ,二期扩建工程将于 2008 年底投产,届时污水处理能力将达到设计要求的 12 万 m^3/d 。

2 中水水质评价

中水资源能否为平山电厂项目所利用以及可利用的程度,中水水质和电厂项目对源水水质要求是关键的影响要素。

2.1 城市污水水质

淮北市污水主要来源是城市生活污水,但部分工业污水如轻工、纺织业等污水也有较大比例,因此,污水中的污染物成分比较复杂,但主要污染指标是 COD、 BOD_5 、 NH_3-N 、总磷、SS,硫化物偶有超标现象。

2.2 污水处理厂进、出口水质

根据污水的主要污染指标,淮北市污水处理厂采用卡鲁塞 2000 氧化沟工艺,该处理工艺对 BOD_5 、COD 和 NH_3-N 的去除效果较好,同时对总磷也有一定的去除。为了检验污水处理厂的运行效果,2005

表1 淮北市污水处理厂污水总排放口监测数据(2005年)

分类	pH	$\rho(\text{SS})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{BOD}_5)$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Cl})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	总硬度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Fe})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{Mn})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	油度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TP})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	总碱度/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
市环境 监测站(3月)	9.41	<5	10.6	31.0	146.0	388	0.07	0.053	6	0.044	156	401
矿业环境 监测站(9月)	7.98	12	6.10	47	140	452	0.207	0.132	8.50	0.20	1.50	8.83

年3月,淮北矿业集团对淮北市污水处理厂总排放口进行了水质监测,同年9月淮北市环境保护监测站也对其进行了监测(表1);此外,2006年上半年(1~6月),淮北市环境保护监测站又对污水处理厂进出口水质进行了连续的动态监测,主要污染指标的测验结果参见图1。

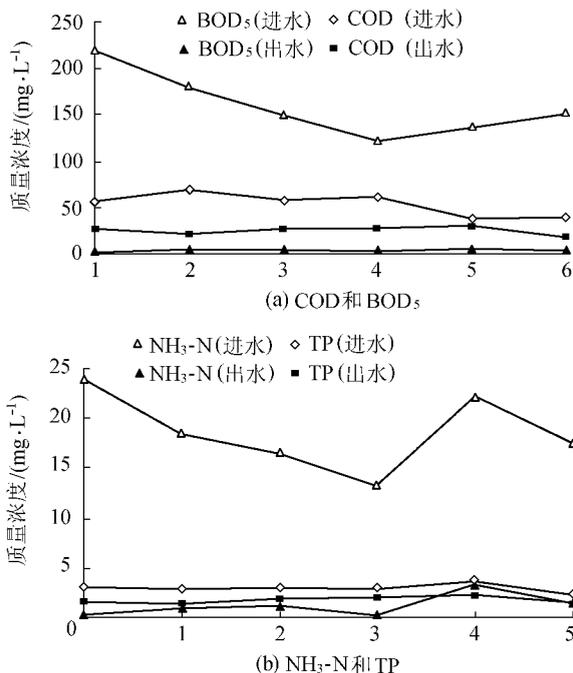


图1 进出厂水质对比(2006年)

上述检测表明,虽然进水水质有一定波动,但污水处理厂出水水质比较稳定;即使是在污染最严重的环境下,出水水质仍然可满足GB 8978—1996《污水综合排放标准》和GB 18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》的二级标准。根据现有的工艺和运行参数,当污水处理厂进水的品质保持或优于现状水平,出水水质也将可保持或优于现状水平。

2.3 工业用水水质评价

特定用户对水质的要求是中水水质评价的又一重要内容。在平山电厂项目中,中水资源利用方式及可利用程度需要通过工业用水水质评价来进一步确定。项目中工业用水水质评价主要包括锅炉用水和循环冷却用水水质评价两部分。锅炉用水中,SS和总硬度超标严重,因此在进入锅炉前应进行必要的处理;循环冷却水基本可以满足循环冷却水的水质要求。

综合评价,污水处理厂所产中水在被电厂所利用时,基本可以满足项目的水质要求,锅炉用水部分需要进行深处理。

3 中水水量评价

中水资源量可否满足平山电厂项目的需求,这成为中水水量评价中的关键。

3.1 中水生产现状

a. 污水收集概况:淮北市相山区污水收集系统可分为9个收集区,总汇水面积37.14 km²,设计正常污水收集量为18万 m³/d,最大时为22.5万 m³/d。收集情况见表2。

表2 淮北市相山区各区汇水情况

汇水区	汇水面积/ km ²	设计污水量/ (万 m ³ ·d ⁻¹)	汇水区	汇水面积/ km ²	设计污水量/ (万 m ³ ·d ⁻¹)
东山泵站	3.29	3.20	老城区	4.55	3.68
任圩泵站	5.96	2.60	电厂	1.17	0.00
相阳泵站	7.47	3.20	纺织厂	2.28	2.66
南胡泵站	1.68	0.77	其他	7.07	4.09
西山泵站	3.67	2.30			

b. 现状中水资源量评价:由于相应的污水收集系统尚未完善,现日处理污水量一般小于6.5万 m³。为较为准确地确定现状条件下的中水资源量,2007年6月11日至12日,宿州市水文局对污水处理厂总进水口和出水口进行连续24小时的流量监测;另外,污水处理厂进水口建有流量自记仪,相关流量过程见图2。

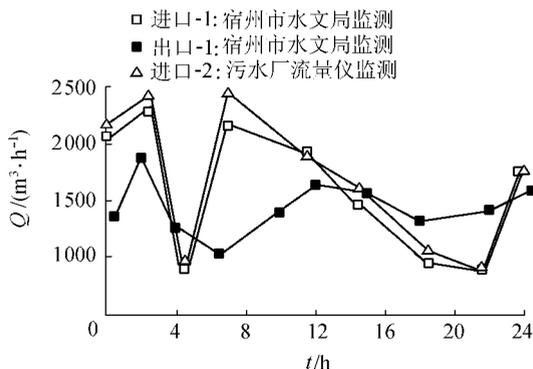


图2 进、出口流量过程(2007年6月11日~12日)

据水文测验结果,进、出口的平均流量分别为35524 m³/d和31592 m³/d;因此,水量在污水处理厂的损失率为 α 。

$$\alpha = (35524 - 31592) / 35524 = 11.2\%$$

本次测验进口流量约为 3.5 万 m³/d, 明显小于设计流量 6.57 万 m³/d, 这是由于检测期间污水管网正进行联网建设所造成的。

与水文测验所获得的进口流量相比, 污水处理厂的流量自记仪数据系统性偏大, 流量自记仪所记录数据的修正系数为

$$\beta = (37925 - 35524) / 35524 = 6.8\%$$

自 2004 年至 2006 年, 污水处理厂都在正常运行, 根据污水处理厂流量自记仪的记录, 2006 年日处理污水量逐月均值见表 3。

表 3 污水处理厂进水口流量统计(2006 年)

月份	流量/(m ³ ·d ⁻¹)	月份	流量/(m ³ ·d ⁻¹)	月份	流量/(m ³ ·d ⁻¹)
1	59266	5	72062	9	54754
2	69011	6	58373	10	56470
3	80355	7	60116	11	59365
4	78504	8	55741	12	56424

由表 3 得知, 流量自记仪记录的日处理污水量平均值为 Q_j ,

$$Q_j = 63370(\text{m}^3/\text{d})$$

则, 正常条件下污水处理厂的处理污水量为

$$Q_w = Q_j(1 - \beta) = 63370 \times (1 - 6.8\%) = 59061(\text{m}^3/\text{d})$$

利用水量损失率 α , 可获得污水处理厂中水产量

$$Q_z = Q_w(1 - \alpha) = 59061 \times 88.8\% = 52446(\text{m}^3/\text{d})$$

3.2 中水产量预测

a. 城市用水量预测: 在设计收集能力确定的条件下, 收集范围内的可形成的污水量, 将是影响最终进入污水处理厂污水量的关键性因素, 而一定范围内所能形成的污水量是由区内各用户用水量所决定的。平山电厂水资源评价中所确定的规划水平年为 2008 年和 2010 年, 淮北市相山区的 5 个污水泵站的设计污水总量为 12 万 m³/d, 而水量预测包括生活、工业两部分。生活用水方面: 2005 年相山区人口约为 35 万, 根据《安徽省淮北市城市近期建设规划》(2006~2010) 统计, 市区人口增长率为 1.6%; 淮北市现状人口为 59.67 万, 增长率为 4.16%。从偏保守角度出发, 人口增长率采用 1.6%; 由此, 2008 和 2010 年的相山区人口约为 36.7 万与 37.9 万。近年来相山区供水量为 6~7 万 m³/d, 据预测, 2010 年淮北市城市生活用水定额为 195 L/(人·d) (包括公共设施), 则 2008 年和 2010 年的生活用水量将分别达到 7.16 万 m³/d 和 7.39 万 m³/d。详见图 3。

工业用水方面: 根据《安徽省淮北市城市供水水

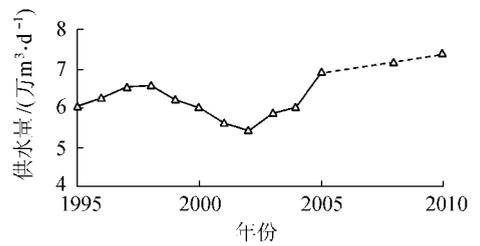


图 3 相山区历年生活用水量

(1995 年~2010 年, 其中 2008 年和 2010 年是预测值)

资源规划》(2002) 预测, 1999 年~2010 年, 工业用水量递增率为 2.1%; 1999 年后, 工业用水量稳步增长, 年增长率为 0.7%; 仍然从偏保守角度出发, 采用 0.7% 的年增长率, 则 2008 年、2010 年, 目标区域的工业用水量将分别达到 11.69 万 m³/d、11.86 万 m³/d。

b. 污水量与中水产量预测: 在用户用水量确定的前提下, 影响污水量预测的关键因素是污水处理厂的生产能力^[8], 而这与产生污水的折污系数密切相关。目标区域内生活用水的折污系数为 0.8, 工业用水的折污系数为 0.7; 因此, 不同水平年可形成的污水量为

$$2008 \text{ 年}: Q_w = 7.16 \times 0.8 + 11.69 \times 0.7 = 13.91 (\text{万 m}^3/\text{d});$$

$$2010 \text{ 年}: Q_w = 7.39 \times 0.8 + 11.86 \times 0.7 = 14.21 (\text{万 m}^3/\text{d});$$

由上计算, 2008 年和 2010 年, 区域内总污水量分别为 13.91 万 m³/d 与 14.21 万 m³/d, 均大于污水收集系统 12 万 m³/d 的正常收集能力, 故进入污水厂的污水按最大日处理量 12 万 m³/d 计, 因此, 到规划水平年 2008 年、2010 年, 污水处理厂可产生的中水量为:

$$Q_z = 12 \times 0.88 = 10.56 (\text{万 m}^3/\text{d})$$

对于电厂项目的生产用水包括 3 个部分: ①循环冷却用水的补充水 6.5 万 m³/d; ②化学补充水(主要是锅炉补给水) 0.6 万 m³/d; ③其他工业用水 0.9 万 m³/d。中水深处理的损失率约为 25%。本项目只对化学补充水部分的中水进行深处理, 则所需要的中水资源量为: ①+③+②/0.75=8.2(万 m³/d)。

4 结论与建议

本文结合平山电厂项目, 探讨了项目利用淮北市中水资源的可行性与可靠性。水质方面: 根据城市污水构成及污水处理厂情况, 评价特定用户对水质需求的满足程度; 水量方面: 通过对现状水平年的污水收集状况和中水资源量的调研, 预测出规划水平年的污水量与中水产量, 从而为项目对水量的需求作出评价。综上, 得出如下几点结论与看法:

a. 到规划水平年,污水处理厂所产中水基本满足电厂项目对水质的要求;所产中水产量为10.56万 m³/d,大于电厂所需要的8.2万 m³/d中水量,且工业用水量平稳,因此,将中水作为项目的供水水源比较可靠。

b. 影响中水水质的关键因素是城镇污水的水质构成与污水处理厂的处理工艺等;影响中水水量的主要因素有城镇用水规模、区域的用水户构成、污水管网收集能力及由污水至中水的转化率等。

c. 根据SL/T238—1999《水资源评价导则》的有关规定,需要对污水处理厂水量记录等进行必要的校核。如本次水资源评价中,通过水文部门的实测数据对污水处理厂进口流量进行水文校核,得出污水处理厂的流量自记仪数据系统性偏大6.8%。该校核对规划水平年的污水量的准确预测起到举足轻重的作用,进而也影响到中水水量的评价。

d. 中水回用在工程实际中所带来的效益正日益凸现:中水工程的经济效益表现为省去了水资源费、取水与远距离输水的能耗与建设费用^[9],增加水厂收入,解决污水处理厂的运行经费问题,有效发挥其经济杠杆作用;中水工程的环境效益表现为减少污染物的排放,净化水体,同时提高了工业用水的重复利用率,减少对地下水的开采^[10],保护了水环境;中水工程的社会效益则表现为缓解用水危机,保障水体在自然界的平衡,在整个社会范围内营造一个和谐的生态环境。总而言之,中水回用是污水资源化的一个重要方面,也是实现城市水资源可持续发展的重大举措,如何更好地评价这一变废为宝的节

水措施,则需要我们不断地从更高层次作更深刻的认识与探讨。

参考文献:

- [1]北京市城市节约用水办公室.中水工程实例及评价[M].北京:中国建筑工业出版社,2003:2-5.
- [2]PAUL P,PETER J D,KAREN E B,et al. Water quality effects on clogging rates during reclaimed water ASR in a carbonate aquifer[J]. Journal of Hydrology,2007,334:1-16.
- [3]LI L,XU Z H,SONG C,et al. Adsorption-filtration characteristics of melt-blown polypropylene fiber in purification of reclaimed water[J]. Desalination,2006,201:198-206.
- [4]MILLER G W. Integrated concepts in water reuse: managing global water needs[J]. Desalination,2006,187:65-75.
- [5]郭卫宏,周勤,肖锦.中水道应用——建筑给排水的发展趋势[J].给水排水,1999,25(12):41-45.
- [6]张勤,孟德娟.中水处理工艺的分析评价[J].环境工程,2007(1):37-39.
- [7]VALERIE J H,AUDREY D L,TROY M S,et al. Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection[J]. Applied and Environmental Microbiology,2005,71(6):3163-3170.
- [8]HERNÁNDEZ F,URKIAGA A,FUENTES L D,et al. Feasibility studies for water reuse projects: an economical approach[J]. Desalination,2006,187:253-261.
- [9]刘捷,储娟.北京市中水回用问题浅析[J].生态经济,2007(7):138-141.
- [10]孙弘颜,汤洁,刘亚修,等.长春市污水资源化现状及对策[J].吉林大学学报(地球科学版),2007,37(1):122-126.

(收稿日期:2008-02-29 编辑:高渭文)

(上接第125页)

4 总结与展望

大连市淡水资源缺乏,通过3年多的试点建设,对节水的制度、体制和系统进行了一系列的改革,创造了许多有益的经验,取得了很好的成效,对全国节水型社会建设具有引导和推动作用。但是节水型社会建设内容涉及社会的方方面面,地域性强,因此,应结合各地的实际情况,学习国外先进国家的节水经验。在工业上,加大污水再生利用及海水利用力度;在农业上,广泛应用滴灌和小畦灌溉系统,并在不断地探索中发展和完善节水型社会;在管理上,充分发挥市场机制的调节作用,利用水价形成机制提高用水效率,促进水资源的优化配置,并且优化虚拟水贸易结构,进口本市缺少、虚拟水含量高的工农业产品,出口虚拟水含量低、附加值及科技含量高的产品,进而保障水资源可持续发展。

参考文献:

- [1]郭宇欣.大连市水功能区的划分[J].环境保护科学,2002,114(6):45-46.
- [2]大连市水务局,大连市水利建筑设计院.大连市水务发展“十一五”规划报告[R].大连市水务局,大连市水利建筑设计院,2006.
- [3]韩杨,程海燕,陈月.大连城市发展面临的水问题及解决途径浅析[J].海洋开发与管理,2007(5):77-82.
- [4]大连市水务局.大连市节水型社会建设试点评估报告[R].大连:大连市水务局,2003.
- [5]赵晓波,郑世宗,罗玉峰.浅谈浙江省海岛地区节水型社会建设[J].浙江水利科技,2007(6):19-21.
- [6]SUN Yi-peng,ZHANG Hua,YANG Feng-lin. Expanding water sources and setting supply and demand dilemma—current water supply and water saving measurements in Dalian city[C]//Proceeding of the International Water Association Conference 2005,2005:205-211. (收稿日期:2008-05-19 编辑:高渭文)