

DOI :10.3969/j.issn.1003-9511.2011.01.013

# 工业园区再生水利用与水资源综合配置

## ——以内蒙古自治区乌拉特后旗工业园区为例

王欢,白玉华

(北京工业大学建筑工程学院 北京 100124)

**摘要** :在查清内蒙古自治区乌拉特后旗工业园区水资源开发利用现状的基础上,分析了基于再生水利用的工业园区水资源平衡情况。结果表明:充分利用再生水,并合理配置水资源,乌拉特后旗工业园区的水资源基本可以满足园区的发展需求。

**关键词** :工业园区;再生水利用;水资源配置;内蒙古自治区

**中图分类号** :TV213.9

**文献标识码** :A

**文章编号** :1003-9511(2011)01-0050-04

我国水资源短缺,水资源供需矛盾突出,水生态环境较差,我国政府极为重视水资源的开发利用与保护。在水资源配置理论研究、水资源规划与宏观管理及其相应的决策分析方面,我国取得了较好的成绩<sup>[1]</sup>。水资源配置理论研究大致经历了以下 4 个阶段:①注重水量的水资源调配阶段<sup>[2]</sup>;②基于宏观经济的区域水资源优化配置阶段<sup>[3]</sup>;③基于二元水循环模式的水资源优化配置阶段;④经济生态系统广义水资源合理配置阶段。

笔者认为,水资源系统是区域-社会-经济协同系统的一个有机组成部分,应采用多层次多目标群策方法解决水资源配置问题<sup>[4]</sup>。乌拉特后旗工业园区位于内蒙古巴彦淖尔市乌拉特后旗呼和温都尔镇境内,规划面积约 20 km<sup>2</sup>,是巴彦淖尔市重化工基地<sup>[5]</sup>。区域经济合作和新工业园区的建立需要可靠的水资源支撑,这些都对水资源的合理开发利用和水环境的有效保护提出了更高的要求。按照国家相关的产业政策,工业用水主要利用再生水。乌拉特后旗工业园区污水处理及再生水供水工程是巴彦淖尔市利用世界银行贷款实施水环境综合治理的一个子项目。本文以乌拉特后旗工业园区为例,研究工业园区的再生水利用与水资源综合配置问题。

### 1 需水预测

乌拉特后旗工业园区水资源平衡的任务是在区域水资源开发利用的基础上,分析项目取水的合理性与可靠性。根据项目所在区域的社会经济基本情

况以及气象、水文特征变化情况,选取 2007 年为现状水平年,结合乌拉特后旗工业园区污水处理及再生水供水工程的实施计划,确定近期规划水平年为 2015 年、中期规划水平年为 2020 年和远期规划水平年为 2030 年。对工业园区内的工业企业规模及其工业用水量进行调查,将园区内已建成、在建和已签订入园协议企业的工业用水量进行合计,将之作为园区 2015 年的需水量。根据统计数据,园区内已投产的企业对再生水的需水量为 197.5 万 m<sup>3</sup>/a,已建和在建的企业对再生水的需水量为 483 万 m<sup>3</sup>/a,已签订入园协议的企业对再生水的需水量为 591 万 m<sup>3</sup>/a,合计 1271.5 万 m<sup>3</sup>/a,其中,冷却用水量占总用水量的 88%<sup>[6]</sup>。

乌拉特后旗工业园区工业增加值增长率 2007~2015 年取 15%,2015~2020 年取 6%,2020~2030 年取 5%,其工业需水量预测采用万元工业增加值定额法,乌拉特后旗工业园区工业需水量预测结果见表 1。

表 1 乌拉特后旗工业园区工业需水量预测结果

年份	工业增加值/ (亿元·a <sup>-1</sup> )	用水定额/ (m <sup>3</sup> ·万元 <sup>-1</sup> )	年需水量/ 万 m <sup>3</sup>	日需水量/ 万 m <sup>3</sup>
2015	25.4	50	1272	3.5
2020	34.0	45	1531	4.2
2030	55.4	45	2494	6.8

### 2 供水预测

根据《内蒙古自治区巴彦淖尔市工业供水规划》<sup>[7]</sup>,乌拉特后旗工业园区的规划水源有:园区污

作者简介:王欢(1987—),女,河南南阳人,硕士研究生,主要从事水资源管理和循环利用研究。

水处理厂出水、总排干沟排水、永明水库水和园区地下水,水资源利用顺序为:园区污水处理厂出水、总排干沟排水、永明水库水和园区地下水。

### 2.1 园区污水处理厂出水

乌拉特后旗工业园区区内拟配建较为完善的污水收集管网,污水处理厂接园区排污总管,收集园区生活污水和各工矿企业排出的废水;再生水厂接污水处理厂出水总管,收集污水处理厂的出水。

a. 生活污水产生量预测。生活污水产生量预测公式为

$$G_c = NF_c \quad (1)$$

式中: $G_c$ 为城镇居民生活污水产生量,  $t/d$ ;  $N$ 为城镇居民常住人口,万人;  $F_c$ 为城镇居民生活污水产生系数,  $L \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$  [8]。

预测结果见表2。

表2 乌拉特后旗工业园区生活污水产生量预测结果

年份	日生活用水指标/ ( $L \cdot \text{人}^{-1}$ )	人口/ 万人	年生活需水量/ $\text{万 m}^3$	生活污水产生系数/ ( $L \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )	年生活污水产生量/ $\text{万 m}^3$
2015	140	0.2	10.2	105	7.7
2020	160	0.5	29.2	105	19.2
2030	160	1.0	58.4	105	38.3

b. 工业废水产生量预测。工业废水产生量采用工业需水量乘以排放系数来确定。根据乌拉特后旗工业园区已投产企业的需水量及排放量计算排放系数。乌拉特后旗工业园区工业废水产生量预测结果见表3。

表3 乌拉特后旗工业园区工业废水产生量预测结果

年份	年工业需水量/ $\text{万 m}^3$	排放系数	年废水产生量/ $\text{万 m}^3$	日废水产生量/ $\text{万 m}^3$
2015	2310	0.30	693	19.0
2020	2782	0.25	696	19.1
2030	4530	0.25	1132	31.0

c. 污水处理厂收水量及出水量预测。废污水可收集量是指能进入排水管网的废污水量,一般来讲它等于废污水产生量乘以管网覆盖率。根据《乌拉特后旗工业园区(呼和镇)污水处理工程可行性研究报告》<sup>[9]</sup>,乌拉特后旗工业园区污水管网覆盖率2015年可达到95%,2020年达到100%。乌拉特后旗工业园区污水收集管网属于新建,随着时间的推移,要考虑管道老化等因素,那么污水收集管网漏失率2015年按8%计算,2020年和2030年按10%计

表4 乌拉特后旗工业园区污水处理厂污水收集量预测结果

年份	生活废水				工业废水				未预见污水量/ $\text{万 m}^3$	污水收集量 合计/ $\text{万 m}^3$
	产生量/ $\text{万 m}^3$	管网覆盖率/ %	管网漏失率/ %	处理厂收集量/ $\text{万 m}^3$	产生量/ $\text{万 m}^3$	管网覆盖率/ %	管网漏失率/ %	处理厂收集量/ $\text{万 m}^3$		
2015	8	95	8	7	693	95	8	606	61	674
2020	19	100	10	17	696	100	10	626	64	707
2030	38	100	10	34	1132	100	10	1019	105	1158

算。在污水收集过程中,要考虑未预见水量,未预见水量按生活污水和工业废水总和的10%计。不同规划水平年乌拉特后旗工业园区污水处理厂污水收集量预测结果见表4。

根据巴彦淖尔市临河区及包头地区已建污水处理厂的运行情况,确定乌拉特后旗工业园区污水处理厂二级处理系统的出水率为0.80。计算可得2015年、2020年和2030年污水处理厂再生水可利用量分别为1.5  $\text{万 m}^3/\text{d}$ 、1.6  $\text{万 m}^3/\text{d}$ 和2.5  $\text{万 m}^3/\text{d}$ 。

根据乌拉特后旗工业园区再生水量的规模预测及园区入驻企业的再生水需求量,确定再生水厂水需求量为3.5  $\text{万 m}^3/\text{d}$ ,而规划水平年2015年污水处理厂再生水可利用量预测结果为1.5  $\text{万 m}^3/\text{d}$ ,不满足园区需水的要求,必须获取其他水源。

### 2.2 总排干沟排水

总排干沟距乌拉特后旗工业园区5 km,总排干沟排水的水量比较稳定、充沛,利用条件便利,可作为园区供水的长久水源。

乌拉特后旗工业园区再生水总需水量为3.5  $\text{万 m}^3/\text{d}$ ,其中管道损失率5%。考虑再生水厂自用水量系数按10%计,则再生水厂实际取原水2.47  $\text{万 m}^3/\text{d}$ 。

取水口上游有一排干沟(光林扬水站)和二排干沟排入总排干沟,区间再无较大的汇入水源,因此将光林扬水站和二排干沟的排水量叠加,作为再生水厂取水口断面的排水量基本资料。

分析实际代表年供水情况(1~4月份无实测资料),灌溉期,总排干沟退水量主要来源于各分干沟灌溉退水、城镇污水和山洪水;封冻期,总排干沟的水主要来源于两侧地下水侧渗。由于总排干沟两侧土壤岩性,其含水层厚度和水文地质条件基本相同,因此封冻期可以用沟长比推算取水口处水量。离取水口最近的断面是总排干沟黄济断面,封冻期取水口处水量用黄济断面资料推算。封冻期取水口处水量推算采用沟长比法,计算公式为

$$Q_{\text{取水口}} = Q_{\text{黄济}} / LL_0$$

式中: $Q_{\text{取水口}}$ 为取水口处水量,  $\text{万 m}^3$ ;  $Q_{\text{黄济}}$ 为黄济断面水量,  $\text{万 m}^3$ ;  $L$ 为沟口到黄济断面的距离( $L = 63.267 \text{ km}$ );  $L_0$ 为沟口到取水口的距离( $L_0 = 11.500 \text{ km}$ )。

为提高乌拉特后旗工业园区的用水保证率,需要对排干沟水量进行最不利来水月分析,即在资料系列在挑选最不利项目取水的月份,分析能供给项目取水的水量。

表5为项目区最不利来水月封冻期水量分析结果。

表5 项目区最不利来水月封冻期水量分析结果

1~4月来水量/ 万 m <sup>3</sup>	1~4月可取水量/ 万 m <sup>3</sup>	1~4月需水量/ 万 m <sup>3</sup>	1~4月缺水/ 万 m <sup>3</sup>	全年来水量/ 万 m <sup>3</sup>	全年需水/ 万 m <sup>3</sup>	年需水量占来水量比例/%
67	56.95	300.52	243.57	3386.9	901.56	26.6

由表5可知,最不利来水月封冻期1~4月来水量为67万 m<sup>3</sup>,可取水量按照来水量的85%计算,为56.95万 m<sup>3</sup>,水量不能满足乌拉特后旗工业园区再生水厂的取水需求,仍需要从其他水源取水。

### 2.3 永明水库水

永明水库位于内蒙古自治区巴彦淖尔市杭锦后旗双庙镇境内,东经106°41'17",北纬40°51'35",乌兰布和沙漠东边缘,距流沙沟沟口下游约5 km处。永明水库是一座以防洪为主,兼顾工业用水、生态用水及养殖用水的小(I)型平原水库,当汛期山洪水及黄河凌汛分洪水削峰沉淀后,水位超过永明水库调节库容水位,这时洪水通过泄水闸退入总排干沟,最终进入乌梁素海。

永明水库设计总库容为123.8万 m<sup>3</sup>,其中死库容9.8万 m<sup>3</sup>,兴利库容114万 m<sup>3</sup>,水库最高洪水位1035.19 m,20年一遇设计洪水位1033.61 m,50年一遇校核洪水位1034.03 m。

当供水设计保证率为95%时,汇入永明水库山洪径流量为87.4万 m<sup>3</sup>、凌汛水为129.6万 m<sup>3</sup>、降水为10.43万 m<sup>3</sup>,共227.4万 m<sup>3</sup>,除去蒸发量122.8万 m<sup>3</sup>,还有104.6万 m<sup>3</sup>的可利用水量。1~4月份,项目区需取水量为243.57万 m<sup>3</sup>,永明水库可供给水量104.6万 m<sup>3</sup>,仍需138.97万 m<sup>3</sup>的水则需要通过开采地下水来补充。

### 2.4 园区地下水

根据当地可利用水资源情况,地下水源地选择在总排干沟上游南岸,地貌形态为黄河枯河床,位于黄河冲积层和冲洪积扇边缘地带,其地层岩性主要为壤土、壤土、细沙。根据对附近机井调查的资料,水源地50 m以上地层为壤土、细沙,50 m以下为粗砂,砂砾石同时夹带砂卵石层,含水层厚度为50~80 m,机井单井涌水量可达80 m<sup>3</sup>/h<sup>[2]</sup>。

乌拉特后旗工业园区地势较低,为地下水汇水区。地下水的补给源主要是地下径流侧向补给、黄灌田间入渗补给、井灌回归补给和降雨入渗补给,总

补给量为331.5万 m<sup>3</sup>。根据全国水资源综合规划,地下水可开采系数取值范围在0.8~1.0,经分析乌拉特工业园区地下水可开采系数取0.85,则地下水可开采量为281.5万 m<sup>3</sup>。

项目区所缺水量为138.97万 m<sup>3</sup>,而地下水可开采量为281.5万 m<sup>3</sup>,可见能满足项目区用水需求。地下水辅助水源只在1~4月提供取水,项目区需开采地下水为1.18万 m<sup>3</sup>/d,设计单井涌水量为80 m<sup>3</sup>/h,单井开采量为1600 m<sup>3</sup>/d,因此有10眼井(其中2眼备用)即可满足供水要求。

## 3 水资源供需平衡分析

预测2015年项目区水资源的需求和供给情况,并进行平衡分析,分析结果见表6和图1。

表6 项目区2015年月水资源供需平衡分析 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/d

月份	排干沟水利用量	排干沟水可用量	污水量	水库取水量	地下水取水量	需水量
1	4.70	8.7	15.0	8.7	11.3	39.7
2	4.70	4.2	15.0	8.7	11.8	39.7
3	4.70	5.3	15.0	8.7	11.3	39.7
4	4.70	4.7	15.0	8.7	11.3	39.7
5	24.70	146.5	15.0			39.7
6	24.70	152.6	15.0			39.7
7	24.70	121.2	15.0			39.7
8	24.70	78.7	15.0			39.7
9	24.70	75.5	15.0			39.7
10	24.70	270.0	15.0			39.7
11	24.70	236.1	15.0			39.7
12	24.70	54.4	15.0			39.7

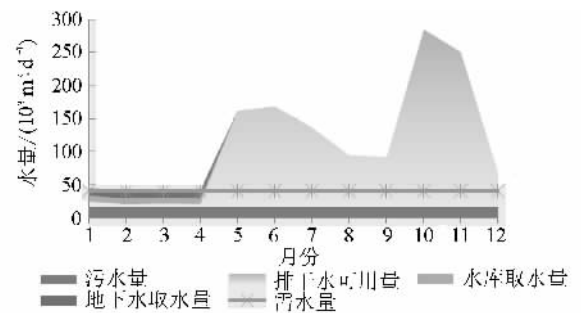


图1 项目区水资源平衡分析

## 4 取水水源对工业园区水资源的影响评价

污水处理厂的建设,将改变现状乌拉特后旗工业园区污水排放无统一管理的状况,使园区污水统一集中处理,再由再生水厂处理后供园区企业生产回用,因此,污水可以有效缓解工业园区水资源污染压力,从污水处理厂取水是可行的。

取用总排干沟水可使河套灌区排水污染物得到部分消解,从而达到保护黄河的目的,同时可以净化和保护乌梁素海水体环境,所以,取总排干沟水也是

可行的。

取用永明水库的蓄水和凌汛水,实行分洪减灾,不仅可以减轻水库下游的防洪压力,而且能使蓄水海子现有功能大幅提升,改善周边的生态环境,变水害为水利,最终形成多赢的局面,所以,从水库取水也是可行的。

地下水水源地含水层厚度为 50~80 m,地下水储量丰富。在枯水季节取水,将动用地下水静储量,但在整个夏季和秋季,灌区大量引水灌溉,地下水可以得到很好的修复,即使遇上枯水年,也能够通过地下水储量的调节满足乌拉特后旗工业园区的用水要求,因此,取用地下水是可行的。

## 5 结 语

乌拉特后旗工业园区的取水不会对区域水资源开发利用配置及其水环境状况产生明显不良影响,同时也不会对水源地其他用水户产生明显影响,相反改善了水源地用水结构,提高了水资源的利用效益。水资源综合配置理论在乌拉特后旗工业园区水资源配置中发挥了重大作用,指导了工业园区水资

源的合理利用,有利于工业园区的长足发展。

## 参考文献:

- [1] 吴泽宁,索丽生.水资源优化配置研究进展[J].灌溉排水学报,2004(4):34-38.
- [2] 沈大军.水资源配置理论方法与实践[M].北京:中国水利水电出版社,2007:3-5.
- [3] 许新宜,王浩,甘泓.华北地区宏观经济水资源规划理论与方法[M].郑州:黄河水利出版社,1997:55-60.
- [4] 贺北方.区域水资源优化分配的大系统优化模型[J].武汉水利电力学院学报,1988(5):109~118.
- [5] 刘巧云,张俊仁,王琴.河套灌区农作物灌溉与水资源紧缺的矛盾和对策[J].内蒙古水利,2010(1):17-19.
- [6] 武汉大学水利水电学院.内蒙古自治区巴彦淖尔市水资源综合规划报告[R].武汉:武汉大学水利水电学院,2005.
- [7] 河套水务集团.内蒙古自治区巴彦淖尔市工业供水规划[EB/OL].[2008-07-04].<http://58.18.55.42:8888/sw/show.asp?id=134>.
- [8] 翁焕新.城市水资源控制与管理[M].杭州:浙江大学出版社,1998:111-121.

(收稿日期 2010-06-23 编辑 彭桃英)

## 《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

(邮发代号 28-63, CN32-1117/TV, ISSN1000-1980, 双月刊)

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登河海大学在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

《河海大学学报(自然科学版)》创办于 1957 年,是全国中文核心期刊、中国科技核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响。刊载的文章中,大部分为国家科技攻关(重点)项目和各种科学基金资助项目的研究成果,部分达到了国内领先和国际先进水平,为我国水利、水电、水运工程及其他有关工程建设的规划、设计、施工和管理提供了科学理论、方法和具体建议,发挥了较大的社会效益和经济效益,深受工程界和科技界赞许,并获得中国高校精品科技期刊奖以及中国期刊方阵“双效期刊”、华东地区优秀期刊、江苏省优秀期刊、全国水利系统优秀期刊称号。

《河海大学学报(自然科学版)》每逢单月出版,国内外公开发行,每期定价 12.00 元,全年 6 期共 72.00 元。欢迎广大读者通过全国各地邮政局订阅或直接与编辑部联系。

编辑部地址:南京市西康路 1 号 《河海大学学报(自然科学版)》编辑部  
邮政编码:210098 电话/传真:025-83786343 E-mail:xb@hhu.edu.cn  
网址:kbb.hhu.edu.cn/web/index\_xb.asp?l\_id=53