

热电项目中水利用水资源论证实例分析

李 利

(河北省唐秦水文水资源勘测局 河北 唐山 063000)

摘要 简述了建设项目水资源论证的意义和目的,并以河北大唐国际卢龙发电厂一期 2×600 MW 建设项目为例,对水资源论证报告中的建设项目特点、用水合理性分析、中水水源论证方案、取退水对环境影响分析、水资源保护措施等做了详细论述。

关键词 中水 水资源论证 取水 用水合理性 退水

中图分类号 :TV213.4 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2008)S1-0130-04

1 开展建设项目水资源论证的意义

根据《中华人民共和国水法》的要求,建设项目开发利用水资源必须遵循合理开发、节约使用、有效保护的原则。河北省水资源较为缺乏,既有资源型缺水,又有工程型缺水和污染型缺水。在建设项目生产过程中充分利用中水是实现污水资源化的有效途径。全面开展建设项目水资源论证工作,做好中水资源的开发利用、优化配置、综合治理,可以有效地保护节约有限的水资源,促进水资源可持续利用,为发展循环经济、建设项目立项和取水许可审批提供科学依据。

河北大唐国际卢龙发电厂(以下简称大唐卢龙发电厂)将秦皇岛市第三污水处理厂和卢龙县城污水处理厂的中水作为生产用水,生活用水使用桃林口水库地表水。针对建设项目的取水方案,笔者对水源的水量、水质、影响范围、取水合理性、退水情况及其对区域水环境和周边取水户的影响等进行可行性分析和论证,并提出切合实际的论证结论与建议。目前河北省水资源短缺和水资源污染较为严重,此项论证工作的开展为充分利用城市中水、增加城市水资源、减少水体污染提供了一个典型的实例,而且对环境和水资源保护、水污染防治、水资源的优化配置和可持续利用,建设资源节约型和环境友好型社会都具有重要意义。

2 建设项目水资源论证的内容

依据中华人民共和国水利部发布的《建设项目水资源论证导则》的编制要求,论证报告书共分为 9 个

部分,主要针对以下几个方面的重点内容进行论述:

a. 概况分析。主要论述建设项目取水水源概况,论证分析范围内水资源量、现状用水、水质、区域水资源开发利用程度和存在的主要问题。

b. 取水水源论证。①对建设项目的生产和生活用水结构、水量平衡和各项用水指标进行取用水合理性分析,综合评价电厂的用水工艺、循环水利用率、单位产品用水量和生活用水定额等主要用水考核指标。②取水水源论证方案。主要对污水处理厂概况、服务区可收集污水量预测、计算可供水量、污水处理水质、中水水源的可行性和可靠性进行分析论证,还要对建设项目生活用水和生产应急备用水源供水的可行性和可靠性进行论证。

c. 取水和退水的影响分析。主要分析论证生产用水取用中水给地方发展带来的经济效益和社会效益,建设项目具体的退水情况以及对周边水环境和其他用水户等的影响。

3 实例分析

3.1 建设项目概况

河北大唐国际卢龙发电厂一期工程建设规模为 2×600 MW,拟定于 2012 年建成投产。根据国家循环经济的产业政策,鼓励“60 万 kW 及以上超临界、超超临界机组电站建设”采用城市中水和适当利用地表水。该建设项目采用超临界燃煤凝汽式空冷发电机组,耗水量相当于湿冷系统的 20% 左右,生产用水采用城市污水处理厂的中水,项目拟选厂址为河北省卢龙县陈官屯。

3.2 建设项目分析论证范围和区域水资源状况

依据建设项目选址和取水水源情况,论证报告确定分析范围为卢龙县全境,论证范围为项目生产、生活取水所涉及的污水处理厂服务范围、卢龙县城区及其影响区域。考虑影响水资源量的主要因素和可收集到的资料,以及秦皇岛市的城市用水和废污水排放状况等,确定现状年为 2005 年,规划水平年为 2010、2015 年。

卢龙县位于秦皇岛市西部,属暖温带半湿润大陆性季风气候。多年平均年降水量为 646.4 mm,降水量年际分配不均,最大年降水量是最小年降水量的 2.9 倍,降水量主要集中在 6~9 月份,其降水量占全年降水量的 73.7%。卢龙县境内共有青龙河、西洋河等大小河流 24 条,西部地处滦河水系,东部属冀东沿海水系。该地区水资源比较丰沛,除较多的自产水量外,还有大量的入境水量,主要集中在河谷地区,尤其是过境水量,主要在青龙河主河道及其两侧,电厂生活用水来自青龙河桃林口水库。桃林口水库是一座供水、发电、灌溉、养殖等综合利用的大型水利枢纽工程,一期工程总库容 8.59 亿 m³,兴利库容 7.09 亿 m³。

3.3 建设项目取水水源论证

3.3.1 取水合理性分析

秦皇岛市中水水源:秦皇岛市第三污水处理厂位于秦皇岛市海港区西部,距建设项目厂址约 50 km,处理规模为 7 万 m³/d,已于 2001 年 9 月建成投产。河北大唐国际卢龙发电厂是秦皇岛市第三污水处理厂的第 1 个用水户。

卢龙县县城中水水源:卢龙县城位于电厂建设项目南部约 20 km,规划建设一座规模 4 万 m³/d 的污水处理厂,建成后可作为大唐卢龙发电厂的生产用水水源。

桃林口水库地表水源:桃林口水库位于项目建设地北部约 20 km,属于大型水库,根据水利部批准的分水协议,在保证率为 75%和 95%时,每年供卢龙县城生活及工业用水量为 0.07 亿 m³,到目前为止用水指标尚未使用,为大唐卢龙发电厂生活和生产备用取水提供了保障。

大唐卢龙发电厂选用污水处理厂的中水作为生产用水,既节约了水资源,保护生态环境,也符合国家产业政策。生活用水采用桃林口水库地表水作为水源也是合理的。

3.3.2 中水水源可靠性论证

大唐卢龙发电厂生产用水先使用秦皇岛市第三污水处理厂的中水,待卢龙县城污水处理厂建成后,秦皇岛市第三污水处理厂作为电厂一期生产用水的备用水源或二期工程的生产用水水源,生活用水和生产应急备用水源为桃林口水库的地表水。因此论证报

告除对秦皇岛市第三污水厂和卢龙县城污水处理厂可收集污水量、中水可供水量、供水水质、供水可靠性进行论证外,还对桃林口水库供水的可靠性进行论证。

a. 秦皇岛市第三污水处理厂中水论证。秦皇岛市第三污水处理厂位于秦皇岛市海港区西部,服务范围包括海港区西部工业区、经济技术开发区、文教区、海洋花园村。不同水平年服务区污水量详见表 1。

表 1 秦皇岛市第三污水处理厂服务区设计污水量

区域名称	万 m ³ /d		
	现状(1996)年	2000 年	2010 年
文教区	0.9	1.13	1.55
经济技术开发区	0.5	0.86	3.56
西部工业区	5.1	5.10	0
海洋花园村	0	0.20	1.11
港口铁路	0.1	0.15	0.51
合 计	6.6	7.44	6.73

秦皇岛第三污水处理厂现状的平均出水量为 3.88 万 m³/d,现状污水处理厂最小出水量 2.51 万 m³/d。随着秦皇岛第三污水处理厂服务区社会经济的不断发展,到 2010 年,预测污水处理厂出水量可达 5.58 万 m³/d,海港区污水处理厂建成后,西部工业区的污水也转入海港区污水处理厂进行处理,因此污水处理厂处理规模可达 7 万 m³/d。电厂取水地点位于污水处理厂的排水口,通过管道加压输送到建设项目所在地。

b. 卢龙县城污水处理厂中水论证。卢龙县城污水处理厂的设计处理能力为 4.00 万 m³/d。2015 年和 2020 年,污水处理厂服务区内总用水量(包括自来水供水和自备井供水量)分别为 2.50 万 m³/d 和 4.40 万 m³/d,可收集污水量分别为 1.90 万 m³/d 和 3.30 万 m³/d。污水处理厂采用二级处理,通过蒸发消耗、形成污泥等方式减少一部分水量,折减系数采用 0.8,由此计算出污水处理厂可供中水量分别为 1.52 万 m³/d 和 2.64 万 m³/d。

c. 桃林口水库地表水水源论证。大唐卢龙电厂生活用水和生产应急备用水源为桃林口水库地表水。经综合考虑,电厂应备用 30 天的水量为 41.82 万 m³,生活用水量为 5.61 万 m³/a。青龙河桃林口水库每年可供卢龙县城生活及工业用水量为 700 万 m³,卢龙县城的可供水量为 1390 万 m³/a。2010、2015 年县城的需水量分别为 506.00 万 m³/a、784.60 万 m³/a,大唐卢龙发电厂正常生产用水量 1.37 万 m³/d,热季最大取水量 1.60 万 m³/d(按输水损失 5%),2010、2015 年总用水量分别为 553.43 万 m³/a、832.03 万 m³/a。由此可见电厂的生产和生活用水的取水水源是有保证的。

d. 中水水质分析。大唐卢龙发电厂对冷却水水质的基本要求是:澄清、温度低、水质稳定、少结

垢、少腐蚀、不滋生微生物或生物等。中水水质应符合 GB50335—2002《污水再生利用工程设计规范》和工业 GB50050—1995《循环冷却水质标准》要求。生活用水水质应符合 GB5749—1985《生活饮用水卫生标准》中的水质要求。

秦皇岛市第三污水处理厂设备工艺先进、自动化程度高,先后通过了 ISO9001、ISO14001 质量管理体系认证。实际出水水质各项指标已达到污水综合排放标准中的二级排放标准,符合建设部发布的《城市污水再生利用工业用水水质》和《污水再生利用工程设计规范》规定的再生水用于工业冷却水控制指标。污水处理厂采用二级处理,其出水水质为: $\rho(\text{BOD}_5) \leq 20 \text{ mg/L}$, $\rho(\text{COD}) \leq 60 \text{ mg/L}$, $\rho(\text{SS}) \leq 20 \text{ mg/L}$, $\rho(\text{TN}) \leq 15 \text{ mg/L}$ 。2006 年 1~11 月出水水质指标详见表 2。

表 2 2006 年 1~11 月出水水质指标统计

项目	$\rho(\text{COD})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{SS})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	pH	水温/ $^{\circ}\text{C}$
最小值	19.9	3.1	16	1.14	7.27	9.7
最大值	41.9	7.28	20	6.11	7.65	23.9
平均值	25.2	5.11	18.9	2.94	7.31	17.2

卢龙县城污水处理厂采用二级生化处理,污泥采用浓缩脱水处理。根据除磷的 A/O 污水处理工艺和机械浓缩-机械脱水的污泥处理工艺。设计出水水质为: $\rho(\text{BOD}_5) \leq 20 \text{ mg/L}$, $\rho(\text{SS}) \leq 20 \text{ mg/L}$, $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}}) \leq 60 \text{ mg/L}$, $\rho(\text{TN}) \leq 25 \text{ mg/L}$, $\rho(\text{TP}) \leq 1 \text{ mg/L}$ 。主要污染物去除率为: $\rho(\text{BOD}_5) \geq 87\%$, $\rho(\text{SS}) \geq 90\%$, $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}}) \geq 80\%$, $\rho(\text{TP}) \geq 66\%$ 。但是生产用的中水不能满足电厂锅炉等热网用水的要求,发电厂拟采用石灰法和反渗透法对中水再度深处理。用石灰法处理后的中水直接用于循环冷却水,再经反渗透法处理的中水用于补给水。

桃林口水库地表水水质评价采用 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》和 GB 5749—1985《生活饮用水卫生标准》的标准。采用单因子法对照评价标准分别对各参数作单项评价,以单项评价中污染最为严重的级别作为该控制点的级别。根据河北省唐秦水环境监测中心 2005 年的监测资料,青龙河桃林口水库水质符合 II 类水质标准,完全能够满足建设项目取水的质量要求,只是汛期及汛后月份总磷为 III 类,但各评价参数均符合生活饮用水卫生标准。

3.4 建设项目用水合理性分析

3.4.1 水量平衡分析

大唐卢龙发电厂机组年发电小时数 5 500 h,设备运行小时数 6 050 h(热季工况运行 3 529 h,冷季工况运行 2 521 h)。电厂热季工况运行综合用水量为 608.0m³/h,年生产用水量为 213.93 万 m³,冷季工况运行综合用水量为 562.5m³/h,年生产用水量 141.35

万 m³。年总用中水量为 355.28 万 m³,生活用水为 6.4m³/h(按 365 天计为 5.61 万 m³)。综合以上两项,电厂年总用水量为 360.89 万 m³。以电厂热季用水情况为例,水量平衡见表 3。

表 3 机组热季(4~10 月)总补给水量 m³/h

用水项目	供水量	回水量	耗水量	备 注
冷却塔蒸发损失	117.6	0	117.6	
冷却塔风吹损失	23.6	0	23.6	
循环水排污损失	54.9	54.9	0	用于脱硫用水系统
锅炉补给水	165	75	90	集中处理后用于服务水系统
渣泵轴封用水	4	4	0	
燃油泵房工业用水	6	0	6	
空调系统补给水	6	0	6	
输煤喷雾抑尘用水	35	0	35	12 h/d
生活用水	6.4	4.6	1.8	经处理后用于绿化
废水处理站自用水	26	0	26	
干灰加湿	30	0	30	
渣冷却用水	30	0	30	
贮灰库清扫用水	2	0	2	
运灰道路喷洒	2	0	2	
干灰场喷洒	15	0	15	
链条清洗	20	0	20	
输煤系统冲洗	7.25	4.25	3	1 h/(次·d), 过滤后喷洒
输煤除尘系统	4	2	2	每天 3 班, 每次 30 min
煤场喷洒	12.5	0	12.5	每天 3 次, 每次 60 min
道路喷洒用水	4	0	4	每天 2 次, 每次 2 min
汽车冲洗用水	1	0.4	0.6	每天 2 次, 每次 60 min
建筑物地面冲洗	3.2	2	1.2	每天 2 次, 每次 60 min
机组脱硫用水	180	16	164	
绿化用水	4.6	0	4.6	8 h/d
未预见水量	53	0	53	
合 计	813.05	163.15	649.9	
平均耗水指标			608.0	0.141 m³/(s·GW)

3.4.2 用水合理性分析

根据中华人民共和国电力行业标准 DL/T783—2001《火力发电厂节水导则》,火力发电厂节约用水的整体水平一般采用全厂发电水耗率和全厂重复用水率等指标进行评价。衡量电厂用水水平先进性主要指标有:机组设计发电水耗率(又称全厂装机水耗率)、设计重复用水率、冷却水循环水利用率、冷却蒸发损失率和人均生活用水量。用水单项指标评价分析结果见表 4。

表 4 大唐卢龙发电厂用水单项指标评价

机组设计发电水耗率/ $\text{m}^3\cdot(\text{s}\cdot\text{GW})^{-1}$	设计重复用水率/%	冷却水循环水利用率/%	冷却蒸发损失率/%	人均生活用水量/ $(\text{L}\cdot\text{d}^{-1})$
0.141	95.3	97.6	1.46	118

大唐卢龙发电厂 $2 \times 600 \text{ MW}$ 机组设计热季水消耗量 $608.0 \text{ m}^3/\text{h}$, 设计额定总发电装机容量为 1.2 GW , 设计发电水耗率为 $0.141 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$, 符合中华人民共和国电力行业标准《火力发电厂节水导则》“单机容量不小于 300 MW 的空冷机组电厂, 全厂发电水耗率指标应在 $0.13 \sim 0.20 \text{ m}^3/(\text{s} \cdot \text{GW})$ ”的要求; 机组设计热季水的重复利用率为 95.3% , 该指标符合《火力发电节水导则》“单机容量为 125 MW 及以上新建或扩建的循环供水凝汽式电厂, 全厂复用水率不宜低于 95% ”的规定; 机组设计冷却系统热季循环水量 $7840 \text{ m}^3/\text{h}$, 冷却循环系统总用水量为 $8036 \text{ m}^3/\text{h}$, 夏季冷却循环水重复利用率为 97.6% , 该指标基本符合《中国城市节水 2010 年技术进步发展规划》2010 年规划目标“间接冷却水循环率 $\geq 97\%$ ”的指标要求。热季冷却塔蒸发损失量为 $117.6 \text{ m}^3/\text{h}$, 冷却蒸发损失率 1.46% , 达到《火力发电厂节水导则》蒸发损失率 $\leq 1.5\%$ 的要求。

经计算, 发电量耗水量为 $0.548 \text{ m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$, 符合中华人民共和国电力行业标准《火力发电厂节水导则》中“单机容量为 125 MW 及以上新建或扩建凝汽式电厂, 单位发电量取水量在 $0.468 \sim 0.72 \text{ m}^3/(\text{MW} \cdot \text{h})$ ”的要求。

综上所述, 大唐卢龙发电厂用水工艺合理, 机组设计发电水耗率、重复用水率、循环水利用率、单位产品取水量等主要节水考核指标符合相关规范要求, 达到或接近同行业先进水平, 因此电厂新建工程用水系统是节水型电厂系统。

3.5 建设项目取、退水情况及对周边水环境影响

3.5.1 取水影响分析

大唐卢龙发电厂工程采用秦皇岛第三污水处理厂的中水作为循环冷却等生产用水, 既可实现城市污水资源化、节省清洁水用量、提高水资源利用率, 又为污水处理厂提供经费保障, 促进污水处理厂的良性运行。同时减少了污水处理厂中水排入小汤河下游河道的水量, 相应也减少了入海污染物的量。

电厂生活及应急备用水取自桃林口水库地表水, 目前还没有其他用水户使用卢龙县城的城市用水指标, 对卢龙县县城的取水没有明显影响。且取水量仅占青龙河多年平均实测径流量的 0.06% , 对青龙河流域水资源影响较小, 也不存在取水影响补偿的问题。

3.5.2 退水影响分析

大唐卢龙发电厂的退水包括生产废水、生活污水和雨水。生产废水全部汇集至工业废水处理站, 经处理达标后送至调节水池重复利用; 生活污水经生活污水处理站二级生化处理后排至厂内共用水池

重复利用; 厂区雨水由雨水管道汇集后排至雨水调节池, 沉淀后经升压排入沉煤池与煤水一起进行处理回用, 多余雨水排入电厂以外的排洪沟。电厂工业废水主要包括循环水排放水、酸碱废水、输煤系统冲洗水和含油污水等, 最大排放量 $71.4 \text{ m}^3/\text{h}$ 。这些经过超滤处理系统排入工业废水处理站进行集中处理, 达到排放标准后, 供除渣系统、输煤系统冲洗、除尘和主厂房杂用, 使工业废水在厂内回用不外排。电厂产生的生活污水为 $4.6 \text{ m}^3/\text{h}$, 通过厂内的生活排水管排至生活污水处理站, 采用厌氧 + 好氧处理方法进行处理后出水达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》二级标准。

3.6 水资源保护措施

大唐卢龙发电厂应严格执行设计的各项节水措施运行, 在电厂补给水输水干管入口及厂内各用水点均设流量计量装置。在电厂运行时, 应对总用水量、总排水量和各车间或各系统的用水量进行实时检测统计, 以对电厂供水、排水进行有效管理。加强对工业废水和生活污水处理站的管理, 严防废污水污染当地地下水及地表水。对水源地附近区域水资源状况进行有效的跟踪检测, 随时掌握该区域水资源变化动态, 实行有效的保护措施, 同时将电厂各项用水控制在指标以内。

3.7 建设项目水资源论证结论与建议

建设大唐卢龙发电厂符合国家的产业政策, 发电厂生产用水采用城市污水处理厂的中水, 有利于改善区域水环境, 充分发挥中水的节水效益、环境效益和资源效益。通过以上分析可知, 中水水源能够满足大唐卢龙发电厂正常生产取水的需求, 机组设计发电水耗率、设计重复用水率、冷却水循环水利用率、冷却蒸发损失率、冷却蒸发损失率和人均生活用水量等各项指标均达到国家和行业有关标准。生产废水经过超滤处理系统排入工业废水处理站进行集中处理, 在厂内回用基本实现“零排放”。生活废污水经处理达标后重复利用作为绿化等环境用水。故取退水对区域水资源及其他用水户不会造成明显影响, 因此该项目在水资源利用上是合理的也是可行的。

建议电厂投产后, 要切实做好输水管道的管理工作, 防止跑、冒、滴、漏现象。在厂内大力推行节水制度, 制定节水规划和节水标准, 实行供水、排水和污水处理一体化的水务管理体制。

参考文献:

- [1] SL/T238—1999 水资源评价导则[S].
- [2] GB3838—2002 地表水环境质量标准[S].
- [3] GB/T14848—1993 地下水质量标准[S].

(收稿日期 2008-05-31 编辑 高渭文)