DOI: 10.5846/stxb201806271413
靳甜甜,卢敏,刘国华,彭期冬,冯时.拉萨河干流城市段水环境容量分析.生态学报,2018,38(24): - .
Jin T T, Lu M, Liu G H, Peng Q D, Feng S.Water environmental capacity of the Lhasa River in urban sections and its influencing factors.Acta Ecologica Sinica,2018,38(24): - .

拉萨河干流城市段水环境容量分析

靳甜甜[1],卢 敏[2],刘国华[3,*],彭期冬[1],冯 时[1]
1 中国水利水电科学研究院水电可持续发展研究中心, 北京 100038
2 兰州大学资源环境学院, 兰州 730000
3 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085

摘要:拉萨河流域是西藏自治区的政治、经济和文化中心,拉萨河生态环境保护状况对维持流域生态安全至关重要。近年来,拉萨河流域内经济快速发展,工业废水和生活污水排放量增加,成为威胁河流水质的潜在因素。明确拉萨河河流水质现状,核定水域的水环境承载力,对于未来拉萨河河流管理和经济规划均具有重要意义。基于河流断面、流量、水位和水质现场监测,污染物排放、水文和水质历史资料收集等工作,利用 MIKE11 模型,对拉萨河城市段干流水动力和水质进行了模拟,依据国家标准和规范计算了拉萨市干流河段水环境容量。计算结果表明:(1)拉萨市干流河段化学需氧量 COD 容量较小,氨氮 NH_4^+-N 具有较大容量:上游达孜断面按照地表水 II 类水体要求的浓度标准限值输入时,拉萨市干流段 COD 容量约为 3461 t/a、NH_4^+-N 容量约为 602 t/a;若上游达孜断面按照 2017 年 5 月 1 日—2017 年 5 月 30 日连续 30 日测定月均值输入,则拉萨市干流河段 COD 容量约为 797 t/a、NH_4^+-N 容量约为 1145 t/a。(2)对拉萨市干流河段水环境容量影响较大的因素主要有气候变化、水利水电工程运行调度、上游来水水质和河流自净能力:2014 年以后拉萨河流域的暖干化趋势,很可能带来枯水期流量降低,从而改变水环境容量计算中的设计水文条件,使水环境容量降低;拉萨河沿岸灌区取水,旁多水利枢纽、直孔电站运行调度也是影响下游水环境容量的重要因素;流域内草甸、湿地生态系统有机质和养分在气候暖干化背景下加速矿化,可能是造成上游水体中 COD 浓度较高的重要原因。(3)为加强拉萨河流域水环境管理,应加强上游草甸和湿地水环境效应监测、完善城市污水处理厂及配套设施。

关键词:拉萨河;水环境容量;化学需氧量;MIKE11

Water environmental capacity of the Lhasa River in urban sections and its influencing factors

JIN Tiantian[1], LU Min[2], LIU Guohua[3,*], PENG Qidong[1], FENG Shi[1]
1 *Research Center for Sustainable Hydropower Development, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing* 100038, *China*
2 *College of Earth Environmental Science, Lanzhou University, Lanzhou* 730000, *China*
3 *Research Center for Eco-Environmental Sciences, the Chinese Academy of Sciences, Beijing* 100085, *China*

Abstract: The Lhasa River basin is the political, economic, and cultural center of the Tibet Autonomous Region, and the state of ecological protection for the Lhasa River is of vital importance to maintain the ecological security of the basin. With rapid economic development in recent years, the discharge of industrial wastewater and domestic sewage into the river has increased rapidly, and is becoming a potential risk to river water quality. Ascertaining river water quality and the water environmental capacity of surface water is of significant importance in river basin management and economic development blueprints. Based on on-site monitoring (river section, flow, water level, and water quality) and the collection of historic

基金项目:国家重点研发计划(2016YFC0502103)和西藏自治区重点科技计划项目(Z2016C01G01/08)
收稿日期:2018-06-27; **修订日期**:2018-00-00
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: ghliu@ rcees.ac.cn

data (pollutant emission, hydrology, and water quality), this paper used the MIKE11 model to simulate the hydrodynamics and water quality of the mainstream through the Lhasa City. According to national standards and norms, the water environmental capacity was calculated. The results showed that: (1) The studied mainstream had a low Chemical Oxygen Demand (COD) of about 3461 t/a and a high ammonia nitrogen (NH_4^+-N) concentration of about 602 t/a when the COD and concentration of NH_4^+-N in inflow water in the upstream Dagzê section was equal to that of Class II-limited surface water; the studied mainstream had a COD of about 797 t/a and a NH_4^+-N concentration of about 1145 t/a when the COD and concentration of NH_4^+-N in inflow water in the upstream Dagzê section was equal to the monthly mean from May 1, 2017 until May 30, 2017. (2) The major factors affecting the environmental capacity of the studied mainstream included climate change, hydro projects, upstream water quality, and self-purification capacity. The climatic warming-drying trend in the Lhasa River basin after 2014 was an important factor in the reduction of mainstream runoff during the dry season, which led to the decrease in environmental capacity affected directly by a lower flow. Water intake for irrigation along the Lhasa River and the operation of the Pangduo Hydraulic Project and Zhikong Hydropower Station were also important factors affecting the downstream water environmental capacity. The accelerated mineralization of organic matter and nutrients in the ecosystem of meadows and wetlands with the background of a warming-drying climate might lead to a high COD in the upstream water. (3) For a better management of the water environment in the Lhasa River basin, the effects of upstream meadows and wetlands on the water environment should be monitored, and urban sewage treatment plants and supporting facilities should be improved.

Key Words: Lhasa River; water environmental capacity; chemical oxygen demand; MIKE11

20 世纪 60 年代,日本学者根据总量控制原则提出了环境容量的定义;我国环境容量研究始于 20 世纪 70 年代。经过概念辨析和理论探讨后,我国水环境容量研究目前侧重于实际应用,而水环境容量计算成为水环境管理和水功能区限制纳污红线管理的重要依据[1-2]。水环境容量计算方法可分为确定性和不确定性两类[3]:确定性方法包括公式法、模型试错法和系统最优化法等,此类方法较为简单,操作性强;不确定性方法包括随机规划、概率模型和未确知数学法等,该类方法充分考虑了环境复杂性和未来不确定性,与现实状况更为接近。无论何种方法,长系列水质监测数据均是水环境容量计算的重要基础;与水文数据相比,我国多数地区特别是西南地区,长系列、大范围水质监测数据缺乏,虽可计算水环境容量,但计算结果不确定性较大且往往不能准确判断影响水环境容量的主要因素。

拉萨河流域是西藏自治区的政治、经济和文化中心,拉萨河生态环境保护状况对维持流域生态安全至关重要。随着城市化进程和经济快速发展,拉萨市工业废水和城市生活污水排放逐年增加。由于管网和污水处理厂建设落后,拉萨市尚未将城市废污水进行全部收集和处理,部分废污水直接入河给河流水质带来潜在风险。为保障居民健康、河流水质健康、合理布局工业产业协调经济发展,需对河流水质状况和水环境容量进行合理地核算[3]。柳林安等[4]和袁利敏等[5]利用 2002 年及以前国控断面水质数据和拉萨市周围主要排污口水质监测数据计算了拉萨河下游市区地表水环境容量,研究结果表明在当时污染源排放情况下,拉萨河还有较大环境容量。然而经过十几年发展,流域气候、河流水文、河流水质、污染源排放等均发生了较大变化,需对重点河段水环境容量进行重新核算,并从流域角度分析影响水环境容量的主要因素。目前,拉萨河流域设置的水质国控断面,均位于中下游地区,不能反映上游水质状况及对水环境容量的影响。本文在 2017—2018 年流域上、中、下游水质全面监测的基础上,结合污染物调查资料,分析了城区段化学需氧量 COD 和氨氮 NH_4^+-N 现状,构建了拉萨河城区段一维水动力、水质模型,并利用功能区段尾控制方法[3,6-7]计算了拉萨河下游城市段水环境容量,最后讨论了影响水环境容量的自然和人为因素。

1 研究区概况

拉萨河全长 551 km,平均坡降 2.9‰;流域内气候为高原温带半干旱大陆性气候,多年平均降水量 550

mm 以上,6—9 月份为丰水期,10—3 月份为枯水期,12 月、4 月和 5 月份为平水期。拉萨河流域共有 4 个水文监测站点、3 个气象站和 4 个水环境监测站。4 个水文站分别为干流旁多站、唐家站、拉萨站和堆龙曲上的羊八井站。3 个气象站分别为拉萨站、墨竹工卡站和当雄站。4 个水环境监测站分别为达孜、卡林(2013 年后撤销)、才纳和东嘎(支流堆龙曲上)。拉萨河流域水文站、水环境监测站和水电站位置如图 1 所示。

河流上游和中游处于受人类活动影响较少的山区河谷地区,人口稀少、几乎无工业污染;下游进入人口密集的城镇区,工业和农业面源增加。下游人类活动主要集中在直孔以下的下游地区,澎波灌区、达墨灌区、城区-曲水灌区是拉萨河流域农业活动集中分布区域,拉萨市城关区周围是流域工业和生活废污水集中排放区域。基于拉萨河流域污染源分布及未来城镇发展趋势,选择拉萨市上游达孜水环境监测断面到拉萨市下游才纳国控考核断面进行水环境容量计算,河段总长约 63 km。

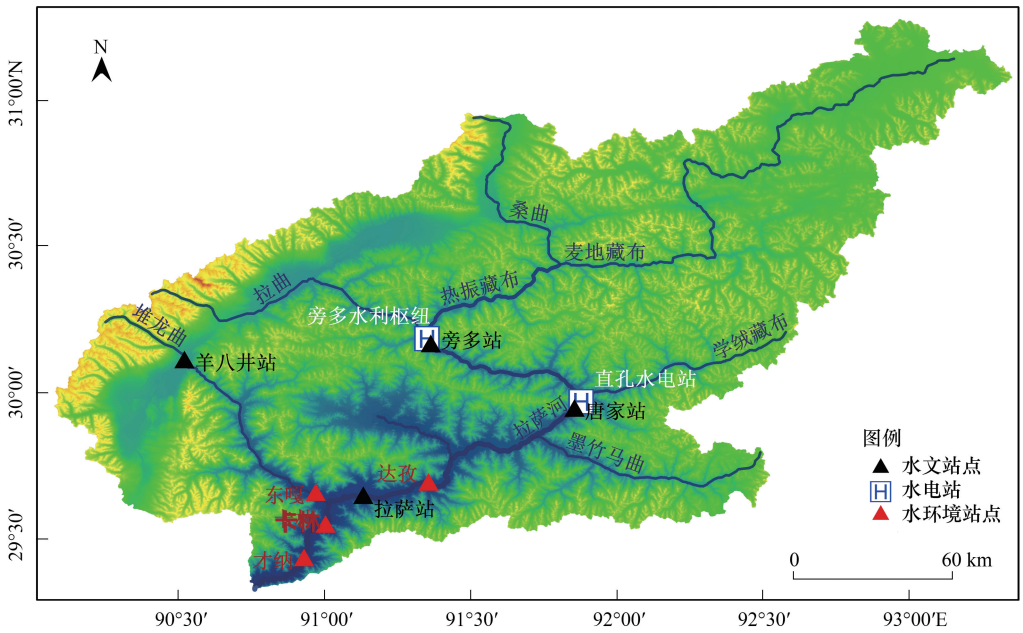

图 1　拉萨河流域水文、水环境站点和主要水利水电工程位置图

Fig.1　The hydrological, water environmental stations and main hydro projects in the Lhasa river basin

2　研究方法

首先,对计算河段进行概化。其次,利用 2017 年实测流量和水位数据构建河段水动力模型,利用拉萨水文站水位数据进行河道糙率的律定,确定评价河段水动力模型。再次,利用 2017 年 5 月 1 日—2017 年 5 月 30 日连续 30 日平均流量、平均浓度和污染物平均排放速率进行水质模型模拟。最后将设计水文条件输入律定好的模型,计算关注河段水环境容量。水动力和水质模型的率定和验证在 MIKE11 下进行。

2.1　水系概化

达孜水环境监测点以下 7 km 设置有献多水厂引水坝,将拉萨河一部分水量引入献多水库供灌溉和拉萨市南干渠、北干渠和中干渠引水;流沙河发源于拉萨市东北山地,与北干渠汇合后进入拉鲁湿地;南干渠与中干渠汇合后自拉鲁湿地南部流过,接纳拉鲁湿地排水后进入流沙河南段;流沙河与堆龙河汇合后流动约 10 km 后与拉萨河干流汇合。计算河段水系概化如图 2 所示。

2.2　城区段入河污染物调查

收集了 2017 年拉萨市城区工业废水和生活污水排污口空间分布、废污水类型及年废水排放量,以及拉萨市污水处理厂位置、年处理量、进口水质和出口水质数据等。2017 年拉萨市入河排污口共 99 个(图 3),废污水排放量共计 9.78×10^7 t/a,其中拉萨市经开区污水处理厂排放量为 6.57×10^7 t/a,占总排放量的 67%。根据

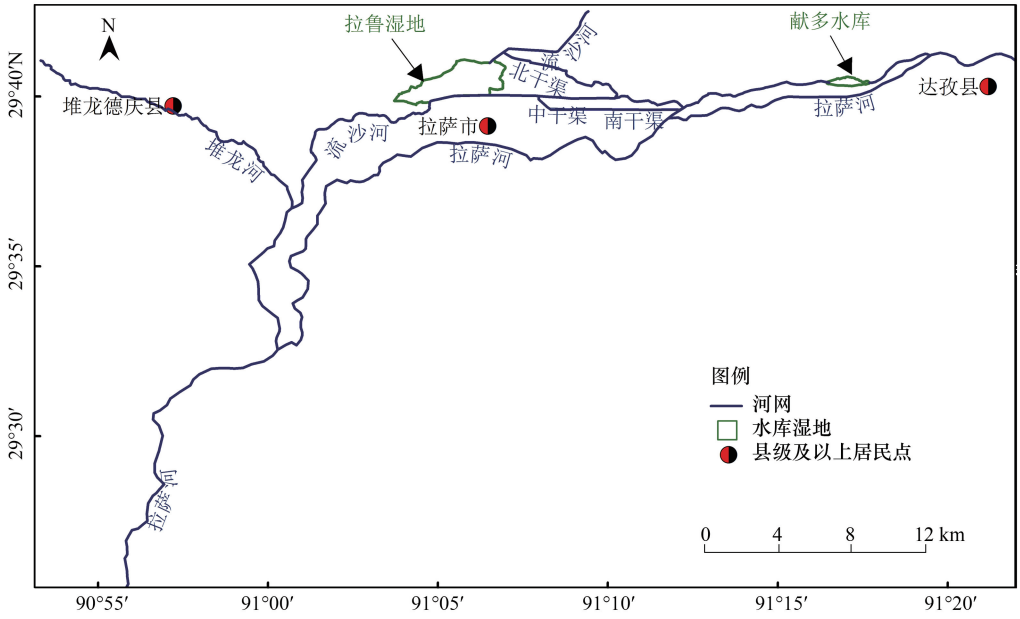

图 2 水环境容量计算河段水系概化图

Fig.2 The drainage map of studied mainstream for the calculation of water environmental capacity

废污水排放量和排污口空间位置,将 99 个入河排污口进行合并,最终形成 27 个入河排污口。

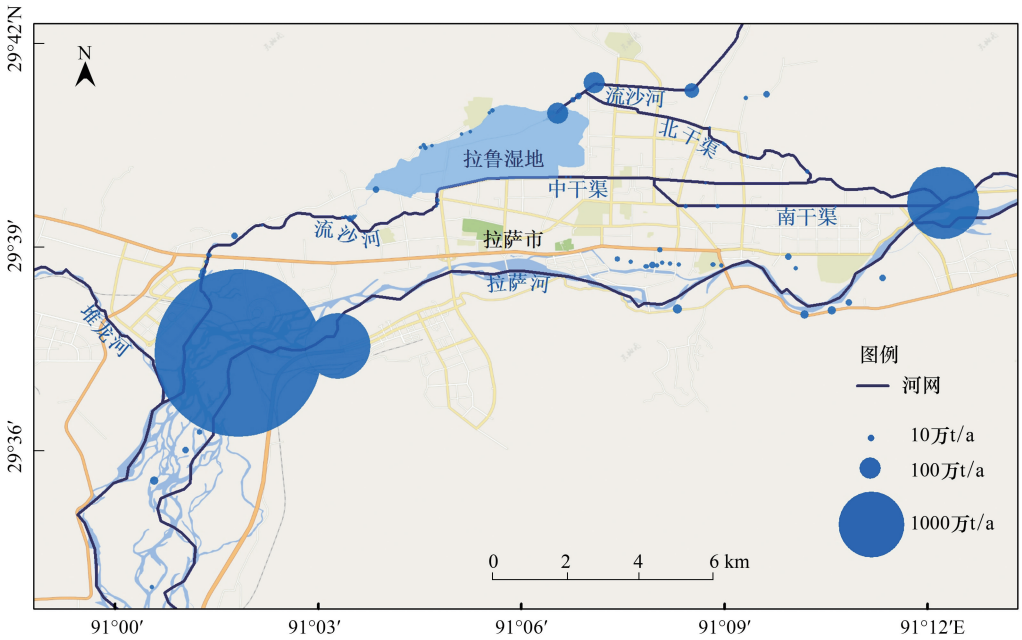

图 3 拉萨市入河排污口位置及排放量示意图

Fig.3 Sewage outlets into the river in the Lhasa City

2.3 参数校核和模型验证

2.3.1 水动力模型校核

水动力模块可用来模拟不同断面的水位、流量、流速,模型对于水位较为敏感,常常用水位数据进行模型水动力参数的率定验证。水动力模型构建和校核过程为:首先,在 2017 年 5 月 3 日到 12 日之间,于拉萨河下游达孜水环境监测站点到才纳国控考核断面之间设置断面进行河道地形测量和概化,作为断面输入数据[8];其次,将 2017 年 5 月 1 日—2017 年 5 月 30 日连续 30 日水文数据输入到模型中,构建河段水动力模型;最后,

选取拉萨站为率定验证站点,河道糙率 n 的初始取值为 0.025,在率定过程中对河道糙率进行调整,直到模拟水位能够很好的吻合实测水位值。根据律定结果,当 $n=0.033$ 时拉萨站的水位模拟值与实测值基本吻合,二者相关系数达到 0.987。

2.3.2　水质模型律定和验证

由于河流水质变化具有较大偶然性和不稳定性,因此利用 2017 年 5 月 1 日—2017 年 5 月 30 日连续 30 日实测水质平均值率定水质计算因子 COD 和 NH_4^+-N 的降解系数 k 值。依据河流污染物降解系数 k 的设计参考值,对拉萨河计算河段 COD 的降解系数取初值 $k_1=0.25$,NH_4^+-N 的降解系数取初值 $k_2=0.20$。经过模型计算可以得到降解系数率定结果:COD 和 NH_4^+-N 的降解系数分别为 0.12 和 0.10。

2.4　边界条件确定

2.4.1　设计水文条件

在《制定地方水污染物排放标准的技术原则与方法》(GB/T 3839—1983)和《水域纳污能力计算规程》(GB25173—2010)中明确规定,水环境容量计算中设计水文条件为 90%保证率最枯月平均流量或近十年最枯月平均流量,对于有水利工程控制的河流应用最小下泄流量(坝下保证流量)或河道内生态基流。根据 2005—2014 年拉萨水文站监测数据,近 10 年最枯月为二月份,其平均流量为 46.32 m^3/s,堆龙河与流沙河设计流量根据 2017 年 5 月份开展的拉萨河干支流流量测定结果按照比例推算。

2.4.2　水质目标

根据《全国重要江河湖泊水功能区划(2011—2030)》,达孜县城以下 10 km 到拉萨大桥为二类水功能区,拉萨大桥到卡林断面为三类水功能区,卡林到才纳为二类水功能区(最后考核方案为才纳断面按照 III 类考核),本文中才纳断面按照 III 类水质考核。根据实际监测情况拉萨大桥入流水质 COD 含量超出 II 类水质 COD 标准限值,因此在计算水环境容量时达孜断面采用两种情景输入:一是水质达标输入;二是根据达孜断面实际监测水质平均值输入。

2.4.3　污染物排放

根据西藏自治区环境监测中心站对拉萨市经开区污水处理厂的进水和出水水质监测,2016 年污水处理厂进水 COD 和 NH_4^+-N 浓度分别为 156.5、7.6 mg/L,出水 COD 和 NH_4^+-N 浓度分别为 15.4、1.6 mg/L。因此,污水处理厂出水水质按照 COD、NH_4^+-N 分别为 15.4 mg/L 和 1.6 mg/L 计算,而未经过污水处理厂的废污水 COD、NH_4^+-N 按照 156.5 mg/L 和 15.4 mg/L 计算。

3　结果与讨论

3.1　水环境容量计算结果

在 MIKE11 中,将上游来水水质和设计水文条件输入律定好的模型,计算才纳出口水质条件。根据拉萨市未来规划,流沙河将成为未来废污水主要纳污水体,因此,在流沙河增加点源排放,直到才纳断面出口水质达到 III 类标准限值,增加的点源排放即为该河段水环境容量。此处,上游来水水质用两种情景:一是达标水质,即 II 类水质标准限值;二是 5 月份实测水质。最终计算出的拉萨河城市段水环境容量结果如表 1 所示。

表 1　拉萨河干流城市段水环境容量

Table 1　Water environmental capacity of the Lhasa river in urban section

来水水质 Upstream water quality	水环境容量 Water environmental capacity/(t/a)	
	化学需氧量 COD Chemical oxygen demand	NH_4^+-N
II 类标准 Class II standard (15 mg/L)	3461	602
实测水质 Measured water quality (16.9 mg/L)	797	1145

3.2 拉萨河干流城市段水环境容量现状及主要影响因素

四川大学学者[4-5]曾对2005年拉萨市城区段(拉萨第一大桥到卡林断面)水环境容量进行了计算,计算结果显示COD和NH_4^+-N的水环境容量分别为5024 t/a和654.9 t/a,与本文的3461 t/a和602 t/a有较大差异,相比于2005年,拉萨河干流城市段水环境容量具有显著下降趋势。从计算结果来看,拉萨河干流下游城市段地表水体COD容量较小,NH_4^+-N尚有一定容量。

影响水环境容量的主要因素有设计水文条件和上游来水水质等。本文利用旁多、唐家、拉萨水文站2005—2014年十年水文数据作为计算依据,十年最枯月平均流量为二月份平均流量,唐家站设计水文条件为32.68 m^3/s,此时拉萨站设计水文条件为46.32 m^3/s;而柳林安等[4]利用1989—1998年拉萨河第一大桥一月份平均流量66.96 m^3/s作为设计水文条件,是本文计算中设计水文条件的145%。设计水文条件变化对水环境容量计算结果产生显著影响,而设计水文条件变化可能与两个因素有关:气候变化和人类活动干扰。上游来水水质与上游汇水区生态系统特征和人为污染源有关,本研究在计算水环境容量时,上游来水水质设计了两种情景:II类达标排放、2017年5月1日—2017年5月30日连续30日监测结果平均值。在拉萨河流域上游来水水质对才纳断面处水质具有较大影响,由于上游来水水质COD浓度高、NH_4^+-N浓度低,造成城市段COD容量受限,而NH_4^+-N容量较大。

3.3 气候变化对对设计水文条件的影响

多种证据表明,近50a来青藏高原温度呈现升高趋势[9-10]。冰川、湖泊水位[11]、生态系统初级生产力[12]、河川径流等[13]等发生一系列变化。蔺学东等[13]利用拉萨水文站(1956—1968、1973—2003)和唐家水文站(1961—2000)逐月实测径流资料以及当雄(1962—2005)、墨竹工卡(1978—2005)和拉萨气象站(1955—2005)气象逐月气温、降水资料分析了拉萨河1956—2003年拉萨河水文站以上径流量变化及与气候因子的关系。结果表明:1956—2003年均径流呈现增加趋势,夏半年径流量增加趋势受降水增加影响较大,冬半年径流变化主要与气温有较显著相关性,这可能与全球气温变暖导致冰川融水增加有关。

根据1955—2015年拉萨河流域内气象站数据(图4),2004年以前,拉萨河流域整体降雨量具有上升的趋势,2004年以后开始略有下降的趋势;温度一直呈现缓慢上升的趋势,年均增温0.047℃。如图4所示,降雨量减少将直接影响河流径流量,而温度的上升对河川径流量的影响分两方面:一方面,温度增加可加快冰川和冻土消融速度,增加径流补给[14],此效应在冬季尤为明显[15],但随着冰川不断消融,增加效应会逐渐变弱;另一方面,温度增加会提高植物蒸腾和地面蒸散,降低产流量。根据拉萨水文站1956—2003、2005—2015年的年径流数据显示,与降水量趋势一致,2005—2015年拉萨水文站年径流量降低趋势明显,造成水环境容量计算中设计水文流量较低。

3.4 干流水利水电工程建设对设计水文条件的影响

除气候变化外,水利水电工程建设也是影响干流水文的一个重要原因。目前,拉萨河干流水文状态有较大影响的工程主要为水电站和灌区引水工程。拉萨河干流分布有5个水利水电工程,自上而下分别为旁多水利枢纽、直孔电站、平措电站、纳金电站和献多电站。纳金、献多和平措电站均为引水式电站,建设时间较早,水头和装机小,具有日调节或无调节能力,对水文过程影响有限。直孔电站和旁多水利枢纽分别具有季调节和不完全年调节能力,可对河流水文过程产生一定影响。两座电站建设时间长,从开工到竣工投产分别历时6年和4年。直孔电站和旁多水利枢纽对各水文站点流量影响的时段特征如表2所示。

2006年9月份以前,旁多、唐家和拉萨水文站流量数据基本能反映天然状态下3个站点的径流变化。2006年9月份以后拉萨水文站陆续受到直孔电站、旁多水利枢纽的影响,水库蓄水和运行势必对水文站流量产生影响。根据中华人民共和国环境保护部《关于西藏自治区旁多水利枢纽工程环境影响报告书的批复》(环审[2008])608号),旁多坝址处常年下泄流量不低于23.00 m^3/s,直孔水电站为季调节水库,环评中未给出生态流量。根据旁多水文站和拉萨水文站多年水文数据2005—2014年径流关系,如旁多水利枢纽二月份下泄流量为23.00 m^3/s,在不考虑直孔水电站的调节能力情况下,拉萨水文站的径流约为32.56 m^3/s,小于本

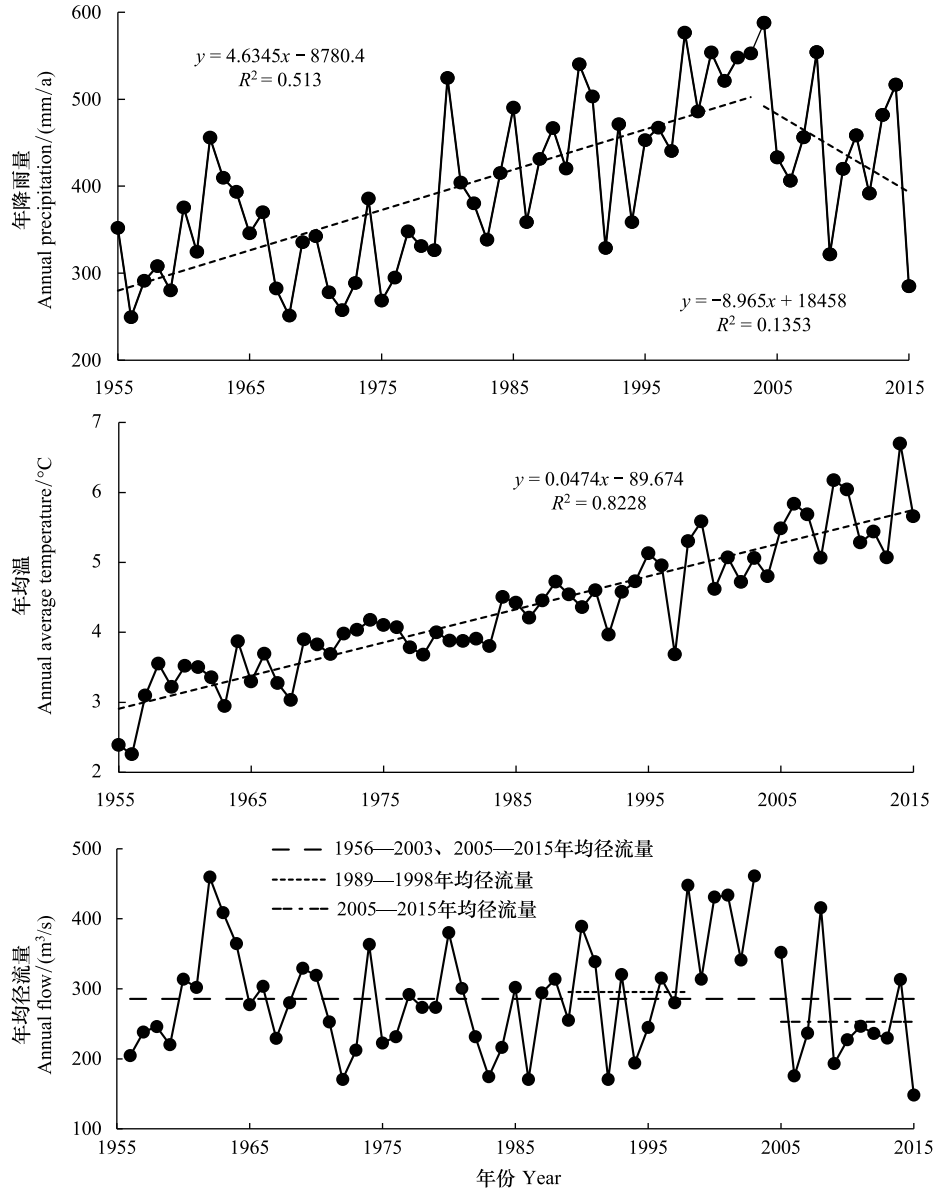

图 4　拉萨市及周边气象站年均降雨量、年均温度及拉萨水文站年均径流量变化趋势

Fig.4　The trend of annual precipitation and temperature of weather stations in and around Lhasa basin and runoff of Lhasa hydrological station

文水环境计算中的设计水文条件 46.32 m^3/s。因此,水电站调节可能成为拉萨市城区段水环境容量变化的重要影响因素。

直孔、旁多、平措、纳金和献多均具有引水灌溉功能,也会对下游水文条件产生影响。旁多水利枢纽配套建设了灌溉引水输水洞,设计引水流量 10 m^3/s,多年平均引水量 2×10^8 m^3,直孔水电站库周 5033 hm^2耕地可从库内提水得到灌溉。若电站在枯水期引水,可能会对下游水文条件产生影响,进而影响水环境容量。

3.5　上游水质变化对水环境容量的影响

根据拉萨河干流水环境功能区划,拉萨河大桥以上为 II 类水环境功能区,从拉萨河大桥到才纳断面为 III 类水功能区。2017 年 5 月 1 日—2017 年 5 月 30 日连续 30 日的水质监测结果显示:上游唐家水文站处,30 日 COD 和 NH_4^+-N 平均浓度为 17.6、0.16 mg/L;拉萨水文站 30 日 COD、NH_4^+-N 平均浓度分别为 16.9 mg/L 和 0.12 mg/L,其中 COD 超过 II 类水质标准浓度限值 15 mg/L;河水经由拉萨市,到才纳断面 COD 和 NH_4^+-N 浓度

达到 15.4 mg/L 和 0.12 mg/L。结合流域上游监测数据推断,上游水体是拉萨河下游水体中 COD 和 NH_4^+-N 的最主要来源。

表 2 干流水电站对各水文站点流量影响时段特征

Table 2 The influence of main stream hydropower stations on the flow of hydrological stations

关键节点 Critical time node	时间分段 Period of time	旁多水文站 Pangduo hydrological station	唐家水文站 Tangjia hydrological station	拉萨水文站 Lhasa hhydrological station
直孔蓄水之前 Before the impounding of zhikong hydropower station	2006 年 9 月以前	天然	天然	天然
直孔蓄水—直孔竣工之前 Impounding-completion of zhikong hydropower station	2006 年 10 月—2007 年 9 月	天然	直孔非正常运营期	直孔非正常运营期
直孔竣工—旁多蓄水之前 Completion of zhikong hydropower station-before the impounding of pangduo hydraulic project	2007 年 10 月—2013 年 9 月	天然	直孔正常运营	直孔正常运营
旁多蓄水—旁多竣工 Impounding-completion of pangduo hydraulic project	2013 年 10 月—2015 年 6 月	旁多非正常运营	直孔正常运营+旁多非正常运营	直孔正常运营+旁多非正常运营
旁多竣工以后 After completion of pangduo hydraulic project	2015 年 6 月以后	旁多正常运营	直孔正常运营+旁多正常运营	直孔正常运营+旁多正常运营

上游水体中 COD 浓度较高,可能与拉萨河生态环境及气候特点有关。拉萨河流域地处青藏高原,流域内草甸、高寒湿地等生态系统分布广泛,在流域生态稳定性维持中发挥着重要作用[9,16]。草甸、湿地生态系统中凋落物分解速度慢,腐殖质堆积,土壤有机质和养分含量较高。虽然气候变化对于掉落物分解的影响具有多元性,但气温升高会加速掉落物分解过程已达成共识[17-18],而掉落物分解可通过改变土壤微生物种群和群落特征加快微生物养分的固定和矿化[19]。气候变化背景下,流域气候呈现暖干化趋势,这将促进土壤中有机质的分解和矿化,使土壤中碳以二氧化碳和甲烷的形式释放到空气中,而其中的氮、磷和可溶性有机物将随水流进入水体,从而造成水环境变化。然而,目前高寒湿地方面研究多集中在土壤碳库[20-21]、景观格局[22]、生物多样性[23]、生态系统服务功能变化[24]研究,关于气候变化背景下草甸、湿地水环境效应方便研究欠缺。已有研究尚不足以定量分析湿地对流域水环境效应。但从已有少数研究和监测结果推断,气候暖干化情境下,湿地易分解有机质的降解使土壤中养分释放,随水流进入水体,进而对水环境产生影响。根据 2010 年 7 月份拉萨河下游江夏湿地、雅让湿地、察巴朗湿地和塘嘎郭湿地水质的监测结果[25]:四个湿地水体中总氮含量 3.2—5.6 mg/L,远超 III 类水体总氮含量浓度限值 1.0 mg/L。当降雨经由湿地进入水体时,湿地中可溶性有机物和养分便随之进入水体中。

3.6 拉萨河流域污染物排放和处理状况

拉萨市已建和在建的市政污水处理设施主要包括拉萨市经济开发区污水处理厂一期、拉萨市经济开发区污水处理厂二期、拉萨市百淀片区污水处理厂、柳梧新区污水处理厂、达孜县污水处理厂 5 个项目。目前,已建成拉萨市经济开发区污水处理厂一期工程 5×10^4 t/d、拉萨市经济开发区污水处理厂二期工程 13×10^4 t/d,柳梧新区污水处理厂(0.5×10^4 t/d)已开工尚未正常运行。据西藏圣海勘测设计有限公司的调查,拉萨市入河排污口每年废污水排放总量为 9.78×10^7 t/a,每日废污水排放量约为 2.68×10^5t/d,目前拉萨市废污水处理率约为 67.2%,污水处理厂处理能力严重不足。即使拉萨市的市政管网收集废污水量可满足污水处理厂满负荷运行要求,且拉萨市污水处理厂一期、二期和柳梧污水处理厂均正常满负荷运行,拉萨市区工业废水和生活污水处理率也仅可达到 69.0%,废污水处理能力仍待加强。

未来,随着经济进一步发展和居民生活水平的提高,拉萨市区废污水排放量将持续增加。而已建和在建污水处理厂以及配套管网,不能满足未来污水处理要求,应对现有污水处理厂进行扩容或新建污水处理厂,完善污水管网等配套设施,鼓励企业污水回用,做到雨污分流。除关注拉萨市区废污水排放情况还需关注县城和乡镇废污水排放,目前整个流域除拉萨市城区、堆龙德庆县、达孜县修建或规划了污水处理设施,其余各县尚未建设污水处理设施,未来应在这些区域加强废污水排放管理和处理工作。

4　结论

拉萨河干流城市段 COD 和 NH_4^+-N 的水环境容量分为 3461 t/a 和 602 t/a。对拉萨河干流城市段水环境容量影响较大的因素主要有:气候暖干化、水电站运行调度和引水灌溉带来的水文变化;流域内草甸、湿地生态系统有机质和养分在气候暖干化背景下加速矿化,引起上游水体中 COD 浓度较高。在河流水环境容量管理方面,未来需要加强的方面有:首先,对两个水电站的下泄流量进行监控,保障下游生态流量,改善下游污染物稀释水文条件;其次,加强流域草甸、农田面源监测,分析天然和人为面源对河流水质的影响,并制定水环境保护测量;最后,完善拉萨市城区和各县污水处理厂和配套设施建设。

参考文献(References):

[1] 单保庆, 王超, 李叙勇, 李文赞, 张洪. 基于水质目标管理的河流治理方案制定方法及其案例研究. 环境科学学报, 2015, 35(8): 2314-2323.

[2] 彭文启. 水功能区限制纳污红线指标体系. 中国水利, 2012, (7): 19-22.

[3] 董飞, 刘晓波, 彭文启, 吴文强. 地表水水环境容量计算方法回顾与展望. 水科学进展, 2014, 25(3): 451-463.

[4] 柳林安, 黄川友, 张陵蕾, 孟玉川. 拉萨河流经拉萨市城区段水环境容量计算. 四川水利, 2007, 28(3): 30-31.

[5] 袁利敏. 拉萨市区地表水环境容量计算与分析[D]. 成都: 四川大学, 2004.

[6] 张永良, 洪继华, 夏青, 刘培哲. 我国水环境容量研究与展望. 环境科学研究, 1988, 1(1): 73-81.

[7] 周孝德, 郭瑾珑, 程文, 宋策, 曹刚. 水环境容量计算方法研究. 西安理工大学学报, 1999, 15(3): 1-6.

[8] 卢敏, 靳甜甜, 尹婧, 苏辉东. 少资料河流一维水动力水质模型概化断面参数获取方法. 科技导报, 2017, 35(16): 74-83.

[9] 张天华, 陈利顶, 普布丹巴, 黄琼中, 徐建英. 西藏拉萨拉鲁湿地生态系统服务功能价值估算. 生态学报, 2005, 25(12): 3176-3180.

[10] 杨元合, 朴世龙. 青藏高原草地植被覆盖变化及其与气候因子的关系. 植物生态学报, 2006, 30(1): 1-8.

[11] Li Z G. Glacier and lake changes across the Tibetan Plateau during the past 50 years of climate change. Journal of Resources and Ecology, 2014, 5(2): 123-131.

[12] 杜军, 边多, 胡军, 拉巴, 周刊社. 藏北牧区地表湿润状况对气候变化的响应. 生态学报, 2009, 29(5): 2437-2444.

[13] 蔺学东, 张镱锂, 姚治君, 巩同梁, 王宏, 刘林山. 拉萨河流域近 50 年来径流变化趋势分析. 地理科学进展, 2007, 26(3): 58-67.

[14] Labat D, Goddéris Y, Probst J L, Guyot J L. Evidence for global runoff increase related to climate warming. Advances in Water Resources, 2004, 27(6): 631-642.

[15] 巩同梁, 刘昌明, 刘景时. 拉萨河冬季径流对气候变暖和冻土退化的响应. 地理学报, 2006, 61(5): 519-526.

[16] Zhang Y L, Wang C L, Bai W Q, Wang Z F, Tu Y L, Yangjaen D G. Alpine wetlands in the Lhasa River Basin, China. Journal of Geographical Sciences, 2010, 20(3): 375-388.

[17] 陈华, 田汉勤, Harmon M E. 全球变化对陆地生态系统枯落物分解的影响(英文). 生态学报, 2001, 21(9): 1549-1563.

[18] 杨万勤, 邓仁菊, 张健. 森林凋落物分解及其对全球气候变化的响应. 应用生态学报, 2007, 18(12): 2889-2895.

[19] García-Palacios, P, Maestre F T, Kattge J, Wall D H. Climate and litter quality differently modulate the effects of soil fauna on litter decomposition across biomes. Ecology Letters, 2013, 16(8): 1045-1053.

[20] 高俊琴, 欧阳华, 白军红. 若尔盖高寒湿地土壤活性有机碳垂直分布特征. 水土保持学报, 2006, 20(1): 76-79, 86-86.

[21] Clair T A, Arp P, Moore T R, Dalva M, Meng F R. Gaseous carbon dioxide and methane, as well as dissolved organic carbon losses from a small temperate wetland under a changing climate. Environmental Pollution, 2002, 116(S1): S143-S148.

[22] 王根绪, 李元寿, 王一博, 陈玲. 近 40 年来青藏高原典型高寒湿地系统的动态变化. 地理学报, 2007, 62(5): 481-491.

[23] 李自珍, 韩晓卓, 李文龙, 杜国祯. 高寒湿地植物群落的物种多样性保护及生态恢复对策. 西北植物学报, 2004, 24(3): 363-369.

[24] 庞丙亮, 崔丽娟, 马牧源, 李伟. 若尔盖高寒湿地生态系统服务价值评价. 湿地科学, 2014, 12(3): 273-278.

[25] 周晨霓, 潘刚, 任德智. 拉萨河流域高寒湿地水质影响因子分析. 农业资源与环境学报, 2014, 31(5): 411-416.