

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.03.011

云南省城镇上山的水资源支撑能力评估与保障措施探讨

丁文荣

(云南师范大学旅游与地理科学学院,云南 昆明 650500)

摘要:分析云南省水资源的总体状况及存在问题,基于 30m 分辨率的 DEM 提取坝区和集水区范围,叠加地表径流深度、地下水径流模数等数据,计算云南省 6 大地貌区内不同坝区的水资源供给量,从水资源的合理高效利用、区域间和部门间的水资源协调、水利基础设施的建设及水环境保护等方面,提出了云南省城镇上山进程中的水资源支撑保障措施。

关键词:城镇上山;水资源保障;水资源供给量;DEM;云南省

中图分类号:TV213.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2016)03-0059-05

Assessment of water resources capacity during construction of towns built into mountains of Yunnan Province and it's safeguard measures

DING Wenrong

(School of Tourism and Geographical Sciences, Yunnan Normal University, Kunming 650500, China)

Abstract: The general status of the water resources in Yunnan Province and existing problems are analyzed in this paper. A DEM based on a 30 m resolution was use to extract the dam area and the watershed boundary, and superposition of the depth of surface runoff and groundwater runoff modulus data was conducted, in order to calculate the water resources supply in six different geomorphological areas in Yunnan Province. Safeguard measures for water resources capacity during the construction of towns that are built into the mountains of Yunnan Province are put forward, with consideration of rational and effective utilization of water resources, inter-regional and inter-departmental coordination, water infrastructure construction, and environmental protection.

Key words: towns built into mountains; water resources guarantee; water resources supply; DEM; Yunnan Province

山地和高原占云南省总面积的 94%,而坝区仅占 6%。一方面,随着云南省社会经济的不断发展,城乡建设用地持续增加,坝区耕地资源不断减少,土地开发与保护的矛盾日益凸显^[1-2]。据统计,面积在 10 km² 以上的坝子,目前已被建设用地占了近 30%,若不及时进行保护,坝区优质耕地将进一步被消耗。另一方面,这些坝子周边荒山荒坡很多,利用潜力很大,且多为缓坡,生态环境、地质条件、景观效果都较为优越,开发利用情景广阔,可为城镇上山提供空间。

水是生命之源、生态之基、生产之要,是社会发展 and 人民生活不可缺少的资源。云南省水资源总量

丰富,但资源型、工程型、水质型缺水现象在不同的地区将长期存在^[3],与社会经济发展布局不相适应。城镇上山作为云南省未来发展的方向,对水资源的需求量将在较长一段时期内持续增长,因此,不同区域水资源的支撑能力评估成为城镇上山的基础工作。

1 云南省水资源总体状况及存在问题

云南省江河纵横,水系庞杂,全省有大小河流 600 余条,其中较大的有 180 多条,分属 6 大水系:怒江-萨尔温江水系、澜沧江-湄公河水系、元江-红河水系、独龙江-伊洛瓦底江水系、金沙江-长江水

基金项目:云南省社会发展科技计划(2012CA024);国家自然科学基金(41101099,41261044)

作者简介:丁文荣(1979—),男,副教授,博士,主要从事水文水资源研究。E-mail:dingwenrong@163.com

系和南盘江-珠江水系(表1),分别注入3海和3湾:东海、南海、安达曼海和北部湾、莫踏马湾、孟加拉湾,归到太平洋和印度洋中。

从总量上来看,云南省水资源丰富,仅次于西藏和四川两省,居全国第3位,占全国水资源总量的14.28%。云南省多年平均降水量4820.8亿m³,平均年自产水资源量达2222亿m³,其中地表水资源量为1482.07亿m³,占66.67%;地下水资源量为739.93亿m³,占33.33%。从西藏、四川、贵州、广西等邻省入境水量1845.8亿m³;从缅甸、老挝、越南等邻国入境水量97.2亿m³,水资源总量达4165亿m³。此外,云南省还有高原湖泊30多个,总面积1066km²,总蓄水量300亿m³,水资源开发前景广阔。

表1 云南省6大水系水资源基本状况

水系名称	集水面积/ 万 km ²	水资源总量/ 亿 m ³	平均径 流深/mm	变差 系数
金沙江-长江	10.95	423	387	0.20
南盘江-珠江	5.86	234	397	0.23
元江-红河	7.42	455	612	0.17
澜沧江-湄公河	8.85	517	583	0.15
怒江-萨尔温江	3.34	324	967	0.12
独龙江-伊洛瓦底江	1.89	269	1416	0.13

从水资源的年内分配上来看,由于控制云南上空的冬半年、夏半年气团性质截然不同,因此云南降水的年际变化小,而年内变化大,具有明显的干季、雨季之分^[4]。雨季(5—10月)降水量约占到全年水量的73%~85%,干季(11—次年4月)降水量约仅占全年水量的15%~27%。农业生产用水量最大的4月、5月两个月,用水量仅占全年水量的2%~3%,是干旱的高发月份。从水资源的空间分布来看,由于云南境内地势自南向北逐渐升高,使得降水量空间分布也从南到北逐渐减少。云南省水资源空间分布的总体趋势是:南多北少,西多东少,深谷多平坝少,水平分布复杂,垂直分带明显。

云南省水资源使用过程中也存在诸多问题,如使用不合理、利用效率低、浪费严重、水质污染日趋加重、洪旱灾害频繁发生而防灾能力弱、严重的水土流失态势、城镇化进程和管理滞后等^[5-8],这些问题加剧了水资源的供需矛盾。

2 数据来源及水资源支撑能力的评估与计算

为计算云南省城镇上山的水资源支撑能力,首先从国家地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>)下载30m分辨率的DEM,经过校准、拼接、裁剪后获得云南省30m分辨率的DEM,然后基于ArcInfo 10.2平台提取坡度为20°以下的区域,获得

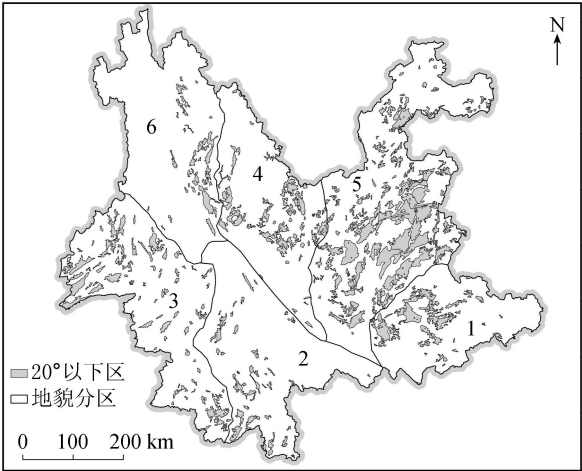
云南省坝区数据,再根据坝区周围的山脊线,计算出每个坝区的集水面积。

从《云南统计年鉴》《云南省水资源公报》和《云南省省志(地理志)》中收集云南省不同区域地表径流深度、地下水径流模数等数据,叠加每个坝区的集水区范围,扣除重复计算部分(按10%计算)后,计算出云南省10km²以上坝区的水资源供给总量。

3 云南省城镇上山的水资源支撑能力及区域差异分析

3.1 云南省地貌分区及水资源开发利用程度

云南省地形复杂,元江河谷和大理剑川宽谷一线将云南省分为两大地貌单元。元江河谷和大理剑川宽谷一线以西是横断山区,以高山深谷为典型特征,以东部分是云南高原,喀斯特地貌广泛发育^[9]。两大地貌类型面积分别占云南省总面积的50.20%和49.80%。两大地貌类型内又可以划分出若干次一级的地貌单元,包括滇东南峰丛峰林区、滇南红层区、滇西南宽谷区、滇中红层山原区、原上湖盆溶丘区和三江并流高山峡谷区(图1)。



1—滇东南峰丛峰林区;2—滇南红层区;3—滇西南宽谷区;
4—滇中红层山原区;5—原上湖盆溶丘区;
6—三江并流高山峡谷区

图1 云南省地貌单元与坝子分布

云南全省经济社会发展不平衡,全省水资源分布不均匀,导致全省水资源开发利用率差距明显。从地区分布来看,原上湖盆溶丘区的昆明、玉溪、楚雄水资源开发利用率较高,昆明市达66.7%,超过了国际公认的合理开发利用上限;玉溪、楚雄达30%,超过了云南省的开发利用水平;曲靖开发利用率超过20%。滇中红层山原区的大理水资源开发利用率也超过了25%。而其他地貌区水资源开发利用程度相对较低,均不超过20%,开发潜力较大。

3.2 不同地貌分区水资源总量

云南省 10 km² 以上坝区的坝区面积、集水区面积和水资源供给状况统计结果见表 2。从表 2 可以看出, 坝区面积最多的是原上湖盆溶丘区, 达 19901. 77 km², 水资源总量达 121. 73 亿 m³。其次是滇西南宽谷区, 坝区面积为 6 831. 66 km², 水资源总量为 106. 56 亿 m³。从表 2 也可以看出, 尽管三江并流高山峡谷区的坝区面积只有 2589. 76 km², 但其水资源量仍有 25. 90 亿 m³, 超过滇西南宽谷区的水资源拥有量。

表 2 云南省 10 km² 以上坝区水资源状况

地貌分区	坝区 面积/ km ²	集水区 面积/ km ²	地表 水资源/ 亿 m ³	地下 水资源/ 亿 m ³	水资源 合计/ 亿 m ³
滇东南峰丛 峰林区	4 671. 46	7 906. 56	28. 15	9. 49	33. 88
滇南红层区	2 811. 19	6 313. 99	33. 13	7. 58	36. 64
滇西南宽谷区	6 831. 66	12 231. 98	103. 72	14. 68	106. 56
滇中红层山原区	5 136. 19	10 554. 74	21. 15	12. 67	30. 44
原上湖盆溶丘区	19 901. 77	31 761. 20	97. 15	38. 11	121. 73
三江并流高山 峡谷区	2 589. 76	5 001. 64	22. 78	6. 00	25. 90

从单位坝区面积的水资源拥有量来看, 滇西南宽谷区最为丰富, 达 155. 98 万 m³/km², 滇南红层区达 130. 30 万 m³/km², 而滇东南峰丛峰林区、原上湖盆溶丘区和滇中红层山原区相对较少, 尤其是滇中红层山原区, 单位坝区面积的水资源拥有量仅有 59. 25 万 m³/km², 为 6 大地貌区中单位面积水资源拥有量最少的分区。

3.3 不同地貌分区水资源的供给状况

3.3.1 滇东南峰丛峰林区

滇东南峰丛峰林区超过 10 km² 的坝子有 45 个, 总面积约 4 671. 46 km²。在本区域中, 东南季风的迎风坡上降水量总体丰富, 年均可达 1 200 mm 以上, 在红河河口一带年降水量甚至高达 1 500 mm。但由于本区是云南省最为典型的喀斯特地区, “地表水贵如油, 地下水滚滚流” 是本区的真实写照。尤其是文山州的一些山间盆地, 土壤以松散岩类为主, 有利于降水入渗, 入渗系数可达 0. 22, 地下径流模数达 18 万 m³/km²。

本区水资源约 33. 88 亿 m³, 可用水资源约 8. 47 亿 m³。从水资源供需来看, 对于区内 45 个坝子而言, 本区水资源可以满足需求。但在文山州的八宝坝、八达坝、红猪寨坝一带, 由于地表水不足而地下水丰富, 以至于出现水资源可利用量无法满足需求的状况。如果能够提高水资源开发利用效率, 并采取一些高效的节水措施, 本区水资源供应前景乐观。

3.3.2 滇南红层区

滇南红层区超过 10 km² 的坝子有 45 个, 由于

该区地处横断山区的南延部分, 为无量山、哀牢山余脉之尾稍, 因此坝区的面积相对较小, 总面积约 2 811. 19 km²。坝区大部分区域海拔在 1 500 m 以下, 属副热带高气压带和东北信风控制地区, 终年温暖, 夏长无冬, 尤其是海拔 800 m 以下地区秋春相连且为期较短, 有得天独厚的水热条件。本坝区的水资源供给主要以地表水为主, 山间盆地也有松散的沉积岩分布, 由于年降水量多数在 1 500 mm 以上, 故地下水也较为丰富, 入渗系数在 0. 15 ~ 0. 22 之间, 地下水径流模数可高达 20 万 ~ 40 万 m³/km²。

本区水资源总量约 36. 64 亿 m³, 可用水资源约 5. 68 亿 m³。区内主要处于澜沧江下游坝区, 降水量丰富, 水资源也相对充裕。少数坝区, 如景洪, 作为当地的行政中心, 人口聚集, 水资源的需求量相对较大。从远景来看, 这些坝区需要提高水资源利用程度, 以保障社会经济的可持续发展与生态环境的改善。

3.3.3 滇西南宽谷区

滇西南宽谷区超过 10 km² 的坝子 88 个, 总面积达 6 831. 66 km², 属于横断山区的南延部分, 河流分属澜沧江、怒江两大水系, 属亚热带低纬度山地季风气候。由于地处西南暖湿气流的迎风坡上, 本区降水丰富, 西盟一带年降水量更是高达 2 500 mm 以上, 为云南省降水最多的地方。受此影响, 本区坝子的地下水资源也较为充裕, 地下水径流模数可高达 40 万 ~ 55 万 m³/km², 是云南省单位面积出水量最高的区域。本区水资源总量为 106. 56 亿 m³, 可用水资源约 11. 19 亿 m³。区内坝子数目相对较多且分散。从计算结果来看, 88 个坝子中, 17 个坝子的水资源需求超过了可利用部分。提高水资源开发利用程度, 高效合理用水是这些坝子的发展要求。

3.3.4 滇中红层山原区

滇中红层山原区超过 10 km² 的坝子 55 个, 面积约为 5 136. 19 km²。本区地处扬子板块西南缘, 紧邻哀牢山造山带, 地形切割普遍较深, 构造发育, 岩性组合复杂, 冬春季节久旱少雨, 基本上处于东南季风和西南季风的交互影响区, 但同时又属于两大季风的雨影区, 降水普遍偏少, 年降水量绝大多数地区在 1 000 mm 以下, 是全国闻名的老旱区之一。尤其是本区的北部金沙江河谷一带, 如元谋等地, 多年平均降水量仅有 650 mm, 地表水资源相对匮乏。本区水资源总量为 30. 44 亿 m³, 可用水资源约 3. 04 亿 m³。本区为有名的干旱区域, 降水少而蒸发强烈, 计算时段中, 本区 23 个坝子的水资源供给无法满足水资源需求。因此, 城镇上山进程中, 水资源的供给保障成为重要的制约因素。

3.3.5 原上湖盆溶丘区

原上湖盆溶丘区超过 10 km² 的坝子 159 个,面积达 19 901. 77 km²,是云南省坝子最多和最集中的区域。地处金沙江、珠江、红河 3 大水系分水岭地带,区内河流侵蚀程度轻,高原面保存较好,形态完整,顶部平缓,呈较大块状分布,是城镇上山最迫切的区域之一。但是,由于该区域地处 3 大流域的分水岭和东南季风、西南季风的雨影区,水资源缺乏一直是影响区域发展的限制性因子。为了对云南省最发达的滇中城市群供水,自 20 世纪开始便实施润滇工程和滇中调水工程,但到目前水资源仍不能满足经济发展的需求。

本区水资源总量为 121. 73 亿 m³,可用水资源约 24. 35 亿 m³,为云南省各坝区中总量最多的区域。但本区处于 3 大水系的分水岭地带,加之城市众多,人口集中,是云南省水资源供需矛盾最为突出的区域,尤其像昆明、通海、会泽、东川等坝区,水资源的供需成为当地社会经济持续发展的一大瓶颈。计算结果表明,在上述 159 个坝区中,有近 30 个坝区存在水资源供需矛盾,需要缓解。此外,本区为滇中产业聚集区(新区)的主要目标区域,协调好产业建设与水资源的供给保障显得尤为紧迫。

3.3.6 三江并流高山峡谷区

三江并流高山峡谷区超过 10 km² 的坝子 36 个,面积为 2 589. 76 km²,属于青藏高原南延部分的横断山脉纵谷地区。相对于其他地貌区而言,坝子数量相对较少。由于地处高山峡谷区,坝子的面积也相对较小。该区有怒江、澜沧江和金沙江自北而南流过,地表水资源相对丰富,但主要处于深山峡谷区,水资源使用不便。坝区有松散的沉积岩分布的地方,地下水量也较为可观。

本区水资源总量为 25. 90 亿 m³,可用水资源约 2. 59 亿 m³。相对而言,区内城镇与人口相对较少,多数州市也重点发展旅游业。从计算结果来看,除了丽江、大理等坝区外,其他坝区水资源可支撑当地城镇上山的要求。

4 解决云南省城镇上山区水资源支撑问题的措施

4.1 合理、高效利用水资源

随着城镇上山的推进,城镇上山区水资源的需求与供给之间的矛盾会越来越凸显。合理用水、高效率用水、不浪费水资源成为城镇上山区的必由之路。节约用水的根本目的是提高用水水平,减少新水源的取用和不必要的浪费,减少污水排放,减轻供水及污水处理基础设施的负担,切实保护城镇上山

区的水资源和环境,为城镇上山区的硬件载体留下可持续发展的空间。

4.2 做好不同区域和部门间的水资源协调

就一定区域而言,水资源是有限的,区域需水量常大于供水量。因此,区域内各用水部门、各目标用水必须相互协调,以更好地利用和保护水资源。从区域间用水协调来看,对于云南省城镇上山区而言,有近 80% 的可供上山区都是在一个市(州)内,可以降低行政协调成本。从部门间用水协调来看,农业在云南省整个国民经济中具有非常重要的地位,同时也是用水大户。城镇上山进程中必然会挤占农业用水,因此协调好农业、城镇上山区生产生活用水及生态用水就显得尤为重要。

4.3 加强水利基础设施建设

长期以来,云南省坚持把水利工作摆在重要位置,推进实施“兴水强滇”战略,实行水利大投入和大发展。虽然水利基础设施建设和改革管理取得了明显成效,但工程型缺水严重、水利设施薄弱,始终是制约经济社会发展的突出矛盾,水旱灾害频繁发生仍然是云南的心腹大患,缺水已成为制约经济社会协调发展的一大“瓶颈”^[10]。对于城镇上山区而言,尽管估算出的集水区面积内水资源总量较大,但需要加大水利基础设施的投入,解决因工程措施而导致的缺水问题。

4.4 加强水环境保护

云南省城镇上山区往往既是生态屏障区,也是生态脆弱区。在城镇上山进程中,生活废水、生产废水的排放,会引起新的水质恶化和污染;植被破坏和工程建设也会加剧水土流失。因此,城镇上山进程中,不仅要考虑水资源的支撑与保障,更要考虑水环境的保护问题,以保证城镇上山区的可持续发展。

5 结 语

随着国民经济迅速增长,城乡之间的壁垒逐渐松动并打破,城镇化成了云南省进一步发展的必然趋势。但云南省高原和山地面积比例很高,坝区面积仅占 6%,城镇化进程中必然会占用坝区耕地,城镇上山成为解决云南省城镇化和耕地保护的必然选择。资源基础和保障的评估是城镇上山进程中的要解决的基础问题,尤其水资源支撑能力的评估与保障,关系到云南省城镇上山的可持续性和生态环境。云南省城镇上山进程中,要合理高效利用水资源,解决好不同区域间和部门间的水资源协调关系,加快水利基础设施的建设,加强水环境保护。

参考文献:

[1] 刘斌涛,陶和平,孔博,等. 云南省水资源时空分布格局

- 及综合评价[J]. 自然资源学报,2014,29(3): 454-465. (LIU Bintaο, TAO Heping, KONG Bo, et al. Research on the water resource security and its temporal-spatial distributions of Yunnan Province, China [J]. Journal of Natural Resources,2014,29(3): 454-465. (in Chinese))
- [2] 顾世祥,谢波,周云,等. 云南水资源保护与开发研究[J]. 水资源保护,2007,23(1):91-94. (GU Shixiang, XIE Bo,ZHOU Yun,et al. Water resources protection and utilization in Yunnan Province [J]. Water Resources Protection,2007,23(1):91-94. (in Chinese))
- [3] 余兴奎,何士华,高飞. 云南省水资源利用效率评价[J]. 中国农村水利水电,2012(3): 87-91. (YU Xingkui, HE Shihua, GAO Fei. Evaluating on the efficiency of utilization of water resources in Yunnan Province[J]. China Rural Water and Hydropower,2012(3):87-91. (in Chinese))
- [4] 解明恩,程建刚. 云南气象灾害特征及成因分析[J]. 地理科学,2004,24(6):721-726. (XIE Mingen, CHENG Jiangang. Characteristics and formation mechanism of weather disasters in Yunnan Province [J]. Scientia Geographica Sinica, 2004, 24 (6): 721-726. (in Chinese))
- [5] 尤卫红,何大明,段长春. 云南纵向岭谷地区气候变化对河流径流量的影响[J]. 地理学报,2005,60(1): 95-105. (YOU Weihong, HE Daming, DUAN Changchun. Climate change of the longitudinal range-gorge in Yunnan and its influence on the river flows[J]. Acta Geographica Sinica,2005,60(1): 95-105. (in Chinese))
- [6] 张先起,刘慧卿. 云南省水资源基本状况及供需水预测研究[J]. 人民长江,2008,39(12): 12-14. (ZHANG Xianqi, LIU Huiqing. Study on prediction of water resources and the basic situation of supply and demand of water resources in Yunnan Province[J]. Yangtze River, 2008,39(12):12-14. (in Chinese))
- [7] 张学波,舒小林,詹建立. 云南省水资源现状及可持续利用问题探析[J]. 云南地理环境研究,2006,18(2): 53-57. (ZHANG Xuebo, SHU Xiaolin, ZHAN Jianli. The analysis on situation and sustainable use problems of Yunnan Province water resources[J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2006, 18 (2): 53-57. (in Chinese))
- [8] 童彦,朱海燕,施玉. 云南省水资源利用的时空变化特征与区域差异分析[J]. 国土与自然资源研究,2014(5):12-16. (TONG Yan,ZHU Haiyan,SHI Yu. Analysis on the characteristic of water resources utilization and regional differences in Yunnan Province [J]. Territory & Natural Resources Study, 2014 (5): 12-16. (in Chinese))
- [9] 云南省地方志编撰委员会. 云南省省志(地理志)[M]. 昆明:云南人民出版社,1998.
- [10] 朱武,俞婷. 云南省水资源保护存在的问题及对策[J]. 水利发展研究,2014(3):32-36. (ZHU Wu, YU Ting. Problems and countermeasures of the protection of water resources in Yunnan Province [J]. Water Resources Development Research,2014(3):32-36. (in Chinese))

(收稿日期:2015-04-30 编辑:彭桃英)

(上接第53页)

- [2] 吴泽宁,索丽生. 水资源优化配置研究进展[J]. 灌溉排水学报,2004,23(2):1-5. (WU Zening, SUO Lisheng. Advance about study of water resources optimal distribution [J]. Journal of Irrigation and Drainage,2004,23(2):1-5. (in Chinese))
- [3] CHEN Xiaohong, CHEN Yongqin, LAI Guoyou, et al. Optimal allocation of water resources in Guangzhou City, South China [J]. Journal of Environmental Science and Health,2006,41(7): 1405-1419.
- [4] 周丽. 基于遗传算法的区域水资源优化配置研究[D]. 郑州:郑州大学. 2002.
- [5] 刘玘玘,汪妮,解建仓,等. 基于蚁群算法的水资源优化配置博弈分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2014,42(8):205-211. (LIU Honghong, WANG Ni, XIE Jiancang, et al. Game analysis on optimization allocation of water resources based on ant colony algorithm [J]. Journal of Northwest A & F University (Natural Science),2014,42(8):205-211. (in Chinese))
- [6] 张玲,徐宗学,张志果. 基于粒子群算法的水资源优化配置[J]. 水文,2009,29(3):41-45. (ZHANG Ling, XU Zongxue, ZHANG Zhiguo. Rational allocation water resources based on particle swarm optimization[J]. Journal of China Hydrology, 2009,29(3):41-45. (in Chinese))
- [7] YANG Xinshe. Nature-inspired metaheuristic algorithms [M]. Beckington: Luniver Press,2008: 83-96.
- [8] 刘长平,叶春明. 一种新颖的仿生群智能优化算法:萤火虫算法[J]. 计算机应用研究,2011,28(9):3295-3297. (LIU Changping, YE Chunming. Novel bioinspired swarm intelligence optimization algorithm: firefly algorithm [J]. Application Research of Computers, 2011, 28 (9): 3295-3297. (in Chinese))
- [9] 郁书好,杨善林,苏守宝. 一种改进的变步长萤火虫优化算法[J]. 小型微型计算机系统,2014,35(6):1396-1400. (YU Shuhao, YANG Shanlin, SU Shoubao. An improved glowworm swarm optimization algorithm with changing step [J]. Journal of Chinese Computer Systems, 2014,35(6):1396-1400. (in Chinese))

(收稿日期:2015-04-28 编辑:徐娟)