引文格式：郜士彬,陈科,沈宗觊,等. 基于水资源的国土空间规划下城镇规模预测[J]. 地理空间信息, 2024, 22(3): 59-62. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.03.014

基于水资源的国土空间规划下城镇规模预测

郜士彬[1]，陈　科[1]，沈宗觊[1]，保振永[1]，石晨辰[1]
（1. 中国电建集团昆明勘测设计研究院有限公司，云南 昆明 650000）

摘　要：以往城市规划建设用地规模多为无序扩张的粗放式发展模式，单一地考虑人口增长、经济发展等因素，未考虑水资源利用保护；国土空间规划提出了“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的原则。通过研究人口自然增长和产业带动人口增长规律，建立水资源利用、人口增长和城镇规模预测的辩证关系，计算2025年、2035年区域人口增长规模和水资源可承载人口上限，综合确定城镇规划人口；结合国家人均建设用地指标，计算规划用地总规模，确定城镇开发边界线，以水资源可承载上限和人口发展需求综合确定2025年、2035年城镇合理发展规模，达到“以水定城”的高质量发展目标。以西藏工布江达县城镇发展规模预测为例，对预测方法进行了应用。

关键词：水资源利用；人口增长；城镇建设用地；“以水定城”
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）03-0059-04

Town Scale Prediction Based on Water Resource Under Territorial Space Planning

GAO Shibin[1], CHEN Ke[1], SHEN Zongji[1], BAO Zhenyong[1], SHI Chenchen[1]
(1. Kunming Engineering Corporation limited, Kunming 650000, China)

Abstract: Previously, the scale of urban planning and construction land was mostly a rough development mode of disorderly expansion, which took population growth and economic development into account, but not water resource utilization and protection. By studying the laws of natural population growth and industry-driven population growth, we established the dialectical relationship between water resource utilization and population growth, calculated the scale of regional population growth and the upper limit of population that could be carried by water resource in 2025 and 2035, and comprehensively determined the planned urban population. Combining with the national per capita construction land index, we calculated the total scale of planning land, determined the urban development boundary line, and comprehensively determined the reasonable scale of urban development in 2025 and 2035 by the upper limit of water resource and population development demand, so as to achieve the goal of high-quality development of “city by water”. We applied this method into the urban development scale prediction of Gongbu Jiangda County in Tibet.

Key words: water resource utilization, population growth, town construction land, “city by water”

2019年党中央、国务院发布的18号文提出，坚持山水林田湖草生命共同体理念，加强生态环境分区管治，量水而行，保护生态屏障，坚持底线思维，立足资源禀赋和环境承载能力，加快构建生态功能保障基线、环境质量安全底线、自然资源利用上线[1]。在自然资源部相继出台的文件中，合理开发利用和保护水资源被提到了一个新高度。水资源作为6大类资源环境评价要素之一，不仅对农业生产、城镇建设适宜性影响较大，而且是耕地承载规模和城镇建设承载规模评价中最重要的考量因素之一[2-3]。《省级国土空间规划编制指南（试行）》要求加强水平衡研究，明确水资源开发利用上限，提出水平衡措施，强调量水而行，以水定城、以水定地、以水定人、以水定产，形成与水资源、水环境、水生态、水安全相匹配的国土空间布局[4]。《市级国土空间总体规划编制指南（试行）》（征求意见稿）也明确提出，应制定水资源供需平衡方案，明确水资源利用上限。按照“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的原则，优化生产、生活、生态用水结构和空间布局，重视雨水和再生水等非常规水资源的利用，建设节水型城市[5]。

目前城镇规模研究多集中在对建设用地规模的预测分析，主要包括两种方法：①单要素研究方法，包括人口增长、经济发展和城镇化建设等与城镇建设用地增长的关系[6-8]；②多因素综合分析方法，包括社

收稿日期：2022-02-25。
第一作者简介：郜士彬（1989—），硕士研究生，工程师，研究方向为常规测绘、三维激光扫描、航测、点云处理、三维建模、国土空间规划等，E-mail：595327824@qq.com。

会、经济、宏观政策等众多领域，构建多要素预测模型[9-11]。现有预测城镇规模的方法包括线性回归法[12]、约束性SD模型[13]、灰色系统理论[14]等，后期又引入了BP神经网络预测模型[15-17]。我国城镇建设用地规模指标是与人口增长直接挂钩的，即规划总人口乘以单位用地指标。以往城镇规模规划多考虑人口增长、经济发展等要素，忽略了区域资源禀赋条件，尤其是水资源要素。区域水资源要素直接决定了人口发展上限，也就间接决定了城镇规模的上限。城镇规划要基于区域资源禀赋条件（双评价），综合确定城镇发展规模。本文通过研究人口自然增长和产业带动人口增长规律，建立水资源利用、人口增长和城镇规模预测的辩证关系，分别计算了西藏工布江达县2025年、2035年水资源可承载上限和自然增长（含产业带动）人口数量，利用“以水定人”的方法确定城镇规划人口；并结合国家人均建设用地指导指标，测算了2025年、2035年规划建设用地规模，确定城镇开发边界线，以水资源可承载上限和人口发展需求综合确定城镇发展规模。主要技术流程见图1。

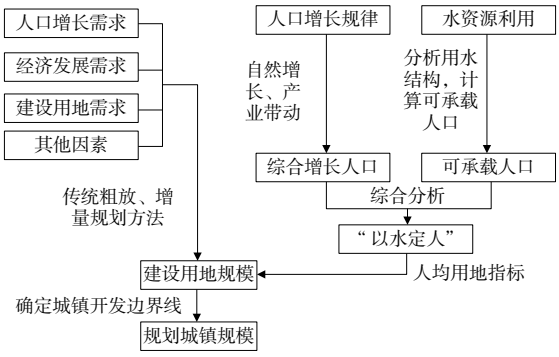


图1 主要技术流程图

1 人口增长方法

1.1 自然增长趋势下的人口规模和城镇化预测

根据国家提供的2010年、2020年人口数据，采用综合增长率法和城镇化综合增长率法对人口和城镇化率进行测算和校核。

1）综合增长率法的预测公式为：

$$P=P_0(1+a)^t$$

式中，P 为预测年总人口；a 为年均综合增长率；P_0 为基础年总人口；t 为预测年减去基础年的差值。

2）城镇化综合增长率法的预测公式为：

$$y=y_0(\frac{1+r}{1+R})^n$$

式中，y 为预测城镇化水平；y_0 为现状城镇化水平；r 为城镇人口的综合增长率；R 为县域总人口的综合增长率；n 为规划年限。

利用综合增长率法计算2010—2020年年均增长率和城镇人口年均增长率，由于各地人口统计数据混乱，建议采用全国第六、七次人口普查数据进行计算。综合考虑各地经济社会发展、三孩政策、社会环境等人口变化影响因素，可适当调整人口年均增长率和城镇人口年均增长率，利用调整后的增长率计算预测2025年、2035年末自然增长条件下区域总人口、城镇人口和农村人口；再采用城镇化综合增长率法预测2025年和2035年末县域城镇化率。

1.2 产业带动下的人口预测

根据区域产业带动人口情况，分为工业、旅游业、产业带眷人口。

1）工业带来人口预测。根据工业项目吸引就业人口的一般规律，带来的就业人口按照 m 人/hm^2 计算。通过预估未来工业发展规模来计算未来因工业就业带来的常住人口数量 $P_{工}$。

2）旅游业带来人口预测。通过分析过去该区域的旅游数据，得到线性回归模型 $Y=at+c$ 及其相关性系数 R^2，进而计算2025年、2035年该区域潜在的游客数量。随着生活水平的逐步提升，游客持续旅游的时间将逐步增加，旅游方式也由观赏旅游逐步向度假旅游转变，游客平均停留时间在增加，每位员工每天接待一定数量游客，考虑部分旅游就业人口为本地居民，避免重复统计，以旅游业带动就业人口的百分比来计算旅游业带来的外来就业人口，以此折算旅游业带动人口。根据旅游业就业人口折算公式：全年游客总量就业人口数 $P_{游}$=(全年游客总量x平均停留时间)/365/每位员工可接待游客数x转化系数。

3）带眷系数法带动人口预测。采用带眷系数法计算产业就业人口的带眷情况，进而得出产业带来的总人口 $P_{带}$。根据国内产业聚集区的一般规律：带眷人口一般占总职工数的30%~70%，同时综合考虑经济社会发展、三孩政策、社会环境等人口变化影响因素确定带眷系数 k。其计算公式为：$P_{带}$=（工业+旅游+其他产业）带来人口x带眷人口比例 $m\times k$。

1.3 人口总规模和城镇化率

结合自然增长趋势法和产业带动法，重新计算2025年、2035年末县域总人口、城镇人口和农村人口以及2025年、2035年末的县域城镇化率。

$$P_{总}=P+P_{工}+P_{游}+P_{带}$$

$$P_{城镇总}=P_{城镇}+P_{工}+P_{游}+P_{带}$$

式中，$P_{总}$为规划年综合增长总人口；$P_{城镇总}$为城镇远期综合增长人口。

2　水资源、人口增长和城镇规模的关系

2.1　水资源利用结构

水资源总量是指降水所形成的地表和地下的产水量，即地表径流量（不包括区外来水量）和降水入渗补给量之和。水资源总量并不等于地表水资源量与地下水资源量的简单相加，需扣除二者的重复量。水资源可利用量是指在可预见的时期内，在统筹考虑生活、生产和生态环境用水的基础上，通过经济合理、技术可行的措施在当地水资源中可以一次性利用的最大水量。区域用水结构分析以年为单位，包括用水总量、农业用水量、工业用水量和生活用水量等，收集过去多年数据，对比分析用水总量变化趋势、各分项用水量变化趋势，计算得到用水总量年均增长率和各分项用水量年均增长率，同时计算各分项用水量在用水总量中的占比，最终确定该区域一定时期内稳定的用水结构组成和水资源利用率。

2.2　水资源承载能力分析

参照水利部2030年红线用水量，根据红线用水量增长率分别推算2025年、2035年的用水总量，并根据多年生活用水占比计算生活用水量。根据生活用水量（城镇与农村生活用水量）确定现状用水结构，分别计算城镇和农村人均用水量；然后利用预测的远期生活用水量、现状用水结构和优化人均生活用水量计算远期水资源可承载人口。

$$R_{城}=W_{城}/P_{城}$$

$$P_{水}=W_{远期}/R_{城}$$

式中，$W_{城}$为城市现状生活用水量；$P_{城}$为现状城镇总人口；$R_{城}$为现状城镇人均生活用水量；$P_{水}$为远期水资源可承载城镇人口；$W_{远期}$为远期用水红线量。

2.3　水资源与人口增长的论证关系

“以水定人”即由水资源决定人口发展的上限。人口发展的规模受区域水资源总量的影响，合理的人口发展规模应小于水资源可承载人口上限，结合人口自然增长、产业带动和旅游等因素，综合确定区域最优人口规模；再参考国家人均建设用地指标，计算得到区域最优的城镇发展规模，达到“以水定人、以水定城”的目的。若$P_{城镇总}\geqslant P_{水}$，则远期规划城镇总人口$P_{规划城镇总}=[P_{水},P_{城镇总}]_{min}$，该区域水资源相对紧缺，规划总人口应科学合理，原则上应小于水资源可承载人口，严控用水红线，保持地区可持续发展；若$P_{城镇总}<P_{水}$，则$P_{规划城镇总}=P_{城镇总}$，该区域水资源丰富，可以很好地支撑其人口发展，从而支撑城镇合理规模建设。

2.4　水资源与城镇规模预测的论证关系

“以水定城”即由水资源禀赋决定区域发展规模的上限。水资源禀赋是一切发展的基础，城镇规模由人口增长规模决定，而人口发展规模受区域水资源总量的影响。我国实施的“南水北调”“滇中引水”等引水工程正是在解决水资源短缺制约城市发展、居民生活的问题。国土空间规划要求提前进行水资源禀赋分析评价，通过水资源总量和水资源利用结构综合计算预测远期城镇规划人口；再结合国家人均建设用地指标，通过城镇规划人口乘以人均用地指标计算城镇建设用地规模；最后结合国家出台的城镇开发边界线划定指导意见，合理预测远期城镇发展规模。

$$J_{总}=P_{规划城镇总}\times J_{人均}$$

$$M_{城镇开发边界线}=J_{总}\times N$$

式中，$J_{总}$为预测建设用地总面积；$J_{人均}$为国家人均建设用地指标；$M_{城镇开发边界线}$为预测城镇开发边界线规模（城镇发展规模）；N为建设用地规模和城镇开发边界线之间的相关系数。

3　方法应用

本文选取西藏工布江达县为研究区，该县城第六次人口普查常住人口为29 929人，其中城镇人口为3 459人，第七次人口普查常住人口为32 874人，其中城镇人口为6 241人。2035年拟规划工业园区100 hm^2，2025年旅游人数预测为230万人，2035年旅游人数预测为350万人。水利部2030年用水红线为4 637.16万m^3，2020年水资源利用情况见表1。

表1　2020年水资源与用水情况统计表/亿m^3

地区	水资源总量	农业用水量		工业用水量（建筑业）	生活用水量			用水总量
		耕地灌溉	畜禽用水		城镇居民	乡村居民	第三产业	
工布江达县	121.76	0.342 9	0.016 1	0.000 005	0.016 4	0.002 1	0.003 7	0.381 205

3.1 “以水定人”方法应用

3.1.1 人口常规增长计算

1）自然增长率法。2025年总人口预测为34 454人，城镇人口为8 383人，城镇化率为24.33%；2035年总人口预测为37 844人，城镇人口为15 126人，城镇化率为39.97%。

2）产业带动人口。2025年、2035年产业带来人口预测分别为2 952人和4 834人。产业带动人口数量取决于多个要素，需根据不同地区进行分析。

3）人口常规增长。2025年总人口预测为37 406人，城镇人口为11 335人，城镇化率为30.30%；2035年总人口预测为42 678人，城镇人口为19 980人，城镇化率为46.77%。

3.1.2 水资源利用可承载人口计算

1）分解确定2025年、2035年的用水总量目标。2025年、2035年的用水总量红线分别为4 224.58万m^3和5 049.74万m^3。

2）用水结构分析。根据2020年用水结构分析表计算得到，生活用水量占比为5.82%，其中城镇、农村生活用水量占比分别为73.87%、9.46%；现状城镇居民人均生活用水为263 m^3/人·a。2025年生活用水量为245.87万m^3，其中城镇生活用水量为181.62万m^3；2035年生活用水量为293.89万m^3，其中城镇生活用水量为217.10万m^3。

3）水资源可承载。当城市人均用水量为75L/人·d时，2025年、2035年可承载城镇人口分别为66 345人和79 305人；当城市人均用水量为125 L/·d时，2025年、2035年可承载城镇人口分别为39 807人和47 583人。

由于该区域2025年、2035年的预测城镇人口分别为11 335人、19 980人；可以得出该地区$P_{常规总} < P_{水}$，则$P_{规划总}=P_{常规总}$，说明该区域水资源丰富，可按照预测人口进行国土空间规划。

3.2 “以水定城”方法应用

按照“以水定人”方法确定的2025年、2035年城镇人口规模来预测城镇建设用地规模，新增人均建设用地指标应小于等于国家政策指标，本文统一按照人均建设用地指标150 m^2计算，以不能超过城镇建设用地的1.2倍面积划定城镇开发边界线，确定城镇范围大小。根据“以水定人”确定的规划城镇人口，计算得到2025年可分配城镇建设用地为170.03 hm^2，2025年城镇开发边界预测规模为204.03 hm^2；2035年可分配城镇建设用地为299.70 hm^2，2035年城镇开发边界预测规模为359.64 hm^2。该结果远小于2025年可承载城镇建设用地面积（597.11 hm^2）、可承载城镇开发边界规模（716.53 hm^2）以及2035年可承载城镇建设用地面积（714 hm^2）、可承载城镇开发边界预测规模（856.49 hm^2）。

4 结 语

本文研究了人口自然增长和产业带动人口增长的方法，建立了水资源利用、人口增长和城镇规模预测的辩证关系，分别计算了西藏工布江达县2025年、2035年水资源可承载上限和自然增长（含产业带动）人口数量，通过“以水定人”的方法确定了城镇规划人口；再结合国家人均建设用地指导指标，测算得到2025年、2035年规划建设用地规模，确定了城镇开发边界线，以水资源可承载上限和人口发展需求综合确定了城镇发展规模。研究区水资源丰富，可承载人口远大于综合增长人口，可承载建设用地规模充足。根据国家提出的“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”原则，在高效用水、节约用水的基础上，可开展区域经济和城市发展规划。

参考文献

[1] 国务院. 中共中央国务院关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见[R/OL]. (2019-05-25)[2022-01-26]. http://f. mnr. gov. cn/201905/t20190525_2413926. html

[2] 城乡用地分类与规划建设用地标准:GB 50137-2011[S].

[3] 自然资源部办公厅. 关于印发《市级国土空间总体规划编制指南(试行)》的通知[R/OL]. (2020-09-24)[2022-01-26]. http://gi. mnr. gov. cn/202009/t20200924_2561550. html

[4] 关于印发《市级国土空间总体规划编制指南(试行)》的通知:自然资办发[2020]46号[S].

[5] 自然资源部关于全面开展国土空间规划工作的通知:自然资发[2019]87号[S].

[6] 关于印发《省级国土空间规划编制指南》(试行)的通知:自然资办发[2020]5号[S].

[7] 张周权,程朋根,叶露. 基于人口与建设用地关系的建设用地规模预测:以江西省南昌市为例[J]. 湖北农业科学,2017,56(20):3 936-3 940

[8] 沈国明,王维维,蒋明利. 高质量发展视角下的浙江省建设用地总规模预测[J]. 浙江国土资源,2019(7):10-13

[9] 李文君,汪景宽. 基于人口规模和城市化水平测算的城乡建设用地需求预测研究:以辽东凤城市为例[J]. 价值工程,2011,30(18):292-293

[10] 迪力沙提·亚库甫. 京津冀协同发展战略下河北省建设用

（下转第127页）