

土地整理规划中水土资源平衡分析探索与实践

陈子平，邹战强，曾维权，张练和
(广东省水利水电科学研究院，广州，510610)

摘要：本文归纳了土地整理规划中水土资源平衡分析的特点，提出土地整理规划中水土资源平衡分析应该包括水资源总量供需平衡分析和季节性水土资源分析两个层次，同时指出各层次分析的目的和主要内容，并以台山市都斛镇土地整理项目水土资源平衡分析为例进行了说明。

关键词：土地整理规划；水土资源；平衡分析

土地整理是指按照土地利用总体规划或城市规划所确定的目标和用途，采取行政、经济、法律和工程技术措施，对土地利用状况进行综合整治和调整改进，提高土地利用率，改善生产、生活条件和生态环境的过程。广义的土地整理分农地整理和市地整理，狭义的土地整理则仅指农地整理。我国目前开展的土地整理活动大都属于狭义的土地整理，是以增加有效耕地面积，提高耕地利用率和产出率为主要目的农地整理。土地整理规划主要包括土地平整工程、灌溉排水工程、田间道路工程和其他工程（如农田保护工程、水源保护工程和水土保持工程等）的布局和设计。其中，水作为农作物生长发育必不可少的物质，其供给能否满足、如何满足农作物的需要，是土地整理规划中必须考虑的问题。根据国土资源部的相关规范规定，在土地整理项目的可行性研究阶段需要进行水土资源平衡分析。

1 土地整理规划中水土资源平衡分析的特点

人类社会的生存和发展离不开水，水资源是人类赖以生存的、不可替代的主要资源之一，因而关于水资源平衡分析的研究由来已久。从目前我国土地整理项目的实施状况看，土地整理规划中水土资源平衡分析与以往的研究相比具有以下特点：

(1) 分析尺度介于宏观与微观之间

目前，有关水资源平衡分析的研究多数集中于两个角度。一是从宏观尺度针对流域进行的水资源平衡分析；二是从微观尺度针对农田田块进行的水资源平衡分析。而土地整理的规划范围往往只涉及几个村，每个项目的规划面积在 1000hm²左右，介于宏观与微观之间。

(2) 分析核心在于种植业的水土资源平衡

我国目前土地整理项目区多位于农业区，甚至很多为基本农田保护区，整理的重点为耕地整理。项目规划时，除对部分可作为耕地后备资源的其他地类，考虑其是否变更为耕地外，原则上一般不改变现状，甚至不划入规划区范围。所以，土地整理规划中水土资源平衡分析的核心在于分析种植业的水土资源能否达到平衡。

(3) 分析时间更加突出未来

土地整理项目的实施，将增加有效耕地面积，提高耕地质量，并为未来农业种植结构的调整创造条件。因此，土地整理规划中的水土资源平衡分析既要剖析拟整理区水土资源平衡现状、存在的问题和利用潜力，为土地整理规划设计提高基础资料，更要充分考虑到整理后耕地面积的增加，农业种植结构的变化所可能带来的需水量的变化，为确定灌溉排水工程方案提供依据。

(4) 分析内容强调数量与空间的统一

由于地形、土壤、土地利用方式或水利实施状况的差异，不同地形部位，不同土壤类型，不同土地利用方式，不同水利实施状况下的地块水资源供需状况不同。所以，水土资源平衡分析既要考虑到整理区水资源在数量上能否实现总量的供需平衡，更要辨别空间上哪些地块可能会发生

不平衡，从而为土地整理规划设计时布置灌溉排水工程提供依据。

2 土地整理规划中水土资源平衡分析的层次

土地整理规划中的水土资源平衡分析应包括水资源总量供需平衡分析和季节性水土资源平衡分析两个层次。在此基础上提出对灌溉排水工程规划的要求。

2.1 水资源总量供需平衡分析

水资源总量供需平衡分析包括可供水资源总量分析、水资源需求总量分析和总量供需平衡分析等内容。水资源总量供需平衡分析一般按年进行分析。水资源总量供需平衡分析的目的在于从宏观上把握项目区水资源盈亏状态，为土地开发决策提供依据，并为确定灌溉方式提供参考。

可供水资源总量是指在经济合理、技术可行和生态环境容许的条件下，一定水平年和保证率情况下，通过各种工程措施可控制利用的、满足一定水质要求的水量。主要包括：地表径流。通过兴建山塘、水库或蓄水池对降雨形成的地表径流进行拦蓄，是补充水资源阶段性供给不足的主要方式之一；过境水。充分利用过境水资源。但引用过境江水、河水，一方面受水量和引水能力限制，另一方面也受取水许可和流域水资源平衡分配量的制约；地下水。指在一定的技术经济条件下，在整个开采期内不明显袭夺已有水源地，不发生危害性环境地质问题的前提下，通过一定的开采措施，允许开采利用的水量；回归水。包括农业灌溉回归水和工业回归水。

水资源需求总量是指各用水单位在一定的用水或灌溉保证率下所需要的水量总和。包括：农业需水量。农业需水包括农业灌溉需水和林牧渔业需水，其中主要是指农业灌溉需水。农业灌溉需水与水文气象条件和土壤蓄水能力密切相关，一般可由灌溉面积、灌溉定额和灌溉水利用系数确定。灌溉定额可分为充分灌溉和非充分灌溉两种类型。对于水资源比较丰富的地区，一般采用充分灌溉定额，而对于水资源比较紧缺的地区，一般可采用非充分灌溉定额；非农业需水量。主要包括工业需水量、人畜生活需水量和其他需水量等。对土地整理项目来说，农业灌溉需水是需水的大户，也是需水量分析的重点。

2.2 季节性水土资源平衡分析

由于降水往往存在月际分布不均，从而导致季节性干旱或洪涝灾害。季节性水土资源平衡分析正是针对季节性干旱或洪涝所进行的水土资源平衡分析，其目的在于从微观上了解水土资源平衡状况，为确定灌排设计标准提供依据，也为拟定农作物种植结构、轮作制度提供参考。季节性水土资源平衡分析需要更为详细的水文观测或作物需水量试验数据，也需要对项目区作物种植结构和水资源利用情况有较为全面的掌握。

3 土地整理规划水土资源平衡分析实践

本土地整理项目区位于广东省台山市都斛镇境内，项目建设总规模 667hm²，整治的目的是建成生态农业综合开发区。由于项目区地形较为复杂，在进行水土资源平衡分析时，考虑到项目区灌排工程布局状况、地形坡度和行政村等因素，将项目区划为 4 个独立灌区进行分析。本文限于篇幅限制，仅以其中的南坑水库和鲤鱼坑水库灌区中等干旱年、75%保证率下的水土资源平衡分析为例。

3.1 项目区概况

项目区依山傍海，海拔高度在 15-300m，地势自北向南倾斜，属南亚热带湿润季风气候，雨量丰沛，多年平均降水量 1680mm，涝渍灾害威胁比较严重。同时，由于降雨时空分配不均，又没客水过境，河流短小，加之地形平坦，缺乏蓄水设施，旱的问题也比较突出。土壤主要有黄壤和水稻土。主要种植作物有水稻、蔬菜和玉米等。

3.2 水资源总量供需平衡分析

3.2.1 可供水资源总量

灌区无过境水，地下水由于含盐过高，不适宜灌溉作物，项目区可供水资源主要来源于地表

径流。项目区现有南坑、鲤鱼坑 2 座小(2)型水库和 19 座山塘用于拦蓄地表径流,拦蓄水量全部供本灌区使用。本次整理初步确定不增加水库和山塘数量,仅对灌溉渠道和山塘进行维修,可供水资源总量主要考虑水库和山塘供水。

(1) 水库可供水量

水库可供水量的计算可以采用长系列调节算法、代表年法和简化算法三种常用法,

其中,长系列调节算法和代表年法适宜来水量、用水量和水库观测资料比较齐全的大、中型水库;对于小型水库,由于观测资料缺乏或实验数据不足而通常采用简化算法。即参考类似地区成果,利用水文比拟法、降水径流相关法或经验公式法等方法估算可供水量。

灌区现有南坑水库和鲤鱼坑水库均为小(2)型水库,集水面积较小,与附近代表站的集水面积相差太大,利用水文比拟法、降水径流相关法进行可供水量估算误差将会很大。鉴于各村组对每次灌溉放水时间都有大致记载,这里水库可供水量采用近年灌溉实际用水量来进行估算:

$$S_{\text{水库}}=8.64F \times T / \eta \quad (1)$$

其中, $S_{\text{水库}}$ 为水库可供水量($\times 10^4 m^3$); F 为渠道设计流量(m^3/s); T 为年均灌溉放水时间(d),由于是自流灌溉,1天可按24小时计算; η 为水库蓄水利用系数,根据经验这里取70%。

计算得南坑水库和鲤鱼坑水库可供水量为 $96.99 \times 10^4 m^3$ 。

(2) 山塘可供水量

灌区山塘多为土坝,部分存在滑坡和渗漏。项目实施后,通过山塘清淤和砌石护坡,单次蓄水能力可达 $8.22 \times 10^4 m^3$ 。参考类似地区经验,山塘可供水量可按复蓄3次计算,即山塘可供水量 $S_{\text{山塘}}$ 为 $24.66 \times 10^4 m^3$ 。

3.2.2 水资源需求总量

灌区为农村地区,项目区内无工业用水,人口居住密度不大,农村有自来水或采用地下水用于人畜饮用。所以,这里需水量主要考虑农业灌溉需水量。

灌区农业用地为水田和旱地,主要种植作物有水稻、蔬菜、玉米、花生等粮食作物。土地整理项目实施后农业种植结构不会发生大的改变。因此,按现行农作物种植结构对农作物需水量进行分析。农作物灌溉需水量计算方法如下:

$$D=0.0001A \times n \sum (q_i \times m_i) / \eta \quad (2)$$

其中, D 为农作物灌溉需水量($\times 10^4 m^3$); A 为灌溉面积(hm^2),这里按规划整理后的耕地面积计算; n 为复种指数,预计项目实施后为170%; m_i 为*i*作物净灌溉定额(m^3/hm^2),这里按中等干旱年75%保证率计算; q_i 为*i*作物种植比例; η 为渠道水利用系数,项目实施后采用硬化渠系输水,取0.85。

经计算得灌区农业灌溉需水量 D 为 $105.06 \times 10^4 m^3$ 。

3.2.2 总量供需平衡分析

由于 $S_{\text{水库}} + S_{\text{山塘}} > D$,所以灌区水资源在总量上能够实现供需平衡。从水资源供需情况看,灌区具备进行土地整理,增加耕地面积的潜力。

3.3 灌区季节性水土资源供需平衡分析

从历史经验看,灌区面临的水资源短缺主要为夏季伏旱和冬季干旱,由于夏季伏旱涉及到水稻种植,需水量较大,因此,重点分析伏旱期水土资源供需是否平衡及如何平衡。灌区夏季伏旱主要发生在7-8月,这里针对灌区7月和8月的水土资源供需平衡状况进行分析。受观测数据的限制在,这里只分月进行分析。

3.3.1 7月份水土资源平衡分析

(1) 7月份可供水量分析

灌区可供水量主要来源于水库和山塘蓄水，水库可供水量可采用下式计算：

$$S_{\text{水库}} = Q_{\text{初期}} + Q_{\text{降水}} - Q_{\text{蒸发}} - Q_{\text{渗漏}} \quad (3)$$

式中， $S_{\text{水库}}$ 为7月份水库可供水量（ $\times 10^4 m^3$ ）； $Q_{\text{初期}}$ 为月初水库蓄水量（ $\times 10^4 m^3$ ），由于灌区5、6两个月雨量较为集中，根据经验估计，以水库有效库容的70%计； $Q_{\text{降水}}$ 为当月降水可补充量（ $\times 10^4 m^3$ ），用公式 $Q_{\text{降水}} = 0.1F \cdot C \cdot P$ 进行估算，其中 F 为水库集水面积（ km^2 ）， C 为径流系数，与库区地形、植被和土质等因素有关，这里取0.4， P 为当月降水量（ mm ），以中等干旱年的当月降水量计； $Q_{\text{蒸发}}$ 为当月水库蒸发量（ $\times 10^4 m^3$ ），用公式 $Q_{\text{蒸发}} = 10^{-7} a \cdot A \cdot Z$ 进行估算，其中 a 为蒸发换算系数，这里取0.65， A 为计算月的相应平均库水位的水面面积（ m^2 ）， Z 为计算月的蒸发总量（ mm ）； $Q_{\text{渗漏}}$ 为当月水库渗漏量。由于库区为紫色页岩主层，且黄泥土比较粘重，水库在近年经过了维护和清淤，这里按时平均有效蓄水量的5%计算。

山塘可供水量采用经验估算，根据当地农民历年经验，考虑到山塘经维修后蓄水状况会有较大改善，这里按1次复蓄的70%计。

经计算得南坑水库和鲤鱼坑水库供水总量 $S_{\text{水库}}$ 为 $19.58 \times 10^4 m^3$ ，山塘可供水量 $S_{\text{山塘}}$ 为 $5.75 \times 10^4 m^3$ 。

(2) 7月份需水量分析

如前所述，灌区7月份需水量为主要农作物灌溉需水量。灌区7月份主要种植农作物为水稻、蔬菜、玉米等。在此期间，水稻经历返青、分蘖前期二个阶段；蔬菜主要为叶菜和瓜豆类，经历整个生长期；玉米经历灌浆期和成熟两个阶段。参考《广东省灌溉用水定额》，主要农作物在中等干旱年75%保证率时的净灌溉定额见表1。

表1 主要农作物净灌溉定额指标

单位： m^3/hm^2

灌溉定额		作物品种			
		水稻	蔬菜	玉米	合计
7月	上旬	656	975	321	1952
	中旬	500	975	321	1796
	下旬	578	975	321	1874
8月	上旬		975	321	1296
	中旬	250	975		1225
	下旬	500	975		1475

农作物灌溉需水量可采用下式计算：

$$D = 10^{-4} \sum (m_i \times A_i) / \eta \quad (4)$$

其中 D 为7月份农作物灌溉需水量（ $\times 10^4 m^3$ ）； m_i 为第 i 种农作物的净灌溉定额（ m^3/hm^2 ）； A_i 为第 i 种农作物的种植面积（ hm^2 ）； η 为渠道水利用系数，这里取0.85。

计算可得灌区7月份农作物灌溉需水量为 $21.09 \times 10^4 m^3$ 。

(3) 7月份水土资源供需平衡分析

由上述计算可知, $S_{\text{水库}} + S_{\text{坑塘}} > D$, 灌区 7 月份可供水量大于需水量, 供需能够达到平衡。

3.3.2 8 月份水土资源平衡分析

在此期间, 水稻主要经历分蘖后期和孕穗前期二个阶段; 蔬菜主要为叶菜和瓜豆类, 经历整个生长期; 玉米在 8 月上旬经历并完成成熟期, 也几乎不需要灌水。所以, 8 月份主要为水稻和蔬菜需水, 玉米需水量相对不大。由于 7 月降雨相对 6 月少, 水库、山塘蓄水在 7 月份供水减少。所以, 有必要对 8 月份的水土资源平衡进行分析。

(1) 8 月份可供水量分析

8 月份水库可供水量仍可采用 (3) 式进行计算。计算时, $Q_{\text{初期}}$ 即为 7 月末水库蓄水量, 可用 7 月份水库可供水量减去水库 7 月份实际供水量。根据 7 月份可供水量和需水量计算结果, 可知 7 月份水库和坑塘共盈余水量 $4.29 \times 10^4 m^3$ 。这里假定其中为水库盈余, 即 $Q_{\text{初期}}$ 等于 $3 \times 10^4 m^3$; $Q_{\text{降水}}$ 、 $Q_{\text{蒸发}}$ 和 $Q_{\text{渗漏}}$ 的计算原理和方法不变。山塘可供水量我们仍采用经验估算, 根据当地经验, 可按 1 次复蓄的 40% 计。

经计算得南坑水库和鲤鱼坑水库的可供水量为 $7.34 \times 10^4 m^3$, 山塘可供水量为 $3.29 \times 10^4 m^3$ 。

所以, 灌区 8 月份可供水量为 $10.63 \times 10^4 m^3$ 。

(2) 8 月份需量分析

8 月份农作物灌溉需水量仍可采用 (5) 式计算。经计算, 8 月份需水量为 $6.17 \times 10^4 m^3$ 。

(3) 8 月份水土资源供需平衡分析

由于可供水量大于需水量, 灌区 8 月份水土资源供需能够实现平衡。但需要指出的是, 由于灌区局部地段地势较高, 利用现有水库和山塘进行提水灌溉从技术经济的角度分析不合算。所以, 仍需要就近新建陂头以满足自流灌溉的需要。

4 结语

农业土地整理规划中水土资源平衡分析重点是分析水资源的供、需平衡, 不仅在一个水平年中取得平衡, 而且在一年中的每个月内均应取得平衡才能满足生产需要。在计算可供水量中, 主要考虑在现有的工程条件下可取得的灌溉水量; 而在计算作物需水量时, 应考虑将来种植结构的变化, 按可能最大需水量考虑。应根据水源控制的灌溉面积, 分区进行平衡分析。

参考文献:

- [1] 曹小暑, 苏少青, 陈子平, 李永涛, 等编著. 广东省土地开发整理工程建设标准研究[M]. 广州: 中山大学出版社, 2009.
- [2] 广东省国土资源厅. 广东省土地开发整理工程建设标准 (试行). 2009 年 8 月.
- [3] 陈子平, 邹战强, 陈洁芳, 杨飞. 广东省小型农田水利工程建设规划[J]. 广东水利水电, 2006(2).
- [4] 叶守泽主编. 水文水利计算[M]. 北京: 中国水利电力出版社, 2003.
- [5] 广东省灌溉用水定额编制工作小组, 广东省灌溉定额编制评价报告, 2003.