

DOI: 10.14042/j.cnki.32.1309.2021.06.008

# 基于逻辑规范的水系连通定义及分类

陈森林<sup>1,2</sup>, 毛玉鑫<sup>2</sup>, 李丹<sup>2</sup>, 梁斌<sup>2</sup>, 孙亚婷<sup>3</sup>, 谭安琪<sup>2</sup>

(1. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室, 湖北 武汉 430072; 2. 武汉大学水利水电学院, 湖北 武汉 430072;  
3. 长江水利委员会水文局长江中游水文水资源勘测局, 湖北 武汉 430072)

**摘要:** 水系连通的定义决定其科学技术和工程技术层次, 如何科学概括现有科学研究和工程实践, 研究水系连通的定义及分类具有重要的理论和生产应用价值。应用形式逻辑学的相关方法和规范, 结合水利行业现有名词定义的主要问题分析, 论述给名词下定义的意义和重大作用, 系统论证应用“水系连通”替代“河湖水系连通”的必要性和科学性, 评析现有多种水系连通定义存在的主要问题, 给出水系连通的定义“研究相连水系连接通道的形成、水系的演化、水体转移的影响的科学技术”, 以及水系连通工程的定义“利用水工程、河流及湖泊等构成水系之间水体转移通道的工程”, 并论述了2个定义的内涵及其分类。该定义不仅比现行各种定义更科学、更简洁合理, 而且能科学地处理概念定义适应性与分类完整性的关系。

**关键词:** 水系连通; 水系连通工程; 内涵; 分类

**中图分类号:** TV213.4      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-6791(2021)06-0890-13

水资源供需矛盾尖锐、旱涝灾害频发、水环境污染严重等是近年来迫切需要解决的问题。水系决定了陆地上水资源的分布, 既是社会经济发展的基础, 也决定着生态环境和人类社会的稳定<sup>[1-2]</sup>。由于水资源时空分布不均、经济社会发展不平衡、环境对水资源质量的影响等, 许多地区需要通过跨水系连通解决水安全问题, 并已成为国家水安全战略的重要研究课题<sup>[3-5]</sup>。

利用水系连通工程解决水安全问题, 国内外已有许多成功的工程实例。在国外, 美国加州北水南调工程解决了加州北部洪水肆虐而南部极度缺水的问题; 以色列北水南调工程把大片荒漠变为绿洲; 澳大利亚雪山工程促进了墨累-达令盆地农牧业的发展。在国内, 都江堰水利工程将灾害频繁的川西改造为“天府之国”; 灵渠至今仍然对航运、农田灌溉起着重要作用; 京杭大运河连通海河、黄河、淮河、长江、钱塘江五大水系, 成为贯通南北的交通大动脉。20世纪80年代以来, 先后建设了一系列的连通工程: “南水北调东线、中线”工程缓解了北方20几个大中型城市的水资源紧缺问题; “引黄济青”工程扭转了青岛地区水资源短缺的困局; “引滦入津”工程缓解了天津城市供水紧张的严峻形势。已经实施和正在实施的连通工程还有引江济太工程、武汉大东湖生态水网工程、牛栏江滇池补水工程等。2011年中央一号文件提出要尽快建设一批“河湖水系连通工程”, 完善水资源战略优化配置布局, 提高水资源调控水平和供水保障能力<sup>[6]</sup>。“水系连通”已逐步发展为具有中国特色的水利工程学科和水利行业的一个新领域, 众多学者开展相关研究, 促进了理论体系的逐渐成型和丰富<sup>[7-8]</sup>。但随着“水系连通工程”的实践运行, 带来的具有滞后性的负面影响也相继显现, 对于合理运用科学的理论体系来指导水系连通工程实践的要求越来越高<sup>[9-10]</sup>。“河湖水系连通”不仅涉及基础理论研究, 还包括评价、调控、管理等多方面的研究, 因此, “河湖水系连通”仍然是一个理论研究落后于实践的热点领域。

科学规范的名词定义既可以对现有理论进行高度的科学概括, 也可以涵盖现有理论并为未来研究奠定方

收稿日期: 2020-10-09; 网络出版日期: 2021-05-14

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1309.P.20210514.1416.009.html>

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2018YFC0407200); 国家自然科学基金资助项目(51779177)

作者简介: 陈森林(1963—), 男, 湖北孝感人, 教授, 主要从事水文及水资源研究。E-mail: csl\_csl@263.net

通信作者: 李丹, E-mail: 00030306@whu.edu.cn

向,显然后者更有意义。现行“河湖水系连通”概念的用词是否准确、现行众多定义如何评价、如何更科学化的定义、基于定义如何分类等,这些问题是确定其研究范围、内容、方法及科学层次的关键。形式逻辑学关于定义的方法和规范,在许多科学领域(尤其基础科学领域)得到了广泛的应用。应用形式逻辑学解决这些问题,对于构建“水系连通”理论体系、拓展研究领域、提高水利工程学科学学术成果(论文、专著和教材)和水利行业技术管理(技术导则、规程规范)的科学化水平,具有十分重要的理论意义和生产应用价值。

## 1 名词的定义方法、规范及作用

### 1.1 形式逻辑学关于定义的内涵、方法及规范

形式逻辑学是关于形式逻辑即传统逻辑的概念、范畴、规律的学科体系。

#### 1.1.1 定义概念

逻辑学上“以揭示某一名词(概念)的内涵从而确定其外延为目的的逻辑活动”称为下定义,而“定义”是下定义这种逻辑活动的结果,是人们对一定对象的认识成果和总结。一个完整的定义由3部分组成:被定义项、定义项、定义联项。被定义项是需要加以说明、定义的项;定义项指用来说明、描述被定义项的内容;定义联项则是把被定义项和定义项连接起来的部分。

#### 1.1.2 定义方法

形式逻辑中最具代表性的定义方法是“属加种差”,即把某一概念包含在它的属概念中,并揭示它与同一个属概念下其他种概念之间的差别(即种差)<sup>[11]</sup>,它的公式是“被定义项=种差+邻近的属”。要做到定义的科学性与简明,只需要能描述其与“属”中其他子类之间的主要差别,不必包罗万象、完完整整地描述所有差别。

#### 1.1.3 定义规范

一个概念的定义要做到既科学又简明,必须符合形式逻辑的规范,即保证定义项与被定义项外延的同一,这是判定定义是否正确的一个标准。《普通逻辑》关于定义的规则,第一条就是“定义必须是相应相称的”,违反这条规则就会出现定义过宽或定义过窄的逻辑错误<sup>[12]</sup>。定义项(P)与被定义项(S)的关系示意如图1所示。

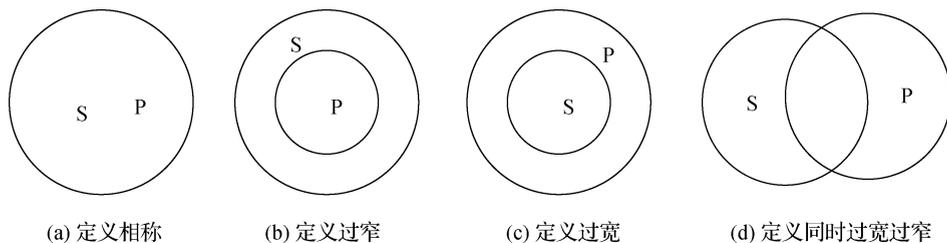


图1 定义项与被定义项关系示意

Fig.1 Schematic diagram of the relationship between the definiens and the definiendum

### 1.2 名词定义的作用

名词定义的内涵决定概念的科学和工程层次。要确定“水系连通(工程)”的科学层次和工程层次,就有必要结合“水利工程”的分类(表1和表2),分别从工程或科学技术角度进行分析,以确定与传统水利工程的关系。

从工程角度看,“水利工程”定义为“用于控制和调配自然界的地表水和地下水,达到除害兴利目的而修建的工程”(亦称水工程,其属为工程)。水利工程既指具体的水工程,也是水利工程行业的统称。从科学技

表1 按水体储存及转移方式的水利工程分类表<sup>[13-14]</sup>

Table 1 Classification of water projects according to methods of water storage and transfer

工程名称	定义	包括	不包括	属
蓄水工程	利用蓄水设施调节河川径流, 然后把水有序输送到用户的措施	拦河引水工程、塘坝工程、方塘工程及大口井工程等	不包括专为引水、提水工程修建的调节水库	水工程
引水工程	一般指借重力作用把水资源从水源地输送到用户的措施	从河道、湖泊等地表水体自流引水的工程	不包括从蓄水、提水工程中引水的工程	
提水工程	一般指利用水泵等抽水装置把水提升后自流输送到用户的措施	利用扬水泵站从河道、湖泊等地表水体提水的工程	不包括从蓄水、引水工程中提水的工程	
调水工程	为从水源地向缺水地区调水而修建的工程	指水资源一级区或独立流域之间的跨流域调水工程	蓄、引、提工程中均不包括调水工程的配套工程	

表2 按目的与服务对象的水利工程分类表<sup>[15-16]</sup>

Table 2 Classification of water projects according to purpose and service objects

工程名称	功能	目的或服务对象	定义	属
防洪工程	防洪减灾	防止洪水灾害	为控制、防御洪水以减免洪灾损失所修建的工程	水工程
农田水利工程 (或灌溉和排水工程)	水资源配置 防洪减灾	防止旱、涝、渍灾为农业生产服务	发展灌溉排水, 调节地区水情, 改善农田水分状况, 防治旱、涝、盐、碱灾害, 以促进农业稳产高产的综合性科学技术	科学技术
水力发电工程	水力发电	将水能转化为电能	研究将水能转换为电能的工程建设和生产运行等技术经济问题的科学技术	科学技术
航道和港口工程	水运交通	改善和创建航运条件	航道工程: 为改善航道的通航条件或开辟新航道而采取的工程措施 港口工程: 兴建或改建港口建筑物和设施的工程活动	水工程
城镇供水和排水工程	水资源配置 防洪减灾 水环境	提供工业和生活用水, 处理和排除污水和雨水	供水工程: 为经济合理和安全可靠地供应人们生活、生产、环境卫生和消防用水, 并满足他们对水量、水质和水压的要求而建的工程设施 排水工程: 收集和排出人类生活污水和生产中各种废水、多余地表水和地下水(降低地下水位)的工程	水工程
水土保持工程和环境水利工程	水环境生态	防止水土流失和水质污染, 维护生态平衡	水土保持工程: 改造自然防止地表水土流失的综合性工程 环境水利: 研究水利与环境相互关系的学科	水工程; 科学技术
渔业水利工程 (水利渔业工程)	水生态	保护和增进渔业生产	在水利工程设施中兴建鱼类养殖、防逃、过鱼等渔业工程设施的统称	水工程
海涂围垦工程	航运等	围海造田, 满足工农业生产或交通运输需要	在沿海滩涂筑堤挡潮、变海为陆, 以发展生产的工程	水工程

术角度看, 水利工程只有高等学校的专业介绍“本专业培养具有水利工程的勘测、规划、设计、施工、科研和管理等方面的知识, 能在水利、水电、水保等部门从事规划、设计、施工、科研和管理等方面工作的高级工程技术人才”, 水利工程学科至今还没有定义, 很可能与“利”这个字有关, 它把该学科限制在了一个比较窄的范畴, 这可能也是造成该学科的许多名词概念及其定义存在各种问题的关键根源之一。所以, 更科学严谨的办法是使用“水工程”作为总称, “水利工程”做为“水工程”的一个子类。结合表1和表2, 我们可以得出如下结论:

(1) 名词定义的“属”决定了概念的类别(科学、技术或工程)。同一名词含义不一样, 比如“水利工程”既是工程类别名称、也是学科名称, 只能根据其定义或说明进行区分。

(2) 名词定义的“属”也决定了概念的科学层次(总体、一级、二级、...)。一个名词可以分别代表一个定性或定量指标(如防洪标准)、课程章节名称(如防洪调度)、课程名称(如水力学)、专业名称(如农田水利工程)及学科名称(如水利工程)。水利工程的同级子类也可能具有不同的学科层次, 农田水利工程属于二级学科, 但防洪工程则只具有课程章节的层次, 实际上防洪领域面临的科学问题非常多, 防洪工程也具有极大的潜在研究价值。

(3) 水利行业名词定义存在的主要问题。由于没有形成科学的、全行业具有共识的名词定义方法和规范, 造成水利工程学科的很多名词至今无定义、下定义随意性大、同一名词在不同文献里定义不同等混乱局面, 难以根据名词定义构建水工程与科学的结构体系。

(4) 从水利工程的分类看, 现行“河湖水系连通工程”几乎涵盖或交叉结合了水利工程的所有子类, 似乎应该是水利工程里面最高层次的子类; 从国家层面看, 水利行业正在实施或大规模推进的利用“河湖水系连通工程”构建的“国家水网”, 将会与“国家交通网”(物流、人流等)、“国家电网”(电流)、“互联网”(信息流)等一样深远地影响中国的发展方向与过程; 从人类生存的角度讲, “国家水网”可能比其他“网”更重要更关键。所以, 有必要从工程和科学技术 2 个类别进行定义, 且词组名称需要进行严密的科学论证, 定义的科学性应能够反映这一高度。

## 2 “河湖水系连通”词组及其定义的问题剖析

### 2.1 “河湖水系连通”词组的问题剖析

中国不同行业关于“水系”(亦称河系、河网、水网)的定义很多, 比如“流域内各种水体构成的脉络相通系统”<sup>[16]</sup>、“在流域内, 大大小小的河流构成脉络相通的系统”<sup>[17]</sup>、“流域内各种水体构成脉络相通系统的总称”<sup>[18]</sup>等。

基于现有水系的定义可知, 河流和湖泊等是水系的组成要素, 其中河流是水系最主要的、必不可少的要素; 湖泊、湿地、河网、海洋等都是若干河流的“汇”, 不是水系不可缺少的要素, 与汇入的河流水系构成更高级的水系, “河流”是不可或缺的要素。

笔者认为“水系”还可以按照水系要素划分: ① 河流型。流域没有湖泊、水库等, 只有 1 条河流, 例如众多小流域就属于这种类型, 包括图 2 洞庭湖支流的支流等。② 湖泊型。湖泊的水源来源于河流型水系, 一般由 1 个湖泊与至少 1 个或 2 个及以上并联的、低一级的水系(河流型、湖泊型等)组成, 如图 2 洞庭湖水系所示。③ 河网型(或网格型)。位于河流的平原型河段(上中下游都可能存在)、河流呈现网状(非单一水流通道路), 如果位于河流的上中游, 则汇集干支流来水, 流向干流; 如果位于河流的下游, 水系的出口可能为干流或干流与湖泊(湿地、海洋)的汇合口 2 种情形。河网型水系一般存在 2~3 种级别水系(支流、干流、湖泊)之间的连通, 如图 2 支流与长江和洞庭湖连通的河网所示。④ 湿地型。与河网型和湖泊型类似, 与多种水源连通, 受汇入支流和出口干流、湖泊(海洋)等影响。⑤ 水库型。水库大坝将河流分为上下 2 段, 上游库区类似湖泊, 水库大坝的存在形成了一个新的坝址以上流域包含的水系。⑥ 海洋型。与海洋连通的河流、湖泊、湿地、河网等构成海洋型水系。

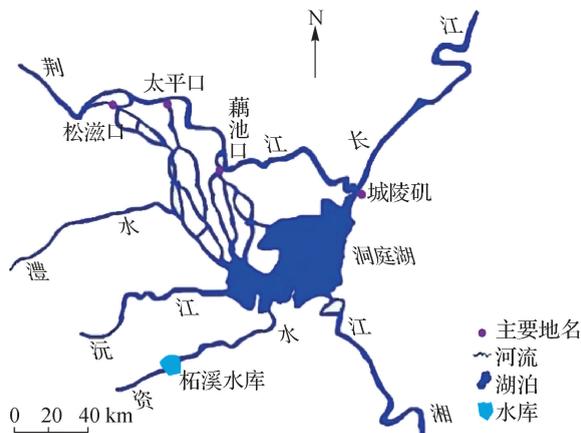


图2 水系(长江洞庭湖段)类型示意

Fig.2 Schematic diagram of water system (Dongting Lake section of the Yangtze River)

根据干支流关系,可以将一个天然水系(比如长江、黄河等七大水系),逐级分解成若干不同级别的河流型、湖泊型、河网型、湿地型及水库型水系。

“河湖水系连通”工程实践就是将2个端点(水系要素)利用1个连接通道(河、湖、引提输水工程串联)实现水体的转移,“河湖水系连通”词组存在多种理解:

(1) 河、湖各自内部连通。河流型水系内只能上下游连通,即“裁弯取直”,这不应该属于2个水系之间的连通,如果取直河段与其他水系有水体交换,则属于水系连通;湖泊不存在内部连通,但湖泊型水系内部只可能有2种水系之间的连通,即河河连通(2个并联的同级水系)和河湖连通(2个串联的包含关系级别的水系);由于河网型水系边界至少与2种及以上的水系已经连通,那么河网型水系内部的任何连通都属于不同水系之间的新连通。

(2) 河与湖连通。属于湖泊型水系的新建(分属2个水系的河流与湖泊连通)或扩建(新建湖泊型水系内河流与湖泊的连接通道),本质上也是2个水系之间的连通。

(3) 河与水系连通或湖与水系连通。如果理解为水系内,这种说法就是要素(实体)与总体(虚的概念)连通,不符合逻辑。因此,这也只能是1个水系的河流或湖泊与另1个水系连通。

(4) 河、湖、水系三者连通。基于前3种理解,这种连通也只能是水系之间的连通。

(5) 将“水系连通”作为总体(属),河湖作为子类,即“河湖水系连通”是“水系连通”的1个子类。这种理解就是个体与总体的关系,不存在语法和逻辑问题。

由此可见,科学严谨的、能准确描述现行水利工程实践的词组应该是“水系连通”,即任意2个不同水系的基本对象之间的连通,“河湖水系连通”只能作为“水系连通”的子类,但“水系连通”词组作为总体概念有待进一步科学性论证。

## 2.2 “水系连通”概念的内涵分析

基于相关文献中“连通”的用法和水利行业“河湖水系连通”工程实践,可以确定“水系连通”词组的“连通”只能是实词大类的名词或动词,但用法和表达的涵义截然不同。

### 2.2.1 名词“连通”

作为名词具有3种理解和用法:

(1) “水系”+“连通X”。研究“水系”的连通问题源于流域水文学、河流地貌学及景观生态学。水文学将连通性定义为:径流由发源地至干流,再至流域网络的移动效率<sup>[19]</sup>,或者以水文为介质的水循环各要素物质、能量以及动力的转移<sup>[20-21]</sup>。Hooke<sup>[22]</sup>从河流地貌学的角度将连通性定义为河流系统中流水和沉积物的物理连接;Bracken和Croke<sup>[23]</sup>侧重于景观层面的理解,将水文连通定义为水流从景观的一处转移到另一处的能力;Gubiani等<sup>[24]</sup>从生态学的角度出发,指出连通是物质、能量以及生物体在水圈或水圈各要素间随水质的转换;Turnbull等<sup>[25]</sup>则根据水系连通的机理将其分为功能连通性(又称动态连通性)和结构连通性(又称静态连通性)。由此可见,至今还没有给“水系连通”概念下定义,主要是应用“水系”+“连通X”词组(如“水系连通度”、“水系连通格局”等),定性或定量描述水系某一时刻的连通状态,以衡量不同等级河道中水流畅通程度。

(2) “水系”+“连通”。从水系的定义可知,“水系”本来就是“水网系统”,逻辑上讲,它就是“连通”的,所以此时的“水系连通”属于重复性词组。

(3) “连通”为“属”、“水系连通”是“连通”的子类。“连通”是拓扑学的概念,也是人类社会各行各业都会使用的极为普通的词组。如果将“连通”作为一类事物的总体即形式逻辑学所说的属(“连通”为名词),那么“水系连通”就是其众多没有关联关系的子类之一,比如交通运输领域的村村连通、国国连通、山山连通、景景连通等等都是“连通”的子类。因此,将“水系连通”纳入这样的总体没有意义,给“水系连通”下定义必须寻找其他词组作为其“属”。

### 2.2.2 动词“连通”

“水系”+“连”+“通”组合,则指水系之间从“不通”到“通”的过程,科学研究常用于分析河流形成和水

流对河流水系演化的作用,生产实践中常见于“河湖水系连通工程”。连接对象是水系的组成要素,且必须分属2个及以上的不同水系。通过“连”的措施实现不同水系的“通”,即“通”是不同水系被“连”的结果。“连”有2种截然不同的过程:一是水系之间从“不通”到“通”的过程(包含创意、勘测、规划、设计、施工等阶段的人类活动,或自然力驱动);二是“通”与“不通”的状态转换过程(运行阶段,连通工程有控制设施,通过人类活动实现;无控制设施,水少时的断流和水多时的过流,水的多少也有可能通过其他工程进行控制)。

综上所述,“水系连通”的“属”不应采用“连通”,必须根据已经和可能涉及的研究范围与特点,结合1.2节的分析探寻其他词组,且“水系连通”概念定义应包括流域水文学及河流地貌学等现有学科、“河湖水系连通工程”实践和应该涉及的其他领域(需要加强的拓展领域)相关研究内容。

### 2.3 现行“河湖水系连通”定义的问题剖析

通过查阅相关文献,选择引用次数最多的10种“河湖水系连通”定义(如表3所示),本文认为,受发展阶段的限制,现有定义可能已经不适应水系连通工程实践的现状与发展趋势,除了“河湖水系连通”词组问题外,还不同程度地违反了形式逻辑学的“定义必须相应相称”的规则,具体表现为如下3个问题:

(1) 描述不完整(定义过窄)。定义中企图将水系连通的目标、任务、水工程、连接端点及功能等要素全部包含,导致定义不简洁、过于冗长、且内涵要素仍然不完整。

(2) 内涵要素列举不完整(定义过窄)。定义中列举全部或部分要素的类型,导致定义过窄的逻辑问题(因为每一个要素都没能完全包含现有或潜在的水系连通类型),且混淆了名词概念的定义与分类的区别。比如水系连通的端点不仅仅是“江、河、湖、库”,还可能包括湿地、海洋等;不同水体之间不只包含水力联系或物质循环等;水系连通的目的(或功能)也不仅仅是重新配置水资源,也包括防洪抗旱、水生态水环境修复及其他目的等。

表3 现有河湖水系连通定义及存在问题

Table 3 Current definitions of interconnected water system and their problems

词语	定义	存在问题		
		①	②	③
	以实现水资源可持续利用、人水和谐为目标,以提高水资源统筹调配能力、改善河湖生态环境、增强抵御水旱灾害能力为重点任务,通过水库、闸坝、泵站、渠道等必要的水工程,建立河流、湖泊、湿地等水体之间的水力联系,优化调整河湖水系格局,形成引排顺畅、蓄泄得当、丰枯调剂、多源互补、可调可控的江河湖库水网体系 <sup>[26]</sup>	✓	✓	
	河湖水系连通是指基于人水和谐的治水理念,在江河湖库等水系基础上,修建河河相连、河湖(库)相连以及湖湖(库)相连等连通工程,维系或新建各类水体之间水流连接通道,以构建合理可控的水网体系,保持不同水体之间的水力联系和物质循环,实现水资源可持续利用,并支撑经济社会可持续发展 <sup>[27]</sup>	✓	✓	
	通过自然营力或工程措施建立河湖水系之间的水力联系,统称为河湖水系连通 <sup>[28]</sup>			✓
河湖 水系 连通	一般意义上的河湖水系连通是指以江河、湖泊、湿地以及水库等为基础,通过科学的调水、疏导、沟通、调度等措施建立或改变江河湖库水体之间的水力联系 <sup>[29]</sup>	✓	✓	
	以江河、湖泊、湿地以及水库等为基础,通过科学的调水、疏导、沟通、调度等措施建立或改变江河湖库水体之间水力联系 <sup>[30]</sup>	✓	✓	
	以可持续发展与人水和谐为原则,以水安全和流域生态健康为目标,基于水循环理论,通过工程措施以及水库闸坝调度等手段,建立河湖不同水体之间水力联系的措施和行为 <sup>[28]</sup>	✓	✓	✓
	在自然水系基础上通过自然和人为驱动作用,维持、重塑或构建满足一定功能目标的水流连接通道,以维系不同水体之间的水力联系和物质循环 <sup>[31]</sup>			✓
	在自然力和人力的双重作用下,人类有意识地改造河湖水系、实现水资源有效配置的行为 <sup>[32]</sup>			✓
	根据河、湖所具有的特性,通过自然与人工手段进行科学有效地连通,形成具有引排顺畅、蓄滞得当、丰枯调剂、多源互补、可调可控的脉络相通的水网体系 <sup>[33]</sup>	✓		✓
	河湖水系连通是在自然和人为作用下,人类为了实现自身的需求通过工程措施重新配置水资源的行为 <sup>[32]</sup>			✓

(3) 定义同时过宽过窄。比如定义中不包括“水系之间的连通”就存在“定义过宽”,同时还存在问题①②的定义过窄。

### 3 水系连通工程与水系连通的定义

#### 3.1 水系连通工程的定义与内涵

定义：利用水工程、河流及湖泊等构成水系之间水体转移通道的工程，称为水系连通工程。基于该定义可知：① 水体转移通道必须是连通 2 个及以上的水系；② “水系连通工程”的组成要素包括水工程、河流及湖泊等，其中水工程是最关键的、必不可少的要素，天然河流、湖泊等都只能与水工程串联形成连接通道，而非水系连通工程必不可少的要素；③ 水系级别不应是“水系连通工程”的标准，即最小的水系之间的连通工程也应是水系连通工程。

水系连通工程包括：简单到 1 个渠道或人工河道、抽水排水泵站、发电引水管道，复杂到众多水工程与天然河流和湖泊组成的大型或巨型系统，比如国内的南水北调、引黄济青、引滦入津等；国际上如美国的北水南调、苏联的东水西调、澳大利亚的东水西调等。

由于“水系连通工程”对人类社会的影 响很可能会显著超过传统水利工程，从定义的“属”来看，确定水系连通工程并列或超过水(利)工程的级别层次是合适的。基于水系连通工程的定义，可以探讨“国家水网”的定义，比如：利用水系连通工程形成的中国陆地七大水系连通的水流网络，称为国家水网。

#### 3.2 水系连通的定义与内涵

定义：水系连通是研究相连水系连接通道的形成、水系的演化及水体转移的影响的科学技术。该定义的内涵包括：

(1) “水系连通”研究类别定位为“科学技术”。

(2) “水系连通”的研究对象为 2 个及以上相连的水系及其连接通道、以及水体转移所影响的区域(包括不同级别的行政区划、南北方、东西部、跨境等)和领域(包括自然界、人类社会、国民经济、乃至国际关系等各领域)。小流域水系之间的水系连通也应该属于水系连通的范畴。

(3) 从时间维度上，水系连通需要研究水系之间连接通道的“形成”和连通后水系的“演化”。水系连接通道(包括客观存在的自然通道或已建、在建、扩建、改建及规划的连通工程)的形成受自然力(自然界的风力、水力、生物力等)和人类活动(水工程的勘测、规划、设计、施工各环节)的驱动，连通后水系的“演化”同样受自然力和人类活动(控制运用、影响评价等)的影响。

(4) “水体”是一个中性名词，可以包括各种现有相关专业术语，比如：水多、水少、脏水、污水、浑水、洪水等，还包括水能、水力或物质循环等，所以水系连通的移动要素实际上是“水体”，而且“水体”的性质决定了水系连通的目的和功能，例如水资源短缺问题(水质特性，优质水源由丰水地区向缺水地区转移)、防洪问题(水量特性，一部分超载洪量向其他水系转移)、水环境生态问题(水量和水力特性，将高等级优质水源转移至低等级水质水系)、航运问题(水力特性，实现跨水系的船舶航行)、发电问题(水量、水力及水能特性，实现跨水系水电站高水头多发电)等等。

(5) 从空间维度上，水系连通研究水体转移及伴生的内、外部影响。连接通道的地形地质条件和“水体转移”的功能(水资源配置、防洪调度、水环境生态调度、航运调度及发电调度等)决定了水系连通工程的组成和运用规则。连通工程无控制时，水体在水系间单向或双向、季节性或常态性的自由流动；连通工程有控制时，运移水体的时空变化受天然径流影响和水工程的调度运用规则控制。水体转移的影响既包括其对水系连通性和连通格局等的有利和不利变化，也包括对自然界、人类社会、国民经济、乃至国际关系等各领域的有利和不利变化。水体转移的距离越远、规模越大，时空影响范围就越广泛和越深远。例如苏联的东水西调工程，虽然让其成为世界最强大的棉花出口国，但对于生态环境的破坏却更为巨大，造成世界第四大咸水湖——咸海消失，数以万计的动植物灭亡，数以百万计的渔民和养殖户生活贫困。由此可见，水系连通的作用与影响涉及局部与全局、短期与长期等关系，由于人类认识的局限性，目前这些影响往往难以提前预测，只能滞后总

结评价。所以, 水系连通面临着大量更为重要迫切又更为复杂困难的科学问题, 甚至比传统水利学科所涉及的研究领域更宽、需要研究的作用与影响范围更广、研究难度更大, 且研究的科学技术层次更高。

(6) “形成与演化”和“影响”具有相互作用与反作用的关系。水系连接通道的形成、水系的演化势必会在时空上改变水体转移影响的区域和领域, 反之, 人们通过对影响的研究也会促进新的水系连接通道的形成与水系的演化。如何相互作用与反作用决定于自然界的规律、人类的认知和偏好。

综上所述, 本文认为: 水系连通是基础与应用相结合, 自然科学、工程技术及社会科学相结合的科学技术。在科学技术层次和国家战略层面上, 水系连通甚至比传统水利工程学科更高。所以, 给出这种层次的定义是合适的, 也有利于促进水利行业抓住“国家水网”的建设机会, 使水利学科和水利行业向更高层次迈进。

## 4 水系连通和水系连通工程的分类

目前有多位学者采用不同的分类准则进行了“河湖水系连通”的分类研究(表4)。

分类准则决定了分类体系完善和规范的程度, 也决定了水系连通理论体系和工程实践框架, 每1个子类必须已经或潜在具有相应的理论和方法作为基础。水系连通和水系连通工程是2个完全不同类型的概念, 所以, 它们的分类准则和方法也不一样。

表4 现行主要水系连通分类准则

Table 4 Current classification criteria for Interconnected water system

文献	连通功能 (目的)	连通 区域	连通空 间尺度	连通时间 尺度(时效)	连通 对象	驱动 因素	连通方式 (性质)	水系 特点	连通 方向
[34]	✓								
[31]	✓	✓	✓	✓	✓				
[35]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
[36]	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓

### 4.1 水系连通的分类

(1) 依据连接通道的形成与演化归因划分。可分为自然力驱动和人类活动创建两方面归因。研究内容包括自然界中客观存在的风力、水力、生物力等对水系连通的作用机理研究, 以及水工程的勘测、规划、设计、施工、控制运用、影响评价等人类活动影响下的各环节技术与开发。前者属于自然科学范畴, 后者则属于工程技术范畴。

(2) 依据科学技术领域划分。水系连通研究所涉及的科学技术门类众多, 至少包括自然地理、地质、水信息、水力学、河流动力学、水文学、水资源(水权)、水环境、水生态、水工程、水安全、水保险、水经济(三产)、水法规、水文化、水教育、水争端(水冲突)、社会学、城市规划乃至国际关系等。

(3) 依据连通对象划分。水系的连通将直接影响到连通对象及其关联的区域和领域, 各连通对象在水循环系统中起到不同的作用, 具有相应的研究水体运动和演变规律的学科理论体系支撑。所以, 依据水系连通的对象分类可以充分考虑其特性, 即有利于应用相应的计算方法和相关的规程规范, 进行具体问题具体分析。水系连通对象应包括: 河流、湖泊、水库、湿地及海洋(见表5), 它们自组合或互组合都构成“水系连通”的子类, 比如“河湖水系连通”、“河河水系连通”等, 还包括“河网型”的内部连通。一个实际的水系连通可能会有“一对一”、“一对多”、“多对一”及“多对多”对象的连通。

(4) 依据水系连通功能划分。根据表2和现有工程实践, 水系连通的功能可分为: 水资源配置、水环境修复、水灾害抵御、水景观维护、水运交通及引水发电<sup>[34, 39-40]</sup>。水资源配置、水环境修复及水灾害抵御还可细分2种类型(如表6所示)。1个水系连通工程至少包括1种及以上的功能。

连通功能对应水系连通工程需解决的主要水安全问题, 如中国范围内特色鲜明、代表突出的4个典型区

域面临不同的水安全问题,则相应的水系连通工程也需“对症下药”:①渭河关中地区是典型的水资源短缺区,水系连通工程以水资源配置为主;②沂沭泗流域为山丘平原区,河湖蓄滞能力差,洪旱急转,水系连通以防洪减灾和河网连通为主;③吉林西北部是水生态脆弱区,湿地水源短缺,水生境退化,水系连通工程以生态修复为主;④武澄锡虞片区是水灾害易发区、水环境恶化区,水系连通工程以水灾害抵御和水环境修复为主。

表5 水系连通对象的基本类型

Table 5 Basic types of connected objects in the water system

连通对象	定义	作用	连通影响
河流 <sup>[36]</sup>	陆地表面上接纳地面径流和地下径流的天然的固定延伸泄水凹槽。河水沿着其经常性或周期性地向海洋、湖泊或另一河流	是水文循环的重要路径,是水系间水体交换的媒介和途径,是泥沙、盐类和化学元素等进入湖泊、海洋的通道	水体的流动性;水体与河流的相互作用
湖泊 <sup>[37]</sup>	陆地上比较宽阔的天然洼地中蓄积着停滞或缓慢流动的水体,称为湖泊。它是湖盆和运动的湖水相互作用的综合体	在水系中起着存蓄水体的作用,是水体调蓄的最主要场所;具有调蓄水量、提供饮水、灌溉、航运、养殖等功能	水体的质、量;水体与湖岸床的相互作用
水库 <sup>[14]</sup>	拦蓄和调节河川径流的蓄水工程。常指在河流上筑坝挡水,起径流调节作用,形成一定范围的人工水域	能起兴利除害(防洪、灌溉、发电、航运、供水、渔业、旅游)的多种作用	水体功能属性(防洪、供水、发电、航运、生态等)
湿地 <sup>[16]</sup>	自然或人工形成的带有静止或流动水体的成片浅水区和低潮时水深小于6m的近海水域。自然湿地包括沼泽、泥炭地、湖泊、河流、海滩、盐沼等;人工湿地主要有水库、水稻田、池塘等	为水生动植物栖息、繁衍、生长和候鸟越冬之所,具有调节气候、涵养水源、滞洪蓄洪、控制土壤侵蚀、降解污染物质、维持生物多样性和保护环境等功能	生态系统、水环境
海洋 <sup>[38]</sup>	地球上,由广大的连续咸水体组成的海和洋的统称。其中心部分称“洋”,边缘部分称“海”,二者相互连成一体为“世界大洋”	海洋是地球环境中水圈的主体,与大气圈、岩石圈以及生物圈相互依存、相互作用,成为控制地球表面环境和生命特征的一个基本环节	排泄洪水;海洋生态

表6 水系连通功能的基本类型

Table 6 Basic types of interconnected water system

连通功能分类	功能说明	特征	连通实例	
水资源配置	外调供水型	解决地区性的供水不足和缺水问题	跨区域(流域)的调水,有明显的调水区和受水区	引黄济青工程
	河网连通型	解决河网不畅、水资源调配能力差的问题	整治、疏浚及连通河网	淮安市重点区域水系连通工程
水环境修复	水质改善型	解决重点河流、湖泊的水质问题	构建水置换通道,加快水体的循环和更新速度	珠江压咸补淡工程
	生态修复型	修复生态系统(如各类湿地)	补充必要的生态水量,保证湿地系统的水量需求	扎龙湿地补水工程
水灾害抵御	防洪减灾型	增强对洪水的抵御能力	连通区域内滞蓄洪水的湖泊、湿地、水库和行洪河道	洞庭湖与长江连通
	除涝防渍型	提升除涝防渍能力	加强水系疏通以及排引功效	山东省海河流域水网化建设
水景观维护	为城市提供优美的水景观	为城市居民提高宜人的水文环境	桂林两江四湖工程	
水运交通	提供航运通道	通过水系连通保证水运通道的正常运行	京杭大运河	
引水发电	开发利用水能资源	跨水系引水发电	引洮工程九甸峡水利枢纽	

## 4.2 水系连通工程的分类

如果将水系连通工程作为一个新的工程类别,那么现有的一部分(甚至很大一部分)传统水利工程就应该划入水系连通工程类别。根据水系连通工程是否可控,可将其分为“自流型”与“可控型”。基于现有水工程类型(表1),水系连通工程可划分为3种类型。

(1) 引水型。指借重力作用实现水体转移的水系连通工程,引水型包括“自流型”与“可控型”。如果

水源直接面向终端用户,利用管道或渠道输送工业和生活用水,则不属于水系连通工程。如果水库的灌溉渠系利用其他水系的河流和湖泊,则应属于水系连通工程;如长江与洞庭湖之间新建扩建分流通道、“河网型”内部连接通道、引水发电、分洪蓄洪等工程,只要具有水系间水体转移,就是引水型水系连通工程。

(2) 提水型。指利用水泵等抽水装置实现水体转移的水系连通工程。提水型一定是“可控型”。提水型通过一系列提水工程(泵站)将低海拔水系中的水体转移到高海拔水系中,比如著名的南水北调东线工程从长江至东平湖设13个梯级抽水站,总扬程65 m,逐级提水向黄淮海平原东部、胶东地区和京津冀地区提供生产生活用水。利用泵站将受内涝影响河流和湖泊等的水体提升输送至外江、或将外江水体提升输送至河流和湖泊等,均属于提水型水系连通工程的范畴。

(3) 蓄引提结合型。蓄引提结合型属于部分或全部“可控型”。蓄引提结合型是蓄、引、提水工程2种及以上的结合,一项综合性的水系连通工程往往包含蓄、引、提水工程的多种,如中国的南水北调工程就包含了众多蓄水、引水及提水工程。

## 5 结 论

基于水利行业名词概念的使用、定义及分类方法比较混乱的现状,在简要阐述形式逻辑学给名词下定义的方法与规范的基础上,应用形式逻辑学开展水系连通概念的相关研究。

(1) 结合水利行业名词定义的主要问题分析,论述名词定义的意义和重大作用,提出名词定义的内涵决定其概念的科学与工程层次的观点,分析水系连通工程对于国家战略层面的重要性。

(2) 从语法和逻辑2个方面,系统论证应用“水系连通”替代“河湖水系连通”的必要性和科学性,评析现有多种“水系连通工程”定义存在的问题。

(3) 应用形式逻辑学的属加种差法,分别定义“水系连通”和“水系连通工程”,并详细论述其内涵。该定义比现行各种定义更科学、更简洁合理。

(4) 从科学技术和工程技术角度,分别对水系连通和水系连通工程进行分类,科学地处理概念定义适应性与分类完整性的关系,即子类的增加一般不需要进行定义的频繁修改。

### 参考文献:

- [1] 王中根,李宗礼,刘昌明,等. 河湖水系连通的理论探讨[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 523-529. (WANG Z G, LI Z L, LIU C M, et al. Discussion on water cycle mechanism of interconnected river system network[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(3): 523-529. (in Chinese))
- [2] 李原园, 郦建强, 李宗礼, 等. 河湖水系连通研究的若干问题与挑战[J]. 资源科学, 2011, 33(3): 386-391. (LI Y Y, LI J Q, LI Z L, et al. Issues and challenges for the study of the interconnected river system network[J]. Resources Science, 2011, 33(3): 386-391. (in Chinese))
- [3] 陈雷. 立足科学发展着力改善民生做好水利发展“十二五”规划编制工作: 在全国水利发展“十二五”规划编制工作会议上的讲话[J]. 中国水利, 2009(21): 1-5. (CHEN L. Based on scientific development, strive to improve people's livelihood, do a good job in the preparation of the 12th Five Year Plan for water conservancy development[J]. China Water Resources, 2009(21): 1-5. (in Chinese))
- [4] 中共中央 国务院关于加快水利改革发展的决定[EB/OL]. (2011-01-29)[2020-05-20]. [http://www.gov.cn/jrzq/2011-01/29/content\\_1795245.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2011-01/29/content_1795245.htm). (Decision of the CPC Central Committee and the State Council on accelerating the reform and development of water conservancy[EB/OL]. (2011-01-29)[2020-05-20]. [http://www.gov.cn/jrzq/2011-01/29/content\\_1795245.htm](http://www.gov.cn/jrzq/2011-01/29/content_1795245.htm). (in Chinese))
- [5] 陈雷. 推进水利跨越式发展中规划计划工作应着力把握的几个问题: 在全国水利规划计划工作会议上的讲话[J]. 中国水利, 2012(4): 1-7. (CHEN L. Several issues to be grasped in planning and planning work in promoting the leapfrog development

- of water conservancy: speech at the national water conservancy planning and planning conference[J]. *China Water Resources*, 2012 (4): 1-7. (in Chinese))
- [6] 崔国韬, 左其亭. 河湖水系连通与最严格水资源管理的关系[J]. *南水北调与水利科技*, 2012, 10(2): 129-132. (CUI G T, ZUO Q T. Relationship between interconnected river system network and the strictest water resources management system[J]. *South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology*, 2012, 10 (2): 129-132. (in Chinese))
- [7] VANNOTE R L, MINSHALL G W, CUMMINS K W, et al. The river continuum concept[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1980, 37(1): 130-137.
- [8] ROGERS K, BIGGS H. Integrating indicators, endpoints and value systems in strategic management of the rivers of the Kruger National Park[J]. *Freshwater Biology*, 1999, 41(2): 439-451.
- [9] 崔国韬, 左其亭, 窦明. 国内外河湖水系连通发展沿革与影响[J]. *南水北调与水利科技*, 2011, 9(4): 73-76. (CUI G T, ZUO Q T, DOU M. Development evolution and influences of the interconnected river system network at home and abroad[J]. *South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology*, 2011, 9 (4): 73-76. (in Chinese))
- [10] DORSEY J H. Improving water quality through California's Clean Beach Initiative: an assessment of 17 projects [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2010, 166(1/2/3/4): 95-111.
- [11] 侯雨晴, 张艺馨, 吴桐, 等. 正确把握“种差+属”的下定义方法: 仅以物理中的若干概念为例[J]. *物理通报*, 2018 (1): 108-110. (HOU Y Q, ZHANG Y X, WU T, et al. Correctly grasp the definition method of “species difference + genus”: taking some concepts in physics as examples[J]. *Physics Bulletin*, 2018 (1): 108-110. (in Chinese))
- [12] 普通逻辑编写组. 普通逻辑[M]. 4版. 上海: 上海人民出版社, 1993: 122-129. (General Logic Group. *General logic*[M]. 4th ed. Shanghai: Shanghai People's publishing house, 1993: 122-129. (in Chinese))
- [13] 资源科学技术名词审定委员会. 资源科学技术名词[M]. 北京: 科学出版社, 2008: 123-133. (Chinese Terms in Resource Science and Technology. *Chinese terms in science and technology*[M]. Beijing: Science Press, 2008: 123-133. (in Chinese))
- [14] 左东启. 中国土木建筑百科全书: 水利工程[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008: 51-60. (ZUO D Q. *Encyclopedia of architecture & civil engineering of China: water conservancy engineering*[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2008: 51-60. (in Chinese))
- [15] 水利科技名词审定委员会. 水利科技名词[M]. 北京: 科学出版社, 2016: 129-130. (Water Conservancy Science and Technology Terms Review Committee. *Chinese terms in water conservancy*[M]. Beijing: Science Press, 2016: 129-130. (in Chinese))
- [16] 河海大学《水利大辞典》编辑修订委员会. 水利大辞典[M]. 上海: 上海辞书出版社, 2015: 184-199. (The Editing and Revision Committee of the “Dictionary of Water Conservancy” of Hohai University. *The dictionary of water conservancy*[M]. Shanghai: Shanghai Lexicographical Publishing House, 2015: 184-199. (in Chinese))
- [17] 刘敏, 方如康. 现代地理科学词典[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 167-190. (LIU M, FANG R K. *Dictionary of modern geography science*[M]. Beijing: Science Press, 2009: 167-190. (in Chinese))
- [18] 封吉昌. 国土资源实用词典[M]. 武汉: 中国地质大学出版社有限责任公司, 2011: 588-590. (FENG J C. *Practical dictionary of land and resources*[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press Co., Ltd., 2011: 588-590. (in Chinese))
- [19] HERRON N, WILSON C. A water balance approach to assessing the hydrologic buffering potential of an alluvial fan[J]. *Water Resources Research*, 2001, 37(2): 341-351.
- [20] FREEMAN M C, PRINGLE C M, JACKSON C R. Hydrologic connectivity and the contribution of stream headwaters to ecological integrity at regional scales[J]. *Journal of the American Water Resources Association*, 2007, 43(1): 5-14.
- [21] PRINGLE C. What is hydrologic connectivity and why is it ecologically important? [J]. *Hydrological Processes*, 2003, 17(13): 2685-2689.
- [22] HOOKE J M. Human impacts on fluvial systems in the Mediterranean region[J]. *Geomorphology*, 2006, 79(3/4): 311-335.
- [23] BRACKEN L J, CROKE J. The concept of hydrological connectivity and its contribution to understanding runoff-dominated geomorphic systems[J]. *Hydrological Processes*, 2007, 21(13): 1749-1763.
- [24] GUBIANI É A, GOMES L C, AGOSTINHO A A, et al. Persistence of fish populations in the upper Paraná River: effects of water regulation by dams[J]. *Ecology of Freshwater Fish*, 2007, 16(2): 191-197.

- [25] TURNBULL L, WAINWRIGHT J, BRAZIER R E. A conceptual framework for understanding semi-arid land degradation: ecohydrological interactions across multiple-space and time scales[J]. *Ecohydrology*, 2008, 1(1): 23-34.
- [26] 李宗礼, 李原园, 王中根, 等. 河湖水系连通研究: 概念框架[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(3): 513-522. (LI Z L, LI Y Y, WANG Z G, et al. Research on interconnected river system network: conceptual framework[J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(3): 513-522. (in Chinese))
- [27] 刘伯娟, 邓秋良, 邹朝望. 河湖水系连通工程必要性研究[J]. *人民长江*, 2014, 45(16): 5-6. (LIU B J, DENG Q L, ZOU C W. Study on necessity of project construction for connecting rivers and lakes[J]. *Yangtze River*, 2014, 45(16): 5-6. (in Chinese))
- [28] 徐宗学, 庞博. 科学认识河湖水系连通问题[J]. *中国水利*, 2011(16): 13-16. (XU Z X, PANG B. Cognition scientifically of river and lake systems interconnection[J]. *China Water Resources*, 2011(16): 13-16. (in Chinese))
- [29] 刘加海. 黑龙江省河湖水系连通战略构想[J]. *黑龙江水利科技*, 2011, 39(6): 1-5. (LIU J H. Strategic vision of connecting river and lake system in Heilongjiang Province[J]. *Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy*, 2011, 39(6): 1-5. (in Chinese))
- [30] 李原园, 李宗礼, 郗建强, 等. 水资源可持续利用与河湖水系连通[C] //中国水利学会2012学术年会论文集. 郑州: 黄河水利出版社, 2012. (LI Y Y, LI Z L, LI J Q, et al. Sustainable use of water resources and the connection of rivers and lakes[C] //Proceedings of the 2012 Academic Annual Conference of the Chinese Society of Hydraulic Engineering. Zhengzhou: The Yellow River Water Conservancy Press, 2012. (in Chinese))
- [31] 窦明, 崔国韬, 左其亭, 等. 河湖水系连通的特征分析[J]. *中国水利*, 2011(16): 17-19. (DOU M, CUI G T, ZUO Q T, et al. Character analysis of river and lake system interconnection[J]. *China Water Resources*, 2011(16): 17-19. (in Chinese))
- [32] 唐传利. 关于开展河湖连通研究有关问题的探讨[J]. *中国水利*, 2011(6): 86-89. (TANG C L. Discussion on issues related to river lake connectivity research[J]. *China Water Resources*, 2011(6): 86-89. (in Chinese))
- [33] 王中根, 李宗礼, 刘昌明, 等. 河湖水系连通的理论探讨[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(3): 523-529. (WANG Z G, LI Z L, LIU C M, et al. Discussion on water cycle mechanism of interconnected river system network[J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(3): 523-529. (in Chinese))
- [34] 崔国韬, 左其亭, 李宗礼, 等. 河湖水系连通功能及适应性分析[J]. *水电能源科学*, 2012, 30(2): 1-5. (CUI G T, ZUO Q T, LI Z L, et al. Analysis of function and adaptability for interconnected river system network[J]. *Water Resources and Power*, 2012, 30(2): 1-5. (in Chinese))
- [35] 夏军, 高扬, 左其亭, 等. 河湖水系连通特征及其利弊[J]. *地理科学进展*, 2012, 31(1): 26-31. (XIA J, GAO Y, ZUO Q T, et al. Characteristics of interconnected rivers system and its ecological effects on water environment[J]. *Progress in Geography*, 2012, 31(1): 26-31. (in Chinese))
- [36] 高常军, 高晓翠, 贾朋. 水文连通性研究进展[J]. *应用与环境生物学报*, 2017, 23(3): 586-594. (GAO C J, GAO X C, JIA P. Summary comments on hydrologic connectivity[J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2017, 23(3): 586-594. (in Chinese))
- [37] 邓绶林, 刘文彰. 地学辞典[M]. 石家庄: 河北教育出版社, 1992: 387-388. (DENG S L, LIU W Z. Geoscience dictionary[M]. Shijiazhuang: Hebei Education Press, 1992: 387-388. (in Chinese))
- [38] 国家海洋局科技司, 辽宁省海洋局《海洋大辞典》编辑委员会. 海洋大辞典[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1998: 284-285. Department of Science and Technology, State Oceanic Administration, Editorial Committee of "Ocean Dictionary", Oceanic Administration of Liaoning Province. Ocean dictionary[M]. Shenyang: Liaoning People's Publishing House, 1998: 284-285. (in Chinese))
- [39] 狄高健, 韩雷, 田振华, 等. 基于连通功能的河湖水系连通国内相关案例分析[J]. *水利科学与寒区工程*, 2018, 1(1): 19-22. (DI G J, HAN L, TIAN Z H, et al. Study on domestic related projects of interconnected river system network based on connectivity function[J]. *Hydro Science and Cold Zone Engineering*, 2018, 1(1): 19-22. (in Chinese))
- [40] 阎苗渊. 浅析河湖水系连通功能体系构建[J]. *建筑工程技术与设计*, 2015(10): 1667. (YAN M Y. Analysis on the construction of river lake water system connectivity function system[J]. *Construction engineering technology and design*, 2015(10): 1667. (in Chinese))

## Research on the definition and classification of interconnected water systems based on logic norms \*

CHEN Senlin<sup>1,2</sup>, MAO Yuxin<sup>2</sup>, LI Dan<sup>2</sup>, LIANG Bin<sup>2</sup>, SUN Yating<sup>3</sup>, TAN Anqi<sup>2</sup>

(1. *State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China;*

2. *School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;*

3. *Bureau of Hydrology and Water Resources Survey of the Middle Reaches of the Yangtze River, Yangtze River Water Resources Commission, Wuhan 430072, China)*

**Abstract:** Definition of interconnected water systems determines its level of science and engineering technology. How to summarize existing research and engineering practice scientifically, the research on the definition and classification of interconnected water systems is of great value in theoretical and applications. In response to this problem, this article discusses the meaning and important role of defining the term based on formal logic methods and norms combined with an analysis of the main problems associated with the current term definitions used in the water conservancy industry. Then, we systematically demonstrated the necessity and scientificity of applying an interconnected water system instead of a river and lake water system connection and analysed the various problems that exist in association with the current definition of an interconnected water system. On this basis, the following definition of an interconnected water system is given: “science and technology that study the formation of connected water system channels, the evolution of water systems, and the impact of water body transfers”; interconnected water system engineering is herein defined as “a project that constitutes water transfer channels among water systems through water engineering techniques, rivers and lakes”. Then, the connotations and classifications of these two definitions are discussed. These definitions are more scientific, concise and reasonable than the currently used definitions, and more importantly, each definition can scientifically handle the relationship between the adaptability of the concept definition and the completeness of the classification.

**Key words:** interconnected water system; interconnected water system engineering; connotation; classification

---

\* The study is financially supported by the National Key R&D Program of China (No. 2018YFC0407200) and the National Natural Science Foundation of China (No. 51779177).