

· “长江南京以下12.5 m深水航道建设”专栏(23) ·

长江下游仪征水道12.5 m深水航道 整治工程方案优化



王爱春^{1,2}

(1. 长江南京航道局, 江苏南京 210011; 2. 长江南京以下深水航道建设工程指挥部, 江苏南京 210017)

摘要: 在已有研究成果的基础上, 以仪征水道实测资料为依据, 分析本段河床演变和航道存在的主要问题。在此基础上, 结合该段航运发展需求和航道整治目标, 提出航道整治方案设想, 并对工程方案进行优化研究, 为该段12.5 m深水航道整治提供参考。

关键词: 仪征水道; 河床演变; 航道; 治理; 方案优化

中图分类号: U 617

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)06-0001-06

Optimization of waterway regulation scheme of Yizheng water reach in the lower reach of the Yangtze River

WANG Ai-chun^{1,2}

(1. Changjiang Nanjing Waterway Bureau, Nanjing 210011, China;

2. The Yangtze River below Nanjing Research Deep-water Channel Construction Project Management Team, Nanjing 210017, China)

Abstract: Based on the research results have been and field data of Yizheng waterway, this paper analyzes the bed evolution regularity and main problem of the waterway, and proposes the waterway regulation idea based on the navigation development demands and waterway regulation targets. It also carries out a research on the optimization of the engineering scheme to serve as reference for the 12.5 m deepwater channel regulation.

Keywords: Yizheng water reach; bed evolution; waterway regulation; scheme optimization

长江南京以下12.5 m深水航道建设二期工程范围上起南京市新生圩, 下至南通市天生港区, 河道全长约227 km, 碍航浅段主要有仪征水道(世业洲)、和畅洲汊道(焦山水道和丹徒直水道)、口岸直水道、福姜沙水道。围绕12.5 m深水航道上延南京的建设目标, 在南京以下深水航道建设工程指挥部统一部署下, 相关科研单位^[1-2]通过数学模型和物理模型开展了前期研究工作, 研究了工程方案效果, 并对方案平面布置进行优化。此外, 为稳定仪征水道局部河势、改善航道条件, 多年来许多学者也对该汊道的演变及治理对策进行了分析总结^[3-5]。

本文在已有研究的基础上, 通过收集分析仪征水道最新的河道地形和水文测验资料, 结合当前南京以下河段12.5 m深水航道整治的需求, 从航道整治的角度, 提出仪征水道航道整治方案, 并对方案进行优化研究, 为该段12.5 m深水航道整治提供参考。

1 河道概况

仪征水道是南京以下河段12.5 m深水航道治理的难点, 也是长江口深水航道进一步向上延伸的关键控制河段之一。仪征水道上起三江口, 下迄瓜州, 全长31 km, 为微弯分汊河型。

收稿日期: 2015-10-19

作者简介: 王爱春(1977—), 男, 高级工程师, 从事航道维护和治理工作。

以十二圩为界，上段为顺直微弯段，近百年来受进口三江口、礁板矶一对节点控制，河道稳定少变。下段为微弯分汊段，江中世业洲将水道分为左右两汊：右汊为主汊，河道弯曲，平均河宽约 1 450 m；左汊为支汊，呈顺直型，平均河宽约 880 m。世业洲右汊为主汊，分流比

约 58%，也是现行通航主航道所在；左汊为地方小轮航道。

仪征水道所在的南京—浏河口段的航道维护尺度几经调整，维护标准不断提高，最新一轮调整是在 2012 年 5 月，将南京至江阴的分月维护水深由 10.5 m 提高到 10.8 m。

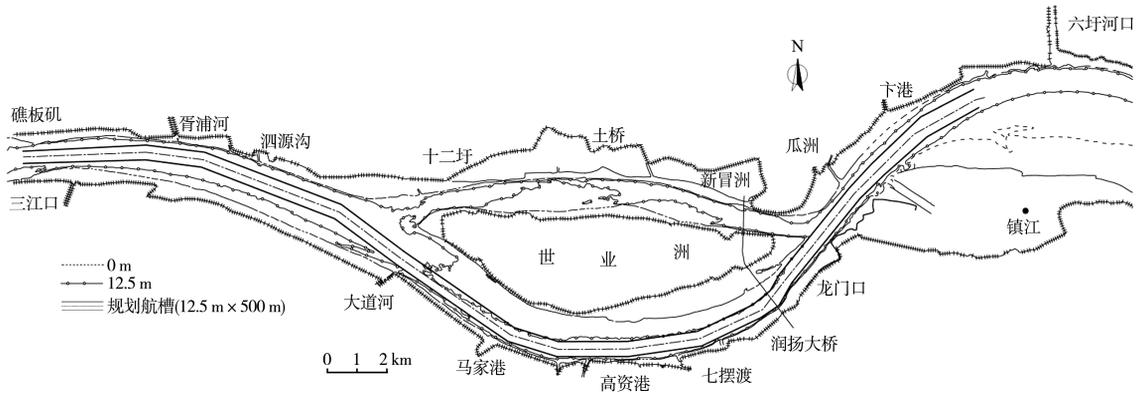


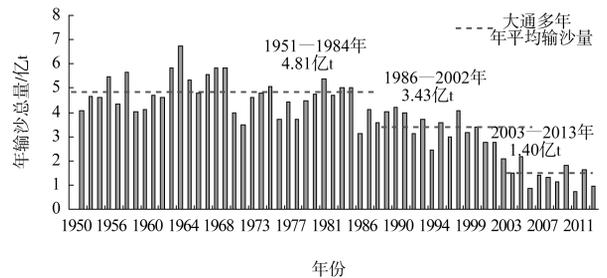
图 1 2014 年 7 月仪征水道河道形势

1.1 水沙特性

长江下游最后一个水文站大通站距工程河段进口约 310 km，由于受三峡工程蓄水影响，近年来大通站水沙条件有所变化，年径流量变化的随机性较好，年输沙量变化自 20 世纪 80 年代晚期开始减小，低于平均值，这可能与流域水土保持与支流梯级开发拦蓄泥沙有关。2003 年三峡水库蓄水后，拦截了部分下泄泥沙，大通输沙量明显下降(图 2)。

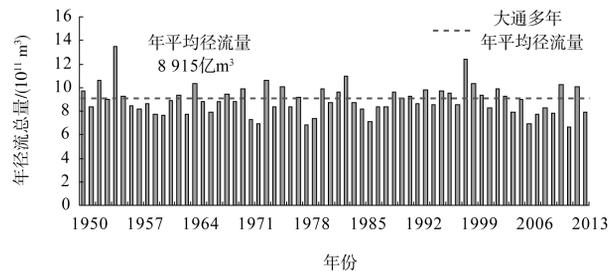
1.2 潮汐

本水道处于感潮河段，基本表现为 1 d 内两涨两落，基本不出现上溯潮流。根据镇江站多年潮位观测资料：多年平均潮位 2.67 m，多年平均潮差 0.96 m，平均涨潮历时约 3 h 20 min，平均落潮历时 9 h。



b) 大通历年输沙总量

图 2 1950—2013 年大通站历年径流量、历年输沙量变化



a) 大通历年径流总量

2 河床演变及航道问题

2.1 河床演变特点

2.1.1 分流比变化

近年来，世业洲汊道处于左汊缓慢发展、右汊相对萎缩阶段，左汊分流比缓慢增加。20 世纪 70 年代以前，左右汊的分流和分沙比一般在 1:4.4，即左汊的分流比为 18.7%，两汊处于相对稳定阶段。20 世纪 70 年代中期至 90 年代初期，左汊分流比开始缓慢地增加，年均增大约 0.1%；1995 年后连续大洪水作用期间，左汊分流比增加速度明显加大；2000 年以后增速又趋缓，但增长幅度相对 1998 年大洪水前有所增大，2002—2010 年年均增大约 0.4%，至 2010 年 3 月左汊分流比已经达到 36.3%，

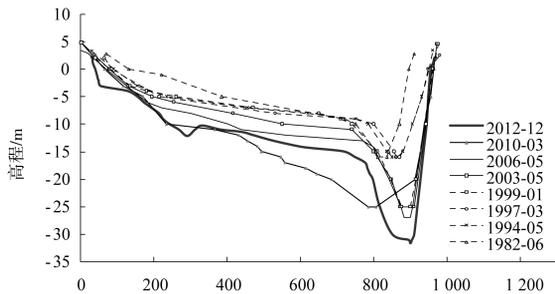
2012 年 12 月左汉分流比增加至 38.8%(图 3)。



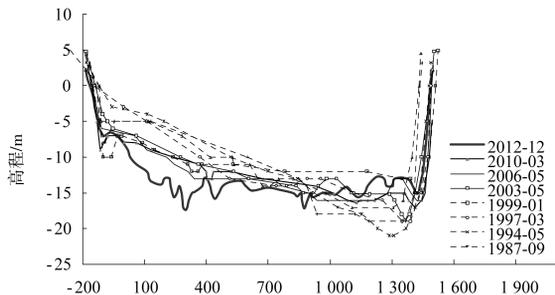
图 3 世业洲左汉分流比随时间的变化

2.1.2 河床冲淤

近年来,世业洲头低滩冲刷,其中 2006—2010 年低滩冲刷幅度为 3 m 左右;世业洲左汉整体表现为冲深,其中 2006—2010 年河床冲深幅度在 2.0~4.0 m,局部位置冲刷幅度为 4 m 以上;世业洲右汉表现为冲滩淤槽,航槽内淤积幅度为 2.0~4.0 m,右汉中下段表现为世业洲右缘边滩淤长,深槽冲刷,达到 2~3 m (图 4)。



a) 世左1



b) 世右2

图 4 仪征水道典型断面冲淤变化

2.2 航道问题

近年枯期地形分析表明(表 1):2001 年以前在世业洲右汉进口及中上段部分年份 12.5 m 等深线不通或宽度不足 500 m,1986 年右汉中段马家

口附近 12.5 m 槽宽度不到 100 m;1990、1998、2000 年枯期 12.5 m 等深线在右汉新河口—马家口一线断开;2001 年在新河口、马家口附近河心存在水深不足 12.5 m 的心滩,局部 12.5 m 航宽仅 190 m,2004 年以后,12.5 m 航槽宽度基本到达 500 m 以上,2010 年左汉进口 12.5 m 航槽宽度基本达到 500 m 的要求,但随着右槽冲滩淤槽的影响,2012 年的 12.5 m 水深又有所恶化,右汉进口大道河附近最小航宽仅有 346 m。

表 1 仪征水道航道条件

| 时间 | 12.5 m 航槽情况 | 航道问题 |
|---------|--------------------------------------|------|
| 1988-11 | 部队农场—马家口之间存在沙包 (480 m×1 040 m) | 航宽不足 |
| 1996-04 | 马家口附近最小宽度 500 m | 航宽不足 |
| 2001-03 | 马家港附近存在 1 340 m×380 m 沙包, 最小水深 7.9 m | 航深不足 |
| 2003-03 | 马家口附近有 2 个沙包 | 航深不足 |
| 2011-01 | 部队农场附近 12.5 m 槽最小宽度 415 m | 航宽不足 |
| 2014-07 | 新河口至马家港一带航宽不足,最小航宽 345 m | 航宽不足 |

注:数据来源于长江航道规划设计研究院《长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程仪征水道航道整治方案研究》。

2.3 演变趋势预测

从近 10 a 来仪征水道航道条件变化特点看,水流顶冲世业洲洲头导致洲头低滩冲刷后退,右汉进口段主流左摆偏向世业洲右缘导致右缘低滩头部持续冲刷后退,滩型散乱,右侧深槽淤积,呈现明显的冲滩淤槽的演变趋势,使得世业洲右汉航道条件持续恶化。随着三峡蓄水对长江下游乃至河口段的影响逐渐显著,典型分汉段洲头及边滩冲刷将更为明显,且遇不利水沙年份边滩大幅冲失后短期难以恢复,难以形成稳定的滩槽格局,对航道的长期稳定极为不利。

根据数学模型和物理模型试验研究成果,经过系列水沙年作用后,左汉总体呈持续发展势态,右汉世业洲右缘边滩进一步冲刷散乱,深槽淤积,12.5 m 深槽宽度持续减小,航道条件显著恶化,不能满足 12.5 m 深水航道的建设要求。

3 治理方案初步设想

3.1 治理思路

- 1) 守护世业洲洲头低滩，控制左汉进口段河床进一步下切，稳定汉道分流格局；
- 2) 守护世业洲右缘低滩，塑造有利的滩槽形态，适当调整右汉进口段流场，增大右汉中上段航槽水流动力，改善航道条件。

3.2 初步治理方案

- 1) 世业洲头部潜堤及南北两侧丁坝，主要功能是守护世业洲头部低滩，稳定汉道分流格局；
- 2) 左汉进口护底带：抑制左汉分流比增大；
- 3) 世业洲右缘丁坝：守护边滩、增大航槽局部水流动力。

仪征水道整治工程平面布置见图5。

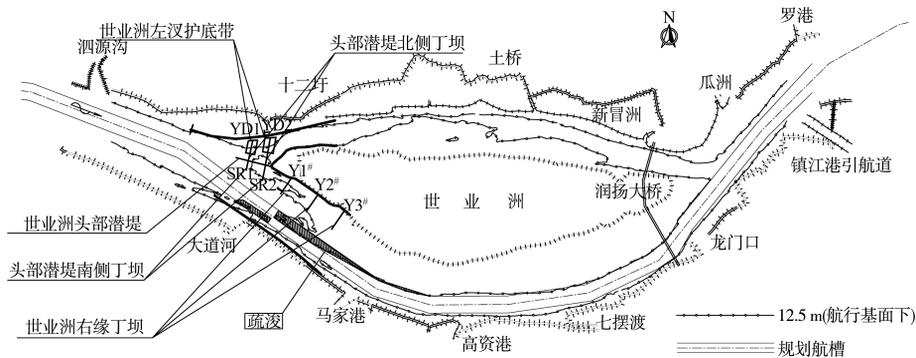


图5 仪征水道整治工程平面布置

4 治理方案优化研究

4.1 优化思路

- 1) 整治效果优化：为加强右汉浅区水流动力，保证平常水文年份仪征水道不需要进行维护性疏浚的目标，分别考虑对世业洲右缘丁坝采取不同程度和措施的加强。
- 2) 控制左汉分流比：根据前期研究成果，北侧丁坝高程越大、长度越长，对左汉过度发展的控制效果越好。但由于世业洲左汉目前为小轮航道，且左汉内有大量的船厂码头，中小型船舶在左汉进口处进出频繁，船舶航行安全性要求北侧丁坝长度和高度不宜过高。可考虑将北侧丁坝轴线调整为与水流流向正交，调整坝纵剖面为变坡以加大丁坝阻水面积，以加强对左汉的限流效果，同时保证左汉进口段 10.5 m 水深的河槽宽度达到 400 m，确保进出船舶的航行安全。

3) 流态优化：根据物模试验成果^[6]，在世业洲洲头潜堤尾部存在较为明显的横向越堤水流，可能加剧局部冲刷，考虑对潜堤根部加高，减弱横向越堤水流及局部冲刷强度。

4.2 优化部位

在深入分析方案效果的基础上，针对世业洲

右缘丁坝高程、世业洲头部潜堤高程、头部潜堤南侧丁坝位置及高程、世业洲左汉护底带轴线方向等方面进行了优化设计（表3）。

- 1) 世业洲右缘丁坝：由初步方案中头部高程为 -9 m (平坡) 改为头部高程为 -8 m (变坡 1:200)，加强右汉浅区水流动力；
- 2) 世业洲头部潜堤：增加根部高程，由初设方案 0 m 增加至 2 m；
- 3) 世业洲头部潜堤北侧丁坝：轴线调整为与水流流向正交，坝纵剖面为变坡以加大丁坝阻水面积，以加强对左汉的限流效果；
- 4) 世业洲头部潜堤南侧丁坝：减弱南侧丁坝纵剖面型态，调整平面位置。

4.3 推荐方案工程效果

1) 流速变化。

数学模型^[7]计算表明：工程实施后，世业洲洲头守护区域及世业洲右缘工程区域流速普遍减缓；右汉航槽内流速普遍增加（图7），其中大道河口至马家港浅区段航槽内流速增幅明显；左汉河槽内流速普遍减小，流量为 28 500 m³/s，右汉航槽内流速增幅为 0.01~0.15 m/s。

表 3 初步和推荐方案整治建筑物平面布置对比

| 组成 | 分项 | 初步方案 | | 推荐方案 | |
|------|-----|-------|----------------------------------|-------|------------------------------------|
| | | 长度/m | 高程/m | 长度/m | 高程/m |
| 潜堤 | 潜堤 | 1 175 | 0~-8.5 | 1 175 | 2~-8.5 |
| 北侧丁坝 | SL1 | 200 | 根部 130 m 高程与根部潜堤高程相同, 头部高程为-10 m | 191 | 根部 145 m 高程与根部潜堤高程相同, 头部高程分别为-10 m |
| | SL2 | 350 | 根部 280 m 高程与根部潜堤高程相同, 头部高程为-10 m | 320 | 根部 280 m 高程与根部潜堤高程相同, 头部高程分别为-10 m |
| 南侧丁坝 | SR1 | 300 | 根部高程与潜堤高程相同, 头部高程-10 m | 365 | 根部与潜堤衔接, 排上抛石 2 m |
| | SR2 | 460 | 根部高程与潜堤高程相同, 头部高程-9 m | 560 | 丁坝头部顶高程为-8 m, 坝身纵坡为 1:200, 根部接岸 |
| 右缘丁坝 | Y1 | 565 | | 550 | |
| | Y2 | 618 | 头部高程为-9 m, 根部接岸处理 | 618 | 头部高程为-8 m, 纵坡 1:200, 根部接岸处理 |
| | Y3 | 640 | | 630 | |
| 护底带 | YD1 | 400 | 宽度为 300 m, 抛石厚度为 1.5 m | 455 | 宽度为 300 m, 抛石厚度为 1.5 m |
| | YD2 | 507 | | 511 | |

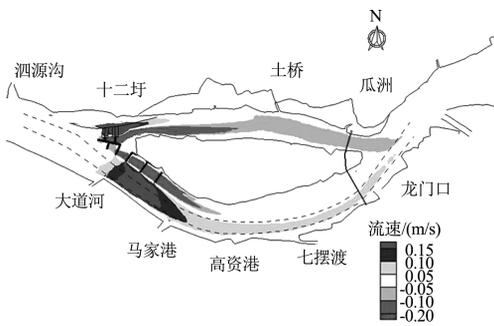


图 7 工程前后流速变化 ($Q=46\ 000\ \text{m}^3/\text{s}$)

2) 分流比变化。

数学模型计算表明：工程实施后，世业洲左汉分流比有所减小，右汉分流比有所增大，中枯水流

量下，工程对分流比的影响相对较大。在所计算的各级流量级下，汉道分流比变幅在 1.21%~3.95%。

3) 河床冲淤变化。

物理模型试验表明：世业洲头守护工程稳定了洲头低滩；世业洲右缘丁坝守护区域以淤积为主，右侧航槽内河床冲刷下切，航道条件改善；世业洲左汉进口冲刷下切的趋势得到有效遏制，中下段冲刷得到有效控制。大水大沙年和平常水沙年，世业洲头低滩相对淤积幅度分别为 0.80~2.45 m 和 0.10~0.74 m；右汉河槽普遍冲刷，浅区段航槽冲刷幅度分别为 0.10~0.59 m 和 0.10~1.14 m。

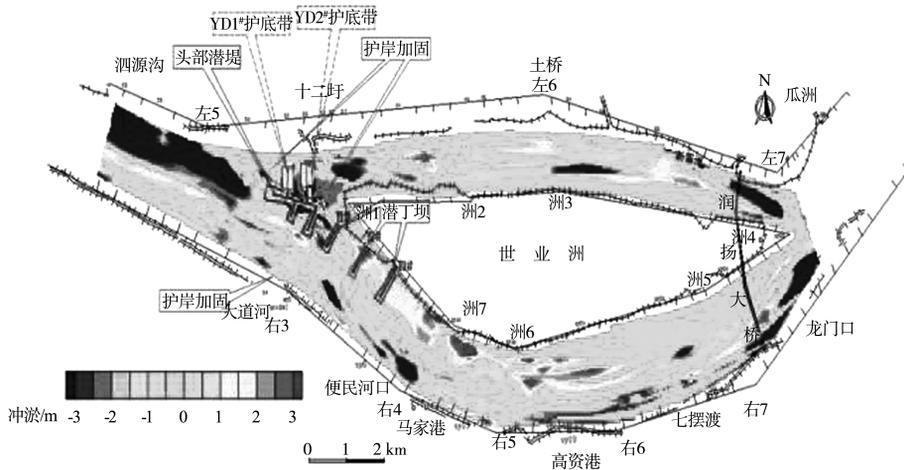


图 8 方案实施后平常水沙年地形冲淤变化

4) 航道条件变化。

方案实施后, 平常水沙年份, 右汉浅区航道宽度基本能够达到建设标准, 但大水大沙年在便民河口—马家港一带航宽不足 500 m, 需辅以疏浚措施。从浅区航道尺度来看, 中水中沙年条件下, 无工程时世业洲右汉进口航道浅区航宽 304~690 m, 最小航宽分别为 537~696 m, 较无工程增加约 233 m; 大水大沙年条件下, 无工程时世业洲右汉进口航道浅区航宽在 284~693 m, 工程后最小航宽分别为 524~686 m, 较无工程增加约 240 m。

4.4 初步和推荐方案工程效果对比

相比于初步方案, 推荐方案实施后, 对大道河至丁坝 Y3#一带航槽流速增幅效果为好, 多增加 0.01~0.05 m/s; 对左汉限流效果为好, 多增加 1.0%; 对世业洲头守护效果较工可为好; 典型年航道条件满足设计要求, 最小宽度为 556 m, 不需要额外疏浚。

5 结语

1) 仪征水道 12.5 m 航道存在的问题是世业洲左汉深槽冲刷发展, 世业洲洲头及右缘边滩冲刷后退, 右汉进口段深槽略有淤积, 河道形态趋于宽浅, 滩槽形态向不利于航道稳定的方向发展, 需进行整治以抑制左汉冲刷发展, 稳定并改善右汉内的航运条件。

2) 针对仪征水道演变规律和航道问题, 提出

了治理思路, 并给出初步治理方案。通过数模以及物理模型, 从提高整治效果、优化流态、减小局部冲刷角度出发, 对初步方案进行优化研究, 优化世业洲头潜堤、南北侧丁坝高程、走向以及位置等, 并最终提出推荐方案。

3) 对初步方案和推荐方案效果进行对比研究, 结果表明: 推荐方案工程整治效果较初步方案有显著提高。

参考文献:

- [1] 许慧, 李国斌. 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程仪征水道航道整治建筑物总平面方案水流泥沙数学模型研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2015.
- [2] 黄卫东, 沈之平. 长江南京以下 12.5 m 深水航道二期工程仪征水道航道整治建筑物总平面方案物理模型研究[R]. 武汉: 长江科学院, 2015.
- [3] 余文畴, 卢金友. 长江河道演变与治理[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005.
- [4] 邹祝, 陈飞, 付中敏. 长江仪征水道河床演变及航道条件变化分析[J]. 人民长江, 2012, 43(9): 77-80.
- [5] 张志坚, 杭建国. 对长江镇扬河段世业洲左汉加速发展的认识和思考[J]. 江苏水利, 2008(2): 12-13.
- [6] 吕丽君, 廖小永, 黄卫东. 长江镇扬河段河道演变及治理措施探讨[J]. 人民长江, 2009, 40(21): 9-11.
- [7] 夏细禾, 余文畴. 长江中下游分汉河道稳定性与治理方略的探讨[J]. 人民长江, 1999(9): 21-22.

(本文编辑 郭雪珍)



· 消 息 ·

中交水运规划设计院有限公司中标广西柳江红花水利枢纽勘察设计项目

近日, 中交水运规划设计院有限公司中标“广西柳江红花水利枢纽二线船闸工程勘察设计”项目, 中标金额为 4 188.98 万元。

柳江是珠江流域西江水系的第二大支流, 红花水电站是柳江干流最下游的 1 个梯级, 红花枢纽主体于 2006 年建成, 并建有 1 座 V 级船闸工程。拟建二线船闸位于红花水利枢纽工程坝址左岸, 建设规模为 1 座 II 级船闸 (兼顾通航 3 000 吨级船舶), 总投资约 21 亿元。

中交水运规划设计院有限公司在广西省内河市场相继完成长洲水利枢纽三线四线船闸工程总体设计、西津水利枢纽二线船闸工程设计审查, 技术实力、服务水平得到业主及行业主管部门充分认可。

http://en.ccccltd.cn/pub/ccccltd/xwzx/zgsdt/201606/t20160603_48377.html (2016-06-03)