

新疆克拉玛依市农业开发区地下水动态规律研究

杨玉峰,李中邵,陈胜权

(中国石油新疆油田公司供水公司,新疆 克拉玛依 834000)

摘要:引水工程是实现水资源优化配置,实现生态平衡、维护生态健康的重要手段.克拉玛依引水工程作为我国西北寒冷地区较早建成的引水工程,引水工程深刻改变了克拉玛依生态面貌,社会和经济均得到高速发展.农业开发区作为克拉玛依转型升级的重要举措之一,长期灌溉造成了地下水位的不断抬升,已远超过了克拉玛依地下水安全临界水深的红线.本文在介绍克拉玛依基本概貌基础上,开展农业开发区地下水埋深动态变化规律分析,探讨灌溉用水与地下水位关系分析,并提出生态调控对策和建议供决策参考.

关键词:地下水埋深;抬升规律;农业开发区;地下水分布;生态调控

中图分类号:P641.2

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2016)06-0398-06

克拉玛依地区地处新疆西北的准噶尔盆地西北缘,是一座现代化石油工业城市,也是我国西北地区最大的石油基地.由于地处沙漠边缘,年均降水量为105.33 mm,而蒸发量却高达2 963.6 mm,该地区干旱、少雨、风沙大,气候条件十分恶劣.20世纪末克拉玛依市和新疆石油管理局抓住引水工程实施和西部大开发战略的机遇,制定的“大石油、大石化、大农业、大市场”的经济发展战略,实施现代农业综合开发项目,建立农业开发区.

开发区占地面积约18 000 hm²,是克拉玛依现代农业绿洲的基础,区域内地形坡降很小,地下水侧向交替异常缓慢,补给仅占总水量的1‰~2‰^[1];然而随着大面积农林种植的灌溉,地下水位已从2000年开垦前的平均埋深10.8 m,逐年上升至当前的2.6 m,已远超过了克拉玛依地下水安全临界水深3.5 m的红线.

师长兴等^[2]研究了该区地下水位变化原因,得出地下水位上升是由大面积引水灌溉导致的;孙九胜等^[3]进行了该区地下水埋深分析表明不合理灌溉导致地下水抬升;姚晓蕊^[4]研究表明开发区内灌溉区浅层地下水受灌溉回归水补给有持续上升态势.如地下水位逐年上升的势头得不到遏制,势必造成大面积的土壤次生盐渍化,所种植的农、林植物将因盐害而衰败,直至消亡^[5-7].

为了保证克拉玛依农业开发区水土安全,构筑绿色

生态保障屏障,有必要对农业开发区地下水动态规律开展分析,分析地下水位上升规律,研究造成地下水位上升的主导因素,从而制定出科学的生态调控防治策略,以确保克拉玛依农业开发区水土安全和克拉玛依城市生态安全.

1 农业开发区概况

克拉玛依市农业综合开发区位于新疆准格尔盆地西部边缘的半荒漠湖积平原上,距克拉玛依市中心市区东南部约10 km.农业开发区的行政区域总面积为554.9 km²,西北抵准格尔盆地西部界山加依尔山前山脚,南依天山北麓,东濒古尔班通古特沙漠,属于典型的中纬度内陆盆地干旱和多风沙的生态环境,自然生态条件比较恶劣,原始地貌大部呈戈壁荒漠景观.农业开发区属温带大陆性干旱气候,光热资源充足,冬季严寒,夏季炎热.

全年平均气温为8.6℃,日照时数为2 694 h,日照率61%,无霜期为197~268 d,有效积温3 600℃以上,光照时间长,昼夜温差大,利于植物的光合作用和养分转化积累,利于农作物的生长和高产.农业开发区多年平均降水量105.3 mm,多年平均蒸发量3 545 mm,蒸发比34:1,6月和7月是全年蒸发最大月份,月均蒸发量506.3 mm.农业开发区处于大风区,8级以上大风

年均出现日数 70.6 d,其中农业耕作期(4~10 月)8 级以上大风日数 45.6 d,主风向为西北风。

农业开发区土地是古玛纳斯湖滞留,地势西南高东北低,迁移与干缩过程中形成的残余沼泽土。土壤质地较粗,以壤土为主,并间有砂层,透气性好,表层为 3~5 cm 薄泥炭层,有机质含量 5.0~53.7 g/kg,不存在原生盐层。整个区域地势较为平坦,自西南向东北缓慢倾斜;区域内土壤主要有风砂土、盐土和沼泽土。由南向北细分依次为栗钙土、棕钙土、灰漠土、龟裂灰漠土、荒漠化草甸土、苏打盐土、残余泥炭沼泽土、胡杨林土和盐土。按土属来分有固定荒漠风砂土,SO₄²⁻Cl⁻型残余盐土、残余沼泽和盐化泥炭沼泽土。

农业开发区的灌溉水源全部为调水工程输送的额尔齐斯河水,经西郊水库调蓄后,全部通过管道自压向整个农业开发区输送,开发区内各条田的灌溉用水也均由各级管道自压输送。

近年来全开发区 14 266.67 hm²灌溉面积的年灌溉用水量在 1×10⁸ m³ 左右。到 2013 年全开发区 1 4266.67 hm²灌溉面积中,已建成滴灌节水面积 110 66.67 hm²,其中农业区 8 600 hm²灌溉面积中有 8 066.67 hm²为滴灌,造林减排基地 5 666.67 hm²灌溉面积中有 3 000 hm²为滴灌。

农业区的主种作物为棉花,其他还有蔬菜、瓜果、打瓜籽、苜蓿等不大面积种植。造林减排基地在 2010 年前 5 666.67 hm²土地基本上都是栽种的杨树,2010 年后进行了林地改造,目前有 50% 的面积改造成了林农间作,间作作物主要为棉花、打瓜、油葵、玉米等。

2 地下水埋深变化规律

农业开发区在建设初始就在开发区范围内较均匀的布设 48 眼地下水观测井,其中有 39 眼在开发区内,

其他 9 眼观测井在开发区外,本文通过 48 眼观测井实施地下水埋深监测数据进行分析 and 讨论。

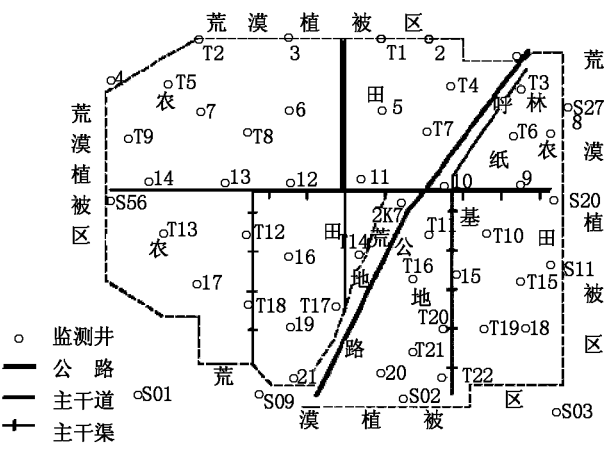


图 1 地下水监测井位置示意图

2.1 多年年均地下水埋深动态变化规律分析

1997 年~2013 年农业开发区内地下水年均埋深分析见表 1,在 2000 年期末开垦种植前的地下水埋深维持在 10.80 m 左右。种植灌溉后地下水位开始持续上升,到 2013 年地下水平均埋深已上升至 3.95 m。13 年间地下水位上升了 6.85 m,年均上升幅度为 0.53 m。同时表明,地下水位上升最快时期是 2001 年~2006 年,地下水平均埋深从 10.80 m 上升至 5.93 m,年均升幅为 0.81 m。

尤其 2006 年上升了 1.61 m,经分析和以下三点因素有关,首先是农业开发初期刚开始平整种植,大多条田都是推平沙包后建成,造成土壤疏松不一,并且条田的平整性差,灌溉耗水量大;其次 2006 年前灌溉方式以大水漫灌为主,灌溉用水量过大;再者粗放型用水方式造成的,且对当地各类作物的灌溉需水量不掌握,造成了灌溉用水量过大。

表 1 1997-2013 年农业开发区内地下水年均埋深表 m

年度	1997	2000	2005	2006	2008	2009	2010	2011	2012	2013
埋深	-10.8	-10.8	-7.54	-5.93	-5.08	-4.84	-4.55	-4.29	-3.97	-3.95
年均增幅		0	0.65	1.61	0.43	0.24	0.29	0.26	0.32	0.02

2006 年后地下水位上升速度逐渐减缓,2007 年~2013 年地下水埋深由 5.93 m 上升至 3.95 m,上升了 2.02 m,年均上升幅度为 0.29 m,比 2006 年前年均上升速度减缓了一半。特别是 2013 年地下水位仅上升了 0.02 m,地下水位上升势头已得到基本遏制。其主要

原因是开发区大面积实施了滴灌节水技术,从 2006 年开始对主种植作物棉花进行大面积膜下节水滴灌,到 2010 年全部实现膜下节水滴灌;在开发区的 8 600.00 hm²灌溉面积中,实施滴灌的面积有 8 066.67 hm²,仅剩 533.33 hm²防护林为沟畦灌。

造林减排基地近年来也大面积实施了林地滴灌,目前 5 666.67 hm²灌溉面积中已建成约 3 000 hm²节水滴灌。大面积节水滴灌提高了灌溉均匀度,灌溉用水量减少;造林减排基地从 2008 年开始实施了输水斗、农渠改为管道输水工程,在 2010 年全部实现了管道输水灌溉,渠道输水渗漏和跑水损失降低,有利于地下水位控制。

表 2 2010 ~ 2013 年农业开发区内区域
地下水位年平均埋深数据 m

年 度	埋深	年均增幅
2010	-3.33	
2011	-3.06	0.27
2012	-2.78	0.28
2013	-2.60	0.18

表 3 2010 ~ 2013 年农业开发区内外综合
地下水位年平均埋深数据 m

年 度	埋深	年均增幅
2010	-4.55	
2011	-4.29	0.26
2012	-3.97	0.32
2013	-3.95	0.02

经对这 48 眼观测井 2010 ~ 2013 年年均地下水埋深的区内、区外和区内外平均观测资料整理分析,结果

如表 2、表 3 所列。区外 9 眼观测井这 4 年的地下水埋深均在 9 m 以下,与开垦前相比上升幅度较小;而区内 39 眼观测井这 4 年的地下水埋深在 3.13 m ~ 2.6 m,与区外地下水埋深的差距很大;从表 2 可见,2013 年开发区内年均地下水埋深为 2.6 m,比 2012 年的 2.78 m 上升了 0.18 m。

2.2 多年月均地下水埋深动态变化规律分析

在多年年均地下水埋深动态变化规律分析基础上,进行多年月均地下水埋深动态变化规律分析,以掌握地下水埋深在年内月份分布的动态变化。从表 4、表 5 可见,多年来一般地下水埋深最大月份是非灌溉期的 3 月,进入灌溉期后地下水位就开始逐渐上升,并在灌水高峰期的 6 月和 10 月前后形成 2 个水位峰值。

形成以上年内月均动态变化规律主要因素与开发区主种作物和灌溉制度有关。农业区主种作物为棉花再加上防护林带,在 4、5 两月主要是其它作物和防护林用水,灌溉面积和灌溉水量相对较小,对地下水补给量较少,因此地下水位抬升相对较慢。而 6 月后,膜下滴灌棉花进入用水高峰期,全区大面积作物都在灌溉,由于灌水量大,对地下水补给量大,地下水位抬升也相对较快。造林减排基地主种的是杨树,多年来一般都在 10 月前后进行秋冬灌,并且灌水量较大,对地下潜水具有较强烈的补给,而使区域地下水位抬升,尤其 2013 年秋冬灌未开展,有效抑制了地下水位上升趋势。在以上因素的主导下才形成了 6 月和 10 月前后的地下水位上升峰值区。

表 4 2005 ~ 2013 年农业开发区内外综合地下水埋深月均数据表 m

年	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	年均
2005 年			-8.08	-7.46		-7.25	-8.01	-7.39			-7.54
2006 年	-6.75	-6.46	-6.37	-5.96	-5.63	-5.70	-5.69	-5.42	-5.36		-5.93
2008 年	-5.62	-5.47	-5.01	-4.85	-4.90	-5.07	-4.88	-4.81			-5.08
2009 年	-5.44				-4.91		-4.65			-4.83	-4.84
2010 年		-5.07		-4.54	-4.40	-4.43	-4.43	-4.41	-4.58		-4.55
2011 年		-5.07	-4.25	-4.51	-4.18	-4.07	-4.10	-4.09	-4.08		-4.29
2012 年	-4.17	-4.07	-3.91	-3.77	-3.79	-4.08	-3.97	-3.87	-4.14		-3.97
2013 年				-3.74	-4.11	-3.83	-3.72	-3.68			-3.95

表 5 2010 ~ 2013 年农业开发区内区域地下水位年平均埋深数据 m

年	3	4	5	6	7	8	9	10	11	年平均
2010 年			-3.90	-3.33	-3.15	-3.18	-3.19	-3.18	-3.38	-3.33
2011 年		-3.90	-3.04	-3.30	-2.96	-2.84	-2.86	-2.82	-2.81	-3.06
2012 年	-3.01	-2.90	-2.68	-2.57	-2.58	-2.89	-2.74	-2.64	-2.99	-2.78
2013 年				-2.46	-2.49	-2.22	-2.55	-2.72		-2.60

2.3 现状地下水埋深分布状况分析

为了较全面反映目前农业开发区地下水埋深的分布状况,对 2012 年地下水埋深的分布状况的分析结果如表 6 所列。2012 年在农业开发区区域内 39 眼观测井中,全区域内年均地下水埋深 < 1 m 的观测井有 3 眼,分别是 T13(0.98 m)、T14(0.82 m)、T17(0.95 m),这些井全部分布在农业区西部绿洲公司和康佳公司,分布范围为 1 433.33 hm²。

年均地下水埋深 1 ~ 2 m 的观测井有 14 眼,比 2011 年增加了 2 眼,分别是造林减排基地 T3(1.74 m)、T6(1.85 m)、T11(1.82 m)、T20(1.85 m)、T21(1.28 m);农业区 2(2.0 m)、13(1.02 m)、14(1.39 m)、16(1.21 m)、19(1.30 m)、T7(1.90 m)、T8(1.73 m)、T9(1.58 m)、T12(1.43 m);这些井大都分布在纵

贯农业开发区的呼克公路两侧,地下水埋深 1 ~ 2 m 的分布范围为 6 700.00 hm²。

地下水埋深 2 ~ 3 m 的观测井有 7 眼,其中造林减排基地 3 眼,农业区 4 眼,分布范围为 3 353.33 hm²。

地下水埋深 3 ~ 4 m 的观测井有 8 眼,其中造林减排基地 4 眼,农业区 4 眼,分布范围为 3 826.67 hm²。

地下水埋深 > 4 m 的观测井共 7 眼井,主要分布在造林减排基地东北一侧,分布范围为 3 350.00 hm²。

分析表明,全开发区除造林减排基地东北部区域和农业区西南部有连片地下水埋深大于 4 m 以上的区域外,其他区域基本已被地下水埋深小于 3 m 的区域所覆盖,分布范围大约为 11 486.67 hm²,占开发区 18 646.67 hm² 的 61.6%。

表 6 2012 年大农业全区地下水埋深和面积统计表

地下水位埋深/m	面积/亩	占开发区全/%	地下水位埋/m	面积/亩	占开发区全区/%
0.5 - 1	21 500	7.7	0.5 - 1	21 500	7.7
1 - 2	100 500	35.9	0.5 - 2	122 000	44.6
2 - 3	50 300	18.0	0.5 - 3	172 300	62.6
3 - 4	57 400	20.5	0.5 - 4	229 700	83.1
4 m 以上	50 300	18.0	0.5 - 5	280 000	100

3 灌溉用水与地下水位抬升关系分析

2008 ~ 2013 年间农业开发区年总灌溉用水量 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 左右,其中 2012 年为 $0.90 \times 10^8 \text{ m}^3$,2013 年为 $0.887 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

按农业开发区总灌溉面积 14 266.66 hm² 计算,2008 ~ 2010 年亩均灌溉定额在 467.0 ~ 494.9 m³;2012 年为 423 m³/亩,年均地下水位比上年上升 28 cm;2013 年为 414 m³/亩,年均地下水位比上年上升 18 cm。

从分区情况看,2012 年农业区总灌溉用水量 $0.65 \times 10^8 \text{ m}^3$,总灌溉面积 8 600.00 hm²,亩均灌溉定额 507.3 m³,年均地下水位比上年上升 41 cm;碳汇林区总灌溉用水量 $0.25 \times 10^8 \text{ m}^3$,总灌溉面积 5 666.67 hm²,亩均灌溉定额 295.2 m³,年均地下水位比上年上升 8 cm。

2013 年农业区灌溉面积 8 600.00 hm²,总用水量 $0.659 \times 10^8 \text{ m}^3$,亩均灌溉定额 510.7 m³;年均地下水位比上年上升 23 cm;造林减排基地灌溉面积 5 666.67 hm²,总用水量 $0.228 \times 10^8 \text{ m}^3$,亩均灌溉定额 268.4 m³。年均地下水位比上年上升 9 cm。

对比分析可看出,农业开发区地下水位升降与引入区内的水量直接相关,2013 年引入区内水量比 2012 年少 1 844 000 m³,2013 年的年均地下水位上升幅度就比 2012 年减小了 10 cm;造林减排基地这两年亩均灌溉定额在 268.4 ~ 295 m³,年均地下水位只比上年上升了 8 ~ 9 cm;而农业区这两年亩均灌溉定额在 507.0 ~ 510.7 m³;年均地下水位比上年上升 23 ~ 41 cm,说明过大灌水量导致了地下水位的快速上升直接原因。

表 7 农业开发区引水量与地下水位升幅分析表

年 度	2008	2009	2010	2011	2012	2013
引水量 / 10^4 m^3	10 591	10 839	10 003	10 190	9 053	8 869
水位升幅/m	0.43	0.24	0.29	0.26	0.32	0.02

根据农业开发区年灌溉总量、亩均灌溉定额和年均地下水位升幅值进行相关分析(见图 1 和图 2),结果表明年灌溉总量与年均地下水位升幅值的相关性较差,而亩均灌溉定额和年均地下水位升幅值具有良好的相关性。主要原因在于农业开发区实际灌溉面积不断增加,

采用亩均灌溉定额消除了灌溉面积变化的影响,作为灌溉总量控制指标更具有合理性,回归方程是:

$$y = 0.1336x - 30.166 \quad (1)$$

式中: y 为亩均灌溉定额(m^3); x 为年平均地下水位升幅值(m)。

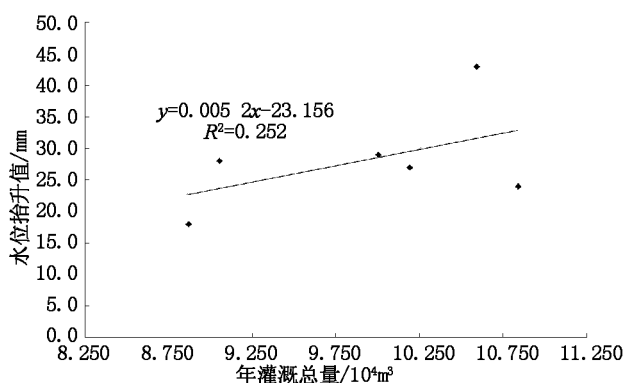


图1 灌溉总量和水位升幅相关分析图

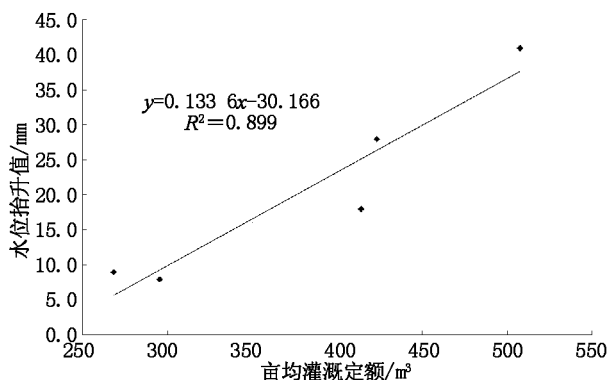


图2 亩均灌溉定额与水位升幅相关分析图

利用该回归方程可计算出,农业开发区亩均灌溉定额控制在 226 m^3 时,地下水位升降值为 0;比原设计亩均灌溉定额^[6] 280 m^3 小约 20%,由此推算现有耕种面积情况下,开发区年灌溉用水总量控制如超过 $0.485 \times 10^8 \text{ m}^3$,就会引起地下水位上升,超过量愈大则地下水位上升愈高。

而农业开发区自开垦以来每年年灌溉用水总量均超过 $0.73 \times 10^8 \text{ m}^3$,所以造成了地下水位不同幅度的上升。

考虑到 2015 年我国农业灌溉用水有效利用系数达到 0.53,管道输水渗漏损失小,则农业灌溉用水有效利用系数可提高到 0.70 左右,宜将农业开发区年灌溉用

水总量控制红线定为 $0.70 \times 10^8 \text{ m}^3$,今后农业开发区的灌溉总量应严格按此控制。

4 结论与建议

通过研究克拉玛依农业开发区 48 眼观测井地下水埋深监测数据,分析地下水动态上升规律,探讨地下水位上升主要因素,得到以下主要结论:

(1) 农业开发区地下水位自 2000 年期未开垦种植前的埋深 10.80 m 左右,到 2013 年地下水平均埋深已上升至 3.95 m,13 年间地下水位上升了 6.85 m,灌溉后地下水位一直持续上升,已远超过了克拉玛依地下水安全临界水深 3.50 m 的红线,应当引起有关方面重视。

(2) 全开发区除造林减排基地东北部区域和农业区西南部有连片地下水埋深大于 4.00 m 以上的区域外,其他区域基本已被地下水埋深小于 3.00 m 的区域所覆盖,分布范围大约为 11486.67 hm^2 ,占开发区 18646.67 hm^2 的 61.6%。

(3) 年灌溉总量与年均地下水位升幅值的相关性较差,而亩均灌溉定额和年均地下水位升幅值具有良好的相关性。建议将农业开发区年灌溉用水总量应严格控制控制在 $0.70 \times 10^8 \text{ m}^3$ 红线以下,以防止地下水位进一步抬升。

(4) 建议进一步推广节水灌溉技术,实施农业节水减排,开展降低与控制地下水位相关科学研究,以防止土地次生盐碱化,确保农业开发区生态安全。

参考文献:

- [1] 陈银磊,程建军,马仲民. 克拉玛依农业综合开发区土壤水盐运移特征与影响因素的分析[J]. 石河子大学学报(自然科学版),2016(2): 222~232.
- [2] 师长兴,杜俊,范小黎. 克拉玛依农业开发区地下水位变化和应对措施探讨[J]. 干旱区资源与环境,2011(8):127~132.
- [3] 孙九胜,耿庆龙,常福海,等. 克拉玛依农业开发区地下水埋深与土壤积盐空间异质性分析[J]. 新疆农业科学,2012(8):1471~1476.
- [4] 姚晓蕊,潘存德,张芸芸,等. 土地开发后克拉玛依农业开发区水土环境特征研究[J]. 新疆农业大学学报,2008(1):1~6.
- [5] 王新英,田长彦,文启凯,等. 克拉玛依农业开发区土地利用方式对土壤盐分的影响[J]. 新疆农业大学学报,2007(2):38~40.
- [6] 张敏. 克拉玛依市农业开发区地下水环境治理措施初探[J]. 新疆农垦科技,2013(6):49~50.
- [7] 田龙,姜卉芳,李中部,等. 克拉玛依市水源水质变化趋势分析[J]. 地下水,2014(5):96~97.

编辑:张绍付

Study on the dynamic law of groundwater in the agricultural development zone of Karamay city

YANG Yufeng, LI Zhongshao, CHEN Shengquan

(Branch of Water Supply of Petro – China Xinjiang Oilfield Company, Karamay 834000, China)

Abstract: Water diversion project is an important method to realize the optimal allocation of water resources, keep ecological balance and maintenance of ecological health. Karamay diversion project as a diversion project built in the northwest cold area of China, the water diversion project has profoundly changed the ecological landscape of Karamay, and the society and the economy have been developing rapidly. Agricultural Development Zone as an important measure of the transformation and upgrading of Karamay, long – term irrigation caused the continuous uplift of the groundwater level, has far exceeded the Karamay groundwater safety critical water depth of the redline. This paper introduces the basic situation in Karamay on the basis of research on groundwater in agricultural development area of variation of deep buried dynamic analysis, analysis on the relationship between irrigation water and groundwater level, and puts forward the countermeasures and suggestions of ecological regulation for decision.

Key words: Uplift law; Agricultural development zone; Groundwater distribution; Ecological regulation

翻译: 杨玉峰

吴义泉副厅长参加中国水利学会 2016 学术年会

10月19日,中国水利学会2016学术年会在成都开幕。中国水利学会理事长胡四一主持并致开幕词,水利部副部长陆桂华作重要讲话。吴义泉副厅长率领全省水利系统技术人员20余人参加学术交流活动。本届年会还颁发了2016年度大禹奖,我厅有4项科技成果荣获大禹奖三等奖。

陆桂华副部长指出,一要认真学习贯彻习近平总书记关于科技创新及保障国家水安全系列重要讲话精神;二要紧紧围绕水利中心工作,着力突出创新驱动科技引领;三要营造创新土壤和环境,激发科研人员创新激情;四要进一步发挥水利学会作用,助力水利科技创新。陆桂华副部长强调,加快水利科技创新步伐,推动水利现代化建设,是时代赋予我们的光荣而艰巨的使命;要加强水旱灾害、水资源开发利用和节约保护、水生态保护和修复、水利工程建设管理、农田水利和水文、泥沙、河湖水系、信息化等六个领域的科技创新。

本届年会为期三天,以“创新绿色发展、共享水利成果”为主题,邀请9位国内知名专家和代表做了特邀报告。大会围绕江河治理与水生态文明、水库大坝管理信息化、疏浚淤泥处理利用、水利扶贫、水利标准化、PCCP管道安全和技术等主题,分设八个分会场(包括一个国际分会场);会议收到论文400余篇,其中55篇被评为优秀论文。

(江西省水利厅 彭冬水)