

关中传统村镇旱涝平衡经验及其当代规划启示

徐 岚, 雷振东

(西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 为了使关中平原的城镇建设更好地践行生态文明建设理念, 向传统村镇学习“人与自然和谐”的大智慧, 总结其在低科技条件下应对旱涝共存的经验。综合运用调查、统计分析、定性分析、科学抽象等方法, 对传统村镇从聚落分布模式、村落下垫面构成、院落建筑型制、旱涝自平衡系统及设施四方面进行定性与定量研究; 归纳传统村镇应对旱涝共存的模式及方法, 测算其内雨水的错季、就地利用数据; 得出关中平原传统村镇容纳雨水比例(65%)与“海绵城市”建设要求(70%)接近的结论, 相关数据将对关中平原海绵城市建设指标的量化落实有参照意义; 最后从规划模式、“单元”概念、平衡原理、测算方法四方面提出对当代城镇生态化规划建设的思考与启示。

关键词: 旱涝平衡经验; 传统村镇; 关中平原; 规划启示

中图分类号: TU982.29

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2017)01-0111-07

Experiences and contemporary planning inspirations of drought and waterlogging balancing in traditional villages in Guanzhong plain

XU Lan, LEI Zhendong

(School of Architecture, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: In order to make the towns of Guanzhong Plain better practicing within the construction of ecological civilization idea, to learn wisdom of "Harmony between man and nature" from the traditional village, summed up the experience in the low-tech to deal with drought and waterlogging coexist. The combination of surveys, statistical analysis, qualitative analysis and other scientific abstract methods have been used. Carried out qualitative and quantitative research from four aspects: the distribution pattern of traditional village settlement, the surface structure of the village, the architectural style of the courtyard, the balance system and facilities to solve the problem of drought and waterlogging coexist. Summarized the mode and method of traditional villages to cope with drought and waterlogging coexist, measured data of rainwater utilization. The conclusion is the traditional villages' water storage rate (65%) closed with the requirements of "sponge city" construction (70%), the relevant data has reference significance on quantitative implementation of the construction index of sponge City in the Guanzhong plain. Finally, from the planning model, the concept of "unit", the balance principle and measure methods four aspects of contemporary ecological urban planning and construction of the thinking and enlightenment.

Key words: experiences of drought and waterlogging balancing; traditional village; Guanzhong plain; planning inspirations

关中平原三季干旱、夏雨集中多暴雨, 地势平坦不利排水, 其村镇人居环境自古以来就一直面临着夏季内涝、春秋冬缺水的困扰。对此, 历经数千年的磨砺, 关中人民总结并形成了一系列“防蓄结合、错季利用”的原生态应对模式, 并以此为基础格局组织聚落邻里生活空间单元, 很好地适应了当地旱涝共存的自然条件。而当前的关中平原在经过 30 余年快速城镇化后, 城镇发展抛弃了传统经验、规模急剧扩大, 加之近 10 余年夏季暴雨增多、增大, 导致雨季多地内涝频发, 尤

以小城镇为重灾区(据官方报道的资料统计, 2005 年来关中平原发生三级以上内涝灾害 80 余次, 其中 60% 以上发生在小城镇新建区内), 古今对比之下, 技术进步了灾害反倒加重了! 因此, 有针对性的挖掘、整理关中平原传统村镇数千年来在旱涝平衡方面积累的经验极为重要! 本文通过对关中平原传统村镇的聚落分布模式、村落下垫面构成、院落建筑型制、旱涝自平衡系统及设施四方面的深入研究, 揭示传统村镇是如何在技术尚不先进的时代很好地平衡干旱缺水与暴雨洪灾共存

收稿日期: 2015-05-06

修改稿日期: 2016-11-11

基金项目: 国家自然科学基金青年资助项目(51508441); 国家自然科学基金重点资助项目(51438009)

作者简介: 徐岚(1981—), 女, 博士研究生, 讲师, 主要从事城镇灾害、弱势群体人居环境规划方面的研究。E-mail: 14461624@qq.com

的现实矛盾,将其结果低成本、高效益地应用于当地城镇的规划建设中,以有效控制内涝灾害的发生频率及危害程度。

1 关中平原自然环境基本特征

1.1 降水

关中平原年降水量平均约 600 mm,其中 70%降水集中在 7-9 月,多为短时暴雨,小时最大降雨量曾超过 40 mm。随着人类活动对全球环境影响加剧,近 10 余年来关中平原降水量有增长趋势(2003 年出现历史最大降水量 894 mm),主要以夏季暴雨增多、增大为主,使得降水量季节分布更不均匀,未来春秋干旱和夏季暴雨致灾的情况将更加严峻。关中平原降水量空间分布特征是以渭河为界南多北少、以泾河为界西多东少(见图 1)。



图 1 关中平原降水量分区示意图

Fig. 1 The distribution of the precipitation in the Guanzhong Plain

1.2 地势

关中平原地势西高东低,西端宝鸡市区平均海拔 618 m,东端至黄河河床降至 340 m,东西长约 325 km,整个关中平原腹地平均坡度约为 0.09%,整体及局部地段均平坦,且小于《城市用地竖向规划规范》中城市建设用地最小排水坡度 0.20%的极值。整体坡度太小,地势过于低平,极其不利于场地排水。

夏秋季短时暴雨频发、地势低平排水不畅,是关中平原自然环境的两大基本特征,也是其区域城镇建设及内涝产生的自然基础条件。

2 关中平原传统村镇旱涝平衡经验挖掘与整理

2.1 关中平原传统村镇聚落分布模式

通过九个传统村镇片区及其周边 15 km²,合计

135 km² 区域整理分析(见图 2),得到以下 3 点结论:

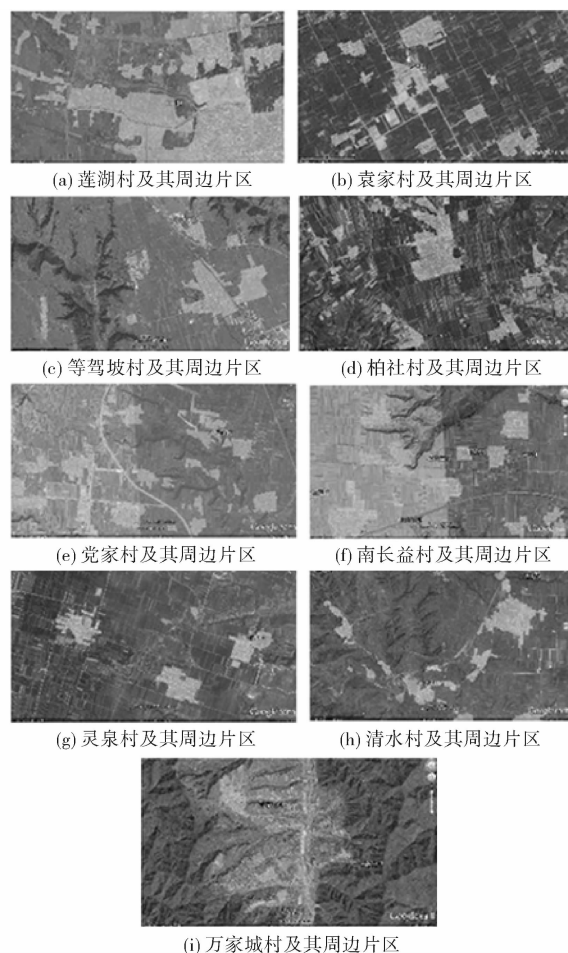


图 2 关中平原村落形态及分布示意图

Fig. 2 The morphology and the distribution of village in Guanzhong Plain

(1) 传统村镇聚落总体呈现点状均衡分布,各聚居地之间通常由农田、低洼林地、田垄、沟壑等间隙相隔,从而形成大分散小集中、尺度宜人的关中传统村镇聚落空间型制。

(2) 传统村镇聚落由基层村落单元有机组织形成,村镇规模取决于基层村落单元个数。基层村落单元以聚居地为核心,周边环绕着足以支撑聚居人口的农田。单元规模随人口数量和农产品种类、产量的变化而缓慢变化。大型村落一般包含 3~5 个基层村,大部分自然村为一个基层村落,相邻自然村村落中心间距范围值为 1.0~2.0 km,平均值为 1.5 km。

(3) 根据调研数据计算,基层村落可容纳 150~200 户,聚居地占地面积约 10~15 hm²,户均宅基地面积约 660 m²,户均耕地面积约 0.65 hm²,周边农田面积约 1.00~1.30 km²。

这样的聚落空间布局模式从宏观区域层面上去适应客观的自然条件,其规模符合土地和水资

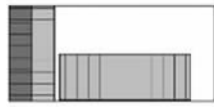
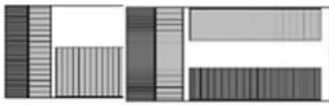





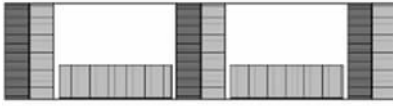

为了真实反映传统关中平原村落的雨水自平衡经验,研究忽略当前村落中的空废现象,以“口”型、“日”型传统窄院落为对象,基于对其下垫面构成的研究成果,按照下垫面透水性进行分类,依据不同的径流、渗透系数取值,结论为:关中平原传统村落院落空间(占村落建设区用地的70%)可容纳村落雨水总量的41.66%,排放雨水比例为10.50%(见表4)。则可估算出关中平原传统村落容纳雨水比例为:公共空间容纳雨水比例、院落空间容纳雨水比例、院落排雨屋面容纳雨水

比例之和,即64.69%。

通过对传统村落公共空间和院落空间下垫面及其容纳雨水量的分析,将数据取整后可得:关中平原传统村落中60%~65%的降雨都被以多种形式储蓄,其中院落中的水窖和公共空间内的涝池为存储降雨的主要设施。与当前《关于推进海绵城市建设的指导意见》中“将70%的降雨就地消纳和利用”的指标接近。既实证了“海绵城市”建设指标的科学性和可行性,也进一步说明传统村落雨涝自平衡经验的实用性。

表 3 关中平原院落屋顶形式分类一览表

Tab. 3 The list of roof form classification and proportion of the traditional courtyards in Guanzhong Plain

屋顶形式分类示意		院落平均 面积/m ²	在样本中所占 比例/%	集雨屋面所占 比例/%	排雨屋面所占 比例/%
一进院	<div><div>“L”型</div></div>	330	22.43	40.00	10.00
	<div><div>“口”型</div></div>	330	31.31	45.00	10.00~20.00
	<div><div>“口”型</div></div>	400	19.16	55.00	20.00~30.00
	<div><div>“一”型</div></div>	330	9.35	10.00~15.00	0.00~10.00
	<div><div>“二”型</div></div>	330	11.68	25.00	20.00
	<div><div>“T”型</div></div>	300	3.27	25.00	0.00
二进院	<div><div>“日”型</div></div>	670	0.95	65.00	5.00~10.00
	<div><div>“E”型</div></div>	670	0.93	45.00	5.00~10.00
	<div><div>“三”型</div></div>	670	0.92	30.00	5.00~10.00

2.4 典型传统村落雨水自平衡设施

2.4.1 雨水自平衡公共设施——涝池

涝池是关中缺水地区传统村落必备的设施,其位置一般在村口地势较低之处,由道路汇集的雨水流入涝池。日常多用于洗涤衣物和家畜饮用,

是传统村落中常备的非饮用水源与消防水源。

通过典型村落分析总结:传统村落规模有限,基层村落单元规模的确定多以涝池为基础,规模较大的村会有多个涝池,每个基层村一个涝池,一般“一大多小”覆盖全村。常见典型基层村落涝

表 4 关中平原典型传统村落院落空间雨水“蓄、渗、排”量化分析

Tab. 4 The percentage of rainwater “infiltration, storage, row ” in traditional villages’ courtyards space

下垫面透水性	类型	占村落总用地比例/%	径流系数	排放雨水比例/%	渗透系数	容纳雨水比例/%
不透水面	排雨屋面	10.50	1.00	10.50	0	0.00 (此部分雨水排至道路内，故将其按 75.00%~100.00%不透水面在汇总中另行计算)
	集雨屋面	42.00	1.00	32.73 (此部分雨水先进入水窖，超出水窖容量后外排，将其计入容纳雨水比例中)	0.15	8.93
	庭院	17.50	0.55			
75%~100%弱透水面						
100%透水面	水窖	—	—	—	—	集雨屋面排放雨水比例+庭院排放雨水比例=32.73
合计		70.00	—	10.50	—	41.66

池面积约为 1 500~2 000 m²，平均深度为 3~4 m，容量为 5 000~7 000 m³ (见图 5)。一个涝池服务半径最大为 400 m，若步行速度 72~100 m/min，则 4~5 min 内即可步行到达，与当前城市消防站责任区以接警后 5 min 内到达责任区边缘的布局要求相吻合。

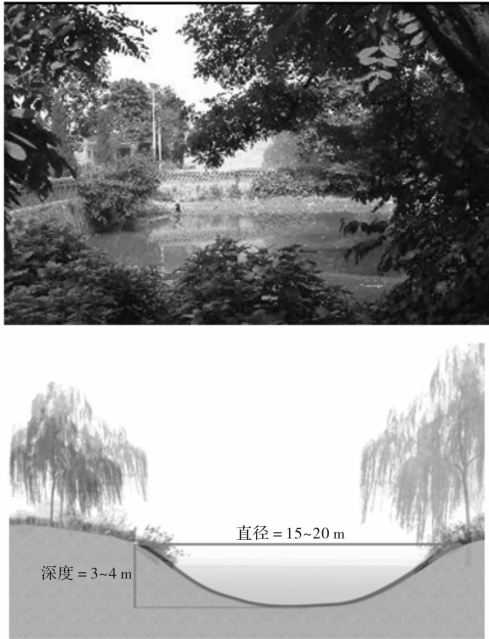


图 5 涝池及其剖面示意图

Fig. 5 The sketch of waterlogged pool profile

关中平原平均年降水量按 600 mm，基层村落按 10 hm² 计算，则公共空间年均蓄存雨水量理论极大值为 6×100 000×15%=9 万 m³。按涝池容量 0.5 万 m³ 计算，一年内可蓄存 18 池雨水。但实际情况是降雨只有在短时间内达到一定量时，即遇大雨及以上雨情，院内水窖蓄满后，涝池才发挥蓄水的作用。根据关中平原降水资料的分析，汛期(7~9 月)短时暴雨的降雨总量为 300~349

mm，按 300 mm 计算，则涝池可蓄存 3×100 000×15%=4.5 万 m³ 的降雨。对村落而言有足够的调蓄容量，可有效的平衡雨水资源的季节分布，满足居民日常非饮用用水需求，同时调节村落小气候。

2.4.2 雨水自平衡私有设施——水窖

水窖一般位于院内低处地平线下，屋顶落水借助院内地面坡度流至水窖处存储，沉淀后在缺水期内供人畜生活使用，窖存雨水一般用于牲畜饮水、家庭洗涮用水。由于地下空间温度较低，可在一定程度上抑制细菌生长，基本能保证水质。

水窖有方和圆两种基本形状，一般窖口宽 0.4 m，窖体水平截面边长或直径约为 3 m，深 4 m，体积约为 28~36 m³ (见图 6)。

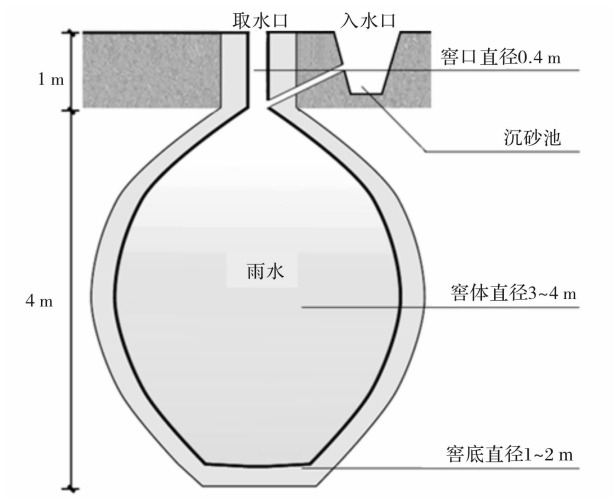


图 6 水窖剖面示意图

Fig. 6 The sketch of cellar profile

按汛期降雨量 300 mm，基层村落 10 hm²，150 户，每户一口水窖计算，则一座四合院汛期可

蓄存 $3 \times 100\,000 \times 30\% / 150 = 600\text{ m}^3$ 雨水, 则每年每户可理论上至少蓄存 16~20 水。

关中平原缺水地区村落中, 水窖至今仍在使(见图 7), 一般一家 1~2 个水窖, 多的有 3~4 个。但今天水源不局限于雨水收集, 还有买水灌注进水窖存储, 买来的水可用于人饮用。



图 7 现状水窖照片

Fig. 7 The present pictures of the rainwater-collecting cells

3 关中平原传统村落单次暴雨时雨水自平衡量分析

以日降水量 $\geq 50\text{ mm}$ 为暴雨标准, 将上述研究结论运用于关中平原基层村落中, 按照关中平原基层村落 10 hm^2 , 150 户, 降水量 50 mm 计算, 则关中平原传统村落暴雨时“渗、蓄、排”的降雨量及村内生活用水量分别为:

3.1 渗透量

传统村落中存在渗透的下垫面为: 绿地、裸地(晒场、荒地、庭院等)和道路, 由前述研究可知, 其渗透雨水占总降雨量比例为: $15\% \sim 20\%$, 则关中平原传统村落中暴雨时渗透雨水量极小值为 $0.5 \times 15\% \times 100\,000 = 0.75\text{ 万 m}^3$ 、极大值为 $0.5 \times 20\% \times 100\,000 = 1\text{ 万 m}^3$ 。

3.2 排放量

传统村落中雨水排放主要通过道路和院落完成, 其占总降雨量的比例为 17% , 则关中平原传统村落中暴雨时排放雨水量为 $0.5 \times 17\% \times 100\,000 = 0.85\text{ 万 m}^3$ 。

3.3 蓄存量

通过对院落空间和公共空间雨水收集情况的分析, 其容纳雨水占总降雨量比例为: $60\% \sim 65\%$, 则单次暴雨时传统村落共收集雨水量极小值为 $0.5 \times 60\% \times 100\,000 = 3\text{ 万 m}^3$ 、极大值为 $0.5 \times 65\% \times 100\,000 = 3.5\text{ 万 m}^3$ 。

3.4 用水量

经访谈调研得知, 关中平原一户农家一年洗衣及喂养 10 头猪, 需要 3~4 窖水, 2 人一年饮用需 2~窖水, 则一户农家(2 人、10 头猪)一年人畜生活用水可估算为 6 窖水, 约 $180 \sim 200\text{ m}^3$, 150

户合计为 $2.7 \sim 3\text{ 万 m}^3$ 。则单次暴雨时, 关中平原传统村落存蓄雨水量($3 \sim 3.5\text{ 万 m}^3$), 即可满足全村一年人畜生活用水量, 故传统村落内雨水自平衡设施完全可以实现雨水资源的错季利用。

4 规划启示

虽然传统村镇和当代小城镇在结构、职能、规模等方面都有很大不同, 但作为人居环境的基层单元, 其整体结构和布局的生态性、科学性有着相通的规律。对传统村镇雨涝自平衡生态化规划思路及量化分析数据, 可以为小城镇相关规划提供参考。

(1) 小城镇总体规划中应充分发挥雨洪管理规划、防灾规划的决策作用, 探索能够协同雨洪管控、生态结构与人居环境系统的小城镇规划模式。

传统村镇人居环境在布局建设之初, 就将地域生态应对策略架构于空间布局中, 不同于现代城市规划“先空间布局后设施配置”的做法, 而小城镇更不宜盲目套用大城市规划建设模式。小城镇规划建设应基于人居环境地域生态营建经验, 现代化转译涝池、水窖、低洼林地等的储水措施, 突出小城镇生态有机组织的组团式形态, 形成小城镇生态、绿色、低碳和景观的特色。

(2) 雨水自平衡系统中, “单元”是一个很重要的概念。在关中平原将小城镇因地制宜的划分为若干雨涝自平衡单元, 是内涝防治的根本措施。

首先明确公共蓄水设施系统的规模及其服务区域之间最优的面积关系, 可通过计算得出, 基本单元内市政绿化养护及消防用水需求量, 在降水量、用水量和蓄水量之间探索其空间对应关系, 从而推算出一定规模蓄水设施的服务半径; 其次, 在基本单元内进一步确定小城镇雨涝自平衡体系的层级、设施类型和布局要求; 再次, 探寻单元间互相影响和组织的规律和方法, 并由此对小城镇空间规模测算提供科学、生态的依据。当单元划分与规模测算方法成熟后, 应将其量化指标及设施配置标准等成果编入村镇规划标准中, 具体指导类似小城镇规划建设。

(3) 关中平原传统村镇中对于雨涝的态度、做法蕴含的平衡原理为: 灾害与资源的错时平衡, 生产、生活、生态空间的体系平衡, 宅院、邻里、住区与田园空间的层级平衡。

通过空间设计、人工设施把雨季的暴雨灾害转为旱季的水资源, 将因过度集中而成为灾害的夏季雨水错季分时加以利用, 变害为利, 实现灾

害与资源之间的平衡转化;首先在人类生存所需的生产、生活这两大空间体系中分别实现各自的平衡,因此自然界生态平衡的科学规律没有被打破,进而人类生产、生活空间与所处的生态环境之间实现宏观平衡,形成架构合理的平衡体系;通过一系列实用的设计(宅院有水窖、邻里有涝池、住区有基层村单元、田园有人地适宜的规模比),从小到大、由低而高逐层实现不同层级内的空间规模、设施规模和供水量之间的平衡,同时层级间也建立起动态的平衡关系。

(4) 关中平原城镇可建立如下的测算及研究逻辑:模型量化测算——生态单元定形——单元群落间隙调控——社会功能耦合。

首先建立城镇基本类型空间最小规模时的雨涝平衡模型,测算出不同暴雨强度下其内的现状雨水蓄、渗、排的数量,以及内涝积水量,同时与市政需水量进行对比,以明确差额并完成数字模拟;其次基于上述测算及模拟,选择适宜的本土化、现代化的自平衡技术,明确其设施类型、规模、布局原则,从而确定基本生态单元的规模及构成;再次针对若干基本生态单元组织形成的单元群落进行研究,探索其单元间隙的动态调控机制,保障由小到大的层级平衡;最后,将社会功能、景观格局与自平衡单元进行功能耦合和空间匹配,从而实现多元复合、生态自平衡的解决该地区内小城镇内涝问题的规划途径体系。

5 结语

本文梳理并挖掘关中平原传统村镇雨涝自平衡的经验,揭示了传统村镇在技术尚不先进的时代是如何应对干旱缺水与暴雨洪灾共存的现实矛盾,反映出传统村镇从整体布局到细部设计的生态营建智慧。相关数据和做法可以为类似地区小城镇生态化、地域化、低成本规划建设提供参考,并将有助于当前海绵城市建设实践中具体指标的量化落实。

参考文献 References

- [1] 姜德文. 城市内涝防治的生态保护对策[J]. 风景园林, 2013(5): 21-23.
JIANG Dewen. Ecological protection counter-measures of city waterlogging prevention [J]. J. Landscape Architecture, 2013(5): 21-23.
- [2] 吴庆洲. 古代经验对城市防涝的启示[J]. 灾害学, 2012, 27(3): 111-115.

- WU Qingzhou. Enlightenment from ancient experience against urban waterlogging after rainstorm [J]. Journal of Catastrophology, 2012, 27(3): 111-115.
- [3] 李旭, 张辉, 赵万民. 统筹兼顾, 因势利导: 历史治水经验对城市“内涝”的启示[J]. 城市发展研究, 2012, 19(4): 113-117.
LI Xu, ZHANG Hui, ZHAO Wanmin. Overall consideration, improve the occasion: inspiration from historical water-control experience to urban water logging [J]. Urban Studies, 2012, 19(4): 113-117.
- [4] 宋功明, 韩晓莉. 基于庭院的聚落生态安全模式[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2011, 43(2): 266-271.
SONG Gongming, HAN Xiaoli. Ecology-safe model of residential area based on the courtyard [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2011, 43(2): 266-271.
- [5] 王麒翔, 范晓辉, 王孟本. 近 50 年黄土高原地区降水时空变化特征[J]. 生态学报, 2011, 31(19): 5512-5523.
WANG Qixiang, FAN Xiaohui, WANG Mengben. Precipitation trends during 1961—2010 in the Loess Plateau region of China [J]. J. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(19): 5512-5523.
- [6] 刘启波, 李慧玲, 周娜, 等. 生态化理念下社会主义新农村住区规划与建筑设计的优化设计研究: 以关中地区农村住区为例[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2011, 43(6): 875-881.
LIU Qibo, LI Huiling, ZHOU Na, et al. Optimization design of settlements planning and design under eco-concept in the new socialist countryside: with rural settlements in Guanzhong Region as an example [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2011, 43(6): 875-881.
- [7] 刘俊民, 郭瑞. 关中平原降水特征分析[J]. 人民黄河, 2008, 30(5): 22-24.
LIU Junmin, GUO Rui. Analysis on precipitation characteristics of Guanzhong Plain [J]. J. Yellow River, 2008, 30(5): 22-24.
- [8] 贾玲利. 陕西关中地区农村居住建筑文化探讨[J]. 四川建筑科学研究, 2007(1): 160-163.
JIA Lingli. Discussing of architectural culture of the rural residence in Shaanxi Province [J]. J. Sichuan Building Science, 2007(1): 160-163.
- [9] 于汉学, 周若祁, 刘临安. 黄土高原沟壑区小流域人居环境规划的生态学途径: 以陕北枣子沟小流域为例[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2005, 37(2): 189-209.
YU Hanxue, ZHOU Ruoqi, LIU Linan. Ecological approach to human settlement planning in small watershed gully areas on the loess plateau: with the example of Zaozigou small watershed in north Shaanxi [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2005, 37(2): 189-209.

(下转第 130 页)

- Science, 2016, 32(4): 87-92.
- [7] 舒海文, 祝明睿, 曾琦杰, 等. 大连某海水源热泵区域供热系统的实测分析[J]. 暖通空调, 2014, 44(11): 62-66.
SHU Haiwen, ZHU Mingrui, ZENG Qijie, et al. Field measurement and analysis of a seawater source heat pump district heating system in Dalian [J]. HV&AC, 2014, 44(11): 62-66.
- [8] 李峥嵘, 傅强, 钱必华, 等. 上海某办公楼土壤源热泵系统冬季运行特性实测分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2015, 47(3): 413-417.
LI Zhengrong, FU Qiang, QIAN Bihua, et al. Winter performance analysis for a ground-coupled heat pump system of an office building in Shanghai [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2015, 47(3): 413-417.
- [9] 雷飞, 胡平放, 黄素逸, 等. 地下水源热泵空调系统的实测以及能效火用分析[J]. 流体机械, 2012, 40(2): 57-62.
LEI Fei, HU Pingfang, HUANG Suyi, et al. Energy and exergy analysis of a ground water heat pump system [J]. Fluid Machinery, 2012, 40(2): 57-62.
- [10] 陈焰华, 於仲义, 胡平放, 等. 武汉地区地源热泵系统的运行测试与分析[J]. 暖通空调, 2009, 39(6): 12-17.
CHEN Yanhua, YU Zhongyi, HU Pingfang, et al. Operation Testing and Analysis of Ground-Source Heat Pump Systems in Wuhan Area [J]. HV&AC, 2009, 39(6): 12-17.
- [11] 中华人民共和国建设部. 地源热泵系统工程技术规范: GB/T50366-2009 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
Ministry of Construction of the P. R. C. Technical code for ground-source heat pump system: GB/T50366-2009 [S]. Beijing: China Building Industry Press, 2009.
- [12] WANG Zhanwei, WANG Zhiwei, YAN Zengfeng. The Method of Field Date Collection and Date Validity For Energy Efficiency Diagnosis in Heat Pump Operating. [J]. Lecture Notes in Electrical Engineering, 2014(263): 593-601.
- [13] WANG Zhiwei, WANG Zhanwei, YAN Zengfeng. A Fault Diagnosis Model and its Application in Chiller Operating [J]. Applied Mechanics & Materials, 2013, 294: 1851-1856.
- (编辑 桂智刚)

(上接第 117 页)

- [10] 任云英. 21 世纪关中农耕地区乡镇生态社区建设的意义及其展望[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2000, 32(2): 147-150.
REN Yunying. Significance and prospect in building up mid-Shaanxi rural ecological community [J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2000, 32(2): 147-150.
- [11] 徐学选, 穆兴民, 王文龙. 黄土高原(陕西部分)雨水资源化潜力分析[J]. 资源科学, 2000(1): 31-34.
Preliminary analysis of rainwater resourcing in part of loess plateau (Shaanxi portion) [J]. J. Resources Science, 2000(1): 31-34.
- [12] STOKES Alexia. Soil bio-and eco-engineering in China: past experience and future priorities [J]. J. Ecological Engineering, 2010, 36(3): 247-257.
- [13] 车伍, 李俊奇. 城市雨水利用技术与管理 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.
CHE Wu, LI Junqi. Technology and Management of Urban Rainwater Utilization [M]. Beijing: Chinese Architecture Industry Press, 2006.
- [14] 张天曾. 黄土高原论纲 [M]. 北京: 中国环境科学出版社. 1993.
ZHANG Tianzeng. Contention of key issues in China's loess plateau [M]. Beijing: Chinese Environmental Science Press, 1993.
- (编辑 吴海西)