南水北调中线输水工程若干冰力学问题试验研究

徐国宾,李大冉,黄 焱,赵 新

(天津大学建筑工程学院,天津 300072)

摘要:通过在低温冰工程实验室进行的冰力学模型试验,研究了南水北调中线工程冰期输水中的若干冰力学问题, 主要包括:冰的膨胀力、冰盖稳定性和浮冰对闸墩的撞击力。试验结果给出了冰的膨胀力变化典型时程曲线、不同 厚度冰盖的膨胀力极值变化;不同厚度的冰盖随水位下降的最大塌落值;以及冰排对闸墩的撞击力的冰力时程曲 线、冰力极值随冰速的变化曲线。这些试验成果可为南水北调中线工程冰期输水安全运行提供参考。

关键词:南水北调中线;输水工程;冰力学模型试验;冰膨胀力;冰盖稳定性;浮冰撞击力 中图分类号: P332 & P334.7 文献标志码: A 文章编号: 1001-6791(2010)06-0808-08

南水北调中线工程纵贯中国南北,从气候温和区到寒冷区。在寒冷区,冬季运行时,将有不同程度的冰 凌产生^[1],随之而带来是有关冰盖因温度变化引起的膨胀力以及因水位升降变化导致的上拔力或下拉力对 结构物的作用、水位升降过程中冰盖的变化及稳定、冰排发生挤压破坏时对结构物的挤压力和浮冰对闸墩等 结构物的撞击力等一系列问题,这些问题将严重影响到中线工程冰期输水安全运行。冰期输水安全运行是南 水北调中线工程设计中急待解决的一个关键课题。虽然国内外一些学者通过原型观测、数值模拟和实验室模 拟方法研究了河道中的冰盖、冰塞和冰坝的形成和演变,以及浮冰的运动规律^[29],并取得了大量成果,但 对于冰对水中结构物的作用力的研究成果,主要还是原型观测再辅以数值模拟^[10],单纯的数值模拟或实验 室模拟成果都很少。主要在于,一方面冰对水中结构物的作用力目前还很难用数值模拟的方法进行完全的计 算^[11];另一方面有关冰力学的模拟,由于要模拟冰的力学性质,需要在专门的低温冰实验室里进行,而有 条件能够开展这项研究工作的实验室却很少。

本文利用国内唯一的大型低温冰工程实验室——天津大学低温冰工程实验室,研究了南水北调中线工程 冰期输水中的若干冰力学问题,主要包括:冰的膨胀力、冰盖稳定性和浮冰对闸墩的撞击力。试验结果给出 了冰的膨胀力变化典型时程曲线、不同厚度冰盖的膨胀力极值变化;不同厚度的冰盖随水位下降的最大塌落 值;以及冰排对闸墩的撞击力的冰力时程曲线、冰力极值随冰速的变化曲线。

1 低温冰工程实验室

天津大学低温冰工程实验室见图 1, 该实验室面积达 216.0m², 室内制冰温度(工作温度) – 18℃; 最低 工作温度 – 25℃。其主要设备有冰池、融冰池、制冷系统、拖车系统(包括主拖车和服务拖车)、水过滤系统、 观察廊道、数据和图像的记录与处理系统等。冰池是实验室主要试验场地,用来容纳用于制冰的水体,水体 的上表面可以生成预定厚度的冰盖。该池长 20.0m、宽 5.0m、深 1.8m,池底和四壁均为保温结构。试验 主拖车用于驱动冰排通过固定于池底的建筑物模型,或带动建筑物模型穿过固定不动的冰排,最终造成冰排 与模型建筑物的相对运动及相互作用过程。

收稿日期: 2009-11-17

基金项目: "十一五"国家科技支撑计划资助项目 (2006 BA B04A 12-7)

作者简介:徐国宾(1956-),男,河北石家庄人,教授,博士生导师,从事水利水电工程专业教学与研究工作。



图 1天津大学低温冰工程实验室

Fig. 1 Ice engineering laboratory of Tian jin University

2 模型相似准则及模型冰制取

2.1 模型相似准则

冰力学模型试验相当特殊,它一方面具有水流和浮冰运动模型试验的特点;另一方面,它又具有材料力学 试验的特点。这就要求它除了满足水流运动相似和浮冰运动的相似准则外,还应保证冰的力学性质相似^[11-13]。

(1) 水流运动相似 即重力相似和阻力相似:

$$\alpha_{\rm v} = \alpha_1^{1/2} \tag{1}$$

重力相似 阻力相似

$$\alpha_{\rm c} = 1 \tag{2}$$

式中 α_1 为几何比尺; α_v 为流速比尺; α_c 为谢才系数比尺。

(2) 浮冰运动相似 浮冰在水流动力的作用下, 在河水中时而运动, 时而不动。浮冰的这种运动特性 可用表示浮冰重力特性的密度弗劳德数 *Fr*_i表示

$$Fr_{i} = \frac{v_{i}}{\sqrt{2g \frac{\rho - \rho_{i}}{\rho}\delta}}$$
(3)

式中 v_i 为浮冰运动的临界流速; δ 为浮冰厚度; $\rho_i \rho_i$ 分别为水和冰的密度; g为重力加速度。

如果浮冰运动特性相似,原型和模型中的的浮冰的密度弗劳德数须相等。由此可写出相似比尺关系式 α_v = $\alpha_{\rho-\rho_i}^{1/2} \alpha_1^{1/2}$,并将式 (1)代入该相似比尺关系式,得

$$\alpha_{\rho,\rho_i} = 1 \tag{4}$$

式 (4)表明,要使浮冰运动特性相似,模型冰的密度就应该等于原型冰的密度,即 $\rho_{M} = \rho_{Po}$

(3) 冰弹性力相似 (冰柯西数相似) 冰的变形与弹性力有关, 柯西数 Cai是表示冰弹性力特性的参数, 可写成如下形式:

$$C_{\rm ai} = \frac{\rho_v^2}{E_{\rm i}} \tag{5}$$

式中 v为流速; ρ_i 为冰密度; E_i 为冰的弹性模量。

如果冰的弹性力相似,则原型与模型冰的柯西数应相等,考虑到 $\alpha_v = \alpha_1^{1/2}$ 、 $\rho_M = \rho_R$,由此导出

$$\alpha_{\mathrm{E}_{i}} = \alpha_{1} \tag{6}$$

式(6)表明,要使冰的弹性力相似,模型冰的弹性模量应该按几何比尺对原型冰的弹性模量缩小。

(4) 冰断裂力相似 (冰数相似) 脆性破坏是冰工程中最常见的破坏特征, 而脆性破坏与断裂力有关。 冰数 *I*₁反映了弹性力与断裂力的比值, 可用下式表示⁽¹³⁾:

$$I_{\rm n} = \frac{\rho_v^2 L^{1/2}}{K}$$
(7)

式中 K为断裂韧性系数; L为特征长度。

(8)

如果冰的断裂力相似,则原型与模型冰的冰数应相等,考虑到 ho_{M} = ho_{P} 和 $lpha_{V}$ = $lpha_{1}^{1/2}$,由此导出

$$\alpha_{\rm K} = \alpha_1^{3/2}$$

以上相似准则为冰力学模型试验应遵守的准则,但这几个相似准则很难同时满足,尤其是冰数相似准则。这种情况下,至少应使模型冰的弹性模量 *E*_i与抗弯强度 σ_i之比大于 2000 即 *E*_i/σ_i≥2000

根据上述相似准则,推出冰力学模型主要物理量

的比尺,见表 1。

2.2 模型冰制取

模型冰的质量是冰力模型试验的关键。对于冰力 模型试验而言,要求模型冰与原型冰的力学性质相似、 生成过程和破坏类型相同。冰是一种复杂的晶体材料。 冰与结构物作用时,冰的破坏一般表现为冰晶体之间

表 1 主要物理量的比尺

Table 1 Scales of main physical quantities

物理量	比尺	物理量	比尺
几何尺度	α1	冰力	α ³ ₁
时间	α ^{1/2}	冰强度 (压、弯、剪)	α1
速度	α ^{1/2}	冰弹性模量	α1
加速度	α ⁰ ₁	冰的断裂韧性	α ^{3/2}
质量	α_1^3	摩擦系数	α ⁰

连接链的破坏,冰对结构作用力的大小往往反映了冰晶体之间连接链的强度,而不是冰晶体本身的破坏强度。 因此,在模型冰制取技术方面首先应控制冰盖结晶尺寸(直径),这是通过高压喷雾引晶技术达到的。经过喷雾 引晶,冰晶体尺寸一般被控制在 hmm 左右,模型冰晶体尺寸与模型结构的尺寸之比控制在 1/6~ 1/25之间,其 破坏模式即与原型的破坏模式相似,测试的冰力是真实的^[15]。否则,会产生冰晶体结构本身的碾压破坏,造成 测试的冰力失真并偏大,即所谓的"冰晶效应"。避免"冰晶效应"的最有效的环节在于冰盖制取的过程中, 必须保证"喷雾引晶"的结晶效果和在水表面分布的均匀性。为了使模型冰的破坏类型和原型冰一致,模型冰 的弹性模量 E_i 与抗弯强度 σ_i 之比 $E_i/\sigma_i \ge 2000$ 、模型冰在制取过程中,为了降低其强度,须在水中添加不同 成分不同比例的掺合材料。这些掺合材料的主要作用是增加模型冰的孔隙率以降低冰的抗弯强度和弹性模量, 从而保证模型冰的力学性质符合试验要求。目前在低温条件下使用的模型冰掺合材料主要有氯化钠、尿素等。 其中掺合尿素的模型冰是目前最常用的模型冰。本次模型试验采用的是高压喷雾引晶技术生成的尿素冰^{(14/})</sup>

3 试验结果及分析

3.1 冰的膨胀力

冰的膨胀力是指冰盖在温升影响下膨胀时,受到建筑物的约束而对其产生的作用力,又称温度膨胀力。 在河渠封冻期,冰的温度膨胀力对水工建筑物会造成严重危害,这已成为困扰寒冷地区水工建筑物设计人员 的重要问题之一。

对于冰作用于水工建筑物上的温度膨胀力问题,工程中存在 3类常见的约束形式:四周固定约束,如四 周封闭在闸室内的冰盖;一边固定约束,另一边为边界摩擦约束,如河道的一侧为直立墙,另一侧为边坡; 复杂边界约束,如冰盖在闸门位置为弹性约束,而在其它方向为半无限冰盖板。另外,渡槽内的冰膨胀力也 具有一定的代表性。本次冰的膨胀力模型试验是采用第一种约束形式即四周固定约束,模型冰为在冬季封冻 期采集到的天然冰,测试装置如图 2所示。

冰的膨胀力变化模型试验全过程历时一般控制在 30 m i。在各组次试验中,均采用相同的线性温升梯度, 即在 30 m in 内,冰样周围气温由 – 5℃升至 15℃。图 3是冰厚 12 m 试件的膨胀力变化时程曲线。由图 3可以 明显看到随着外界温度的升高,冰开始发生膨胀,当冰的膨胀力达到极限状态后,冰的膨胀力开始下降。

试验中测试了不同厚度冰盖的膨胀力极值变化,见图 4。结果表明,膨胀力极值与冰厚呈正比关系,随 着冰厚增加,膨胀力也会增大。

3.2 冰盖稳定性

冰期输水期间,若形成冰盖后,当水位下降时,冰盖必然随之塌落。随着水位下降,冰盖塌落值越来越 大,当塌落到一定程度时,冰盖必然会发生弯曲破坏。试验目的主要是观测不同厚度的冰盖随水位下降的最大 塌落值,以便确定在冰盖下输水时,水位最大允许下降幅度。



图 2 膨胀力测试装置

Fig. 2 Experimental installation of ice thermal expansive force



图 3 冰的膨胀力变化典型时程曲线

Fig. 3 Changes in a typical time force curve for expansion force of ice

模型渠道断面型式及尺寸根据中线工程中典型的渠道断面结构型式加工而成,模型与原型的几何比尺为 1:20,图 5是冰盖塌落试验装置。



图 4 膨胀力极值与冰厚呈正比关系





图 5 冰盖塌落试验装置 Fig. 5 Device for ice cover collapse experiment

根据华北地区多年的天然河段冰情概况,确定原型冰模拟厚度为 0.10~0.55m。模型冰厚度根据 1:20 的模型几何比尺分别为 0.5 m、 0.9 m、 1.5 m、 1.7 m、 1.8 m、 2.3 m和 2.8 m。

表 2中列出了不同厚度的冰盖随水位下降的最大塌落值,超过这个值冰盖就会发生弯曲破坏。图 6是冰 盖最大塌落值随冰厚的变化趋势。可见,在冰的材料力学特性相似的情况下,冰盖最大塌落值与冰盖厚度之 间近似存在正比关系。

表 2 不同厚度的冰盖随水位下降的 最大塌落值(已换算成原型值)

 Table 2
 Extrem e value of ice collapse with

d ifferen t	ice	th ick ne ss
-------------	-----	--------------

冰厚 /m	抗弯强度 /kPa	冰盖最大塌落值 /m			
10 0	536	9. 0			
18 0	528	10. 4			
30 0	604	17.6			
36 0	578	19. 2			
34 0	664	18. 2			
46 0	772	30. 2			
55 0	784	35. 2			



图 6 冰盖最大塌落值随冰厚的变化趋势

Fig. 6 Relationship between extreme value of ice collapse and ice thickness

3.3 浮冰对闸墩撞击力

模型与原型的几何比尺为 1:10,试验中,通过安装在闸墩模型上的测力传感器来直接测量作用在结构 上的冰力。模型冰的物理力学性质指标是以渠道原型冰为依据模拟的。根据天然河段冰情概况,将渠道原型 冰抗压强度确定为 2.1M Pa,这样根据 1:10的模型几何比尺,模型冰抗压强度确定为 0.210M Pa,浮冰有大 面积的整块冰,也有小面积的碎冰,前者一般称为冰排,后者称为流冰。冰排对对闸墩的撞击力要大于流 冰,危害性也大。所以,首先做了冰排对对闸墩的撞击力。假设冰排的平面尺寸大于闸孔间距,随水流漂移 阻挡在闸墩前并发生持续挤压作用。试验中量测了不同冰厚和冰速组合(表 3)的冰力,并绘制出冰力时程 曲线。

表 3 冰排厚度和冰速

Table 3	Thickness	and	veloc ity	of	ice	sheet
---------	-----------	-----	-----------	----	-----	-------

冰厚 /m											
模型	2.1	3. 2	4. 1	1	10	15	20	25	30	35	40
原型	21	32	41	3. 2	31. 6	47.4	63. 2	79.0	94.8	110.6	126.4

冰排在闸墩前的破坏是典型的挤压破坏。从以往现场观测和模型试验过程来看,大部分情况下,冰排与 闸墩的作用过程通常都有如下的一个相似的表征。首先,以一定速度运动的冰排撞击到闸墩的迎水曲面上, 冰排与曲面接触处发生局部破坏,墩体开始承受冰力;接着,冰排向前推进,正向的曲面将冰排向上推起, 冰排形成一块受压板;随着冰排进一步的向前运动,冰排变形达到极限状态,冰排前缘在直立闸墩前发生纯 粹的挤压破坏,闸墩模型前的冰排表面一直保持平整,冰排穿过闸墩模型时,冰排被挤压成细小的碎冰渣, 不断被挤出,分列在闸墩模型后面的水沟两侧,形成冰渣小埂,如图7所示。这样,冰排与墩体的一个作用 过程就完成了。后续的冰排会继续在冰荷载的作用下撞击到墩体上,开始下一个循环过程。上面所描述的冰 排与闸墩相互作用过程中的破坏现象在图 & 图 9和图 10冰力时程曲线里有更为直接的表达。



图 7 冰排在闸墩模型前的挤压破坏 Fig.7 Extrusion damage of Ice floe in front of piermodel







图 11是根据试验结果绘制的冰力极值随冰速的变化曲线。由该图可以看出,冰厚和冰速均对冰力极值 具有直接影响。在不同冰厚下,冰力极值随冰速均呈现出相同的变化趋势:当冰速较小时,冰力极值随冰速 呈现快速增长的趋势;在试验给定的这 3种冰厚条件下,当冰速达到 75 m /s 左右时,冰力极值均达到最大 值;而后,冰力极值随着冰速的增长呈现出缓慢下降的趋势。这一冰力极值随冰速变化的趋势可能与人们想 象的不同。同一质量物体速度越大,所具有的动能就越大,产生的撞击力就越大。但是低温冰与普通物体不 同,这是由低温冷冻冰在一定条件下韧、脆转变典型特性所决定的。加拿大著名的冰试验专家 T m ∞ 根据大 量的冰样试验数据绘制的冰强度随加载速率变化的特性曲线 (图 12)更加直观地说明了冰力极值随冰速变化 这一趋势^[15]。图 12 中曲线被划分为 3个区域:延性区,过渡区和脆性区。在延性区内,冰强度随加载速率 的增加而增大;在过渡区,冰强度出现峰值并保持在较高的水平,随着加载速率的增加冰强度开始有下降的 趋势;当加载速率进入脆性区以后,加载速率的增加对冰的强度不发生明显的影响,冰强度比较稳定的保持 在一定的水平内。根据本次试验资料绘制在图 11中的冰力极值与冰速曲线变化趋势与图 12冰强度随加载速 率变化的特性曲线变化趋势一致。



图 9 典型冰力时程曲线之二





图 11 冰力极值随冰速的变化

Fig. 11 Relationship between the extreme value of ice force and ice speed $\label{eq:Fig:speed}$



图 10 典型冰力时程曲线之三









4 结 论

通过南水北调中线冰力学模型试验研究,研究了冰的膨胀力、冰盖稳定性和浮冰对闸墩的撞击力等冰力 学问题。试验结果表明,随着外界温度的升高,冰开始发生膨胀,当冰的膨胀力达到极限状态后,冰的膨胀 力开始下降。膨胀力极值与冰厚呈正比关系,随着冰厚增加,膨胀力也会增大。在冰的材料力学特性相似的 情况下,冰盖最大塌落值与冰盖厚度之间近似存在正比关系。冰厚和冰速均对冰力极值具有直接影响。在不 同冰厚下,冰力极值随冰速均呈现出相同的变化趋势。当冰速较小时,冰力极值随冰速呈现快速增长的趋 势。在试验给定的 3种冰厚条件下,当冰速达到 75 m /s左右时,冰力极值均达到最大值。而后,冰力极值 随着冰速的增长呈现出缓慢下降的趋势。 参考文献:

- [1] 高霈生,靳国厚,吕斌秀.南水北调中线工程输水冰情的初步分析[J].水利学报, 2003, 34(11): 96 101. (GAO Persheng JIN Guorhou, LÜ Birrxiu. Preliminary study on ice regine in the Middle Route of South to North Water Transfer Project
 [J]. Journal of Hydraulic Engineering 2003, 34(11): 96-101. (in Chinese))
- [2] SHEN H T, WANG D S, WASANTHA LAM. Numerical sinulation of river ice processes [J]. Journal of Cold Regions Engineer ing, 1995, 9(3): 107-118.
- [3] SHE Y, HICKS F. Modeling ice jam release waves with consideration for ice effects [J]. Cold Regions Science and Technology, 2006, 45(3): 137-147.
- [4] HEALY D, HICKS F E. Experimental study of ice jam formation dynamics [J]. Journal of Cold Regions Engineering 2006, 20 (4): 117-139.
- [5] 茅泽育,许昕,王爱民,等.基于适体坐标变换的二维河冰模型[J].水科学进展,2008,19(2):214-223. (MAO Zeryu XU Xin, WANG Aimin, et al 2-D numerical model for river ice processes based upon body-fitted coordinate[J]. Advances in Water Science, 2008, 19(2):214-223. (in Chinese))
- [6] 郝红升,邓云,李嘉,等.冰盖生长和消融的实验研究与数值模拟[J].水动力学研究与进展:A辑, 2009 24(3): 374-380. (HAO Hong-sheng DENG Yun, LI Jia et al Numerical sinulation and experimental study on grow th and decay of ice-cover [J]. Journal of Hydrodynamics Ser A, 2009 24(3): 374-380. (in Chinese))
- [7] 李志军,韩明,秦建敏,等.冰厚变化的现场监测现状和研究进展[J].水科学进展, 2005, 16(5): 753-757. (LIZh jun HAN Ming QN Jian-min et al States and advances in monitor of ice thickness chang [J]. Advances in Water Science, 2005, 16 (5): 753-757. (in Chinese))
- [8] 张学成,可素娟,潘启民.黄河冰盖厚度演变数学模型[J].冰川冻土, 2002, 24(2): 203-205. (ZHANG Xuercheng KE Surjuan, PAN Q im in, et al M athematicalmodel of ice cover thickness evolution in the Yellow R iver[J]. Journal of G laciblogy and Geocryobgy, 2002, 24(2): 203-205. (in Chinese))
- [9] 王军,赵慧敏. 河流冰塞数值模拟进展[J]. 水科学进展, 2008, 19(4): 597-604. (WANG Jun, ZHAO Huimin Recent de velopment in sinulation of river ice jam[J]. Advances in Water Science, 2008, 19(4): 597-604. (in Chinese))
- [10] 王金峰. 河冰力学性能及其对桥墩撞击力的研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007. (WANG Jin feng. Research on me chanics characteristic and it's in pinge on pier of river ice[D]. Haerbin Northeast Forestry University, 2007. (in Chinese))
- [11] 史庆增,徐继祖,宋安.冰力模型实验[J].冰川冻土,1990,12(2):117-123.(SHIQ ingreeng XU Jirzu, SONG An The model test of ice forces[J]. Journal of Glacib by and Geocryology, 1990, 12(2):117-123.(in Chinese))
- [12] 李大冉 · 输水工程冰力学模型试验及数值模拟 [D] · 天津: 天津大学, 2009. (LID arran. Ice force model test and numerical sinu lation [D]. Tian jin Tian jin University. 2009. (in Chinese))
- [13] 黄焱,史庆增,宋安.冰力模型实验中的模型律[J].冰川冻土,2003,25(增刊 2):352-355. (HUANG Yan, SHIQingzeng SONG An The application of scaling laws to ice force model tests [J]. Journal of G lacio bgy and G eocryo bgy, 2003, 25 (Suppl 2): 352-355. (in Chinese))
- [14] TMCOGW. The mechanical properties of saline doped and carbanide (UREA): Doped model ice [J]. Cold Regions Science and Technology, 1980 3(1): 45-56.
- [15] 宋安,范晓雷,史庆增,等. 闸墩冰荷载及过冰能力的模型试验研究 [J]. 水利学报, 2005, 36(9): 1121-1126. (SONG An, FAN X ior lei, SH IQ ing zeng, et al. M odel test for ice force acting on sluice piers and ice passing capacity [J]. Journal of Hydrau lic Engineering 2005, 36(9): 1121-1126. (in Chinese))

Laboratory study of problem s in ice mechanics encountered in the M idd le R ou te of Sou th-to-North W ater T ransfer Project

XU Guo-bin, LIDa-ran, HUANG Yan, ZHAO Xin

(College of Civil Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract Problems in ice mechanics encountered in the Mildle Route of South-North W ater Transfer Project are studied through ice experiments conducted in a low-temperature laboratory. The experiments mainly concentrate on the expansive force of the ice, the stability of the ice cover, and the ice force on piers. As the result a force-time curve for the change in the expansive force of the ice is obtained, and so does for the change in extremes of the ice thicknesses as well as for the force-time curve for the ice force on piers. The change in ice-collapse maxima is observed for different ice thicknesses as well as for the force-time curve for the ice force on piers. The change in extremes of the ice force with ice speeds is also measured. Our results would contribute to the safe operation of the Mildle Route of the South-to-North W ater Transfer Project in winters.

Key words the Middle Route of the South-to-North Water Transfer Project transfer water project ice mechanics laboratory modeling ice expansive force, stability of ice cover, ice force on piers

征稿启事

《水科学进展》是以水为论述主题的学术期刊,主要反映国内外在暴雨、洪水、干旱、水资源、水环境等领域中科学技术的最 新成果、重要进展,当代水平和发展趋势,报道关于水圈研究的新事实、新概念、新理论和新方法,交流新的科研成果、技术经验和 科技动态;她涉及与水有关的所有学科,包括水文科学、大气科学、海洋科学、地质科学、地理科学、环境科学、水利科学和水力学、 冰川学、水生态学以及法学、经济学和管理科学中与水有关的内容。

本刊热诚欢迎广大水科学工作者踊跃投稿,尤其欢迎以下几方面的稿件:

1、题材较重大,能为国家对与水有关的重大问题的决策提供科学依据的稿件;

2.反映水科学各分支学科重要研究成果尤其是前沿课题的稿件;

3.探讨水圈与地球其他圈层相互关系及水与社会发展相互关系等宏观科学问题的稿件;

4.报道对推动水科学发展有重要意义的新事实、新概念及新途径的稿件;

5.运用多学科的理论与方法探讨水科学基础理论(尤其是跨学科的生长点)与实际问题的稿件;

6.介绍有推广价值,思路新颖的技术方法和经验的稿件。

《水科学进展》编辑部

^{*} The study is financially supported by the National Key Technologies R&D Program of China during the 11th Five-year Plan Period (No 2006BA B04A 12-7).