文章编号：1000-8608(2008)05-0726-07

河流水资源结构分解及其应用研究

许士国*[1]， 李文义[1,2]

（1.大连理工大学 土木水利学院，辽宁 大连 116024；
2.山东黄河河务局，山东 济南 250011）

摘要： 从维护河流生态平衡、保证防洪安全和充分利用水资源的角度出发，提出了河流水资源结构分解的思想，将河流水资源划分为生态水量、安全水量、风险水量和灾害水量四部分. 根据各类水量的功能和特点，结合嫩江实际，确定了其各自不同的计算方法. 对嫩江下游江桥断面的水资源结构进行分析计算，结果表明，不同特征年的生态水量、安全水量、风险水量和灾害水量有较大差别. 为了进一步研究上下游断面间的河流水资源结构变化，比较了江桥和其下游大赉断面的河流水资源结构. 研究发现，就多年平均而言，上下游断面河流水资源结构相似；而在不同特征年，其河流水资源结构有所差别，特别在特丰和特枯年份，上下游断面间河流水资源结构差异明显. 根据河流水资源结构的这类特点，在以后的河流水资源管理中，可以采取适当措施调整河流水资源结构，实现较大的河流水资源综合利用效益.

关键词： 河流水资源；结构分析；嫩江；松嫩平原

中图分类号： TV87 **文献标志码：** A

0 引 言

中国北方地区地处季风降雨带，降水量的年内、年际分布不均. 一方面，汛期洪水峰高浪急，持续时间较短，往往产生洪水灾害；另一方面，年内其他大部分时间降水量不足，导致旱灾频繁，同样会对经济和环境造成严重损失和威胁. 严峻的局面迫使人们设法缓解这种矛盾，调节河流水资源，改变其径流过程，实现丰水枯用.

汛期洪水除了人们所熟知的会带来洪水灾害外，还具有资源属性. 洪水的资源性是指洪水所具备的提供水力资源、生态环境资源的属性[1]. 以往处理洪水的措施和研究多侧重于防洪角度，借助工程措施和非工程措施追求防洪负效益，而对其资源性研究比较欠缺. 本文充分研究河流水资源和汛期洪水的特性，在河流水资源结构分析基础上，分析不同特征年河流水资源结构，进而分析比较上下游间河流水资源结构变化特点.

1 河流水资源结构分析模型

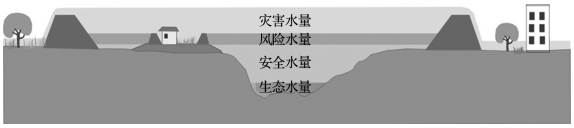
根据河流洪水特点和河流水量所承担的不同功能和作用，从生态、利用和防洪角度出发，可将河流水量分为生态水量、安全水量、风险水量和灾害水量等四个部分[2]，与各类水量相对应的流量分别称之为生态流量、安全流量、风险流量和灾害流量. 图1表示河流水资源结构分解中，由河流断面特性(a)确定特征水位(b)，再由特征水位确定特征流量(c)的示意图；各类水量划分与河道流量关系可用式(1)表示.

$$\begin{cases} Q_r \leqslant Q_{l1}; & \text{河流水全部为生态水量} \\ Q_{l1} < Q_r < Q_{l2}; & \text{河流水处于安全水量范围} \\ Q_{l2} \leqslant Q_r < Q_{l3}; & \text{河流水处于风险水量范围} \\ Q_r \geqslant Q_{l3}; & \text{河流水处于灾害水量范围} \end{cases} \tag{1}$$

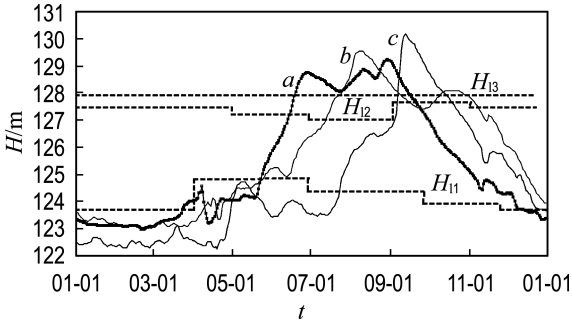
式中：Q_r 表示河流的实际流量，图中以3个不同流量过程示意；Q_{l1} 表示生态水量和安全水量的界限流量；Q_{l2} 表示安全水量和风险水量的界限流量；

收稿日期： 2006-12-10； **修回日期：** 2008-07-20.
基金项目： 国家自然科学基金资助项目(重点项目 50139020；面上项目 50679012).
作者简介： 许士国*(1958-)，男，教授，博士生导师.

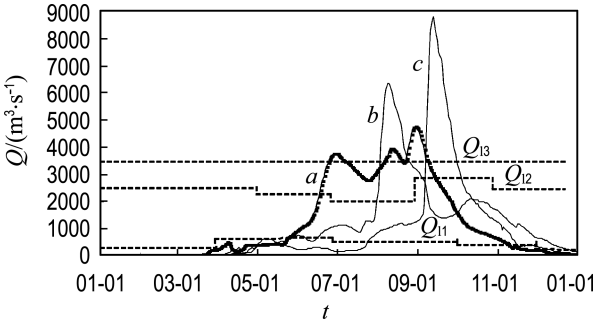
Q_{l3} 表示风险水量和灾害水量的界限流量.



(a) 河流断面特性



(b) 水位变化过程



(c) 流量变化过程

注：a、b、c 分别相当于 10%、15%、25% 频率大水量年份；H_{l1}、H_{l2}、H_{l3} 为分别对应于河道流量 Q_{l1}、Q_{l2}、Q_{l3} 时的水位，不同时段 Q_{l1}、Q_{l2}、Q_{l3} 不同，H_{l1}、H_{l2}、H_{l3} 也相应随之变化

图 1　河流水资源结构示意图

Fig. 1　The sketch map of the river water resources

根据前述河流水资源结构分析思想进行水资源分析时，首先需要确定界限流量，再计算相应水量量值. 对于河流而言，流量是一个很重要的指标，它和河流水量之间具有一致性，其关系如式(2). 由于河道水量监测资料多以流量为标准来标记，在分析水资源结构时可以流量为标准进行分析.

$$V = \int_{t_1}^{t_2} Q(t)\,\mathrm{d}t \tag{2}$$

式中：V 为某河流断面时间 t_1 到 t_2 间流过的水量，$Q(t)$ 为河流瞬时流量，t 为时间.

对河流水资源结构中四类水的水量计算，可应用如下公式：

$$V_{\mathrm{e}} = \begin{cases} \int_{t_1}^{t_2} Q_{\mathrm{r}}(t)\,\mathrm{d}t; & Q_{\mathrm{r}} \leqslant Q_{l1} \\ \int_{t_1}^{t_2} Q_{l1}\,\mathrm{d}t; & Q_{\mathrm{r}} > Q_{l1} \end{cases} \tag{3}$$

$$V_{\mathrm{s}} = \begin{cases} \int_{t_1}^{t_2} [Q_{\mathrm{r}}(t) - Q_{l1}]\,\mathrm{d}t; & Q_{l1} < Q_{\mathrm{r}} \leqslant Q_{l2} \\ \int_{t_1}^{t_2} [Q_{l2} - Q_{l1}]\,\mathrm{d}t; & Q_{\mathrm{r}} > Q_{l2} \end{cases} \tag{4}$$

$$V_{\mathrm{r}} = \begin{cases} \int_{t_1}^{t_2} [Q_{\mathrm{r}}(t) - Q_{l2}]\,\mathrm{d}t; & Q_{l2} < Q_{\mathrm{r}} \leqslant Q_{l3} \\ \int_{t_1}^{t_2} [Q_{l3} - Q_{l2}]\,\mathrm{d}t; & Q_{\mathrm{r}} > Q_{l3} \end{cases} \tag{5}$$

$$V_{\mathrm{d}} = \int_{t_1}^{t_2} [Q_{\mathrm{r}}(t) - Q_{l3}]\,\mathrm{d}t; \quad Q_{\mathrm{r}} > Q_{l3} \tag{6}$$

$$V = V_{\mathrm{e}} + V_{\mathrm{s}} + V_{\mathrm{r}} + V_{\mathrm{d}} \tag{7}$$

式中：V_{e}、V_{s}、V_{r}、V_{d} 分别表示 t_1 到 t_2 内通过某河道断面的生态水量、安全水量、风险水量和灾害水量；V 表示总水量；$Q_{\mathrm{r}}(t)$ 表示实际流量；t_1、t_2 分别表示水量计算的起止时间.

由于连续记录河道瞬时流量有困难，且在实际应用时往往只需知道时段平均流量值 $\overline{Q}$ 即可满足需要，计算河流水量时通常采用下述公式：

$$V = \sum_{i=1}^{n} \overline{Q}_{t_i} \Delta t_i \tag{8}$$

式中：n 表示计算河道水量的时段数；$\overline{Q}_{t_i}$ 表示第 i 时段的河道平均流量；Δt_i 表示第 i 时段的时长.

2　嫩江江桥断面河流水资源结构分析

对河流生态系统而言，最低限的河流生态水量对于维持其平衡和稳定至关重要，大于其低限值的河流水量，对其系统的稳定和发展有积极意义，尽管大洪水可能会暂时破坏河流生态系统，但洪水过后河流生态系统往往会得到迅速的恢复和较大发展，因而在此对生态水量重点研究其低限值的确定. 对河流安全水量而言，从经济、生活用水和防洪安全的角度进行研究，其上限值对于安全水量意义重大，在其上限值之下河流水量无论是对于经济、生活还是河流防洪，均不会产生洪水灾害威胁. 风险水量和灾害水量仅会在丰水年份出现，二者之间限值可从偏重于防洪角度进行研究.

2.1　生态水量下限确定

在自然条件下，河流水资源量在年内年际分布不均，甚至变动剧烈. 在长期的自然演变过程中，河流形成了各自的相对稳定的生态系统，这样

的生态系统具有一定抗干扰的弹性适应范围[3]，河流水量的丰枯变化有一定的规律，在人为因素较小的情况下，河流生态系统能够适应年内年际水量变动带来的影响，甚至极端情况(极端丰、枯水年)下，生态系统在短暂破坏后亦能很快恢复.

北方河流水量年内、年际变化剧烈，丰、枯水期流量相差几十倍，甚至数百倍，见图 2. 枯水期的河流生态非常脆弱，特别是在 4～6 月份鱼类产卵孵化期，河流水量偏少，繁殖期鱼类对河道内水温、流速、水深等参数均有相对严格的要求[4]，同期农业用水需求较大，经济用水往往大量挤占生态用水，造成严重生态危机. 而汛期河流水量较大，最低限生态水量可自动得到满足. 洪水泛滥虽可能暂时破坏生态平衡，但这种破坏一般在生态系统弹性适应范围之内，一段时间后系统会自动恢复，甚至得到优化. 一定频率的洪水对于河流生态系统的恢复和发展具有重要作用.

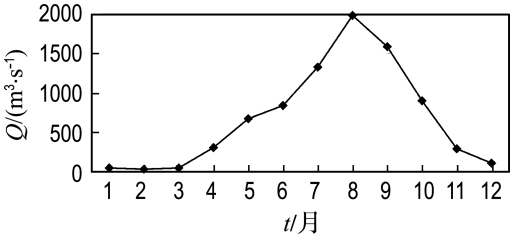


图 2 嫩江下游江桥断面多年平均月流量变动趋势图

Fig. 2 The average annual monthly discharge tendency chart of Jiangqiao station in Nenjiang River

河流生物主要包括藻类、浮游植物、浮游动物、大型水生植物、底栖动物和鱼类等. 要将每类生物生存最低生态水量全部确定，在现阶段无法实现. 因此，选用河流指示生物，认为指示生物的生存空间得到满足，其他生物的最小生态空间也得到满足. 和其他的类群相比，鱼类在水生态系统中的位置独特. 一般情况下，鱼类是水生态系统中的顶级群落，对其他类群的存在和丰度有着重要作用[5]. 鱼类对河流生态系统稳定具有重要作用，加之鱼类对低水量最为敏感，故将鱼类作为指示物. 认为鱼类的最低生态水量得到满足，则其他类型生物的最低生态水量也得到满足.

河流湖泊一般都有自己的代表性鱼类，东北河流喜冷性鱼类较为具有代表性，如哲罗鱼、细鳞鱼、茴鱼、江鳕鱼、狗鱼及乌苏里白鲑等[6]，这些鱼种比较名贵，近几十年来，捕捞过度、水质恶化等导致其数量减少，有些甚至处于濒危边缘；嫩江主要经济鱼类有鲤、鲫、鲢、鳙、草、青、鲶等，其中鲤科鱼类在江河湖泊中占多数. 嫩江有鱼类 99 种，鲤科占 53 种，占所有鱼种比例的 53.5%. 嫩江下游地势平坦，泛水区大，成为草上产卵鱼类——鲤、鲫、鲶等鱼类的主要繁殖和育肥区域[7]. 嫩江鲤鱼属于底层鱼类，适应性强，对不良环境有较强抵抗力，产卵期在 4～6 月，繁殖水温在 18 ℃以上. 一般而言，适应性强的鱼类最低限生态水量得到保证，河流生态系统不致发生毁灭性生态破坏，在此，选择生存上具有较强适应性、经济上具有代表性的鲤科鱼种，如以鲤鱼为例，研究其必要的河流生存环境，将能维持其生存的最低水量作为河流必不可少的生态水量.

必要的水深是维持河流生态系统稳定的重要因素，如嫩江上的月亮泡 1979 年越冬水位过低，影响到了河流生态系统稳定，造成鱼类大量死亡，使得鱼类资源遭到严重破坏[6]. 嫩江下游枯季主槽水面宽一般 300～400 m，水深 2～4 m，基本能够保证鱼类越冬所需水位. 适宜流速是鱼类繁殖的必要条件，从图 2 可以看出，嫩江下游从 3 月份到 8 月份是涨水阶段，河流流速逐渐增加. 鱼类产卵也需要在涨水状态下进行. 流速过快、过大容易使鱼消耗体力，过慢、过小又容易出现缺氧. 流速、流量应随着季节气温变化而变化，河流自然径流过程一般春季缓流，夏季急流，秋季慢流，冬季微流，同鱼类生存需求基本一致. 根据已有研究成果，北方鱼类繁育所需最佳河流流速 0.3～0.4 m/s，适宜鲤鱼等经济鱼类活动的流速区间为 0.12～0.70 m/s[8].

基于年内河流水资源分布状况(图 2)，以及河流生态系统不同时段不同功能和作用，可将一年分为以下几个时段：上年 12～3 月；4～6 月；7～9 月；10～11 月. 上年 12～3 月为鱼类越冬期，所需水量较少，只要保证河流一定水深，鱼类即可安全越冬，河道中存在较多低洼深水区，一般情况下能够满足鱼类越冬需求；4～6 月为鱼类繁育期，对河流水量要求较高，该时段松嫩平原降水偏少，又正是农业用水的关键时期，生态用水和生产用水矛盾尖锐；7～9 月为主汛期，河流水量较为

丰富，鱼类最低限生态需水自动得到满足；10～11 月，鱼类活动降低，即将进入越冬期，对河流水量要求降低. 从保证低限河流生态系统安全的角度，根据前述代表性鱼类生存特点，可确定不同时段鱼类生存的最小流速分别为上年 12～3 月，0.12 m/s；4～6 月，0.3 m/s；7～9 月，0.20 m/s；10～11 月，0.15 m/s.

2.2　安全水量上限确定

对于安全水量而言，河流每年不同时段来水量变化比较明显，汛期和非汛期、汛前和汛后都不一样，安全水量上限也应随之变动. 根据来水状况不同，将一年 12 个月分为 4 个时段，少水期(11～4 月)、汛前(5～6 月)、汛中(7～8 月)、汛末(9～10 月). 为了保证堤坝安全，汛前(5～6 月)河流安全水位上限逐步降低，汛末(9～10 月)安全水位上限逐步升高. 安全水量上限 Q_{l2} 可以按照河流平滩流量来确定. 平滩流量，也称造床流量，指河流水量平滩时的流量，就是主河槽的过流能力[9]. 流域面积较大的河流，水量漫滩时往往对堤防、河滩内农作物(河流漫滩并不是每年都出现，所以大河的河漫滩一般都会种植农作物，甚至有的河漫滩内有人居住，比如黄河)构成威胁.

在少水期由于河流流量较小一般达不到平滩水平，其上限可取河滩地高程对应流量. 根据嫩江干流河道地形资料和水文站水位流量关系线分析，嫩江干流河道多年冲淤变化基本平衡[10]，汛后虽然主河槽也有所变化，但一般变动较小，其过流能力变动也不大，见图 3，在计算时可以认为没有变化. 汛前为了安全起见可以适当降低安全水量标准，汛中维持较低标准，汛末逐步提升水量标准.

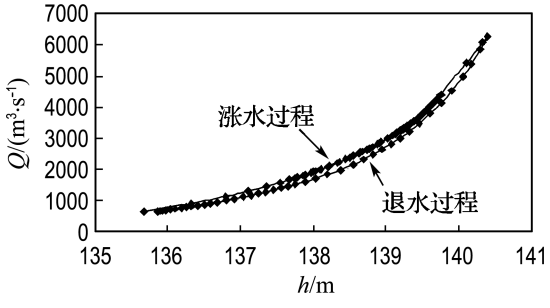


图 3　嫩江江桥断面水位、流量关系曲线

Fig. 3　The water-level and flow relation curve of the Jiangqiao station in Nenjiang River

嫩江干流河段流经平坦的松嫩平原，河道宽度较大，河流滩地平滩宽广，河道内外高差较小. 江桥断面河滩地基面高程系为黄海；河滩地平均高程和背水侧地面平均高程均为 138.00 m.

河流主河槽边缘滩地高程多低于远离主河槽滩地高程，因此暂假定主河槽边缘滩地高程低于滩地平均高程，差值为 Δh_1，远离主河槽处滩地高程高于滩地平均高程，差值为 Δh_2，确定这两个数值时可以参照背水侧地面平均高程以及河滩地的实际高程数值，由下述公式得到不同时期河流平滩水位：

$$\begin{cases} h_1 = H \\ h_2 = H - \lambda \Delta h_1 \\ h_3 = H - \Delta h_1 \\ h_4 = H + \Delta h_2 \end{cases} \tag{9}$$

式中：H 为河滩地平均高程；h_1 为少水期平滩水位；h_2 为汛前平滩水位；h_3 为汛期平滩水位；h_4 为汛末平滩水位；λ 为高差变动系数，可根据需要在 0 ～ 1 取值；Δh_1、Δh_2 根据河道断面实际高程确定.

平滩流量可根据河流水位流量曲线来确定，河流达到平滩水位后，水位上涨将带来流量激增，表现在水位流量曲线上就是在此水位附近水位流量关系线的曲率开始明显增加，见图 4.

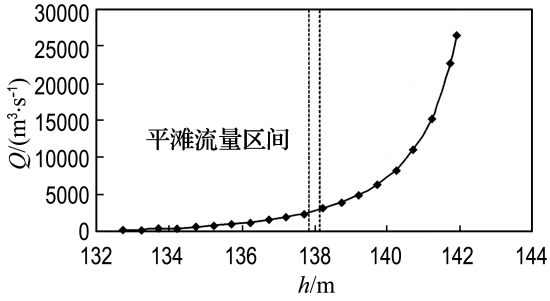


图 4　嫩江下游江桥断面多年平均水位流量曲线

Fig. 4　The mean annual rating curve of the Jiangqiao station in Nenjiang

2.3　风险水量和灾害水量限值确定

风险水量和灾害水量界限 Q_{l3}，可参照河流的防洪控制特征水位来确定. 防洪控制特征水位是根据河流堤防和河流多年平均来水状况确定的对防洪具有指导性作用的河流水位高程. 参照河流多年水位流量资料和洪水灾害资料，以警戒水位

所对应河流流量为确定 Q_{l3} 的依据. 警戒水位是指江河洪水普遍漫滩或水位上涨造成重要堤防可能出现险情,达到需加强警戒水位时[11]. 从警戒水位的定义来看,在达到该水位时,河流在某些区段可能已经出现洪灾险情,需要采用适当措施来避免或减轻洪水灾害,因此,采用河流警戒水位所对应的流量作为风险水量和灾害水量的界限 Q_{l3},嫩江下游江桥断面警戒水位为 138.50 m;流量为 3 300 m^3/s.

风险水量和灾害水量是伴随河流洪水漫滩过程出现的,就河流而言,河水漫滩不一定每年出现,在许多年份,河流水量可能达不到警戒水位,甚至低于平滩水位,在这些年份,就不存在风险水量和灾害水量.

根据前述方法,可确定出江桥断面各类水量限值,见表 1.

表 1 江桥断面各类水量界限值

Tab. 1 The boundary point of the four water portions of the Jiangqiao station

水量类别	界限	时段	限值	
生态水量	Q_{l1}	上年 12～3 月	流量限值/($m^3 \cdot s^{-1}$)	196
安全水量		4～6 月	流量限值/($m^3 \cdot s^{-1}$)	473
		7～9 月	流量限值/($m^3 \cdot s^{-1}$)	308
		10～11 月	流量限值/($m^3 \cdot s^{-1}$)	227
安全水量	Q_{l2}	少水期(上年 11～4 月)	平滩水位/m	138.00
			流量限值/($m^3 \cdot s^{-1}$)	2 750
风险水量		汛前(5～6 月)	平滩水位/m	137.90
			流量限值/($m^3 \cdot s^{-1}$)	2 630
		汛中(7～8 月)	平滩水位/m	137.80
			流量限值/($m^3 \cdot s^{-1}$)	2 518
		汛末(9～10 月)	平滩水位/m	138.20
			流量限值/($m^3 \cdot s^{-1}$)	3 024
风险水量 灾害水量	Q_{l3}	仅丰水期	警戒水位/m	138.50
			相应流量/($m^3 \cdot s^{-1}$)	3 300

3 河流水资源结构分析模型的应用

根据嫩江江桥断面 1953～2002 年连续水文资料以及 1794 年以来的调查洪水资料,对年水量进行频率分析,选择多年平均和 3 类不同特征年份:特丰年(1998,644,0.5%)、平水年(1996,189,50%)和特枯年(2002,62,98%),分析其河流水资源结构,见图 5.

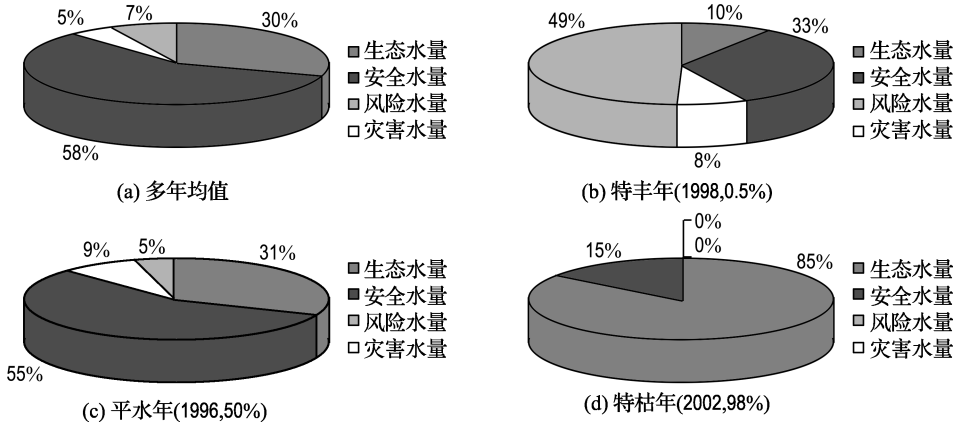


图 5 江桥水文断面多年平均及特征年份河流水资源结构比例图

Fig. 5 The river water resources structure proportion chart of the Jiangqiao station

从图 5 来看，多年平均和平水年河流水资源结构相似，其相应生态水量、安全水量、风险水量和灾害水量年径流量比例分别为 30%和 31%；58%和 55%；5%和 9%；7%和 5%. 同多年平均和平水年相比，特丰年和特枯年河流水资源结构则差异巨大，在特丰年灾害水量比例高达 49%，生态水量、安全水量比例则下降较为明显，仅为 10%和 33%；而在特枯年，生态水量比例高达 85%，安全水量比例仅为 15%，风险水量和灾害水量均为零. 上述现象表明，就多年而言，安全水量在河流水资源结构中比例最大，其次是生态水量，而风险水量和灾害水量则仅占多年平均径流的很小一部分；但是灾害水量在河流水资源结构中变动幅度较大，风险水量作为一种预警性质的区间水量，其比例一般较小. 在特枯年，河流水量极度偏少，年径流量的 85%被用来维持河流低限生态平衡，这种情况下人类用水需求往往也较大，河流水量供求矛盾非常突出. 从上述分析来看，对防洪而言，无需对全部汛期洪水进行调控，只要对一定频率洪水年的灾害水量采取措施即可收到较好效果，而且在一般年份，灾害水量量值和比例较小，可供选择的控制措施较多；对水资源利用而言，根据其水资源结构特点，对其汛期径流过程采取措施，可有效增加河流水资源利用率.

为了比较不同断面情况下，河流水资源结构的差别，按照前述河流水资源结构的分析方法，对江桥下游的大赉断面（相距 216 km）进行分析计算，两断面水资源结构各类水量量值及比例见表 2. 从中可以看出，就多年平均而言，江桥、大赉两断面河流水资源结构相似；在特枯年（2002 年），由于径流量偏小，以及强烈的蒸发，大赉断面生态水量高达 95%，维持河流低限生态安全更加困难. 除特枯年（2002 年）外，其他情况下下游大赉断面灾害水量比例均较上游断面小，特别是在特丰年（1998 年），灾害水量比例由 49%锐减为 32%，而风险水量比例则相应有所增加，主要是由于宽广河槽的调蓄以及大赉断面附近的决口分水，使洪水过程坦化所造成.

表 2　江桥、大赉两断面河流水资源结构对比表

Tab. 2　The river water resources structure correlation table between Jiangqiao and Dalai station

水量类别		多年均值		特丰年（1998 年）		平水年（1996 年）		特枯年（2002 年）	
		江桥	大赉	江桥	大赉	江桥	大赉	江桥	大赉
生态水量	$10^8 m^3$	63.75	72.61	62.56	72.49	59.3	68.93	52.41	51.68
	%	30	33	10	12	31	34.7	85	95
安全水量	$10^8 m^3$	126.22	127.59	213.27	263.18	105.26	114.37	9.24	2.63
	%	58	57	33	43	55	57.6	15	5
风险水量	$10^8 m^3$	9.76	11.3	49.11	79.21	16.14	14.68	0	0
	%	5	5	8	13	9	7.4	0	0
灾害水量	$10^8 m^3$	15.75	9.97	319.12	198.57	8.67	0.57	0	0
	%	7	5	49	32	5	0.3	0	0
年径流量	$10^8 m^3$	215.48	221.47	644.06	613.46	189.37	198.55	61.65	54.32

4　结　论

（1）从维护河流生态平衡、经济用水以及防洪减灾角度，提出河流水资源结构分解模型，将河流水量分为生态水量、安全水量、风险水量和灾害水量四个部分.

（2）针对不同时期河流生态系统需水特点、河流漫滩过程以及防洪能力，确定了不同时期河流生态水量低限值、安全水量上限值和风险水量与灾害水量间的界限值.

（3）以嫩江下游江桥断面为例，运用河流水资源结构基本思想，结合江桥水文站 1953～2002 年的连续水文资料，统计了多年平均和不同特征年份：平水年、特丰年和特枯年的河流水资源结构. 结果表明，不同特征年河流水资源结构差异明显.

（4）对河段间的河流水资源结构差异，将江桥和其下游大赉断面的河流水资源结构进行比较. 就多年平均而言，上下游断面河流水资源结构相似；而在不同特征年，其河流水资源结构有所差别，而在特丰和特枯年份，这类差别更加明显.

松嫩平原地势平坦，不适宜建设大型水利设施调控洪水，但平原上分布有大量泡沼和低洼地. 在后续的研究中，将考虑充分利用平原地区自然

地理条件,根据河流水资源结构特点,有针对性地提出优化控制河流径流过程的策略和方法,运用泡沼、低洼地区蓄滞调节洪水,维持河流生态系统平衡、提高河流水资源利用效率,降低洪水灾害损失.

参考文献:

[1] 向立云,姜付仁. 洪水资源与洪水资源化刍议[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2000(1):1-3

[2] 许士国,李文义,周庆瑜. 河流水资源结构分析研究[J]. 大连理工大学学报, 2005, **45**(6):877-882 (XU Shi-Guo, LI Wen-yi, ZHOU Qing-yu. Structural analysis of river water resources [J]. **Journal of Dalian University of Technology**, 2005, **45**(6):877-882)

[3] 徐志侠,陈敏建,董增川. 湖泊最低生态水位计算方法[J]. 生态学报, 2004, **24**(10):2324-2328

[4] 孙 涛,杨志峰. 基于生态目标的河道生态环境需水量计算[J]. 环境科学, 2005, **26**(5):43-48

[5] 刘健康. 高级水生生物学[M]. 北京:科学出版社, 1999

[6] 吉林省水产科学研究所. 黑龙江水系渔业资源调查报告[R]. 长春:吉林省水产科学研究所, 1985

[7] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书——黑龙江卷[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1995

[8] 王 武. 鱼类增养殖学[M]. 北京:中国农业出版社, 2000

[9] 高季章,胡春宏,陈绪坚. 论黄河下游河道的改造与"二级悬河"的治理[J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2004, **2**(1):8-18

[10] 水利部水文局,水利部松辽水利委员会水文局. 1998年松花江暴雨洪水[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2002

[11] 国家防汛总指挥部办公室组. 防汛手册[M]. 北京:中国科学技术出版社,1992

Division of river water resources structure and research on water utilization

XU Shi-guo*[1], LI Wen-yi[1,2]

(1. School of Civil and Hydraulic Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;
2. Yellow River Shandong Bureau, Jinan 250011, China)

Abstract: From the viewpoint of the river ecosystem balance, river water utilization and flood protection, the theory of the river water resources structure was introduced. According to this theory the river water resources can be divided into four parts, namely, environment water portion, safety water portion, risk water portion and disaster water portion. Based on the characteristic and function of each water portion as well as the practical situation of the Nenjiang River, the calculation methods can be determined. Jiangqiao is the important hydrologic station in the downstream of the Nenjiang River, taking it as the example, selecting the different characteristics years, the river water resources structure of which was analyzed. The results indicate that the difference of the river water resources structure between different characteristics years is very apparent. In order to further study the change between the different river sections, taking the downstream Dalai hydrological station as the comparative example, the results indicate that at the secular variation the river water structure between the two stations is similar, but in the characteristics years, the difference of which maybe is apparent, especially in the major flow years or low flow years. According to the characteristics of the river water resources structures, some proper measures can be taken to gain more benefits of the river water resources utilization.

Key words: river water resources; structural analysis; Nenjiang River; Songnen Plain