

# Predicting the Influence of Yinjiang Hydropower Station Construction on Water Environment in the Reservoir Area

Caixi Peng, Zhimin Deng, Hongjuan Zhai

Changjiang Water Resources Protection Institute, Wuhan Hubei  
Email: pengcaixi0813@whu.edu.cn

Received: Jul. 12<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jul. 27<sup>th</sup>, 2020; published: Aug. 3<sup>rd</sup>, 2020

## Abstract

Affected by the unsteady flow of Guanyinyan hydropower station, the water level of Panzhihua urban section of Jinsha River fluctuates violently. At the same time, the water intake and the sewage outlet in the section are interlaced distribution. The construction of Yinjiang Hydropower Station (YHS) will change the hydrological regime and water environment of the section in the reservoir area. This paper adopts the numerical simulation method to predict and analyze the influence of YHS construction on the water environment of the main water intake in the study river section. The prediction results show that the construction of YHS will increase the water volume, the average water depth and water surface width significantly, enhance the dilution ability, reduce the COD concentration of each water intake section by 0 - 0.27 mg/L, the NH<sub>3</sub>-N concentration by 0 - 0.028 mg/L, and improve the overall water quality.

## Keywords

Water Environment, Numerical Simulation, COD, NH<sub>3</sub>-N, Yinjiang Hydropower Station

# 银江水电站建设对库区水环境的影响预测

彭才喜, 邓志民, 翟红娟

长江水资源保护科学研究所, 湖北 武汉  
Email: pengcaixi0813@whu.edu.cn

收稿日期: 2020年7月12日; 录用日期: 2020年7月27日; 发布日期: 2020年8月3日

## 摘要

受观音岩水电站非恒定流下泄影响, 金沙江攀枝花市区河段水位波动剧烈, 同时, 该河段内取水口和排污口交

作者简介: 彭才喜(1988.9-), 男, 湖北鄂州人, 工程师, 主要从事环境影响评价和环境保护设计工作。

错分布, 银江水电站建设将使银江水电站库区河段水文情势、水环境发生变化。本文采用数值模拟的方法预测分析银江水电站建设对研究河段内主要取水口水质的影响。预测结果表明: 银江水电站的建设将使库区水体体积增加, 库区河段平均水深、水面宽明显增加, 库区水体对污染物的稀释能力增强, 各取水口断面COD浓度较建库前降低了0~0.27 mg/L, NH<sub>3</sub>-N浓度降低了0~0.028 mg/L, 库区总体水质较建库前有所改善。

## 关键词

水环境, 数值模拟, 化学需氧量, 氨氮, 银江水电站

Copyright © 2020 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

水电站在发挥其发电、防洪效益的同时, 也对河流的水文情势、水质造成影响[1] [2]。近年来我国水质模型的研究有了较大进展, 在水电工程水环境影响预测中获得了广泛应用[3] [4]。本文以金沙江银江水电站库区河段为例, 采用数值模拟的方法分析银江水电站建设对研究河段内主要取水口水质的影响, 对掌握及缓解水电站建设带来的不利影响具有重要意义。

## 2. 银江水电站概况

银江水电站是《长江流域综合规划(2012~2030年)》中推荐金沙江干流中游水电开发的最后一个梯级[5], 坝址位于金沙江和雅砻江汇合口上游 3.6 km, 距上游在建的金沙水电站 21.39 km。电站正常蓄水位 998.5 m, 死水位 998.0 m, 调节库容 0.018 亿 m<sup>3</sup>, 库容系数 0.003%, 为日调节河床式电站。电站开发任务为发电、改善城市水域景观和取水条件等。根据《四川省人民政府办公厅关于城镇集中式饮用水水源地保护区划定方案的通知》(川办函[2010]26号), 银江水电站库区共有荷花池、大渡口、炳草岗和密地 4 个饮用水水源保护区。

## 3. 水动力 - 水质预测模型

### 3.1. 水动力模型

圣维南方程:

连续方程:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l \quad (1)$$

动量方程:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \alpha \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial Z}{\partial x} + g \frac{Q|Q|}{C^2 AR} = q_l V_x \quad (2)$$

式中:  $A$  为过水断面面积, m<sup>2</sup>;  $Q$  为过水断面平均流量, m<sup>3</sup>/s;  $q_l$  为均匀旁侧入流, m<sup>2</sup>/s;  $\alpha$  为动量修正系数;  $Z$  为河道水位, m;  $g$  为重力加速度, m/s<sup>2</sup>;  $R$  为水力半径, m;  $C$  为谢才系数;  $V_x$  为入流沿水流方向的速度, m/s。

### 3.2. 水质模型

河流一维对流扩散模型:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left( E_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) - KC \tag{3}$$

开边界出流:

$$\frac{\delta^2 C}{\delta x^2} = 0 \tag{4}$$

式中:  $C$  为污染物浓度, mg/L;  $E_x$  为污染物弥散系数;  $K$  为降解系数,  $d^{-1}$ 。

## 4. 污染源与预测边界条件

### 4.1. 污染源预测

根据已批复的《金沙江银江水电站环境影响报告书》, 预测 2025 年银江库区河段 COD 入河量约 4935.8 t,  $NH_3-N$  入河量约 488.5 t。各排污口及入库支流污染物入河量见表 1。研究江段取水口、排污口相对位置见图 1。

**Table 1.** The main pollutants quantity into river at each sewage outlet of Yinjiang Reservoir in 2025  
**表 1.** 2025 年银江库区河段各排污口主要污染物入河量

| 序号 | 入河排污口名称          | 相对位置 | 主要污染物入河量(t/a) |          |
|----|------------------|------|---------------|----------|
|    |                  |      | COD           | $NH_3-N$ |
| 1  | 新庄污水处理厂排污口       | 左岸   | 91.3          | 9.1      |
| 2  | 攀钢江 0 号          | 左岸   | 4.9           | 0.7      |
| 3  | 攀钢江 1 号          | 左岸   | 46.9          | 6.2      |
| 4  | 灰老沟入江口           | 右岸   | 335           | 26.8     |
| 5  | 攀枝花市钢城企业总公司球团厂江边 | 左岸   | 18.7          | 2.5      |
| 6  | 攀钢江 4 号          | 左岸   | 553.7         | 55.4     |
| 7  | 攀钢江 5、6 号        | 左岸   | 495           | 35.4     |
| 8  | 攀钢集团公司机关车队江边     | 左岸   | 59.5          | 3.7      |
| 9  | 纳拉河入江口           | 左岸   | 72.1          | 3.6      |
| 10 | 仁和河入江口           | 右岸   | 730           | 54.8     |
| 11 | 攀钢耐材厂 1 号排污口     | 左岸   | 241           | 24.1     |
| 12 | 攀钢耐材厂 2 号排污口     | 左岸   | 109.1         | 9.1      |
| 13 | 炳草岗污水处理厂排水口      | 右岸   | 438           | 49.3     |
| 14 | 攀钢东渣场右侧排污口       | 左岸   | 111.1         | 9.3      |
| 15 | 攀钢东渣场左侧排污口       | 左岸   | 60.6          | 5.1      |
| 16 | 攀钢攀宏钒制品公司排污口     | 左岸   | 63.9          | 6.4      |
| 17 | 攀钢江 12 号         | 左岸   | 17.1          | 1.7      |
| 18 | 马家田沟             | 右岸   | 27.9          | 2.8      |
| 19 | 小沙坝污水处理厂排污口      | 右岸   | 584           | 73       |
| 20 | 马坎污水处理厂排污口       | 左岸   | 876           | 109.5    |
|    | 合计               |      | 4935.8        | 488.5    |

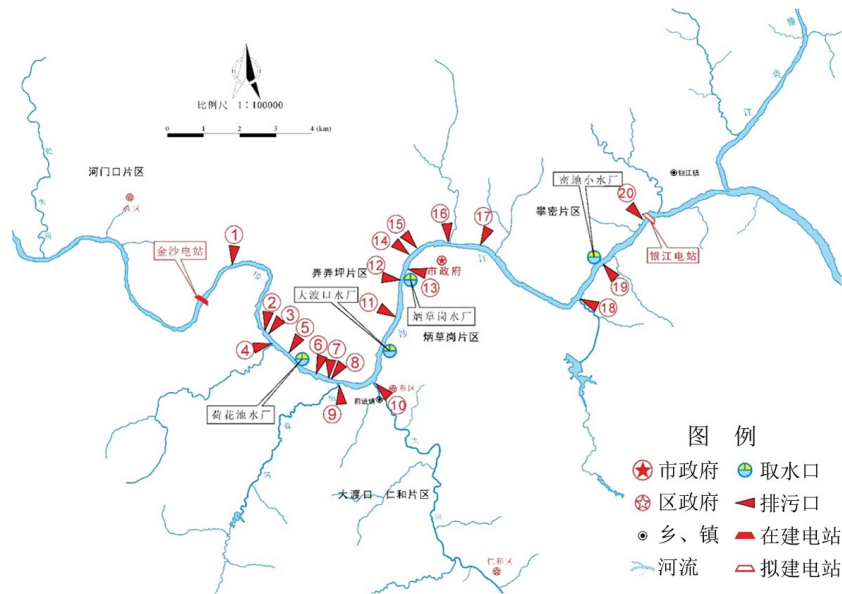


Figure 1. Sketch map of water intake and sewage outlet in the study river section  
图 1. 研究江段取水口、排污口位置示意图

#### 4.2. 边界条件

本文根据库区实测断面地形资料构建银江水电站库区一维水动力 - 水质模型，将上游金沙水电站已建作为背景工况，以金沙水电站下泄过程作为来流条件，银江水电站运行方式作为下边界条件，对比分析银江水电站建成前后库区各取水口断面水质差异[6] [7]。本次计算选择丰水典型日(P = 10%)、平水典型日(P = 50%)、枯水典型日(P = 90%)以及特枯典型日(P = 95%) 4 种来水条件，并与不同开发工况(仅建成金沙工况、金沙和银江均建成工况)进行组合，进行非恒定流模拟计算。各典型日银江水电站来流及下泄情况见表 2。

Table 2. Statistics of inflow and discharge of different typical day for Yinjiang hydropower station  
表 2. 不同典型日银江水电站来流及下泄情况统计表

| 时段 | 枯水期特枯典型日(m <sup>3</sup> /s) |      | 枯水期枯水典型日(m <sup>3</sup> /s) |      | 平水期典型日(m <sup>3</sup> /s) |      | 丰水期典型日(m <sup>3</sup> /s) |      |
|----|-----------------------------|------|-----------------------------|------|---------------------------|------|---------------------------|------|
|    | 入库流量                        | 出库流量 | 入库流量                        | 出库流量 | 入库流量                      | 出库流量 | 入库流量                      | 出库流量 |
| 1  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 950                       | 1020 |
| 2  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 950                       | 1020 |
| 3  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 950                       | 1020 |
| 4  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 950                       | 1020 |
| 5  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 950                       | 1020 |
| 6  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 950                       | 1020 |
| 7  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 1604                      | 1642 |
| 8  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 2442                      | 2411 |
| 9  | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 620                       | 660  | 2442                      | 2411 |
| 10 | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 2240                      | 2190 | 2442                      | 2411 |
| 11 | 480                         | 480  | 480                         | 505  | 2240                      | 2190 | 2442                      | 2411 |

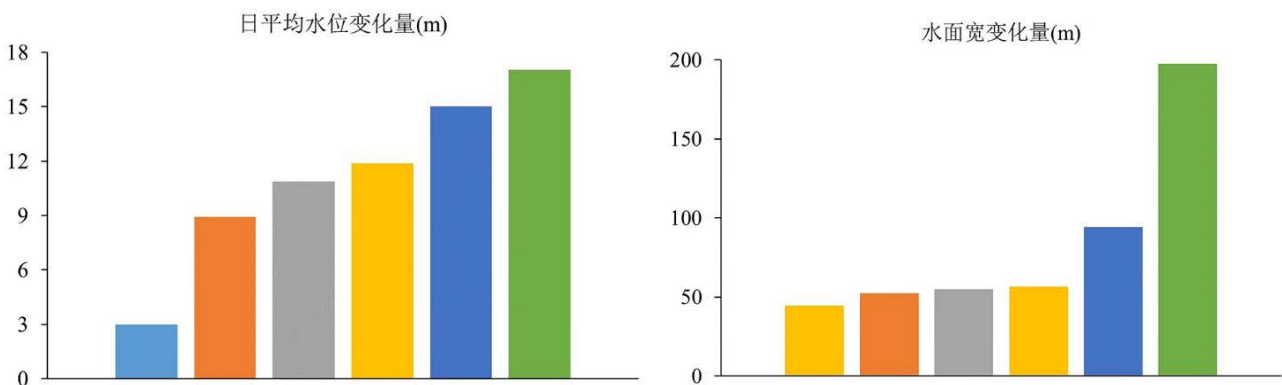
Continued

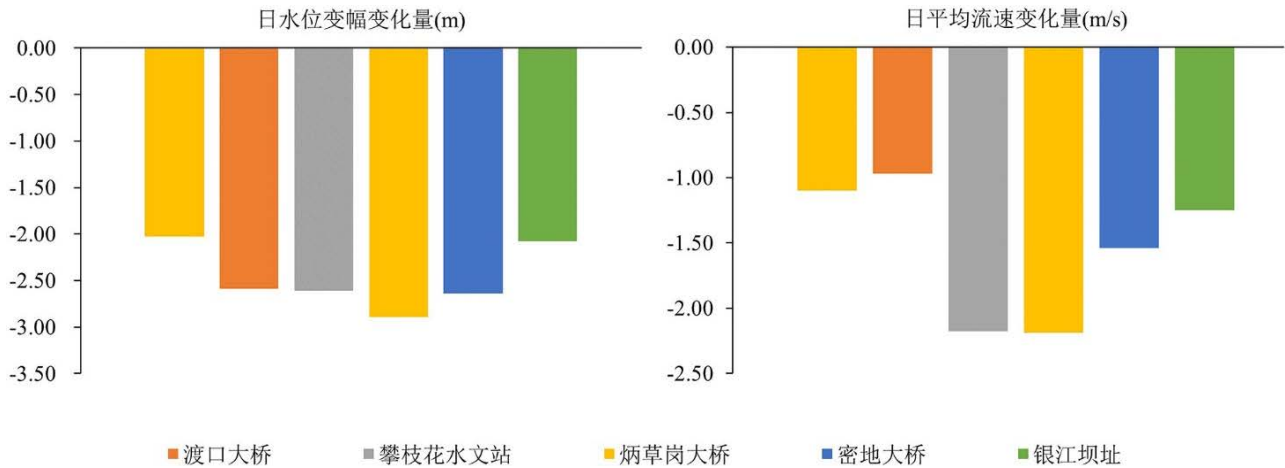
|    |     |     |      |      |      |      |      |      |
|----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 12 | 480 | 480 | 480  | 505  | 1100 | 1120 | 2442 | 2411 |
| 13 | 480 | 480 | 480  | 505  | 1100 | 1120 | 2442 | 2411 |
| 14 | 480 | 480 | 480  | 505  | 2240 | 2190 | 2442 | 2411 |
| 15 | 480 | 480 | 480  | 505  | 2240 | 2190 | 2442 | 2411 |
| 16 | 480 | 480 | 480  | 505  | 2240 | 2190 | 2442 | 2411 |
| 17 | 480 | 480 | 900  | 918  | 2240 | 2190 | 2442 | 2411 |
| 18 | 564 | 564 | 1397 | 1230 | 2240 | 2190 | 2442 | 2411 |
| 19 | 637 | 637 | 1397 | 1230 | 2240 | 2190 | 2442 | 2411 |
| 20 | 637 | 637 | 1397 | 1230 | 2240 | 2190 | 2442 | 2411 |
| 21 | 564 | 564 | 910  | 918  | 2240 | 2190 | 2442 | 2411 |
| 22 | 480 | 480 | 480  | 505  | 1100 | 1120 | 2442 | 2411 |
| 23 | 480 | 480 | 480  | 505  | 620  | 660  | 2442 | 2411 |
| 24 | 480 | 480 | 480  | 505  | 620  | 660  | 1604 | 1642 |

本次库区河道糙率试算根据不同典型年银江坝址水位、攀枝花水文站水位和金沙坝址水位组成的水面线进行河段糙率推算，参考《金沙江银江水电站可行性研究阶段正常蓄水位选择专题报告》中糙率推算成果，并不断调试模型进行计算，河道综合糙率采用 0.04，库区局部河段糙率为 0.05。库区水质预测中 COD 与 NH<sub>3</sub>-N 入流浓度参考已批复的《金沙江金沙水电站环境影响报告书》中金沙水电站坝下断面入流浓度，COD 和 NH<sub>3</sub>-N 综合衰减系数参考已批复的《金沙江银江水电站环境影响评价报告书》，COD 的综合衰减系数为 0.064 d<sup>-1</sup>，NH<sub>3</sub>-N 综合衰减系数为 0.053 d<sup>-1</sup>。

### 5. 库区水文情势预测

以平水典型日为例，银江水电站建库后库区水文情势变化情况如图 2 所示，各断面水位较建库前均有所增加，平均水位较建库前升高 3.00~17.03 m。日水位变幅均有较大程度坦化，日水位变幅较建库前降低了 2.03~2.89 m，密地大桥断面日水位变幅降低较为明显。受银江水电站反调节作用影响，水库雍水使库区各个断面水面宽显著增加，建库后库区水面宽变化量总体呈自上游向下逐渐增大的趋势，各断面水面宽度较建库前增加了 44.38~197.72 m。银江建库后，库区各个断面流速显著降低，日平均流速较建库前减缓了 0.97~2.19 m/s。





**Figure 2.** Changes of hydrological regime of each typical section in the Yinjiang reservoir under typical normal water level  
**图 2.** 平水典型日银江水电站建库后库区各典型断面水文情势变化情况

### 6. 库区水环境预测

根据预测结果，在预测水平年排污条件下，银江水电站建成后较建库前库水体积增加，库区河段平均水深增大，库区水体稀释能力增强，各典型断面 COD 浓度较建库前降低了 0~0.27 mg/L，NH<sub>3</sub>-N 浓度降低了 0~0.028 mg/L，各断面总体水质较建库前有所改善，且均满足相应的《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) II 类水质标准。库区各断面 COD、HN<sub>3</sub>-N 浓度预测结果见表 3 和表 4。但根据《饮用水水源保护区污染防治管理规定》和《四川省饮用水水源保护管理条例》等相关规定，饮用水源二级保护区内原有排污口应依法拆除或者关闭。因此，为保障水质安全，应对银江水电站库区 4 处饮用水水源保护区范围内的排污口采取相应措施并加强监督管理。

**Table 3.** Statistics of COD concentration prediction results of each section in the reservoir area  
**表 3.** 库区各断面 COD 浓度预测结果统计

| 预测断面    | 特枯典型日(mg/L) |       | 枯水典型日(mg/L) |       | 平水典型日(mg/L) |       | 丰水典型日(mg/L) |       |
|---------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|         | 建库前         | 建库后   | 建库前         | 建库后   | 建库前         | 建库后   | 建库前         | 建库后   |
| 荷花池水厂断面 | 11.29       | 11.15 | 11.14       | 11.11 | 11.05       | 11.03 | 10.95       | 10.94 |
| 大渡口水厂断面 | 11.30       | 11.29 | 11.29       | 11.20 | 11.16       | 11.10 | 11.01       | 10.98 |
| 炳草岗水厂断面 | 11.30       | 11.29 | 11.29       | 11.20 | 11.16       | 11.10 | 11.01       | 10.98 |
| 密地水厂断面  | 11.42       | 11.42 | 11.43       | 11.16 | 11.25       | 11.06 | 11.06       | 10.97 |

**Table 4.** Statistics of NH<sub>3</sub>-N concentration prediction results of each section in the reservoir area  
**表 4.** 库区各断面 NH<sub>3</sub>-N 浓度预测结果统计

| 预测断面    | 特枯典型日(mg/L) |       | 枯水典型日(mg/L) |       | 平水典型日(mg/L) |       | 丰水典型日(mg/L) |       |
|---------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
|         | 建库前         | 建库后   | 建库前         | 建库后   | 建库前         | 建库后   | 建库前         | 建库后   |
| 荷花池水厂断面 | 0.121       | 0.093 | 0.092       | 0.092 | 0.091       | 0.091 | 0.091       | 0.089 |
| 大渡口水厂断面 | 0.126       | 0.121 | 0.121       | 0.120 | 0.113       | 0.113 | 0.106       | 0.102 |
| 炳草岗水厂断面 | 0.132       | 0.128 | 0.128       | 0.127 | 0.119       | 0.118 | 0.109       | 0.105 |
| 密地水厂断面  | 0.157       | 0.153 | 0.153       | 0.151 | 0.138       | 0.126 | 0.122       | 0.111 |

## 7. 研究结论

本文以金沙江银江水电站库区河段为例,结合金沙水电站和银江水电站调度运行特点,通过数值模拟法预测分析银江水电站建库前后库区典型断面水环境变化情况,可为银江水电站水质保护提供支撑。根据预测结果,银江水电站建库后库区河流形态将发生显著改变,库区4个取水口断面水质较建库前有所改善。

## 参考文献

- [1] 长江水利委员会. 长江流域综合规划(2012~2030年)[R]. 武汉: 长江水利委员会, 2011.  
Changjiang Water Resources Commission of Ministry of Water Resources. The Changjiang basin comprehensive planning (2012-2030). Wuhan: Changjiang Water Resources Commission, 2011. (in Chinese)
- [2] 吴文娟. 汉江上游旬阳水电站对安康水源地的影响及库区整体水质预测研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2009.  
WU Wenjuan. Forecast of the impact of Xunyang Hydropower Station to Ankang's water source and the water quality in the overall reservoir in the upper reaches of Hanjiang River. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2009. (in Chinese)
- [3] 李一平, 施媛媛, 姜龙, 等. 地表水环境数学模型研究进展[J]. 水资源保护, 2019, 35(4): 1-8.  
LI Yiping, SHI Yuanyuan, JIANG Long, et al. Advances in surface water environment numerical models. Water Resources Protection, 2019, 35(4): 1-8. (in Chinese)
- [4] 李程. 水质模型的研究进展及发展趋势[J]. 现代农业科技, 2013(6): 208-209.  
LI Cheng. Research progress and developmental trend of water quality model. Modern Agricultural Science and Technology, 2013(6): 208-209. (in Chinese)
- [5] 王洁. 横江水电开发对水质和水文情势影响评价[D]. 成都: 西南交通大学, 2012.  
WANG Jie. Research on cross river cascade hydropower station hydrological and water quality. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2012. (in Chinese)
- [6] 樊皓, 闫峰陵, 王中敏, 等. 非恒定流下泄对金沙水电站库区水质影响研究[J]. 人民珠江, 2016, 37(10): 94-99.  
FAN Hao, YAN Fengling, WANG Zhongmin, et al. Water quality of Jinsha hydropower station reservoir affected by unsteady flow. Pearl River, 2016, 37(10): 94-99. (in Chinese)
- [7] 阮娅, 肖彩. 金沙江攀枝花河段水电开发对水质影响的分析[J]. 人民长江, 2009, 40(20): 81-84, 104.  
RUAN Ya, XIAO Cai. Research on predictions and counter ensures for impact of hydropower development on water quality of Panzhihua reach of the Jinsha River. Yangtze River, 2009, 40(20): 81-84, 104. (in Chinese)