

绥化市红兴水库建设成 “地表-地下联合型”水库的设想

张 焕 智

2012 年 4 月

1 工程简况

红兴水库位于呼兰河中游距绥化市北 6km 处，是一座供绥化市城镇用水和农田灌溉用水的中型提水反调节的平原水库工程([见平面位置示意图](#))。水库以呼兰河为水源，在永安渠首处建泵站经 2.8km 渡槽输水入库。水库总库容 $7000 \times 10^4 \text{m}^3$ ；正常蓄水位 154.30m，相应库容为 $4800 \times 10^4 \text{m}^3$ 。近期为绥化市供水 $4720 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ，为 10.5×10^4 亩水田补水 $4095 \times 10^4 \text{m}^3/\text{a}$ ；远期为绥化市供水 $8115 \times 10^4 \text{m}^3$ 能力，不再承担农业补水任务。

水库是在呼兰河滩地上东、北、西三面筑坝，坝线西端直接与阶（台）地相接、东端通过一段公路（S202 省道长约 87m）与阶（台）地相连而围成的蓄水库区，包括土坝（粘土心墙砂壳坝、坝长 9358m、公路 87m，合计 9445m）、进水闸（孔宽 3.0、接渡槽引水）、灌溉兼泄洪涵洞（两孔 $2.3 \times 2.3\text{m}$ ）及取水工程（坝下埋管三孔 $1.3 \times 1.3\text{m}$ ）。

红兴水库始建于 1958 年，1959 年下马；1973 年至 1999 年几经停建、复建、缓建；最后于 1999 年开工续建，完成工程包括红兴水库大坝、引渠、穿堤涵、取水泵站、渡槽、入库闸、放水闸、输电线路、取水塔、取水泵站、输水管线、净水厂、变电所等。2004 年 8 月 16 日至 22 日抽水充库蓄水，抽水流量 $9.5 \text{m}^3/\text{s}$ ，约充蓄 $570 \times 10^4 \text{m}^3$ （库水位 149.00m 左右）。1 天后发现坝后取土坑、鱼池、水井的水位有所上涨，并淹没了一些低洼耕地，于是停止抽水入库。至 11 月中旬约 3 个月时间，蓄水基本漏光，平均日渗漏量约 $6.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。



2004 年 10 月后，多次补充的勘察工作，基本查明水库区内表层岩性主要为粘性土，分布虽然较连续，但厚度变化较大。粘性土厚度 $< 1.5\text{m}$ 部分（含有机质土）无规律分布在库区内，面积约占库区面积的 25%，北部坝线附近分布较集中并穿过坝线，其中厚度 $< 0.5\text{m}$ （含有机质土）区面积占库区面积的 3%、厚度 $1.0\text{m} \sim 0.5\text{m}$ （含有机质土）区占库区面积的 8%、厚度 $1.0\text{m} \sim 1.5\text{m}$ （含有机质土）区占库区面积的 14%。而坝基分布厚度达 $12.43\text{m} \sim 32.13\text{m}$ （平均厚度 19.39m ）的强透水层（渗透系数 $176.06\text{m/d} \sim 291.53\text{m/d}$ ），渗透系数达 $210.60\text{m/d} \sim 291.53\text{m/d}$ ）将库内、外联通，因而导致库水渗漏地下后通过坝基强透水层主要流向西、北方向库外而难以蓄水。经补充勘测、分析计算，在水库正常蓄水过程中，通过全坝段坝基的库区全年渗漏量达 $8510.50 \times 10^4\text{m}^3/\text{a}$ ，平均日渗漏量为 $23.32 \times 10^4\text{m}^3/\text{d}$ ，已经大于远期供水能力，不能正常蓄水运用，必须进行防渗处理。

对水库防渗方案进行比较论证，认为采用垂直防渗方案较为合理，即对挡水坝（ $0+000 \sim 9+358$ ）采取全封闭型式补休塑性混凝土垂直防渗墙，防渗墙下部深入相对不透水基岩层（泥岩）以下 1.0m 。为了防止对东端公路与西端村屯发生浸没影响及库水向南部高平原下部含水层大量渗漏而影响水库正常运行，对南岸高平原段也需要进行垂直防渗处理；采用三维数值模拟计算，对无防渗方案和拟修 4 种垂直防渗墙方案的防渗效果进行了模拟预测和对比分析，南岸东侧垂直防渗 1000m 、西侧垂直防渗 1700m 时的方案，可达到最佳防渗效果。

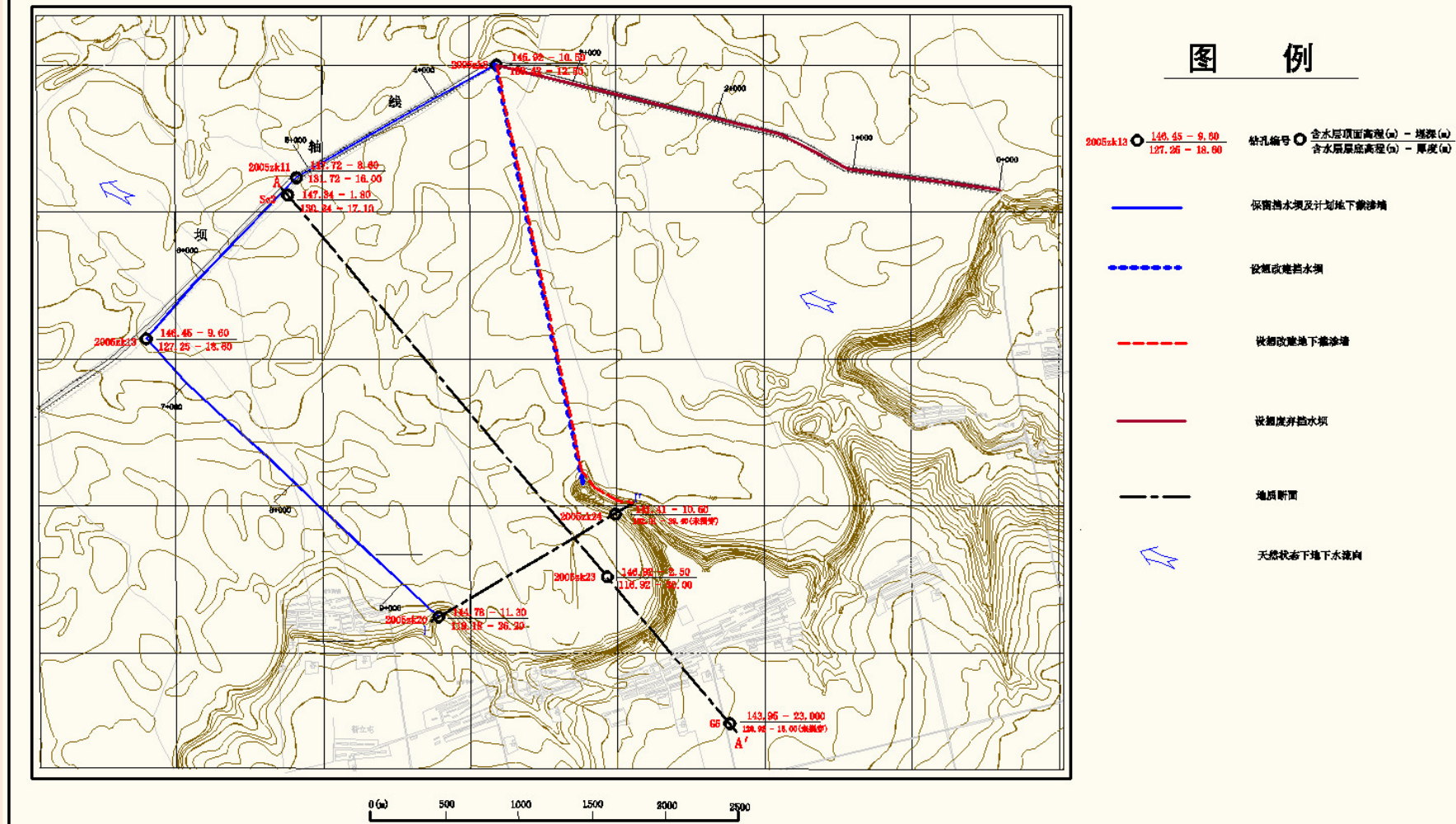
2 “地表 - 地下联合型”水库设想

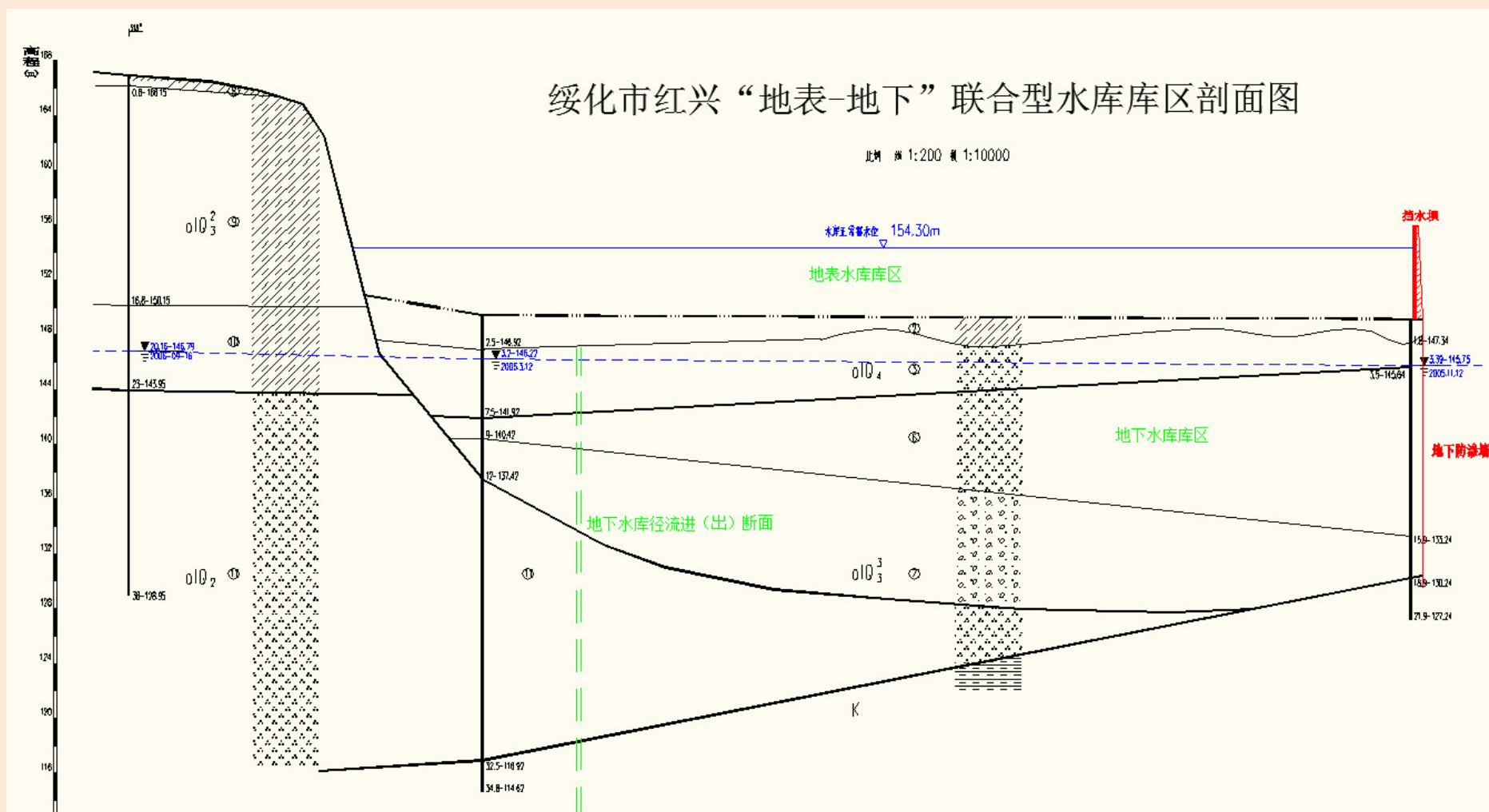
地下水库与地表水库都是以储存和调节水资源为基本目的的水资源开发工程。当红兴水库地下截渗墙建立以后,围起的孔隙含水层将形成地下库区,为水资源的储存提供了巨大的空间。从呼兰河提水储存在由地上挡水坝形成的地表库区中;与地上挡水坝连成一体的地下截渗墙围起的地下库区则把地表库区渗漏水储存其中;如果仅运行地表水库,地下库区蓄水长期滞留而成为“一潭死水”,能否会引起某种恶劣的环境应变,很难预料。反之,地表库水与地下库水联系密切,如果进行联合调度运行,则会产生不可估量的经济效益与社会效益;因此称之为“地表 - 地下联合型水库”(下面简称为“联合型水库”),其地下部分属“饱和型孔隙水地下水库”。

2.1 “联合型水库”库区调整设想

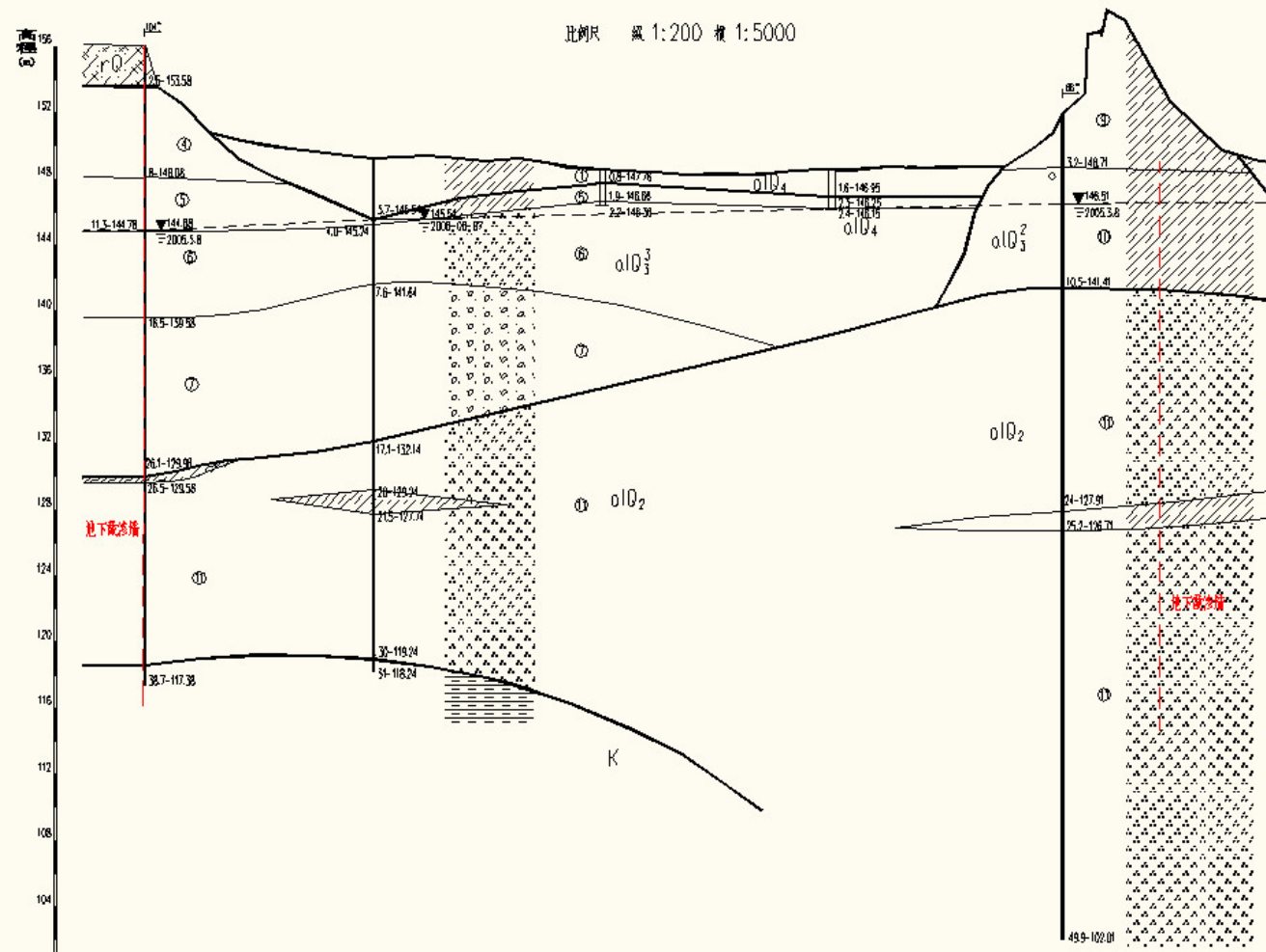
原库区占地面积约 13.52km^2 ,总库容 $7000 \times 10^4\text{m}^3$ 。改造为“联合型水库”后,在保障原水库设计功能(发挥效益)不改变的基础上,地表占地面积可极大缩小。结合水库枢纽布置现状及地形条件,设想在坝线桩号 3+544.5(拐点 2005zk8 孔)处向南直线连接南部高平原长梁以西库区,组成新的“联合型水库”(见“[地表 - 地下”联合型水库平面图、剖面图](#)),占地面积约为 7.19km^2 ,可恢复土地约 6.33km^2 。

绥化市红兴“地表 - 地下”联合型水库平面图(设想)





绥化市红兴水库南岸 I—I' 地质剖面图



“联合型水库”库区西、北、东由地上挡水坝及地下截渗墙作为挡（截）水建筑物；南部由高平原粘性土组成地表库区天然挡水坝，地下部分完全敞开。库内孔隙含水层岩性主要为级配不良粗砂、级配不良细砾，厚度 12.45m ~ 39.40m；自北向南层厚增厚、层底高程降低（南部 2005zk24 孔层厚 39.40m、层底高程 102.01m 尚未揭穿）。孔隙含水层与高平原底部孔隙承压含水层连通，成为地表库水补给严重不足时期接受高平原地下水径流补给的通道，同时又能够在地表库水充足时，反向补给高平原底部孔隙承压含水层，以保持本区地下水循环平衡。

2.2 “联合型水库”库容预计

1 地表库容

原设计水库总库容 $7000 \times 10^4 \text{m}^3$ 。改造后占地面积缩小，按缩小比例估算地表库容约 $3722 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

2 地下水库基本库容（静库容）

基本库容（静库容）：地下水库与地表水库组成一体，已经具有统一的水位（即水库的正常蓄水位），地下孔隙含水层中完全充水，因此采用“地下水静储量”作为基本库容量。计算公式为：

$$Q_{\text{基}} = \mu HF$$

其中：

$Q_{\text{基}}$ — 地下水库基本库容 (m^3)

μ — 含水层给水度

H — 含水层厚度 (m)

F — 含水层分布面积 (m^2)

库区孔隙含水层岩性主要为级配不良粗砂、级配不良细砾,厚度 12.45m ~ 39.40m (初步统计平均厚度 21.49 m), 给水度 μ 0.24 ~ 0.26 (经验值, 计算中取 0.24), 库区面积约 $719 \times 10^4 m^2$, 估算地下水库基本库容为 $3708 \times 10^4 m^3$ 。

“联合型水库”总库容估算可达 $7430 \times 10^4 m^3$, 略大于原水库库容。

2.3 “联合型水库”的补给能力

“联合型水库”仍然是由呼兰河提水补给, 补给水源具有很大的保证程度。

地下水库含水层系统的补给, 由地表水库蓄水渗漏补给和南部含水层的径流补给两部分组成。在每年“联合型水库”运行周期, 在地表水库蓄水期间, 水库水位高于南部地下水水位, 地下水库蓄水将向南部库外径流补给地下水; 在地表水库蓄水取尽期间, 地下取水工程在消耗地下水库蓄水的同时, 随着地下水位下降, 同时能够取得南部地下水的大量径流补给, 径流补给量采用补给带法 (影响半径法) 计算公式计算。

$$Q = e \frac{Q_0}{2R} B$$

其中： Q_0 ：抽水孔出水量

R ：影响半径

e ：经验校正系数，一般为 3 ~ 5 之间

B ：断面宽度

依据位于计算断面东侧的“2005ZK27”孔抽水试验数据，实际出水量 $5314.46\text{m}^3/\text{d}$ 时，计算影响半为 208.20m ，断面宽 1537.68m ，取 $e=3$ 参加计算，计算径流补给量为 $58875.64\text{ m}^3/\text{d}$ 。

因此，“联合型水库”在得到原水库设计提水补给能力保障的基础上，又可增加南部含水层的径流补给，从而可以极大提高水库的调蓄能力和供水保证程度。

2.4 “联合型水库”的工程调整

“联合型水库”地面部分完全保留原水库枢纽的粘土心墙砂壳坝 5814m （坝线桩号 $3+544 \sim 9+358$ ），引水渡槽与进水闸（桩号 $5+250$ ）及取水工程（桩号 $8+200$ ）。新建自坝线桩号 $3+544.5$ （拐点 2005zk8 孔）处向南直线连接南部高平原长梁的挡水坝（视具体情况，坝后开挖排水沟）约 2895m ，改（扩）建位于原土坝桩号 $5+780$ 的灌溉兼泄洪涵洞与“联合型水库”连接段。

“联合型水库”地下部分完全保留原水库枢纽计划的粘土心墙砂壳坝 5814m （坝线桩号 $3+544 \sim 9+358$ ）下的地下截渗墙。计划新建与

自坝线桩号 3+544.5 (拐点 2005zk8 孔) 处向南直线连接南部高平原长梁的挡水坝相应的地下截渗墙约 3260m。另外 , 在含水层厚度大、层底高程低的南部出口附近 , 需新建以管井及连接输水管线为主的地下水库取水工程。见 “ [水库工程对比说明表](#)”。

3 结语

本文旨在为在具有类似条件的地区建设供水工程时 , 提出一条新的思路。

第四系深层孔隙承压水是绥化市地区地下水主要开采目的层 , 成为本区主要供水水源。1990 年以来 , 随着地下水的开采 , 地下水位持续下降 , 在绥化市城区及周边已经形成地下水开采漏斗。截至 2004 年 , 完整的地下水开采漏斗边缘可以水位 147.00m 线为界 , 2001 年地下水开采漏斗面积为 33.44km^2 , 开采漏斗中心在龙威洗浴中心 , 地下水位高程 144.77m ; 2004 年地下水开采漏斗有所扩展 , 面积为 68.14km^2 , 开采漏斗中心在中心血站 , 地下水位高程 143.91m ; 已有出现地下水超采区的趋势。建设红兴水库 , 是从根本上解决本地区供水问题、保障社会、经济发展的重要措施。

水 库 工 程 对 比 说 明 表

项 目				面积	库容		长度		说 明
				km ²	×10 ⁴ m ³		m		
现状 水库		水库库区		13.52	7000.00				正常蓄水位 154.30m
		挡水坝					9445		包括公路段 87m
		计划坝下截渗墙(计划)					9358	12058	可达到最佳防渗效果
		南部截渗墙(最佳)					2700		
改 建 设 想	西部 联合型 水库	水库库区	地表水库	7.19	3722.63	7430.94			水库正常蓄水位 154.30m。 工程所需天然建筑材料（土、砂料等）可结合清库从库区内采取，即满足了工程用料，又可有效增加地表库容，同时还可以提高地表库水向地下水库渗透补给的能力。
			地下水库		3708.31				
		挡水坝	保留				5814	8709	
			新建				2895		
		地下截渗墙	保留计划				5814	9074	
			新建				3260		
		扩建灌溉兼泄洪涵洞连接段							
		新建取水管井及输水管线							
	东部	复原库区		6.33					复原库区土地可通过复垦、开发等方式置换资金，解决工程款不足。 废弃挡水坝可拆除，用作新建坝筑坝材料。
		减少地下 截渗墙	坝下(计划)				3544	6244	
			南部(最佳)				2700		
			废弃挡水坝					3544	

现在,红兴水库由于渗漏而不能正常使用已经是现实。在必须采取垂直防渗工程措施的前提下,把红兴水库改建为“地表—地下联合型”水库,充分利用三维立体空间蓄水、用水成为可能。

文中提出的“联合型水库”设想,即保证了原水库库容,同时提高了水库的调蓄能力和供水保证程度,在联合调度得当的基础上,还可以适当提高供水能力。

“联合型水库”设想如果得以实施,大部分天然建筑材料可以取自当地,不再另占土地,可以节省资金;更有利的是,复原的土地(达 6km^2 之多)通过复垦、转让、开发等方式,为筹集工程资金开拓了更广的门路。因此,是目前把“死库”变“活库”,尽早发挥工程效益的最佳途径。

“联合型水库”设想如果实施,尚有许多问题应进行专门研究,如:

“联合型水库”地表水库已有正常的取水系统,地下水库如何建立较为完善的开采工程系统、与已有取水系统的连接及其运转和维护。

“联合型水库”扩大了水资源的调蓄空间后的联合运行调度。

“联合型水库”管理系统的建立。建立库区、地下水库开采工程及出口外围(水位、水质、取水量等)的监测系统和控制系统,掌握库水位、地下水库出口外围地下水信息,指导及时利用提水补水或地

下水库开采等手段调控库水位与地下水库出口外围地下水位 ,以保障水质良好、水量稳定 ,并且不会对外围 (城区已经形成地下水开采漏斗 ,已有出现地下水超采区的趋势)地下水环境及径流条件产生任何不良影响。

结合库底清理适当修建引渗工程 ,改善地表库水向地下含水层的径流通道 ,提高入渗效率。