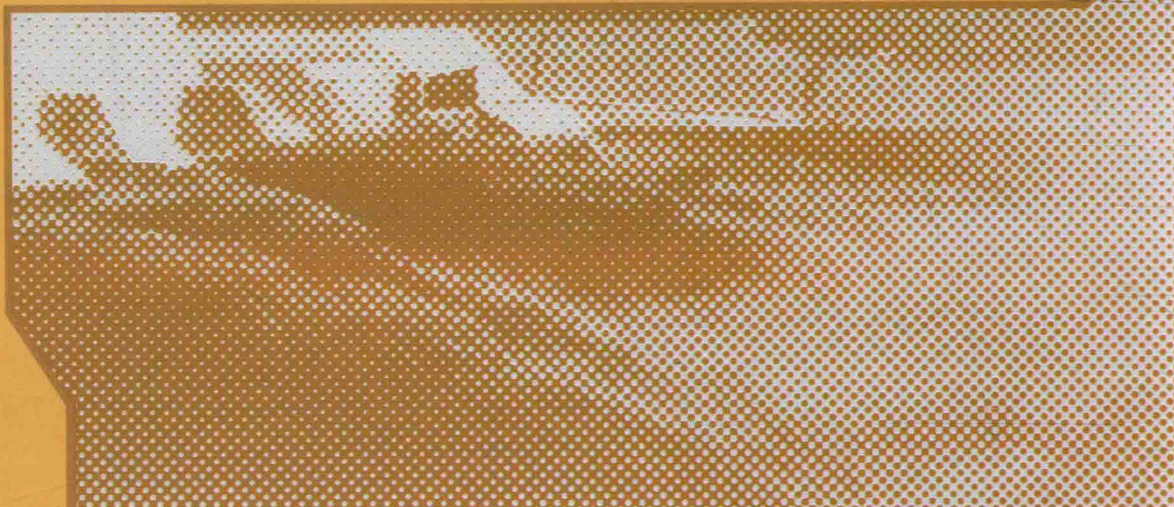


设计与研究

水利工程设计与研究丛书

BINGXIAN SHUIKU DE DABA YU ANQUAN

# 病险水库的大坝与安全



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

水利工程设计与研究丛书

# 病险水库的大坝与安全

严实 罗畅 陈娜 陈攀 解枫赞 著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书论述了水库大坝存在的常见病险问题,探讨了如何进行水库大坝安全评价,介绍了大坝安全评价所涉及的众多专业,安全评价内容包括工程质量评价、大坝运行管理评价、防洪标准复核、大坝结构安全、稳定评价、渗流安全评价、抗震安全复核、金属结构安全评价和大坝安全综合评价等几个方面。

本书内容丰富,实用性强,可供从事水利水电工程工作的规划设计、施工、运行、科研、教学等科技人员参考,也可作为大专院校师生的参考资料读物。

### 图书在版编目(CIP)数据

病险水库的大坝与安全 / 严实等著. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2014. 12  
(水利工程设计与研究丛书)  
ISBN 978-7-5170-2757-7

I. ①病… II. ①严… III. ①病险水库—大坝—安全—研究 IV. ①TV698.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第303784号

书 名	水利工程设计与研究丛书 <b>病险水库的大坝与安全</b>
作 者	严实 罗畅 陈娜 陈攀 解枫赞 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 7.75印张 180千字
版 次	2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	<b>28.00元</b>

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

我国的大多数水库在 20 世纪 70 年代末以前，至 2000 年年底有上百座大坝（土坝）的坝龄超过 40 年。这些大坝蓄水运行以后，持续受到渗流、稳定、冲刷等有害作用，还有可能受到超标准洪水和大地震的破坏，筑坝材料逐渐老化，大坝承受水压力、渗压力等巨大荷载的能力不断降低，因而必须及时通过评价分析，准确掌握大坝性态变化规律，确定危及大坝安全的主要问题并设法加以消除，以保证大坝的安全运行。倘若，这些大坝的缺陷和隐患得不到及时诊断评价和整治处理，任其恶化下去，轻则影响水电站设计功能的发挥，重则可能造成坝溃厂毁，殃及下游，给人民的生命财产、国民经济建设乃至生态环境和社会稳定带来极大的灾难。

病险水库中，有的防洪标准偏低，达不到有关规范、规定要求，有的工程本身质量差，有的工程老化失修严重。这些病险问题导致水库不能正常运行，不能充分发挥其效益。

大多数大坝处于工程设计和施工资料不全、运行性态不明的状态。针对这些情况，1987 年开始的首轮安全评价，从设计、施工、运行全过程对大坝安全状况进行全面评价。在设计复核中，统一按照现行规范复核大坝的安全度；在施工复查中，重点分析因施工质量造成的弱点和隐患；在运行总结中，主要探索大坝变形、渗流等性态变化规律和异常现象的物理成因。

水库大坝包括永久性挡水建筑物，以及与其配合运用的泄洪、输水等建筑物，事关重大，危险性高，在日常运行管理上必须保证其安全。水库大坝分三个安全等级，鉴定的安全评价包括工程质量评价、大坝运行管理评价、防洪标准复核、大坝结构安全、稳定评价、渗流安全评价、抗震安全复核、金属结构安全评价和大坝安全综合评价等几个方面。书中通过对三个不同类型的土坝病险水库工程进行了大坝安全评价，三座水库各有特点，其安全评价内容和方法也各有特色。力求体现先进性、科学性和合理性，力求在病险水库评价的工程设计技术方面有所突破。

水库为广大的人民群众提供生活，生产用水，发挥了防洪灌溉的功效，做好水库的除险加固工作既是确保人民群众的生命财产安全，又保证了工农业经济的顺利发展。水库的除险加固是一项利国利民的工程，充分发挥水库的各种功效，促进国民经济发展和人民生活水平的提高。



全书由严实编写了前言、第 17 章～第 29 章；陈攀编写了第 1 章～第 3 章；罗畅编写了第 4 章～第 5 章、第 11 章～第 12 章；陈娜编写了第 10 章、第 13 章～第 14 章；解枫赞编写了内容提要、第 6 章～第 9 章、第 15 章～第 16 章、第 30 章～第 31 章；全书由姜苏阳统稿。

为总结探讨土坝水库的安全评价经验，兹编写本书，以期与同行进行技术交流。本书得到了多位专家的大力支持，在此表示衷心的感谢！由于本书涉及专业众多，编写时间仓促，错误和不当之处，敬请同行专家和广大读者赐教指正。

作者

2014 年 5 月

# 目 录

## 前言

<b>1 巴家嘴水库工程概述</b> .....	1
1.1 水文、气象、地质条件 .....	1
1.2 工程概况 .....	3
1.3 工程运行情况 .....	5
<b>2 巴家嘴水库防洪能力复核</b> .....	8
2.1 设计洪水复核 .....	8
2.2 巴家嘴水库防洪能力复核 .....	10
2.3 结论 .....	12
<b>3 巴家嘴水库工程质量评价</b> .....	13
3.1 大坝施工质量 .....	13
3.2 坝体质量综合评价 .....	15
3.3 输水泄洪建筑物质量综合评价 .....	16
<b>4 巴家嘴水库结构安全评价</b> .....	22
4.1 大坝变形分析评价 .....	22
4.2 稳定复核 .....	24
4.3 大坝结构安全基本结论 .....	25
4.4 输水泄洪建筑物综合评价 .....	26
4.5 进口黄土高边坡稳定性分析评价 .....	29
4.6 结论 .....	29
<b>5 巴家嘴水库渗流安全评价</b> .....	31
5.1 大坝渗流安全评价 .....	31
5.2 结论 .....	33
<b>6 巴家嘴水库金属结构安全评价</b> .....	34
6.1 金属结构安全检测结果分析 .....	34
6.2 金属结构计算结果分析 .....	34
6.3 结论 .....	34
<b>7 巴家嘴水库运行管理评价</b> .....	35
7.1 管理机构 .....	35
7.2 水库调度运用 .....	35
7.3 大坝监测 .....	36

7.4	大坝维护裂缝处理情况	38
7.5	输泄水建筑物运行管理	38
7.6	运行管理综合评价	39
<b>8</b>	<b>巴家嘴水库大坝安全评价结论</b>	<b>41</b>
<b>9</b>	<b>巴家嘴水库大坝安全评价后的工程建议</b>	<b>43</b>
<b>10</b>	<b>温泉水库工程概况</b>	<b>44</b>
10.1	水文气象、地形地质条件	44
10.2	主要建筑物	44
10.3	施工及工程运行情况	45
<b>11</b>	<b>温泉水库大坝洪水标准复核</b>	<b>47</b>
11.1	主要工作内容和基本资料	47
11.2	设计洪水复核	47
11.3	防洪能力复核	49
11.4	结论和建议	50
<b>12</b>	<b>温泉水库大坝抗震性能分析</b>	<b>51</b>
12.1	抗震复核的主要内容和所需资料现状	51
12.2	设计地震烈度复核	51
12.3	大坝抗震性能分析评价	51
12.4	溢洪道抗震性能分析评价	52
12.5	输水洞抗震性能分析评价	53
12.6	F <sub>3</sub> 断层错动对工程安全影响分析	55
12.7	结论和建议	55
<b>13</b>	<b>温泉水库大坝质量分析评价</b>	<b>57</b>
13.1	坝基开挖处理质量分析评价	57
13.2	坝基振冲处理质量分析评价	57
13.3	坝基高压摆喷灌浆处理质量分析评价	58
13.4	坝体质量评价	60
13.5	大坝护坡混凝土预制板质量评价	61
13.6	复合土工膜防渗层质量分析评价	62
13.7	溢洪道质量分析评价	63
13.8	输水洞质量分析评价	64
13.9	大坝质量综合评价	67
<b>14</b>	<b>温泉水库大坝结构性能分析评价</b>	<b>69</b>
14.1	主要工作内容和基本资料	69
14.2	大坝渗流稳定评价	69
14.3	大坝结构稳定评价	71
14.4	溢洪道结构分析评价	72
14.5	输水洞结构分析评价	73

<b>15</b>	<b>温泉水库大坝运行情况分析</b>	76
15.1	大坝的管理和运行	76
15.2	水库的应急措施	77
15.3	大坝的维修	77
15.4	大坝安全监测	77
15.5	存在的主要问题	78
15.6	运行管理综合评价	78
<b>16</b>	<b>温泉水库结论和建议</b>	80
16.1	综合分析评价与结论	80
16.2	建议	81
<b>17</b>	<b>陆浑水库工程概况</b>	82
17.1	地质条件	82
17.2	主要建筑物	82
17.3	施工及运行情况	83
<b>18</b>	<b>陆浑水库大坝防洪能力复核</b>	84
18.1	设计洪水复核	84
18.2	防洪能力复核	85
18.3	结论和建议	87
<b>19</b>	<b>陆浑水库大坝工程质量评价</b>	88
19.1	设计和施工情况综述	88
19.2	黏土斜墙砂砾石坝工程质量评价	88
<b>20</b>	<b>陆浑水库泄水、输水建筑物工程质量评价</b>	90
20.1	溢洪道工程质量评价	90
20.2	泄洪洞工程质量评价	90
20.3	输水洞工程质量评价	90
20.4	灌溉发电洞工程质量评价	91
20.5	泄水、输水建筑物工程综合评价	91
20.6	大坝工程质量综合评价	92
<b>21</b>	<b>陆浑水库大坝渗流安全评价</b>	93
21.1	坝基渗流安全分析评价	93
21.2	坝体渗流安全分析评价	94
21.3	两岸渗流安全分析评价	95
21.4	大坝渗流安全综合评价	96
<b>22</b>	<b>陆浑水库大坝结构及抗震安全分析评价</b>	97
<b>23</b>	<b>陆浑水库溢洪道结构安全分析评价</b>	100
23.1	溢洪道结构布置	100
23.2	溢洪道闸墩裂缝现状	100
23.3	裂缝成因及安全评价	101



<b>24</b>	<b>陆浑水库泄洪洞结构安全分析评价</b> .....	102
24.1	泄洪洞布置和结构 .....	102
24.2	泄洪隧洞现状 .....	102
24.3	泄洪洞结构安全复核成果 .....	103
24.4	泄洪洞结构安全综合评价 .....	103
<b>25</b>	<b>陆浑水库输水洞结构安全分析评价</b> .....	104
25.1	输水洞布置和结构 .....	104
25.2	输水洞进水塔稳定复核 .....	104
25.3	输水洞结构安全评价 .....	104
<b>26</b>	<b>陆浑水库灌溉发电洞结构安全分析评价</b> .....	105
26.1	灌溉发电洞结构布置 .....	105
26.2	灌溉发电洞进水塔稳定安全复核 .....	105
26.3	灌溉发电洞进口喇叭段裂缝问题的分析评价 .....	105
26.4	灌溉发电洞进口引水明渠边坡稳定分析 .....	105
26.5	灌溉发电洞结构安全评价 .....	105
<b>27</b>	<b>陆浑水库大坝抗震安全复核</b> .....	106
27.1	地震烈度复核 .....	106
27.2	抗震安全分析评价 .....	106
27.3	溢洪道抗震性能分析评价 .....	106
27.4	进水口建筑物及隧洞抗震性能分析评价 .....	107
<b>28</b>	<b>陆浑水库大坝结构稳定及抗震性能分析综合评价</b> .....	109
28.1	黏土斜墙砂砾石坝 .....	109
28.2	溢洪道 .....	109
28.3	泄洪洞 .....	109
28.4	输水洞 .....	109
28.5	灌溉发电洞 .....	109
<b>29</b>	<b>陆浑水库大坝金属结构安全分析评价</b> .....	110
29.1	金属结构现状及主要问题 .....	110
29.2	金属结构综合安全评价 .....	110
<b>30</b>	<b>陆浑水库大坝运行管理分析评价</b> .....	111
30.1	水库运行 .....	111
30.2	大坝运行管理综合评价 .....	111
<b>31</b>	<b>陆浑水库大坝安全评价结论和建议</b> .....	113
31.1	综合分析评价与结论 .....	113
31.2	建议 .....	114

# 1 巴家嘴水库工程概述

## 1.1 水文、气象、地质条件

巴家嘴水库位于甘肃省庆阳地区西峰市后官寨附近，处于黄河流域泾河支流蒲河中下游的黄土高原地区，控制流域面积 3522km<sup>2</sup>。

蒲河中上游为黄土丘陵沟壑区，沟谷发育，河道陡峻。下游为黄土塬区，地势平坦，流域内植被覆盖较差，黄土裸露，水土流失严重。

库区降雨年内分配极不均匀，暴雨多集中在 7~8 月，暴雨历时短，强度大。洪水陡涨暴落，实测最大洪峰流量为 5650m<sup>3</sup>/s。

库区属于大陆性气候，年平均温度 11℃，全年以 1 月最低，7 月最高，极端最高气温 35.1℃，极端最低气温 -22.4℃。

水库入库水沙年内分配也很不均匀，基本与降水相一致，7~8 月输沙量占全年输沙量的 77.3%。与入库洪水过程的尖瘦峰型略有不同，其沙峰退落较为缓慢，实测最大含沙量 855kg/m<sup>3</sup>（1958 年）。

整个库区均由黄土下切至白垩系岩石中，河谷狭窄，坝址处河谷宽 200~300m 左右，为不对称河谷，逆河向上渐宽。两岸谷坡陡峻，上部黄土边坡 40°~50°，下部基岩边坡 60°~80°。

在库区内，自下而上出露有白垩系（K<sub>1</sub>）砂岩、页岩，第三系（N）砂砾石及黏土，第四系更新统（Q<sub>1</sub>~Q<sub>4</sub>）黄土等。

其中白垩系的岩性按出露高程大体分为三层：第一层为砂质页岩，较坚硬，薄片状，顶部出露高程在 1055.00~1057.00m，厚 1~3m，顶部常有泉水出露。第二层为孔隙型中、细粒砂岩夹粗砂岩透镜体，巨厚层，层理发育，泥钙质胶结，岩质松软，岩芯破碎，厚 20~28m。第三层为浅红色孔隙型中粒砂岩，钙泥质胶结，岩质较软，厚 8.5~20m，在高程 1085.00m 和 1083.00m 各分布有黏土岩夹层。

岩层倾向 SW，倾角 1°~3°。砂岩和页岩中发育三组高倾角节理裂隙产状表见表 1.1-1。

表 1.1-1

节理裂隙产状表

编 号	岩 层	走 向	倾 角	备 注
①		NE72°~83°	90°	砂岩
②		NE80°~90°	80°~85°	页岩
③		NW340°~350°	80°~90°	

第三系上新统 ( $N_2$ ) 主要结构为两类, 第一类为红黄色砂砾岩, 钙质结核, 较密实坚硬, 厚 0.25~2.0m, 分布在基岩面上。第二类为红土, 密实成块状, 遇水不易崩解, 网状裂隙发育, 底面高程 1092.50~1096.50m, 层厚 1.30~18m 不等。

第四系下更新统黄土 ( $Q_1$ ), 为黄土质壤土及砂壤土, 较紧密, 干容重大于  $1.50\text{g}/\text{cm}^3$ , 渗透系数  $1 \times 10^{-5} \sim 9.67 \times 10^{-5} \text{cm}/\text{s}$ , 不具沉陷性, 厚 16~20m, 底部高程 1102.00~1120.00m。中更新统黄土 ( $Q_2$ ), 为黄土质重壤土, 较紧密, 均以含粉粒为主, 有钙质结核和少量黑斑, 中夹黄红色壤土十多层, 有钙质结核成层现象, 干容重小于  $1.50\text{g}/\text{cm}^3$ , 渗透系数  $1.23 \times 10^{-5} \sim 9.04 \times 10^{-5} \text{cm}/\text{s}$ , 一般为二级沉陷, 厚 50~65m。上更新统黄土 ( $Q_3$ ), 以含粉粒为主, 疏松有虫孔管状孔隙, 有垂直节理, 覆盖于梁峁顶部, 厚 20~30m。全新统河流冲积黄土质壤土 ( $Q_4$ ), 较疏松, 岩性变化较大, 底部常有砂砾石, 平均渗透系数  $6.48 \times 10^{-4} \text{cm}/\text{s}$ , 主要分布在河漫滩及一二级阶地。

潜水和承压水分布情况如下:

第四系底部埋藏有孔隙潜水, 沿基岩面溢出, 建坝前右端有出露。基岩孔隙潜埋藏于砂岩中, 孔隙潜水受第四系孔隙潜水补给, 下部页岩为相对隔水层, 潜水在南小河沟及坝下游左岸岸坡有群泉成滴状流出。据钻孔资料, 在高程 1050.00m 以下, 基岩中埋藏有两层承压水, 含水层为砂岩, 相对隔水层为页岩, 形成承压水。第一层顶板高程 1022.00~1025.00m, 厚 4.55m, 承压水头为 32.25~33.85m, 单位涌水量  $q=12\text{L}/\text{min}$ ; 第二层顶板高程 986.00m, 高出河床地面 37.1m, 承压水头为 106.6m, 单位涌水量  $q=11\text{L}/\text{min}$ 。

(1) 坝址处地质情况。河床坝基发育一级台地, 在坝轴线处河床宽约 210m, 河滩台地高程为 1050.00~1052.00m, 主要由 5~12m 的亚砂土组成, 并含粉砂透镜体和砂砾石透镜体。在上游坝脚下埋藏有厚 1~3m 的泥炭土, 富含腐殖土。亚砂土下为砂页岩互层。亚砂土的物理力学指标见表 1.1-2, 从表 1.1-2 中可看出该亚砂土具有湿陷性。

表 1.1-2 河滩台地黄土类亚砂土物理力学指标表

项目	含水量 /%	干容重 / $(\text{g}/\text{cm}^3)$	比重	塑性指数	湿陷系数	凝聚力 / $(\text{kg}/\text{cm}^2)$	内摩擦角 / $(^\circ)$	渗透系数 / $(\text{cm}/\text{s})$
最大值	22	1.67	2.73	10	0.018	0.18	33.05	$1.3 \times 10^{-3}$
最小值	9	1.42	2.70	7	0.001	0.01	22.82	$3.2 \times 10^{-5}$
平均值	15.5	1.54	2.72	8.5		0.095	27.93	$6.5 \times 10^{-4}$

右岸砂岩出露高程 1057.00~1078.00m, 在坝轴线处高出河床 19m, 上游坝脚处为 23m, 至下游坝脚处则为黄土覆盖。基岩之上有一层厚 0.75~1.5m 的砂卵石层, 渗透系数为  $3.3 \times 10^{-3} \text{cm}/\text{s}$ , 属中等透水。该层之上为第四纪更新统黄土、红黄土堆积物, 有垂直节理及管状孔道, 黄土岸坡坡度为  $45^\circ \sim 60^\circ$ , 基岩坡度约  $80^\circ$ 。右岸岸坡黄土物理力学指标见表 1.1-3。岩体渗透系数最大为  $5 \times 10^{-2} \text{cm}/\text{s}$ , 一般为  $2 \times 10^{-3} \text{cm}/\text{s}$ 。

表 1.1-3

右岸岸坡黄土物理力学指标表

项目	含水量 /%	干容重 / (g/cm <sup>3</sup> )	比重	塑性指数	湿陷系数	凝聚力 / (kg/cm <sup>2</sup> )	内摩擦角 / (°)	渗透系数 / (cm/s)
最大值	24	1.62	2.73	13	0.07	0.22	29.68	$2.5 \times 10^{-5}$
最小值	10	1.25	2.71	9		0.03	17.00	$2.0 \times 10^{-7}$
平均值	17	1.43	2.72	11		0.125	23.33	$1.2 \times 10^{-5}$

左岸坝肩在河床以上高 46m (高程 1097.00m 以下) 范围内均为砂岩, 基岩之上为红色亚黏土, 厚约 4m, 再上为黄土类亚黏土。岩层节理发育, 因风化、卸荷作用, 表层岩体破碎, 风化厚 1~3m, 从地表向下 14m, 透水性较强, 渗透系数基本同右岸。红色亚黏土黏粒含量约为 60%, 呈块状, 坚硬, 透水性极弱, 土中富有钙质结核。基岩坡比为 1:0.5。

(2) 泄洪输水建筑物地质情况。泄洪输水建筑物各洞线主要位于第二层中细粒砂岩中, 该层位于页岩之上, 分布高程为 1082.50~1086.00m, 斜层理发育, 钙泥质胶结, 岩性松软。矿物成分以石英为主, 长石次之。

隧洞区埋藏基岩孔隙—裂隙潜水和下部承压水。潜水水位在洞身下部, 以库水补给为主, 沿页岩隔水层自上向下以降泉形式排泄。

## 1.2 工程概况

巴家嘴水库是一座集防汛、供水、灌溉及发电于一体的水利枢纽工程, 由一座拦河大坝、一条输水洞、两条泄洪洞、两级发电站和电力提灌站组成。工程主要规模、标准见表 1.2-1。

表 1.2-1

工程主要规模和标准

项 目	工程规模、标准	备 注
洪水标准	设计: 100 年一遇, 水位 1118.60m, 相应洪峰流量 10100 m <sup>3</sup> /s; 校核: 2000 年一遇, 水位 1124.40m, 相应洪峰流量 20300m <sup>3</sup> /s	
正常水位/m	1112.00	
汛限水位/m	1109.00	
死水位/m	1096.00	
设计烈度/度	6	
总库容/亿 m <sup>3</sup>	5.11	
坝高/m	74	大坝为黄土均质坝, 1958 年初建坝高 58m, 后经一、二期各加高 8m。坝顶灌浆加固两次
坝长/m	539	
坝顶设计高程/m	1124.70	
防浪墙顶设计高程/m	1125.90	

续表

项 目	工程规模、标准	备 注
输水洞	进水塔顶高程 1132.70m; 设活动钢筋混凝土叠梁门和平板工作门各一道; 压力隧洞, 直径 2.0m, 长度 367m, 设计流量 35m <sup>3</sup> /s	原建于 1952 年 2 月至 1960 年 7 月, 1972 年改建
泄洪洞	进水塔顶高程 1132.70m; 设平板检修门和弧形工作门各一道; 明流洞, 洞径 4.0m, 长度 394m 最大泄流量 102m <sup>3</sup> /s	原建于 1952 年 2 月至 1960 年 7 月, 1972 年改建
增建泄洪洞	进水塔顶工作平台高程 1132.70m; 设平板检修门和弧形工作门各一道; 明流洞, 城门洞形, 断面尺寸 5m×7.5m, 长度 409m; 设计流量 503.67m <sup>3</sup> /s	建于 1992 年 9 月至 1998 年 12 月, 1998 年 7 月以后运用
一、二级水电站/kW	总装机容量 2084	1966 年、1972 年、1990 年陆续建成
供水工程/万 m <sup>3</sup>	年设计引水量 1417	建于 1990 年
提灌工程/万亩	设计灌溉面积 14.4	建于 1981 年

根据水库库容, 巴家嘴水库属大(2)型工程, 挡水土坝、泄洪输水洞等主要建筑物级别为 2 级。

大坝为黄土均质坝, 水库于 1958 年 9 月开工兴建, 初建最大坝高 58m。1965 年、1973 年分别从坝体背、迎水坡各加高 8m, 大坝设计最大坝高 74m。

泄水建筑物均布置在左岸, 设输水洞一条, 泄洪洞两条。均由进水塔、隧洞、出口消能三部分组成。

输水洞进口采用单进口有压短管的结构形式, 进水塔采用三面封闭、前端设活动钢筋混凝土叠梁门的结构型式。隧洞衬砌厚度 0.3~0.4m, 在接近出口处接 45°岔管, 岔管通向底流式消力池, 隧洞则直通一级发电厂房。从水库输水洞出口消力池引水至坝后二级电站, 引水洞线前段为压力隧洞、后段约 60m 为压力钢管。提灌供水取自一级电站尾水。

泄洪洞进水塔采用三面封闭、正面设钢筋混凝土迭梁的型式。隧洞衬砌厚度 0.3~0.4m, 隧洞出口设陡坡, 下接差动式挑流鼻坎。

增建泄洪洞进口采用单进口有压短管的结构形式。进水塔塔架由流道、塔筒两部分组成。隧洞衬砌厚度为 0.6~1.0m。隧洞出口接陡槽, 设掺气底坎和消力墩, 在对岸南小河沟左侧设台阶式护坡。

增建泄洪洞进口开挖黄土高边坡设计按水上和水上分别考虑, 其中高程 1125.00m 以下边坡为水下边坡, 坡比 1:2, 高程 1125.00m 以上边坡为水上边坡, 总坡比 1:1.167, 高程 1112.50m 以下采用混凝土六面体砌护, 边坡设多级平台, 小平台宽 2.0~6.0m, 在坡高约一半处设大平台, 宽 28m。

1981 年从一级水电站尾水渠引水, 建成九级电力提灌工程, 总干渠 13.1km, 总几何扬程 329.15m, 年引水量 5400 万 m<sup>3</sup>, 设计灌溉面积 14.4 万亩。1996 年利用该工程一至四级泵站, 建成年设计引水量 1417 万 m<sup>3</sup> 的西峰市城乡供水工程, 供水人口 15.47 万。

### 1.3 工程运行情况

(1) 水库运用方式与库内泥沙淤积情况。建库以来,经历了六个时段三种运用方式,具体见表 1.3-1,目前水库有效库容为 1.89 亿  $m^3$ 。

表 1.3-1 历年淤积情况表

时 段 /(年.月)	水库运用方式 /亿 $m^3$	年淤积量 /亿 $m^3$	总淤积量 /亿 $m^3$	累计淤积量 /亿 $m^3$	淤积高程 /m
1960.2~1964.5	蓄水拦沙	0.132	0.528	0.528	1081.00
1964.5~1969.9	自然滞洪	0.104	0.626	1.154	
1969.9~1974.1	蓄水拦沙	0.177	0.708	1.862	
1974.1~1977.8	自然滞洪	0.022	0.089	1.951	1097.00
1977.8~1992.10	蓄清排浑	0.047	0.712	2.663	1105.00
1992.10~2001.3		0.0796	0.637	3.30	1110.00

(2) 大坝变形情况。在河床部位自 1963~2000 年最大沉降量为 2738mm,1988 年以来沉降量呈逐年递减趋势,至 2000 年,年递增沉降量最大为仅 7mm。约为坝高的 0.009%。

大坝水平位移规律为:上游坡向上游移动,最大位移量为 332mm,下游坡向下游位移,最大位移量为 224.9mm,上游坡位移量比下游坡大,坝顶向上游位移,最大位移量为 686.4mm。1998~2000 年向上下游位移值平均为 1.9mm。

从以上情况可看出,现状条件下,坝体变形已趋于稳定。

(3) 大坝裂缝情况。由于初建坝体质量较差,岸坡开挖过陡,以及后期加高、加固等原因,导致坝体建成近 40 年来坝体持续不均匀沉陷变形,坝体裂缝几乎年年发生。至今有记录的裂缝条数累计达 294 条,其中横缝 231 条,占 78.6%,纵缝 63 条,占 21.4%。左坝段和右坝段横缝数相当,发生的横缝最长的贯穿整个坝体,纵缝最长大于 300m,裂缝最深达 13m,裂缝最宽达 120mm。通过坝体灌浆加固资料中漏点分布分析,在接近坝基的坝体中也存在着暗缝。1978 年冬至 1979 年春,在左坝肩发现裂缝 5 条,右坝肩裂缝 4 条,开挖后发现横向暗缝 61 条,纵缝 2 条,暗缝的宽度达 300mm。

裂缝具体分布情况见表 1.3-2。

表 1.3-2 大坝裂缝开展情况表

时 段 /(年.月)	裂缝 /条	横缝/条		纵缝/条	
		左坝肩	右坝肩	上游坡	下游坡
1960.6~1962.7	37	21		7	2
1962.7~1965.1		6		1	
1965.1~1966.6	26	14		2	10
1967~1973	21	7	6	8	0
1974~1976	36	12	10	0	14



续表

时 段 / (年·月)	裂缝 /条	横缝/条		纵缝/条	
		左坝肩	右坝肩	上游坡	下游坡
1977	12	6	3	3	0
1978	19	6	7	6	0
1979	20	8	6	4	2
1980	66	5	61	0	0
1981	13	8	5	0	0
1982	2	1	1	0	0
1983	8	6	2	0	0
1984	3	2	1	0	0
1985	2	1	1	0	0
1986	4	2	2	0	0
1987	2	1	1	0	0
1988~1994	0	0	0	0	0
1995	8	4	0	0	4
1998	15	15	0	0	0
合计	294	112	119	31	32

注 2000年发现的裂缝未统计。

裂缝高发期为1965~1966年(17条/年)、1974~1976年(12条/年)两期坝体加高期和1980年(66条/年)第一次坝体灌浆期。裂缝开展最严重时期为1974年二期加高期间,当填筑到高程1116.13~1118.13m时,在下游坡高程1101.50~1116.70m间陆续发现八条纵缝,最大缝宽10~15mm,深8~10m,纵缝长300多m。其中有的与两坝肩的横缝连接,在平面上呈弧形,即所谓的“八大弧形裂缝”。加固方法,采用开挖回填和泥浆自流灌缝处理。第二次灌浆后,至1994年在坝面未发现裂缝,1995年后裂缝又陆续出现。

评价前虽未做现场开挖勘探,从1996年对位于左坝段下游的8条裂缝灌浆情况看,靠近左坝肩处的坝体中裂缝发育。1998年测压管更新改造时,发现靠右岸坡的26号孔打孔时,灌入浆液25m<sup>3</sup>,灌浆24h仍未灌满,之后停灌,说明右坝段宽大裂缝发育。1998年在左坝段下游坡发现裂缝15条,其中两条从坝脚延伸至坝顶。2000年渗流观测自动化改造时,在背水坡每级马道的电缆沟中均发现有裂缝,基本分布于河床段,条数不详。另外2001年4月底现场察看时,发现马道上的排水沟中有错动裂缝痕迹。综合以上说明目前下游坝体中裂缝仍很发育。上游坝体由于护面板覆盖,是否有裂缝未知。

对以往发现的裂缝,分别采用横向开挖设隔断墙、沿缝向浅层开挖回填土料和泥浆灌缝等方法进行了处理,但对2000年发现的裂缝,仅进行了浅层处理。

(4) 大坝渗漏情况。水库蓄水后,1961年春,右岸下游坝脚发生湿润和翻浆,分析认为是施工前右岸基岩中泉水出露,施工时未彻底处理地下水补给及绕渗形成。蓄水后,

坝基漏水严重，坝下 T11 孔涌水量增加，达 19L/s，随水库淤积提高，坝基渗水量有所减少。

1964 年 11 月左右，坝下游河床部位，沿坝脚呈线状分布涌水点，形成砂环直径 2~10cm，但涌水中除砂粒外，无土质颗粒。

据 1964 年 5 月 7 日观测资料，当水位 1089.20m 时，坝后渗出流量为 25L/s，折合 2160m<sup>3</sup>/d。

1972 年冬季出现坝右岸背水坡台地湿润面增大，左岸砂岩湿润面抬高现象。1976 年在右岸背水坡增设反滤体后，上述现象消失。

大坝第一次第二次加固后，在靠左岸下游坝脚的汇集渗流坑中，有少量渗水，目前已无渗水。可能与坝下一级水电站开挖集水井有关。该集水井位于坝下靠左岸边，距下游坝脚约 80m。该井中 2001 年 4 月底测得渗漏量为 48m<sup>3</sup>/d，另外在左坝脚下流的岸坡岩石中，打有一平洞，长约 20m，高程约 1051.50m，2001 年 4 月底测得渗漏量为 66m<sup>3</sup>/d。

(5) 泄洪输水建筑物运用情况。输水洞进水塔和泄洪洞进水塔水位变动区冻融破坏严重，表面出现水泥、石子脱落现象。最深破坏深度 6~10cm。塔架流道出现磨蚀现象。

输水洞从外观看，部分部位出现裂缝，因气蚀或冲刷等原因出现较大的凹坑和大范围粗骨料外露，骨料与混凝土分离，部分地方钢筋外露并出现表面锈蚀。止水老化，一半伸缩缝渗水严重。泄洪洞局部出现较长裂缝，洞子后段底板气蚀尤为严重。粗骨料外露，并有较大坑洞，部分位置钢筋出露锈蚀，进口以下约一半伸缩缝渗水严重，出口消能部分气蚀严重，消力墩因冲刷磨损残缺不全。

增建泄洪洞因运行时间很短，质量良好。

(6) 金属结构运用情况。本次评价的金属结构设备包括：拦污栅、叠梁门、平板门、弧形门、卷扬机、桥机、抓梁以及压力钢管等。除增建泄洪洞外其余设备均运行近 30 年，压力钢管运行已运行 35 年。运行过程中出现不少问题。主要有泄洪洞、输水洞闸门、启闭系统设备老化、气蚀、磨损现象非常严重。并已出现多次钢丝绳断裂，刹车失灵，电气短路等影响运行安全的故障。

经检测局部焊缝锈蚀深度超过 3.0mm，闸槽底槛受泥沙水流的冲刷已成锯齿状，止水橡皮老化，严重漏水。弧形闸门侧轨止水座板表面已不平整。同时，弧门铰座及吊耳严重锈蚀，轴销转动不灵活，伴有异常响声，闸门启闭不灵活也不平稳。

所有闸门及叠梁、拦污栅的起吊钢丝绳水下部分锈蚀严重，多次断股，在 2000 年汛前检查时，曾发生断绳现象，现搭接使用。

几台启闭机的老化磨损现象非常突出，从 20 世纪 90 年代开始，启用机运行噪声逐年增大，振动逐渐明显，近年刹车失灵的故障时有发生，目前，电机及变速箱轴承松动，间隙过大，传动轴径向跳动较为厉害，制动片磨损相当严重，存在严重安全隐患。

输水洞叠梁启吊的抓梁为机械装置，设备落后，吊钩运行十分笨拙，有效保证率只能达到 30%，在吊装中，经常需要借助人工办法才能完成。

对增建泄洪洞，由于运行时段较短，对其金属结构设备不做评价。

# 2 巴家嘴水库防洪能力复核

## 2.1 设计洪水复核

### 2.1.1 水文基本资料

(1) 站网分布及水文测验情况。巴家嘴水库库区由于流蒲河及其支流黑河组成, 出库站巴家嘴水文站位于大坝下游约 500m 处, 集水面积为 3522km<sup>2</sup>。坝址至水文站区间有南小河沟汇入, 集水面积为 44km<sup>2</sup>。巴家嘴水文站始建于 1951 年 9 月, 1958 年年底因水库施工而停测。水库建成后 1962 年 1 月仍在原测流断面处恢复测验作为出库站, 担负出库水文及库区泥沙淤积等测验工作。1964 年 1 月又在蒲河及支流黑河设入库水文站姚新庄和兰西坡。姚新庄站距坝 31km, 集水面积 2264km<sup>2</sup>; 兰西坡站距坝 23km, 集水面积 684km<sup>2</sup>。姚新庄站和兰西坡站至巴家嘴站区间汇流面积 574km<sup>2</sup>。1976 年库区淤积已影响至兰西坡测流断面, 故于 1976 年上移至太白良, 距坝 35km, 集水面积 334km<sup>2</sup>, 入库站至巴家嘴站之间有汇流面积 924km<sup>2</sup>。

以上各站实测水文资料情况见表 2.1-1。

表 2.1-1 蒲河流域主要水文站水文资料情况表

序号	河名	站名	控制面积 /km <sup>2</sup>	资料年限 / (年. 月)
1	蒲河	巴家嘴	3522	1951.9~1958.12, 1962.1~2000
2	蒲河	姚新庄	2264	1963.11~2000
3	黑河	兰西坡	684	1963.11~1976.12
4	黑河	太白良	334	1977.1~2000

(2) 水文资料整编。由于姚新庄、太白良、兰西坡、巴家嘴站分别是基本水文站和专用水文站, 其测验项目较齐全, 整编后的洪水资料有逐日平均流量成果表、洪水要素摘录表、实测流量成果表等。以上各站的水文测验资料均经过黄河水利委员会水文局整编和审查刊入红本 (其中 1997~2000 年为测站整编成果未刊布), 可以作为巴家嘴水库设计洪水分析计算的依据。

### 2.1.2 暴雨洪水特性

蒲河流域水气来源主要为东南暖湿气流的输送。天气系统为冷锋过境, 暴雨路径多有西北向东南, 持续时间仅 1~2 天, 两次强烈冷锋系统出现的时间 6~10 天, 大雨历时 6~10h, 暴雨历时 2~3h。暴雨主要发生在 7~8 月, 暴雨强度大而集中。流域内暴雨中心有三处, 即北部的苦水掌、天子一带, 中部的三岔地区及东部的驿马关、土桥一带。前二