

【水利水电工程】

# 黄河龙羊峡水库长期低水位运行的原因分析

胡建华, 宋红霞, 杨振立

(黄河勘测规划设计有限公司, 河南 郑州 450003)

**摘要:**龙羊峡水库是黄河干流上的骨干控制性工程之一,在黄河水资源优化配置中具有非常重要的地位,但龙羊峡水库建成运行后,水库一直没有蓄满,且长时期在死水位附近运行,这一问题已引起各界人士的关注。根据实测资料,并结合模型计算成果,认为龙羊峡水库的调节特性和入库水量年际分配是造成水库长期低水位运行的关键因素,多年平均入库水量、水库调度因素仅是水库蓄水位偏低的原因之一。

**关键词:**龙羊峡水库; 水库调度; 蓄水; 低水位运行

**中图分类号:**TV697.1 **文献标识码:**B **文章编号:**1000-1379(2005)10-0065-03

## 1 龙羊峡水库概况

龙羊峡水库在黄河干流上游河段,青海省共和县和贵南县交界处,距龙羊峡峡谷进口约2 km,距河源1 687.2 km。坝址控制流域面积13.14万 km<sup>2</sup>,约占黄河流域面积的17.5%。水库于1976年1月28日经国务院批准兴建,1978年7月开工,1986年10月下闸蓄水,1987年1、2号机组发电,1989年6月4

日4台机组全部发电。

### 1.1 设计入库径流

根据龙羊峡水库技术设计报告,坝址处多年平均流量(以贵德水文站代表)约650 m<sup>3</sup>/s,多年平均水量205亿 m<sup>3</sup>,占黄河全流域多年平均径流量的36.6%,其中汛期7~10月份水量为122.4亿 m<sup>3</sup>,占年水量的59.7%。贵德站不同频率年径流量成果见表1。

表1 贵德站年径流量频率计算成果

均值/亿 m <sup>3</sup>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub> /C <sub>v</sub>	不同来水频率年份的年平均水量 / 亿 m <sup>3</sup>						
			10%	20%	50%	75%	80%	90%	95%
205	0.24	2	269.95	245.35	201.20	168.72	160.83	145.07	131.19

### 1.2 水库主要技术经济指标

龙羊峡水库正常蓄水位2 600 m,汛期限制水位2 594 m,死水位2 530 m,水库正常蓄水位以下总库容247亿 m<sup>3</sup>,调节库容193.5亿 m<sup>3</sup>,为多年调节水库。水电站装机4台,装机容量1 280 MW,设计年发电量59.4亿 kW·h。

### 1.3 龙羊峡水库在黄河治理开发中的地位和作用

根据1997年《黄河治理开发规划纲要》,黄河干流工程布局以高坝大库与径流电站或灌溉壅水枢纽相间布置,形成了以龙羊峡、刘家峡、大柳树、碛口、古贤、三门峡和小浪底等七大控制性骨干工程为主体的比较完整的综合利用工程体系。

上游的龙羊峡、刘家峡和大柳树3座骨干工程联合运用,构成黄河水量调节工程体系的主体。龙羊峡水库库容大,来沙少,年径流量占全河的三分之一以上,主要任务是对径流进行多年调节,提高水资源的利用率,增加上游河段梯级电站的保证出力。黄河上游水库群防洪防凌联合运用,可使兰州市区和宁蒙河段(考虑堤防建设)的防洪标准分别达到100年一遇和50年一遇,基本消除宁蒙河段的凌汛威胁。在中游碛口、古贤水库建成前,龙羊峡同刘家峡水库联合运用还要保证河口镇以下工农用水。

### 1.4 水库设计调度原则

(1)在水库运行的全过程中,以发电为主,兼顾其他,当安

全与兴利发生矛盾时,兴利服从安全。

(2)保证龙羊峡水电站达到设计的发电水平,安全经济地向电网正常供电。

(3)在来水大于80%保证率年份,要满足下游灌溉用水的需要。

## 2 龙羊峡水库实际蓄水运用情况

### 2.1 水库初期蓄水

根据《黄河龙羊峡水电站补充初步设计报告》(水利电力部第四工程局勘测设计研究院,1977年),水库初期蓄水分两期进行,第一期蓄水至发电运行最低水位2 530 m,蓄水量52亿 m<sup>3</sup>,拟在汛后下闸蓄水,第二年汛前或汛后完成蓄水任务;第二期蓄水从水位2 530 m蓄至发电正常运行水位2 575 m。全部蓄水时间为3~5年。

根据龙羊峡水库实际初期蓄水情况,1986年10月下闸蓄水,至1987年8月底蓄至水位2 530 m,历时11个月;至1989年11月蓄至发电正常运行水位2 575 m,蓄水量106亿 m<sup>3</sup>(相当于水位2 530~2 575 m之间的库容),历时2年零2个月。龙羊峡

收稿日期:2005-06-20

作者简介:胡建华(1965-),男,宁夏中宁人,高级工程师。

水库初期蓄水,达到设计蓄水计划要求。

### 2.2 正常运用蓄水情况

龙羊峡水库正常运行后,1990、1991年水库供水,至1992年5月份水库水位又降至2 533.1 m;从1992年6月份水库又开始蓄水,至1993年10月底水库水位达到2 577.3 m,历时17个月(包括2个汛期),期间水库蓄水量增加约106亿m<sup>3</sup>;1994~1997年水库又连续供水,至1995年7月底水库水位又降至死水位附近,以后时段基本在死水位附近运行;龙羊峡水库1998年4月又进入蓄水时期,1999年10月底蓄水至水位2 580.8 m,历时19个月(包括2个汛期),蓄水量118亿m<sup>3</sup>;1999年以后至2003年汛前,龙羊峡水库又连续供水,水位又降至死水位,并长期在死水位运行。2003年汛期,龙羊峡水库蓄水,一个汛期蓄水量近100亿m<sup>3</sup>。

龙羊峡水库建成后历年月末蓄水位过程见图1。龙羊峡水库建成以来,水库最高蓄水位2 580.8 m,距水库正常蓄水位2 600 m还差20 m,且长期在死水位附近运行。

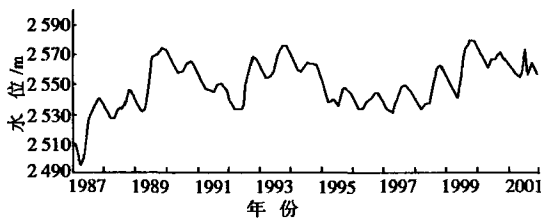


图1 龙羊峡水库历年月末蓄水位

## 3 龙羊峡水库设计与实测入库径流对比分析

### 3.1 多年平均天然径流情况

根据贵德站1919年7月至1998年6月79年系列径流资料,龙羊峡水库多年平均天然径流量208.4亿m<sup>3</sup>,其中汛期7~10月份125亿m<sup>3</sup>,占年水量的60%。与龙羊峡水库设计采用的径流系列成果比较,不仅多年平均径流量基本相同(偏多约3

亿m<sup>3</sup>),而且汛期水量占年水量的比例也基本相同。

### 3.2 龙羊峡建成后贵德站天然径流情况

龙羊峡水库于1986年10月份下闸蓄水。根据1987年7月至1998年6月的径流资料,贵德站多年平均天然径流量191.1亿m<sup>3</sup>,其中汛期7~10月份104.0亿m<sup>3</sup>,占年水量的54.4%。

### 3.3 坝址入库径流对比分析结论

(1)与79年系列多年平均情况比较,贵德站1987年7月至1998年6月年平均径流量为多年平均值的91.7%,减少了17.3亿m<sup>3</sup>,其中汛期水量为多年汛期平均值的83.2%,减少了21亿m<sup>3</sup>,减少幅度更大。

(2)与龙羊峡设计采用的径流资料相比,贵德站1987年7月至1998年6月年平均径流量为设计平均值的93.2%,减少了约13.9亿m<sup>3</sup>,其中汛期水量为设计平均值的85%,减少了18.4亿m<sup>3</sup>。

从多年平均入库径流来看,龙羊峡水库的实测入库水量与设计入库水量相比虽然有所减少,但减少幅度不大,仅减少了7%左右,因此多年平均入库水量不是造成龙羊峡水库长期不能蓄满的主要因素。

## 4 水库调度运用情况分析

### 4.1 龙羊峡建成后实测入库、出库水量情况

根据龙羊峡水库1989年7月至2001年6月12年实测入库径流来看,龙羊峡水库多年平均入库径流量为181.2亿m<sup>3</sup>,多年平均出库径流量为181.0亿m<sup>3</sup>,入库、出库水量基本平衡。龙羊峡水库历年入库、出库水量,见表2。

从各年入库水量看,仅1989~1990、1992~1993、1993~1994、1998~1999、1999~2000年的年水量超过或接近多年平均值,分别为283.7亿、214.3亿、215.8亿、199.7亿、219.1亿m<sup>3</sup>,其他年份入库年水量仅为设计入库水量的65.8%~78.9%。对于特枯年份的1997年7月~1998年6月,龙羊峡入库水量仅为132.9亿m<sup>3</sup>,仅占多年平均水量的64.8%。

表2 龙羊峡水库历年入库、出库水量

亿 m<sup>3</sup>

年 份	入 库 水 量			出 库 水 量			差 值		
	7~9月	10~6月	全 年	7~9月	10~6月	全 年	7~9月	10~6月	全 年
1989~1990	156.89	126.80	283.69	112.90	165.54	278.44	43.99	-38.74	5.26
1990~1991	69.85	87.49	157.34	52.40	134.50	186.90	17.45	-47.01	-29.57
1991~1992	70.46	87.80	158.26	59.34	120.94	180.28	11.12	-33.14	-22.02
1992~1993	97.50	116.76	214.26	38.34	123.67	162.02	59.16	-6.91	52.24
1993~1994	104.33	111.43	215.76	50.93	152.06	202.99	53.40	-40.63	12.77
1994~1995	58.81	86.22	145.04	50.59	149.51	200.10	8.23	-63.28	-55.06
1995~1996	66.78	92.64	159.41	46.91	109.06	155.97	19.87	-16.43	3.44
1996~1997	54.53	89.48	144.01	47.91	98.58	146.48	6.62	-9.09	-2.47
1997~1998	55.98	76.90	132.87	31.43	105.01	136.45	24.55	-28.12	-3.57
1998~1999	88.30	111.43	199.73	34.45	133.48	167.93	53.85	-22.05	31.80
1999~2000	109.06	110.03	219.10	43.68	142.49	186.17	65.38	-32.46	32.93
2000~2001	58.81	86.17	144.99	44.15	124.17	168.32	14.66	-38.00	-23.34
平 均 值	82.61	98.60	181.20	51.09	129.92	181.00	31.52	-31.32	0.20

### 4.2 龙羊峡水库水量调度情况

龙羊峡水库正常运行后,恰遇1990~1991、1991~1992年(水文年7~6月,下同)来水量分别为157.34亿、158.26亿m<sup>3</sup>,

来水偏枯(来水频率相当于P=80%),由于龙羊峡水库供水,两年水库出库水量分别为186.90亿、180.28亿m<sup>3</sup>,供水量分别为29.57亿、22.02亿m<sup>3</sup>,至1992年5月份水库水位又降至

2 533.1 m。

1992~1993、1993~1994 年水库来水量分别为 214.26 亿、215.76 亿  $m^3$ , 来水略大于多年平均值, 龙羊峡从 1992 年 6 月份蓄水, 至 1993 年 10 月底水库水位达到 2 577.3 m, 历时 17 个月(包括 2 个汛期), 蓄水量 106 亿  $m^3$ , 其中 1992 年水库蓄水量达 52.24 亿  $m^3$ 。1992~1993、1993~1994 年水库出库水量分别为 162.02 亿、202.99 亿  $m^3$ 。

1994 年至 1997 年入库水量连续严重偏枯(来水频率大于 90%), 水库连续供水, 1994~1995、1995~1996、1996~1997、1997~1998 年水库出库水量分别为 200.1 亿、155.97 亿、146.48 亿和 136.45 亿  $m^3$ , 水库供水量分别为 55.06 亿  $m^3$ 、-3.44 亿、2.47 亿和 3.57 亿  $m^3$ , 至 1995 年 7 月底水库水位又降至死水位附近, 以后时段基本在死水位附近运行。

1998~1999 年、1999~2000 年龙羊峡水库入库水量相对较多(接近多年平均值), 龙羊峡水库于 1998 年 4 月开始蓄水, 1999 年 10 月底蓄水至水位 2 580.8 m, 历时 19 个月(包括 2 个汛期), 蓄水量 118 亿  $m^3$ ; 1998~1999 年、1999~2000 年水库出库水量分别为 167.93 亿、186.17 亿  $m^3$ 。

1999 年以后至 2003 年汛前, 黄河又连续枯水, 水库供水, 水位又降至死水位, 并长期在死水位运行。2000~2001 年水库供水 23.34 亿  $m^3$ 。

#### 4.3 水量调度合理性分析

从龙羊峡水库各年蓄水供水情况来看, 龙羊峡水库蓄丰补枯, 实现了对水量的多年调节, 发挥了黄河干流骨干工程龙头水库的作用, 对缓解枯水年份水资源供需矛盾非常有利。但龙羊峡水库在调节运用中也存在一些问题:

(1) 在有些较丰年份水库下泄水量偏大, 蓄水量偏少。如 1993~1994 年, 水库下泄水量达 202.99 亿  $m^3$ , 按照水库调度图操作计算, 在供水、供电均满足的条件下, 该时期水库合理的下泄水量应为 170 亿  $m^3$  左右。

(2) 在枯水年份, 水库水量调度不合理, 水库年供水量大。如 1994~1995 年水库来水偏枯, 水库供水, 按照当时水库水位和调度图进行操作计算, 应属于供水破坏保证发电区域, 年下泄水量应为 160 亿  $m^3$  左右, 而实际水库下泄水量达 200.10 亿  $m^3$ , 水库供水量偏大, 从而造成 1995 年以后黄河连续枯水时水库无水可供, 也造成了 1997 年黄河干流严重缺水的局面。

即使水量调度合理, 从龙羊峡建成后的入库水量过程看, 在遭遇 1995 年以后连续枯水、水库连续供水的条件下, 水库运用水位低的局面不可避免。可见, 龙羊峡水库水量调度因素只能是水库蓄水位偏低的一个原因, 而不是主要原因。

### 5 龙羊峡水库蓄水位偏低的主要原因分析

龙羊峡水库为多年调节水库, 水库蓄水不仅与各年来水量有关, 而且与年际间来水量过程有关。龙羊峡水库死水位至正常蓄水位之间的库容约 193.5 亿  $m^3$ , 按实际运用每年蓄水约 50 亿  $m^3$  估算, 只有连续丰水年份达到 4 年以上, 龙羊峡水库才可能蓄至正常蓄水位。

从表 2 成果看, 由于龙羊峡水库建成后, 基本是 2 年来水较丰, 水库可蓄水量较少, 之后又连续 3 年以上来水量严重偏枯,

水库需大量供水, 水库蓄水量下泄, 水位降低, 因此造成水库长期水位偏低。

可见, 龙羊峡水库可蓄水量的大小, 不仅与各年来水量大小有关, 更与水库年际间来水量分配关系密切。对于龙羊峡水库这样一个特大库容的多年调节水库, 在遇到 1990 年以来总体来水偏少的条件下, 出现水库运用水位偏低的局面是正常的。

### 6 结论和建议

(1) 龙羊峡水库投入运用以来, 恰遇黄河又一次进入连续枯水时期, 大部分年份的入库径流达不到设计入库径流量, 多年平均入库水量为 181.2 亿  $m^3$ 。龙羊峡水库为多年调节水库, 由于投入运用后仅有个别年份来水较丰, 水库可蓄水量较少, 而大部分年份需要水库补水, 再加上水库水量调度不尽合理的因素, 造成水库长期运用水位偏低的局面。

(2) 建议加强黄河水资源配置和调度基础研究工作, 使龙羊峡水库水量调度更趋合理, 尽可能发挥龙羊峡水库在黄河治理开发中的作用和效益, 为黄河水资源合理配置作出更大贡献。

【责任编辑 赵宏伟】