

水库渔业营养类型划分标准研究 ——1. 指标层次的确定

戴泽贵¹ 曹克驹²

(1: 水利部中国科学院水库渔业研究所, 武汉 430079; 2: 华中农业大学水产学院, 武汉 430070)

提 要 依据 1980-1992 年全国 20 个省 55 座水库渔业资源调查数据, 运用 R 型聚类分析和主成分分析方法对 48 项指标间的层次性进行分析. 水库渔业营养类型划分标准的指标层次体系可确定为: 第一大层次(水库形态与自然环境)包括地理, 气候, 水深, 面积和体积, 土壤, 水文等 6 个小层次; 第二大层次(水的理化性质)包括主要离子, 磷素, 有机物, 溶解气体, 氮素等 5 个小层次; 第三大层次(生物学)包括浮游植物, 浮游动物, 初级生产力, 鲢鳙生长等 4 个小层次.

关键词 水库 渔业营养类型 标准 指标层次
分类号 S931.1

指标层次的确定是制订水库渔业营养类型划分标准的一项前提工作. 以往多偏重于进行定性分析和理论描述^[1-4]. 近年来, 随着微机的普及, 一些作者开始对某些省份的水库样本进行定量分析^[5-7]. 由于资料获取困难, 就全国水库对分型指标的层次性研究尚未见报道. 国外虽对水库营养学进行了深入研究^[8], 但由于水库形态和渔业利用方式等方面的差异, 有关研究结论并非都适用于我国. 为此, 作者依据 1980-1992 年全国 20 个省(直辖市、自治区)55 座水库的渔业资源调查数据, 对指标间的层次性进行了初步分析, 并据此提出了分型指标的层次体系.

1 资料来源和分析方法

1.1 资料来源和样本水库概况

所收集的数据, 来自全国各地出版的水库渔业资源调查专集、科技期刊上发表的论文和未发表的资料等^[9-21]①②③④⑤⑥⑦. 所选的 55 座样本水库分布于 20 个省(直辖市、自治区), 其中, 大、中和小型水库座数比约为 3:6:1; 丘陵、山谷和平原型水库座数比约为 6:3:1; 其调查方法基本符合《水库渔业资源调查规范》^[22]的规定; 调查次数在 4 次以上的水库占 73%. 样本水库的基本情况见表 1.

* 水利部标准化资助项目. 收稿日期: 1997-12-19; 收到修改稿日期: 1998-03-01. 戴泽贵, 男, 1962 年生, 副研究员.

① 山东省水利厅, 山东省水库渔业资源调查资料汇编, 1990.

② 水利部中国科学院水库渔业研究所等, 福建省水库渔业资源调查报告, 1992.

③ 戴泽贵等, 梅店水库渔业资源及渔业规划报告, 1987.

④ 黄壁庄水库管理处试验站, 黄壁庄水库渔业资料汇编, 1992.

⑤ 陈义焯等, 四川省水库富营养化现状和养殖容量研究, 1992.

⑥ 中国科学院水生生物研究所等, 太平湖水库渔业生态及合理开发研究, 1993.

⑦ 水利部、中国科学院水库渔业研究所等, 广东省水库渔业生产性能评价及提高水库渔产力技术措施的研究, 1986.

1.2 指标的选择

据统计,水库渔业资源调查主要指标有 52 项^[23],从解决实际问题出发,分析中选取了 48 项(未包括竣工年份、集雨面积与平均水深的比、岸线发育系数和平均水温 4 项),其名称、代码和单位见表 2.

表 1 样本水库的基本情况

Tab.1 Information of sample reservoirs

序号	水库名称	所在省	类型	调查年份	调查次数	序号	水库名称	所在省	类型	调查年份	调查次数
1	龙凤山	黑龙江	大型丘陵	1980-1981	3	29	柳塘	福建	中型丘陵	1989-1990	4
2	石头门	吉林	大型丘陵	1981	4	30	南溪	福建	中型丘陵	1989-1990	4
3	清河	辽宁	大型丘陵	1982-1983	3	31	金桥	江西	中型丘陵	1991-1992	4
4	汾河	山西	大型丘陵	1981-1982	4	32	芦围	江西	中型丘陵	1991-1992	4
5	陆浑	河南	大型丘陵	1981-1982	4	33	合水	广东	中型丘陵	1984	1
6	梅店	湖北	大型丘陵	1987	4	34	万宁	海南	中型丘陵	1984	1
7	黑龙滩	四川	大型丘陵	1992	4	35	长茅	海南	中型丘陵	1984	1
8	东张	福建	大型丘陵	1989-1990	4	36	木色	海南	中型丘陵	1984	1
9	大伙房	辽宁	大型山谷	1981-1982	4	37	新村	云南	中型丘陵	1989	4
10	柴河	辽宁	大型山谷	1986	4	38	塔里木	新疆	中型丘陵	1985	1
11	冯家山	陕西	大型山谷	1981-1982	4	39	中营盘	陕西	中型山谷	1982	4
12	太平湖	安徽	大型山谷	1984-1985	4	40	黑虎山	山东	中型山谷	1987	4
13	澄碧河	广西	大型山谷	1983	4	41	学庄	山东	中型山谷	1985	4
14	黄壁庄	河北	大型平原	1990	3	42	楼梯等	江西	中型山谷	1991	1
15	莫力庙	内蒙	大型平原	1982	4	43	返步桥	江西	中型山谷	1992	1
16	宿鸭湖	河南	大型平原	1985-1986	12	44	岭里	福建	中型山谷	1989	2
17	太阳升	黑龙江	中型丘陵	1982-1983	4	45	活盘	福建	中型山谷	1989	1
18	黑龙官	黑龙江	中型丘陵	1981	2	46	黄龙带	广东	中型山谷	1984	1
19	大山	吉林	中型丘陵	1981	4	47	泗维河	广西	中型山谷	1983	4
20	后龙河	山东	中型丘陵	1985	4	48	疙瘩楼	辽宁	中型平原	1981-1982	4
21	贤村	山东	中型丘陵	1986	4	49	团泊洼	天津	中型平原	1989	4
22	户主	山东	中型丘陵	1985	4	50	严河	湖北	小型丘陵	1988	6
23	峤山	山东	中型丘陵	1987	4	51	小松	福建	小型丘陵	1989	2
24	城子	山东	中型丘陵	1986	4	52	山珍	四川	小型丘陵	1990-1991	5
25	金斗	山东	中型丘陵	1986	4	53	金龙低	广东	小型丘陵	1983	4
26	周村	山东	中型丘陵	1985	4	54	汤峪	陕西	小型山谷	1981	6
27	河口	陕西	中型丘陵	1981	4	55	星湖	广东	小型平原	1983	4
28	梅川	湖北	中型丘陵	1992	4						

1.3 分析方法^[24]

1.3.1 数据变换 采用标准差变换法,即将原数据减去均值后再除以标准差.

1.3.2 聚类分析 聚类分析采用 R 型系统聚类法.聚类统计量选用欧氏距离,联结方法选用最远邻体法(farthest neighbor).

1.3.3 主成分分析 主成分分析按常规方法进行.前面主成分的累计贡献率超过 85%时,略去后面的主成分.

表 2 指标的名称、代码和单位
Tab.2 Name, code and unit of targets

序号	指标名称	代码	单位	序号	指标名称	代码	单位	序号	指标名称	代码	单位
1	年均气温	AT	℃	17	水交换率	RWE	$t \cdot a^{-1}$	33	总磷	TP	$mg \cdot L^{-1}$
2	无霜期	NFD	d	18	溶解氧	DO	$mg \cdot L^{-1}$	34	TN/TP	NPI	
3	年均降雨量	RF	mm	19	透明度	SD	cm	35	浮游植物数量	DP	$10^4 ind \cdot L^{-1}$
4	纬度	LN	°	20	pH 值	PH		36	浮游植物生物量	BP	$mg \cdot L^{-1}$
5	日照时数	IH	h	21	总硬度	TH	°D	37	浮游动物数量	DZ	$ind \cdot L^{-1}$
6	平均水深	MD	m	22	总碱度	TA	$me \cdot L^{-1}$	38	浮游动物生物量	BZ	$mg \cdot L^{-1}$
7	最大水深	MAXD	m	23*	TA/TH	AHI		39*	浮游生物总量	BPZ	$mg \cdot L^{-1}$
8	养鱼面积	FA	hm^2	24	化学耗氧量	COD	$mg \cdot L^{-1}$	40	BP/BZ	PZI	
9	集雨面积	CA	km^2	25	电导率	EC	$\mu S \cdot cm^{-1}$	41	底栖动物生物量	BB	$g \cdot m^{-2}$
10	消落区面积	DDA	hm^2	26	EC/MD	MEI		42	初级生产力	PP	$gO_2 \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$
11	总库容	TSC	$10^4 m^3$	27	总氮	TN	$mg \cdot L^{-1}$	43	二龄鲢体重	SW	kg
12	兴利库容	PSC	$10^4 m^3$	28*	三氮	N3	$mg \cdot L^{-1}$	44	二龄鲢体长	SL	cm
13	死库容	DSC	$10^4 m^3$	29	氨氮	NH ₄ -N	$mg \cdot L^{-1}$	45*	二龄鲢肥满度	SFAT	
14*	CA/FA	CFI		30	亚硝酸盐氮	NO ₂ -N	$mg \cdot L^{-1}$	46	二龄鳊体重	BW	kg
15*	CA/FA	CCI		31	硝酸盐氮	NO ₃ -N	$mg \cdot L^{-1}$	47	二龄鳊体长	BL	cm
16	DDA/FA	DFI		32	正磷酸盐	PO ₄ -P	$mg \cdot L^{-1}$	48*	二龄鳊肥满度	BFAT	

* CFI=100CA/FA; CCI=100CA/TSC; AHI=2.804TA/TH; N3=NH₄-N+NO₂-N+NO₃-N; BPZ=BP+BZ; SFAT=100000SW/SL³; BFAT=100000BW/BL³.

2 结果及分析

2.1 总体指标的分析

2.1.1 聚类分析 从图 1 中可看出, 48 项指标可分成四大类:

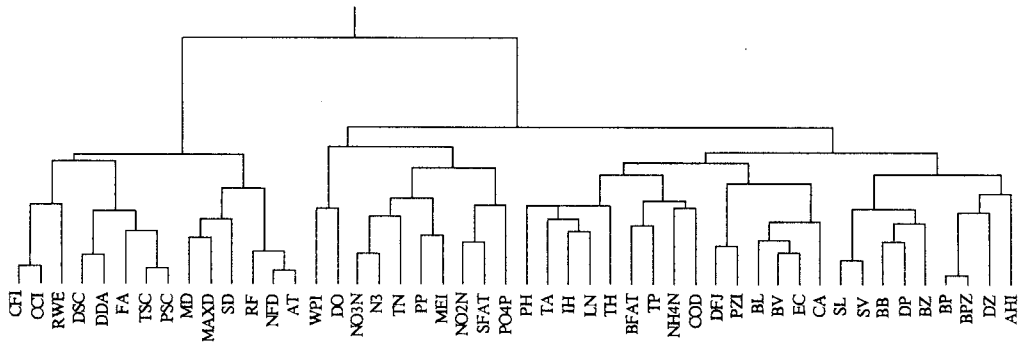


图 1 48 项指标的聚类分析结果

Fig. 1 Results of R-cluster analysis of 48 targets

第一大类:包括气候(AT, NFD, RF), 水深(MD, MAXD, SD), 体积(TSC, PSC, DSC)和面积(FA, DDA), 水文(RWE, CFI, CCI)共四个小类。水库不同于池塘, SD 主要受水体深度制约。水体深度与气候因子(AT, NFD, RF)(实际与地理位置)关系密切, 南方(LN 小于 30°N)水库的平均水深(MAXD 为 27.3, N=56; MD 为 10.1, N=150)显著大于北方(LN 大于 30°N)(MAXD 为 16.3, N=163; MD 为 6.5, N=225)。该大类主要反映水库形态与自然环境。

第二大类:包括溶氧(DO)和氮磷比(NPI),氮(TN, N₃, NO₃-N)和 MEI(PP 归入该小类),正磷酸盐(PO₄-P)和亚硝酸盐氮(NO₂-N)(SFAT 归入该小类)共三个小类. PP 与氮同类说明它依赖于水体中氮的含量. 该大类主要反映水体无机营养盐.

第三大类:包括地理(LN, IH)和地球化学(PH, TA, TH),形态化学(CA, EC, DFI)(SW, BW, PZI 归入该小类),有机物(COD, TP, NH₄-N)(BFAT 归入该小类)共三个小类. PH, TA, TH三者与地理位置关系密切,不妨称之为地球化学指标. 总的趋势是南方 PH 低(平均为 7.37, N=137, CV=0.112), TH 和 TA 高且变异大(平均分别为 8.667, N=117, CV=1.482 和 2.202, N=117, CV=1.392);北方 PH 高(平均为 7.79, N=181, CV=0.066), TH 和 TA 低且变异小(平均分别为 5.521, N=219, CV=0.496 和 1.837, N=213, CV=0.409). EC 与集雨区及消落区面积与养鱼面积比同类,说明水库的营养来源主要靠外界(集雨区和消落区). 水库 TP 含量中有机磷占极大多数,故与 COD 同类. 该大类主要反映水体有机物.

第四大类:包括浮游植物数量(DP)和浮游动物生物量(BZ, BB)(SL, BL 归入该小类),浮游植物生物量(BP)和浮游动物数量(DZ)(AHI, BPZ 归入该小类)共二个小类. 饵料生物丰度受 AHI 的影响较大. 鱼类生长指标在第二、三、四大类中都有体现,说明它受多方面因素影响. 该大类主要反映饵料生物.

2.1.2 主成分分析 从表 3 中可看出,48 项指标可用 9 个主成分来综合,其累计贡献率达 85.93%. Z₁ 主要指向水深(MAXD, MD, SD),库容(TSC, PSC, DSC),消落区(DDA),MEI 和鱼类生长(SL, BL, BW, SW, SFAT);Z₂ 主要指向地理与气候(RF, LN, AT, NFD, IH),面积(FA, CA)及与其对应的地球化学(PH, TH)和形态化学(EC),Z₃ 主要指向形态化学(EC, DFI),亚硝酸盐氮(NO₂-N),植物数量(DDP)和动物生物量(BZ);Z₄ 主要指向 TN 和 PP;Z₅ 主要指向 N₃,BFAT 和 BB;Z₆ 主要指向 TP 和 NH₄-N;Z₇ 主要指向水文(CFI, CCI, RWE);Z₈ 主要指向 BZ;Z₉ 主要指向 DFI, TN 和 COD.

2.2 分层指标的分析

综合上述两种方法对总体指标的分析结果,可将聚类分析中的第二与第三大类合并,故可建立如下三大指标层次:

2.2.1 第一大层次——水库形态与自然环境 该层次 17 项指标可聚为 6 类(图 2).从图 2 中可看出,DSC,DDA 与水深聚为一类,和主成分分析结果一致.单用 5 项地理与气候学指标进行聚类时, LN, IH 不能与 AT, NFD, RF 聚为一类.

主成分分析结果为:Z₁ 主要指向 DDA, DSC, MAXD, PSC, MD, TSC, FA, 贡献率为 33.41%;Z₂ 主要指向 NFD, LN, AT, RF, IH, 贡献率为 30.64%;Z₃ 主要指向 CCI, CFI, RWE, 贡献率为 12.90%;Z₄ 主要指向 MAXD, 贡献率为 7.67%;Z₅ 主要指向 DFI, 贡献率为 6.34%;五个主成分的累计贡献率为 90.96%.

依据两种分析结果,可建立第一大层次的层次体系如下:

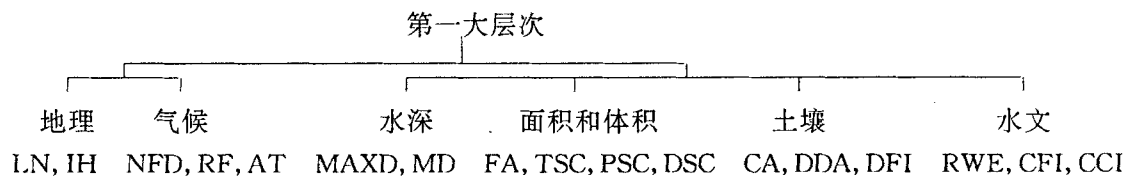


表 3 主成分分析结果

Tab. 3 Results of principal component analysis

指 标	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅	Z ₆	Z ₇	Z ₈	Z ₉
DSC	-0.853	0.316	0.222	0.041	-0.025	0.113	0.222	0.116	0.178
DDA	-0.805	0.529	0.149	0.077	0.062	0.162	0.139	0.088	-0.244
SL	-0.787	0.173	0.121	0.081	0.034	-0.393	0.003	-0.369	0.264
MAXD	-0.771	0.003	-0.021	0.023	0.245	0.034	0.229	0.132	0.078
MD	-0.749	0.075	0.110	-0.192	0.157	0.171	0.106	0.128	0.045
BL	-0.715	0.476	0.055	-0.136	-0.227	-0.237	-0.339	-0.184	-0.003
BW	-0.698	0.457	0.183	-0.325	0.129	-0.267	-0.140	-0.119	-0.013
SD	-0.680	-0.167	-0.364	0.166	0.104	0.204	0.035	-0.054	0.160
PSC	-0.593	0.462	0.005	0.364	0.160	0.161	0.246	0.168	-0.203
MEI	0.591	-0.450	0.766	0.336	-0.210	-0.506	-0.040	0.232	0.198
TSC	-0.562	0.598	0.077	0.287	0.154	0.077	0.232	0.161	-0.224
NFD	-0.557	-0.697	0.382	-0.209	0.108	0.182	-0.072	-0.038	0.221
SW	-0.542	0.078	0.202	0.009	0.283	-0.655	-0.037	-0.206	0.305
SFAT	0.538	-0.089	0.277	-0.472	0.446	-0.307	-0.306	0.176	-0.107
IH	0.534	0.614	-0.074	0.033	-0.103	-0.222	-0.100	0.346	0.222
RF	-0.447	-0.786	-0.015	0.149	0.156	0.194	0.045	0.010	0.006
LN	0.484	0.747	-0.237	0.079	-0.046	0.005	0.129	-0.200	-0.018
AT	-0.474	-0.726	0.262	-0.036	0.010	-0.059	-0.177	0.134	0.025
CA	-0.266	0.640	0.110	0.090	0.008	-0.082	0.240	0.192	-0.038
PH	0.134	0.599	0.185	-0.353	-0.115	-0.067	-0.256	-0.306	-0.231
EC	-0.468	0.596	0.730	-0.658	-0.134	0.157	-0.290	0.264	0.223
FA	-0.431	0.585	0.054	0.266	0.117	0.109	0.176	0.039	-0.248
TH	0.063	0.517	-0.072	-0.385	-0.512	0.016	-0.249	-0.100	0.226
NO ₂ -N	0.206	-0.100	0.710	-0.149	0.211	0.170	-0.273	0.542	-0.022
DFI	0.331	-0.102	0.640	0.005	-0.123	-0.017	0.097	-0.352	-0.525
BZ	0.142	-0.083	0.629	0.097	0.242	-0.089	0.055	-0.582	0.081
DP	0.253	0.117	0.550	0.053	0.382	-0.027	-0.032	-0.401	-0.058
TN	0.270	0.472	0.135	0.607	-0.159	0.182	-0.114	-0.175	0.514
PP	0.223	0.138	0.300	0.534	-0.042	-0.061	-0.595	0.312	-0.049
N3	0.428	0.288	-0.457	0.076	0.753	0.158	-0.072	-0.094	0.169
BFAT	0.129	-0.015	0.151	-0.446	0.658	-0.105	0.502	0.043	0.362
BB	0.170	0.114	-0.193	-0.074	0.605	-0.335	-0.022	-0.397	0.096
TP	0.389	0.231	0.028	-0.265	-0.019	0.600	0.178	0.121	0.239
NH ₄ -N	0.236	0.358	0.050	0.001	-0.067	0.568	0.022	-0.387	0.164
CFI	0.223	0.269	-0.034	-0.052	-0.373	-0.247	0.581	0.212	0.203
CCI	0.288	0.219	-0.003	0.029	-0.335	-0.277	0.552	0.210	0.170
COD	0.405	0.274	0.250	0.078	-0.140	0.186	0.010	-0.385	-0.428
PZI	0.122	0.201	0.137	0.113	0.112	-0.030	0.014	0.205	-0.176
NO ₃ -N	0.180	0.269	-0.412	0.064	0.478	-0.097	-0.449	0.174	0.002
AHI	0.104	-0.299	0.145	0.154	0.043	0.485	0.254	-0.079	0.362
PO ₄ -P	0.289	0.041	-0.046	-0.454	0.398	0.228	-0.304	0.379	-0.214
DO	-0.105	0.417	-0.229	0.332	0.288	-0.429	-0.369	0.203	0.016
BPZ	0.406	0.381	0.419	0.425	0.288	0.028	0.154	0.082	0.190
DZ	-0.257	-0.053	0.480	0.482	0.048	0.451	-0.154	-0.054	0.109
RWE	-0.039	-0.192	0.111	-0.005	-0.348	-0.291	0.460	0.064	-0.262
NPI	-0.416	-0.379	-0.136	0.367	-0.265	-0.155	-0.162	0.035	0.272
TA	0.111	0.461	0.066	-0.418	-0.340	0.155	-0.102	-0.087	0.421
BP	0.389	0.391	0.342	0.378	0.270	0.017	0.135	0.193	0.059
特征根	9.776	7.791	4.717	3.814	3.728	3.270	3.040	2.753	2.353
贡献率	20.37	16.23	9.83	7.95	7.77	6.81	6.33	5.74	4.90
累计贡献率	20.37	36.60	46.43	54.38	62.15	68.96	75.29	81.03	85.93

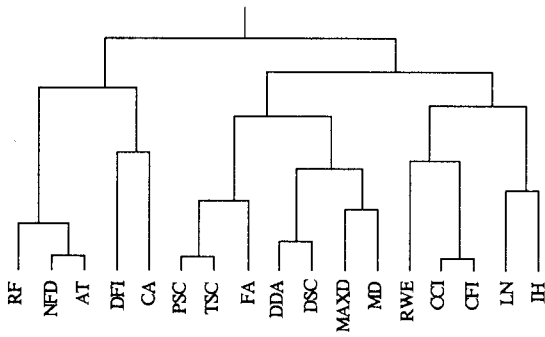


图 2 第一大层次 17 项指标的聚类分析结果

Fig.2 Results of R-cluster analysis of 17 targets on the first layer

标,未进入层次体系;SD 可由深度指标作代表):

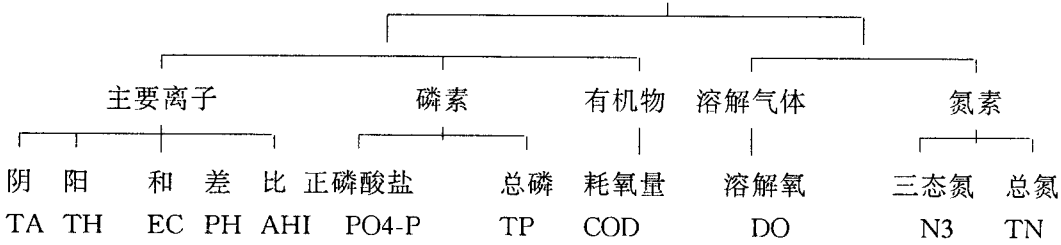
2.2.2 第二大层次——水的理化性质

该层次 17 项指标可聚为 6 类(图 3).

主成分分析结果为: Z_1 主要指向 EC, TA, PH, TH, TP, NPI, 贡献率为 23.51%; Z_2 主要指向 MEI, N3, NO_3-N , NO_2-N , 贡献率为 19.39%; Z_3 主要指向 TN, 贡献率为 15.15%; Z_4 主要指向 PO_4-P , 贡献率为 13.08%; Z_5 主要指向 AHI, 贡献率为 11.50%; Z_6 主要指向 COD, 贡献率为 8.94%; 累计贡献率为 91.57%.

依据两种分析结果,可建立第二大层次的层次体系如下(MEI 属层次间复合指

第二大层次



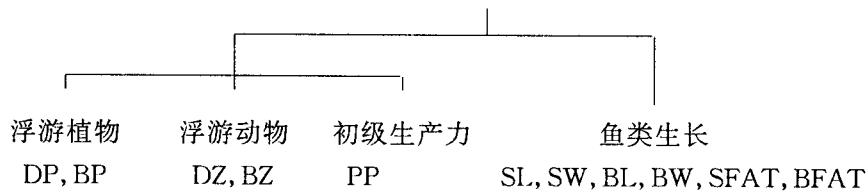
2.2.3 第三大层次——生物学特征

该层次 14 项指标可聚为 4 类(图 4).

主成分分析结果为: Z_1 主要指向 SL, BL, BW, SW, BP, BPZ, 贡献率为 26.92%; Z_2 主要指向 DP, BZ, BFAT, BB, 贡献率为 22.70%; Z_3 主要指向 PP, DZ, SFAT, 贡献率为 18.34%; Z_4 主要指向 PZI, 贡献率为 10.05%; Z_5 主要指向 DP, BP, 贡献率为 7.68%; 累计贡献率为 85.69%.

依据两种分析结果,可建立第三大层次的层次体系如下:

第三层次



3 讨论

3.1 原始数据的代表性和可比性

本文所用 55 座样本水库选自初步建立的全国 527 座水库渔业资源数据库,其库型比例、类型比例与大样本基本一致,分布全国 20 个省(直辖市、自治区).虽然影响水库渔业生产性能

的因素很多,但从指标数据的易得性及以往资料的连续性等方面考虑,所选 48 项基本指标覆盖面较宽.因此认为原始数据的代表性较强.

为增强原始数据的可比性,将调查次数由大样本的平均 2.7 次提高到平均近 4 次,并严格按《水库渔业资源调查规范》对数据进行取舍.有关水库库容、集雨面积和养鱼面积等指标均与水利部汇编资料^{①②}进行核对,并以汇编资料为准.

虽然各水库调查工作的误差不一样,数据的精确度也有限,但是把全国水库看作一个整体,从宏观上加以分析,还是可以得出一些规律性的结论.

3.2 分型指标层次体系及其确定方法

水库渔业营养分型既要求指标尽量少,又要求分型指标代表不同层次,因而层次体系的确定至关重要.早期的分型通常是凭经验主观地选取指标,使得有的层次指标重复使用,而有的层次没有代表性指标,从而导致片面认识.

本文先对所有指标进行聚类,考察指标间大的层次关系,并以主成分分析作辅证,再对各大层次指标进行聚类和主成分分析,最后综合两种分析方法的结果确定分型指标的层次体系,因而是较为合理的.

两种分析方法的结果较为一致,只有一小部分指标在邻近层次中互有交叉.另外,分析结果与传统认识也基本一致,这些说明使用这种方法确定分型指标的层次体系是合适的.

致谢 在工作过程中,刘家寿博士和吴生桂博士悉心指导,水利部水利管理司水产处等单位 and 林子扬研究员、胡传林研究员、林永泰研究员等提供大量资料,特致谢意。

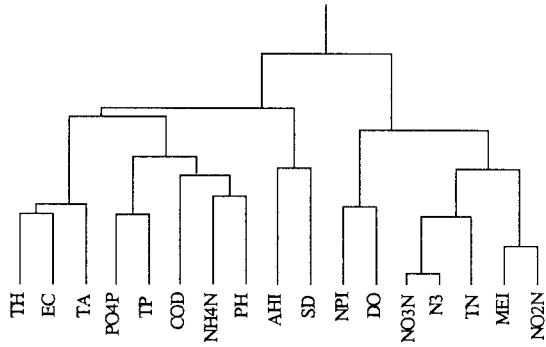


图 3 第二大层次 17 项指标的聚类分析结果
Fig. 3 Results of R-cluster analysis of 17 targets on the second layer

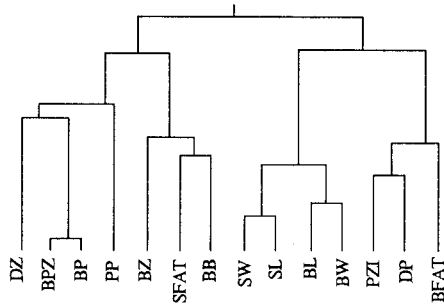


图 4 第三大层次 14 项指标的聚类分析结果
Fig. 4 Results of R-cluster analysis of 14 targets on the third layer

① 水利部工程管理局,全国大型水库(1,2,3册),1982.
② 水利部水利管理司,全国中型水库主要指标汇编,1988.

参 考 文 献

- 1 陈敬存. 关于水库渔业生产性能评价问题. 水库渔业, 1982, (1): 9 - 19
- 2 史为良等. 内陆水域鱼类增殖与养殖学. 北京: 中国农业出版社, 1996
- 3 焦念志等. 水库鱼产力评价标准与模式的研究. 海洋与湖沼, 1993, 24(1): 79 - 85
- 4 戴泽贵等. 水库营养类型划分标准探讨. 水利渔业, 1996, (2): 3 - 6
- 5 王绪昌等. 辽宁省水库鱼产性能的定量研究. 见: 第二届全国数理生态学及其应用学术讨论会论文集, 1988. 52 - 55
- 6 焦念志等. 影响水库鱼产力的基础环境因素的分析. 海洋湖沼通报, 1993, (1): 82 - 88
- 7 熊邦喜等. 影响水库鱼产量的生态因子的主成分分析. 水利渔业, 1996, (5): 3 - 6
- 8 Kennedy R H & Walker W W. Reservoir Nutrient Dynamics. In: Thornton K W, Kimmel B L & Payne F E eds. Reservoir Limnology. New York: Wiley-Interscience Publication, 1990. 109 - 132
- 9 黑龙江水系渔业资源调查协作组. 黑龙江水系渔业资源. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 1986
- 10 中国水产科学研究院黑龙江水产研究所等. 黑龙江省渔业资源. 牡丹江: 黑龙江朝鲜民族出版社, 1985
- 11 袁士友等. 柴河水库渔业资源调查及渔业利用意见. 水产科学, 1992, 11(7): 16 - 20
- 12 黄河水系渔业资源调查协作组. 黄河水系渔业资源. 大连: 辽宁科学技术出版社, 1986
- 13 陆奎贤等. 珠江水系渔业资源. 广州: 广东科技出版社, 1990
- 14 彭金良等. 大中型水库的鱼产性能. 南昌: 江西高校出版社, 1994
- 15 中国科学院新疆资源开发综合考察队. 新疆水生生物与渔业. 北京: 科学出版社, 1989
- 16 徐伟敬等. 楚雄彝族自治州水域环境和渔业资源. 昆明: 云南科技出版社, 1995
- 17 丁庆秋等. 严河水库渔业资源调查及利用意见. 水利渔业, 1990, (3): 33 - 36
- 18 朱爱民等. 江西省潘桥灌区 4 座水库渔业资源与开发利用. 水利渔业, 1993, (5): 18 - 22
- 19 胡传林等. 四川黑龙滩水库渔业利用优化模式研究. 湖泊科学, 1996, 8(4): 359 - 366
- 20 方裕乐等. 天津团泊洼水库水体生物生产力与渔业开发利用. 湖泊科学, 1992, 4(2): 38 - 45
- 21 魏青山等. 宿鸭湖水库的水生态系和渔业利用. 华中农业大学学报, 1991, 10(1): 95 - 10
- 22 戴泽贵等. 水库渔业资源调查规范. 北京: 中国水利水电出版社, 1996
- 23 戴泽贵, 曹克驹. 全国水库渔业资源数据的初步统计分析. 湖泊科学, 1999, 11(1): 45 - 51
- 24 余家林. 农业多元试验统计. 北京: 北京农业大学出版社, 1993

On the Standard of Fishery Trophication Classification of Reservoirs in China: I . Establishment of Target Layers

DAI Zegui¹ CAO Keju²

(*Institute of Reservoir Fisheries, Ministry of Water Resources & Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079;*
2: Fishery College, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract

The layer system of 48 targets was studied by using R-cluster analysis and principal component analysis methods with fishery resource data (investigated from 1980 to 1992) of 55 reservoirs of 20 provinces in China. After comparing with the results of the two analysis methods, the target layer system for the fishery trophication classification of reservoirs in China was established.

The 48 targets could be divided into 3 layers. The first layer includes 6 sub-levels: geography level (latitude - LN, illumination hours - IH), climatology level (annual no frost days - NFD, annual mean air temperature - AT, annual rainfall - RF), water depth level (maximum depth - MAXD, mean depth - MD), area and volume level (fishery area - FA, total storage capacity - TSC, profit storage capacity - PSC, dead storage capacity - DSC), soil level (catchment area - CA, draw - down area - DDA, DDA to FA index - DFI) and hydrology level (ratio of water exchange - RWE, CA to FA index - CFI, CA to TSC index - CCI). The second layer includes 5 sublevels: major ions level (electrical conductivity - EC, total alkalinity - TA, total hardness - TH, value of pH - PH, TA to TH index - AHI), phosphorus level (phosphate phosphorus - PO₄-P, total phosphorus - TP), organic matter level (chemical oxygen demand - COD), dissolved gas level (dissolved oxygen - DO) and nitrogen level (ammonium nitrogen - NH₄-N, nitrite nitrogen - NO₂-N, nitrogen level nitrogen - N₃, total nitrogen - TN). The third layer includes 4 sublevels: phytoplankton level (density - DP, biomass - BP), zooplankton level (density - DZ, biomass - BZ), primary productivity level (phytoplankton primary productivity - PP), fish growth level (body length - SL and weight - SW and fatness - SFAT of two years silver carp, body length - BL and weight - BW and fatness - BFAT of two years bighead carp).

Key Words Reservoir, fishery trophication type, standard, target layers