BP 网络分类法的精度分析中，二者的混分现象在很大程度上得到控制。另外影像上建设用地的光谱特征较为复杂，建筑物密度不同，颜色深浅不同，密度较低时，颜色较浅，容易与耕地中的旱地和沙地错分，密度很高时，颜色也很深，在一定程度上能被划分为水域，因此在表 3-7 中表现出较为严重的建设用地向其它地类的错分。但建设用地的纹理结构较其它地类粗糙，而且各个地类的海岸区位也存在一定的差别，是可以通过 BP 网络模型提高建设用地分类精度的，见表 3-6。

综合表 3-6 和表 3-7 两种分类法的精度分析不难得出，对于最大似然分类法，由于仅仅依靠遥感图像的光谱特征进行地物识别，当两类地物的光谱特征比较相似时，便不能很好的区分。而基 BP 网络模型的分类，将图像纹理特征和海岸区位特征加入判别准则，可较好的克服同谱异物现象，图像的分类精度得到很大改观。总体精度由 75.67%上升到 92.00%，Kappa 系数也由 69.80%提高至 89.99%，而且基于 BP 网络模型分类后，所有地类的制图精度和用户精度都达到 80%，分类结果达到本次研究的精度要求。

虽然基于 BP 网络模型的分类精度有很大提高，但分类结果局部仍然存在明显的错分现象，这些错误用肉眼就可以很清楚得分辨出来，为了使论文后期的动态分析工作更为准确，可以利用 ERDAS 中 Raster 模块下的 FillArea 工具，对分类后的图像进行手工的错分纠正。附图 1 为 2000 年 ETM^+影像基于 BP 神经网络分类方法得到的经分类结果优化处理和错分纠正后最终的分类结果图。

4. 龙口市海岸带时空动态变化过程分析

海岸带是海陆交互作用地带，其变化方式复杂多样，为了更好的分析研究，本文引入地学信息图谱概念，建立海岸带动态变化信息图谱，以此来分析研究区 20 年来的演变特点，包括各种岸线的进退变化和近海陆域土地利用/土地覆被的动态变化。

4.1 龙口市海岸带变化信息图谱的构建

地学信息图谱，陈述彭于 1998 年首次提出 [85]，是应用地学分析的系列多维图解来描述现状，显示地球系统及各要素和现象的空间形态结构与时空变化规律，以及对地理过程的反演与预测[86]，是一种图形表现形式与分析手段。近年

来，不少学者进一步探讨了地学信息图谱的理论、方法并将其运用于地学研究的各个方面[87-90]。

表 4-1　本文信息图谱集成的海岸带地物专题信息

遥感数据		1984 年航片	1988 年航片	1992 年 TM	1994 年 TM	1995 年 TM	1996 年航片	1998 年 TM	2000 年 ETM+	2002 年 SPOT5	2003 年 ETM+	2004 年 SPOT5
提取物质	低潮线	√		√		√		√	√		√	
	高潮线	√	√	√	√		√	√	√	√		√
	海岸线											
	陆域地物	√		√			√			√		√

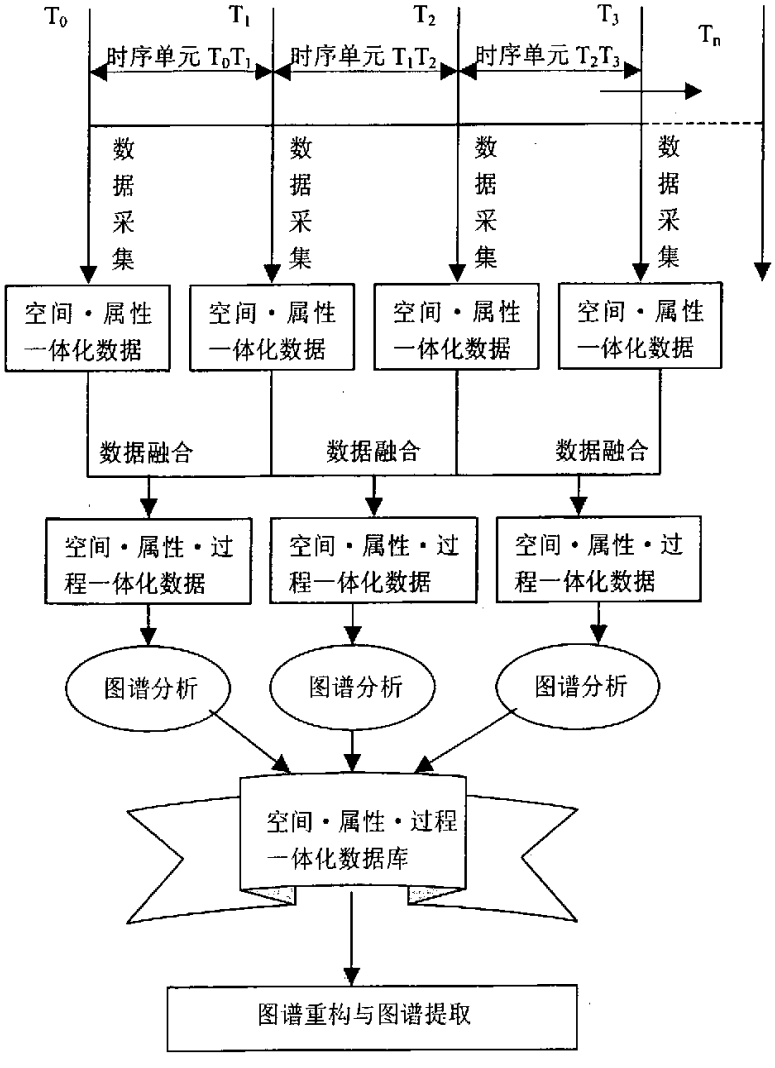


图 4-1　信息图谱构建模式（据叶庆华）

论文将地学信息图谱方法（如图 4-1 所示）引入海岸带动态变化研究，在 GIS 技术支持下，集成提取出的各种海岸带地物专题信息，包括 9 期海岸线和高潮线、6 期低潮线和 5 期近海陆域地物（详见表 4-1），构建龙口市海岸带动态变化信息图谱，图谱记录了 1984 以年海岸带各种岸线的进退变化和近海陆域土地利用/土地覆被的动态变化。

本文建立的海岸带动态变化信息图谱构成要素较为复杂，考虑到矢量数据较栅格数据更加便于对点、线、面各种要素的集成操作和图形——属性的查询管理，所以确定矢量数据作为图谱建立和管理的主要数据格式。首先将 BP 神经网络下提取的陆域土地利用类型栅格图，通过 Erdas Imaging8.6 的“Raster to Vector”命令转为矢量图，注意要将栅格数据的属性值（Value 值）一同转换；然后在 MapGIS 地理信息系统软件下，分别集成各期提取的所有海岸带专题信息，建立每期的海岸带信息图形库及相应属性库；最后运用 Arc/Info 空间分析功能模块，叠加已完成的各期海岸带信息矢量数据，即完成海岸带动态变化信息图谱的构建。

图谱上岸线的变化一目了然，可以从图上直接看出，而陆域土地利用/土地覆被变化则是通过每个图谱单元的空间属性数据来记录的，方法是赋予每个图谱单元一个新的单元代码，该代码由各采样期的土地利用类型代码按照代数叠加运算原理合成，以此来记录该图谱单元土地利用的演化过程，具体合成过程如下：

$$A = a_1 \times 10^{t-1} + a_2 \times 10^{t-2} + \cdots + a_{t-1} \times 10 + a_t \quad \text{（土地利用类型≤10 时适用）}$$

式中：A 为表征研究时段土地利用方式演化特征的图谱单元代码，a_1、$a_2 \cdots a_t$ 分别记录了各个采样时期土地利用类型的单元代码，t 为研究采样的时期个数，这里 $t = 5$（即 1984 年、1988 年、1996 年、2000 年和 2004 年，共 5 期）。如某个图谱单元的这个新单元代码为 11224，则表征该图谱单元在研究期间发生了两次土地利用方式转化，在 1988 年到 1996 年间由耕地转为园地，2000 年到 2004 年间又由园地转为建设用地。

多元数据在空间匹配上存在或多或少的误差，导致图谱单元生成过程中产生一些破碎单元，对分析造成一定干扰，为了弱化这些破碎单元的影响，本文利用 Arc/Info 的“Eliminate”模块，剔除面积小于 1000m^2 的碎屑单元，从而得到标准的信息图谱，附图 2 为本文构建的 1984-2004 年龙口市海岸带动态变化信息图

谱。

4.2 龙口市海岸带岸线变化过程分析

表 4-2 龙口市海岸线变化

影像日期	剖面1	剖面2	剖面3	剖面4	剖面5	剖面6	剖面7	剖面8	剖面9	剖面10	剖面11	剖面12
1984	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
1988	216	220	219	211	205	196	195	193	203	203	192	194
1992	224	229	233	201	198	187	187	187	205	198	180	183
1994	248	252	257	195	187	182	181	180	210	199	195	190
1996	225	230	234	189	212	177	175	170	288	200	218	222
1998	203	208	210	215	237	165	162	162	358	202	239	245
2000	193	195	196	242	250	160	158	159	356	201	244	250
2002	176	170	167	248	248	161	155	157	355	200	242	251
2004	174	172	170	250	251	160	154	159	355	200	241	251

表 4-3 龙口市海岸带高潮线变化

影像日期	剖面1	剖面2	剖面3	剖面4	剖面5	剖面6	剖面7	剖面8	剖面9	剖面10	剖面11	剖面12
1984	298	305	312	322	320	318	336	317	288	200	326	329
1988	295	302	310	317	318	314	324	313	285	201	323	325
1992	285	292	299	312	310	305	310	307	278	198	321	322
1994	281	285	287	309	306	300	301	304	275	199	322	324
1996	275	275	282	303	302	295	298	295	288	200	325	323
1998	264	270	274	299	300	288	294	290	358	202	326	325
2000	246	262	269	307	305	277	294	287	356	201	322	322
2002	243	257	265	310	309	271	286	279	355	200	323	324
2004	242	255	263	312	311	265	275	272	355	200	320	323

表 4-4 龙口市海岸带低潮线变化

影像日期	剖面1	剖面2	剖面3	剖面4	剖面5	剖面6	剖面7	剖面8	剖面9	剖面10	剖面11	剖面12
1984	346	357	360	390	393	374	412	380	328	200	380	387
1992	337	353	356	388	370	370	415	383	330	198	383	390
1995	335	354	348	390	372	364	407	377	325	199	378	387
1998	321	345	341	387	367	359	396	372	358	202	380	385
2000	317	340	339	384	366	350	400	375	356	201	377	388
2003	312	335	336	385	363	348	385	360	355	200	376	385

从图谱中提取各期的岸线要素，构成海岸带岸线变化专题图谱（附图 3），并自东向西、自北向南选取 12 处断面，分析其动态变化规律，表 4-2、4-3、4-4 的数据分别是各断面海岸线、高潮线、低潮线距基线的距离，基线是指位于陆地且与 1984 年海岸线相平行的平行线，二者的间距定为 200m。

4.2.1 海岸线变化过程分析

龙口市海岸线东起沿海李家村与蓬莱市后营村之间的海边路，向西延伸至屹姆岛，转而向南延伸，一直到龙口市与招远市之间的界河口，长达 76.4Km，其变化特征在岸线变化专题图谱中清晰可见（附图 3）。20 年来龙口市海岸线发生了较大变化，侵蚀、推进并存，按其变化特点，可分为：

（1）先进后退型海岸：主要分布在南山集团北海开发区以东，海岸线在 1994 年以前向海推进，推进幅度 48 米至 57 米；1994 年以后持续后退，后退幅度明显大于推进幅度，最大后退幅度达 87 米，典型海岸为剖面 3（详见附图 3 断面 3 放大图和图 4-2）。

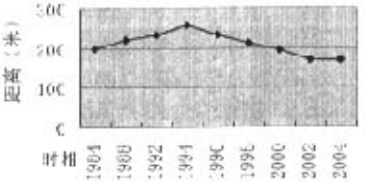


图4-2 先进后退型海岸线

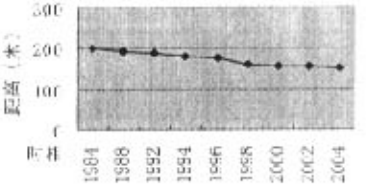


图4-3 持续后退型海岸线

（2）持续后退型海岸：此类型海岸位于北海开发区至龙口港区之间，海岸线持续向陆地退缩，后退幅度 46 米左右，其中 1992-2000 年后退幅度最大，2000 年以后海岸线基本稳定，典型海岸为剖面 7（详见附图 3 断面 7 放大图和图 4-3）。

（3）持续推进型海岸：主要分布在龙口港区和南山集团北海开发区附近，20 年以来累计推进 50 米至 155 米，其中在 1994 至 1998 年间推进速度最大，典型海岸为剖面 9（详见附图 3 断面 9 放大图和图 4-4）。

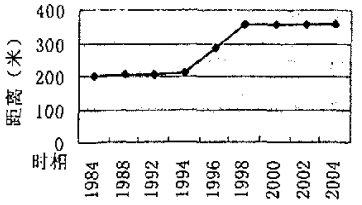


图4-4 持续推进型海岸线

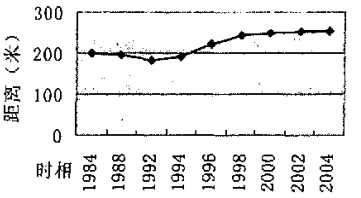


图4-5 先退后进型海岸线

（4）先退后进型海岸：位于龙口港以南的地区，海岸线演变特点是1992年之前向陆地退缩，后退幅度较小，一般不大于20米，1992年后转为向海推进，推进幅度大于前期的后退幅度，多在61至68米之间，典型海岸为剖面12（详见附图3断面12放大图和图4-5）。

（5）稳定型海岸：属于人工海岸，分布于龙口港区，海岸线、高潮线和低潮线处于同一位置，且20年来基本没有发生变化，如表1中的剖面10。

4.2.2 高潮线与低潮线变化过程分析

由表4-3和表4-4可以看出，除个别地带外，高潮线与低潮线的变化具有相似性，图4-6为北部沿海的断面1、断面3、断面6和断面8的高、低潮线变化图，由图可见，北部沿海的高潮线和低潮线的主要变化趋势是向陆地移动，移动幅度高潮线大于低潮线，高潮线后退幅度一般在40至60米，平均每年3至4米，低潮线的后退幅度一般在30至40米之间，平均移动幅度每年1至2米。这种海岸带的演化过程，导致海岸发生变化，潮间带变宽、坡度变缓，水下岸坡面积增大。

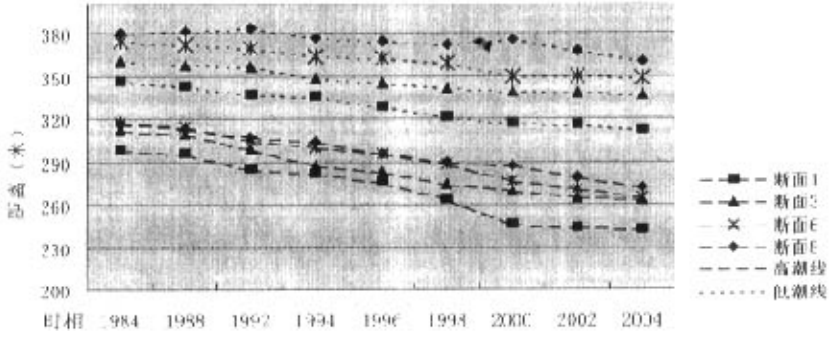


图4-6 北部沿海地区的高潮线和低潮线变化图

注：未提取年份的低潮线值由相邻年份的值平均内插获得

在龙口港以南的地区，高潮线和低潮线的变化相对较小，属于相对稳定型潮间带，如图 4-7 所示的断面 11 和断面 12 的高、低潮线变化图。

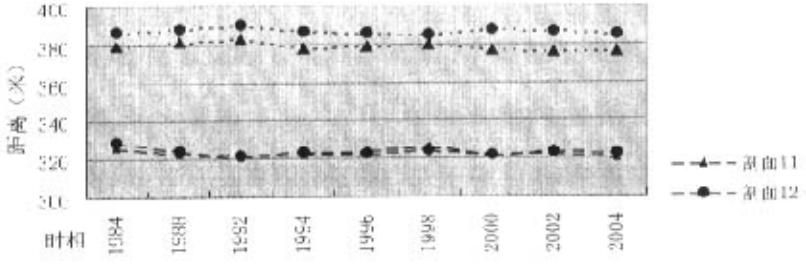


图4-7 龙口港以南西部沿海地区的高潮线和低潮线变化图

注：未提取年份的低潮线值由相邻年份的值平均内插获得

龙口港至屹姆岛之间的高潮线和低潮线的动态变化幅度最大，表现为大幅度地向海推进，最大推进幅度可达 200 余米，致使海岸线、高潮线和低潮线处于同一位置。如图 4-8 所示的断面 9 的高、低潮线变化图。

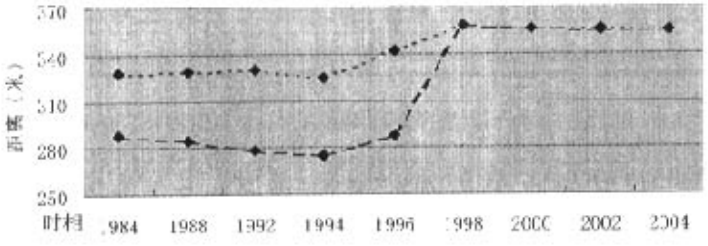


图4-8 龙口港至屹姆岛之间海岸带的高潮线和低潮线变化图

注：未提取年份的低潮线值由相邻年份的值平均内插获得

4.2.3 1984-2004 年龙口市海岸带岸线总体变化过程

龙口市海岸带岸线 20 年来发生了较大的变化，总的趋势是，龙口港至屹姆岛之间的人工海岸大幅度向海推进；北部海岸明显向陆迁移，海岸线前十年向海移动，后十年向陆移动，但后者显然大于前者，高潮线和低潮线都向陆迁移；龙口港以南的西部海岸较为稳定，高潮线和低潮线基本没有变化，海岸线略为向海有所推进。从时间上看，90 年代尤其是 1992-1998 年间变化幅度最大，2000 年后海岸基本趋于稳定。

4.3 龙口市海岸带土地利用动态变化分析

4.3.1 土地利用类型总量变化分析

土地利用类型的总量变化是一个地区土地利用变化总态势和土地利用结构变化的总体反映。利用 Arc/Info 软件中的图形面积计算与数据管理、分析和统计等模块功能，对图谱中 5 期的土地利用图形数据分别统计分析，结果如表 4-5 所示，可以看出，龙口市海岸带土地利用类型以耕地、园地、建设用地和林地为主，其次为水域、沙地和滩涂。该地区 20 年来土地利用方式发生了显著变化，3 种地类面积明显减少，3 种地类面积明显增加，在面积净减的地类中，耕地减少的面积居首，达 2540.95hm^2，另外沙地减少 938.80hm^2，林地减少 335.68hm^2；面积显著增加的地类有园地、建设用地和水域，其中园地和建设用地增加最大，分别增加 1797.19 hm^2 和 1785.99 hm^2，水域增加 390.56 hm^2。滩涂面积 1996 年之前增大，之后又减小，总量变化不大，比研究期初略有增加。土地利用结构的变化表现在，1984 年以耕地为主，占总面积的 30.46%，其次为林地、建设用地和园地，分别占总面积的 19.59%、18.68%和 18.65%，发展到 2004 年转变为以园地和建设用地为主，比例分别增加到 32.37%和 32.31%，林地和耕地次之，下降到 16.73%和 10.33%，如图 4-9 所示。

表 4-5　1984-2004 年间龙口市海岸带各类用地总量变化表

单位：hm^2

年份	耕地	园地	林地	建设用地	水域	沙地	滩涂	总面积
1984	3871.20	2370.11	2489.79	2374.43	201.35	1100.00	304.03	12710.89
1992	3653.48	2432.62	2465.56	2556.15	197.64	1085.46	320.46	12711.38
1996	2831.27	3105.55	2255.51	3292.70	191.24	720.07	362.70	12759.04
2000	1670.88	3837.33	2125.50	3871.84	435.83	480.98	348.93	12771.28
2004	1330.25	4167.30	2154.11	4160.42	591.91	161.19	310.04	12875.22
净增减面积	-2540.95	1797.19	-335.68	1785.99	390.56	-938.80	6.02	164.33

注：滩涂面积为高潮线和低潮线之间的面积

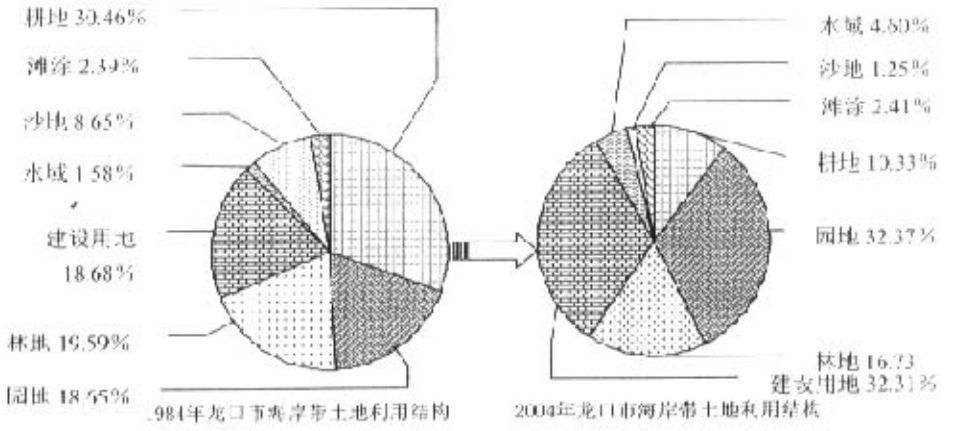


图 4-9 1984-2004 年龙口市土地利用结构变化图

4.3.2 土地利用类型变化速度分析

土地利用动态度可定量描述土地利用变化速度，分为单一土地利用动态度和综合土地利用动态度，其中单一土地利用动态度可表达区域一定时间范围内，某种土地利用类型变化速度的情况，公式表达为：

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中，U_a、U_b分别为研究期初和研究期末某一种土地利用类型的数量；T为研究步长。当T设定为年时，K为研究时段内某种土地利用类型的年变化率。综合土地利用动态度可描述研究时段的区域土地利用变化速度，用公式表示为：

$$LC = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta LU_i}{2\sum_{i=1}^{n} LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中，LU_i为监测起始时间i类土地利用类型面积，ΔLU_i为监测时段i类土地利用类型转为非i类土地利用类型面积的绝对值，T为监测步长。当T设定为年时，LC的值就是该研究区的土地利用年变化率。

根据上述公式计算研究区 7 种土地利用类型，4 个研究时段的土地利用动态度（表 4-6）。总的来看，20 年来龙口市海岸带地区土地利用变化速度较快；综

合土地利用动态度达 1.53%，其中水域的变化速度最大，年变化率达到 9.70%；其次为沙地，年变化率为-4.27%；园地、建设用地和耕地的年变化率，分别为 3.79%、3.76%和-3.28%。从研究时段来看，中间两个研究阶段的变化速度相对前后期更快，其中 1992-1996 年间的土地利用年变化率为 2.81%，1996-2000 年间的年变化率为 3.04%，1984-1992 年间的变化速度最慢，变化率只有 0.26%。不同地类在不同研究时段也表现出不同的变化速度，如图 4-10 所示：耕地和沙地在 1992 年以来一直都具有较明显的变化速度，其中耕地在 1996-2000 年间变化最快，年变化率达到-10.25%，沙地则在 2000-2004 年间拥有最快的变化速度，年变化率为-16.62%；园地和建设用地表现为在 1992-2000 年间变化较快，1992-1996 年间变化速度略大于 1996-2000 的变化速度；水域的明显变化期位于 1996-2004 年间，尤其是 1996-2000 年间变化极快，年变化率竟达到 31.97%。

表 4-6　1984-2004 年间龙口市海岸带的土地利用动态度计算表（%）

研究时段	K（耕地）	K（园地）	K（林地）	K（建设用地）	K（水域）	K（沙地）	K（滩涂）	LC
1984-1992	-0.70%	0.33%	-0.12%	0.96%	-0.23%	-0.17%	0.68%	0.26%
1992-1996	-5.63%	6.92%	-2.13%	7.20%	-0.81%	-8.42%	3.30%	2.81%
1996-2000	-10.25%	5.89%	-1.44%	4.40%	31.97%	-8.30%	-0.95%	3.04%
2000-2004	-5.10%	2.15%	0.34%	1.86%	8.95%	-16.62%	-2.79%	1.47%
1984-2004	-3.28%	3.79%	-0.67%	3.76%	9.70%	-4.27%	0.10%	1.53%

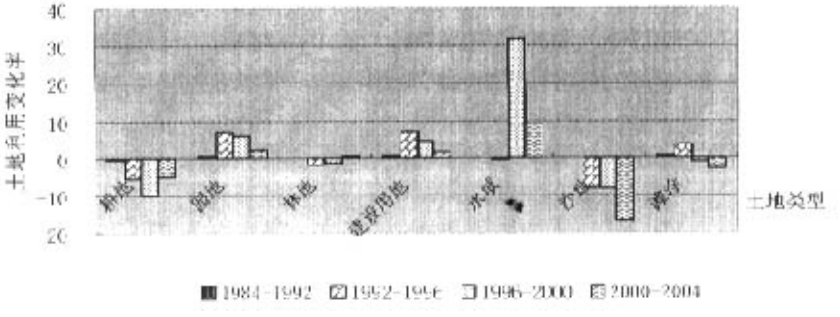


图4-10 1984-2004年间龙口市海岸带土地利用类型变化速度

4.3.3 土地利用类型相互转化分析

表 4-7 1984-2004 年间龙口市海岸带主要土地利用转化类型统计表

	图谱单元代码	土地利用变化类型	转化面积（hm^2）	占总面积百分比(%)
不变土地利用类型	44444	不变建设用地	2031.02	15.98
	33333	不变林地	1174.84	9.25
	22222	不变园地	1154.72	9.09
	11111	不变耕地	871.11	6.86
	77777	不变滩涂	198.60	1.56
	55555	不变水域	109.45	0.86
	66666	不变沙地	95.73	0.75
		小计	5635.46	44.35
变化土地利用类型	11222	耕地-园地	713.83	5.62
	11112	耕地-园地	471.42	3.71
	11122	耕地-园地	395.46	3.11
	11114	耕地-建设用地	270.23	2.13
	22212	园地-耕地-园地	234.81	1.85
	11444	耕地-建设用地	198.70	1.56
	00004	新增建设用地	156.52	1.23
	33322	林地-园地	154.28	1.21
	66633	沙地-林地	142.51	1.12
	33355	林地-水域	115.55	0.91
	33444	林地-建设用地	108.31	0.85
	33323	林地-园地-林地	97.20	0.76
	22244	园地-建设用地	90.54	0.71
	33334	林地-建设用地	86.64	0.68
	22444	园地-建设用地	86.38	0.68
	11121	耕地-园地-耕地	85.54	0.67
	11212	耕地-园地-耕地-园地	85.51	0.67
	33344	林地-建设用地	79.40	0.62
	33443	林地-建设用地-林地	73.10	0.58
	66644	沙地-建设用地	67.84	0.53
	22122	园地-耕地-园地	66.80	0.53
	11422	耕地-建设用地-园地	60.71	0.48
	11444	耕地-建设用地	59.19	0.47
	44411	建设用地-耕地	58.78	0.46
	22224	园地-建设用地	58.58	0.46
	66643	沙地-建设用地-林地	58.49	0.46
	11144	耕地-建设用地	58.45	0.46
	66622	沙地-园地	56.29	0.44
		其它变化类型	2777.34	22.68
		小计	7071.68	55.65

对海岸带动态变化信息图谱中表征土地利用方式演变特征的新图谱单元代码进行统计排序（表 4-7），结果表明，20 年来龙口市海岸带地区占总面积 44.35%的图谱单元土地利用没有发生变化，而其余 55.65%的图谱单元的土地利用方式发生了转变，达一半以上。其中变化最大的土地利用转换类型为耕地向园地的转化，共转化 1580.71hm^2，占流转份额的 22.35%；其次是耕地、林地和园地向建设用地的转化，分别转化了 586.57 hm^2、274.35 hm^2 和 235.50 hm^2。由附图 4 可以看出主要土地利用转化类型的空间分布格局：耕地向园地的转化是分布最广的一种土地利用转化方式，海岸带的北部和西部都有大量分布；耕地向建设用地的转化较为集中，主要是在西部海岸带依龙口港向南扩展的地区；林地和园地向建设用地的转化则主要分布于龙口港北部和南山集团北海开发区。

为了更清楚的认识各种土地利用类型之间的相互转化情况，把握土地变化主要特征，论文求得 1984-1996 年和 1996-2004 年两个时期不同土地利用类型之间的相互转化率，得到土地利用转化矩阵表（表 4-8 和表 4-9），并对主要土地利用类型转化进行空间定位，详细地分析了龙口市海岸带 20 年来主要用地类型转化的来龙去脉，结果在附图中 6 直观可见。（1）两个研究时期耕地和沙地都是明显的转出大于转入，变化以转出为主。耕地在两个时期都是主要流向园地，转移率分别为 26%和 27%，空间分布几乎遍及整个研究区，前期主要是北部沿海地区的流转，1996 年后西部沿海地区也明显出现耕地向园地的转化；其次是流向建设用地，前后期转移率分别为 14%和 12%，主要是由于龙口港向东、向南扩展，大量蚕食周围耕地。沙地在 1984-1996 年间绝大部分流向的是林地，转移率达 37%，主要是海岸向海推进导致在沿海地区出现的沙地向林地的转化，1996-2004 年间除了 32%流向林地外，还有向建设用地、园地的明显流入，转移率分别为 17%和 15%，主要是南山集团北海开发区的兴起和龙口港南部海岱工业园区的发展而造成的。（2）园地、建设用地和水域，转入明显大于转出，是以转入为主的变化类型，其中园地的主要补给来源为耕地，耕地转向园地的面积占整个园地面积的 30%以上，分布广泛，另外，后期林地和建设用地对园地的补给较前期略有增大。建设用地的补给来源较广，除大量的耕地转入外，还有林地、园地以及新增用地的明显补给，基本是围绕龙口港和南山集团北海开发区向周围扩展侵占大量其它用地而形成的，龙口港向西海开发也使建设用地得到一定补充。水域

的补给在前后两个时期有显著的区别，在 1984-1996 年间，其它地类的补入极少，只有林地的一些补入，而在 1996-2004 年间，大量的其它地类补入，占到总面积的 78%，主要是林地、园地和沙地的补入，补给率分别为 34%、21%和 11%，林地和园地的补入区主要位于龙口港东北部的塌陷区，而沙地的补入则是由于沿海地区大量养殖塘的建设而引起的。(3) 林地的转入、转出在整个研究期间都很活跃，在 1984-1996 年间主要流向耕地和建设用地，转出率分别为 14%和 9%，1996-2004 年间的流向主要是园地、建设用地和水域，转出率分别为 14%、12%和 9%；补给在整个研究期都主要是沙地的补给，前后期的补给率分别为 18%和 11%，另外，后期耕地、园地、建设用地的补入较前期有一定增加。在空间分布上，林地与建设用地的转化主要在屺姆岛、南山集团北海开发区以及龙口港周围，与耕地和园地之间的转化是在林地与这些用地的交接地带，而向水域的流转集中分布于龙口港东北部的塌陷区。(4) 滩涂在 1984-1996 年间转入大于转出，主要是高潮线后退，使一些沙地转为滩涂，补给率达到 27%，而在 1996-2004 年间则转出大于转入，有 17%的滩涂由于低潮线的后退而消失，主要分布于北部沿海地区，另外有 11%的滩涂在龙口港向海发展时流向建设用地。

表 4-8　龙口市海岸带 1984-1996 年土地利用转换矩阵

	耕地	园地	林地	建设用地	水域	沙地	滩涂	消失	合计转出
耕地	2256.90	999.77	67.22	452.00	9.34	85.97	0.00	0.00	1614.30
B	0.58	0.26	0.02	0.12	0.00	0.02	0.00	0.00	0.42
C	0.80	0.32	0.03	0.14	0.05	0.12	0.00		
园地	168.68	1891.34	62.43	176.85	5.53	65.26	0.00	0.00	478.76
B	0.07	0.80	0.03	0.07	0.00	0.03	0.00	0.00	0.20
C	0.06	0.61	0.03	0.05	0.03	0.09	0.00		
林地	347.37	104.78	1678.14	225.59	17.52	113.45	2.88	0.07	811.64
B	0.14	0.04	0.67	0.09	0.01	0.05	0.00	0.00	0.33
C	0.12	0.03	0.74	0.07	0.09	0.16	0.01		
建设用地	44.29	43.04	23.78	2253.24	3.43	6.33	0.22	0.00	121.09
B	0.02	0.02	0.01	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
C	0.02	0.01	0.01	0.68	0.02	0.01	0.00		
水域	2.63	7.33	12.10	7.80	153.47	16.00	1.93	0.10	47.88
B	0.01	0.04	0.06	0.04	0.76	0.08	0.01	0.00	0.24
C	0.00	0.00	0.01	0.00	0.80	0.02	0.01		
沙地	11.41	59.12	411.69	78.74	1.94	432.91	97.10	7.09	667.09
B	0.01	0.05	0.37	0.07	0.00	0.39	0.09	0.01	0.61
C	0.00	0.02	0.18	0.02	0.01	0.60	0.27		
滩涂	0.00	0.00	0.14	3.74	0.00	0.01	259.92	40.22	44.10
B	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.85	0.13	0.15
C	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72		
新增	0.01	0.18	0.00	94.74	0.01	0.07	0.66	0.00	
C	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00		
合计转入	574.38	1214.21	577.37	1039.46	37.77	287.08	102.78		
	0.20	0.39	0.26	0.32	0.20	0.40	0.28		

注：B 表示 k 时期 i 种土地利用类型转变为 k+1 时期 j 种土地利用类型的比例（%）；C 表示 k+1 时期的 j 种土地利用中由 k 时期的 i 种土地利用类型转化而来的比例；行列的合计转入和合计转出分别表示 k 期和 k+1 期各种土地利用类型转换面积总和占土地总面积的比例。

表 4-9　龙口市海岸带 1996-2004 年土地利用转换矩阵

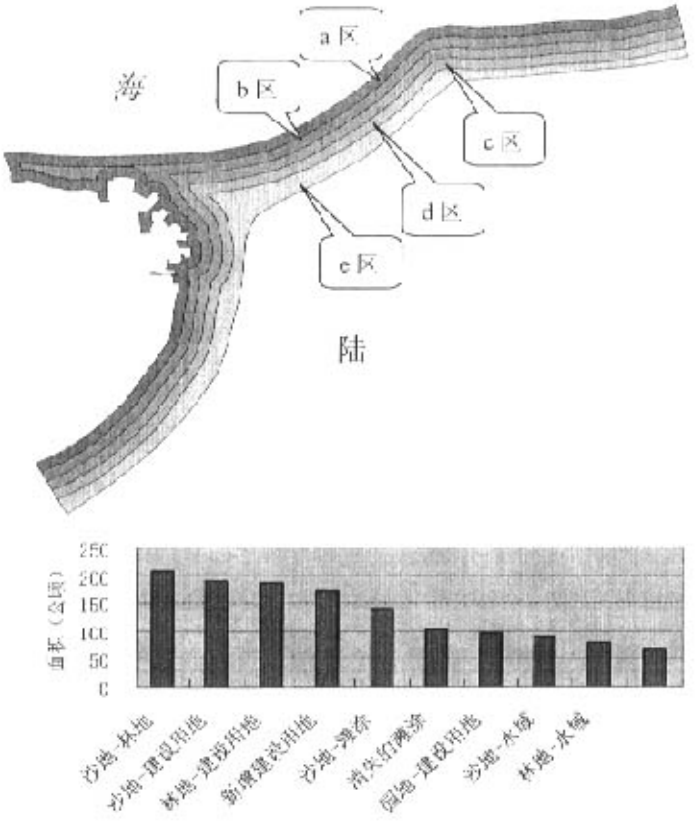
	耕地	园地	林地	建设用地	水域	沙地	滩涂	消失	合计转出
耕地	1030.29	1114.49	137.38	515.54	33.59	0.00	0.00	0.00	1800.99
B	0.36	0.39	0.05	0.18	0.01	0.00	0.00	0.00	0.64
C	0.77	0.27	0.06	0.12	0.06	0.00	0.00		
园地	170.89	2390.61	152.97	265.14	125.92	0.02	0.00	0.00	714.95
B	0.06	0.77	0.05	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.23
C	0.13	0.57	0.07	0.06	0.21	0.00	0.00		
林地	13.62	324.29	1408.38	276.35	202.75	22.63	7.48	0.00	847.13
B	0.01	0.14	0.62	0.12	0.09	0.01	0.00	0.00	0.38
C	0.01	0.08	0.65	0.07	0.34	0.14	0.02		
建设用地	94.23	219.25	191.65	2738.33	34.39	11.75	3.10	0.00	554.37
B	0.03	0.07	0.06	0.83	0.01	0.00	0.00	0.00	0.17
C	0.07	0.05	0.09	0.66	0.06	0.07	0.01		
水域	0.95	12.48	30.72	12.05	130.59	4.37	0.08	0.00	60.65
B	0.00	0.07	0.16	0.06	0.68	0.02	0.00	0.00	0.32
C	0.00	0.00	0.01	0.00	0.22	0.03	0.00		
沙地	20.27	106.14	230.91	121.27	64.64	117.63	42.99	16.22	602.44
B	0.03	0.15	0.32	0.17	0.09	0.16	0.06	0.02	0.84
C	0.02	0.03	0.11	0.03	0.11	0.73	0.14		
滩涂	0.00	0.00	2.10	39.61	0.03	4.79	255.33	60.83	107.37
B	0.00	0.00	0.01	0.11	0.00	0.01	0.70	0.17	0.30
C	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.03	0.82		
新增	0.00	0.04	0.00	192.13	0.00	0.00	1.06	0.00	
C	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00		
合计转入	299.96	1776.69	745.73	1422.09	461.33	43.57	54.72		
	0.23	0.43	0.35	0.34	0.78	0.27	0.18		

注：说明同表 4-8。

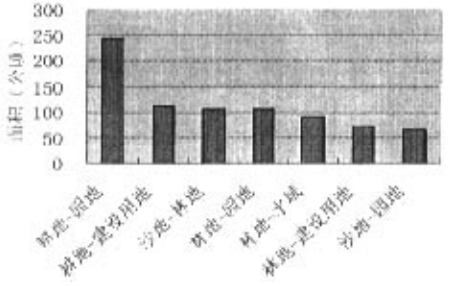
4.3.4 土地利用类型变化的海岸区位效应分析

由于区域性差异的影响，土地利用变化一般存在显著的地区差异，海岸带各种土地利用变化与内陆最明显的区别在于，它的变化与距海岸的远近关系密切相关，因此本文又从“海岸区位”的角度分析海岸带各种土地利用类型转换的规律性。以研究区 1984 年低潮线为缓冲基线，500m 缓冲距离，依次向内陆缓冲，共划分出 5 级与海岸平行的条带状区域（图 4-11），分别汇总各带区域 20 年来的土

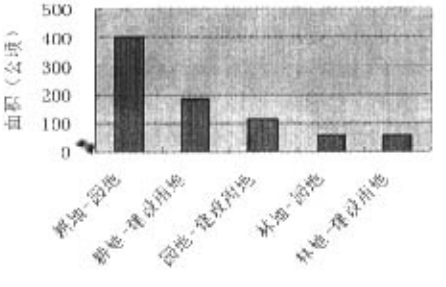
地利用转换类型，排序后取转换面积大于 50 hm^2 的土地利用转换类型，结果如图 4-11 所示。



a区主要土地利用类型转换



b区主要土地利用类型转换



c区主要土地利用类型转换

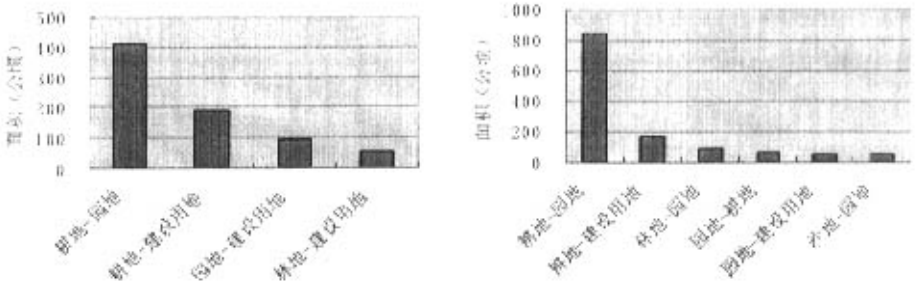


图 4-11　龙口市海岸带土地利用类型转化区域差异图

由图 4-11 可见，海岸区位对土地利用变化具有重要影响，龙口市海岸带土地利用类型变化的海岸空间差异性较大，可分为 3 个明显地段：① 距海岸 500m 范围内，这一地带的土地利用变化类型与其它地带区别最为明显，沙地是本带内最活跃的土地利用类型，表现为向林地、建设用地、滩涂和水域的转化。滩涂、林地、水域的变化也较 500m 之外的地带更为活跃。② 距海岸 500-1000m 范围内，海岸带的过渡地带，林地的变化最为明显，有沙地向林地的流入，也有林地向园地、水域、建设用地的流出；另外，较前一地段，沙地的变化有所减弱，耕地与园地的变化有一定表现。③ 距海岸 1000m 范围之外，耕地向园地的转化占绝对优势，其次是耕地、园地、林地向建设用地的转化，具有典型的内陆土地利用转化特点。

4.3.5 土地利用程度变化分析

土地利用程度主要反映人类对土地利用的广度和深度，反映了土地利用本身的自然属性，同时又反映了人类因素和自然环境的综合效应。刘纪元等从生态学角度出发，将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为 4 级，并赋予分级指数（见表 4-10），利用土地利用程度综合指数及土地利用程度变化模型，实现土地利用程度的定量化表示[91]。

表 4-10　土地利用程度分级指数表

土地利用级别	未利用土地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落地用地级
土地利用类型	未利用地 或难利用地	林地、草地、水域	耕地、园地	城镇居民点、 工矿用地、交通用地
分级指数	1	2	3	4

（1）土地利用程度综合指数模型

$$L_i = 100 \times \sum_{i=1}^{n} (A_i \times C_i)$$

式中，L_i为某研究区域土地利用程度综合指数，A_i为研究区域内第i级土地利用程度分级指数，C_i为研究区内第i级土地利用程度分级面积百分比，n为土地利用程度分级数。由公式可知，土地利用综合量化体系是一个从100～400之间连续变化的指标，其值的大小反映土地利用程度的高低。

（2）土地利用程度变化模型

一个特定范围内土地利用程度的变化是多种土地利用类型变化的结果，土地利用程度变化量及其变化率可定量揭示该范围土地利用的综合水平和变化趋势。表达式分别为：

$$\Delta L_{b-a} = L_b - L_a = 100 \times \left[\sum_{i=1}^{n} (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^{n} (A_i \times C_{ia}) \right]$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n} (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^{n} (A_i \times C_{ia})}{\sum_{i=1}^{n} (A_i \times C_{ia})}$$

式中，L_b和L_a分别为b时间和a时间的区域土地利用程度综合指数；A_i为第i级土地利用程度分级指数，C_{ib}和C_{ia}分别为研究区b时间和a时间第i级土地利用程度面积百分比。如果$\Delta L_{b-a} > 0$或$R > 0$，则表示该区域土地利用处于发展期，否则处于调整期或衰退期。

表4-10 龙口市海岸带
土地利用程度变化指数表

研究时段（年）	土地利用程度变化量	土地利用程度变化率（%）
1984-1992	1.62	0.59%
1992-1996	12.62	4.56%
1996-2000	7.61	2.63%
2000-2004	6.40	2.15%

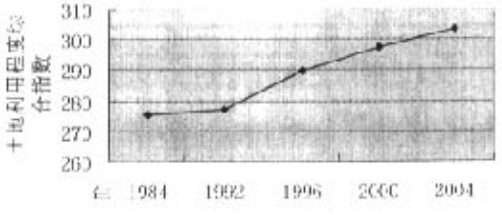


图4-12 1984-2004年龙口市海岸带
土地利用程度变化

通过上述公式计算龙口市海岸带土地利用程度及其变化量，如表 4-10 和图 4-12 所示，结果表明，龙口市海岸带土地利用程度综合指数自 1984 年以来，逐渐增大，一直处于发展的上升期，到 2004 年达到 303.67，从土地利用指数极限（400）来看，该区域的开发程度已处于一个较高的发展状态。1992-1996 年间土地利用程度上升幅度最大，其变化量为 12.62，变化率达到 4.56%，说明该时期龙口市海岸带得到极大开发，导致大量耕地、园地、林地以及沙地等流向居民点及工矿等建设用地。2000 年以后，由于国家开始重视对沿海防护林和农用地的保护，土地利用程度增大的幅度在一定程度上得到控制，但仍处于上升阶段，今后的开发利用，应充分合理的利用现有资源，保护好耕地及沿海防护林和沙地等海岸带特有资源，有计划的进行城市开发。

4.3.6 龙口市海岸带土地利用变化总体特点

通过上述分析，龙口市海岸带土地利用变化总的表现为：

（1）研究区在 1984-2004 年 20 年间，土地利用方式发生了大幅度变化，除常见的耕地、园地、建设用地变化大外，沙地、水域也是海岸带地区活跃的土地利用类型。总的变化是耕地和沙地大量减少，园地、建设用地和水域大幅度增加。

（2）该区 20 年来土地利用年变化速度为 1.53%，1992 年以前发展缓慢，年变化率只有 0.26%，1992 年之后，变化日新月异，速度突飞猛进。各种土地利用类型也表现出不同的变化速度，从大到小依次为水域、沙地、建设用地、园地、耕地、林地、滩涂。

（3）通过空间分析，整个研究区内占总面积一半以上的图谱单元的土地利用方式 20 年之内发生了变化。变化最大的类型为耕地向园地的转化，分布较为广泛；其次是耕地、园地和林地向建设用地的转化，主要分布于龙口港周围和南山集团北海开发区。

（4）不同土地利用变化类型随距海岸的远近存在明显的差异，海距在 500m 之内，沙地向各种用地的转化最为明显，500m 之外则主要表现在耕地向园地以及耕地、园地、林地向建设用地的转化。

（5）龙口市海岸带土地利用程度较高，且 20 年来一直处于上升趋势，1992-1996 年间上升幅度最大，土地利用程度变化率达到 4.56%，2000 年以后有

所缓和。

5 龙口市海岸带变化驱动力分析

驱动力，指变化的原因，是海岸带变化的动力源。驱动力分析可将海岸带变化研究由概貌推向内部，由表层描述推向本质研究，为人类科学干预海岸带变化提供理论依据。

5.1 海岸带变化驱动机制的宏观理论分析

地球系统将地球的大气圈、水圈、岩石圈和生物圈视为一个相互作用的大系统，而海岸带是地球系统中唯一的固态、液态和气态三相接触带，是这四大圈层之间相互作用最活跃的界面，成为地球系统最有生机的一部分。因此，海岸带变化是陆地、海洋、大气和人类活动等各种动力因素相互作用和相互影响的结果，有着深刻的动力机制，揭示了地球系统中自然界面过程和人类活动的耦合联动机理，如图 5-1 所示。

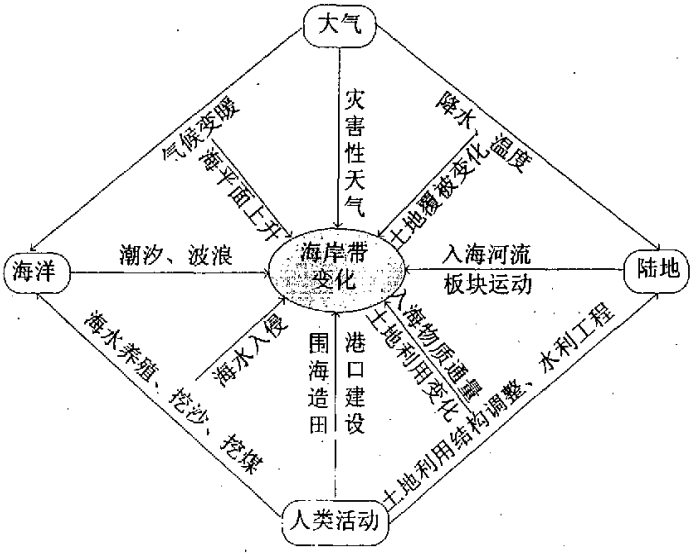


图 5-1 海岸带变化驱动机制示意图

首先，海岸带作为陆地系统、海洋系统、大气系统等各种自然系统的融合地带，对于大范围的各种自然过程变化所引起的波动是十分敏感的。从陆地系统角度来看，河流作为陆地和海洋交融的接口，其入海部分不仅是海岸带的组成部分，