训练 VAE，潜在维度 = 5 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 25.4530 (重构: 19.0303, KL: 108.2894, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 12.6523 (重构: 12.5951, KL: 25.8499, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 11.3260 (重构: 11.0965, KL: 22.3546, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 10.7343 (重构: 10.5004, KL: 20.1826, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 10.4359 (重构: 10.0000, KL: 19.4692, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 10.2647 (重构: 10.0676, KL: 18.8539, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 10.1761 (重构: 10.0178, KL: 18.1332, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 10.1101 (重构: 9.8583, KL: 17.5611, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 10.0811 (重构: 9.1551, KL: 17.2400, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 10.0557 (重构: 9.2142, KL: 17.0112, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 10.0587 (重构: 9.4842, KL: 16.5013, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 10.0738 (重构: 9.4427, KL: 16.1209, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 10.0857 (重构: 9.3432, KL: 15.9670, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 10.1165 (重构: 9.1363, KL: 16.0147, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 10.1485 (重构: 9.0011, KL: 15.5759, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 10.1735 (重构: 8.9691, KL: 15.5970, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 10.2197 (重构: 8.7219, KL: 15.0578, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 10.2531 (重构: 9.0812, KL: 15.2808, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 10.3046 (重构: 9.3714, KL: 14.9561, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 10.3480 (重构: 8.7473, KL: 14.7855, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 10.3902 (重构: 9.2053, KL: 14.6534, 权重: 0.10)

潜在维度 5 的 VAF = 0.7251

训练 VAE，潜在维度 = 10 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 26.9630 (重构: 21.6274, KL: 104.8519, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 11.7211 (重构: 11.1831, KL: 43.5341, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.0891 (重构: 9.7949, KL: 37.3430, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 9.5426 (重构: 8.8945, KL: 33.0002, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.0784 (重构: 8.5633, KL: 31.2683, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 8.8960 (重构: 8.4922, KL: 29.3459, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.8450 (重构: 8.4801, KL: 28.0891, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.8116 (重构: 8.1371, KL: 26.7330, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.8253 (重构: 7.5955, KL: 25.7960, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.8684 (重构: 7.9112, KL: 25.2463, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.9333 (重构: 7.9325, KL: 24.6511, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.9695 (重构: 7.6365, KL: 23.4855, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 9.0448 (重构: 7.8044, KL: 23.4695, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 9.1492 (重构: 7.3064, KL: 22.6856, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.1951 (重构: 7.4043, KL: 22.1177, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.2786 (重构: 7.8687, KL: 22.0931, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.3735 (重构: 7.6426, KL: 21.4112, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.4298 (重构: 7.5314, KL: 21.0219, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.5288 (重构: 7.7205, KL: 20.5571, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.6051 (重构: 7.5311, KL: 20.2817, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.6952 (重构: 7.4470, KL: 20.0739, 权重: 0.10)

潜在维度 10 的 VAF = 0.7716

训练 VAE，潜在维度 = 15 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 24.6116 (重构: 19.5154, KL: 167.4432, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 11.9579 (重构: 11.0136, KL: 56.9682, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.5634 (重构: 9.9334, KL: 46.9005, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 9.8214 (重构: 9.1295, KL: 37.3530, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.3401 (重构: 8.8313, KL: 32.6957, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 9.0537 (重构: 8.2252, KL: 28.9427, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.8965 (重构: 7.8276, KL: 27.4256, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.8502 (重构: 7.7418, KL: 26.6317, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.8412 (重构: 7.6678, KL: 25.4569, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.8523 (重构: 7.7066, KL: 24.5736, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.8933 (重构: 7.5400, KL: 24.2640, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.9358 (重构: 7.9582, KL: 23.6561, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 8.9978 (重构: 7.2813, KL: 22.4315, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 9.0693 (重构: 7.7260, KL: 22.2764, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.1356 (重构: 7.1690, KL: 21.7348, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.2034 (重构: 7.7114, KL: 21.5172, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.2842 (重构: 7.3239, KL: 21.0043, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.3596 (重构: 7.7135, KL: 20.9228, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.4397 (重构: 7.6132, KL: 20.4180, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.5158 (重构: 7.8362, KL: 20.2212, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.5912 (重构: 7.4993, KL: 19.8139, 权重: 0.10)

潜在维度 15 的 VAF = 0.7750

训练 VAE，潜在维度 = 20 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 24.9063 (重构: 19.0293, KL: 142.2212, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 10.8525 (重构: 9.9936, KL: 64.6701, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 9.3110 (重构: 8.6348, KL: 52.9434, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 8.7560 (重构: 8.3266, KL: 41.6902, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 8.4505 (重构: 7.7536, KL: 35.7566, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 8.3355 (重构: 7.5886, KL: 33.8908, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.2702 (重构: 7.0446, KL: 30.3798, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.2687 (重构: 7.3799, KL: 28.8901, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.3049 (重构: 7.2143, KL: 28.0171, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.3601 (重构: 7.1616, KL: 26.5526, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.4121 (重构: 7.2505, KL: 26.2377, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.4959 (重构: 7.1290, KL: 25.3815, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 8.5665 (重构: 7.3008, KL: 24.4258, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 8.6393 (重构: 7.2390, KL: 23.9938, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 8.7277 (重构: 7.0319, KL: 23.4627, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 8.8128 (重构: 7.1719, KL: 22.6975, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 8.8963 (重构: 6.9252, KL: 22.4432, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 8.9881 (重构: 7.3571, KL: 22.2586, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.0754 (重构: 7.0657, KL: 21.8069, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.1571 (重构: 7.4573, KL: 21.5338, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.2504 (重构: 6.9976, KL: 20.6538, 权重: 0.10)

潜在维度 20 的 VAF = 0.7910

训练 VAE，潜在维度 = 25 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 25.0058 (重构: 19.6303, KL: 194.7421, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 11.7145 (重构: 10.9165, KL: 69.6553, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.5890 (重构: 9.9436, KL: 48.0035, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 9.9817 (重构: 9.4107, KL: 38.0667, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.5271 (重构: 9.0379, KL: 34.6944, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 9.2772 (重构: 8.5356, KL: 30.8336, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 9.0850 (重构: 8.5154, KL: 27.0060, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 9.0159 (重构: 8.3216, KL: 25.2845, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 9.0058 (重构: 8.2886, KL: 24.4627, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 9.0182 (重构: 8.2105, KL: 23.8878, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 9.0402 (重构: 7.8216, KL: 22.7980, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 9.0813 (重构: 7.9483, KL: 22.2413, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 9.1323 (重构: 7.6774, KL: 21.6577, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 9.1899 (重构: 7.7393, KL: 21.3003, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.2448 (重构: 7.8841, KL: 20.9393, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.3158 (重构: 7.9842, KL: 20.5693, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.3936 (重构: 7.8992, KL: 20.2371, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.4594 (重构: 7.7487, KL: 20.0729, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.5357 (重构: 7.8535, KL: 19.4360, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.6007 (重构: 7.9403, KL: 19.5447, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.6735 (重构: 8.1797, KL: 19.1232, 权重: 0.10)

潜在维度 25 的 VAF = 0.7677

训练 VAE，潜在维度 = 30 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 24.8549 (重构: 19.9885, KL: 200.7665, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 12.1803 (重构: 11.6942, KL: 78.1276, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.8110 (重构: 10.4248, KL: 49.6066, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 10.2131 (重构: 10.2047, KL: 32.7702, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.9374 (重构: 8.8673, KL: 28.2878, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 9.7192 (重构: 9.0254, KL: 25.8514, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 9.4682 (重构: 8.6139, KL: 22.1477, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 9.3829 (重构: 8.6924, KL: 21.2967, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 9.3493 (重构: 8.6544, KL: 20.9707, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 9.3424 (重构: 8.3514, KL: 20.3087, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 9.3623 (重构: 8.3216, KL: 20.0398, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 9.3863 (重构: 8.3551, KL: 19.5156, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 9.4263 (重构: 8.0803, KL: 19.1422, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 9.4658 (重构: 8.3946, KL: 18.6854, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.5107 (重构: 8.2221, KL: 18.5543, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.5530 (重构: 7.9503, KL: 17.9750, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.6205 (重构: 8.2735, KL: 17.9995, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.6718 (重构: 8.3557, KL: 17.8626, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.7240 (重构: 7.9223, KL: 17.1447, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.7881 (重构: 8.2437, KL: 17.1451, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.8532 (重构: 8.1317, KL: 17.1807, 权重: 0.10)

潜在维度 30 的 VAF = 0.7538

训练 VAE，潜在维度 = 35 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 25.1413 (重构: 19.8371, KL: 163.5663, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 10.7069 (重构: 10.2129, KL: 87.9649, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 9.5097 (重构: 8.9881, KL: 56.8307, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 8.9274 (重构: 8.3475, KL: 42.8435, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 8.6833 (重构: 7.9596, KL: 35.2343, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 8.5187 (重构: 7.7421, KL: 30.8950, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.4510 (重构: 7.7279, KL: 29.7688, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.4429 (重构: 7.3296, KL: 28.9986, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.4708 (重构: 7.5016, KL: 28.1917, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.5032 (重构: 7.2472, KL: 26.9451, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.5676 (重构: 7.4348, KL: 25.8351, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.6282 (重构: 7.1617, KL: 25.2236, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 8.6865 (重构: 7.2630, KL: 24.1966, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 8.7570 (重构: 7.1401, KL: 23.5949, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 8.8365 (重构: 7.0103, KL: 23.1629, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 8.9257 (重构: 7.0734, KL: 22.7290, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.0058 (重构: 7.5985, KL: 22.4623, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.0895 (重构: 7.2931, KL: 22.1131, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.1783 (重构: 7.1561, KL: 21.3656, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.2671 (重构: 7.0721, KL: 21.1378, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.3489 (重构: 7.2882, KL: 20.9380, 权重: 0.10)

潜在维度 35 的 VAF = 0.7874

训练 VAE，潜在维度 = 40 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 24.6275 (重构: 19.6237, KL: 214.2312, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 11.8354 (重构: 10.8108, KL: 87.3747, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.4206 (重构: 9.5380, KL: 51.7084, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 9.6844 (重构: 8.6032, KL: 35.6848, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.3645 (重构: 8.6637, KL: 29.5175, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 9.1461 (重构: 8.4518, KL: 26.1741, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 9.0036 (重构: 8.2146, KL: 25.5161, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.9630 (重构: 8.2716, KL: 24.9090, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.9527 (重构: 7.9159, KL: 24.1604, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.9698 (重构: 7.8461, KL: 23.3966, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 9.0035 (重构: 7.6722, KL: 22.8113, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 9.0506 (重构: 7.5760, KL: 22.2224, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 9.1040 (重构: 7.6253, KL: 22.1261, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 9.1680 (重构: 7.5718, KL: 21.2726, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.2303 (重构: 7.9084, KL: 21.0802, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.2998 (重构: 7.5325, KL: 20.6505, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.3710 (重构: 8.0212, KL: 20.4325, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.4414 (重构: 7.6474, KL: 19.8973, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.5193 (重构: 7.9989, KL: 19.7335, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.5889 (重构: 7.7527, KL: 19.5707, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.6670 (重构: 7.5273, KL: 18.9346, 权重: 0.10)

潜在维度 40 的 VAF = 0.7685

训练 VAE，潜在维度 = 45 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 24.6918 (重构: 17.4129, KL: 257.8983, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 11.7127 (重构: 11.4740, KL: 87.8233, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.1656 (重构: 9.6438, KL: 51.1648, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 9.4906 (重构: 8.9742, KL: 38.6038, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.0938 (重构: 8.2898, KL: 31.5193, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 8.9064 (重构: 8.1561, KL: 29.4565, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.7704 (重构: 8.2431, KL: 28.0543, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.7362 (重构: 7.9314, KL: 26.6277, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.7330 (重构: 7.6363, KL: 25.7435, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.7643 (重构: 7.7661, KL: 24.5776, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.8001 (重构: 7.7295, KL: 24.0148, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.8516 (重构: 7.7689, KL: 23.4578, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 8.9187 (重构: 7.8154, KL: 22.9800, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 8.9870 (重构: 7.8162, KL: 22.3420, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.0652 (重构: 7.4936, KL: 21.9378, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.1356 (重构: 7.8234, KL: 21.7668, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.2139 (重构: 7.4460, KL: 21.4825, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.2961 (重构: 7.9737, KL: 21.1668, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.3691 (重构: 7.4694, KL: 20.5441, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.4473 (重构: 7.7439, KL: 20.1014, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.5261 (重构: 7.4332, KL: 19.9351, 权重: 0.10)

潜在维度 45 的 VAF = 0.7756

训练 VAE，潜在维度 = 50 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 24.9574 (重构: 19.6533, KL: 180.9674, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 10.7619 (重构: 10.1574, KL: 93.4168, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 9.2121 (重构: 8.7068, KL: 57.5673, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 8.5676 (重构: 8.1778, KL: 42.4990, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 8.2627 (重构: 7.5995, KL: 35.4107, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 8.1509 (重构: 7.3392, KL: 31.5974, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.1495 (重构: 7.1519, KL: 30.3669, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.1782 (重构: 7.2089, KL: 29.2341, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.2317 (重构: 6.9978, KL: 28.1641, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.2988 (重构: 7.4311, KL: 27.7227, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.3761 (重构: 7.2337, KL: 26.6223, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.4404 (重构: 7.4958, KL: 25.7659, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 8.5202 (重构: 7.1201, KL: 24.8611, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 8.6065 (重构: 7.0800, KL: 24.0902, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 8.6918 (重构: 7.2565, KL: 23.8803, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 8.7815 (重构: 7.1450, KL: 23.3411, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 8.8682 (重构: 7.0177, KL: 22.5801, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 8.9561 (重构: 6.9500, KL: 22.1748, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.0470 (重构: 7.1547, KL: 21.8835, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.1335 (重构: 7.2064, KL: 21.6587, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.2232 (重构: 7.3991, KL: 21.4548, 权重: 0.10)

潜在维度 50 的 VAF = 0.7920

训练 VAE，潜在维度 = 55 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 25.0321 (重构: 19.6501, KL: 185.5020, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 10.8963 (重构: 10.3656, KL: 91.5649, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 9.4606 (重构: 8.3063, KL: 58.1650, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 8.9710 (重构: 8.4123, KL: 43.6804, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 8.6610 (重构: 7.9901, KL: 36.2312, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 8.4709 (重构: 7.5052, KL: 30.9244, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.4353 (重构: 7.5239, KL: 28.6825, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.4430 (重构: 7.4327, KL: 27.8174, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.4826 (重构: 7.5812, KL: 26.5135, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.5398 (重构: 7.6384, KL: 25.5176, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.5981 (重构: 7.2587, KL: 24.7345, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.6680 (重构: 7.4905, KL: 24.1808, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 8.7320 (重构: 7.2490, KL: 23.3594, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 8.8117 (重构: 7.2800, KL: 22.7761, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 8.8852 (重构: 7.2594, KL: 22.3213, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 8.9656 (重构: 7.1398, KL: 22.0348, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.0465 (重构: 7.3785, KL: 21.5566, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.1314 (重构: 7.1816, KL: 21.3812, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.2126 (重构: 7.5600, KL: 20.9816, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.2974 (重构: 7.5372, KL: 20.1666, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.3787 (重构: 7.5179, KL: 20.2762, 权重: 0.10)

潜在维度 55 的 VAF = 0.7828

训练 VAE，潜在维度 = 60 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 25.3382 (重构: 19.4748, KL: 239.1663, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 12.2031 (重构: 11.9479, KL: 85.6211, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.4669 (重构: 10.0464, KL: 53.5518, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 9.7623 (重构: 8.4717, KL: 39.7361, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.4388 (重构: 8.8467, KL: 32.0548, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 9.1980 (重构: 8.7739, KL: 25.9433, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 9.1231 (重构: 8.1452, KL: 24.4275, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 9.1122 (重构: 8.3863, KL: 23.9563, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 9.1243 (重构: 8.1790, KL: 23.0597, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 9.1417 (重构: 8.0707, KL: 22.4873, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 9.1850 (重构: 8.0553, KL: 21.7172, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 9.2303 (重构: 8.1449, KL: 21.5862, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 9.2822 (重构: 7.8149, KL: 20.5759, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 9.3436 (重构: 7.9753, KL: 20.4647, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.3980 (重构: 8.3328, KL: 19.8423, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.4592 (重构: 8.0745, KL: 19.6505, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.5275 (重构: 8.3914, KL: 19.4407, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.5932 (重构: 7.9751, KL: 18.8480, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.6667 (重构: 7.9774, KL: 18.6155, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.7347 (重构: 8.1631, KL: 18.3742, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.8044 (重构: 8.0756, KL: 18.1059, 权重: 0.10)

潜在维度 60 的 VAF = 0.7589

训练 VAE，潜在维度 = 65 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 25.2828 (重构: 19.9499, KL: 224.0670, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 11.5178 (重构: 10.7529, KL: 84.3820, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.1992 (重构: 9.7035, KL: 50.8635, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 9.5791 (重构: 8.8530, KL: 36.9871, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.2581 (重构: 8.9432, KL: 30.7837, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 9.0690 (重构: 8.5927, KL: 26.7887, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.9659 (重构: 8.3707, KL: 24.5587, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.9579 (重构: 7.9950, KL: 23.1842, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.9616 (重构: 8.0252, KL: 22.6073, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.9867 (重构: 8.0490, KL: 21.9619, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 9.0246 (重构: 7.6191, KL: 21.4954, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 9.0760 (重构: 8.1076, KL: 21.0913, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 9.1340 (重构: 8.2259, KL: 20.5907, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 9.1976 (重构: 8.0332, KL: 20.2506, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.2526 (重构: 7.9925, KL: 19.9744, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.3188 (重构: 8.1192, KL: 19.6478, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.3884 (重构: 8.0705, KL: 19.3154, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.4503 (重构: 7.4464, KL: 18.7166, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.5244 (重构: 7.6026, KL: 18.5961, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.5928 (重构: 7.6179, KL: 18.2692, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.6727 (重构: 7.6309, KL: 18.0701, 权重: 0.10)

潜在维度 65 的 VAF = 0.7642

训练 VAE，潜在维度 = 70 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 24.8970 (重构: 19.1974, KL: 185.3737, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 10.7221 (重构: 10.0481, KL: 97.9390, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 9.3567 (重构: 8.7568, KL: 56.0069, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 8.8297 (重构: 8.3292, KL: 40.0026, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 8.5902 (重构: 7.9110, KL: 33.1958, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 8.5011 (重构: 7.8359, KL: 31.4445, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.4055 (重构: 7.4010, KL: 28.7733, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.3684 (重构: 7.3459, KL: 27.0290, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.3996 (重构: 7.5237, KL: 26.4376, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.4429 (重构: 7.2632, KL: 25.4041, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.5004 (重构: 7.3998, KL: 24.6143, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.5666 (重构: 7.1339, KL: 23.9039, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 8.6342 (重构: 7.0311, KL: 23.3955, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 8.7088 (重构: 7.3065, KL: 22.7867, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 8.7820 (重构: 7.0724, KL: 22.4086, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 8.8590 (重构: 7.0986, KL: 21.7429, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 8.9398 (重构: 7.3081, KL: 21.5168, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.0230 (重构: 7.5682, KL: 21.3385, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.1036 (重构: 7.1385, KL: 20.6982, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.1917 (重构: 7.1292, KL: 19.8473, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.2725 (重构: 7.2292, KL: 20.1467, 权重: 0.10)

潜在维度 70 的 VAF = 0.7850

训练 VAE，潜在维度 = 75 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 25.4331 (重构: 19.6755, KL: 221.6556, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 11.1130 (重构: 10.6397, KL: 94.0430, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 9.6640 (重构: 9.0066, KL: 57.6396, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 9.0786 (重构: 8.2378, KL: 42.1933, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 8.7672 (重构: 8.3293, KL: 33.9356, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 8.6312 (重构: 7.7531, KL: 29.5237, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 8.5618 (重构: 7.8428, KL: 26.8293, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 8.5697 (重构: 7.7623, KL: 25.8584, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 8.6040 (重构: 7.6531, KL: 24.8734, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 8.6521 (重构: 7.4685, KL: 23.9967, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 8.6992 (重构: 7.3821, KL: 23.2853, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 8.7614 (重构: 7.4002, KL: 22.8357, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 8.8257 (重构: 7.7507, KL: 22.4418, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 8.9020 (重构: 7.4604, KL: 21.8091, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 8.9681 (重构: 7.5262, KL: 21.7295, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.0491 (重构: 7.4976, KL: 20.9394, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.1188 (重构: 7.7636, KL: 20.3918, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.1942 (重构: 7.4766, KL: 20.3356, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.2791 (重构: 7.4953, KL: 19.8878, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.3531 (重构: 7.6584, KL: 19.7033, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.4291 (重构: 7.8128, KL: 19.5922, 权重: 0.10)

潜在维度 75 的 VAF = 0.7777

训练 VAE，潜在维度 = 80 ...

Epoch 1/200 - 平均损失: 25.2127 (重构: 19.8343, KL: 268.0795, 权重: 0.00)

Epoch 10/200 - 平均损失: 12.4900 (重构: 12.5482, KL: 82.6846, 权重: 0.01)

Epoch 20/200 - 平均损失: 10.7730 (重构: 9.9976, KL: 48.2267, 权重: 0.01)

Epoch 30/200 - 平均损失: 10.1446 (重构: 9.1531, KL: 33.9403, 权重: 0.01)

Epoch 40/200 - 平均损失: 9.6856 (重构: 8.7947, KL: 28.6846, 权重: 0.02)

Epoch 50/200 - 平均损失: 9.4641 (重构: 9.0522, KL: 26.1172, 权重: 0.03)

Epoch 60/200 - 平均损失: 9.3578 (重构: 8.3438, KL: 24.3422, 权重: 0.03)

Epoch 70/200 - 平均损失: 9.2438 (重构: 8.4819, KL: 22.1934, 权重: 0.04)

Epoch 80/200 - 平均损失: 9.2324 (重构: 8.1491, KL: 21.5267, 权重: 0.04)

Epoch 90/200 - 平均损失: 9.2311 (重构: 8.3198, KL: 20.8072, 权重: 0.04)

Epoch 100/200 - 平均损失: 9.2606 (重构: 7.9820, KL: 20.1976, 权重: 0.05)

Epoch 110/200 - 平均损失: 9.2828 (重构: 8.2240, KL: 19.7528, 权重: 0.06)

Epoch 120/200 - 平均损失: 9.3224 (重构: 8.2648, KL: 19.1332, 权重: 0.06)

Epoch 130/200 - 平均损失: 9.3666 (重构: 8.0868, KL: 19.1713, 权重: 0.07)

Epoch 140/200 - 平均损失: 9.4313 (重构: 8.1625, KL: 18.3980, 权重: 0.07)

Epoch 150/200 - 平均损失: 9.4805 (重构: 7.9175, KL: 18.1011, 权重: 0.07)

Epoch 160/200 - 平均损失: 9.5401 (重构: 7.9672, KL: 17.9436, 权重: 0.08)

Epoch 170/200 - 平均损失: 9.5947 (重构: 8.0620, KL: 17.8076, 权重: 0.09)

Epoch 180/200 - 平均损失: 9.6665 (重构: 8.3887, KL: 17.5655, 权重: 0.09)

Epoch 190/200 - 平均损失: 9.7234 (重构: 7.8816, KL: 17.1611, 权重: 0.10)

Epoch 200/200 - 平均损失: 9.7983 (重构: 7.9216, KL: 17.0766, 权重: 0.10)

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

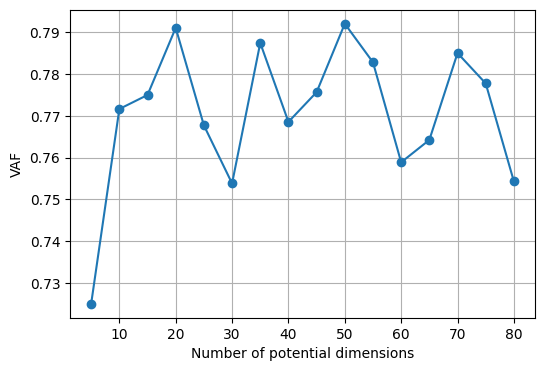
WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

WARNING:matplotlib.font\_manager:findfont: Font family 'Latin Modern Roman' not found.

潜在维度 80 的 VAF = 0.7543



VAF by N synergies: {5: np.float32(0.7250629), 10: np.float32(0.77161777), 15: np.float32(0.7749678), 20: np.float32(0.7910149), 25: np.float32(0.7677032), 30: np.float32(0.75382227), 35: np.float32(0.7874038), 40: np.float32(0.7685311), 45: np.float32(0.7756467), 50: np.float32(0.7920029), 55: np.float32(0.7827756), 60: np.float32(0.7588758), 65: np.float32(0.7642207), 70: np.float32(0.78498554), 75: np.float32(0.7777319), 80: np.float32(0.75430465)}