口蹄疫免疫间隔对奶牛受胎率的影响分析

徐 伟[1]，赵慧秋[2]，李志佳[2]，马修国[2]，耿 涛[3]，程思源[4]，姜兴刚[5]，董 飞[1*]

1 一牧科技（北京）有限公司，北京 100016
2 河北省畜牧总站，河北石家庄 050000
3 石家庄联润养殖有限公司，河北石家庄 050800
4 宁夏回族自治区畜牧工作站，宁夏银川 750000
5 黑龙江省农业科学院畜牧兽医分院，黑龙江齐齐哈尔161005

摘 要：[目的]分析2023—2024年144 个奶牛场416 739 条青年牛，152 个奶牛场1 193 209 条成母牛配种事件及配种受胎率，旨在分析免疫后不同间隔天数分组对应受胎率情况。[方法] 对牛只配种前免疫间隔天数进行分组，根据各分组内牛只配种事件与配种结果进行统计，并计算受胎率，配种怀孕事件数占配种实际总数（已知孕检结果）的比例，对比不同维度下发病间隔天数分组对应受胎率的差异。[结果]（1）青年牛配种前口蹄疫免疫间隔天数>30 天分组受胎率为60.3%；免疫后0~5 天、6~10 天分组对应受胎率56.0%、58.4%，较基准低4.3、1.9 个百分点，青年牛首次和第二次配种受胎率下降最多4.4、4.9 个百分点。（2）成母牛配种前口蹄疫免疫间隔天数>30 天分组受胎率为41.9%；免疫后0~5 天、6~10 天分组各胎次对应受胎率39.4%、41.1%。（3）配种前0~5 天、6~10 天免疫对头胎牛受胎率影响较大，受胎率分别下降3.7 个百分点和2.6 个百分点；（4）配种前0~5 天免疫对首次配种影响较大，受胎率下降3.1 个百分点。[结论] 为精细化繁殖管理，奶牛场可以合理规划免疫程序，优化免疫接种时间，在减少对繁殖性能的负面影响，做到疾病防控效益最大化，通过精细化配种方案，提高配种受胎率，节省人工和冻精成本。

关键词：奶牛；免疫；配种；受胎率

文章编号：1671–4393（2025）09–0014–10　　DOI:10.12377/1671–4393.25.09.02

基金项目：基于多源数据融合的奶牛场智慧养殖关键技术（2515002402A）

作者简介：徐 伟（1991–），男，安徽太和人，硕士，研究方向为分子数量遗传学；
赵慧秋（1974–），女，河北武安人，硕士，研究方向为奶牛养殖与繁育；
李志佳（1984–），男，河北石家庄人，硕士，研究方向为奶牛养殖；
马修国（1972–），男，山东济南人，本科，研究方向为奶牛养殖；
耿 涛（1992–），男，河北正定人，博士，研究方向为奶牛养殖数字化转型；
程思源（1997–），女，宁夏银川人，硕士，研究方向为动物饲料与营养；
姜兴刚（1979–），男，山东台前人，硕士，中级，研究方向为动物遗传育种与繁殖。
*通信作者：董 飞（1989–），男，山西定襄人，硕士，研究方向为动物遗传育种与繁殖。

中国乳业线上阅读

0 引言

奶牛场的可持续发展高度依赖于牛群的健康水平和高效的繁殖性能。免疫接种作为预防和控制重大传染病的核心策略，在保障奶牛健康、提高生产效益方面发挥着不可替代的作用。然而，免疫程序本身作为一种生理应激源，在奶牛特定的生理阶段（如围产期、配种期）进行，其潜在的副作用，尤其是对奶牛繁殖性能的影响，日益受到研究者和牧场管理者的关注。深入理解当前奶牛免疫实践及其与繁殖指标的关联，对于优化免疫程序、实现健康与繁殖的平衡管理至关重要。

常见的奶牛传染病有口蹄疫、梭菌性疾病、布氏杆菌病、结核、牛病毒性腹泻-粘膜病、牛流行热、牛传染性鼻气管炎等，牧场需要的免疫有口蹄疫、牛传染性鼻气管炎（IBR）、魏氏梭菌病、炭疽病、布氏杆菌病等[1]。

因此，分析奶牛不同免疫类型是否会对配种受胎率产生影响，免疫后多久配种对受胎率影响较大，青年牛和成母牛、不同规模牧场、配种次数、配种方式等维度的具体表现情况，是非常有必要的，可以为奶牛场精细化管理提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来自一牧云（YIMUCloud）“牧场生产管理与服务支撑系统”的数据采集和质控流程，其中2023年1月1日至2024年12月31日免疫事件，青年牛共计1 785 243条，成母牛共计3 281 581条，用于统计不同免疫类型数据量及分布；2023年1月1日至2024年12月31日配种事件，并匹配牛只免疫事件：

（1）青年牛配种数据保留2023年、2024年两年度均有青年牛受胎率KPI的牧场，按照免疫类型、牧场、日龄分组、配次分组、配种类型、免疫间隔天数分组统计配种次数，1）剔除免疫间隔天数分组中，配种次数低于5 次的；2）按步骤1）后统计不同分组受胎率，剔除低于10%或高于80%的[1]，过滤后共计得到144 个奶牛场，416 739 条记录；

（2）成母牛配种数据保留2023年、2024年两年度均有成母牛受胎率KPI的牧场，按照免疫类型、牧场、胎次分组、配次分组、配种类型、免疫间隔天数分组统计配种次数，1）剔除免疫间隔天数分组中，配种次数低于10 次的；2）按步骤1）后统计不同分组受胎率，剔除低于10%或高于80%的[1]，过滤后共计得到152 个奶牛场，1 193 209 条记录。

配种前免疫间隔天数根据配种前0~5 天（简称“配种前0~5 天”）、6~10 天、11~15 天、16~20 天、21~30 天及>30 天（>30 天分组中包含免疫距配种30 天以上，配后免疫及无免疫牛只配种记录），如果牛只配种前免疫次数超过1 次，取免疫日期距离配种日期最短的间隔天数分组。

1.2 计算方法

受胎率基于配种记录中不同的配种结果进行计算，受胎率（%）=（怀孕头数+流产头数）/（怀孕头数+流产头数+空怀头数）×100%。

2 结果与分析

2.1 青年牛、成母牛不同免疫类型数量与分布情况

由表1可见，青年牛（日龄≥360 天）免疫较多的为口蹄疫（729 614 条）、梭菌（229 750条）、结节性皮肤病（羊痘）（161 026 条），除去日龄≥600 天，口蹄疫和结节性皮肤病（羊痘）在各日龄阶段免疫头次数据较多，均超过1 万条以上，因此，后续对比上两种免疫分析对配种受胎率的影响。此外，布病对奶牛影响较大，因此也加入布病免疫分析。

由表2可见，头胎牛免疫较多的也为口蹄疫（569 840 条）、梭菌（198 205 条）、结节性皮肤病（羊痘）（137 117 条），其中口蹄疫和结节性皮

中国乳业线上阅读

表 1 青年牛不同免疫类型数量与各日龄分组分布统计

日龄分组	口蹄疫	梭菌	结节性皮肤病（羊痘）	IBR–BVD	驱虫	BVD	布病	牛流行热	气肿疽	IBR	结核	巴氏杆菌免疫	其他	合计
[360，390）	64 938	18 083	12 051	27 050	13 422	8 271	1 4901	1 883	2 286	916	2 266	1 448	11 046	178 561
[390，420）	67 523	10 249	13 270	3 847	5 927	5 645	6 463	2 216	1 748	461	2 395	1 209	4 178	125 131
[421，450）	62 091	6 138	13 693	1 334	5 324	4 849	2 601	2 445	1 999	450	2 491	925	4 031	108 371
[451，480）	59 626	5 123	14 123	1 225	4 520	3 735	2 130	3 161	1 933	400	1 709	855	3 226	101 766
[481，510）	58 805	5 084	14 859	1 135	4 176	3 694	1 898	4 753	2 332	404	2 019	760	3 718	103 637
[511，540）	60 353	7 140	15 220	1 991	5 756	3 495	2 129	6 872	2 103	539	1 321	869	3 556	111 344
[541，570）	56 735	7 713	13 966	2 127	4 723	3 176	2 529	6 115	1 951	711	1 373	1 063	2 959	105 141
[571，600）	56 487	7 379	14 671	3 478	3 602	4 652	2 477	5 388	3 908	711	1 329	1 092	3 269	108 443
>=600	243 056	162 841	49 173	69 430	62 613	67 484	7 071	9 272	14 749	25 739	9 866	6 301	79 078	806 673
合计	729 614	229 750	161 026	111 617	110 063	105 001	42 199	42 105	33 009	30 331	24 769	14 522	115 061	1 749 067

表 2 头胎牛不同免疫类型数量与产后天数分组分布统计

产后天数分组	口蹄疫	梭菌	结节性皮肤病（羊痘）	BVD	驱虫	IBR–BVD	牛流行热	气肿疽	结核	炭疽免疫	巴氏杆菌免疫	布病	大肠杆菌	副伤寒	IBR	其他
0~30	49 662	4 591	12 456	3 600	503	1 084	2 008	908	1 940	716	732	4 443	2 917	8	15	8 642
31~60	48 144	4 798	10 843	3 092	463	1 162	1 942	754	2 564	956	680	2 641	22	5	4	4 781
61~90	49 472	4 696	11 555	2 597	502	703	2 347	839	2 477	947	454	771	2	12	2	7 395
91~120	46 643	6 006	11 209	2 808	509	564	2 870	1 105	1 976	812	412	460	4	10	0	2 239
121~150	46 635	6 634	10 630	2 861	400	436	3 191	1 288	996	699	470	438	4	12	0	2 749
151~180	44 034	9 071	11 873	2 853	349	421	4 082	1 373	995	751	342	334	19	15	1	3 639
181~210	43 545	4 307	11 314	2612	430	396	4 825	1 371	1 074	642	370	272	56	26	7	4 730
211~240	43 831	4 656	10 753	2262	597	449	5 790	1 375	1 032	628	295	382	98	37	20	5 720
241~270	40 310	6 197	10 095	2684	1 775	882	3 451	1 272	1 021	819	356	537	64	98	103	4 645
271~300	40 864	50 447	8 417	15 286	24 384	15 247	1 358	4 844	1 109	783	1 257	530	1 091	1 625	550	14 399
301~330	37 937	38 418	8 054	17 976	15 768	16 598	1 249	4 468	992	689	1 128	332	1 639	2 010	1 880	16 764
331~360	26 782	22 128	6 006	11 889	8 157	10 225	1 084	2 706	677	522	747	209	864	896	1 128	11 738
361~390	15 848	12 345	3 954	6 260	4 454	5 496	946	1 745	456	285	451	123	446	580	734	6 041
>390	36 133	23 911	9 958	10 369	9 128	9 060	2 957	3 313	693	675	1 163	159	980	1 142	1 407	11 133
合计	569 840	198 205	137 117	87 149	67 419	62 723	38 100	27 361	18 002	9 924	8 857	11 631	8 206	6 476	5851	10 4615

肤病（羊痘）在产后天数分组（产后270 天以内）免疫头次数据较多，均超过1 万条以上；此外，梭菌、BVD和驱虫主要是产前免疫，暂不分析。因此，后续对口蹄疫和结节性皮肤病（羊痘）两种免疫分析配种受胎率的影响。

由表3可见，经产牛免疫较多的也为口蹄疫

中国乳业线上阅读

表 3 经产牛不同免疫类型数量与产后天数分组分布统计

产后天数分组	口蹄疫	梭菌	结节性皮肤病（羊痘）	BVD	驱虫	IBR-BVD	牛流行热	气肿疽	结核	炭疽免疫	巴氏杆菌免疫	布病	大肠杆菌	副伤寒	IBR	其他
0~30	80 567	6 421	18 803	5 911	705	1 324	2 256	2 557	2 785	1 715	918	5 037	5 745	16	32	12 515
31~60	76 860	6 253	18 567	4 888	830	1 626	2 479	2 401	3 262	1 797	854	1 891	62	15	6	5 272
61~90	73 672	5 784	18 703	4 217	663	905	3 610	2 032	2 433	1 668	704	520	0	11	6	10 964
91~120	71 177	5 971	19 743	4 292	596	791	4 336	2 132	2 192	1 647	629	181	5	13	2	4 331
121~150	67 186	7 774	18 880	4 167	631	752	5 817	1 727	2 122	1 524	620	178	5	14	6	5 574
151~180	61 746	13 041	18 667	3 926	644	773	6 603	1 622	2 607	1 401	608	190	22	19	8	3 951
181~210	60 949	6 829	18 172	3 383	910	717	6 851	1 352	2 657	1 313	847	174	80	30	14	3 433
211~240	59 489	7 276	17 223	3 508	1 337	944	7 059	1 361	1 602	1 317	881	146	109	78	15	2 612
241~270	56 877	9 241	14 718	4 211	3 057	1 551	4 182	1 641	1 511	1 301	942	134	174	151	275	2 898
271~300	52 331	61 282	13 033	19 076	26 740	22 835	1 624	5 700	1 571	1 189	1 516	311	1 262	1 695	485	13 131
301~330	47 637	48 099	11 524	21 864	17 003	18 717	1 358	3 833	1 699	1 010	1 407	188	2 253	2 233	1 351	14 499
331~360	33 929	28 607	8 142	14 749	9 901	11 501	886	2 116	1 124	753	763	108	1 088	1 245	1 084	10 916
361~390	21 037	17 417	5 005	9 131	6 103	6 878	574	1 278	744	462	505	78	665	849	591	6 371
>390	43 091	30 667	11 704	15 893	11 101	10 900	2 630	2 519	1 398	810	1 000	152	1 189	2 171	759	11 823
合计	806 548	254 662	212 884	119 216	80 221	80 214	50 265	32 271	27 707	17 907	12 194	9 288	12 659	8 540	4 634	10 8290

（806 548 条）、梭菌（254 662 条）、结节性皮肤病（羊痘）（212 884 条），其中口蹄疫和结节性皮肤病（羊痘）在产后天数分组（产后270 天以内）免疫头次数据较多，均超过1 万条以上，因此，后续对以上两种免疫进行配种受胎率的分析。此外，梭菌、BVD和驱虫主要是产前免疫，暂不分析。

2.2 青年牛不同免疫类型距配种天数间隔分组对应受胎率

根据青年牛免疫距配种天数间隔分组对受胎率进行统计并作图，结果由表4、图1可见，配种前口蹄疫免疫，>30 天分组受胎率60.3%（作为参考基准，该分组包括免疫距配种30 天以上，配后免疫及未免疫牛只配种记录，下文内该分组中均指这部分配种记录），0~5 天分组受胎率56.0%（较参考基准低4.3 个百分点），6~10 天分组受胎率58.4%（较参考基准低1.9 个百分点），11~15 天分组和16~20天分组受胎率57.9%、57.2%（较参考基准低2.4 个百分点、3.1 个百分点），21~30 天分组受胎率60.1%（与参考基准相当）。

表 4 青年牛配种前口蹄疫免疫间隔天数对应配种结果与受胎率

分组（天）	流产（次）	空怀（次）	怀孕（次）	合计（次）	受胎率（%）
>30	12 415	88 215	138 939	239 569	60.3
0~5	593	4 915	6 615	12 123	56.0
6~10	548	4 573	6 454	11 575	58.4
11~15	522	4 350	6 059	10 931	57.9
16~20	538	4 128	5 678	10 344	57.2
21~30	1 146	7 986	12 422	21 554	60.1
合计	15 762	114 167	176 167	306 096	58.3

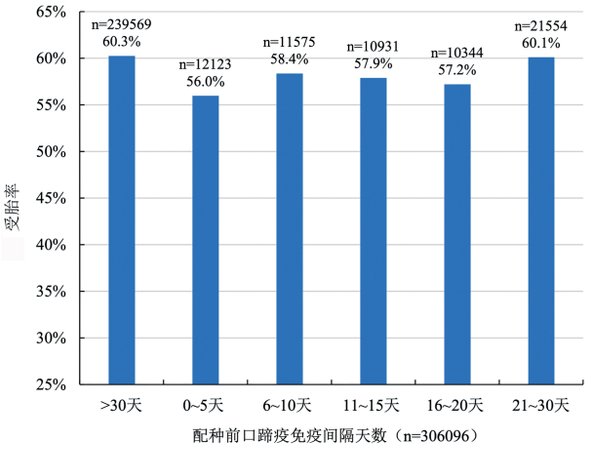


图 1 青年牛配种前口蹄疫免疫间隔天数对应配种受胎率（n=306 096）

根据牛只免疫距配种天数间隔分组对受胎率

中国乳业线上阅读

影响进行统计，结果由表5可见，配种前结节性皮肤病免疫，>30 天分组受胎率61.5%（作为参考基准），0~30 天内各分组均低于参考基准，其中21~30 天受胎率最低57.7%（较基准低3.8 个百分点），其他间隔天数分组受胎率58.3%~60.3%（较基准低1~3 个百分点）。

表 5 青年牛配种前结节性皮肤病免疫间隔天数对应配种结果与受胎率

分组（天）	流产（次）	空怀（次）	怀孕（次）	合计（次）	受胎率（%）
>30	3 793	28 154	44 475	76 422	61.5
0~5	82	689	1 055	1 826	59.0
6~10	82	611	885	1 578	58.9
11~15	55	541	803	1399	60.3
16~20	66	553	796	1 415	58.3
21~30	99	1 003	1 415	2 517	57.7
合计	4 177	31 551	49 429	85 157	59.3

注：结节性皮肤病免疫数据量太少，后续细分维度不做分析

根据牛只免疫距配种天数间隔分组对受胎率进行统计，结果由表6可见，配种前布病免疫0~30 天间隔天数之间数据量较少，因此统计结果暂不作参考。

表 6 青年牛配种前布病免疫间隔天数对应配种结果与受胎率

分组（天）	流产（次）	空怀（次）	怀孕（次）	合计（次）	受胎率（%）
>30	1 160	7 985	14 839	23 984	66.3
0~5	3	76	104	183	53.3
6~10	17	112	145	274	52.0
11~15	12	87	122	221	58.3
16~20	9	78	151	238	66.1
21~30	36	183	367	586	65.6
合计	1 237	8 521	15 728	25 486	60.6

2.2.1 不同牧场规模下配种前口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率

根据牛只不同牧场规模分组下，配种前免疫间隔天数分组对受胎率进行统计，结果由表7可见，配种前>30 天分组在规模0~2 000 头、2 000~5 000头、≥5 000 头受胎率分别为62.1%、60.7%、59.4%；配种前0~5 天分组各配种次数对应受胎率范围57.4%、57.2%、54.7%；配种前6~10 天、11~15天、16~20 天与21~30天分组趋于稳定。

由此可见，3 个不同规模牧场配种前不同免疫间隔天数对受胎率影响的规律基本一致，均是在配种前0~5 天免疫受胎率最低，相较于＞30 天分组下降3~5个百分点，配种前6~30 天免疫对受胎率影响较小，21~30 天分组与>30 天分组相当。

2.2.2 不同配种次数分组下口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率

根据牛只不同配种次数分组下，配种前免疫间隔天数分组对受胎率进行统计，结果由表8可见，配种前>30 天分组配种次数第1次，第2次，第3次及以上受胎率分别为64.1%、58.2%、53.4%；配种前0~5 天分组各配种次数对应受胎率范围59.7%、53.3、50.2%，下降均较多3~5 个百分点；第1次配种前6~20 天对应受胎率仍然较低，60%左右；第2次，第3 次及以上配种前6~30 天分组各配种次数对应受胎率均有所上升，且与参考基准相当。

由此可见，配种前0~5天免疫对受胎率影响较大，尤其首次和第2次配种，受胎率下降4.4 个百分点和4.9 个百分点，配种前6~30 天免疫对受胎率影响较小。

2.3 成母牛不同免疫类型距配种天数间隔分组对应受胎率

根据产后牛只距配种天数间隔分组对受胎率进

表 7 配种前口蹄疫免疫间隔天数对应配种结果与受胎率 单位：%

规模	>30（天）	0~5（天）	6~10（天）	11~15（天）	16~20（天）	21~30（天）	总计
（0，2000）	62.1	57.4	59.3	57.3	57.0	61.3	59.2
[2000，5000）	60.7	57.2	59.0	59.6	59.1	59.3	59.2
≥ 5000	59.4	54.7	57.6	56.9	56.0	60.3	57.5
总计	60.3	56.0	58.4	57.9	57.2	60.1	58.3

中国乳业杂志上网版

表 8 不同配种次数下口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率　　单位：%

配种次数	>30（天）	0~5（天）	6~10（天）	11~15（天）	16~20（天）	21~30（天）	总计
1	64.1	59.7	60.3	60.0	60.3	62.1	61.1
2	58.2	53.3	58.2	57.2	56.8	60.0	57.3
≥ 3	53.4	50.2	54.1	53.9	50.3	55.5	52.9
总计	60.3	56.0	58.4	57.9	57.2	60.1	58.3

注：青年牛配种方式主要为自然发情，所以不同配种方式分组暂不做分析

行统计并作图，结果由表9、图2可见，配种前口蹄疫免疫，>30 天分组受胎率41.9%（作为参考基准，该分组包括免疫距配种30 天以上，配后免疫及健康牛只配种记录，下文内该分组中均指这部分配种记录），0~5 天分组受胎率39.4%（较参考基准低2.5 个百分点），6~10 天间隔天数分组受胎率41.1%，（与参考基准相当），其他间隔天数分组受胎率42.8%~43.6%（较基准高1 个百分点左右）。

表 9 成母牛配种前口蹄疫免疫间隔天数对应配种结果与受胎率

分组（天）	流产（次）	空怀（次）	怀孕（次）	合计（次）	受胎率（%）
>30	55 732	444 799	278 973	779 504	41.9
0~5	1 538	13 836	8 019	23 393	39.4
6~10	1 500	12 131	7 438	21 069	41.1
11~15	1 577	11 653	7 662	20 892	43.4
16~20	1 407	11 294	7 401	20 102	42.8
21~30	2 948	22 589	15 378	40 915	43.6
合计	64 702	516 302	324 871	905 875	42.0

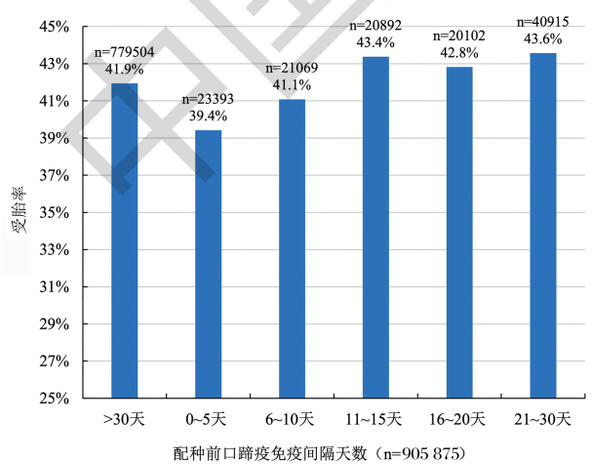


图 2 成母牛配种前口蹄疫免疫间隔天数对应配种受胎率（n=905 875）

根据产后牛只距配种天数间隔分组对受胎率进行统计并作图，结果由表10可见，配种前结节性皮肤病免疫各间隔天数之间差异不大，>30 天分组受胎率最低42.0%（作为参考基准），0~5 天受胎率42.4%（与参考基准和21~30 天分组相当），其他间隔天数分组受胎率43.4%~43.8%（较基准高1.4%~1.8%）。

表 10 成母牛配种前结节性皮肤病免疫间隔天数对应配种结果与受胎率

分组（天）	流产（次）	空怀（次）	怀孕（次）	合计（次）	受胎率（%）
>30	13 172	130 407	80 659	224 238	42.0
0~5	237	2 077	1 437	3 751	42.4
6~10	226	1 837	1 214	3 277	43.4
11~15	198	1 838	1 213	3 249	43.4
16~20	200	1 750	1 212	3162	43.8
21~30	346	3 210	2 073	5 629	42.0
合计	14 379	141 119	87 808	243 306	42.8

注：结节性皮肤病免疫数据量较少，后续细分维度不做分析

2.3.1 不同牧场规模下口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率

根据牛只不同牧场规模分组下，产后配种前免疫间隔天数分组对受胎率进行统计，结果由表11，可见配种前>30 天分组在规模0~2 000 头、2 000~5 000 头、≥5 000 头受胎率分别为38.9%、41.2%、43.7%；配种前0~5 天分组各配种次数对应受胎率范围38.7%、38.1%、41.0%；配种前6~10 天、11~15 天、16~20 天与21~30 天分组趋于稳定。

由此可见，0~2 000 头规模牧场配种前不同免疫间隔天数对受胎率影响规律不明显，一是牧场数据量较少，一是牧场间管理差异可能较大；2 000~5 000 头、≥5 000 头规模牧场配种前不同免疫间隔天数对受胎率影响规律明显，均是在配种前

中国乳业线上阅读

0~5 天免疫受胎率最低，下降2.8 个百分点左右，配种前6~30 天免疫对受胎率影响较小，逐渐上升到与>30 天分组相当。

2.3.2 不同胎次分组下口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率

根据头胎和经产牛，产后配种前免疫间隔天数分组对受胎率进行统计，结果由表12，可见配种前>30 天分组头胎牛、经产牛受胎率分别为46.2%、39.7%；配种前0~5 天分组头胎、经产对应受胎率范围42.5%、37.8%；配种前6~10 天分组头胎、经产对应受胎率范围43.6%、39.7%；配种前11~15 天、16~20 天与21~30天分组趋于稳定。

由此可见，配种前0~5 天、6~10 天免疫对头胎牛受胎率影响较大，受胎率分别下降3.7 个百分点和2.6 个百分点，配种前11~30 天免疫对受胎率影响较小。

2.3.3 不同配种次数分组下口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率

根据牛只不同配种次数分组下，产后配种前免疫间隔天数分组对受胎率进行统计，结果由表13，可见配种前>30 天分组配种次数第1次，第2次，第3次及以上受胎率分别为48.0%、43.7%、35.8%；配种前0~5 天分组各配种次数对应受胎率范围44.9%、41.3、33.5%；配种前6~10 天分组各配种次数对应受胎率范围47.0%、41.8%、35.8%；配种前11~15 天分组各配种次数对应受胎率范围49.1%、44.3%、38.0%；配种前16~20 天分组与21~30 天分组趋于稳定。

由此可见，配种前0~5天免疫对受胎率影响较大，尤其首次配种，受胎率下降3.1 个百分点，配种前6~30 天免疫对受胎率影响较小。

2.3.4 不同配种类型下口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率

根据牛只不同配种方式分组下，产后配种前免疫间隔天数分组对受胎率进行统计，结果由表14，可见配种前>30 天分组配种方式定时输精、同期处理、自然发情受胎率分别为45.3%、44.3%、40.4%；配种前0~5 天分组各配种次数对应受胎率范围43.6%、40.8%、37.7%；配种前6~10 天分组各配种次数对应受胎率范围44.4%、41.0%、40.0%；配种前11~30天分组趋于稳定。

由此可见，配种前0~5 天免疫对同期处理、自然

表 11 成母牛配种前口蹄疫免疫间隔天数对应配种结果与受胎率 单位：%

规模	>30（天）	0~5（天）	6~10（天）	11~15（天）	16~20（天）	21~30（天）	总计
（0，2000）	38.9	38.7	40.5	44.3	41.7	41.7	41.0
[2000，5000）	41.2	38.1	40.4	41.7	42.2	42.7	41.1
≥ 5000	43.7	41.0	42.0	44.8	43.9	45.1	43.4
总计	41.9	39.4	41.1	43.4	42.8	43.6	42.0

表 12 头胎、经产牛口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率 单位：%

胎次分组	>30（天）	0~5（天）	6~10（天）	11~15（天）	16~20（天）	21~30（天）	总计
头胎牛	46.2	42.5	43.6	46.2	46.1	47.7	45.4
经产牛	39.7	37.8	39.7	41.9	41.1	41.4	40.3
总计	41.9	39.4	41.1	43.4	42.8	43.6	42.0

表 13 成母牛不同配种次数下口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率 单位：%

配种次数	>30（天）	0~5（天）	6~10（天）	11~15（天）	16~20（天）	21~30（天）	总计
1	48.0	44.9	47.0	49.1	48.6	49.7	47.9
2	43.7%	41.3	41.8	44.3	45.3	45.5	43.7
≥ 3	35.8	33.5	35.8	38.0	36.4	37.3	36.1
总计	41.9	39.4	41.1	43.4	42.8	43.6	42.0

中国乳业线上阅读

表 14 成母牛不同配种方式下口蹄疫免疫间隔天数分组对应受胎率　　单位：%

配种类型	>30（天）	0~5（天）	6~10（天）	11~15（天）	16~20（天）	21~30（天）	总计
定时输精	45.3	43.6	44.4	44.6	45.8	47.0	45.1
同期处理	44.3	40.8	41.0	46.7	45.2	44.4	43.7
自然发情	40.4	37.7	40.0	42.4	41.4	42.2	40.7
总计	41.9	39.4	41.1	43.4	42.8	43.6	42.0

发情受胎率影响较大，受胎率下降3.5个百分点和2.7个百分点，配种前11~30 天免疫对受胎率影响较小。

3 讨论

本研究主要对口蹄疫免疫后不同天数下青年牛、成母牛受胎率差异进行分析，着重分析不同规模、不同配次、成母牛胎次与配种方式等分组情况下，免疫后间隔不同天数配种受胎率变化，深入分析牧场实际生产繁育结果，而非试验性研究。

本研究中，青年牛口蹄疫免疫后0~5 天内配种受胎率最低56.0%（较参考基准60.3%，低4.3 个百分点）；不同规模牧场，配种前不同免疫间隔天数对受胎率影响的规律基本一致；不同配种次数分组，配种前0~5 天免疫对首次和第2次配种影响较大，受胎率下降4.4 个百分点和4.9 个百分点。Gemma等[2]研究，临床受口蹄疫感染的青年牛初产月龄中位数（27.7月龄）比健康青年牛（25.0月龄）高2.7 个月，可见，口蹄疫免疫对青年牛的影响较大，但需要考虑配种受胎率下降对比延迟配种带来的饲养成本。

青年牛配种前结节性皮肤病免疫，>30 天分组受胎率61.5%，21~30 天受胎率最低57.7%（较基准低3.8 个百分点），其他间隔天数分组受胎率58.3%~60.3%（较参考基准低1~3 个百分点），但数据量较少，结果仅作参考。

成母牛口蹄疫免疫后，0~5 天内配种受胎率39.4%（较参考基准41.9%，低2.5 个百分点），相较于青年牛下降较少；不同胎次分组下，配种前0~5 天、6~10 天免疫对头胎牛受胎率影响较大，受胎率分别下降3.7 个百分点和2.6 个百分点；不同配种次数，配种前0~5 天免疫对首次配种影响较大，受胎率下降3.1 个百分点；不同配种类型下，配种前0~5 天免疫对同期处理、自然发情受胎率影响较大，受胎率下降3.5 个百分点和2.7 个百分点。

杂交弗里斯兰–荷斯坦未感染口蹄疫组和感染口蹄疫组配种后，感染组配后60 天孕检受胎率46.09%，低于未感染组49.00%（P>0.05），尽管差异不显著，但感染组配后39~42 天不返情率73.04%下降到受胎率46.09%，这一显著下降可能是由于口蹄疫会通过增加胚胎死亡率和降低首次妊娠成功率，损害牛的繁殖力[3]。Bijari等[4]研究结果显示，口蹄疫对奶牛繁殖性能的负面影响，表现为产犊间隔延长（+30.9 天）、空怀天数增加（+13.7 天）、输精次数增多（+0.2 倍）。

本研究缺乏机制性分析，未能从生理、免疫学角度解释为何免疫后短期内受胎率下降，而国外Camila等[5]研究得出，在妊娠45 天前接种口蹄疫疫苗会增加妊娠失败，这种影响与免疫后体温过高和局部不良反应有关，妊娠45 天后接种疫苗对妊娠失败无影响。因此，免疫后对奶牛繁殖性能影响机制分析可进一步研究。

此外，Fernandes等[6]研究印度瘤牛实验组（配后30 天口蹄疫免疫）配种受胎率56.2%，低于对照组（试验前31 天口蹄疫免疫）的61.8%，同样，配后90天受胎率分别为46.9%，59.4%，妊娠损失率分别为16.5%，3.9%，妊娠损失增加4倍。

成母牛配种前结节性皮肤病免疫，>30天分组受胎率最低42.0%（作为参考基准），0~5天受胎率42.4%（与参考基准和21~30 天分组相当），其他间隔天数分组受胎率43.4%~43.8%（较基准高1.4%~1.8%），但数据量较少，仅作参考。

中国乳业杂志上网首发

此外，口蹄疫发病对奶牛生产性能和健康水平也有影响。牛只感染口蹄疫，体温可高达40~41 ℃，幼畜明显，病牛精神不振，食欲减退，产奶量突然下降[7]。口蹄疫爆发区间，奶牛产奶量下降16.1%，乳房炎从爆发前的5.4%上升至爆发期间的21.5%[8]。Bijari等[4]研究结果显示，口蹄疫显著降低产奶量，每头奶牛的乳脂校正乳（FCM）平均减少845.9 kg，乳脂量减少44.1 kg，乳蛋白量减少2.3 kg。未接种口蹄疫疫苗的奶牛均出现严重的口蹄疫（FMD），表现出口腔内、冠状带、趾间以及乳头上均有病变，且这些病变导致挤奶过程出现困难。每头动物的平均产奶量每天下降约2 kg，试验中，未接种组所有动物的直肠温度平均超过39 °C，持续3 天[9]。国内研究，2 个试验组牛注射疫苗后，产奶量与免疫前相比都存在小幅下降的现象，在免疫后第2天下降最多，达到10.02%，到6~7 天后恢复到正常水平[10]，这一结果说明，口蹄疫疫苗对泌乳牛的产奶量有一定的影响。

可见，奶牛口蹄疫发病和免疫不仅对繁殖性能有影响，而且对生产性能、健康水平也有较大的负面影响，因此，可以针对口蹄疫免疫对泌乳牛生产性能影响进行量化分析，从而指导生产优化免疫程序。

4 小结

本研究通过分析免疫后青年牛、成母牛配种受胎率情况，结果表明，免疫后0~5 天内配种，青年牛受胎率下降较多，成母牛次之，但头胎牛配种受胎率下降较大，首次配种受胎率下降较多。由此，建议奶牛场在繁育管理中，口蹄疫免疫后至少间隔5 天以后再进行配种，尤其是青年牛和头胎牛；在免疫程序与配种计划之间建立缓冲区，避免免疫应激与繁殖关键期重叠，青年牛首次配种前需完成核心疫苗的基础免疫程序并进行加强；成母牛在产后30~60 天首次配种之前进行免疫加强（如口蹄疫、布病检测后的补免等），此时成母牛已度过围产期最关键的生理应激阶段（分娩、能量负平衡），身体状况开始恢复，但仍要根据牛只健康状况进行免疫。

因此，本研究的核心不是否定免疫，而是如何科学规划和优化免疫程序，优化接种时机，减轻应激，在最大化疾病防控效益的同时，最小化其对繁殖性能的潜在不利影响。

参考文献

[1] 吴心华，孙文华，奶牛健康养殖技术[M].宁夏：阳光出版社，2016.

[2] Gemma C，Jonathan R，Thomas D D，et al.Impact of foot–and–mouth disease on fertility performance in a large dairy herd in Kenya[J].Preventive veterinary medicine，2018，159：57–64.

[3] Syah H A，Yekti A P A，Girinata I P A，et al. Evaluation of artificial insemination success of crossbred Friesian Holstein Cow after Foot and Mouth disease outbreak[J]. Advances in Animal and Veterinary Sciences，2024，12（7）：1249–1255.

[4] Bijari M，Sadeghi–Sefidmazgi A，Ansari–Lari M，et al.Productivity，reproduction and economic losses due to foot–and–mouth disease（FMD）in Iranian Holstein cows[J]. Preventive Veterinary Medicine，2025，238（000）. DOI:10.1016/j.prevetmed.2025.106471.

[5] Camila G P，Franklin R C，Alejo M. Effect of Foot–and–Mouth disease vaccine on pregnancy failure in beef cows[J]. Frontiers in Veterinary Science，2021，（8），761304.

[6] Fernandes H J，Fernandes C，Stelato R，et al.Effects of vaccination against foot–and–mouth disease virus on reproductive performance of Bos indicus beef cows[J]. 2016，（94）：401–405.

[7] 齐长明.奶牛疾病学上册[M].北京：中国农业科学技术出版社，2006.

[8] Lewis R A，Kashongwe O B，Bebe B O .Quantifying production losses associated with foot and mouth disease outbreaks on large–scale dairy farms in Rift valley，Kenya[J]. Tropical Animal Health and Production，2023（5）：55.

[9] Orsel K，Jong M C M D，Bouma A，et al.The effect of vaccination on foot and mouth disease virus transmission among dairy cows[J].Vaccine，2007，25（2）：327–335.

[10] 王东星.延庆县奶牛口蹄疫防控现状的调查及免疫对奶牛生产性能影响的研究[D].北京：中国农业科学院，2009.

[1]参考：①刘坤的《大型牛场奶牛繁殖性能调查及提高奶牛受胎率的研究》中奶牛月度受胎率范围18%~59%；② 河南科学

中国乳业线上阅读

技术出版社的《规模化奶牛场科学建设与生产管理》中提到种公牛冻精，人工授精情期受胎率国外一般60%~70%，国内平均在50%~60%；③中国农业大学出版社的《奶牛科学》中提到美国中西部奶牛场的受胎率大约为15%。因此，设定受胎率筛选范围为10%~80%，以保证数据的准确性兼顾数据量。

Analysis of the Impact of FMD Vaccination on Conception Rate in Dairy Cattle

XU Wei[1]，ZHAO Huiqiu[2]，LI Zhijia[2]，MA Xiuguo[2]，GENG Tao[3]，CHENG Siyuan[4]，JIANG Xinggang[5]，DONG Fei[1*]

[1]EYIMU Science and Technology（Beijing）Co.，Ltd.，Beijing 100016

[2]Hebei Provincial Animal Husbandry Station，Shijiazhuang Hebei 050000

[3]Shijiazhuang Lianrun Breeding Co.，Ltd.，Shijiazhuang Hebei 050800

[4]Ningxia Hui Autonomous Region Animal Husbandry Workstation，Yinchuan Ningxia 750000

[5]Branch of Animal Husbandry and Veterinary of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences，Qiqihar Heilongjiang 161005

Abstract：[Objective] This study analyzed 416 739 breeding events from heifers across 144 dairy farms and 1 193 209 breeding events from dairy cows across 152 dairy farms recorded between 2023 and 2024. The objective was to determine conception rates associated with different intervals between Foot-and-Mouth Disease （FMD）vaccination and breeding. [Methods] Breeding events were grouped based on the interval in days after FMD vaccination. Conception rates were calculated for each group as the proportion of breeding events resulting in a confirmed pregnancy relative to the total breeding events with a known pregnancy diagnosis outcome. Conception rates were compared between interval groups. [Result]（1）For heifers vaccinated >30 days before breeding，the conception rate was 60.3%. Conception rates for heifers bred 0~5 days and 6~10 days post-vaccination were 56.0% and 58.4%，respectively，representing decreases of 4.3 and 1.9 percentage points compared to the >30-day group. The decrease was most pronounced in the first service （4.4 percentage points）and second service （4.9 percentage points）.（2）For dairy cows vaccinated >30 days before breeding，the conception rate was 41.9%. Conception rates for dairy cows bred 0~5 days and 6~10 days post-vaccination were 39.4% and 41.1%，respectively，across all parities.（3）Vaccination given 0~5 days and 6~10 days before breeding significantly reduced the conception rate in primiparous cows，resulting in decreases of 3.7 percentage points and 2.6 percentage points，respectively.（4）Vaccination 0~5 days before breeding had a significant negative impact on conception rates at the first service，causing a decrease of 3.1 percentage points. [Conclusion] To enhance precision reproductive management，dairy farms should strategically schedule FMD vaccination programs and optimize vaccination timing relative to breeding. This can minimize negative impacts on reproductive performance and maximize disease prevention benefits. Implementing refined breeding strategies considering vaccination timing can further improve conception rates and reduce labor and frozen semen costs.

Keywords：dairy cattle；vaccination；breeding；conception rate

中国乳业线上阅读