甘肃省14家中心血站基于熵权-TOPSIS法的实验室检验能力差异化分析

冯惟萍[1]，潘　登[1]，刘圆圆[1]，杨　静[2]，车玉盒[3]，杨　悦[4]，韩　明[5]，程富玲[6]，李建华[7]，韩彩凤[8]，黎小刚[9]，韩　银[10]，杨俊鹏[11]，张飞燕[12]，侯占红[13]，高　强[14]

（1.甘肃省红十字血液中心，兰州 730046；2.甘肃省金昌市中心血站检验科，甘肃金昌 737100；3.甘肃省定西市红十字中心血站检验科，甘肃定西 743000；4.甘肃省嘉峪关市中心血站检验科，甘肃嘉峪关 735100；5.甘肃省酒泉市中心血站检验科，甘肃酒泉 735000；6.甘肃省武威市中心血站检验科，甘肃武威 733000；7.甘肃省白银市红十字中心血站检验科，甘肃白银 730900；8.甘肃省平凉市中心血站检验科，甘肃平凉 744000；9.甘肃省甘南藏族自治州中心血站检验科，甘肃甘南 747000；10.甘肃省张掖市中心血站检验科，甘肃张掖 734000；11.甘肃省天水市中心血站检验科，甘肃天水 741000；12.甘肃省庆阳市中心血站检验科，甘肃庆阳 745000；13.甘肃省临夏回族自治州中心血站检验科，甘肃临夏 731000；14.甘肃省陇南市中心血站检验科，甘肃陇南 746000）

摘　要：目的　系统评价甘肃省14家中心血站实验室检验能力的差异化水平，识别关键影响因素，为区域血站实验室同质化建设与质量提升提供依据。**方法**　以2024年甘肃省14家中心血站血液筛查实验室为研究对象，构建包含检测规模、检测能力、能力考核3个维度共17项指标的评价体系。采用熵权法客观赋权，运用TOPSIS法进行综合排序，并对比检验能力与资源配置排名差异，分析能力转化效能。**结果**　①熵权法结果显示，权重前三位指标分别为参加不同来源室间质评数（16.611%）、检测总人份数（10.490%）及HIV Ag (Ab) 复检符合率（8.958%）；②TOPSIS结果显示，综合排名前三位的实验室为A（0.606）、C（0.555）、B（0.547），末三位为L（0.447）、J（0.469）、K（0.477），最优与最差实验室综合评分相差1.36倍（t=5.64，P=0.001 3）；③检验能力与资源配置排名存在明显错位，部分实验室呈现“高资源低转化”或“低资源高能力”特征。**结论**　甘肃省血站实验室检验能力分化显著，外部质控参与度、检测负荷及检测重复性是区分能力等级的核心影响因素。单纯硬件投入不足以提升能力，强化过程管理与质量控制是推动区域血站实验室检验能力协同提升的必要途径。

关键词：血站实验室；检验能力；质量评价指标；熵权法；TOPSIS法

中图分类号：R457.1　**文献标志码：**A　**文章编号：**1671-7414（2026）05-175-08

doi:10.3969/**j.issn.**1671-7414.2026.05.30

Differential Analysis of Laboratory Testing Capability Among 14 Central Blood Stations in Gansu Province Based on the Entropy Weight-TOPSIS Method

FENG Weiping[1], PAN Deng[1], LIU Yuanyuan[1], YANG Jing[2], CHE Yuhe[3], YANG Yue[4], HAN Ming[5], CHENG Fuling[6], LI Jianhua[7], HAN Caifeng[8], LI Xiaogang[9], HAN Yin[10], YANG Junpeng[11], ZHANG Feiyan[12], HOU Zhanhong[13], GAO Qiang[14]

(1.Gansu Province Red Cross Blood Center, Lanzhou 730046, China; 2. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Jinchang Central Blood Station, Gansu Jinchang 737100, China; 3. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Dingxi Red Cross Central Blood Station, Gansu Dingxi 743000, China; 4. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Jiayuguan Central Blood Station, Gansu Jiayuguan 735100 China; 5. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Jiuquan Central Blood Station, Gansu Jiuquan 735000 China; 6. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Wuwei Central Blood Station, Gansu Wuwei 733000 China; 7. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Baiyin Central Blood Station, Gansu Baiyin 730900 China; 8. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Pingliang Central Blood Station, Gansu Pingliang 744000 China; 9. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Tibetan Autonomous Prefecture Central Blood Station, Gansu Gannan 747000 China; 10. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Zhangye Central Blood Station, Gansu Zhangye 734000 China; 11. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Tianshui Central Blood Station, Gansu Tianshui 741000 China; 12. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Qingyang Central Blood Station, Gansu Qingyang 450000, China; 13. Department of Clinical Laboratory, Gansu Province Linxia Hui Autonomous Prefecture Central Blood Station, Gansu Linxia 731000 China; 14. Department of Clinical Laboratory, Gansu ProvinceLongnan Central Blood Station, Gansu Longnan 746000, China)

基金项目：甘肃省卫生健康行业科研项目（GSWSKY2024-56、GSWSKY2021-025）。

作者简介：冯惟萍（1979-），女，硕士研究生，副主任技师，研究方向：输血检验，E-mail：646680585@qq.com。

通讯作者：潘登，男，本科，主任技师，研究方向：输血检验，E-mail：472164127@qq.com。

Abstract: Objective To systematically evaluate the differentiation of testing capability among 14 central blood station laboratories in Gansu Province, identify key influencing factors, and provide a basis for the homogenized construction and quality improvement of regional blood station laboratories. **Methods** Taking the 14 blood screening laboratories of central blood stations in Gansu Province in 2024 as study objects, an evaluation system comprising three dimensions (testing scale, testing capability, and capability assessment) with a total of 17 indicators was constructed. The entropy weight method was used for objective weighting, and the TOPSIS method was applied for comprehensive ranking. The ranking differences between testing capability and resource allocation were compared, and the efficiency of capability transformation was analyzed. **Results** The entropy weight method showed that the top three indicators in terms of weight were the number of external quality assessment schemes from different sources participated in (16.611%), the total number of tests performed (10.490%), and the compliance rate of HIV Ag (Ab) retesting (8.958%). The TOPSIS method revealed that the top three laboratories in comprehensive ranking were A (0.606), C (0.555), and B (0.547), while the bottom three were L (0.447), J (0.469), and K (0.477). The comprehensive score of the best-performing laboratory was 1.36 times that of the worst-performing one (t=5.64, P=0.001 3). There was a notable mismatch between testing capability ranking and resource allocation ranking, with some laboratories exhibiting characteristics of "high resource input but low capability transformation" or "low resource input but high capability". **Conclusions** The testing capability of blood station laboratories in Gansu Province shows significant differentiation. External quality control participation, testing workload, and retesting compliance rate are the core factors distinguishing capability levels. Hardware investment alone is insufficient to improve capability; strengthening process management and quality control is a necessary approach to facilitate the synergistic improvement of testing capability across regional blood station laboratories.

Keywords: blood station laboratory; testing capability; quality evaluation indicator; entropy weight method; TOPSIS method

血液安全是医疗卫生服务体系高质量发展的核心基石，直接关系人民群众生命健康与社会稳定。随着《全国血站服务体系建设发展规划(2021-2025年)》的深入实施[1]，血站实验室的标准化、同质化建设成为行业关注的重点。然而，当前我国血站实验室普遍面临“资源配置不均”与“能力提升滞后”的双重挑战：一方面，不同区域实验室在人员结构、设备配置等资源上存在显著差异[2-4]；另一方面，部分实验室过度依赖硬件投入，忽视检验流程优化与质量控制，导致“重硬件配置、轻能力提升”的现象突出[5]。甘肃省作为西部血站服务网络的枢纽节点，承担着辐射14个市州的血液检验任务，但受区域经济差异影响，资源分配与检验能力的失衡问题亟待系统性研究。研究者前期通过熵权-TOPSIS法揭示了省内血站实验室资源配置不均衡及质量管理能力差异的问题[6-7]，但尚未深入探讨资源投入与检验能力的实际转化效能，尤其缺乏对质量过程指标的动态评估。为提升甘肃省血站实验室的检验能力，助力“健康中国2030”战略下血液安全体系建设[8]，本研究对省内14家血站实验室的检验能力进行综合评价分析，现报道如下。

1 材料与方法

1.1 *研究对象* 纳入甘肃省14家血站实验室(1家血液中心、13家中心血站)，编号A-N，为全样本研究。选取2024年14家实验室的质量检测指标，数据来源于《2024年甘肃血站实验室质量指标评价年度报告》(国家卫生健康委临床检验中心发布)及《血站实验室质量指标调查问卷》，经逐一核对，数据真实、完整、可靠。本研究经甘肃省红十字血液中心伦理委员会批准(编号：GSSX20261001)。

1.2 *研究方法*

1.2.1 检验能力评价指标体系构建：质量指标是内在特征能满足要求程度的衡量指标，可应用于实验室检验能力的评价[9-13]。本研究参考《血站血液检测实验室质量监测指标》(T/CSBT 004-2019)[14]及《临床实验室质量指标》(WS/T 496-2017)[15]等标准，结合甘肃省14家血站实验室的实际情况，构建包含3个一级指标(b1～b3)和17个二级指标(c1～c17)的评价体系，见表1。指标属性包括极大型(值越大越好)、极小型(值越小越好)和区间型(处于特定区间为优)，聚焦实验室检验能力核心要素[16-19]。

1.2.2 熵权-TOPSIS法[20-21]

1.2.2.1 数据处理：构建原始数据矩阵，设有m个评价对象(14家实验室)、n个评价指标(17项)，原始数据矩阵为$R=(r_{ij})_{m\times n}$。因指标类型不同，对各指标进行标准化处理，建立标准化矩阵$X=(X_{ij})_{m\times n}$。

1.2.2.2 熵权法：作为客观权重赋权工具，通过量化指标数据的离散程度动态确定各指标权重，避免主观经验对能力评价的干扰。计算第j项指标的熵值e_j和熵权w_j：$e_j=-k\sum_{i=1}^{m}p_{ij}\cdot \ln p_{ij}$，$w_j=(1-e_j)/\sum_{j=1}^{m}(1-e_j)$计算。其中，$k$=1/ln m，P_{ij}表示第i个实验室的第j个评价指标数据(i=1,2,3...m；j=1,2,3...n)。熵值e_j越小，熵权w_j越高，表明该指标对检验能力分层具有关键区分作用。

1.2.2.3 TOPSIS法：用于动态能力排序，通过构建“检测规模-检测能力-能力考核”三维正负理想解，量化实验室间的差距。计算步骤：

①构建加权规范化矩阵Z，$Z=w_{ij}\cdot(X_{ij})_{m\times n}=(Z_{ij})_{m\times n}$；

②确定正理想解(Z^+)和负理想解(Z^-)：$Z^+=(\max Z_{i1}, \max Z_{i2}, \max Z_{i3}\cdots\max Z_{in})$、$Z^-=(\max Z_{i1}, \max Z_{i2}, \max Z_{i3}\cdots\max Z_{in})$；

③计算各方案到正负理想解的欧氏距离D_i^+和D_i^-：$D_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Z_j^+-Z_{ij})^2}$、$D_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(Z_j^--Z_{ij})^2}$；

④计算相对贴近度：$C_i=\frac{D_i^-}{D_i^++D_i^-}$，越大表示检验能力越强。

表 1 实验室检验能力评价指标及其计算方法与属性说明

一级目标	二级目标	计算方法	指标属性	指标说明
b1 检测规模	c1 检测总人份数（人份）	实验室年度累计检测的血清学和核酸检测人份总数	极大型	反映实验室检测工作压力和实验室管理难度
b2 检测能力	c2 标本实验室内周转时间(天)	全血标本和单采血小板标本实验室内周转的平均时间	极小型	与标本检测周期有关，反映实验室检测效率
	c3 质量不合格标本率(万分率)	质量不合格标本数 / 标本总数 ×10 000‰	极小型	与标本质量有关，反映检测前过程的稳定性
	c4 检测不合格率（%）	检测不合格人份数 / 检测总人份数 ×100%	区间型	与检测结果及检测量相关，反应检测过程总体稳定性
	c5 ALT 检测不合格率（%）	ALT检测不合格标本数/ALT检测标本数×100%	极小型	反映检测前 ALT 筛查的有效性及 ALT 检测过程的稳定性
	c6 NAT 检测不合格率（%）	NAT检测不合格标本数/NAT检测标本数×100%	区间型	反映 NAT 检测过程稳定性
	c7 HBsAg 复检符合率（%）	HBsAg 重复检测为阳性标本数 /HBsAg 初次检测为反应性需重复检测的标本数 ×100%	极大型	反映 HBsAg 检测过程的稳定性
	c8 抗 HCV 复检符合率（%）	抗 HCV 重复检测为阳性标本数 / 抗 HCV 初次检测为反应性需重复检测的标本数 ×100%	极大型	反映抗 HCV 检测过程的稳定性
	c9 HIV Ag(Ab)复检符合率(%)	HIV Ag(Ab)重复检测为阳性标本数/HIV Ag(Ab)初次检测为反应性需重复检测的标本数×100%	极大型	反映 HIV Ag(Ab) 检测过程的稳定性
	c10 抗 TP 复检符合率（%）	抗 TP 重复检测为阳性标本数 / 抗 TP 初次检测为反应性需重复检测的标本数 ×100%	极大型	反映抗 TP 检测过程的稳定性
	c11 NAT 无效批次率（%）	NAT检测无效批次数/NAT检测总批次数×100%	极小型	反映核酸检测过程稳定性
	c12 试剂平均使用率（%）	试剂使用人份数 / 试剂检测人份数 ×100%	极小型	反映试验过程的稳定性和顺畅性
	c13 关键设备平均故障率（%）	年度设备故障天数 /365 天 ×100%	极小型	反映设备使用过程的稳定性和顺畅性
b3 能力考核	c14 室内质控项目开展率（%）	开展室内质控的项目数 /4×100%（4 个项目：血清学、ALT、核酸检测、血型）	极大型	反映试验结果的准确度和精密度
	c15 参加不同来源室间质评数(个)	参加不同来源室间质评活动，单位来源数量	极大型	反映外部质控的参与度与覆盖面
	c16 室间质评项目参加率（%）	参加国家临检中心室间质评项目数 /4×100%(4 个项目：血清学、ALT、核酸检测和血型)	极大型	反映不同试验项目检测结果的准确度
	c17 室间质评考核平均分（分）	年度国家临检中心各项室间质评得分合计 / 参加质评项目总数 ×100%	极大型	反映试验结果的准确度

注：c4 的区间值为 1.21%~1.36%，c6 的区间值为 0.07%~0.15%，参考全国和甘肃省年度均值确定。

1.3 *统计分析方法* 采用 SPSSPRO统计学软件实现“数据标准化-熵权计算-TOPSIS排序”全流程自动化分析。组间比较采用两独立样本t检验，检验水准 $\alpha=0.05$。

2 结果

2.1 *实验室检验能力质量指标原始数据* 表2列出了14家血站实验室在17项指标上的原始数据。从检测规模(b1)看，实验室A的检测总人份数(c1)最高

(105 781人份)，实验室N最低(4 955人份)，各实验室间检测负荷差异悬殊。在检测能力(b2)方面，实验室L的质量不合格标本率(c3)达154.86‰，ALT检测不合格率(c5)为2.93%，均为全省最高，提示其标本质量与检测前过程稳定性存在明显短板；而实验室F、H、M、N等该指标为0。在复检符合率方面，不同实验室间波动较大(c8，0～100%)。能力考核(b3)维度中，除实验室G的室间质评项目参加率(c16，75%)和实验室N的室内质控项目开展率(c14，75%)外，其余实验室均达到100%，表明基础质控工作已普遍达标。

表2 14家血站实验室检验能力原始数据

实验室编号	b1检测规模	b2检测能力												b3能力考核			
	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8	c9	c10	c11	c12	c13	c14	c15	c16	c17
A	105 781	1.50	1.51	0.92	0.28	0.02	22.28	92.86	59.18	70.52	1.79	117.94	0.78	100.00	4	100	99.5
B	23 381	2.00	0.00	2.28	1.08	0.21	33.33	50.42	55.81	45.79	1.26	115.66	0.62	100.00	3	100	100
C	47 471	2.00	5.46	0.69	0.17	0.04	24.75	83.33	44.58	58.34	0.19	133.52	0.16	100.00	3	100	99.5
D	24 788	4.00	5.70	1.03	0.49	0.06	35.42	64.29	73.22	70.84	0.00	125.41	0.00	100.00	2	100	98
E	32 548	2.00	6.14	0.72	0.03	0.09	24.67	26.11	40.91	65.37	0.00	123.18	0.03	100.00	3	100	100
F	25 665	1.50	0.00	0.77	0.01	0.09	90.00	100.00	35.72	66.67	0.00	137.35	0.00	100.00	2	100	99.5
G	12 392	4.00	4.83	1.00	0.10	0.11	38.89	12.50	100.00	18.18	0.00	124.86	0.00	100.00	3	75	98
H	8 016	2.50	0.00	1.57	0.37	0.50	20.00	0.00	100.00	64.29	0.00	127.85	1.02	100.00	3	100	100
I	19 701	2.00	43.42	1.93	0.65	0.10	30.26	83.33	31.25	76.79	1.52	127.19	0.03	100.00	3	100	100
J	28 624	3.50	5.59	1.24	0.29	0.03	11.33	57.15	38.34	72.75	2.67	137.60	0.10	100.00	2	100	100
K	20 782	5.00	23.07	0.81	0.31	0.06	31.67	44.65	100.00	93.75	1.75	117.72	0.66	100.00	2	100	100
L	17 490	2.50	154.86	3.76	2.93	0.03	75.00	100.00	50.00	76.19	1.37	120.14	0.00	100.00	2	100	100
M	29 990	2.00	0.00	1.49	1.25	0.04	58.33	33.33	50.00	28.57	0.00	114.34	0.00	100.00	2	100	99.5
N	4 955	4.50	0.00	1.94	1.13	0.08	58.34	50.00	100.00	100.00	0.00	118.54	0.00	75.00	2	100	99.5

2.2 基于熵权法的实验室检验能力指标赋权结果 熵权法计算得出的17项指标权重见图1。权重前三位为：c15(参加不同来源室间质评数，16.611%)、c1(检测总人份数，10.490%)、c9[HIV Ag(Ab)复检符合率，8.958%]，累计权重36.059%。权重后三位为：c14(室内质控项目开展率，2.006%)、c16(室间质评项目参加率，2.006%)、c3(质量不合格标本率，2.101%)。权重分布表明，外部质量评价参与度、检测负荷及血清学检测重复性是检验能力分层的核心驱动指标。室内质控项目开展率(c14)和室间质评项目参加率(c16)权重较低，主要因绝大多数实验室在该两项指标上已接近或达到满分，差异度不足，而非其不重要。

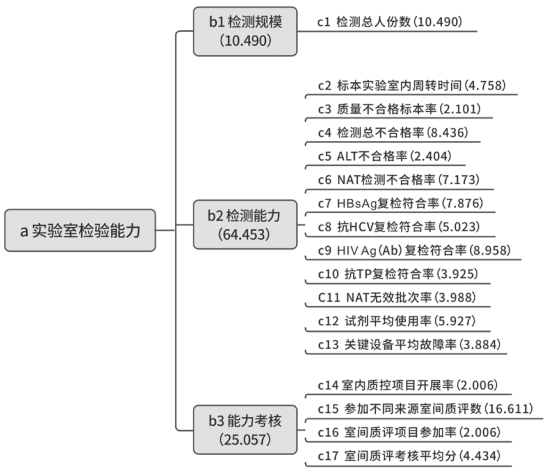


图1 实验室检验能力评价指标赋权结果（括号内数值为权重，%）

2.3 基于TOPSIS法的检验能力综合排名 TOPSIS法计算得出的14家实验室检验能力综合得分及排名见表3。实验室A综合得分最高(0.606)，排名第1；实验室C(0.555)和B(0.547)分别排名第2、第3；实验室L(0.447)、J(0.469)、K(0.477)排名末三位。最优与最差实验室综合得分相差约1.36倍(t=5.64，P=0.001 3)，表明甘肃省血站实验室检验能力存在显著分化。

2.4 检验能力排名与资源配置排名对比 将2024年检验能力与资源配置评价排名进行对比分析，见图2。实验室A在两项排名中均列第1，呈现“资源-能力双优”特征。实验室D资源配置排名第3但检验能力排名第11，为“高资源低转化”型；实验室N(资

源配置第14、检测能力第5)、实验室B(资源配置第10、检测能力第3)亦呈现明显“能力超越资源”特征，提示过程管理与质量控制效能可在一定程度上补偿资源不足。

表 3　14 家实验室检测能力综合排名

实验室编号	正理想解距离（D^+）	负理想解距离（D^-）	综合得分指数（C_i）	排序
A	0.488 154 07	0.751 710 88	0.606 284 48	1
B	0.510 807 43	0.617 741 33	0.547 376 73	3
C	0.543 518 27	0.676 820 54	0.554 616 91	2
D	0.626 426 11	0.582 309 19	0.481 750 80	11
E	0.579 922 01	0.635 344 33	0.522 802 54	6
F	0.662 088 64	0.676 548 08	0.5054 00 81	9
G	0.597 549 36	0.637 643 29	0.516 229 83	7
H	0.629 054 22	0.642 648 33	0.505 344 85	10
I	0.545 181 90	0.651 624 17	0.544 469 30	4
J	0.654 655 28	0.577 337 38	0.468 620 80	13
K	0.659 791 85	0.602 672 72	0.477 377 93	12
L	0.702 504 63	0.568 442 26	0.447 258 86	14
M	0.609 829 64	0.634 065 76	0.509 742 02	8
N	0.603 699 70	0.696 126 63	0.535 553 57	5

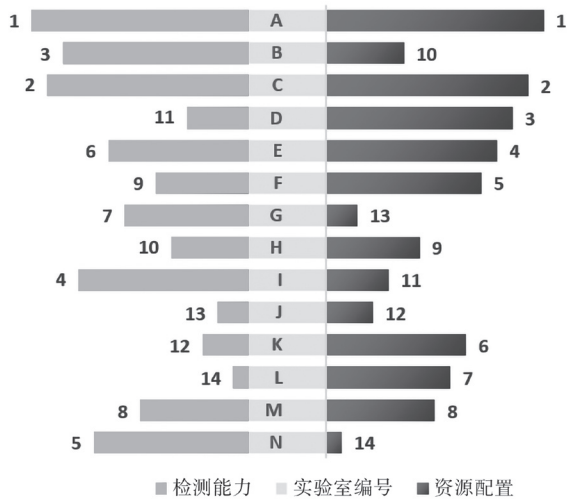


图 2　14 家实验室检验能力与资源配置排名对比

2.5　*检验能力得分的组间差异检验*　为进一步验证不同排名组别间检验能力得分的差异是否具有统计学意义，将14家实验室按综合得分排序后，取前4名为高分组(A、C、B、I)，后4名为低分组(L、J、K、D)。两独立样本t检验结果显示，高分组综合得分均值(0.563 ± 0.029)高于低分组(0.469 ± 0.015)，差异具有显著统计学意义(t=5.64，P=0.001 3)。该结果支持了实验室检验能力存在显著分化的结论。

3　讨论

本研究通过熵权-TOPSIS法分析甘肃省14家血站实验室的检验能力，证实其存在显著分化，外部质控参与度、检测负荷及检测重复性是区分能力等级的核心驱动因素。检验能力与资源配置排名的错位进一步表明，单纯增加硬件投入未必能转化为检验能力的提升，过程管理与质量控制效能具有更直接的驱动作用。

熵权法赋权结果显示，参加不同来源室间质评数(c15，权重16.611%)位居首位，表明外部质量评价对检验能力具有核心驱动作用。实验室A参加4个不同来源室间质评，综合排名第1；而仅参加2个来源的实验室多排名中后。该发现与谢月娜等[22]、何智纯等[23]的研究结论一致，即多来源、多层次的室间质评能够更全面体现实验室检测系统的差异，促进持续改进。建议排名靠后的实验室主动拓展室间质评参与渠道，将其作为能力提升的重要抓手。

检测总人份数(c1，权重10.490%)位居第二，反映检测负荷对实验室管理能力的综合考验。高检测量实验室需同时应对人员调度、设备运转、流程优化等多重压力，若能实现高质量输出，则体现其较高的管理成熟度；相反，低检测量实验室若过程控制薄弱，仍可能出现高不合格率等问题。实验室L检测量虽低于中位数，但质量不合格标本率(154.86/万)和ALT检测不合格率(2.93%)均为全省最高，导致综合得分垫底，这与董雯雯等[24]、翟春燕[25]、林金兰等[26]关于血液报废与检测质量关联性的研究相印证。这一发现提示，检测负荷本身并非能力高低的决定因素，关键在于实

验室是否建立与负荷相匹配的质量管理体系。

HIV Ag(Ab)复检符合率(c9，8.958%)权重位列第三，高于HBsAg(7.876%)与抗HCV(5.023%)。根据熵权法原理，权重取决于各实验室间的离散程度，HIV复检符合率权重最高，提示该环节质量分化更为显著。调查显示，14家实验室采用4种不同的ELISA复检策略：①原试剂双孔复检原试管(6家)；②原试剂双孔复检原试管+血袋留样(3家)；③两种试剂双孔复检原试管(4家)；④两种试剂双孔复检原试管+血袋留样(1家)。依据《血站血液检测实验室质量监测指标》，ELISA复检符合率反映检测过程的稳定性，策略①和②主要体现同试剂的检测重复性，符合率较高；策略③和④引入第二种试剂交叉验证，因不同试剂灵敏度差异可能导致符合率偏低，但这反映的是验证标准的严格性，不能视为能力低下。合理的复检策略应在‘保证阳性标本不漏检’与‘控制假阳性率’之间取得平衡。对复检符合率的解读应结合复检策略及HIV确证结果：采用原试剂复检的实验室，宜与过程指标联合评判；采用双试剂复检的实验室，若符合率偏低但确证试验无误判，则不应视为能力缺陷。省级层面应推动HIV复检流程标准化，明确不同策略的适用场景及结果解读规范，这对缩小区域间HIV检测能力差异具有重要意义。

检验能力排名与资源配置排名的对比揭示了显著的错位现象。部分实验室呈现“高资源低转化”特征，其硬件配置较为完善，但因标本周转时间偏长、室间质评考核分数偏低等过程管理指标滞后，制约了资源效能的释放。相反，部分实验室呈现“资源受限、能力突围”特征，在检测量较低的情况下，通过较高的室间质评考核分数和复检符合率实现能力超越。上述发现与葛红卫等[4]、孙晓通等[27]关于资源配置与检测能力非完全线性相关的结论一致，进一步印证了检验能力的本质是资源投入向管理效能的转化过程。资源是能力提升的必要条件而非充分条件，只有当资源与过程管理、质量控制协同发力时，才能有效转化为检测质量[28-29]。常乐等[5]亦指出，部分实验室存在“重硬件配置、轻能力提升”的结构性矛盾，本研究从量化角度进一步刻画了这种错位的程度与分布。本研究结果与部分既往研究存在一定差异，例如，黄力勤等[2]的研究表明设备配置是影响检验能力的重要因素，但本研究中关键设备平均故障率(c13)权重仅为3.884%，这可能与甘肃省各血站实验室设备配置水平整体较低、差异不足以体现区分度有关，也可能反映在资源相对匮乏的条件下，管理效能对检验能力的贡献更为凸显。

综上，甘肃省14家血站实验室检验能力存在显著分化，室间质评参与广度、检测负荷及复检符合率是区分能力等级的关键因素。建议排名靠后的实验室重点提升室间质评参与度、优化标本周转流程、提高关键项目的复检符合率；省级层面应建立基于质量指标动态监测的分层帮扶机制，推动区域血站实验室检验能力的协同提升。

本研究存在一定局限性：仅纳入2024年度数据，未进行多时间点动态趋势分析，未来可引入纵向数据以揭示能力演变规律；地域代表性局限，样本仅覆盖甘肃省14家血站实验室，跨区域推广需验证。但本研究构建的熵权-TOPSIS评价模型、核心指标体系及改进策略，贴合全国血站统一质控要求，对西部欠发达地区、资源不均衡区域的血站实验室同质化建设具有较强可推广性。

参考文献：

[1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.国家卫生健康委关于印发《全国血站服务体系建设发展规划(2021—2025年)》的通知[EB/OL].(2021-12-30). https://www.nhc.gov.cn/yzygj/c100068/202112/8eaf17478aa84dec892c951763877f90. shtml.
National Health Commission of the People's Republic of China. Notice from the national health commission of the People's Republic of China on issuing the *National Blood Station Service System Construction and Development Plan(2021-2025)*[EB/OL].(2021-12-30). http://www.nhc.gov.cn/yzygj/c100068/202112/8eaf17478aa84dec892c951763877f90.shtml.

[2] 黄力勤,葛红卫,王瑞,等.京津冀血站血液筛查实验室关键设备配置情况调查[J].中国输血杂志，2018, 31(10): 1098-1101.
HUANG L Q, GE H W, WANG R, et al. Investigation and analysis of the key testing equipment in Beijing-Tianjin-Hebei Region blood screening laboratories[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2018, 31(10): 1098-1101.

[3] 李莉华,黄力勤,韩雪峰,等.京津冀血站血液筛查实验室人力资源现状及分析[J].中国输血杂志，2018, 31(10): 1102-1105.
LI L H, HUANG L Q, HAN X F, et al. Human resources status analysis of blood screening laboratories in the Beijing-Tianjin-Hebei blood stations[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2018, 31(10): 1102-1105.

[4] 葛红卫,黄力勤,王瑞,等.TOPSIS法评价全国15家血液筛查实验室资源配置情况[J].中国输血杂志，2018, 31(1): 15-18.
GE H W, HUANG L Q, WANG R, et al. The application of TOPSIS in a comprehensive evaluation of resources configuration in 15 blood screening laboratories in China[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2018, 31(1): 15-18.

[5] 常乐,闫颖,姬慧敏,等.我国血站血液检测实验室检测能力基本情况分析[J].中国输血杂志，2022, 35(7): 731-736.
CHANG L, YAN Y, JI H M, et al. Analysis on testing ability of blood testing laboratories in domestic blood

establishments across China[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2022, 35(7): 731-736.

[6] 冯惟萍,张支凤,李建华,等.基于熵权-TOPSIS法的14家血站实验室资源配置综合评价分析[J].中国输血杂志, 2023, 36(8): 720-723.
FENG W P, ZHANG Z F, LI J H, et al. Comprehensive evaluation and analysis of laboratory resource allocation in 14 blood stations based on entropy weight-TOPSIS method[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2023, 36(8): 720-723.

[7] 冯惟萍,潘登,杨静,等.甘肃省14家中心血站实验室基于熵权-TOPSIS法的质量管理能力评价分析[J].现代检验医学杂志, 2026, 41(1): 190-194.
FENG W P, PAN D, YANG J, et al. Evaluation and analysis of quality management capability based on entropy weight-TOPSIS method in laboratories of 14 central blood stations in Gansu Province[J]. Journal of Modern Laboratory Medicine, 2026, 41(1): 190-194.

[8] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.中共中央国务院印发《"健康中国2030"规划纲要》[EB/OL].(2016-10-26).https://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/c100132/201610/cef9821abcfc4544bb27e2bc533bd7cf.shtml.
National Health Commission of the People's Republic of China. The central committee of the communist party of china and the state council have issued the *"Healthy China 2030" planning outlin*e[EB/OL]. (2016-10-26). https://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/c100132/201610/cef9821abcfc4544bb27e2bc533bd7cf.shtml.

[9] ISO 15189:2022. Medical laboratories — requirements for quality and competence[S]. Geneva: International Organization for Standardization, 2022.

[10] GUPTA A, GUPTA C. Role of National accreditation board of hospitals and healthcare providers (NABH) core indicators monitoring in quality and safety of blood transfusion[J]. Asian Journal of Transfusion Science, 2016, 10(1): 37-41.

[11] 董菲,柳杨,董国良,等.血站核酸混检模式质量指标监测及应用评价[J].中国输血杂志, 2025, 38(2): 251-256.
DONG F, LIU Y, DONG G L, et al. Quality index monitoring and application evaluation of nucleic acid pooling detection mode in blood stations[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2025, 38(2): 251-256.

[12] 李雪梅,翟玮玮,杨忠思,等.山东省血站血液检测质量监测指标体系的应用[J].中国输血杂志, 2024, 37(3): 258-266.
LI X M, ZHAI W W, YANG Z S, et al. Application of quality monitoring indicators of blood testing in blood banks of Shandong province[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2024, 37(3): 258-266.

[13] 刘群,吴玉清,李雪梅,等.山东省血站质量控制监测指标体系的应用[J].中国输血杂志, 2024, 37(3): 267-274.
LIU Q, WU Y Q, LI X M, et al. Application of quality control indicator system in blood banks of Shandong[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2024, 37(3): 267-274.

[14] 中国输血协会.T/CSBT 004-2019:血站血液检测实验室质量监测指标[EB/OL]. (2019-04-12). https://dev.csbtweb.org.cn/uploads/soft/190413/3_0852372921.pdf.
Chinese Society of Blood Transfusion. T/CSBT 004-2019: Quality monitoring indicators of blood testing laboratory in blood transfusion service[EB/OL]. (2019-04-12). https://dev.csbtweb.org.cn/uploads/soft/190413/3_0852372921.pdf.

[15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.WS/T 496-2017:临床实验室质量指标[S].(2017-01-15)[2017-07-01]. https://www.nhc.gov.cn/wjw/s9492/201702/93f8eb60e0f34fc896af74f13ac53562/files/1739781500219_80791.pdf.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. WS/T 496-2017: Quality indicators in clinical laboratories[S]. (2017-01-15)[2017-07-01]. https://www.nhc.gov.cn/wjw/s9492/201702/93f8eb60e0f34fc896af74f13ac53562/files/1739781500219_80791.pdf.

[16] CLSI QMS12. Developing and using quality indicators for laboratory improvement[S].Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2019.

[17] STANDARDS A B. Standards for blood banks and transfusion services[M]. 29th ed. Bethesda: AABB Press, 2014: 1-140.

[18] 刘群,李雪梅,吴玉清,等.山东省血站血液质量监测指标体系的构建[J].中国输血杂志, 2024, 37(3): 249-257.
LIU Q, LI X M, WU Y Q, et al. Construction of blood quality monitoring indicator system in blood banks of Shandong[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2024, 37(3): 249-257.

[19] 刘晶,王晶晶,赵艳梅.血站实验室ELISA检测质量监测指标的应用与分析[J].中国输血杂志, 2024, 37(9): 1052-1057.
LIU J, WANG J J, ZHAO Y M. Application and analysis of enzyme immunoassay quality monitoring indicators in blood station laboratories[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2024, 37(9): 1052-1057.

[20] 史静琤,胡明.综合评价方法及其医学应用[M].第2版.北京:人民卫生出版社, 2023:537.
SHI J Z, HU M. Comprehensive evaluation methods and their medical applications[M]. 2nd ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2023:537.

[21] 张发明.综合评价基础方法及应用[M].北京:科学出版社, 2018: 133-139.
ZHANG F M. Basic methods and applications of comprehensive evaluation[M]. Beijing: Science Press, 2018: 133-139.

[22] 谢月娜,潘彤,刘淼,等.基于NCCL室间质评数据的血站核酸检测实验室检测能力分析[J].中国输血杂志, 2022, 35(2): 212-215.
XIE Y N, PAN T, LIU M, et al. Detection ability of nucleic acid screen laboratory in blood bank based on NCCL external quality assessment data[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2022, 35(2): 212-215.

[23] 何智纯,伍晓菲,贾尧,等.血液筛查核酸检测室间质评结果分析[J].中国输血杂志,2021,34(11):1225-1227.

HE Z C, WU X F, JIA Y, et al. External quality assessment of NAT blood screening: an inter laboratory analysis[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2021, 34(11): 1225-1227.
[24] 董雯雯,赵艳梅.血液报废原因及影响因素的初步探讨[J].中国输血杂志, 2023, 36(7): 629-633.
DONG W W, ZHAO Y M. Preliminary discussion on the causes and influencing factors of blood discarding[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2023, 36(7): 629-633.
[25] 翟春燕.乳糜血产生原因分析及其对血液产品质量的影响[J].中国输血杂志, 2023, 36(7): 634-636.
ZHAI C Y. Analysis of chylemia and its impact on blood product quality[J]. Chinese Journal of Blood Transfusion, 2023, 36(7): 634-636.
[26] 林金兰.自愿无偿献血者血液报废原因调查研究[J].中国卫生标准管理,2023,14(16):129-132.
LIN J L. Investigation and study on the reasons for blood scrapping among voluntary free blood donors[J]. China Health Standard Management, 2023, 14(16): 129-132.
[27] 孙晓通,杨忠思,赵会霞,等.山东省血站血液检测实验室检测设备配置情况分析[J].医疗卫生装备, 2024, 45(3): 81-85.
SUN X T, YANG Z S, ZHAO H X, et al. Analysis on configuration of testing equipment in blood testing laboratories of blood stations in Shandong Province[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2024, 45(3): 81-85.
[28] 尤宝宁.河北省检验检测机构效率评价研究[D].石家庄:河北科技大学, 2019.
YOU B N. Research on efficiency evaluation ofinspection and testing organizations in Hebei Province[D]. Shijiazhuang: Hebei University of Science and Technology, 2019.
[29] 府伟灵,陈瑜.机构与运行[M].北京:人民卫生出版社, 2020: 101.
FU W L, CHEN Y. Institutions and operations [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2020: 101.

收稿日期：2026-04-23
修回日期：2026-05-12

(上接第 163 页)

ZHANG W J. Application of irregular antibody test in clinical blood transfusion examination[J]. Chinese Journal of Clinical Pathologist, 2024, 16(1): 89-92.
[4] 胡修东,臧洪婧,陈睿鹏.生物信息学分析构建三阴性乳腺癌基于基底膜相关基因的风险评分模型[J].现代检验医学杂志, 2025, 40(3): 6-12.
HU X D, ZANG H J, CHEN R P. Construction of the triple-negative breast cancer risk score model based on basement membrane-related genes by bioinformatics analysis[J]. Journal of Modern Laboratory Medicine, 2025, 40(3): 6-12.
[5] ZHANG W, LI T T, LIU H Q, et al. LASSO regression-based nomogram for distinguishing nontuberculous mycobacterial pulmonary disease from pulmonary tuberculosis: a clinical risk prediction model[J]. Scientific Reports, 2025, 15(1): 21099.
[6] 刘春梅.溶血性输血反应的诊断与治疗[J].中西医结合心血管病电子杂志, 2017, 5(1): 2.
LIU C M. Diagnosis and treatment of hemolytic transfusion reaction[J]. Cardiovascular Disease Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2017, 5(1): 2.
[7] 赵雪瑞,江晓春.不规则抗体筛查阳性患者输血治疗对策分析[J].临床血液学杂志, 2024, 37(6): 405-408.
ZHAO X R, JIANG X C. Analysis of therapeutic countermeasures for blood transfusion in patients with positive screening for irregular antibodies[J]. Journal of Clinical Hematology, 2024, 37(6): 405-408.
[8] PERPETUAL I I, AKUBUEZIUKA A R, OSEREMEN D I E, et al. Frequency of maternal red blood cell alloantibodies and clinical utility of antibody screening in Abuja, Nigeria[J]. Transfusion and Apheresis Science, 2025, 64(6): 104243.
[9] THAKUR S K, SINHA A K, JAHAN A, et al. Alloantibody among Thalassemia patients receiving multiple blood transfusions at a tertiary care hospital in India[J]. Bioinformation, 2023, 19(4): 362-368.
[10] TADASA E, ADISSU W, BEKELE M, et al. Incidence of acute transfusion reactions and associated factors among adult blood-transfused patients at Jimma University Medical Center, southwest Ethiopia: a cross-sectional study [J]. Medicine, 2024,103(32): e39137.
[11] FALGUIÈRE C, ALLALI S, KHAZEM B, et al. Delayed hemolytic transfusion reaction in children with sickle cell disease: first 5-year retrospective study in mainland France[J]. Haematologica, 2023, 108(3): 889-894.
[12] CHEN C X, WANG L X, HAN B, et al. Autoimmune hemolytic anemia in hospitalized patients: 450 patients and their red blood cell transfusions[J]. Medicine, 2020, 99(2): e18739.
[13] GOUBRAN H, RAGAB G, SEGHATCHIAN J, et al. Blood transfusion in autoimmune rheumatic diseases[J]. Transfusion and Apheresis Science, 2022, 61(6): 103596.
[14] JIN Y M, FU X Y, XIE S H, et al. Establishment and clinical application of Rh blood group bank in the East China region[J]. International Journal of General Medicine, 2025, 18: 717-724.
[15] PÁEZ M, JIMÉNEZ M, CORREDOR A. Hemolytic disease in fetuses and newborns due to antibodies against the M-antigen[J]. Biomedica, 2021, 41(4): 643-650.
[16] BLEIK P, MATUBIA V. Warm autoimmune hemolytic anemia secondary to babesia microti infection: a case report[J]. Cureus, 2023, 15(12): e50294.
[17] WABUYI P, MUWANGUZI E, OKONGO B, et al. Prevalence of high titre anti-A and anti-B haemolysins amongst blood group "O" voluntary donors at mbale regional blood bank, eastern Uganda[J]. Journal of Blood Medicine, 2025, 16(3): 117-121.

收稿日期：2025-12-19
修回日期：2026-01-27