

国外医院实地考察与医院建设标准实施

同济大学净化空调研究所 沈晋明*

苏州大学

俞卫刚

摘要 本文通过国外医院实地考察, 调研国外医院建设标准的具体实施情况, 探讨医院发展趋势, 以供我国医院建设参考与借鉴。

关键词 国外医院建筑, 规范与标准, 设施系统, 实地考察

The foreign hospitals fieldwork and its construction standards implementation

By Shen Jinming, Yu Weigang

Abstract This paper introduced the fieldworks in foreign hospitals, the research for its hospital construction standards, and discussion about hospital trends. It is worth of information and reference for hospital construction in this country.

Keywords foreign hospital building, code and standard, facility systems, fieldwork

*HVAC Institute, Tongji University, Shanghai, China

1.引言

目前我国医院建设热潮持续, 大家都十分关注国外医院建设以及相应的标准, 以得到更多的启示与借鉴。国外的医院建设标准是基于本国的国情和对医疗环境控制认识与实践。尽管近年来发达国家中主导国家的标准均已被翻译, 并做了介绍^{[1]-[5]}。但是要真正了解一个国家医院建设标准, 要认识它的整个控制思路与体系, 不仅要研究该标准文本中的条文或技术措施, 而且更重要考察该国医院对标准的具体实施情况。对医院建设标准不能仅就某条文或某项技术措施片面解读或就条文对条文简单比较。需要弄清楚该国医院为什么在这样的技术措施下能够保障医疗、控制感染, 又能维持合适的造价与运行能耗? 也许某国的医院建设标准中某项措施要求低了, 那对其他要求是否高了? 又如何评价整个控制体系所化的费用?! 这就需要将条文、具体实施的技术措施与该标准的整个控制体系联系起来考虑。

还有标准要采用的毕竟经过大量实践检验的技术措施, 或者说标准有其迟后性, 只有对大量、具体医院的实际考察才可以看出医疗技术发展趋势、新技术应用以及相应措施的创新, 会给我们在标准文本上无法获得的启示。

无论是哪个国家, 医院建筑总是所有建筑类型中最为规范的, 形成了较为成熟的医院设计与建设体系。但国外与中国的标准体系不同, 中国绝大多数是国家标准, 西方国家很少有国家标准, 大多是专业学(协)会标准、行业标准。医院建设方面的依据有导则(guideline)、标准(Standard)、条例(Regulation)和法规(Code)。

国外的“标准”的概念与中国的理解不同, 国外的标准和导则一样都是推荐性的, 不是强制执行。法规和条例是必须执行的, 以美国为例, 如美国职业安全与卫生管理局(OSHA)条例和美国消防协会(NFPA)防火法规等。医院建筑必须遵守当地和/或各州的常规建筑法规, 只有隶属于联邦资产的设施建设(如美国退伍军人医院)只需遵守联邦条例(Regulation)而不需要遵守地方法规。标准和导则只是为了保证最低功能要求所提供的设计施工参考, 是经大量实践和研究所获得的推荐值, 可以被各种设计机构和管理部门参照采用, 不具有强制性。美国的标准和导则一般包括三类: 1) 具有认证功能的标准, 如美国医疗卫生机构认证联合委员会(JCAHO)的标准等, 收治享受医疗保险病人的医院需要满足 JCAHO 标准; 2) 专业协会机构编制的标准和导则, 如美国建筑师协会(AIA)编写的导则; 美国采暖, 制冷与空调工程师学会(ASHRAE)颁布的 ANSI/ASHRAE/ASHE 标准 170《医疗设施的通风》(以下简称 ASHRAE 标准 170)。

国外医院建设标准也与该国体制和医疗保险制度相关。法国是中央集权国家, 其国家标准影响力很强, 全法国都执行国家法规。美国与德国等国家是联邦制, 联邦州有较大自主权, 而美国州的自主权力更大。美国国土辽阔且可利用面积大, 各州气候、地理、工业水平与经

济状况相差很大。各州均有地方法规，地方法规的要求高于国家标准，而且必须执行。有关医院建设的比较著名的地方法规有加利福尼亚州设施系统规范（CMC），美国西海岸各州医院建设大多参照加州规范^{[6][7]}。

另外，欧洲实施的全民医保，美国至今尚未实施。相比欧洲，美国的公立医院与私立医院相比力量较弱、规模较小、数量较少。美国公立医院建设水准仅仅达到国家标准，而许多私立医院，尤其是教会医院建设标准远远高于国家标准，甚至地方法规。欧洲国家，除德、英、法、俄罗斯主导国家外，像西班牙、奥地利、荷兰、瑞士、瑞典等非主导国家的医院建设标准相当不错，其要求均高于美国标准，有些直接在医院建设标准引用了国际洁净室技术标准，如 ISO14644 系列标准。德国、俄罗斯等许多欧洲医院建设标准均涉及了医院用房的分级，并写明了适用的科室。但美国 ASHRAE 标准 170 侧重点是阐明保证这些医疗用房（包括手术室）的性能参数与技术要求，如最小换气、新风量、温湿度、压差等，不涉及医院用房分级，只是引用了美国外科学会（ASC）的手术三级分级，但在考察中美国手术实际分级是四级（即 A 级、B 级 C-M 级和 C 级），而且这分级是验证与认可标准。

2. 国外医院考察与调研

在修编国标 GB50333《医院洁净手术部建筑技术规范》之际，我们考察了美国、德国、法国以及台湾的医院，由于国内有人对美国医院建设标准特别感兴趣，因此重点考察了美国医院。

2.1 美国医院与医疗体系

如上所述，美国的公立医院与私立医院差距较大，如我们考察了同在俄勒冈州的州立医院和圣·文森特医学中心（St. Vincent Medical Center）^[8]。俄勒冈州立医院当然是该州最大的公立医院（图 1），额定床位 234 张，规模较小，医疗科室少，水平较低，设施较为简陋。圣·文森特医学中心是私立的教会医院（图 2），额定床位 523 张，不仅规模大，而且医疗科室齐全得多，设施更先进。



图 1 俄勒冈州州立医院



图 2 圣·文森特医学中心

美国医院建设标准从文本上要求不高，但并不表明美国实际医院的水平差。如美国 ASHRAE 标准 170 规定的最高级别手术室 C 级，手术室内最小集中送风装置面积 $1.2\text{m} \times 2.4\text{m}$ ，最小送风量为每小时 20 次换气，过滤器配置第一级为美国标准 MERV8（相当于粗效过滤器）；第二级为美国标准 MERV14（相对于高中效过滤器）。但实际考察美国医院 C 级手术室（图 3）的集中送风装置面积 9m^2 左右（图 3），实际换气量每小时大于 25 次，而且大多医院两级过滤仅配置在空调机组内，手术室的末端配置高效过滤器。美国医院是世界上最好的医疗设施之一，许多医疗新科技以及医院建设新概念大多出自于美国。就像美国汽车排放标准比中国低，但不等于美国路上汽车辆辆冒黑烟，更不等于美国城市比中国更污染。相反，全美的空气质量依然是全世界最好的地区之一。



图 3 美国手术室实景



图 4 洛杉矶唐尼医学中心

加利福尼亚州设施系统规范是美国最有特色的地方法规。基于加利福尼亚州的良好气候特点与地理环境，规范条文与技术措施不同于美国 ASHRAE 标准 170^[6]。如加利福尼亚州洛杉矶唐尼医学中心^[6]（Downey Medical Center，见图 4）、华盛顿州的普罗维登斯医疗中心^[7]（Providence Medical Center，WA）等，都遵照加州设施系统规范建设医院，取得了不少的成效。

2.2 医疗平面布局的宗旨改变

美国国土面积大，医院体量比其他国家大，美国医院感染控制历来注重医院工艺平面布局、人流与物流流线的设置、大量一次性物品的消耗、全年机械通风（不允许自然通风）等措施，在当时被视作先进理念在全世界推广。使得手术部的体量加大，其布局按照手术室与其他学科、医护与患者、人流与物流、洁物与污物分离的原则，形成了单通道、双通道、多通道等多种布局形式，较为复杂。手术室沿通道布置，通道多。尤其是大型手术部，常常难辨方向，难找目标场所。这种以感染控制为宗旨的平面布局，无法实现高效运营，降低医疗成本。难以适应未来医疗要求设备、物料与人员快速流动模式。

随着高科技设备不断进入医院，设施也需相应地提高，医疗科室，特别是手术室造价会不断提高。面对这一必然趋势，提高医疗效率，是降低医疗成本最佳对策。如手术室的装备好了，手术质量提高，感染率降低，手术时间缩短，病患受到伤害更小。造价成本要求医院设计与建设向提高医疗效率方向转移。以提高手术量、加快周转率为宗旨的平面布局提到了议事日程。如何简化手术部布局，优化流程，方便医疗，加快手术周转，提高手术效率成为新的研究课题。如利用运输无菌物品的箱式闭合小车（图5），回程时将污物密闭运出，就不再需要洁物分流的模式，有利于形成快速通道。尽管手术室造价高了，只要手术量提高，就可使每台手术整体费用降低，手术室昼夜使用模式也越来越被人接受。手术质量提高，使住院时间缩短，床位周转率高。每个病患的整个治愈费用降低了。美国发展出来以无菌物品储存与流通区域为核心的新型“中心岛”模式（图6），德国等欧洲国家开发了新型“单通道”模式（图7），突出中央快速通道，国外新建成的医院布局都充分体现了加快手术周转率这一思路。



图 5 箱式闭合小车

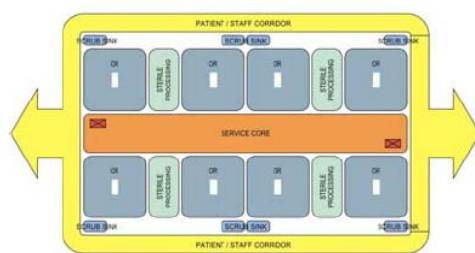


图 6 新型“中心岛”模式



图 7 新型“单通道”模式

2.3 医院新颖的节能概念

在考察过程中,国外医院根据自身的特点采用不少节能措施,通用的节能措施^[10]就不再赘述,但这些新颖的节能概念给人以启示。

洛杉矶唐尼医学中心荣获了 2011 年度美国供热、制冷与空调工程师学会最佳技术奖,是因为采用了如全新风空调、允许变风量、非集中式空调等系统,利用热泵作为热水供应的辅助热源等不同于美国医院建设标准的观点与做法^[6]。加利福尼亚州设施规范强调全新风空调,认为相比于传统的可回风的混合式空调系统,全新风空调系统可较大地降低送风量,省去了再循环风及其相应过滤与空气处理,区域(室)内致病、致敏、气味物质直接排除,不会进入系统再循环,极大地消除了感染的风险,有效保障医疗环境的良好空气质量。并认为当前的送、排风间热(冷)回收装置性价比已经达到较为合适价位,可以在医院中积极推广全新风空调系统。以提高热回收装置的性价比为中心,在医院实现全新风变风量空调作为节能措施是一种新思路。既能够保障医疗、控制感染,又能维持合适的造价、有效地减少了运行能耗。这可能与我国传统思路不同。同样,德国医院建筑节能重点放在改善玻璃的性能上,而大力提倡大玻璃窗甚至玻璃幕墙的建筑,对于高纬度国家大玻璃对降低照明能耗与改善室内人员心理效应有着积极的意义。

法国多勒医院提出了“能源站(Energy Pole)”这一整体概念^[9],不同于以往的局部的节能措施。针对医院中一般科室与关键科室这两类不同科室有着不同的医疗环境控制要求。采用双工况冷冻机蓄冰、干式冷却器(冬季用于免费制冷)、热回收和专用控制系统等综合措施的“能源站”系统节能方案(图 8),根据峰谷电价差和医院的运行能耗特性,按免费制冷、蓄冰释冷与冷机供冷的序列优先运行,避免了用电高峰时段运行冷机。并分离一般科室与关键科室两套供冷系统,利用晚间蓄冰的释冷低温冷冻水,保障了关键科室环境控制要求(主要是湿度控制),降低了能耗。这种方法在中国大陆^[11]与台湾^[12]也有采用。实现了有效节能减排,取得了良好的经济效益,加快了投资回报。

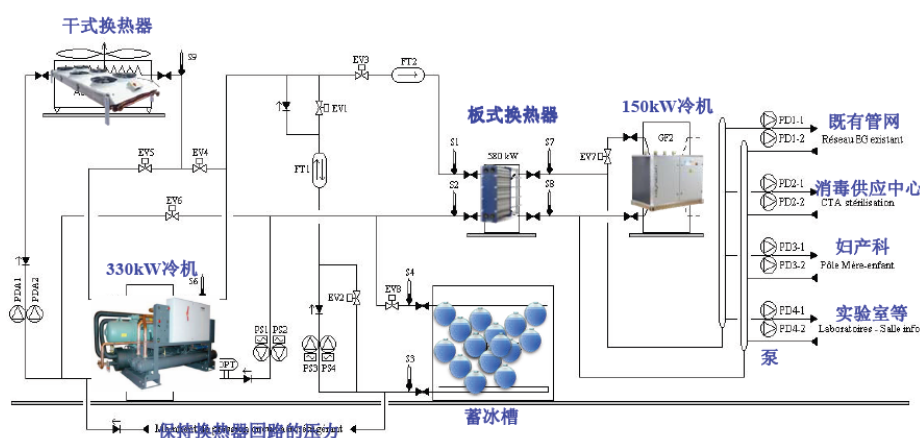


图 8 多勒医院能源站系统的方案

2.4 加大医疗设施的使用率

加大医疗设施,尤其是高级医疗设施的使用率,是国外医院运营的重点。就拿手术部来说,国外认为既然已建有高级别手术室,就得加快手术周转,加大其使用率。只有及时、有效地最大限度使用,才能实现它的价值。不能因为是普通手术而不让使用高级别手术室,如让高级别手术室闲置而不断折旧,则更不合理。

与我国传统认为“高级别手术室运行费用高”的思路相反,实际上“高级别手术室运行费用”要比低级别手术室的运行费用低。就以净化空调系统来说,风机能耗与系统的送风量与系统阻力相关。可表示为

$$N = \frac{QH}{1000\eta} = \frac{Q\Delta p}{1000\eta} \quad \text{式 (1)}$$

式中 N——风机轴功率 (kW);

Q——送风量 (m^3/s);

H——风机全压 (Pa);

Δp ——系统管网设备阻力 (Pa);

η ——风机效率;

净化空调系统的阻力与风管实际流速相关(与送风量无关),净化风管经济流速一般取每秒近十米(流速可由风管截面来调节),手术室送回风系统形式与阻力相差不多,主要差别在于末端过滤器实际阻力。风机耗功率计算见式 1,为方便比较,风机效率 η 设为 100%,末端过滤器的阻力可近似视与风量成正比。如取常用的 $6\text{ m} \times 6\text{ m} \times 3\text{ m}$ 手术室,体积为 108 m^3 。末端采用的高效过滤器额定风量是 $1000\text{ m}^3/\text{h}$,在额定风量下初阻力为 190 Pa 。对于乱流手术室 15 次换气,送风量为 $1620\text{ m}^3/\text{s}$,即送风量为 $0.45\text{ m}^3/\text{s}$,设置两个高效风口,实际的风量为额定风量的 81%,实际高效过滤器初阻力为 152 Pa ,则耗功率为 68.4 W 。高级别手术室 25 次换气,送风量为 $2700\text{ m}^3/\text{s}$,即送风量为 $0.75\text{ m}^3/\text{s}$ 。采用局部非诱导送风装置,送风面风速为 0.3 m/s ,实际初阻力为 48.05 Pa ,同理,得出耗功率为 36.04 W 。显而易见,高级别手术室的耗功率仅占乱流手术室 52.7%,随着使用时间推延,乱流手术室高效过滤器积尘速率,或者说阻力增长远快于高级别手术室,则两者耗功率相差更大。这就是国外尽量使用高级别手术室的缘由。

因此国外现在已不强调设计专用手术室,而是强调其通用性。尤其在德国,凡是新建成的手术室,如乌尔姆大学医院 (Universitätsklinikum Ulm),美因茨天主教医院 (Katholisches Klinikum Mainz) 与汉堡海洛斯医院的手术部 (HELIOS ENDO Klinik Hamburg) 全部都建成德国医院标准 DIN1946-4 规定的最高级别的 I A 级手术室,采用的送风装置有无围挡的 (图 9) 和有围挡的 (图 10),送风面积为 $3.2\text{ m} \times 3.2\text{ m}$,供所有手术使用。高度无菌手术环境对任何手术都是百利无一害,何况现在越来越重视无菌颗粒对手术部位感染的负面影响^[13]。



图 9 德国无围挡的 I A 手术室



图 10 德国有围挡的 I A 手术室

当然,对于我国医院来说不是盲目照搬国外的做法,而是理解这一观念的要点,即提高手术室使用率。我国人口多,手术量大,医院在做手术室规划时,不一定学外国都建成最高级别的手术室。应首先确定那级手术室对本院最适用,或者说使用频率最高,就建那级手术室。保证在实际运营中始终保持该级手术室最高使用率,这才是合理。提高医疗设施使用效率也反映了医院建设发展一种趋势。这就是我国《规范》制定4个级别手术室的缘由之一,便于根据实际情况多种选择,而不是要求所有医院都建全所有级别的手术室。

2.5 推广一日手术中心

一日手术或同一天手术（one-day surgery 或 same-day surgery）在国外被积极推广，在过去 20 年中一日手术量已经翻了一番了。在发达国家中一日手术已占手术患者中一半。目前美国大型综合医院中门诊手术量已达到 65%，预计在未来 10 年将提高到近 75%。一日手术被定义为病患入院、术前准备、手术、术后恢复、出院回家在同一天内。一日手术不是原来意义上的门急诊小手术、简易手术或紧急处置。由于医学的发展，手术器械的改进、微创外科技术发展、手术日趋局限化和智能化，替代了过去的解剖型的复杂大手术。只要有切口，无论大小，如实施医疗程序的治疗室（Procedure Room，见图 11）等都归于一日手术部。这种治疗室现成为医疗热门课题，从简单到复杂的治疗室相差很大，有的设施简直与手术室相差无几，美国 ASHRAE 标准 170 将它与 A 类手术室归于同一类控制措施。在欧洲，全民医保使得病患的手术排队时间较长，为缓减压力，大力推广一日手术，极大提高了现有医疗资源利用率，目前已发展成为一日手术中心、或一日手术部。美国也在加快发展一日手术中心，如加利福尼亚医疗中心（图 12）、美国纽约大学医院一日手术中心已有十间手术室。不仅仅因为门诊手术具更大成本效益，而且一日手术的病患要比住院数天而手术的病患的术后感染率低得多，病患者心理康复更快得多，这已成为手术室发展趋势之一，这值得我国医院建设借鉴。目前在我国更应该积极推广一日手术，扩大一日手术部规模，严格控制或限制住院手术部规模，才能充分利用现有医疗资源，促使我国手术室建设健康发展。我国新版 GB50333《医院洁净手术部建筑技术规范》尚未涉及一日手术部和治疗室（Procedure Room）。



图 11 一日手术中心内的治疗室



图 12 加利福尼亚医疗中心一日手术中心

2.7 综合手术室的发展

最后值得一提的是综合手术室（Hybrid Operating Room）^[14]，我们所考察的国外医院都至少建有一间综合手术室。由于高清、实时的成像诊断与精确定位技术、数字化集成系统以及介入器械乃至机器人等高科技迅速发展，不断促使手术技术进步。高科技装备应用与多学科融合能对同一患者，在同一处、同一时段内实施不同类型与手段的治疗，以达到医疗目的，这种新的医疗方式将会极大改变传统医疗模式。实现了“以最小的手术创伤达到最佳的手术效果”，完成了过去单靠医生眼、手和脑无法能完成的高难度的手术。这的确反映了手术室发展的一种趋势^[14]。手术室内成像设备有吊挂式的（图 13）和落地式的（图 14），送风装置有层流送风的（图 13）也有带空气幕的（图 14），成像设备的配置与功能也有所不同。综合手术室不但面积大，而且造价昂贵。综合手术室采用在于其实效性，国内医院千万不能将综合手术室看成医院档次的标志，盲目跟风。由于高科技产品性能与自身价格时效性强，综合手术室中的影像设备与数字化集成系统等硬件与软件更新很快。首先要明确自身医院与手术部定位，医疗水平以及适用病患群，充分估算能否利用其时效性为本院取得更大的效益。否则如没有能力完成足够的手术量与收益，却支付不断更新综合手术室的软件与硬件的费用，以维持医院竞争力，就可能得不偿失了。国外认为现综合手术室已突破高科技发展的临界点，从高端医院逐渐走向普及，估计到 2015 年综合手术室平均每年会增长约 15%，再过 5~7 年将会被普及。预测在 10 年内将出现完全新型的未来手术室。这次我国新版的 GB50333《医院洁净手术部建筑技术规范》已将综合手术室建设要求写入条文中。



图 13 耶鲁大学医疗中心综合手术室



图 14 带空气幕送风装置的综合手术室

3. 结语

通过对国外或境外的医院实地考察的方式，调研了国外医院建设标准的具体实施情况，认识了它的整个控制思路与体系，而非仅仅地研究该标准文本中的条文或技术措施，并了解了医院建设新理念、新技术、新装备，探讨了医院发展趋势，给了我们许多启示。值得注意，在整个考察过程中无论国外还是境外医院没有一间手术室的通风空调系统内设置如紫外线等任何消毒装置。

总之，结合我国国情以及医院自身特点，正确了解每个国家医院建设标准及其实施细则，借鉴其保障医疗、控制感染的适宜技术措施，将有助于推动我国医院建设的健康发展。

参考文献

- [1] 刘燕敏，浅析俄罗斯标准《医院空气洁净度一般要求》[J].暖通空调，2007, 37(12): 54-57
- [2] 沈晋明，朱青青，张成：欧洲医院标准评述 [J].暖通空调，2009, 39(4): 51-55
- [3] 沈晋明，朱青青，孙甜甜：ASHRAE170医院通风标准评述 [J].暖通空调，2009, 39(4): 56-60
- [4] 沈晋明：简介新版德国医院空调标准 DIN1946/4 [J]. 暖通空调，2010, 40(2): 13-17
- [5] 沈晋明，赵陈成，法国医院建设标准评述 [J].暖通空调，2012, 42 (9): 47-51
- [6] 沈晋明，美国洛杉矶唐尼医学中心设施简介[J].暖通空调，2012, 42 (10): 87-89
- [7] 沈晋明，美国华盛顿州普罗维登斯医疗中心观感[J].中国医院建筑与装备 2012 (1): 60-63
- [8] 沈晋明，简介美国俄勒冈州圣·文森特医学中心[J]. www.chinaacac.cn
- [9] 沈晋明，简介法国多勒路易·巴斯德医院能源中心，www.chinaacac.cn
- [10] 沈晋明，马晓琼，医院建筑特点与节能[J].暖通空调，2007, 37 (8): 33-38
- [11] 俞卫刚，沈晋明：医院空调采用冰蓄冷与湿度优先控制组合技术的适用性分析 [J]. 暖通空调，2007, 37(12):46-49
- [12] 沈晋明，台湾马偕纪念医院淡水院区一览[J].中国医院建筑与装备 2012 (8): 60-63
- [13] 于玺华，空气净化是除去悬浮菌的主要手段[J]. 暖通空调，2011, 41(2): 58-62
- [14] 沈晋明，手术室建设发展趋势与对策 [J].中国医院建筑与装备 2012 (10): 30-33

沈晋明，男，1946 年 10 月生，工学博士，教授，博士生导师
200092，同济大学机械工程学院，（021）65988388
E-mail: jinming_shen@163.com