

NORMAN FRIEDMAN

海军火力：

**Naval Firepower: Battleship Guns and Gunnery
in the Dreadnought Era**

巨舰大炮时代的 舰炮和战术

世界海军顶级专家诺曼·弗里德曼旷世巨著
详解海军发展史和海上霸权的强大实力

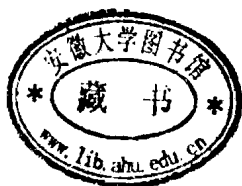
诺曼·弗里德曼 著 肖丁 彭英武 毛翔 译 李健 校

航空工业出版社

海军火力： 巨舰大炮时代的舰炮和战术 II

诺曼·弗里德曼 著

肖丁 彭英武 毛翔 译 李健 校



航空工业出版社

内 容 提 要

19世纪末~20世纪中叶,全球主要国家海军都经历了巨舰大炮时代最令人激动的岁月,那个时代的海军继承并利用自工业革命以来的最新科技成果,在短短50~60年间几乎达到机械化战争时代海上武装力量演进的巅峰。本书通过剖析海军装甲战舰问世以来,海军炮术与战术互相促进和共同发展的历史脉络,突出海军舰炮火力发展和战术演进为主线,结合当时政治、军事和经济等多方面因素,详细回顾、评价了从19世纪末至20世纪50年代期间,海军炮术技术发展和战术演变的全过程。

图书在版编目(CIP)数据

海军火力:巨舰大炮时代的舰炮和技术:全2册/
(美)弗里德曼(Friedman, N.)著;肖丁,彭英武,毛
翔译,--北京:航空工业出版社,2013.1

书名原文:Naval firepower: battleship guns and
gunnery in the dreadnought era
ISBN 978-7-5165-0133-7

I. ①海… II. ①弗… ②肖… ③彭… ④毛… III.
①战舰—世界—普及读物 IV. ①E925.6-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第315851号

北京市版权局著作权合同登记

图字:01-2012-6522

Originally published in Great Britain by Seaforth Publishing under the title *Naval Firepower* © Norman Friedman 2008

Naval Firepower: battleship guns and gunnery in the dreadnought era
© Norman Friedman 2008

Copyright of the Chinese translation © 2011 by Portico Inc.

ALL RIGHTS RESERVED

海军火力:巨舰大炮时代的舰炮和战术 II Haijun Huoli: Jujian Dapao Shidai de Jianpao he Zhanshu II

航空工业出版社出版发行

(北京市安定门外小关东里14号 100029)

发行部电话:010-64815615 010-64978486

北京佳信达欣艺术印刷有限公司印刷 全国各地新华书店经售

2013年1月第1版

2013年1月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:787千字

印张:40.5

定价:168.00元(全2册)

如有印装质量问题,我社负责调换。

目 录

简 介	1
第一章 舰炮相关问题	11
克服舰体运动影响	12
提升舰炮射程的需要	20
目标测距	22
距离变化率	33
舰上信息传输	38
系统整合的问题	43
1904 ~ 1905年日俄海战经验	49
本章注释	56
第二章 射程计算相关问题	65
维克斯钟	68
海战场态势标绘	70
德雷尔火控台	80
普兰及其综合解决方案	99
普兰系统的对外输出	121
本章注释	126
第三章 射击和命中	137
利用火控系统	138
射击指挥仪	145
集中多舰火力	163
本章注释	165

目 录

第四章	1904 ~ 1914年海战战术	169
	鱼雷	172
	分舰队战术	175
	反思炮术问题	177
	测距仪控制	179
	战争爆发	185
	战争结果	193
	本章注释	199
第五章	令人惊讶的1914 ~ 1918年	207
	黑尔戈兰湾海战	216
	福克兰群岛海战	217
	斯卡伯勒突袭	219
	多格滩海战	220
	日德兰海战	224
	大战期间海军所使用炮弹	227
	本章注释	229
第六章	大战间歇期舰炮火力发展	235
	反思火控系统	251
	改进射击指挥仪	263
	火控系统的输出	265
	轻型舰只火控系统	271
	射击问题	272
	集中火力问题	276
	本章注释	284

目 录

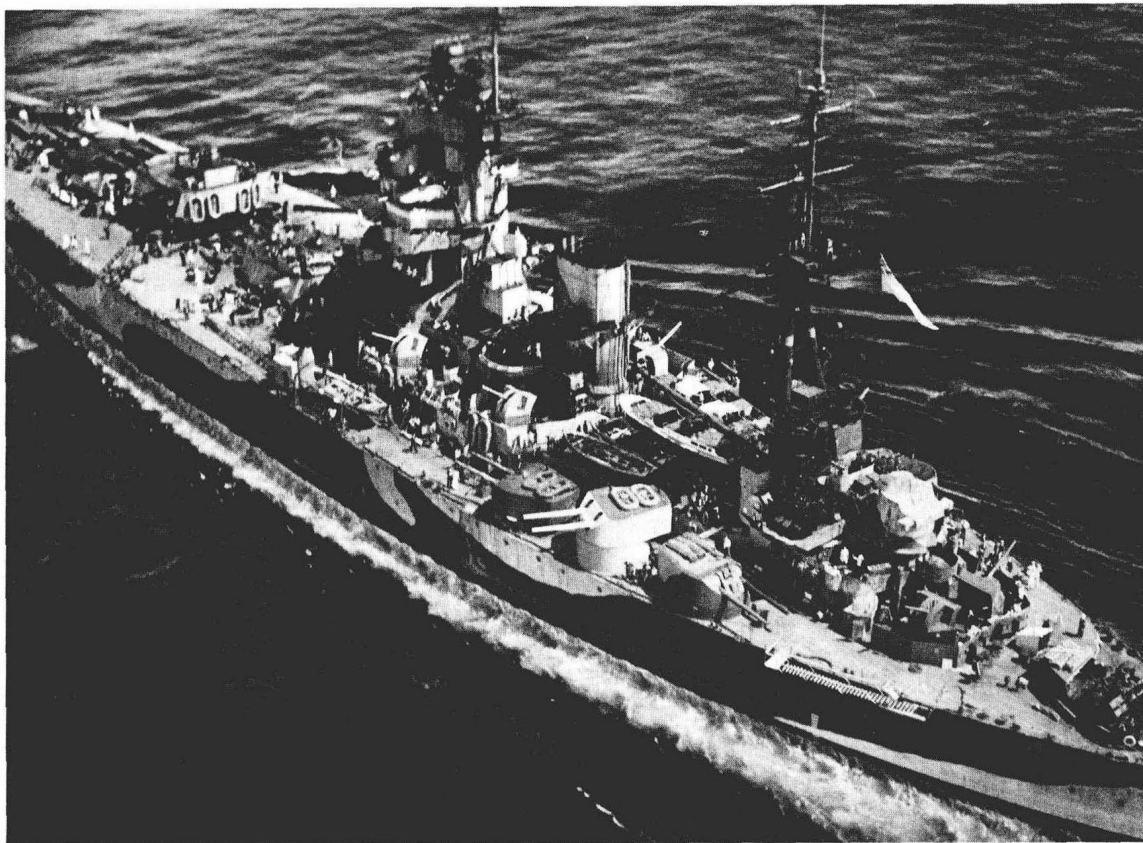
第七章	第二次世界大战	293
	战争期间其他炮术革新	302
	Mk X型海军火力指挥控制台	304
	战争期间经验	306
	本章注释	324
第八章	德国海军	327
	一战时期的德国海军	332
	一战时期的奥匈帝国海军	339
	德国海军对一战的总结	342
	一战后德国火控系统的荷兰元素	345
	二战时期的德国海军	348
	本章注释	359
第九章	美国海军	365
	一战后美国海军火控系统发展	387
	新一代火控系统的出现	395
	二战前美国海军炮术射击	416
	本章注释	421
第十章	二战时期的美国海军	439
	二战期间的美国雷达系统	457
	二战期间美国火控系统发展	467
	科曼多尔群岛昼间海战	469
	本章注释	473

目 录

第十一章	日本海军	479
	力量均衡器：远程炮术和鱼雷	495
	战争经验	504
	本章注释	509
第十二章	法国海军	515
	令法国海军惊诧的一战	526
	一战后法国海军的发展	532
	本章注释	547
第十三章	意大利海军	555
	本章注释	570
第十四章	俄罗斯/苏联海军	577
	本章注释	598
附录	发射药、舰炮、炮弹及舰用装甲	602
	发射药	604
	舰炮和弹丸	612
	穿透装甲	614
	舰炮	620
	本章注释	624

第七章

第二次世界大战



上图：1944 年 7 月 4 日所拍摄的皇家海军“纳尔逊”号战列舰，图中可见该舰舰桥后部主桅杆上端的指挥仪。该舰在此照片拍摄时仍未配备主炮塔指挥仪测距雷达，当时英国海军的雷达供应非常紧缺，通常只优先为新型主力舰配备。

海战时代，最大的、最令人惊愕的技术突破当属雷达在海军的应用，这一关键技术装备的成熟和普及，最终使在夜间、更长距离上的交战成为可能。正如1943年12月，皇家海军“约克公爵”号战列舰在围猎德国“沙恩霍斯特”号的海战中，在自身几乎毫发无损的前提下，成功地运用炮术雷达击沉该战列舰。配备于战列舰及巡洋舰上的第一代米波雷达（如79型、279型和281型雷达等），主要用于对空搜索，但在实战中使用人员也发现，它们同样能用于对海平线之外水面舰只目标的探测。根据现有史料记载，英国皇家海军第一次尝试利用雷达作战发生于1940年12月25日，当时皇家海军蒂朵级巡洋舰“圣波拿文都拿”（Bonaventure）号在海上遭遇一艘德国希佩尔（Hipper）级巡洋舰，在接战过程中，英舰利用其舰载雷达对目标德舰进行测距，但在实践过程中发现，雷达并不能给出较准确的目标距离数据。在此次交战中，英舰主要进行了盲目的阶梯射击，两舰之间的距离状态变化也极为频繁（交战日志显示，估计两舰在2分钟内距离变化量达到3300码）。1941年3月，炮术训练舰“卓越”号在对战时炮术发展的评论中称，其姊妹舰“那伊阿得”（Naiad）号当时已能用雷达进行战场标绘，并能利用

此标绘结果进行机动和射击，即它已能通过其雷达计算目标舰的距离变化率。但是，当时大多数英舰所配备的279型雷达主要仍用作对空搜索，并不具备这样的功能。因此，英国本土舰队也希望一旦未来雷达技术进一步成熟，就可以利用雷达测距来应对目标舰只的剧烈机动¹。

在20世纪30年代末期，第一代对空搜索雷达发展起来后不久，英国海军部信号部门就开始开发采用50厘米波长的炮术雷达，因为当时的雷达技术最高只能生成600 MHz高频雷达波，因此其生产的波束宽度也是最窄的。1940年12月，皇家海军率先在其“英王乔治五世”号战列舰上试验284型炮术雷达（285型用于防空），试验中较准确地获得了20000码以外一艘巡洋舰的距离数据²。当时在试验中还并未发挥出此原型雷达的最高性能，仅用于生成波束进行探测，因此它也仅被用作测距用途。后来284型炮术雷达亦成为战争期间皇家海军主要配备的主炮雷达，在战争初期围剿“俾斯麦”号和“沙恩霍斯特”号等德国海军主力战舰的行动中，都有参与。

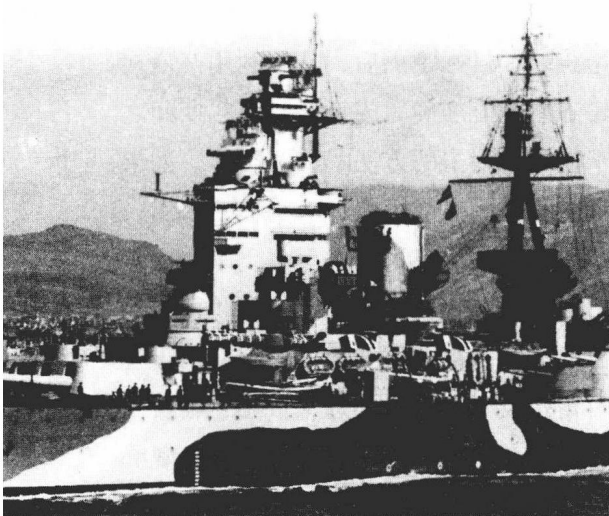
由于较早地就开始雷达等电磁设备的研制，皇家海军也比其他国家海军更早注意雷达这类电磁设备在使用时电

磁泄漏被截听，甚至为敌方所利用的问题。当时就有一种说法认为，德国海军“俾斯麦”号战列舰在与“胡德”号战列巡洋舰对决的过程中，前者所配备的雷达设备给予其很大的优势，因为英舰怕遭遇对方的反探测，而在交战过程中未打开其火控雷达，仍凭借传统的火控方式，从而招致多次被命中最后沉没。参战的另两艘英国主力舰中，“威尔士亲王”号同样也未打开雷达指导火控射击，“英王乔治五世”号上的雷达虽已打开，但其操作人员最初将本舰射出炮弹溅起的水柱当作“俾斯麦”号的反射回波（当时雷达技术仍较为原始，两者较近时并不易分辨），因此也未能发挥较大的作用，而且在交战开始的30分钟后，由于舰体震动导致其所载284型雷达很快就出现故障。

即便如此，“英王乔治五世”号在此次行动中的所为，也被视作将新出现的雷达与先前观测、标绘概念相结合的一次成功尝试。该舰通过在火控台上添加一部标绘装置，专用于把雷达测定距离标绘在原有设备的标绘图样中，将雷达与整个火控系统结合为一体。运行时，首先利用传统光学观测手段对目标进行测距，之后再利用雷达进行精确测距。对此，海军部不少人士认为，除非未来雷达的可靠性和性能更加完善，那

么原来战舰利用齐射修正测距的次数将不可能减少。接战过程中，一旦利用雷达获取了目标距离后，基本利用两或三轮齐射就能准确完成目标测距。期间之字形群组射击的方法仍甚为必要。如果敌舰快速脱离战场，造成目标丢失后，即如果两次之字形群组射击仍未能覆盖目标，战舰将再次利用传统的阶梯射击方式重新获得奏效的射击距离。由于当时雷达及电子技术仍远未成熟，在交战出现故障的概率较大，因此战舰必须随时保持传统的机械式火控系统的运作。此外，在雷达应用于炮术的实践中也发现，两舰间的真实距离与火控台上代表雷达测定距离的铅笔所标绘出的距离之间的差异，也可能成为一个新的误差来源，特别是这一误差会在射击并观测其弹丸落点时出现（弹丸溅落起的水柱也会反射雷达波）³。

弹丸落水时溅起的水柱会很容易地反射雷达波，造成对目标舰探测的干扰，海军部对此也印象深刻，如果不解决这一问题，在实战中利用雷达对目标舰测距就非常困难。就利用雷达替代传统方式观测弹着落点而言，单独探测某一发炮弹的落点远远不够，理想的状态是要能探测到一组齐射炮弹的平均落点距离，这样在修正时才更具指导意义，但在当时这一能力亦远未成熟。同时，



利用雷达测距也使校准各舰炮的射表距离与实射距离成为可能，而利用传统的光学测距方式根本无法实现。对于当时雷达性能的评价，“英王乔治五世”号上的雷达操作人员可能深有感触，因为在试验和实战过程中，他不仅在监视屏上看到目标和未命中弹丸落点的回波，同时弹丸在空中飞行时的回波也会大量出现，这些都对目标的观测和测距构成了重重干扰。

当时，利用雷达观测弹着落点还存在着一个较重要的问题，即齐射时炮弹的落点散布区域经常看上去非常宽大，从某种程度上，这可能是由于雷达操作人员疲劳（特别是在战时操作人员长时间连续盯看监视屏）以及弹丸在其弹道末端的弹道（3000~4000码）过于平直

所致，海军部虽早已发现此问题，但并没有更多的解决之法。此外，随着舰载无线设备的增加（无线电通信系统以及雷达等），电磁设备使用时的互扰问题也逐渐出现，有时尽管同一艘舰上的无线设备使用完全不同的频率，但干扰问题仍然非常明显。

左图：图中为英国皇家海军“纳尔逊”号战列舰，该舰配备着二战时期皇家海军威力最为强大的火炮，此照片摄于1944年5月23日。新型火力于1941年10月~1942年3月期间该舰接受现代化改装时所安装。尽管改装期间海军部希望也为其主炮塔指挥仪控制塔配备新型的284型雷达，但实际上却并未安装（仅添加了用于防空285型雷达，特征便是舰桥上部的鱼骨状天线）。主桅杆上类似的天线位于该舰高角度指挥仪上方，其旁边是对空速射机枪指挥仪（对空机枪指挥仪也配有自己的防空测距雷达，即282型雷达，显著特征是其4片鱼骨状天线，而非6片鱼骨状天线）。此外，改装虽像原计划那样为其配备284型雷达，但替代性地仍安装了273型水面搜索雷达（主桅杆上类似灯笼的圆柱形物体）。在该舰更早期接受的改装中（1940年1~8月在朴茨茅斯），就已配备了281型对空搜索雷达（此雷达分离的接受和发射天线同处于中桅顶部）。战争期间，该舰接受的其他改装和性能提升还包括配备了3部用于控制对空速射机枪的指挥仪（共3部，其中有2部位于主桅杆上部，另1部位于舰体后部甲板下方）、4部防空弹幕指挥仪，每部指挥仪配1套283型小型雷达（分别配置于舰体中部舰桥两侧），按此照片拍摄角度无法看到舰体后部的指挥仪等设施。

大战爆发后，德国海军同样也开始将雷达技术应用于炮术，而且他们对雷

达技术的理解可能并不亚于英国。德国海军曾在几次夜间战斗中利用雷达控制的火控系统向英舰发起攻击，而且根据当时英舰的雷达观测数据及作战日志表明，德舰很可能根据当时雷达的技术特性，相应优化了本舰的队形和战术。比如，德国海军舰队在英舰雷达可能探测的区域内，常常结成纵列线式队形（即尽可能让己方舰队队形在英舰的雷达探测视野内保持较小的投影），并且设置轻型舰只于队形靠近英舰的一端，利用其较弱的雷达回波掩蔽后侧的大型主力舰，隐藏整个舰队在雷达观测下的规模和踪迹。然而，根据大量的皇家海军战时行动报告和作战日志来看，德国主力舰的雷达要想在实战中获得目标准确距离也是非常困难的，比如在几次英德主力舰的昼间战斗中，除了“俾斯麦”号对阵“胡德”号战舰的战斗，“俾斯麦”在后继的几次战斗中其主炮初始射击时的测距都不够准确。因此，当时皇家海军推测认为，“俾斯麦”号在前后几次战斗中雷达系统的不同表现可能意味着，德舰不想放弃火力上的精确性，但由于雷达系统出现故障，从而致使其炮术表现大幅下降；继而在后来围剿“俾斯麦”战舰的一系列战斗中，德舰雷达系统的问题对于围堵的英舰在战斗中利用雷达实现一系列命中，具有非常

重要的影响。

战争期间，皇家海军第1巡洋舰中队（旗舰为“诺福克”号巡洋舰）的指挥官就总想知道，是否敌舰在使用雷达对己方舰只定位，因为他总感觉到对方的雷达与其舰炮控制系统相连。否则，那次交战中（5月23日2时30分与德国巡洋舰队的遭遇），对方的巡洋舰就不会那么快地反应过来并投入交战。虽然当时战场环境良好，观测距离达到9~13英里范围，但对方还是在本舰光学设备观测的距离之外，就发起了攻击。后来英国人才发现，当时德舰对视距外的英舰实施的开火很大程度上是在空中侦察飞机和前锋驱逐舰的光学观测的经验上进行的，与巡洋舰舰载的雷达关系不大。而得出此结论的原因主要基于以下皇家海军对当时雷达性能的试验和认识。

在二战期间出版的数期皇家海军《炮术进展》杂志中，曾刊登了多篇海军部关于雷达应用于炮术用途的问题研究，这些文章多探讨搜索雷达对弹着溅落水柱与目标回波的分辨问题，现在看来当时的雷达技术仍无法顺利分辨出两者的区别。比如，1942年出版的《炮术进展》杂志中就告诫称，雷达的测量精度仍未达到精确射击的程度。否则当时也不会有以下雷达弹着观测规则：如果

在短暂射击间隙后，本舰火力转向毗邻原目标附近的其他目标，或者说本舰与目标舰之间距离再次拉大时，火力指挥官应该围绕着修正的雷达测定距离，选用200码而非100码的修正量实施之字形群组射击，选用较大的而非较小的修正量正说明雷达测量距离天然就不甚准确。当然，用雷达测量的数据也并未全然无用，战前持续发展出来的标绘技术无疑也帮助将这类雷达测量信息转换为有用的战场战术态势感知。而与皇家海军对此种战术标绘较感兴趣形成对照的是，当时其敌国的海军对此并无太大兴趣，或者说在战争初期并不加以重视。此外，两次大战间隙期皇家海军曾对夜间海上交战非常感兴趣，尽管当时这并未直接与利用雷达进行远程交战相关联，但对此类型交战的兴趣和相关试验研究也确实帮助皇家海军意识到雷达在夜间战斗方面所能提供的潜在优势。

战争需求确是军事技术发展的最佳激励源，二战期间英国开发的第二代雷达技术开始广泛使用磁控管（一种微波管，它里面的发热阴极发出的电子受到磁场和电场的作用，从而产生能用于探测的雷达微波辐射），它能生成具有更短波长（10厘米）、定位探测精度更高的雷达波，这一规格的波束宽度较窄，足以满足用于夜间海上远距离交战的需

求。最初，量产型的第二代雷达主要是271型对海搜索雷达，它除了配备大型舰只外，也广泛用于装备轻型舰只。到皇家海军与第三帝国海军打响大西洋战役时，英国舰队已普遍配备此型雷达。第一艘配备此型雷达的是1941年8月改装的“威尔士亲王”号战列舰⁴，之后其性能提升、强化后的改进型雷达陆续配备英国主力舰，比如配备“英王乔治五世”号战舰的273Q型雷达已能较准确地探测到以23节航行的战列舰，并且此雷达在作用距离上更超过284型雷达。其后，相应的、用于舰炮火控用途的274型雷达也逐渐成熟并投入实战，它能在探测范围内锁定并跟踪目标舰的方位以及距离。同时期美国海军也发展出类似的Mk 8和Mk 13型雷达，但与这两种雷达不同，英制的274型雷达在使用时天线阵列总是指向目标舰方位，因此无法对偏离其与目标瞄准线的弹着情况进行观测，后来英舰不得不配备辅助的930型弹着观测雷达对其进行补充⁵。

1943年12月26日夜间，英国海军围绕德主力舰“沙恩霍斯特”号进行的海上围猎与反围猎行动中，亦显示出当时舰载探索火控雷达的优势和缺陷。当时参战的英国主力舰“约克公爵”号和“贝尔法斯特”号所配备的磁控管搜索雷达，都具备计划位置显示（PPI）功

能（此功能与现在利用图形显示战场敌我舰只位置态势的概念较相近），这使英舰能够非常容易地控制多个分舰队的复杂机动交战过程。比如，当时皇家海军能利用雷达的PPI功能，同时控制两个护航编队、1个巡洋舰中队以及2个驱逐舰分舰队的共同行动。在此次围猎行动中，英舰利用处于前锋位置的多艘巡洋舰作为探测并引诱德主力舰进入己方主力舰的射击位置，巡洋舰在距德舰45500码时就利用其273型搜索雷达获得的目标信息，引导后方主力战列舰进入交战位置；英舰队部分舰只所配备的284型雷达亦在距目标舰31000码处获取到目标，其位于火控中心中的L18型显示装置则在30400码处开始显示目标状态，而同处火控中心中的方位管（用于使284型雷达指向目标）则在25800码处获得目标信息。由于交战发生在夜间，战场能见度极差，“约克公爵”号直到12000码处首次齐射时，仍未被德舰“沙恩霍斯特”号所发现（德舰虽也配备有雷达，但不知何种原因并未开启，现推测极可能实施静默，恐启动雷达后为英舰所乘）。此役中，英国舰队的驱逐舰所配备的老式雷达也在距德舰10~11海里处搜索到了目标，并利用雷达探测信息迅速抢占鱼雷发射位置，并至少对德舰命中了15枚鱼雷⁶。德舰直至

被命中时才如梦方醒，但此时已无力回天，英国巡洋舰在初期的几轮齐射中就其中以中口径火炮击毁了“沙恩霍斯特”号战列舰舰桥前部的雷达天线阵列，彻底粉碎了德国人使用雷达的可能。

这是一次不同寻常的行动，战斗发生在夜间恶劣天气条件下，当时英舰“约克公爵”号的偏航达到了每侧4~5度。而德国方面只有“沙恩霍斯特”一艘战舰出战，相比之下英舰方面则有多艘舰只位于战场，亦简化了战场的情况，而英舰利用其雷达的计划位置显示（PPI）功能，则更占据并掌握住了战场主动。由于实力悬殊，德舰方面则并不热切地盼望战斗，“沙恩霍斯特”号的速度比参战的英舰速度更快，这意味着德舰在遭遇攻击后，将主要以脱离战场和避免交战为主，而皇家海军也得以试验自日德兰海战后就始终构想的先集中多舰火力攻敌一舰，拖慢其速度的战术。

正如此战前，皇家海军所意识到的可利用雷达探测出目标距离，再实施有效射击的战术那样，“约克公爵”号战列舰成功地验证了之前皇家海军的炮术构想。根据其在此役中的炮术报告，该舰在己方舰队巡洋舰雷达捕获到目标前始终保持雷达静默，特别值得注意的是英舰在实施雷达搜索定位过程中，均未

采取雷达反制措施。皇家海军原本考虑到德舰也配备有类似的雷达，故准备使用配备在其他参战巡洋舰上的91型雷达干扰装置实施干扰，但由于设备故障未发挥作用。

由于此役只有一艘德主力舰，“约克公爵”号战列舰舰长无须为复杂的目标区雷达反射源所干扰或是顾虑德国驱逐舰的抵近鱼雷攻击。此役也表明，当时的雷达技术亦只有在战场环境并不复杂的前提下，舰队才能在较有组织和准备的条件下掌控战场态势。实际上，英国参战舰只在实施围猎“沙恩霍斯特”行动之前的十多天（当年12月12日），刚进行过一次混乱的夜间反遭遇战演习。而在交战之时，“约克公爵”号的炮术指挥军官更始终坚守在舰桥处的指挥仪控制塔（DCT）内，因为在演习中他们就意识到在夜间战斗中，任何环节都可能出现问题，他们需要随时保持处于指挥位置减少出错的可能，同时为了随时保持紧密的协同，炮术指挥人员亦通过电话保持与舰长以及火控中心控制军官的即时联系。根据其炮术报告，交战期间舰长曾多次因火控计算机出现的问题，而人为地干涉射击环节。报告中也针对舰只因偏航运动而提及了不同位置控制军官的抱怨和误解，比如，舰长就多次询问炮术军官有关舰体运动状态

的情况，斥责下属未注意到种种不利于射击的舰体运动，或者就是火控中心监控284型雷达方位管的操作人员，虽保持雷达已对准了目标，但未能随时将目标舰运动状态的变化情况反馈给相关人员。

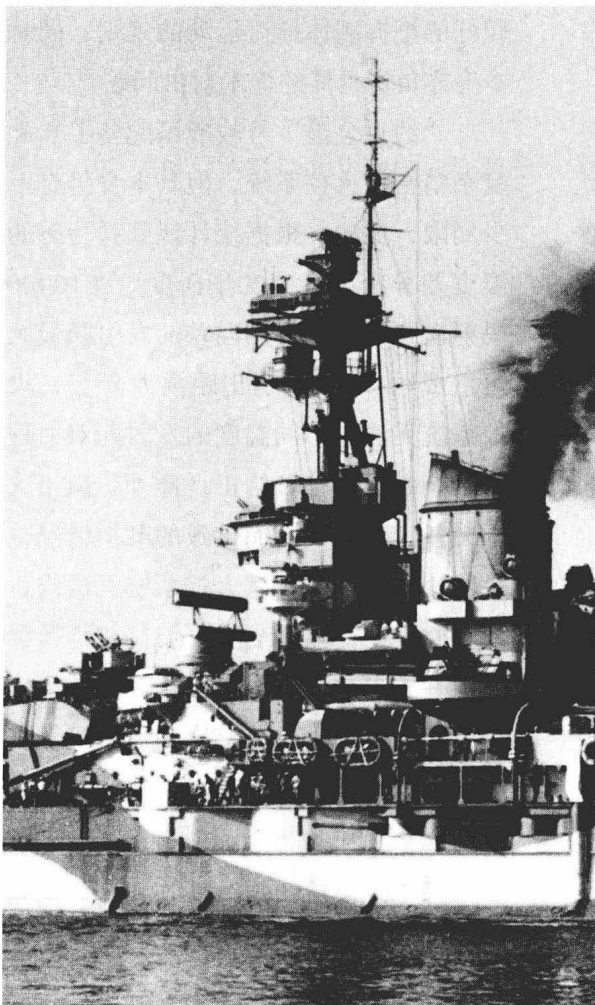
在开火前，由战舰指挥仪控制塔内的方位瞄准手负责对目标实施跟踪，然后再基于海军火力指挥控制台生成的目标方位信息，保持对目标的追踪。当然，此举也会造成操作人员的持续疲劳，比如在开火射击前，方位瞄准手必须时刻保持用仪器对目标的监视，至少长达30分钟，难免导致视力疲劳。而在夜间，这一情况更为突出，因为他的双眼要不断在双筒观测望远镜和舱室内用于显示方位角度的刻度盘之间转换。后来，美国海军在所罗门群岛夜间海战中也曾报告过类似的问题⁷。而根据多份战时报告，有时在恶劣海况条件下，由于舰体摇摆非常厉害，各炮位的方位瞄准手（可能也包括指挥仪控制塔中的同类人员），往往也陷于同样令人痛苦的境况。

在夜间战斗时，照明弹继续发挥着重要的作用，在多份皇家海军的炮术报告中就曾提及，海军迫切要求配备一种远程使用的照明弹型，而当时“萨维奇”号驱逐舰就曾在战斗中发射过美国

海军提供的远程照明弹。1943年，皇家海军开始进行射程达20000码的远程照明弹的开发工作，这类照明弹主要由主力舰的5.25英寸口径副炮发射；为避免发射药在空中发出火光，形成类似曳光弹的示踪效果，皇家海军的远程照明弹多使用不会发出闪光的发射药，防止德国战舰获得发射舰的方位。如“约克公爵”号副炮曾利用普通发射药发射照明弹，强大的闪光甚至在短时间内致盲了舰桥上无防护人员的双眼。而在此次围猎“沙恩霍斯特”号行动的最后阶段，德舰亦向抵近的英国驱逐舰猛烈开火射击，但其仍使用会爆发大量闪光的普通发射药，这使英舰准确地分辨出其轮廓（德国人当时可能并未清楚地认识到无闪光发射药的用处），这更使其成为远近英舰在黑暗中最好的标靶。

在追歼“沙恩霍斯特”号战役中，英舰的雷达测距系统也较为成熟，当时“萨维奇”号驱逐舰舰长就曾评论称，该舰利用雷达数据对目标的首轮齐射就非常完美地形成了跨射，这也是舰长之前所未经历过的。而取得这样的炮术表现，也与该舰在不久之前所多次经历的夜间雷达射击演练密不可分，同时仅有一艘德舰参战也毫无疑问地减少了己方雷达出错的概率。尽管此战的战场环境恶劣，各舰只利用雷达仍在包括横摇在

下图：照片摄于1943年9月的停泊于美国费城海军船厂接受现代化改装的皇家海军老式战列舰“君权”号，该舰在改装中配备了新型284型雷达，此雷达的天线位于其舰体高处测距仪的上方，在其主桅桅顶高角度防空指挥仪上部是该雷达的鱼骨状天线，主桅杆上部火控平台舱室下则是该舰的指挥仪舱。在该舰的中桅杆上部则设置有281型对空搜索雷达的天线，而舰体尾部则配备有271型对海搜索雷达，但在此图片中无法看到此设备。



内的多种舰体运动过程中保持对目标的准确跟踪与射击。英方各舰火控中心通常会等到舰体运动到偏航或摇摆循环的一端时再指令进行射击，此时舰体处于相对短暂的静止状态，正是射击的较好时机。要把握这一时机的主要是指挥仪控制塔内的瞄准人员，具体运作时，由火控中心提供射击参数，指挥仪控制塔负责把握具体的射击时机，因为后者能较好的把握舰体摇摆运动的规则，同时本身亦负责具体的炮术射击问题。

“约克公爵”号战舰虽配备了非常复杂精密的火控系统，但其本身仍有不少局限，比如，根据统计该舰弹药舱的温度差异跨度达到20华氏度（在10000码射击距离上，不同温差的发射药最大可造成约122码的射击距离差异），火控系统无法对不同温度的发射药对射程的影响做出补偿和修正。此外，由于火炮装备、使用不同而导致的磨损情况也各不相同，这也是其火控系统无法修正的。此役中，该舰A炮塔的1门主炮曾因故障并未参与大多数射击行动，比同炮塔的其他主炮少发射65次，后来经修复后此火炮重新投入交战，但即便采用与其他同规格主炮相同的射击诸元，射程也与其他火炮产生较大差异，相当于在10000码射击距离上，产生约231码的误差。种种这些炮术报告中的数据，都提

醒人们大口径火炮炮术问题的复杂性。

战争期间其他炮术革新

第二次世界大战的爆发，打乱了主要参战国家海军的主力舰建造和改装计划，英国皇家海军当时也不例外。当时海军部已为“胡德”号和“反击”号战舰订购了Mk VII型海军火力指挥控制台，但战事显然已不容许像平时那样从容地进行安装和调试。到1940年秋，此两部火控台已完成制造，随时准备在6个月内配备到两艘战舰上，而第三部同类系统亦将在18个月后完成制造。按计划“胡德”号和“反击”号战舰并未准备配备新的指挥仪控制塔，“胡德”舰只是将其舰体高处的指挥仪改造为指挥仪控制塔。由于当时皇家海军主要准备为其巡洋舰等中型舰只大量配备新的指挥仪控制塔，为战列舰等主力舰配备的大型控制塔则至少要等到两年之后，甚至可能第一部适于战列舰的指挥仪控制塔要到1943年1月才能完成制造（战列舰用控制塔的制造周期比巡洋舰用塔多两个月）。战争期间，皇家海军其他在炮术方面的改进还包括为改造的“伊丽莎白女王”号战列舰配备长径比更大的主炮炮弹（6 crh [Caliber Radius Head，弹头流线形部分半径与口径比，系数越