การออกแบบเรือดำน้ำ

*ดร.อัณณพ ปาลวัฒนวิไชย N.A.**

1. กล่าวนำ

เรือดำน้ำนับได้ว่าเป็นสิ่งที่น่าสะพรึงกลัวทางทหาร ทั้งนี้จะเห็นได้จากผลการรบในสงครามโลกทั้ง 2 ครั้งที่ผ่านมา จวบจนปัจจุบันนี้ถึงแม้จะมีการพัฒนาระบบต่อต้านเรือดำน้ำแบบต่าง ๆ ขึ้นมาใช้งานให้กับกองทัพเรือทั่วโลก แต่ขณะเดียวกันก็ได้มีการพัฒนาทั้งขนาดและสมรรถภาพของเรือขึ้นมาอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะผลพวงจากการนำเอาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูมาใช้ในเรือดำน้ำได้เป็นผลสำเร็จทำให้เรือสามารถอยู่ใต้น้ำได้เป็นเวลายาวนานโดยไม่ต้องคำนึงถึงสภาพของท้องทะเล

ถ้าจะเปรียบเทียบการออกแบบเรือดำน้ำตั้งแต่ยุคเริ่มต้นจนถึงปัจจุบันนี้อาจกล่าวได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงในประเด็นสำคัญมากนัก และเชื่อว่าก็คงจะไม่เปลี่ยนแปลงในอนาคตเช่นเดียวกัน ประเด็นสำคัญที่ต้องมีในเรือดำน้ำแต่จะไม่พบในเรือผิวน้ำก็คือ :

(1) โครงสร้างต้านความดัน (Pressure Hull) ซึ่งใช้เป็นส่วนพักอาศัยและทำงานในเรือได้อย่างปลอดภัยที่ระดับต่ำกว่าผิวน้ำทะเลปริมาณหนึ่ง ตราบใดก็ตามที่เรือยังคงอยู่ในระดับความลึกที่กำหนดเอาไว้ หากเลยไปกว่าระดับความลึกนี้แล้ว ตัวเรืออาจเสียหายหรือล้มเหลวที่จะสู้กับความดันของน้ำทะเล

**อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(2) ในการที่เรือจะดำหรือลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำจะต้องอาศัยถังหลัก (Main Tank) ที่จะ ดูดหรือปล่อยน้ำทะเลเข้าออกจากตัวเรือ โดยทั่วไปถังหลักจะอยู่ภายนอก โครงสร้างต้านความดันน้ำหนักของน้ำทะเลที่อยู่ในถังหลักจะทำหน้าที่เพิ่ม หรือลดแรงลอยตัวเพื่อช่วยให้เรือสามารถดำหรือลอยตัวได้ตามที่ต้องการ

(3) เครื่องจักรขับเคลื่อนของเรือดำน้ำจะต้องไม่อาศัยอากาศจากบรรยากาศ ทั้งนี้ ด้วยเหตุผลของการขับเคลื่อนขณะอยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำ

(4) เรือดำน้ำจะต้องอาศัยหางเสือทางขวางหรือไฮโดรเพลน (Hydroplanes) เพื่อ ควบคุมการเคลื่อนไหวของตัวเรือในแนวดิ่ง

(5) เรือจะต้องอาศัยกล้องตาเรือ (Periscope) หรืออุปกรณ์บางอย่างที่คล้ายคลึงกัน ในการสังเกตทางสายตาถึงสภาพการณ์เหนือผิวน้ำ ขณะที่ตัวเรือทั้งหมดยัง คงอยู่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำ

จากประเด็นหลักข้างต้นดังกล่าวจึงกลายเป็นเงื่อนไขบังคับพัฒนาการของการออก แบบเรือดำน้ำให้ขนาดของเรือผูกอยู่กับพื้นที่ใช้สอยที่ต้องการภายในเรือ

2. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อรูปทรงและการจัดผังภายใน

รูปทรงภายนอกของเรือดำน้ำจะต้องเป็นรูปทรงที่ทำให้มีความต้านทานน้อยที่สุด เมื่อเรือเคลื่อนตัวไปข้างหน้า และนอกจากนี้รูปทรงภายนอกของเรือยังส่งผล กระทบไปถึงพฤติกรรมพลวัตของเรือ ในทำนองกลับกันการควบคุมพฤติกรรม พลวัตของเรือจึงขึ้นอยู่กับการเลือกรูปทรงภายนอกของตัวเรือให้มีความเหมาะสม ที่สุด เปลือกเรือดำน้ำยังทำหน้าที่ผนึกน้ำและเป็นโครงสร้างที่จะต้านความดันที่ กระทำต่อเรือทั้งลำ อีกทั้งยังช่วยห่อหุ้มเครื่องจักรอุปกรณ์ตลอดจนพื้นที่ทั้งหมด ภายในตัวเรือ ความต้องการทางด้านความต้านทานและโครงสร้างต้านความดัน

ของเรือดำน้ำเป็นสิ่งที่วิ่งสวนทางกันในแง่ของความต้านทานแล้วต้องการรูปทรง ภายนอกที่ค่อย ๆ แปรเปลี่ยนไปตลอดความยาวของลำเรือ แต่ในแง่ของโครง-สร้างต้องการให้เส้นผ่านศูนย์กลางของพื้นที่หน้าตัดมีค่าคงที่ตลอดลำ หนทางหนึ่ง ที่จะประนีประนอมความต้องการทั้งสองเข้าด้วยกัน ก็คือ การออกแบบตัวเรือให้มี ผนัง 2 ชั้น ชั้นนอกทำหน้าที่หลักในแง่ของความต้านทานและชั้นในเป็นโครง-สร้างต้านความดัน ช่องว่างระหว่างผนังทั้งคู่จะใช้เป็นที่จัดวางอุปกรณ์บางอย่าง และที่เหลือจึงจะใช้เป็นปริมาตรอับเฉาอิสระ (Free Flood Space) ในแง่ของการ ออกแบบเรือดำน้ำไม่ต้องการให้มีปริมาตรอับเฉาอิสระมากเกินต้องการ เพราะ ปริมาตรส่วนนี้จะติดไปกับเรือตลอดชีวิต การกำหนดปริมาตรอับเฉาอิสระยังต้อง คำนึงถึงการตรวจตราและซ่อมบำรุงในอนาคตอีกด้วย

ในทำนองกลับกันถ้าออกแบบโดยเริ่มจากรูปทรงภายนอกก่อน อาทิเช่น รูปหยดน้ำ ซึ่งนิยมใช้กันมากในปัจจุบัน จะทำให้ปริมาตรภายในโครงสร้างความดันมีมากขึ้น ส่วนปริมาตรอับเฉาอิสระและถังต่าง ๆ จะมีแค่ภาคหัวและท้ายของเรือเท่านั้น ข้อ เสียของรูปหยดน้ำคือจะมีปริมาตรระวางขับน้ำของเรือค่อนข้างต่ำ และก่อให้เกิด ความไม่สมดุลของน้ำหนักและแรงลอยตัวตามแกนยาวของเรือทั้งในขณะดำและ ลอยตัวที่ผิวน้ำ

วิศวกรออกแบบเรือดำน้ำจึงมีทางเลือกให้ใช้ได้หลายทาง อาทิเช่น ดูรูปที่ 1

(ก) เพิ่มความยาวของเรือดำน้ำไม่ว่าจะเป็นภาคหัว หรือภาคท้ายก็ตาม ทั้งนี้เพื่อให้มีปริมาตรระวางขับน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยแก้ไขการไม่สมดุลตาม แกนยาวของเรือ วิธีการนี้จะส่งผลให้อัตราส่วนความยาว และเส้นผ่านศูนย์-กลางหน้าตัดของเรือเปลี่ยนไปจากอุดมคติ

(ข) เพิ่มปริมาตรของถังตลอดความยาวของโครงสร้างความดัน (ถังที่เพิ่มขึ้นนี้ชื่อเรียกว่า Blister หรือ Saddle Tanks) วิธีการนี้จะทำให้รูปร่างภายนอกของเรือดำน้ำเปลี่ยนแปลงไปจากการมีสมมาตรรอบแกน (Axisymmetric Shape) ยังผลให้ความต้านทานตัวเรือสูงขึ้น หรือ

(ค) เพิ่มปริมาตรของถังที่อยู่ระหว่างผนังด้านในและผนังด้านนอกของตัวเรือ วิธีการนี้ช่วยให้เรือมีแรงลอยตัวสำรองมากขึ้นอีกถ้าหากว่ามีการติดตั้งถังอับเฉาหลัก (Main Ballast Tanks,MBT) อยู่ภายในโครงสร้างต้านความดันของเรือ

วิศวกรออกแบบเรือดำน้ำอาจเพิ่มปริมาตรพิเศษที่อยู่ระหว่างผนังด้านนอกและผนังด้านในของเรือได้อีก โดยการออกแบบโครงสร้างต้านความดันให้มีขนาดเล็กลง (ลดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัด) ในบางส่วนของตัวเรือ อาทิเช่น ภาคหัวและภาคท้ายของตัวเรือเพื่อเพิ่มปริมาตรถังในบริเวณดังกล่าว แม้แต่บริเวณกลางลำก็สามารถลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดลงได้ เรือบางลำจึงอาจดูเหมือนมีเข็มขัดรัดอยู่ที่กลางลำ วิธีการนี้อาจทำให้การต่อเรือยุ่งยากขึ้นอีกบ้างและมีความดันสูงขึ้นจากปกติขณะเรือกำลังดำอยู่ แต่วิธีการนี้จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อปริมาตรภายในโครงสร้างต้านความดันของเรือมีบางส่วนที่ไม่ต้องการมีเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดใหญ่เท่าปกติเหมือนส่วนอื่น ซึ่งในทางปฏิบัติก็เป็นไปได้ เพราะภาคหัวเรือจะมีการติดตั้งท่อตอร์ปิโด ภาคท้ายเรือจะเป็นเพลาขับเคลื่อน ส่วนบริเวณกลางลำจะเป็นการจัดวางเครื่องจักรช่วย

3. ปัจจัยควบคุมเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดของตัวเรือ

ขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดจะเป็นตัวควบคุมจำนวนดาดฟ้าของเรือดำน้ำ ความสูงระหว่างชั้นของดาดฟ้าจะต้องมากพอให้คนเดินผ่านได้อย่างสบายและมีที่เหลือให้ติดตั้งอุปกรณ์และระบบท่อทาง ฯลฯ

พิจารณาจากรูปที่ 2 เริ่มจากเรือดำน้ำขนาดเล็ก รูปแรกเป็นการเปรียบเทียบให้เห็นสัดส่วนเท่านั้น ส่วนรูปที่สองจะเป็นเรือดำน้ำที่มี 1 ดาดฟ้า ดาดฟ้าจะอยู่ในครึ่งล่างของเรือ ถ้าดาดฟ้านี้ยาวตลอดลำเรือ เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดของเรือจะมีค่าเกินกว่า 2 เท่าของความสูงมนุษย์เราเล็กน้อย เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดของเรือจะมีขนาดประมาณ 5-6 เมตร โดยมีดาดฟ้าใหญ่อยู่ที่กึ่งกลางวงกลม รูปถัดไปจะแสดงถึงเรือที่มี 2 ดาดฟ้า เส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดของเรือจะอยู่ประมาณ 7.5 เมตร ส่วนรูปสุดท้ายเรือจะมี 3 ดาดฟ้าและมีเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดประมาณ 10 เมตร ซึ่งจัดเป็นเรือดำน้ำขนาดใหญ่ที่มีใช้กันในปัจจุบัน

ลักษณะการจัดดาดฟ้าของเรือดำน้ำที่แสดงให้เห็นนี้จะเป็นการจัดตามหน่วยของดาดฟ้า (Deck Unitisation) ซึ่งจะพบว่ามีปริมาตรที่มิได้ใช้ประโยชน์ในครึ่งบนของวงกลมอยู่มากและขณะเดียวกันมีปริมาตรใช้งานจริงในครึ่งล่างของวงกลมน้อยเกินไป การจัดแบบนี้ยังทำให้อัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางหน้าตัดของตัวเรือไม่เอื้ออำนวยต่อการขับเคลื่อนของเรือ การจัดดาดฟ้าแบบนี้จึงนิยมใช้กับส่วนพักอาศัยและส่วนที่ต้องมีคนปฏิบัติภารกิจของเรือเท่านั้น หรืออาจกล่าวได้ว่าใช้กับพื้นที่ที่ความสูงของดาดฟ้าถูกกำหนดโดยคนที่ทำงาน ดังนั้นมาตรฐานในเรื่องความสูงดาดฟ้าจึงไม่ครอบคลุมถึงห้องเครื่องจักร หรือพื้นที่ติดตั้งอาวุธ

4. การจัดผังภายใน

การจัดผังภายในของเรือดำน้ำ หมายถึง การจัดผังภายในโครงสร้างต้านความดัน ซึ่งจะประกอบด้วยการจัดปริมาตรและรูปทรงทั้งแกนตามยาวและตามดิ่ง เช่น การจัดระบบขับเคลื่อนซึ่งนิยมให้อยู่ทางภาคท้ายของเรือ ศูนย์เพลาจะต้องได้แนวกับแบริ่งกันรุน ระบบเฟืองทดและมอเตอร์ขับเคลื่อน ทำนองเดียวกันในภาคหัวเรือจะต้องวางท่อยิงตอร์ปิโดให้ได้ศูนย์กับระบบปล่อย ระบบนำส่งและระบบดึงกลับของ

อาวุธ ใต้ดาดฟ้าของเรือดำน้ำชั้นล่างสุดจะเป็นถังปรับทริม (Trim) และถังอับเฉาซึ่งจะต้องปรับได้อย่างแม่นยำ

ของหนักทุกรายการในเรือดำน้ำ เช่น แบตเตอรี่ จะต้องอยู่ด้านล่างเพื่อใช้ถ่วงในแนวของการทรงตัวเรือและยังใช้ปรับสมดุลตามยาว การออกแบบเรือดำน้ำทั่ว ๆ ไป จะกำหนดตำแหน่งวางของหนักเหล่านี้จากผลการคำนวณการทรงตัว

ด้วยเหตุผลดังกล่าวการแบ่งห้อง (Compartment Subdivision) ในเรือดำน้ำจึงทำได้ยากกว่าเรือผิวน้ำ ทั้งนี้เพราะตำแหน่งของฝากั้นผนึกน้ำตามขวางจะเป็นปฏิภาคกับความแข็งแรงของโครงสร้างต้านความดันซึ่งเกี่ยวข้องกับการยุบตัวโดยรวม (Overall Collapse) ของโครงสร้างตัวเรือทั้งลำ

ห้องแต่ละห้อง (Compartment) ในเรือจะรวมเอาภารกิจที่เหมือนกันเข้าไว้ อาทิเช่น ห้องควบคุม ห้องวิทยุสื่อสาร ห้องโซน่า ศูนย์ยุทธการ จะอยู่รวมกันในห้อง (Compartment) หนึ่งซึ่งจะอยู่รวมกันในสะพานเดินเรือ ส่วนห้องนอน ห้องครัว ห้องรับประทานอาหาร ห้องน้ำ ฯลฯ จะอยู่รวมกันในส่วนพักอาศัย (Accommodation Compartment) ในเรือดำน้ำจะมีห้องพิเศษอยู่ห้องหนึ่งส่วนมากจะอยู่ที่ภาคหัวหรือท้ายของเรือใช้เป็นช่องทางฉุกเฉินโดยผ่านช่องทางคนขึ้น-ลง (Manholes) ที่มีฝาเปิด-ปิด (Hatch) ทางด้านบนของตัวเรือ ความจริงแล้วช่องทางคนขึ้น-ลงนี้ควรจะต้องมีทุก ๆ ห้อง (Compartment) แต่ในทางปฏิบัติเพื่อที่จะลดจำนวนช่องเจาะของตัวเรือให้น้อยที่สุด จึงนิยมทำช่องเจาะขนาดใหญ่ไม่กี่แห่งและรวบให้ช่องทางฉุกเฉินเหล่านี้มาพบกัน ทั้งนี้เพื่อมิให้โครงสร้างต้านความดันอ่อนแอเกินไป

การที่จะตรวจสอบความพอเพียงของปริมาตรใช้สอยภายในโครงสร้างต้านความดันก็คือ การสร้างไดอะแกรมฟลาวเดอร์ (Flounder Diagram) ดังตัวอย่างในรูปที่ 3 แกนนอน คือ ความยาวของเรือ ส่วนแกนตั้ง คือ พื้นที่หน้าตัดในแต่ละหน่วยความยาวของเรือตั้งแต่ท้ายถึงหัวเรือ ไดอะแกรมนี้แสดงถึงการกระจายของปริมาตรใช้งานภายในตลอดความยาวของเรือ ดังนั้นไดอะแกรมนี้จึงสามารถบอกได้ถึงการใช้พื้นที่และปริมาตรทั้งทางดิ่งและตามยาวของเรือ สำหรับพื้นที่และปริมาตรภายนอกโครงสร้างต้านความดันก็สามารถสร้างไดอะแกรมเช่นเดียวกันนี้ได้

ข้อเสียของไดอะแกรมฟลาวเดอร์คือ ไม่สามารถบ่งบอกถึงรูปร่างของพื้นที่หรือปริมาตรและประสิทธิภาพในการใช้งานได้ เพราะเป็นการบ่งบอกเพียง 2 มิติเท่านั้น อย่างไรก็ดีอาจดัดแปลงไดอะแกรมฟลาวเดอร์โดยการเพิ่มเส้นโค้งที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรใช้สอยกับพื้นที่ดาดฟ้า และปริมาตรเหนือศีรษะกับพื้นที่ดาดฟ้าสำหรับแต่ละห้อง (Compartment) เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้พื้นที่และปริมาตรของเรือ

สิ่งหนึ่งที่ต้องพิจารณาในการใช้พื้นที่ภายในเรือก็คือ การเคลื่อนที่ของคนบนเรือจะต้องไม่ขัดขวางการปฏิบัติงานในทุกจุด เรือดำน้ำรุ่นแรก ๆ ไม่สามารถทำได้เพราะทางสะพานเดินเรือกลางลำ เมื่อมีการเปลี่ยนผลัดทำงานจะต้องผ่านสะพานเดินเรือและโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเวลาพักทานอาหารหรือสังประจำสถานีรบ รูปที่ 4 แสดงการจัดผังภายในอย่างง่ายในเรือดำน้ำขนาดเล็กมีดาดฟ้าชั้นเดียว เครื่องจักรขับเคลื่อนอยู่ภาคท้ายเรือและมีระบบอาวุธอยู่ภาคหัวเรือ

5. รายละเอียดที่ควรพิจารณาบางประการ

5.1 การจัดวางระบบโซน่า

เซนเซอร์หลักที่ใช้กับยานพาหนะใต้น้ำจะเป็นระบบเสียงหรือโซน่า และเนื่องจากระบบนี้มีความสำคัญมาก จึงได้รับลำดับความสำคัญในตำแหน่งที่ดีที่สุดก่อนระบบอื่น ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นเรือสินค้าหรือเรือรบก็ตาม เซนเซอร์หลักในเรือดำน้ำจะเป็นโซน่าหัวเรือซึ่งไม่เพียงแต่จะให้ข้อมูลภาพด้านหน้าของลำเรือ แต่จะต้องให้ข้อมูลทางด้านข้างจนอาจถึงท้ายเรือถ้าเป็นไปได้ การที่จะทำให้โซน่าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเป็นเหตุผลให้ภาคหัวเรือจะต้องถูกเปลี่ยนรูปทรงให้โซน่ายื่นได้ไกลสุด เรือดำน้ำส่วนใหญ่จึงมีภาคหัวไม่สมมาตรรอบแกน การที่โซน่าอยู่ในตำแหน่งที่ดีที่สุดทางหัวเรือแต่ก็มีข้อเสียตามมาก็คือ สมรรถนะของโซน่าจะลดลงเนื่องจากการไหลปะทะของน้ำก่อให้เกิดการไหลแบบอลวนโดยรอบบริเวณโซน่า โซน่าบางประเภทจึงฝังอยู่ที่ผนังชั้นนอกของเรือและมีฝาครอบที่ออกแบบให้เหมาะสมกับการทำงาน

แนวโน้มของโซน่าในยุคปัจจุบันและมีรัศมีทำการ (Range) ไกลขึ้นและมีความถี่ต่ำลง ซึ่งนำไปสู่โซน่าแบบ Flank Array ที่ต้องใช้ตัวเรือทั้งลำเป็นแท่นให้กับโซน่าชนิดนี้

5.2 การจัดวางตำแหน่งท่อยิงตอร์ปิโด

โดยทั่วไปจะมีการวางท่อยิงตอร์ปิโดไว้ที่ภาคหัวเรือของเรือดำน้ำทั่วไป ถึงแม้ว่าระบบชี้เป้าในปัจจุบันจะมีการพัฒนาขึ้นมาจากอดีตจนไม่มีความจำเป็นที่เรือจะต้องตั้งลำให้ชี้ตรงกับเป้าก็ตามแต่ก็ยังคงนิยมวางท่อตอร์ปิโดไว้ที่หัวเรือ ปัญหาของการวางท่อตอร์ปิโดเอาไว้ที่ภาคหัวเรือส่งผลกระทบไปยังโซน่าหัวเรือ ซึ่งมักจะเป็นโซน่าควบคุมการยิงของระบบอาวุธของเรือเพราะส่งเสียงรบกวนอย่างมากต่อโซน่า

การออกแบบอาจช่วยได้โดยการแยกโซน่าเอาไว้ด้านบนส่วนท่อตอร์ปิโดเอาไว้ด้านล่าง ดูได้จากรูปที่ 5 ด้วยวิธีการนี้ท่อตอร์ปิโดจะต้องทะลุฝากั้นรูปโดม (Dome Bulkhead) ของโครงสร้างต้านความดัน ทำให้ปริมาตรของถังปรับทริมหัวเรือเหลือน้อยลง

นอกจากนี้การบรรจุลูกตอร์ปิโดลงเรือก็ยังมีส่วนทำให้ปัญหาในการออกแบบมีมากขึ้น ช่องทาง (Torpedo Loading Hatch) ที่จะบรรจุลูกตอร์ปิโดลงเรือจะมีฝาปิด-เปิดอยู่ด้านบนของภาคหัวเรือโดยทำเป็นมุมเอียงยกขึ้นกับตัวเรือ เพราะในขณะทำการบรรจุลูกตอร์ปิโดลงเรือนั้นตำแหน่งของช่องทางจะต้องอยู่เหนือระดับผิวน้ำ ประเด็นนี้ทำให้การออกแบบโครงสร้างภาคหัวเรือค่อนข้างยุ่งยาก ความยาวของลูกตอร์ปิโดมักจะเกินกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเรือ ดังนั้นช่องทางบรรจุลูกตอร์ปิโดจึงมักจะกินที่เกินกว่าชั้นดาดฟ้าชั้นใดชั้นหนึ่ง ทางแก้ไขจึงต้องทำช่องทางบรรจุนี้ให้อยู่เอียงไปทางกราบใดกราบหนึ่งของเรือ วิธีการนี้ทำให้ได้ปริมาณถังอับเฉาเพิ่มขึ้น

ในทางกลับกันถ้าเอาโซน่าไว้ด้านล่างภาคหัวเรือและวางท่อตอร์ปิโดไว้ด้านบนแทน ดูได้จากรูปที่ 6 จะเหลือปริมาตรด้านล่างของภาคหัวเรือมากสำหรับถังต่าง ๆ การบรรจุลูกตอร์ปิโดลงเรือก็จะง่ายขึ้นและใช้ท่อยิงตอร์ปิโดเป็นช่องทางบรรจุลูกลงเรือได้เลย วิธีการนี้ต้องออกแบบให้หัวเรืออยู่สูงกว่าระดับผิวน้ำพอสมควร ปัญหาของวิธีนี้ก็คือ การที่โซน่าอาจถูกรบกวนบ้างจากการยิงตอร์ปิโด

ห้องที่ใช้เก็บลูกตอร์ปิโดซึ่งมักจะอยู่ท้ายท่อตอร์ปิโดจะต้องเป็นคลังยุทธภัณฑ์ เพราะมีวัตถุที่สามารถระเบิดได้อยู่ภายใน ดังนั้นห้องนี้จะต้องออกแบบให้มีความปลอดภัยสูงมาก และหลีกเลี่ยงการใช้พื้นที่ใกล้เคียงเป็นส่วนพักอาศัย ถึงแม้ว่าในอดีตจะเคยจัดให้ลูกเรือพักอาศัยในห้องคลังนี้ก็ตาม ในเรือบางลำจะจัดเตรียมช่องทางหนี (Escape Compartment) ให้อยู่ในห้องนี้และถือเป็นช่องทางหนีภาคหัวเรือ ซึ่งใช้เมื่อเรืออยู่ในระดับความลึกที่น้อยกว่าความลึกเสียหาย (Collapse Depth) ของเรือ

ดังนั้นจึงต้องจัดเตรียมให้มีอุปกรณ์ช่วยชีวิต ระบบให้อากาศฉุกเฉิน ชุดประดาน้ำ ฯลฯ อีกทั้งภายนอกตัวเรือจะต้องออกแบบให้ใช้พักจอดยานช่วยชีวิตได้ในภาวะฉุกเฉินจะถือเป็นจุดรวมพลภาคหัวของเรือ

5.3 การจัดผังภาคหัวและท้ายของเรือ

ความยุ่งยากในการจัดผังภาคหัวเรือมิได้หยุดอยู่ที่โซน่าและการวางท่อตอร์ปิโดหน้าโครงสร้างต้านความดันเท่านั้น แต่ยังต้องมีครีบไฮโดรเพลน (Hydroplanes) ติดตั้งที่ภาคหัวอยู่ด้วย เพื่อใช้ในการรักษาระดับความลึกของเรือ เพื่อให้ครีบทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตำแหน่งที่ติดตั้งก็ควรจะอยู่ในแนวแกนของตัวเรือ ดังนั้นปัญหาก็จะตามมาในแง่ของการวางเพลา แบริ่งและกลไกต่าง ๆ ของไฮโดรเพลนและยังต้องเผื่อปริมาตรบางส่วนที่จะใช้ในการเก็บครีบให้หลุบเข้ามาในตัวเรือเมื่อเรือใช้ความเร็วเดินทางสูง ในขณะที่ครีบไฮโดรเพลนทำงานจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของทิศทางกระแสน้ำ ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงมิให้ครีบติดตั้งอยู่ใกล้กับโซน่าจนเกินไป ตลอดจนต้องเก็บเสียงที่เกิดจากการทำงานของครีบให้อยู่ในระดับต่ำสุด

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงอาจต้องมีการเลื่อนตำแหน่งติดตั้งครีบไฮโดรเพลนให้ถอยหลังลงมาและยกสูงขึ้นจากแนวแกนตัวเรือเล็กน้อย ทำให้บางครั้งตำแหน่งของไฮโดรเพลนอาจอยู่เหนือโครงสร้างต้านความดัน การเลื่อนครีบจะมีผลทางไฮโดรไดนามิคส์สูงพอควรโดยเฉพาะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของครีบตกลง เรือดำน้ำบางลำอาจเลื่อนครีบไฮโดรเพลนไปอยู่ที่สะพานเดินเรือ (Bridge Fin) ถ้าหาตำแหน่งเหมาะสมไม่ได้ ซึ่งก็มีทั้งข้อดีและข้อเสียเช่นเดียวกัน

ปัจจัยอีกประการหนึ่งซึ่งทำให้การจัดภาคหัวเรือยุ่งยากขึ้นก็คือ ระบบสมอ เรือดำน้ำก็เหมือนกับเรือผิวน้ำอื่น ๆ เช่นกัน ที่บางโอกาสต้องทอดสมอลอยลำ แต่การจัดระบบสมอของเรือผิวน้ำจะง่ายกว่าเพราะมีพื้นที่ดาดฟ้ากว้างกว่าเรือดำน้ำมาก

ในเรือดำน้ำจึงต้องใช้เครื่องกว้านไฮดรอลิคควบคุมจากภายในตัวเรือ ช่องเก็บสมอ (Anchor Housing) จะอยู่ด้านล่างภาคหัวเรือ สมอที่นิยมใช้กับเรือดำน้ำจะเป็นสมอแบบดอกเห็ด ดังนั้นด้านล่างของภาคหัวเรือจะต้องใช้ติดตั้งเครื่องกว้านและห้องยุ้งโซ่ ทั้งหมดนี้จะต้องอยู่นอกโครงสร้างต้านความดัน

5.4 ศูนย์ควบคุม

ศูนย์ควบคุมภายในเรือดำน้ำจะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเรือ ขณะที่เรือดำอยู่ใต้น้ำจะต้องเป็นสะพานเดินด้วยเช่นกัน ดังนั้นศูนย์ควบคุมจึงประกอบไปด้วยศูนย์ยุทธการ (Combat Information Centre, CIC) ห้องวิทยุสื่อสาร ห้องโซน่า ระบบนำร่อง ระบบเรดาร์ ระบบควบคุมหางเสือและครีบไฮโดรเพลน ฯลฯ นอกจากนี้ในบริเวณใกล้เคียงยังต้องมีการติดตั้งกล้องตาเรือ เพื่อใช้ตรวจสภาพผิวน้ำ จะเห็นได้ว่าศูนย์ควบคุมจะต้องกินอาณาเขตเข้าไปถึงสะพานเดินเรือด้วย ทำให้ผังการจัดภายในเรือดำน้ำต้องนำเอาสะพานเดินเรือไว้เหนือศูนย์ควบคุมหรืออยู่ใกล้เคียงกัน

ความสูงทางดิ่งจากจุดสูงสุดของปลายกล้องตาเรือ เมื่อยืดสูงเต็มที่จนถึงจุดต่ำสุดเมื่อหดเก็บเรียกว่าสโคป (Scope) จะต้องเก็บไว้ได้ในตัวเรือ ดังนั้นตำแหน่งที่คนยืนใช้กล้องอยู่ภายในเรือจึงต้องอยู่ส่วนบนของเรือและอยู่ในเขตศูนย์ควบคุมซึ่งมักจะต้องอยู่บนดาดฟ้าบนสุดภายในตัวเรือ ในเรือดำน้ำขนาดใหญ่อาจไม่มีปัญหาแต่ในเรือขนาดเล็กต้องทำให้สะพานเดินเรือมีลักษณะเป็นหอคอยโผล่ออกไปจากตัวเรือและถือเป็นโครงสร้างต้านความดันที่เพิ่มจากปกติขึ้นมา ศูนย์ควบคุมยังต้องใช้เสาวิทยุและเสาเรดาร์ตลอดจนพื้นที่สำหรับการประมวลและแสดงผลข้อมูล ซึ่งในทางปฏิบัติจะติดตั้งอยู่รอบสะพานเดินเรือ

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเรือดำน้ำที่มีดาดฟ้าชั้นเดียวจะจัดผังช่องทางเดินภายในตัว
เรือได้ลำบากต่อตำแหน่งของศูนย์ควบคุม เพราะหลีกเลี่ยงออกไปจากเส้นทางหลัก
ไม่ได้ ทำให้ศูนย์ควบคุมมีการเดินผ่านของเจ้าหน้าที่ทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง
ทั้งหมด ในเรือสมัยใหม่ที่มีหลายดาดฟ้าจึงนิยมเอาศูนย์ควบคุมไปอยู่ที่ห้องหัวด้าน
บน ในขณะที่ห้องหัวด้านล่างจะเป็นห้องอาวุธ ข้อดีก็คือ ศูนย์ควบคุมจะมีแต่เจ้า
หน้าที่ที่ปฏิบัติภารกิจเท่านั้น แต่อาจมีปัญหาในการจัดห้องอาวุธอยู่บ้าง และอีก
ประการหนึ่งก็คือ ศูนย์ควบคุมจะอยู่ห่างจากกล้องตาเรือแต่ก็ทำให้อยู่ห่างจากโซน
เปียก (Wet Zone) ได้มากขึ้นเช่นเดียวกัน เรือดำน้ำบางลำจึงวางตำแหน่งด้านหน้า
สะพานเดินเรือให้ตรงกับด้านหลังของศูนย์ควบคุม

ทางแก้ไขอีกประการหนึ่งก็คือ การรับสัญญาณภาพเหนือผิวน้ำโดยผ่านกล้องที่มี
จะแสดงภาพให้ปรากฏบนจอแทนการใช้กล้องตาเรือ ทั้งนี้จะต้องติดตั้งกล้องทีวี
ไว้บนเสากระโดงที่สามารถยืดและหดได้เช่นเดียวกับกล้องตาเรือ และกล้องนี้จะ
ต้องควบคุมจากระยะไกลได้

ในการออกแบบเสากระโดงและเสากล้องตาเรือของเรือดำน้ำนั้นนิยมจัดให้ท่อ
หายใจ (Snort Mast) พ่วงร่วมเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของสะพานเดินเรือด้วยเสมอ
เรือดำน้ำรุ่นแรก ๆ จะดูดอากาศผ่านทางท่ออากาศและวิ่งเข้าสู่ห้องเครื่องจักรขับ
เคลื่อนโดยตรง และจากเครื่องจักรขับเคลื่อนจะมีท่อไอเสียวิ่งไปโผล่ทางท้ายของ
สะพานเดินเรือ เพื่อปล่อยออกในระดับต่ำกว่าผิวน้ำเล็กน้อย สำหรับการระบาย
อากาศภายในตัวเรือจะใช้วิธีแยกท่อเพื่อแบ่งอากาศดีจ่ายให้กับตัวเรือและดูด
อากาศที่ใช้แล้วกลับไปใช้ในห้องเครื่องจักร หรืออาจใช้ท่ออากาศแยกระบบออก
จากกันจ่ายอากาศดีหมุนเวียนภายในและดูดอากาศที่ผ่านการใช้งานแล้วเอากลับ
ไปใช้ในห้องเครื่องจักร ก่อนที่จะปล่อยไอเสียทิ้งไป แต่ในเรือปัจจุบันที่ใช้กันจะมี
ระบบระบายอากาศร่วมกันหมดทั้งอากาศใช้การในตัวเรือและสำหรับเครื่องจักร

อากาศดีจึงจะถูกดูดเอาไปไว้ที่ด้านล่างของภาคหัวเรือขณะทำการชาร์จแบตเตอรี่
(ในเรือดำน้ำจะมีการชาร์จแบตเตอรี่เมื่อใช้ท่อหายใจ) ทั้งนี้เพื่อให้อากาศดีเหล่านี้
เป็นตัวดึงไฮโดรเจนซึ่งถูกปล่อยออกมาขณะชาร์จแบตเตอรี่ จากนั้นจึงจ่ายอากาศ
จากห้องแบตเตอรี่ให้กับห้องเครื่องจักร แต่เนื่องจากท่อหายใจ (Snort Mast) อยู่สูง
กว่าระดับน้ำเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงมีโอกาสที่น้ำทะเลจะไหลเข้าสู่ท่อได้ในบางครั้ง
และมักจะเกิดบ่อย ๆ จนเป็นปกติ ดังนั้นต้องมีการแยกน้ำปริมาณนี้ออกจาก
อากาศก่อนที่จะเข้าสู่ภายในตัวเรือจึงต้องมีถังสำหรับกักน้ำที่แยกออกมาและทำให้
อากาศที่ดูดได้ทางท่อหายใจเป็นอากาศแห้งก่อนที่จะจ่ายไปยังห้องแบตเตอรี่
(แบตเตอรี่ที่ใช้ในเรือดำน้ำไม่ทนต่อน้ำทะเล) จุดอ่อนของตัวเรืออีกประการหนึ่งก็คือ
รูเจาะที่จะให้ท่อหายใจโผล่ออกจากตัวเรือ โดยเฉพาะเมื่อจะเก็บท่อหายใจเพื่อ
เตรียมการดำ วาล์วที่ปลายท่อหายใจจะปิดเพื่อกันน้ำเข้าและท่อหายใจจะหดตัว
เข้ามาในเรือ วิธีการนี้ยังช่วยเพิ่มความปลอดภัยในกรณีที่วาล์วเกิดเสียหายและไม่
ปิดเองจะมีวาล์วนิรภัยในระบบท่อระบายอากาศซึ่งปิดได้อัตโนมัติเมื่อมีน้ำท่วมหรือ
มีคลื่นซัดท่อหายใจ

5.5 ส่วนพักอาศัยของเจ้าหน้าที่

เรือดำน้ำส่วนใหญ่จะจัดส่วนพักอาศัยของเจ้าหน้าที่ไว้ตรงกลางโดยมีศูนย์ควบคุม
และห้องอาวุธอยู่ด้านหน้า ส่วนเครื่องจักรขับเคลื่อนจะขนาบอยู่ด้านท้าย ถ้าเป็น
เรือที่มีหลายดาดฟ้าจะจัดได้ง่ายกว่าเรือดาดฟ้าชั้นเดียว และสามารถออกแบบให้
แยกส่วนจากพื้นที่ปฏิบัติภารกิจได้ง่ายเนื่องจากเจ้าหน้าที่ทุกคนจะต้องใช้เวลาอยู่
ในเรือเป็นเวลานานนับเดือน ดังนั้นจึงต้องให้มีมาตรฐานทั้งในแง่ความปลอดภัย
และการใช้ชีวิตบนเรืออย่างสะดวกสบายที่สูงมากไม่ว่าจะเป็นการนอน การรับ-
ประทานอาหาร และการพักผ่อนตลอดจนกิจวัตรประจำวัน ฯลฯ คลังเสบียง ห้อง
ครัว และห้องเย็นจะเป็นส่วนที่ต้องใช้พื้นที่ค่อนข้างสูง และมีของเสียสะสมอยู่

จำนวนมาก ซึ่งวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดการใช้พื้นที่ลงได้ก็คือ การใช้อาหารสดกึ่งสำเร็จรูปที่ต้องการความร้อนเล็กน้อยในการอบหรือนึ่งก่อนรับประทานเท่านั้น

การออกแบบส่วนพักอาศัยในเรือดำน้ำจะต้องถือหลักว่าเป็นสังคมของการอยู่ร่วมกัน พื้นที่ที่เป็นส่วนตัวจริง ๆ จะมีได้น้อยมากและถึงมีก็ไม่เป็นส่วนตัว 100% ดังนั้น การคัดบุคลากรขึ้นทำงานในเรือดำน้ำจึงต้องพิจารณาหาคนที่มีลักษณะเห็นแก่ส่วนรวมมากกว่าส่วนตัว มีการดำเนินชีวิตและมีจิตใจที่เป็นชาวเรือได้อย่างแท้จริง ห้องอาบน้ำและห้องส้วมก็เป็นปัญหาพอสมควรในการออกแบบภายในเรือ ทั้งนี้เพราะต้องจัดให้มีช่องทางเดินจากห้องพักอาศัยไปได้โดยไม่ไกลเกินไปนัก ต้องออกแบบป้องกันมิให้มีความเปียกชื้นและกลิ่นรบกวนมาถึงเขตพักอาศัย แต่ปัญหาใหญ่จริง ๆ ก็คือ เรื่องน้ำจืดที่ใช้ภายในเรือ การกักเก็บน้ำปริมาณมากเกินไปจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับการใช้พลังงานของเรือ ดังนั้นจึงควรนำเอาน้ำทะเลมาใช้ให้เป็นประโยชน์มากที่สุด

5.6 ห้องแบตเตอรี่ (Battery Compartment)

เรือดำน้ำที่ขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์ดีเซล/ไฟฟ้า จะต้องมีห้องแบตเตอรี่อย่างน้อย 2 ห้อง แต่ละห้องจะจุแบตเตอรี่ได้อย่างน้อย 200 ลูก และเนื่องจากแบตเตอรี่มีน้ำหนักสูงจึงนิยมจัดไว้ส่วนล่างของตัวเรือเพื่อใช้ถ่วง การจัดวางแบตเตอรี่จะจัดซ้อนกันและพ่วงเข้าหาลูกที่อยู่ใกล้เคียงกันเพื่อเพิ่มโวลย์เตจให้สูงในแต่ละส่วนโดยการวางซ้อนให้โค้งไปตามรูปเรือ ดูรูปที่ 7 การวางแบตเตอรี่จะต้องให้มีช่องว่างระหว่างลูกที่อยู่ล่างสุดกับพื้นดาดฟ้าเพื่อป้องกันความเสียหายของแบตเตอรี่จากแรงสั่นสะเทือน

ภายในห้องแบตเตอรี่จะต้องมีการระบายอากาศที่ดีและมีการบุพื้นและผนังห้องด้วยผ้ายางเพื่อป้องกันการหกรดของน้ำกรดภายในแบตเตอรี่ ถ้าแบตเตอรี่สัมผัสกับน้ำทะเลจะก่อให้เกิดกาซคลอรีนซึ่งมีอันตรายสูงมาก ดังนั้นห้องแบตเตอรี่จะต้องผนึกน้ำและอากาศไม่ว่าจะเป็นช่องเจาะต่าง ๆ อาทิเช่น ประตู ช่องทางคนลง (Manholes) รูเจาะสำหรับระบบท่อต่าง ๆ ฯลฯ การวางตำแหน่งของห้องแบตเตอรี่จึงต้องพิจารณาถึงโอกาสที่น้ำทะเลรั่วเข้าไปในห้องได้เอาไว้ด้วย

5.7 ห้องเครื่องจักรขับเคลื่อน

ห้องเครื่องจักรขับเคลื่อนในเรือดำน้ำจะกินที่ตั้งแต่ประมาณกลางลำจนถึงท้ายสุดของเรือ ถ้าเป็นเรือที่ขับเคลื่อนด้วยพลังงานนิวเคลียร์จะมีห้องที่กึ่งกลางลำเป็นห้องที่ติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู เครื่องจักรและอุปกรณ์ช่วยตลอดจนฉนวน (Shield) ทั้งนี้ให้อยู่ใกล้กับจุดศูนย์ถ่วงตามยาวของเรือเพื่อลดปัญหาการปรับสมดุลการทรงตัวของเรือ ขนาดของห้องนี้จะเป็นตัวกำหนดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเรือ ช่องทางเดินจากภาคหัวเรือมายังห้องปฏิกรณ์ปรมาณู (Reactor Compartment, RC) หรือภาคท้ายเรือก็ดีจะต้องผ่านทางอุโมงค์ฉนวน (Shielded Tunnel) เท่านั้น จากการที่ห้องนี้มีน้ำหนักสูงมาก ดังนั้นจึงต้องออกแบบให้ฝากั้น (Bulkhead) ของห้องเป็นโครงสร้างหลักของโครงสร้างต้านความดันเพื่อทำหน้าที่กระจายความดันออกไป และเพื่อที่จะลดปริมาตรห้องนี้ลงให้เล็กที่สุดอาจออกแบบให้มีห้องเครื่องจักรช่วยอยู่ด้านหน้าของห้องนี้เพื่อใช้จัดวางเครื่องจักรช่วยและเครื่องปรับอากาศ

ถัดจากห้องเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (RC) มาทางภาคท้ายเรือจะเป็นห้องเครื่องจักรไฟฟ้า ซึ่งจะจัดวางเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อการขับเคลื่อน เครื่องกำเนิดไฟฟ้าฉุกเฉิน (ขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ดีเซล) แผงควบคุมและจ่ายไฟฟ้า ฯลฯ เหนือห้องเครื่อง-

จักรไฟฟ้าอาจจัดให้เป็นศูนย์ควบคุมเครื่องจักรและเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (Machinery and Reactor Control Centre, MRCC) ในกรณีของเรือดำน้ำที่มิได้ใช้พลังงานนิวเคลียร์หรือเรือรบทั่วไปก็จะเป็นสถานีควบคุมเครื่องจักร (Engine Operating Station, EOS)

ถัดจากห้องเครื่องจักรไฟฟ้าก็จะเป็นห้องเทอร์ไบน์ ซึ่งใช้ขับเคลื่อนเพลาใบจักรโดยมีคอนเดนเซอร์อยู่ร่วมด้วย ในห้องนี้จึงมีท่อน้ำทะเลขนาดใหญ่และวาล์วอยู่มากมาย การจัดผังภายในของห้องเทอร์ไบน์จะขึ้นกับรูปร่างของเทอร์ไบน์และชุดเฟือง อีกทั้งแนวศูนย์เพลาใบจักร

ห้องท้ายสุดของเรือจะเป็นห้องมอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อนเพลาใบจักรมีเครื่องหางเสือ (Steering Gears) และเนื่องจากเป็นห้องที่อยู่ท้ายสุดของโครงสร้างต้านความดันจึงนิยมทำช่องทางหนี (Escape Compartment) รวมเอาไว้ด้วย

ในเรือดำน้ำทั่ว ๆ ไปที่มีใช้กันอยู่ไม่ว่าจะเป็นการขับเคลื่อนด้วยพลังงานใดก็ตามจะมีลักษณะการจัดผังใกล้เคียงกัน นั่นคือ ครึ่งหลังของลำเรือจะเป็นเครื่องจักรและส่วนขับเคลื่อน ห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ขับเคลื่อนโดยเครื่องยนต์ดีเซล) จะอยู่หน้าสุดหรือบริเวณกึ่งกลางลำเพราะมีน้ำหนักสูงและต้องอยู่ใกล้กับด้านท้ายของสะพานเดินเรือเพื่อสะดวกต่อการรับอากาศและจ่ายไอเสียออกนอกตัวเรือ

เรือดำน้ำส่วนใหญ่จะขับเคลื่อนโดยตรงดังนั้นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ขับนั้นไม่จำเป็นจะต้องวางให้ตรงศูนย์แนวเพลาใบจักร การออกแบบจึงค่อนข้างมีอิสระที่จะใช้พื้นที่ทั้งในแนวดิ่งและแนวราบได้ แต่การวางเครื่องยนต์ดีเซลเอาไว้ชิดผนังข้างของเรือเกินไปจะสูญเสียปริมาตรที่อยู่เหนือศีรษะ การซ่อมบำรุงและซ่อมแซมเครื่องยนต์จะทำได้ลำบากเพราะผนังของตัวเรือโค้งมาก เรือดำน้ำ

บางลำจึงแก้ไขปัญหานี้โดยการออกแบบตัวเรือให้แยกส่วน (Block) ได้ เพื่อสะดวกในการซ่อมใหญ่เครื่องจักร

ด้านท้ายของห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเครื่องยนต์ดีเซลจะใช้เป็นที่ตั้งแผงควบคุมและจ่ายไฟฟ้า ซึ่งปัญหาหลักจะอยู่ที่ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงที่ใช้ในการขับเคลื่อนมากกว่าไฟฟ้าใช้การส่วนอื่นของเรือ

ห้องท้ายสุดภายในโครงสร้างต้านความดันของเรือจะเป็นห้องมอเตอร์ขับเคลื่อนและแผงควบคุมการทำงานของครีบไฮโดรเพลนและถังปรับทริมเรือ ห้องนี้จะค่อนข้างแออัดและคับแคบพอสมควรเพราะห้องมักจะมีรูปร่างเพรียว และถ้าหากมีการจัดวางท่อตอร์ปิโดท้ายร่วมด้วยจะยิ่งทำงานได้ลำบาก แต่ในปัจจุบันมีเรือดำน้ำไม่กี่ลำที่ติดตั้งท่อตอร์ปิโดท้ายเรือ

ท้ายเรือจะมีรูปร่างเพรียวสอบหาใบจักร และนิยมจัดวางถังอับเฉาหลัก (Main Ballast Tank, MBT) เอาไว้ภายนอกโครงสร้างต้านความดัน รูเจาะในภาคท้ายเรือก็จะมาจากรูเจาะให้เพลาใบจักรทะลุผ่านและต้องมีการผนึกน้ำ นอกจากนี้ยังมีหางเสือและครีบไฮโดรเพลนที่ท้ายเรือ ซึ่งใช้เพลาของตัวเองอีกด้วย

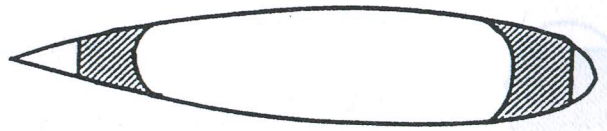
6. สรุป

ในการออกแบบรูปทรงเรือดำน้ำนั้นจะต้องพิจารณาถึงปริมาตรและพื้นที่ใช้สอยภายในเป็นหลัก และด้วยเหตุผลนี้การหาขนาดของเรือดำน้ำจึงต้องแตกต่างจากเรือผิวน้ำทั่วไปซึ่งใช้หลักการจากวัฏจักรการออกแบบ (Design Spiral) ดูรูปที่ 8 ทั้งนี้เพราะปริมาตรภายในเรือซึ่งอาจดูว่ามีเพียงพอนั้นไม่สามารถนำมาใช้ได้จริง และการออกแบบโดยการจัดผังให้ตัวเรือแต่ละส่วนเป็นหน่วยอิสระ (Unitisation) นั้น พัฒนามาจากการสร้างเรือด้วยวิธีแยกส่วน (Block Method) ก็ไม่สามารถนำมาใช้ได้กับเรือ

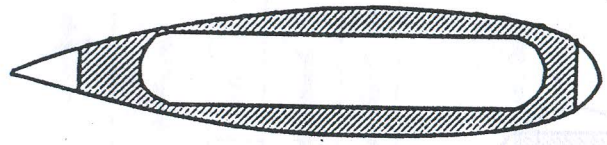
ดำน้ำ ถ้านำมาใช้ก็คงจะใช้ได้แต่กับบริเวณภาคหัวและท้ายของเรือเท่านั้น ดังนั้น การจัดผังเรือดำน้ำจึงควรทำตั้งแต่ในขั้นตอนออกแบบ แนวความคิด (Conceptual Design) เพื่อมิให้มีปัญหาในการหาขนาดที่แท้จริงของเรือ รูปที่ 9 แสดงให้เห็นถึงการจัดผังภายในของเรือดำน้ำที่ใช้กันในปัจจุบัน สำหรับขั้นตอนการออกแบบเรือดำน้ำ แสดงเอาไว้ใน รูปที่ 10

7. เอกสารอ้างอิง

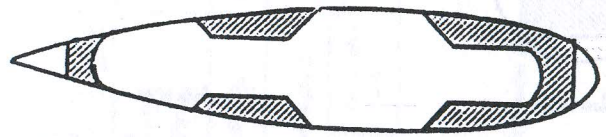
1. E.S. Arentzen et. al. "Naval Architecture Aspects of Submarine Design" SNAME (1960)
2. International Symposium on Naval Submarines. London (1983)
3. International Symposium on Naval Submarines. London (1988)
4. International Symposium on Naval Submarines. London (1991)
5. Burcher, R.K., Ryndill, L.J. "Concepts in Submarine Desing" Cambridge Ocean Technology Series Cambridge, 1994
6. Newton, R.N. et. al. "Practical Costructin of Warships" Longman, 1963.



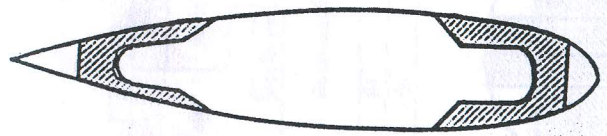
(ก) ถังอับเฉาหลักปิดโครงสร้างต้านความดันในภาคหัวและท้ายโดยสอบเข้ารูป สังเกตุผนังโครงสร้างต้านความดันจะสัมผัสกับน้ำทะเล



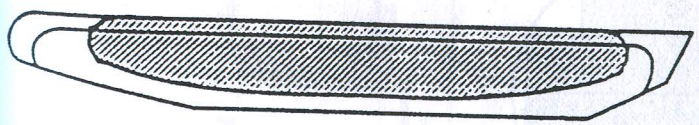
(ข) ถังอับเฉาหลักคลุมโครงสร้างต้านความดันซึ่งเป็นรูปทรงกระบอกอยู่ภายใน



(ค) ถังอับเฉาเป็นเข็มขัดรัดโครงสร้างต้านความดัน สังเกตุว่ามีผนังโครงสร้างต้านความดันบางส่วนจะสัมผัสกับน้ำทะเล

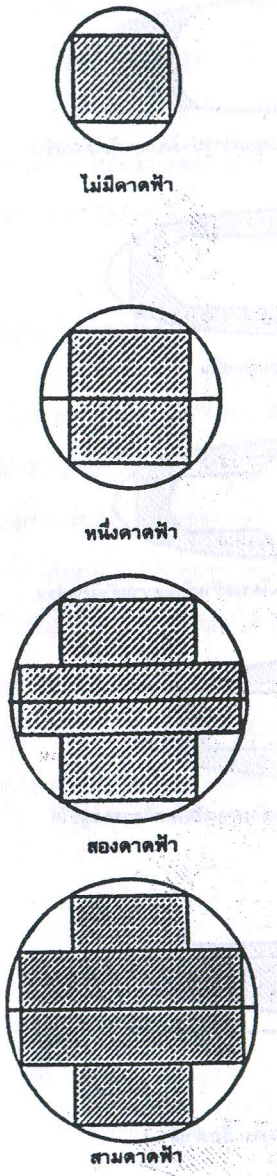


(ง) ถังอับเฉาเป็นเข็มขัดรัดเข้ารูปโครงสร้างต้านความดันที่ภาคหัวและท้ายของเรือโดยมีการลดรูปให้เหมาะสมกับการใช้พื้นที่/ปริมาตรภายในโครงสร้างต้านความดัน

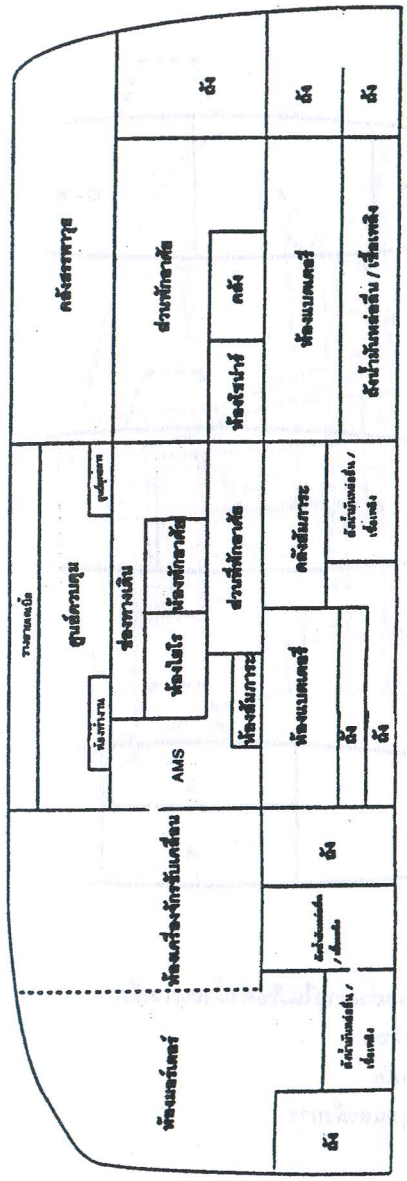


(จ) ถังอับเฉาเป็นรูปอานม้าจึงมีชื่อเรียกว่า Saddle Tanks

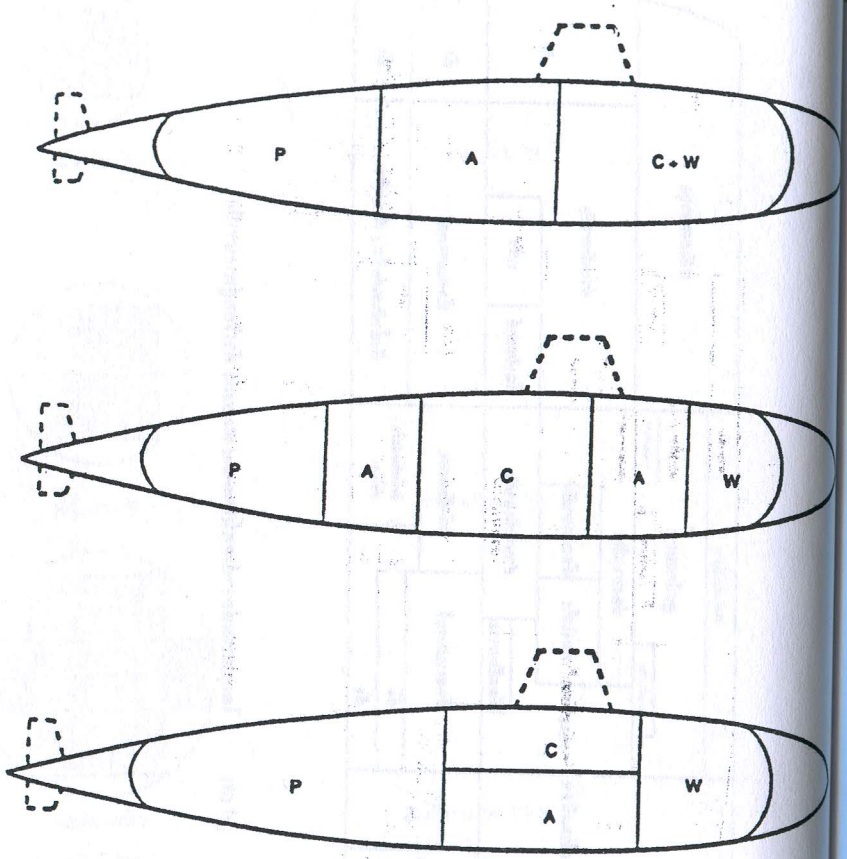
รูป (1) แสดงการจัดถังอับเฉาหลัก(Main Ballast Tank, MBT)ใน.เรือดำน้ำ



รูป (2) แสดงการเพิ่มจำนวนดาดฟ้าเป็นปฏิภาคกับเส้นผ่านศูนย์กลางพื้นที่หน้าตัด



รูป (3) โดยแกรมฟลาวด์เดอร์(Flounder Diagram) หัวเรืออยู่ทางขวามือ



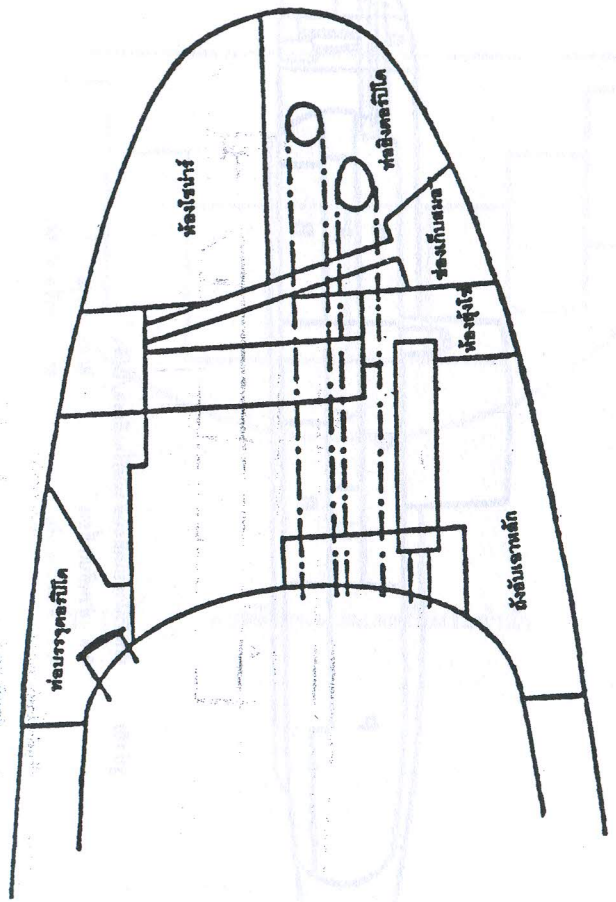
รูป (4) การจัดผังภายในอย่างง่ายในเรือดำน้ำขนาดเล็ก

P = ส่วนขับเคลื่อน

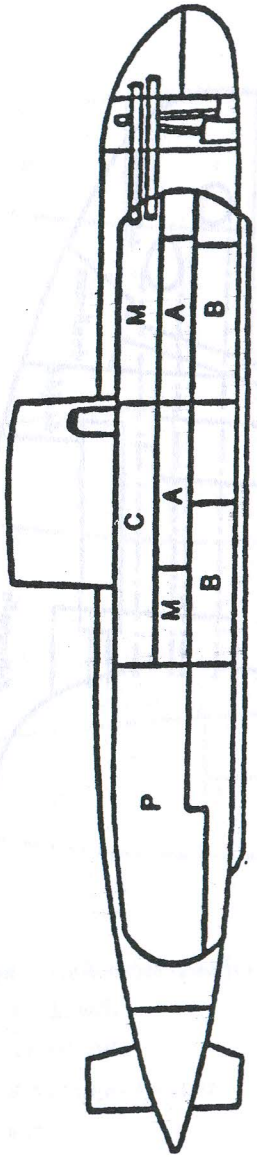
A = ส่วนพักอาศัย

C = ส่วนควบคุมและสั่งการ

W = อาวุธ



รูป (5) การจัดผังภาคหัวของเรือดำน้ำโดยทั่วไป

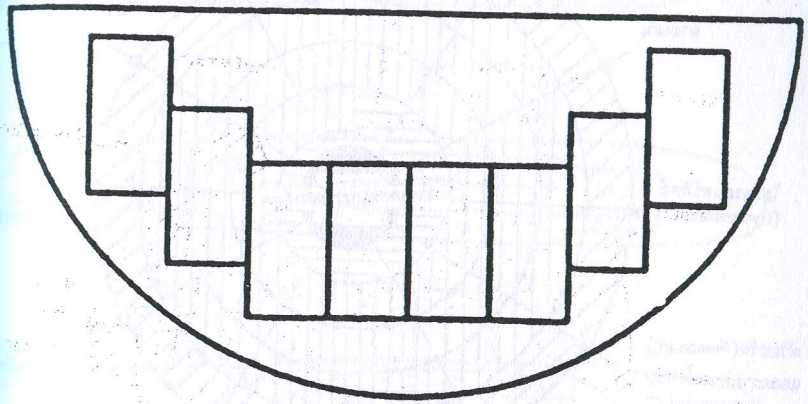


รูป (6) เรือดำน้ำขับเคลื่อนด้วยเครื่องดีเซล/ไฟฟ้า

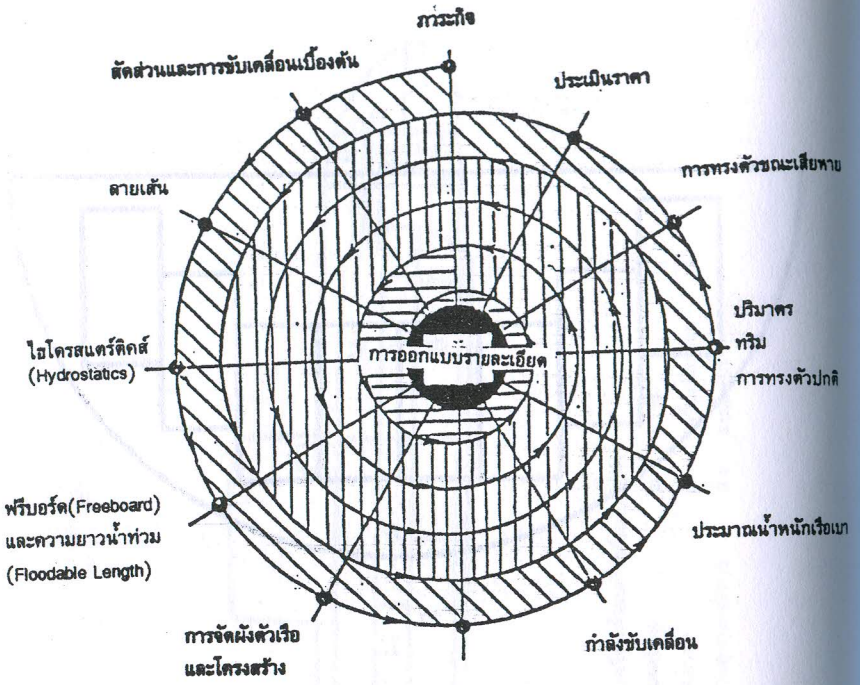
P = ส่วนขับเคลื่อน W = ถาวร

A = ส่วนพักอาศัย M = เครื่องจักรช่วย

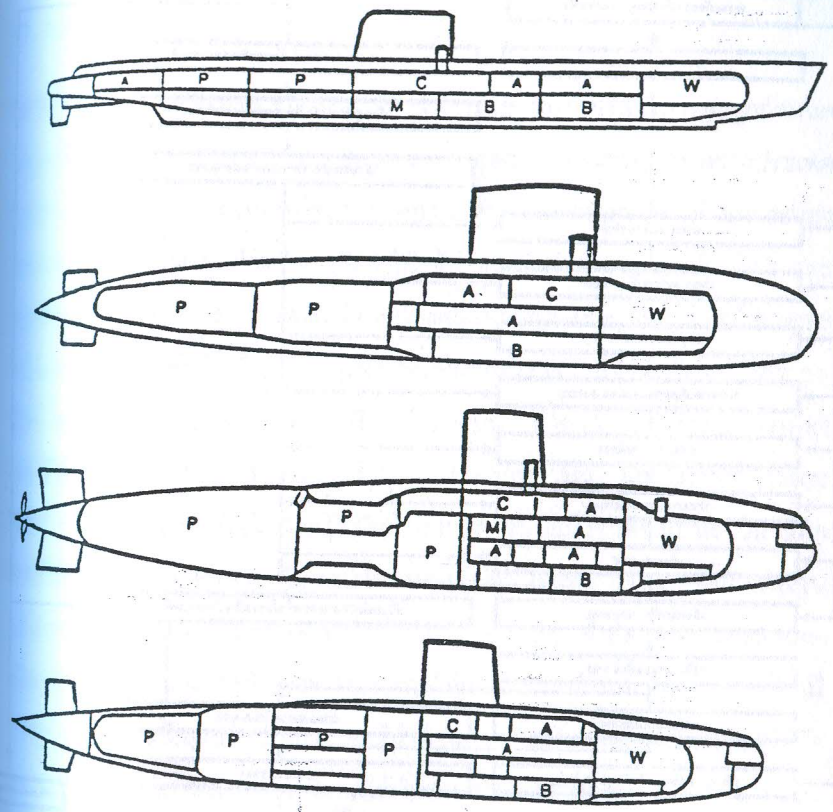
C = ส่วนควบคุมและสั่งการ B = แบตเตอรี่



รูป (7) การจัดวางแบตเตอรี่ในเรือดำน้ำ

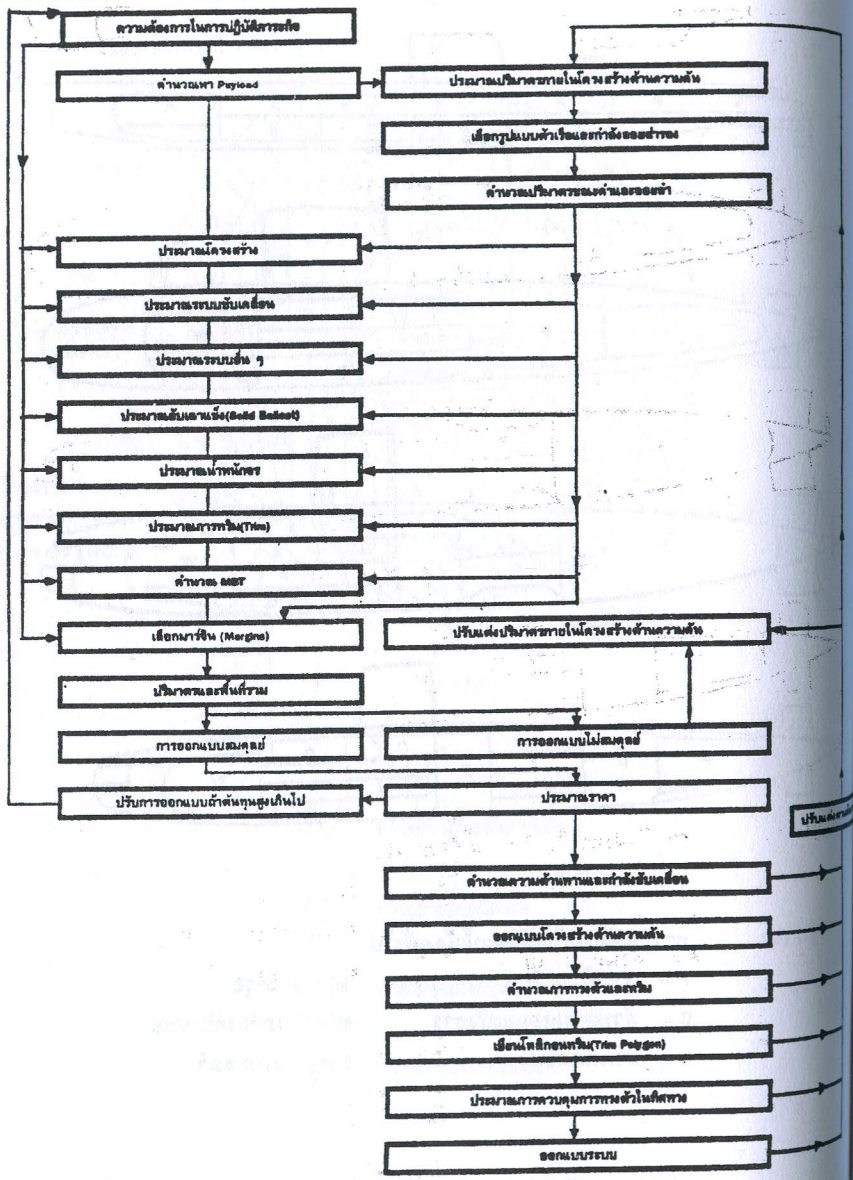


รูป (8) วัฏจักรการออกแบบเรือ (Design Spiral)



รูป (9) การจัดผังภายในเรือดำน้ำโดยทั่วไป

P = ส่วนขับเคลื่อน W = อาวุธ
C = ส่วนควบคุมและสั่งการ M = เครื่องจักรช่วย
A = ส่วนพักอาศัย B = แบตเตอรี่



รูป (10) ขั้นตอนการออกแบบเรือตำน้ำ

กลยุทธ์การแข่งขันของธุรกิจสายการบิน

*จักรกฤษณ์ ดวงพัสตรา**

1. บทนำ

ตามทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ ราคาและปริมาณการผลิตสินค้าหรือบริการจะถูกกำหนดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุปทานกับอุปสงค์ ในอุตสาหกรรมการบินระหว่างประเทศอุปทานถูกกำหนดจากเทคโนโลยีอากาศยาน ต้นทุนและกฎระเบียบด้านการขนส่ง ส่วนอุปสงค์นั้น จะถูกกำหนดจากรายได้ อัตราค่าโดยสาร ค่าระวางสินค้า และคุณภาพการให้บริการ แต่เดิมโครงสร้างตลาดการบินระหว่างประเทศมีลักษณะเป็นตลาดผูกขาดหรือเป็นตลาดผู้แข่งขันน้อยรายเนื่องจากมีข้อจำกัดจากสิทธิการบิน และกฎระเบียบมากมาย อาทิ เส้นทางบิน ท่าอากาศยานที่อนุญาตให้ลงจอดได้ ขีดความสามารถในการบรรทุก จำนวนเที่ยวบิน และอัตราค่าโดยสาร อีกทั้งสายการบินที่ให้บริการอยู่ก็มักเป็นสายการบินแห่งชาติซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจและได้รับประโยชน์จากการคุ้มครองโดยตรงจากรัฐ ดังเช่น ประเทศไทยจะสงวนเส้นทางการบินระหว่างประเทศให้กับบริษัท การบินไทย จำกัด ประเทศออสเตรเลียจะสงวนเส้นทางการบินระหว่างประเทศให้กับสายการบินแควนตัส หรือแม้กระทั่งสหรัฐอเมริกาเองที่เป็นประเทศผู้นำด้านการส่งเสริมการแข่งขันอย่างเสรีก็ยังสงวนเส้นทางการบินระหว่างประเทศให้กับสายการบินแพนแอม และผู้ประกอบการอื่นอีกจำนวนไม่กี่รายจนกระทั่งเมื่อปีค.ศ.1978 สหรัฐฯ ได้ประกาศผ่อนคลายกฎระเบียบของธุรกิจสายการบินภายในประเทศ (Domestic Airline Deregulation) ส่งผลให้ตลาดการบินภายในประเทศและตลาดการบินโลกขยายตัวในระยะเวลาต่อมา

* อาจารย์ประจำภาควิชาพาณิชยศาสตร์ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย