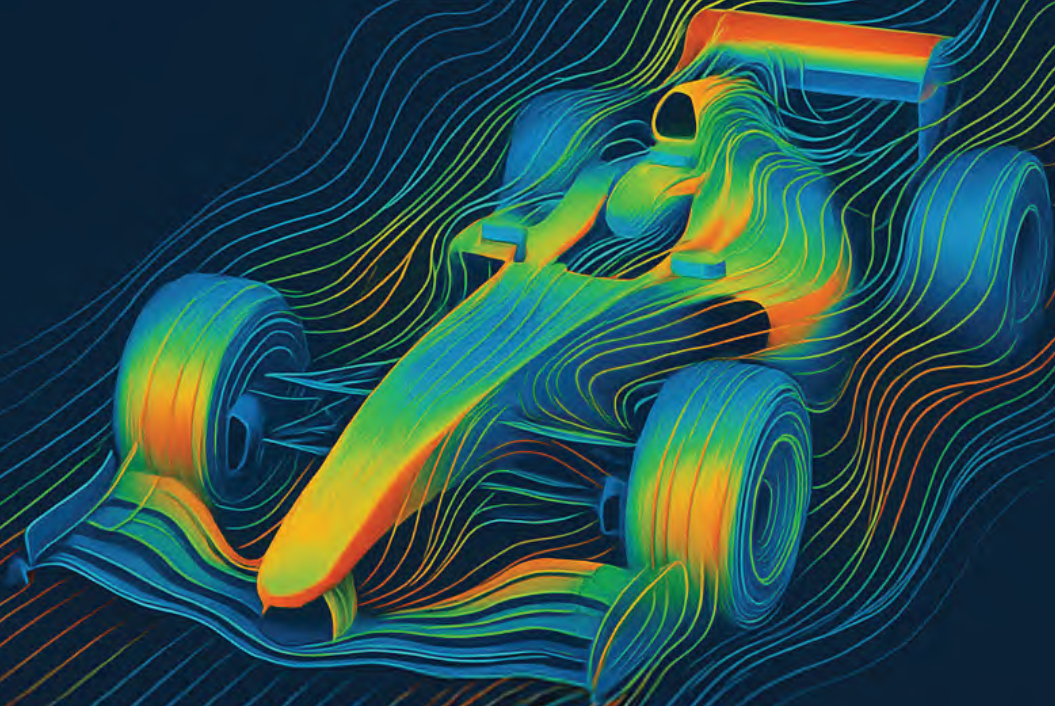


พลศาสตร์ของไหล เชิงคำนวณ (CFD) ความรู้ที่จำเป็นสำหรับวิศวกร



วรพงศ์รัตน์ จันทสาโร

พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD):
ความรู้ที่จำเป็นสำหรับวิศวกร

พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD): ความรู้ที่จำเป็นสำหรับวิศวกร

วรากรณ์ จันทสาโร

 **สำนักพิมพ์**
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2568

วารสารรัตน์ จันทสาโร

พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (ซีเอฟดี): ความรู้ที่จำเป็นสำหรับวิศวกร / วารสารรัตน์ จันทสาโร

1. พลศาสตร์ของไหลเชิงการคำนวณ. 2. พลศาสตร์ของไหล.

620.1064

ISBN (e-book) 978-616-629-133-9

Q 77/30/2568



asskunคำวิชาการ สู่สังคม
Knowledge to All
www.cupress.chula.ac.th

หนังสือเล่มนี้ผ่านการตรวจคุณภาพวิชาการจากผู้ทรงคุณวุฒิของสำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จัดทำโดย

รองศาสตราจารย์ ดร.วารสารรัตน์ จันทสาโร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทร. 064-991-6245 อีเมล varangrat.j@ku.th

ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2568

บรรณาธิการอำนวยการ : รองศาสตราจารย์ ดร.วิมลวรรณ พิมพ์พันธุ์

กองบรรณาธิการฝ่ายวิชาการ : ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.ปิยนถ บุนนาค

ศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ เดชะอำไพ ศาสตราจารย์ นายแพทย์ศิษณุ พันธุ์เจริญ

รองศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์

ผู้ประสานงาน : ชีรภัทร์ ภูทอง

พิสูจน์อักษร : พัชรณงค์ คมมาน

ออกแบบปกและรูปเล่ม : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สั่งซื้อได้ที่ ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

<http://www.chulabook.com>

โทร. 08-6323-3703-4

customer@cubook.chula.ac.th, info@cubook.chula.ac.th

Apps: CU-eBook Store

คำนำ

ปัจจุบัน การจำลองพลศาสตร์ของไหลด้วยวิธีเชิงตัวเลข (Computational Fluid Dynamics หรือ CFD) ได้กลายเป็นเครื่องมือสำคัญในงานวิศวกรรมหลากหลายสาขา ทั้งในด้านการวิเคราะห์ การออกแบบ และการวิจัยพัฒนา หนังสือ "พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (CFD): ความรู้ที่จำเป็นสำหรับวิศวกร" เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการในการเรียนรู้พื้นฐานของ CFD อย่างเป็นระบบ โดยครอบคลุมเนื้อหาตั้งแต่แนวคิดเบื้องต้น สมการถ่ายโอนที่สำคัญ เช่น สมการอนุรักษ์มวล และสมการนาเวียร์-สโตกส์ การสร้างและประเมินคุณภาพของเมช ตลอดจนกระบวนการแก้ปัญหาเชิงตัวเลขด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่มสำหรับเมชที่มีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ (unstructured finite volume method) ซึ่งรองรับทั้งเอลิเมนต์สามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยม ช่วยให้สามารถจำลองการไหลในรูปทรงซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื้อหายังครอบคลุมการกำหนดเงื่อนไขในเซลล์ เช่น เงื่อนไขสำหรับวัสดุพอรุน และเงื่อนไขในเซลล์แบบกำหนดพจน์กำเนิด รวมถึงการกำหนดเงื่อนไขขอบต่าง ๆ ได้แก่ เงื่อนไขขอบแบบเพิอร์โอดิก และเงื่อนไขขอบแบบพัลลม นอกจากนี้ยังมีการจำลองการไหลแบบปั่นป่วนด้วยแบบจำลองต่าง ๆ เช่น EVM และ RSM การวิเคราะห์การถ่ายเทความร้อน ทั้งการนำความร้อน การพาความร้อนแบบบังคับ การพาความร้อนแบบธรรมชาติ และการแผ่รังสีความร้อน เนื้อหาถูกจัดลำดับอย่างต่อเนื่อง พร้อมตัวอย่างประกอบและแบบฝึกหัดท้ายบทเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกและการประยุกต์ใช้จริง

หนังสือเล่มนี้เหมาะสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาตรีตอนปลายถึงระดับปริญญาโท วิศวกรที่สนใจศึกษาและประยุกต์ใช้ CFD รวมถึงนักวิจัยที่ต้องการทบทวนพื้นฐานก่อนต่อยอดไปสู่การวิเคราะห์ขั้นสูง เนื้อหาทั้งหมดพัฒนาขึ้นจากประสบการณ์กว่า 25 ปีในการสอนวิชา 01208422 พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณเบื้องต้น และวิชา 01208546 วิธีปริมาตรจำกัดสำหรับพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ ตลอดจนงานวิจัยด้าน CFD ของผู้แต่งที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ รวมถึงประสบการณ์การศึกษาระดับปริญญาเอก ณ Imperial College สหราชอาณาจักร ซึ่งเป็นหนึ่งในสถาบันชั้นนำระดับโลกด้าน CFD

ผู้เขียนขอแสดงความขอบคุณศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ เดชะอำไพ ที่ปรึกษาด้าน Computer-Aided Engineering (CAE) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการชี้แนะแนวทางทางวิชาการตั้งแต่เริ่มต้นเส้นทางอาชีพเมื่อกว่า 25 ปีที่ผ่านมา รวมทั้งผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูซงค์ อุทัยภาส สำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนด้านคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงอย่างต่อเนื่อง และท้ายที่สุด ผู้เขียนขอขอบคุณครอบครัว—สุชัย-พวงเพชร สุรัตน์กวีกุล และเอกชัย-ณิชชา-ณิชชา จันทสาโร—ที่คอยเป็นกำลังใจและแรงสนับสนุนเสมอมา

วรารัตน์ จันทสาโร

3 สิงหาคม 2568

สารบัญ

คำนำ

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวความคิดของ CFD	1
1.2 ขั้นตอนในการจำลองการไหลด้วย CFD	1
1.3 ตัวอย่างของการประยุกต์ใช้ CFD ในงานทางวิศวกรรม	5
1.4 สรุป	9
1.5 แบบฝึกหัด	9
 บทที่ 2 สมการถ่ายโอนในพลศาสตร์ของไหล	11
2.1 ประเภทของการไหล	11
2.2 สมการอนุรักษ์มวล	13
2.3 สมการโมเมนตัม	14
2.4 สมการนาเวียร์-สโตกส์	14
2.5 ตัวอย่าง	16
2.6 สรุป	17
2.7 แบบฝึกหัด	18
 บทที่ 3 การสร้างเมช	19
3.1 แนวความคิดของการสร้างเมช	19
3.2 ขั้นตอนของการสร้างเมช	20
3.3 การสร้างเมชในบริเวณชั้นขีดผิวของวัตถุ	21
3.4 การตรวจสอบคุณภาพของเมช	23
3.5 วิธีการหาผลเฉลยที่ไม่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเมช	30
3.6 ตัวอย่าง	31
3.7 สรุป	32
3.8 แบบฝึกหัด	32

บทที่ 4 ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข	35
4.1 แนวความคิดของระเบียบวิธีเชิงตัวเลข	35
4.2 ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม	35
4.3 รูปแบบวิธีการทำให้ไม่ต่อเนื่อง	45
4.4 กระบวนการแก้ปัญหา	54
4.5 วิธีการหาผลเฉลย	61
4.6 การกำหนดเงื่อนไขในเซลล์ เงื่อนไขขอบ และเงื่อนไขเริ่มต้น	62
4.7 เกณฑ์กำหนดการลู่อเข้าหาผลเฉลยของสมการ	70
4.8 สรุป	73
4.9 แบบฝึกหัด	74
 บทที่ 5 การจำลองการไหลแบบปั่นป่วน	 77
5.1 วิธีการจำลองการไหลแบบปั่นป่วน	77
5.2 สมการแรนส์	78
5.3 แบบจำลองความปั่นป่วน EVM ชนิดเชิงเส้น	80
5.4 แบบจำลองความปั่นป่วน EVM ชนิดไม่เชิงเส้น	93
5.5 แบบจำลองความปั่นป่วน RSM	95
5.6 การจำลองการไหลแบบปั่นป่วนในบริเวณชั้นขีดผิว	98
5.7 เงื่อนไขขอบสำหรับการไหลแบบปั่นป่วน	102
5.8 ตัวอย่าง	104
5.9 สรุป	105
5.10 แบบฝึกหัด	105
 บทที่ 6 การจำลองการถ่ายเทความร้อน	 107
6.1 ประเภทของการถ่ายเทความร้อน	107
6.2 สมการพลังงาน	108

6.3 การจำลองการพาความร้อนแบบธรรมชาติ	110
6.4 การจำลองการแผ่รังสีความร้อน	114
6.5 เงื่อนไขขอบสำหรับการจำลองการถ่ายเทความร้อน	118
6.6 สรุป	120
6.7 แบบฝึกหัด	121
 เอกสารอ้างอิง	 123
ดัชนี	129

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1-1 รูปร่างโครงอากาศบนใบจักรเรือจากผลการจำลองด้วย CFD	5
รูปที่ 1-2 คอนทัวร์แสดงค่าพลังงานจลน์ของความปั่นป่วนในช่องระบายความร้อน แบบเซอร์เพนทายภายในใบพัดกังหันก๊าซภายใต้สภาวะการหมุน	8
รูปที่ 1-3 การจำลองการไหลในอุปกรณ์ไมโครฟลูอิดิกส์	8
รูปที่ 3-1 เมชที่มีการเรียงตัวเป็นระเบียบ	19
รูปที่ 3-2 เมชที่มีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ	20
รูปที่ 3-3 เมชในบริเวณชั้นขีดผิวของวัตถุ	21
รูปที่ 3-4 เมชที่เหมาะสมสำหรับชั้นขีดผิว	22
รูปที่ 3-5 ความบิดเบี้ยวของเมช	24
รูปที่ 3-6 ความตึงฉากของเมช	26
รูปที่ 3-7 อัตราส่วนภาพสำหรับเอลิเมนต์ 2 มิติ สี่เหลี่ยม	27
รูปที่ 3-8 อัตราส่วนภาพสำหรับเอลิเมนต์ 2 มิติ สามเหลี่ยม	27
รูปที่ 3-9 อัตราส่วนภาพสำหรับเอลิเมนต์ 3 มิติ	28
รูปที่ 3-10 ความต่อเนื่องของเมช	29
รูปที่ 4-1 โครงสร้างเมชแบบเชื่อมกัน	37
รูปที่ 4-2 นิยามของความเร็วที่จุดกึ่งกลางของแต่ละด้านของคอนโทรลวอลุ่ม ($\underline{U}_f$) และ ความเร็วที่จุดศูนย์กลางทางเรขาคณิตของคอนโทรลวอลุ่ม ($\underline{U}_p$ และ $\underline{U}_N$)	42
รูปที่ 4-3 นิยามของ $\underline{n}_f$ บนเมชที่มีความไม่ตึงฉาก	44
รูปที่ 4-4 นิยามของตัวแปรที่จุดกึ่งกลางของแต่ละด้านของคอนโทรลวอลุ่ม (ϕ_f) และ ตัวแปรที่จุดศูนย์กลางทางเรขาคณิตของคอนโทรลวอลุ่ม (ϕ_p และ ϕ_N)	47

บทที่ 1 บทนำ

1.1 แนวความคิดของ CFD

พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ (Computational Fluid Dynamics หรือ CFD) เป็นกระบวนการที่ใช้ระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical method) ในการแก้สมการถ่ายโอน (transport equations) ในพลศาสตร์ของไหลซึ่งประกอบด้วยสมการอนุรักษ์มวลและสมการโมเมนตัม เพื่อจำลองพฤติกรรมของไหลของของไหลผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ เช่น การจำลองสนามความเร็วของน้ำในท่อ และสนามความเร็วของอากาศผ่านรถยนต์ เป็นต้น ผลลัพธ์จากการจำลองสามารถนำไปใช้วิเคราะห์ปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการไหล ช่วยในการออกแบบก่อนสร้างจริง ลดเวลาทดลอง และประหยัดค่าใช้จ่ายจากการลองผิดลองถูกได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้งาน CFD อาจทำได้โดยการเขียนโปรแกรมขึ้นเองและใช้ซอฟต์แวร์สำเร็จรูป ซึ่งทั้งสองวิธีต้องอาศัยความรู้ด้าน CFD ที่เพียงพอเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่น่าเชื่อถือและนำไปใช้วิเคราะห์ แก้ปัญหา และออกแบบได้อย่างแม่นยำ ซอฟต์แวร์ CFD ที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน ได้แก่ Ansys Fluent, Ansys CFX, STAR-CCM+ และ OpenFOAM เป็นต้น

1.2 ขั้นตอนในการจำลองการไหลด้วย CFD

ขั้นตอนหลักในการจำลองการไหลด้วย CFD คือการแปลงสมการถ่ายโอนของของไหล ซึ่งอยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย ให้เป็นสมการพีชคณิต โดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม (finite volume method) บนเมช (mesh) ที่สร้างขึ้นภายในโดเมนการคำนวณ (computational domain) จากนั้นจึงแก้ระบบสมการพีชคณิตด้วยวิธีการหาผลเฉลย (solution method) ที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลการจำลองที่ถูกต้องและแม่นยำ การนำ CFD มาใช้ในการจำลองและวิเคราะห์ปัญหาการไหลต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ขั้นตอนแรกของการจำลองการไหลด้วย CFD คือการเลือกประเภทของการไหลที่ต้องการจำลอง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสามประเภทหลัก ได้แก่ การไหลแบบปั่นป่วน (turbulent flow) และการไหลแบบราบเรียบ (laminar flow), การไหลที่ไม่อัดตัว (incompressible flow) และการไหลที่อัดตัวได้ (compressible flow), รวมถึงการไหลที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (steady flow) และการไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา (unsteady flow หรือ transient flow) โดยประเภท

ของการไหลมีบทบาทสำคัญในการกำหนดรูปแบบสมการถ่ายโอนของของไหลที่จะถูกแก้ด้วยวิธีเชิงตัวเลข การเลือกประเภทการไหลที่เหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการจำลองส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำและความสมจริงของการจำลองด้วย CFD นอกจากนี้ ประเภทของการไหลยังมีอิทธิพลต่อการกำหนดเงื่อนไขขอบ เงื่อนไขเริ่มต้น คุณสมบัติของไหล และการสร้างเมชสำหรับการจำลองอีกด้วย

- 2) การกำหนดโดเมนการคำนวณให้ครอบคลุมเฉพาะส่วนที่สนใจโดยแยกออกจากระบบใหญ่ ถือเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการทำ CFD โดยขอบเขตของโดเมนการคำนวณต้องครอบคลุมพื้นที่ที่สามารถวัดค่าตัวแปรสำคัญ เช่น ความเร็วและความดัน ซึ่งจำเป็นสำหรับการกำหนดเงื่อนไขขอบในการแก้สมการถ่ายโอนของของไหล การกำหนดขอบเขตโดเมนที่เหมาะสมควรมีลักษณะดังนี้ ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของของไหล และอยู่ในตำแหน่งที่ค่าตัวแปรไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทิศตั้งฉากกับขอบโดเมน โดยการกำหนดโดเมนการคำนวณอย่างเหมาะสมจะช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดความซับซ้อนในการจำลองการไหลด้วย CFD
- 3) การสร้างโดเมนการคำนวณสามารถทำได้ 2 วิธีหลัก ได้แก่ การสร้างโดเมนการคำนวณโดยตรงด้วยโปรแกรมออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-Aided Design หรือ CAD) และการแยกโดเมนการคำนวณออกจากแบบ CAD ของชิ้นงานที่เป็นของแข็ง
- 4) การกำหนดเงื่อนไขขอบ (boundary condition) คือการกำหนดค่าตัวแปร เช่น ความเร็วและความดัน บนแต่ละด้านของโดเมนการคำนวณ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความถูกต้องของผลการคำนวณ การกำหนดเงื่อนไขขอบต้องสอดคล้องกับสภาพความเป็นจริงของปัญหานั้น ก่อนเริ่มการจำลองการไหลด้วย CFD ควรเตรียมข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการกำหนดเงื่อนไขขอบไว้ล่วงหน้า โดยข้อมูลส่วนใหญ่มักได้มาจากการวัดด้วยเครื่องมือเฉพาะทาง
- 5) การกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้น (initial condition) ให้สอดคล้องกับความเป็นจริงมีผลอย่างมากต่อความถูกต้องของการจำลองการไหลที่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ในทางกลับกัน สำหรับการไหลที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ความสมจริงของเงื่อนไขเริ่มต้นอาจไม่มีผลโดยตรงต่อความถูกต้องของผลการจำลอง แต่ส่งผลต่อกระบวนการลู่เข้าหาผลเฉลยของการแก้ระบบสมการ อย่างไรก็ตาม หากกำหนดเงื่อนไขเริ่มต้นให้ใกล้เคียงกับผลเฉลยมากที่สุด จะช่วยเพิ่มเสถียรภาพและทำให้กระบวนการลู่เข้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น
- 6) การกำหนดคุณสมบัติของไหล (fluid property) สำหรับการคำนวณต้องพิจารณาตามประเภทของการไหลว่าเป็นการไหลที่ไม่อัดตัวหรือการไหลที่อัดตัวได้ หากเป็นการไหลที่ไม่อัดตัว

คุณสมบัติของไหลจะถูกกำหนดให้เป็นค่าคงที่ ขึ้นอยู่กับชนิดของของไหล แต่หากเป็นการไหลที่อัดตัวได้ ความหนาแน่นของไหลจะถูกกำหนดตามกฎของก๊าซอุดมคติ (ideal gas law) และค่าความหนืดสัมบูรณ์ (absolute viscosity) มักกำหนดตามกฎของซัทเทอร์แลนด์ (Sutherland's law) เพื่อความถูกต้องของการคำนวณ

- 7) การกำหนดค่าความดันขณะทำงาน (operating pressure) ต้องพิจารณาตามประเภทของการไหลว่าเป็นการไหลที่ไม่อัดตัวหรือการไหลที่อัดตัวได้ หากเป็นการไหลที่ไม่อัดตัว ความดันขณะทำงานจะถูกกำหนดให้เป็นความดันโดยรอบ (ambient pressure) ซึ่งมักใช้ความดันบรรยากาศ (atmospheric pressure) โดยที่ความดันบรรยากาศ ณ ระดับน้ำทะเลมีค่าเท่ากับ $1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ และความดันที่ได้จากการคำนวณด้วย CFD จะเป็นความดันเกจ (gauge pressure) หรือความดันสัมพัทธ์ (relative pressure) ในกรณีของการไหลที่อัดตัวได้ ความดันขณะทำงานจะถูกกำหนดให้เป็นศูนย์ และความดันที่ได้จากการคำนวณด้วย CFD จะเป็นความดันสัมบูรณ์ (absolute pressure) ซึ่งคำนวณจากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมบูรณ์และความดันเกจดังนี้

$$p_{\text{gauge}} = p_{\text{absolute}} - p_{\text{operating}} \quad (1-1)$$

โดยเหตุผลที่กำหนดค่าความดันขณะทำงานเป็นศูนย์สำหรับการไหลที่อัดตัวได้ในการคำนวณด้วย CFD คือเพื่อให้สามารถใช้สมการโมเมนตัมในรูปแบบเดียวกันสำหรับทั้งการไหลที่ไม่อัดตัวและการไหลที่อัดตัวได้ ซึ่งช่วยให้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ง่ายขึ้น ในทางพลศาสตร์ของไหล ความดันสัมบูรณ์มักถูกใช้สำหรับการไหลที่อัดตัวได้ ส่วนความดันเกจนิยมใช้สำหรับการไหลที่ไม่อัดตัวเพื่อลดความเสี่ยงของความผิดพลาดจากการปัดเศษ (round-off error) ที่อาจเกิดจากค่าเกรเดียนต์ของความดันที่มีค่าน้อยมากในกรณีของการไหลที่ไม่อัดตัว

- 8) การสร้างเมช (mesh generation) คือกระบวนการแบ่งโดเมนการคำนวณออกเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ หรือ เอลิเมนต์ (element) เพื่อใช้ในการคำนวณเชิงตัวเลข ซึ่งเป็นหนึ่งในขั้นตอนที่สำคัญและใช้เวลามากที่สุดในการทำ CFD คุณภาพของเอลิเมนต์มีผลโดยตรงต่อพฤติกรรม การลู่เข้าหาผลเฉลยของระบบสมการไฟไนต์วอลุ่ม โดยเอลิเมนต์ที่มีคุณภาพดีควรมีรูปร่างสมมาตร ไม่บิดเบี้ยว เช่น สี่เหลี่ยมจัตุรัส และสามเหลี่ยมด้านเท่า เป็นต้น นอกจากนี้ ความละเอียดของเมช ยังส่งผลโดยตรงต่อความแม่นยำของผลเฉลย โดยจำนวนเอลิเมนต์ที่มากขึ้นช่วยให้สามารถจำลองการเปลี่ยนแปลงของสนามการไหลได้ละเอียดขึ้นกว่าการใช้จำนวน

เอลิเมนต์ที่น้อยกว่า ผลเฉลยที่ได้จากการแก้ระบบสมการไฟไนต์วอลุ่ม เช่น ความเร็วและความดัน จะถูกบันทึกไว้ที่ตำแหน่งของแต่ละคอนโทรลวอลุ่มหรือเอลิเมนต์ภายในโดเมนการคำนวณ

- 9) การแปลงสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยให้อยู่ในรูปสมการพีชคณิตด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม คือการใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่มในการแปลงสมการถ่ายโอนของของไหลซึ่งเดิมอยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ย่อยให้กลายเป็นสมการพีชคณิต หรือที่เรียกว่า สมการไฟไนต์วอลุ่ม
- 10) การแก้ระบบสมการไฟไนต์วอลุ่มด้วยวิธีการหาผลเฉลยที่เหมาะสมกับลักษณะของระบบสมการและประเภทของการไหลที่พิจารณา เนื่องจากการไหลแต่ละประเภทมีสมการและกระบวนการแก้ที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพและความแม่นยำของการคำนวณ นอกจากนี้ หากต้องการให้การจำลองได้ผลลัพธ์อย่างรวดเร็ว การคำนวณแบบขนาน (parallel computing) อาจเป็นทางเลือกที่ช่วยเพิ่มความเร็วในการประมวลผล โดยใช้ หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit หรือ CPU) หลายตัวทำงานพร้อมกัน ทำให้ลดเวลาการคำนวณลงได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การใช้การคำนวณแบบขนานจำเป็นต้องลงทุนในทรัพยากรคอมพิวเตอร์ที่สูงขึ้น เพื่อให้สามารถรองรับการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 11) การตรวจสอบเกณฑ์กำหนดการลู่เข้าหาผลเฉลยของสมการ (convergence criteria) เป็นขั้นตอนสำคัญในการทำ CFD เนื่องจากหากนำผลที่ยังไม่ลู่เข้าหาผลเฉลยสุดท้ายไปใช้งาน อาจทำให้เกิด ความคลาดเคลื่อนสูง ส่งผลให้การวิเคราะห์และการออกแบบขาดความแม่นยำ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าสมการได้ลู่เข้าหาผลเฉลยที่ถูกต้องก่อนนำไปใช้ต่อไป
- 12) การหาผลเฉลยที่ไม่ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเมช (mesh independent solution) เป็นขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งในการทำ CFD เนื่องจากหากผลเฉลยที่ได้มาจากเมชที่มีความละเอียดไม่เพียงพอ อาจทำให้ไม่สามารถจำลองลักษณะการเปลี่ยนแปลงของการไหลในบางบริเวณที่สำคัญได้ ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของผลการจำลอง
- 13) การแสดงผลและการวิเคราะห์ผล คือขั้นตอนในการนำผลเฉลยที่ได้จากการแก้ระบบสมการไฟไนต์วอลุ่มมานำเสนอ ซึ่งการแสดงผลสามารถทำได้หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการนำข้อมูลไปใช้งาน เช่น กราฟ (graph) คอนทัวร์ (contour) และเวกเตอร์ (vector) เป็นต้น