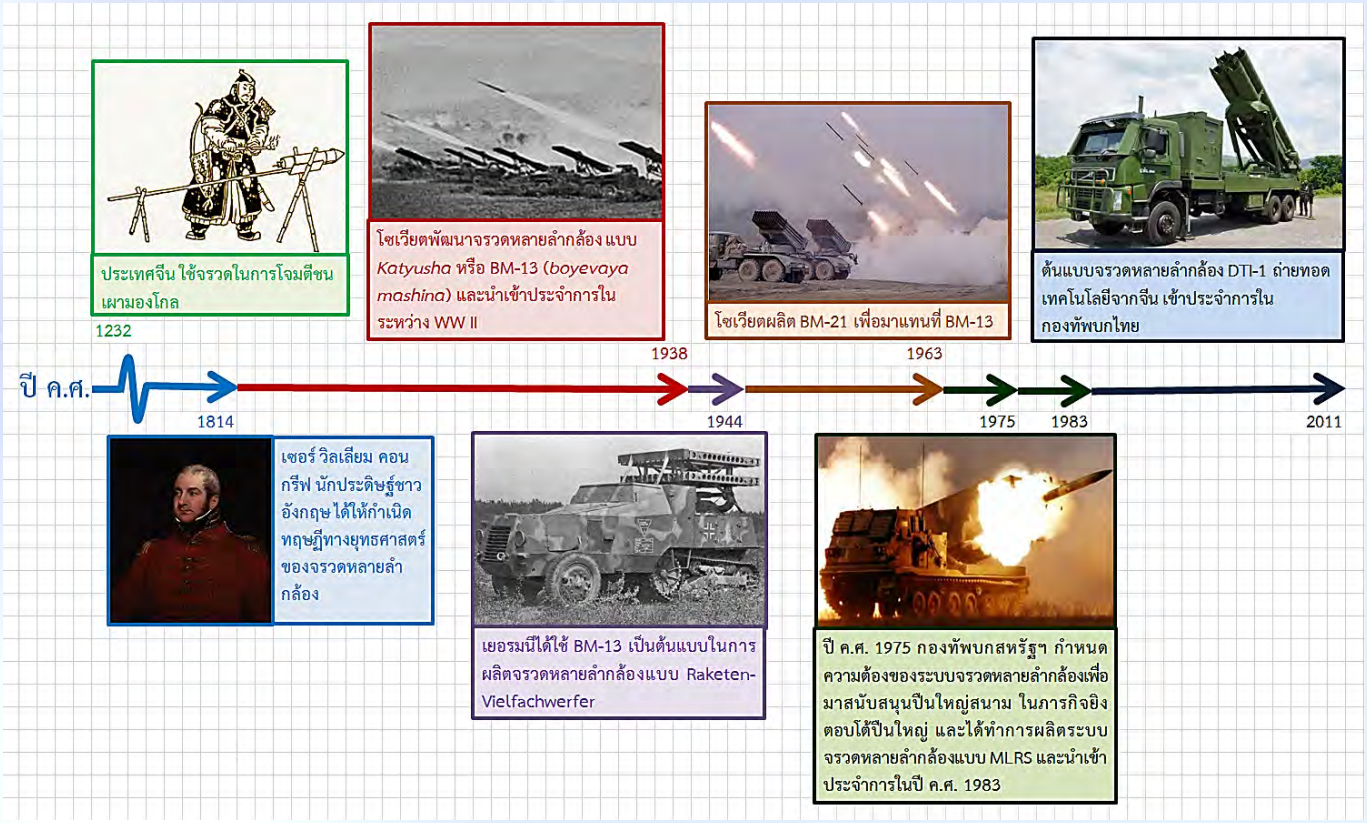
บทวิเคราะห์

เรื่องเทคโนโลยีจรวดหลายลำกล้อง



รูปที่ 1 วิวัฒนาการจรวดหลายลำกล้อง

1. กล่าวนำ

1.1 ประวัติความเป็นมา

ประวัติศาสตร์ของจรวดหลายลำกล้องสามารถย้อนหลังไปได้ถึงปี ค.ศ. 1232 ในประเทศจีน และต่อมาในปี ค.ศ. 1814 เซอร์ วิลเลียม คอนกรีฟ นักประดิษฐ์ชาวอังกฤษ ได้ให้กำเนิดทฤษฎีทางยุทธศาสตร์ของจรวดหลายลำกล้อง โดยกล่าวถึงการสร้างข้อได้เปรียบทางยุทธศาสตร์ที่จะเกิดขึ้น จากการนำอาวุธที่มีอานุภาพในการยิงโจมตีครั้งละหลาย ๆ นัดในเวลาเดียวกัน และใช้เวลาในการยิงที่น้อยที่สุด เซอร์ วิลเลียม ได้ให้แนวความคิดด้านลักษณะทางกายภาพของเครื่องยิงจรวดหลายลำกล้องในยุคนั้นว่า “เครื่องยิงจรวดควรจะสามารถนำเข้าประจำการอย่างสะดวกและรวดเร็ว และที่สำคัญที่สุด ความสามารถในการยิงจรวดได้ครั้งละหลาย ๆ นัด และมีอานุภาพในการทำลายที่ครอบคลุมพื้นที่รัศมีวงกว้าง เพื่อที่จะไม่เปิดโอกาสให้ข้าศึกได้ทันตั้งตัว”

เป็นเวลากว่า 200 ปีมาแล้ว ที่แนวคิดจรวดหลายลำกล้องของ เซอร์ วิลเลียม ยังคงถูกนำมาใช้ในสมรภูมิยุคศตวรรษที่ 21 ดังปรากฏให้เห็นในช่วงสงครามโลกครั้งที่สอง ที่กองทัพเยอรมัน กองทัพรัสเซีย และกองทัพสหรัฐฯ ล้วนแต่มีการนำจรวดหลายลำกล้องเข้าร่วมในการทำสงคราม และได้ทำการพัฒนาและใช้ในการปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง ในสงครามเกาหลีและสงครามเวียดนาม จนกระทั่งต่อมาในปี ค.ศ. 1991 จรวดหลายลำกล้องได้มีส่วนร่วมสนับสนุนในการนำชัยชนะมาให้กับกองกำลังร่วม (Coalition Force) ที่เข้าร่วมสงครามอิรักครั้งที่หนึ่ง

1.2 คุณสมบัติและหลักนิยม

ความต้องการทางทหารยุคใหม่คือ ระบบจรวดหลายลำกล้องที่มีความแม่นยำเพียงพอต่อการทำลายเป้าหมายเฉพาะ และลดการยิงผิดเป้าหมาย (Miss Hit) เพื่อลด “ผู้ที่ได้รับผลกระทบที่ไม่ได้เกี่ยวข้องกับการสู้รบ” (Collateral Damage[1]) แต่ระบบอาวุธนำวิถี (Missile) ซึ่งใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนนั้นจะมีราคาสูงและต้องอาศัยระบบปล่อยอาวุธ (Launching System) ที่ใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนด้วยเช่นกัน ระบบอาวุธจรวดที่ไม่นำวิถีเป็นระบบอาวุธที่มีประจำการอย่างแพร่หลายและมีราคาไม่แพง แต่มีข้อด้อยที่สำคัญคือการกระจายของตำบลกระสุนตกที่สูง กล่าวคือ ค่า CEP (Circular Error Probability[2]) ของตำบลกระสุนตกส่วนใหญ่อยู่ที่ประมาณร้อยละ 2 ของระยะยิง ปัจจุบันจึงมีผู้หันมาให้ความสนใจกับระบบจรวดที่มีความแม่นยำสูงขึ้นภายใต้ราคาที่ไม่สูงอย่างระบบอาวุธนำวิถี เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าว จึงมีความพยายามในการประกอบรวม (Integration) ระบบตรวจจับวิถี (Trajectory[3]) เข้ากับระบบปรับวิถี (Path Correction System) สำหรับใช้กับระบบอาวุธจรวด ยกตัวอย่างเช่นการนำระบบ GPS ประกอบรวมกับระบบควบคุมวิถีโดยให้มีขีดความสามารถในการวัดตำแหน่ง ความเร็ว มุมของการหมุน (Roll Angle) และอัตราการหมุน (Roll Rate) สำหรับการระบุวิถีของจรวด แล้วใช้ระบบควบคุมในการปรับวิถีของจรวด ระบบควบคุมที่นิยมใช้กับจรวด ได้แก่ การควบคุมทางอากาศพลศาสตร์[4] (Aerodynamics) และการจุดระเบิด (Thruster) บนตัวจรวดซึ่งจะกระทำในจังหวะเวลาที่เหมาะสมในการปรับวิถีของจรวด

---

[1] “ความเสียหายร่วม” (กองทัพอากาศ) หรือ “ความเสียหายข้างเคียง” (กองทัพเรือ)

[2] หมายถึง ตัวชี้วัดสำหรับความแม่นยำของระบบอาวุธ ซึ่งจะใช้เป็นปัจจัยในการพิจารณากำหนดความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับเป้าหมาย CEP จะบอกเป็นรัศมีของวงกลมที่ **“ครึ่งหนึ่ง”** ของตำบลกระสุนตกของระบบอาวุธนั้น ๆ ตกอยู่ภายใน

[3] ในที่นี้หมายถึง การเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งของจรวดหลังจากดินขับได้ใช้ไปหมดแล้ว ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของหัวกระสุนปืน

[4] เกี่ยวข้องกับการปรับครีบ และ/หรือ หางของจรวด

รูปที่ 2 ตัวอย่างโครงสร้างการจัดกองพันจรวดหลายลำกล้องของกองทัพบกจีน

ดังนั้นเพื่อตอบสนองต่อปฏิบัติการทางทหารและหลักนิยมในปัจจุบัน ระบบจรวดหลายลำกล้องจึงได้รับการพัฒนาให้สามารถทำการยิงได้ในทุกสภาพอากาศ เพราะมีระบบตรวจและค้นหาเป้าหมายเป็นองค์ประกอบ และจากความคล่องแคล่วในการเคลื่อนที่ของระบบจรวดหลายลำกล้องที่สามารถใช้ยุทธวิธีแบบ Shoot and Scoot[5] จรวดหลายลำกล้องสามารถเข้าประจำการเป็นส่วนหนึ่งของระบบอาวุธยิงสนับสนุน เพื่อใช้ในการยิงสนับสนุนแบบยิงสนับสนุนทั่วไป (General Support, GS) การยิงสนับสนุนและสมทบ (General Support-reinforcing, GSR) หรือการยิงสมทบ (Reinforcing, R) รวมไปถึงการยิงต่อต้านการยิง (Counter-fire) การยิงยับยั้งอาวุธต่อสู้อากาศยาน และการยิงขัดขวางการเข้าพื้นที่ เป็นต้น

1.3 สถานภาพ

ในปัจจุบันจรวดหลายลำกล้อง เป็นยุทโธปกรณ์สนับสนุนที่มีอิทธิพลทางยุทธศาสตร์ ยุทธการและยุทธวิธีที่สำคัญ ดังที่ได้มีการนำเครื่องยิงจรวดหลายลำกล้องเข้าประจำการ ไม่ว่าจะเป็นกองทัพของเหล่าประเทศมหาอำนาจ เช่น กองทัพสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และอีกหลาย ๆ ประเทศที่อยู่ในกลุ่มของประเทศในองค์การสนธิสัญญาแอตแลนติกเหนือ (NATO) หรือประเทศในเขตภูมิภาคเอเชียน เช่น สิงค์โปร์ อินโดนีเซีย กัมพูชา มาเลเซีย รวมไปถึงประเทศที่ได้รับอิทธิพลทางการทหารและการปกครองระบอบสังคม

[5] การยิงอาวุธ เช่น จรวดหลายลำกล้อง แล้วเคลื่อนที่ออกจากพื้นที่ที่ทำการยิงในทันที เพื่อหลีกเลี่ยง counter-battery fire หรือการยิงตอบโต้จากฝ่ายข้าศึก

นิยมเช่น พม่า และเวียดนาม ระบบอาวุธจรวดหลายลำกล้องที่ยังมีประจำการอยู่ในกองทัพของประเทศต่าง ๆ มีรายละเอียดระบุไว้ในตามตารางดังนี้

ชื่อ	ประเทศ	ปี	ขนาด (มม.)	ท่อยิง	ระยะยิง (กม.)	รถยิง	หมายเหตุ
BMD-20	โซเวียต	1952	200	4	19	6x6	เวียดนามเหนือ
RM-51	เชคโก สโลวาเกีย	1956	130	32	8	6x6	ลอกแบบ BM-13
Type 63	จีน	1961	106	12	8	ลากจูง	ประจำการใน กัมพูชา เมียนมา เวียดนาม
BM-21 Grad	โซเวียต	1963	122	40	20	6x6	กัมพูชา x 100 อินโด (RM-70) พม่า x 30 ไทย (SR-4) x 6 เวียดนาม x 350
M-63 Plamen	ยูโก สลาเวีย	1963	128	32	9	6x6	ถูกแทนด้วย LRSVM Morava
RM-70	เชคโก สโลวาเกีย	1972	122	40	20	8x8	ต่อยอดจาก RM-51ประจำการ ในอินโดนีเซีย กัมพูชา เมียนมา
BM-27 Uragan	โซเวียต	1975	220	16	35	8x8	พม่า x 35 เวียดนาม
Type 75	ญี่ปุ่น	1975	130	30	15	สายพาน	ถูกแทนที่ด้วย M270
M-77 Oganj	ยูโก สลาเวีย	1977	128	32	21	6x6	ถูกแทนด้วย LRSVM Morava
LARS-2	เยอรมนี	1980	110	36	25	6x6	ถูกแทนด้วย M270
Valkiri	แอฟริกาใต้	1982	127	24	22	4x4	

ชื่อ	ประเทศ	ปี	ขนาด (มม.)	ท่อยิง	ระยะยิง (กม.)	รถยิง	หมายเหตุ
ASTROS II	บราซิล	1983	127 SS-30 180 SS-40 300 SS-60 300 SS-80 SS-150	32 16 4 4	9-30 15-35 20-60 22-90	6x6	มาเลเซีย x 2304 มาเลเซีย x 928 Licensed Production ให้กับ อิรัก (Sajil-60)
M270 MLRS	อเมริกา	1983	227	12	40	สายพาน	หยุดสายการผลิตแล้ว
Type 83	จีน	1983	273	24	40	สายพาน	
VCLC	อาร์เจนตินา	1983	160	36	30	สายพาน	ไม่ได้เข้าประจำการ
Teruel-3	สเปน	1985	140	40	28	6x6	เลิกผลิตและปลดประจำการจากกองทัพสเปนแล้ว
FIROS	อิตาลี	1987	122	40	25 (FIROS 25) 34 (FIROS 30)	6x6	
TOS-1	โซเวียต	1988	220	24	6	สายพาน	Heavy Short Range MRLS
BM-30 Smerch	โซเวียต	1989	300	12	90	8x8	
Type 81	จีน	1989	122	40	20	6x6	ลอกแบบ BM-21 Grad
WS-1	จีน	1990	320	4	80	6x6	
Fajr-5	อิหร่าน	1991	333	4	75	6x6	พัฒนาต่อยอดจาก WS-1
WS-1B	จีน	1995	302	4	180	6x6	ต้นแบบ DTI-1 และ DTI-1G
T-122 Sakarya	ตุรกี	1997	122	40	40	6x6 8x8	

ชื่อ	ประเทศ	ปี	ขนาด (มม.)	ท่อยิง	ระยะยิง (กม.)	รถยิง	หมายเหตุ
Pinaka MBRL	อินเดีย	1998	214	12	40 (Pinaka I) 65 (Pinaka II)		พื้นที่สังหาร 1,000m x 800m
Type 89 /PHZ89	จีน	1999	122 ยาว 2.8 122 ยาว 2.76	40	20 30	สายพาน	ต่อยอดจาก Type 81 แทนที่ Type 70
Type 90	จีน	1999	122	40	20	6x6	ต่อยอดจาก Type 81 เพิ่ม 40 Spare Rockets ส่งออก เปรู ทดแทน BM-21
Lynx	อิสราเอล	2000	122 160 200	40 26 8	21 45 150	8x8	200 มม. มีรุ่นที่ติดตั้ง GPS Guidance System
A100/ PHL-96	จีน	2002	300	10	120	8x8	ลอกแบบ BM-30 Smerch โดย CPMIE ส่งออกให้ Tanzania
WS-22	จีน	2006	122	40	30	6x6	a guided version of 122 mm PR50 MLS
WS-2	จีน	2008	400	6	200	8x8	ลูกจรวดบรรจุอยู่ภายในท่อยิงที่ปิดผนึกไว้โดยไม่ต้องปรนนิบัติบำรุงตลอดอายุใช้งาน
Type 03 / PHL03	จีน	2004	300	12	150	8x8	ลอกแบบ BM-30 Smerch โดย NORINCO PLA เลือก PHL03 เหนือ PHL96

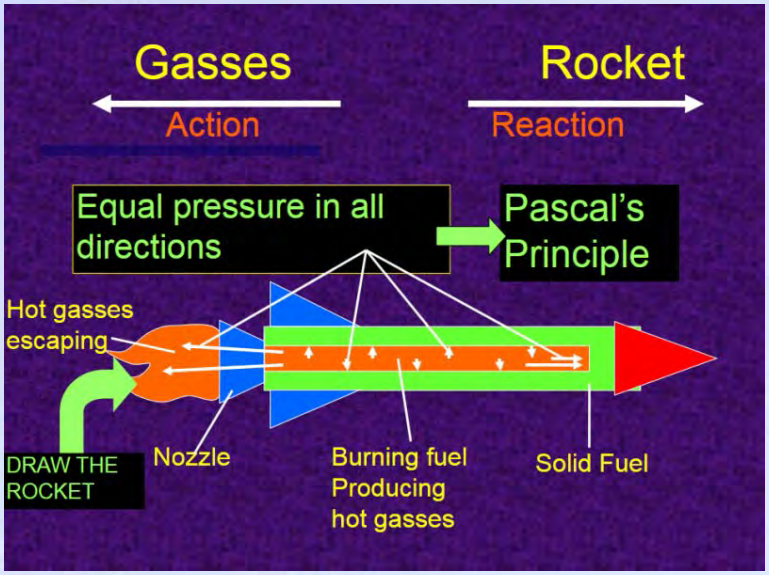
ชื่อ	ประเทศ	ปี	ขนาด (มม.)	ท่อยิง	ระยะยิง (กม.)	รถยิง	หมายเหตุ
AR2	จีน	2004	300	12	150	8x8	ส่งออกให้ Tanzania ไม่ Guided มีแค่ GPS สำหรับ Launcher
M142 HIMARS	อเมริกา	2005	227 610	6 Rockets 1 ATACMS	45-70 300	8x8	สิงคโปร์ x 18
Multiple Cradle Launcher	ตุรกี/ยูเออี	2013	122 107 300	240 (4x60) 240 (4x60) 16 (4x4)	37 11 100	6x6 (ส่วนหัว) 10 (ส่วนหาง)	
SR-4	จีน	2013	122	40	50	6x6	พัฒนาต่อยอดจาก Type 81 ไทย (SR-4) x 6
SR-5	จีน	2013	220 122	12 40	70 50	6x6	คล้าย HIMARS
9A52-4 Tornado	รัสเซีย	2014	122 220 300	15 8 6	90	8x8	
K-MLRS Chunmoo	เกาหลีใต้	2015	130 227 230	36 12 12	23 45 80	8x8	230 มม มีแบบนำและไม่นำวิถี
AR-3	จีน	2015	370 300	8 10	220 130	8x8	ส่งออกให้ Peru 370 มีเฉพาะ Guided Missile with CEP<50m
A200 / Polonez	จีน	2016	300	8	200	8x8	ส่งออกให้ Belarus มี Inertial และ GPS Guidance CEP 30-50 ม.

ชื่อ	ประเทศ	ปี	ขนาด (มม.)	ท่อยิง	ระยะยิง (กม.)	รถยิง	หมายเหตุ
A300	จีน	2017	300	8	290	8x8	เป็นจรวดแบบ Two-staged Rocket จีนจะนำเข้าประจำการ มี Inertial และ GPS Guidance CEP = 30 ม.
AR1	จีน		300	8	130	8x8	พัฒนาต่อยอดจาก PHL03 เพื่อการส่งออก
AR1-A	จีน		300	10	130	8x8	Variant ของ AR1 ส่งออกให้ Pakistan
WM-80	จีน						

2. ส่วนประกอบ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการทำงานของจรวด

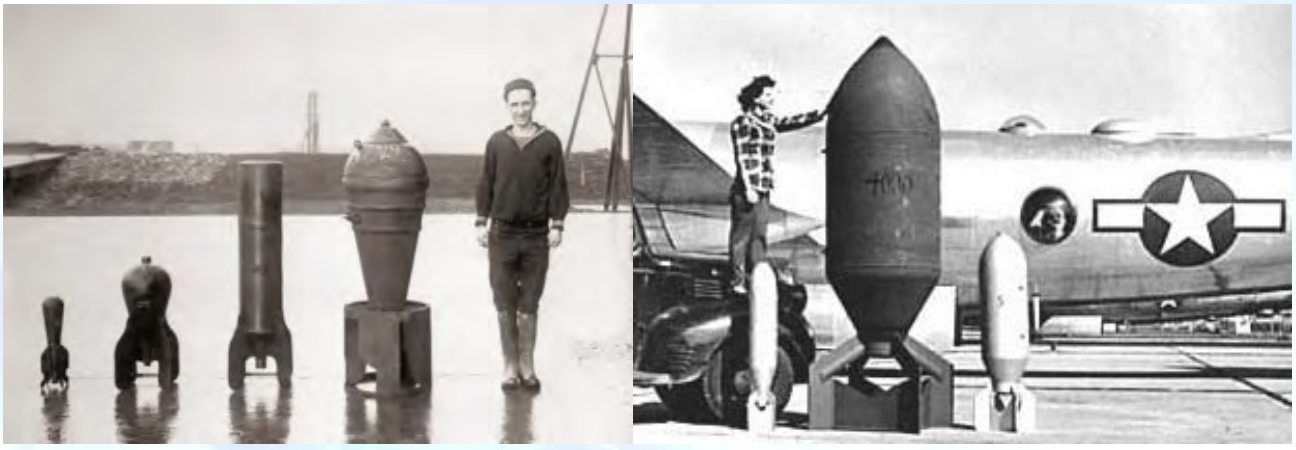
ตัวจรวด คือท่อโลหะที่ทำหน้าที่เสมือนห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) ดินขับที่ถูกเผาไหม้จะทำให้เกิดก๊าซที่มีความร้อนสูง และทำให้ความดันของก๊าซภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้นอย่างรวดเร็วซึ่งค่าของความดันนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินขับและขนาดของท่อจรวด แรงที่เกิดจากความดันของก๊าซนี้จะกระทำต่อพื้นผิวภายในตัวจรวดเท่า ๆ กันทุกจุด ยกเว้นตรงส่วนที่เป็นท่อจรวดซึ่งเป็นรูเปิดซึ่งจะเป็นจุดที่ไม่มีแรงกระทำต่อตัวจรวด และเป็นจุดที่ก๊าซจะพุ่งออกมา ทำให้เกิดแรงผลักให้ตัวจรวดพุ่งไปข้างหน้า ขนาดของแรงผลักดันจะเท่ากับขนาดพื้นที่ของท่อจรวดคูณด้วยความดันที่อยู่ภายในท่อจรวดโดยประมาณ



รูปที่ 3 หลักการทำงานของจรวด

จะเห็นได้ว่าหลักการพื้นฐานของดินขับสำหรับจรวดคือ การเปลี่ยนพลังงานความร้อนให้กลายเป็นพลังงานจลน์โดยอาศัยขยายด้วยกระบวนการอะเดียแบติก (Adiabatic Expansion[6]) ด้วยเหตุนี้การออกแบบจรวดจึงต้องพิจารณาแก้ปัญหาหลัก 2 ประการ คือ ประการแรก ต้องออกแบบให้สามารถสร้างก๊าซภายใต้ความดันที่สูงมากและอัตราการสร้างก๊าซนั้นต้องคงที่ซึ่งเป็นเรื่องของปฏิกิริยาเคมี และประการที่สอง ต้องออกแบบให้ก๊าซที่มีความดันสูงนี้พุ่งเป็นไอพ่นที่ความเร็วสูงซึ่งเป็นเรื่องของการออกแบบท่อจรวด ซึ่งจะได้กล่าวถึงในรายละเอียดในหัวข้อ ดินขับ และ ท่อจรวด ต่อไป

2.2 จรวดกับอาวุธนำวิถี (Rocket and Missile)

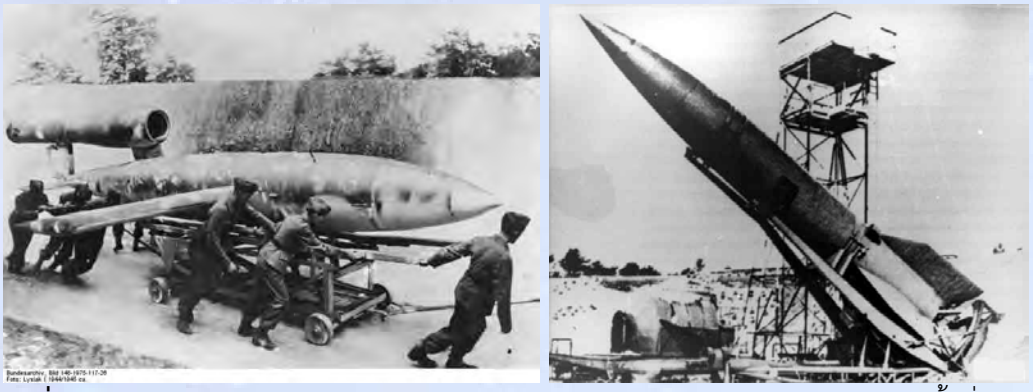


รูปที่ 4 ลูกระเบิด (Bomb) ในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 1 (รูปซ้าย) และในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 (รูปขวา)

ในที่นี้จะขอระบุข้อแตกต่างระหว่างจรวด (Rocket) กับอาวุธนำวิถี (Missile) แต่เพื่อให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นต้องทำความเข้าใจกับลูกระเบิด (Bomb) ก่อน ลูกระเบิด จริง ๆ แล้วคือ หัวรบหรือวัตถุระเบิดที่สร้างขึ้นให้มีรูปทรงตามหลักอากาศพลศาสตร์ เพื่อให้มีเสถียรภาพขณะที่ถูกปล่อยให้หล่นใส่เป้าหมาย ลูกระเบิดจะ

[6] กระบวนการอะเดียแบติก ในทางอุณหพลศาสตร์คือกระบวนการที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนเข้าและออกจากระบบ กระบวนการที่จะเรียกว่าเป็นกระบวนการอะเดียแบติกนั้นจะเกิดขึ้นได้เมื่อการเปลี่ยนแปลงนั้นรวดเร็วจนความร้อนไม่สามารถถ่ายเทระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมได้ทัน

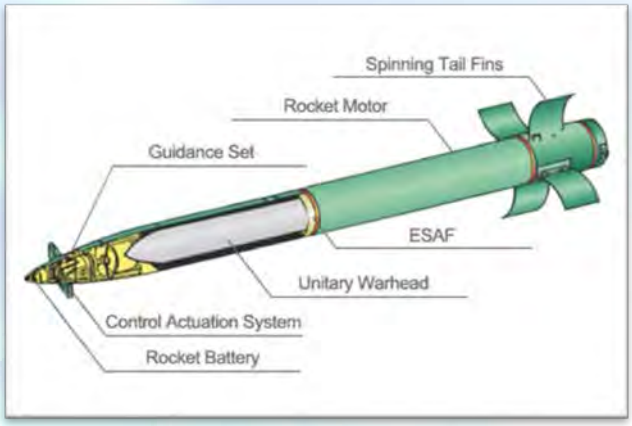
อาศัยโมเมนตัมของตัวมันเองขณะที่ถูกปล่อยจากเครื่องบินและแรงโน้มถ่วงของโลกในการเคลื่อนที่เข้าสู่เป้าหมาย แต่ถ้านำลูกระเบิดไปติดเข้ากับระบบขับเคลื่อน (Propulsion System) ทำให้สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยตัวเองและไปได้ไกลขึ้นและเร็วขึ้น ลูกระเบิดนั้นจะกลายเป็น “จรวด”



รูปที่ 5 จรวด V1 (รูปซ้าย) และ จรวด V2 (รูปขวา) ของเยอรมันในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2

ต่อมาได้มีการนำจรวดมาพัฒนาต่อโดยเพิ่มระบบนำวิถี (Guidance System) เข้าไปเพื่อให้สามารถติดตามทำลายเป้าหมายเป็นจุดหรือเป้าหมายที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วได้ ผลลัพธ์ที่ได้คือ อาวุธนำวิถี แต่เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีได้ก้าวหน้าไปมากและมีความต้องการเพิ่มความแม่นยำให้กับลูกระเบิดและจรวด จึงได้มีการนำระบบนำวิถีติดตั้งให้กับลูกระเบิดและจรวด ทำให้เกิดความสับสนระหว่าง ลูกระเบิด จรวด และอาวุธนำวิถี แต่เนื่องจากระบบนำวิถีที่ใช้กับลูกระเบิดกับจรวดนั้นจะเลือกใช้ระบบที่มีต้นทุนต่ำกว่า และมีประสิทธิภาพด้อยกว่าระบบนำวิถีของอาวุธนำวิถีเพราะต้องการเพียงให้สามารถปรับขีปนวิถีได้ในระดับหนึ่งเพื่อให้เกิดความแม่นยำมากขึ้นเท่านั้น เพราะฉะนั้นจึงไม่นิยมเรียกลูกระเบิดนำวิถี (Guided Bomb) และจรวดนำวิถี (Guided Rocket) ว่าเป็น อาวุธนำวิถี (Missile) กล่าวโดยสรุปแล้ว อาวุธนำวิถีสามารถจัดได้ว่าเป็นจรวดประเภทหนึ่ง แต่ไม่ใช่ว่าจรวดทั้งหมดจะเป็นอาวุธนำวิถี

2.3 ส่วนประกอบ



รูปที่ 6 ตัวอย่างส่วนประกอบของจรวดหลายลำกล้องแบบนำวิถี

2.3.1 ชนวน (Fuse)

รูปที่ 7 ตัวอย่างชนวนที่ใช้กับจรวดหลายลำกล้อง

การจุดระเบิดของจรวดจะถูกควบคุมด้วยการทำงานของชนวน ชนวนเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้ดินระเบิดเกิดการระเบิด ณ เวลาที่เหมาะสมภายใต้สภาวะที่กำหนด การจำแนกประเภทของชนวนสามารถกระทำได้หลายแบบ ตั้งแต่จำแนกตามหลักการทำงาน ซึ่งจะแบ่งได้เป็นแบบทางกล และทางไฟฟ้า หรือจำแนกตามลักษณะของการทำให้เกิดการจุดระเบิด ซึ่งแบ่งเป็นแบบตกกระทบ (Impact) แบบตั้งเวลาทางกล (Mechanical Time) แบบเฉียดระเบิด (Proximity) แบบระบบไฮโครสเตติก (Hydrostatic[7]) และแบบหน่วงเวลา (Delay) หรือจำแนกตามตำแหน่งที่ชนวนติดตั้งอยู่บนตัวระเบิด ซึ่งแบ่งเป็นแบบชนวนหัว (Nose) ชนวนหาง ชนวนข้าง หรือชนวนหลายตำแหน่ง (Multi-positioned) โดยชนวนทั้งหมดจะมีกลไกนิรภัย ซึ่งจะมีอยู่สองสถานะคือ ปลอดภัย (Safety) และพร้อมระเบิด (Arming) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการระเบิดในระหว่างการขนส่งเคลื่อนย้าย หรือระหว่างการยิงจรวด แรงที่เกิดจากความเร่งของจรวดจะเป็นตัวทำให้ชนวนเปลี่ยนสถานะจากปลอดภัยเป็นพร้อมระเบิด การทำให้จรวดพร้อมระเบิดนั้นส่วนใหญ่จะถูกหน่วงเวลาไว้จนกว่าจรวดจะมีความเร่งมากพอและได้ผ่านห้วงเวลาที่กำหนดตั้งไว้แล้ว ถ้าหากว่าจรวดมีความเร่งน้อยเกินไป หรือเวลายังไม่ผ่านไปนานพอ กลไกนิรภัยจะกลับสู่สถานะปลอดภัย กลไกนิรภัยแบบนี้จะช่วยให้เกิดระยะปลอดภัยระหว่างจรวดกับแท่นยิงจรวดก่อนที่จะเข้าสู่สถานะพร้อมระเบิด

2.3.2 หัวรบ (Warhead)

รูปที่ 8 ตัวอย่างหัวรบของจรวดหลายลำกล้อง HE, HE-Frag, Submunition

[7] จุดระเบิดด้วยการวัดระดับความดันของน้ำ ใช้กับระเบิดที่ใช้ใต้น้ำ

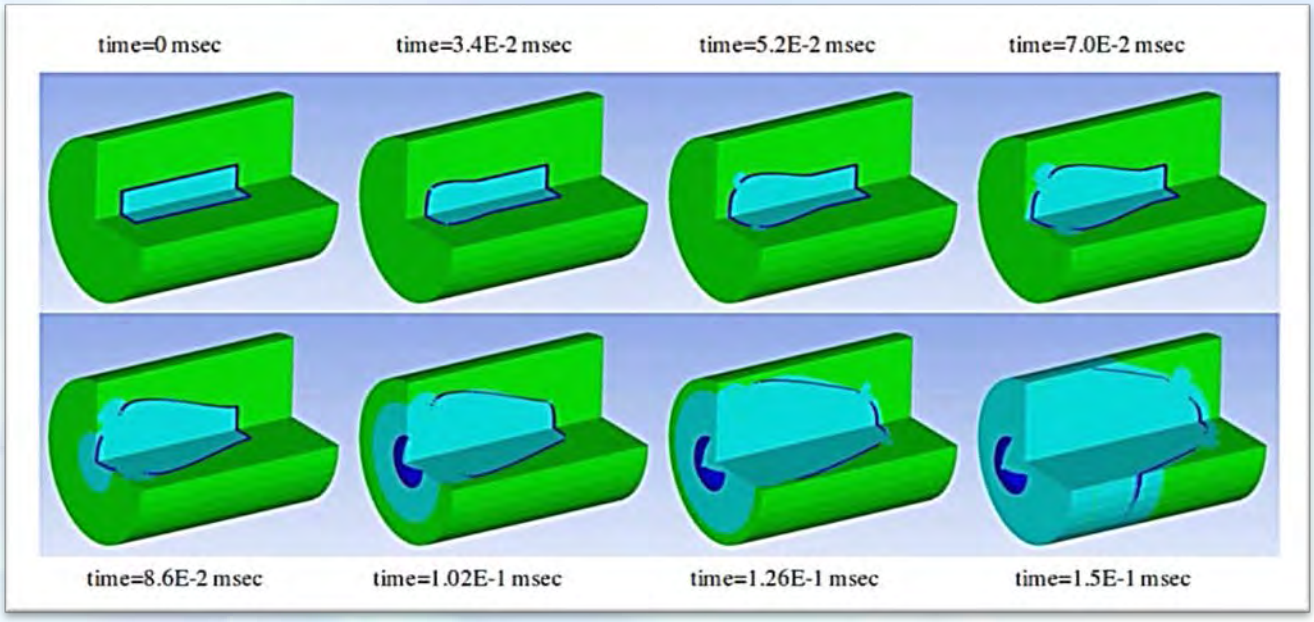
จากคุณลักษณะและหลักนิยมสำหรับจรวดหลายลำกล้องซึ่งจะยิงทีละหลายนัดครอบคลุมเป็นพื้นที่ ทำให้หัวรบที่เหมาะสมสำหรับใช้กับจรวดหลายลำกล้องจะได้แก่

(1) หัวรบระเบิดแรงสูง (High Explosive, HE) ซึ่งอาศัยอำนาจการทำลายจากแรงระเบิด และสะเก็ดระเบิดที่เกิดจากชิ้นส่วนของหัวรบ และตัวจรวด

(2) หัวรบระเบิดแรงสูงสะเก็ดระเบิด (High Explosive Fragmentation, HE Frag) ซึ่งหัวรบแบบนี้จะมีชิ้นส่วนที่เป็นสะเก็ดระเบิดประกอบอยู่ภายในหัวรบ ซึ่งสะเก็ดระเบิดเหล่านี้จะช่วยเพิ่มอำนาจการทำลายต่อเป้าหมายที่เป็นเกราะอ่อนได้และเพิ่มรัศมีการทำลายให้กว้างมากยิ่งขึ้น

(3) หัวรบแบบมีลูกระเบิดย่อย (Submunitions) หัวรบแบบนี้จะระเบิดแตกออกในอากาศ แล้วปล่อยลูกระเบิดย่อยซึ่งจะระเบิดเมื่อกระทบเป้าหมาย ทั้งนี้เพื่อเพิ่มอำนาจการทำลาย ระเบิดย่อยที่ใช้มีทั้งแบบสังหารบุคคล และแบบทำลายเกราะ

นอกจากนี้ยังมีหัวแบบสำหรับใช้ในการฝึกและหัวรบแบบควัน ข้อพิจารณาหลักในการเลือกใช้หัวรบจะพิจารณาจากเป้าหมายที่จะทำลายเป็นหลัก



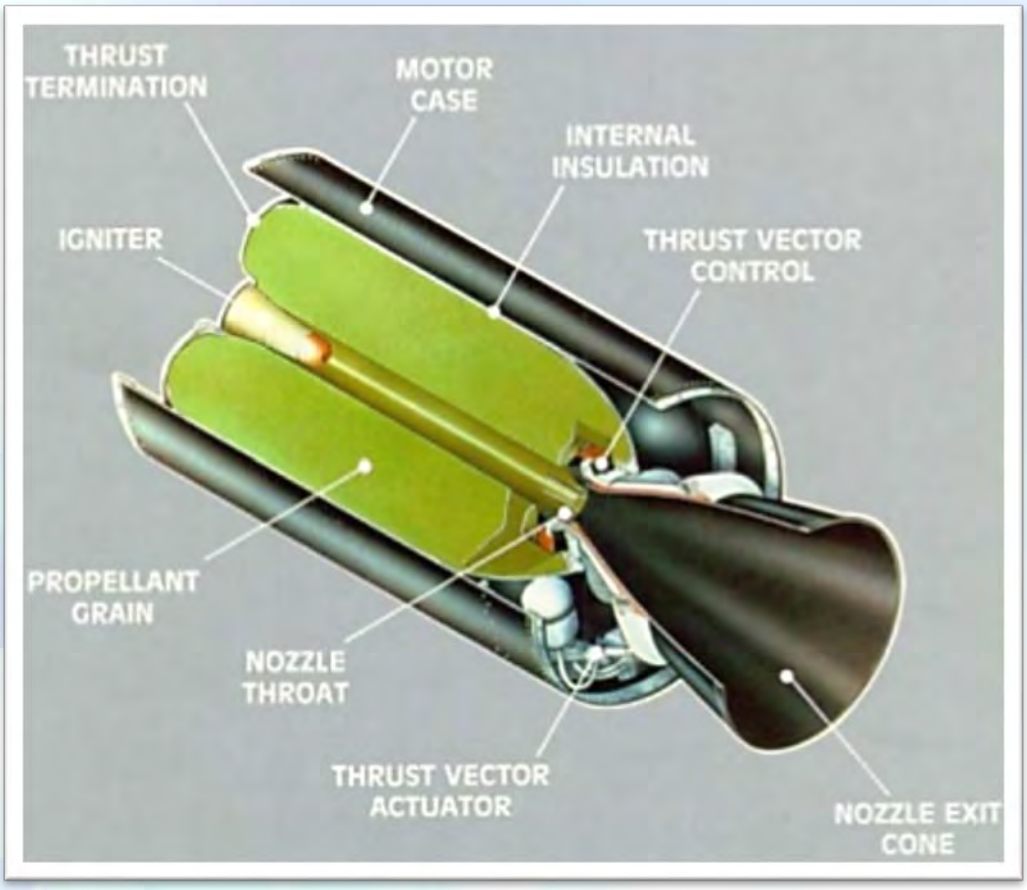
รูปที่ 9 ภาพแสดงการระเบิดของหัวรบของจรวดหลายลำกล้องแบบระเบิดแรงสูง (HE) ในกรณีที่จรวดใช้ชนวนหัว (Nose Fuse)

2.3.3 ดินขับ (Propellant)

แรงผลักดันของจรวด (Thrust) คือ แรงที่ดินขับสร้างขึ้นเพื่อผลักให้จรวดเคลื่อนที่ไปข้างหน้า ขนาดของแรงผลักดันนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วที่ก๊าซถูกสร้างขึ้นโดยการเผาไหม้ของดินขับแล้วถูกปล่อยออกมาจากจรวด ความเร็วนี้เรียกว่า Exhaust Velocity ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะของดินขับและการออกแบบท่อจรวด (Rocket Nozzle) ความสามารถในการเร่งความเร็วของจรวดจะขึ้นอยู่กับ

อัตราส่วนแรงผลักดันต่อน้ำหนัก (Thrust-to-weight Ratio) ยิ่งค่าอัตราส่วนมาก ความเร่งของจรวดจะยิ่งมาก อัตราส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาที่ดินขับกำลังเผาไหม้เนื่องจากน้ำหนักของจรวดจะลดลงตามปริมาณดินขับที่ถูกเผาไหม้เป็นก๊าซแล้วพุ่งออกทางท่อจรวด ซึ่งหมายความว่าภายใต้สภาพปกติจรวดจะเร่งความเร็วขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าดินขับจะหมด ดังนั้นค่าที่ใช้ในการบอกประสิทธิภาพของดินขับของจรวด คือ ค่าการดลจำเพาะ (Specific Impulse[8]) หากดินขับมีค่าการดลจำเพาะที่สูงแสดงว่าดินขับนั้นมีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากดินขับสามารถสร้างแรงผลักได้มากกว่าดินขับที่มีค่าต่ำด้วยปริมาณดินขับที่เท่ากัน ค่านี้ยังมีประโยชน์ในขั้นตอนการวิเคราะห์โดยใช้กำหนด “ขนาด” ของดินขับ และ Thermodynamic ของจรวดได้อย่างคร่าว ๆ ด้วย

เนื่องจากความดันของจรวดจะขึ้นอยู่กับอัตราการเผาไหม้ (Burning Rate) กับอัตราการไหลออกของก๊าซ (Escaping Rate) เป็นหลัก ดังนั้นองค์ประกอบหรือส่วนผสมของดินขับ รูปทรงของเม็ดดินระเบิด (Shape of Grain) และอัตราการเผาไหม้ของดินขับจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญสำหรับการออกแบบจรวด ดินขับที่ใช้กับจรวดหลายลำกล้องจะเป็น ดินขับแข็ง (Solid Propellant) เนื่องจากสะดวกและปลอดภัยกว่าในการจัดเก็บ/รักษา ขนส่ง เคลื่อนย้าย และดำเนินการใด ๆ กับจรวด ซึ่งเหมาะสำหรับการใช้งานทางทหาร



รูปที่ 10 ภาพส่วนประกอบของส่วนดินขับ (Rocket Motor) ของจรวดหลายลำกล้อง

[8] เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างปริมาณแรงผลักที่ได้ต่อปริมาณน้ำหนักของดินขับที่ไหลออกจากตัวจรวด

2.3.4 ส่วนนำวิถี (Guidance)

สำหรับระบบอาวุธที่นำวิถีแล้ว ส่วนนำวิถีเปรียบเสมือนกับสมองของระบบอาวุธนั้น ๆ โดยส่วนนำวิถีจะทำหน้าที่นำทางการเคลื่อนที่ (Maneuver) และดำเนินการปรับแก้ทิศทางการเคลื่อนที่โดยอัตโนมัติทันทีที่ระบบหลุดออกจากตำแหน่ง ด้วยการส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุม (Control หรือ Actuator) ซึ่งหมายความว่าส่วนนำวิถีจะทำหน้าที่เป็นทั้ง “ระบบนำทาง” (หรือ Navigation System ซึ่งหมายถึงระบบที่ระบุตำแหน่งของระบบโดยอัตโนมัติด้วยการเปรียบเทียบกับตำแหน่งอ้างอิง) และระบบป้อนข้อมูลการปรับแก้ทิศทางการเคลื่อนที่ที่คำนวณได้เพื่อส่งไปยังส่วนควบคุม ดังนั้นระบบนำวิถีของจรวดหลายลำกล้องต้องอาศัยการทำงานร่วมกันของ ระบบระบุพิกัดด้วยดาวเทียม GPS และ IMU (Inertial Measurement Unit[9]) สำหรับใช้ป้อนข้อมูลตำแหน่ง ทิศทาง ความเร็วในการเคลื่อนที่ และท่าทางของจรวดให้กับหน่วยประมวลผลของระบบ

กระบวนการทำงานของส่วนนำวิถีจะเริ่มต้นจาก GPS ของระบบรับข้อมูลความเร็วและตำแหน่งของจรวดอย่างต่อเนื่อง (เช่น ทุก ๆ 0.1 วินาที) จากนั้นหน่วยประมวลผลของระบบจะใช้ข้อมูลดังกล่าวคำนวณหาวิถีและจุดตก นำมาเปรียบเทียบกับจุดตกที่ต้องการแล้วคำนวณหาข้อมูลการแก้ไขความคลาดเคลื่อน จากนั้นจึงสร้างสัญญาณคำสั่ง (Command Signal) ส่งไปยังส่วนควบคุมเพื่อดำเนินการปรับแก้วิถีจรวดเพื่อลดความคลาดเคลื่อนต่อไป

รูปที่ 11 ตัวอย่างส่วนนำวิถีของจรวด Guided Multiple Launch Rocket System ของสหรัฐฯ

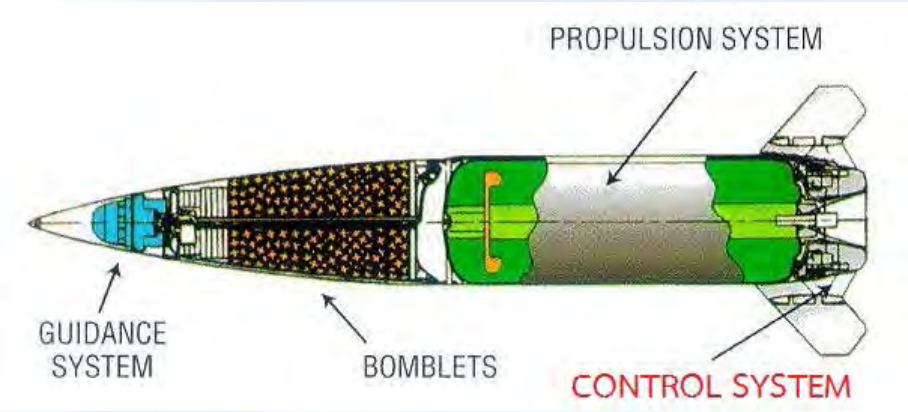
[9] เป็นเซนเซอร์หรืออุปกรณ์หลักที่ใช้ใน INS (Inertial Navigation System) IMU ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ Accelerometers 3 ทิศทาง และ Gyroscope 3 ทิศทาง ซึ่งวัดความเร่งและความเร็วเชิงมุมตามลำดับ ซึ่งเมื่อประมวลผลข้อมูลเหล่านี้จะสามารถบอกข้อมูลแบบเรียลไทม์ของตำแหน่งและความเร็ว พร้อมด้วยท่าในการบิน (Attitude ซึ่งหมายรวมถึง Roll, Pitch และ Heading)

หน่วยประมวลผลของระบบนำวิถี จะใช้โปรแกรมการคำนวณทางคณิตศาสตร์ มีประเด็นที่สำคัญอยู่ 5 เรื่อง คือ Trajectory Shaping, Model Predictive Guidance, Path Following, Impact Point Prediction Control และ Proportional Navigation แต่ทั้งนี้รายละเอียดจะแตกต่างกันตามแนวทางการออกแบบและพัฒนาระบบ แต่ทั้งหมดจะมีเป้าหมายหลักคือ การทำให้ลูกจรวดมีค่า CEP อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

2.3.5 ส่วนบังคับ (Control Section, Actuator)

ลักษณะของกลไกควบคุม (Control Mechanism) แบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่

(1) ควบคุมด้วย Aerodynamic Surface ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ครีบ[10]เป็นหลัก โดยหลักการทำงานของการนำวิถีแบบนี้คือ การใช้ครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวบนลำตัวของอาวุธ ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการเพิ่มแรงยก (Lift) และความสามารถในการเคลื่อนที่ (Maneuverability) พื้นที่ผิวที่เพิ่มเติมขึ้นมาเหล่านี้จะสามารถปรับให้ขยับได้ซึ่งจะส่งผลให้ “มุมปะทะ” (Angle of Attack) เปลี่ยนไปทำให้ขนาดและทิศทางของแรงยกเปลี่ยนไป ทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอาวุธนำวิถีเปลี่ยนไปได้ตามต้องการ จุดเด่นของการควบคุมด้วยระบบนี้คือ สามารถปรับแก้วิถีได้อย่างต่อเนื่องตลอดห้วงเวลาที่จรวดอยู่ในวิถี และการปรับแก้ทิศทางสามารถทำได้ง่ายกว่าแบบอื่น กลไกควบคุมแบบนี้ยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ Fin-stabilised และ Spin-stabilised



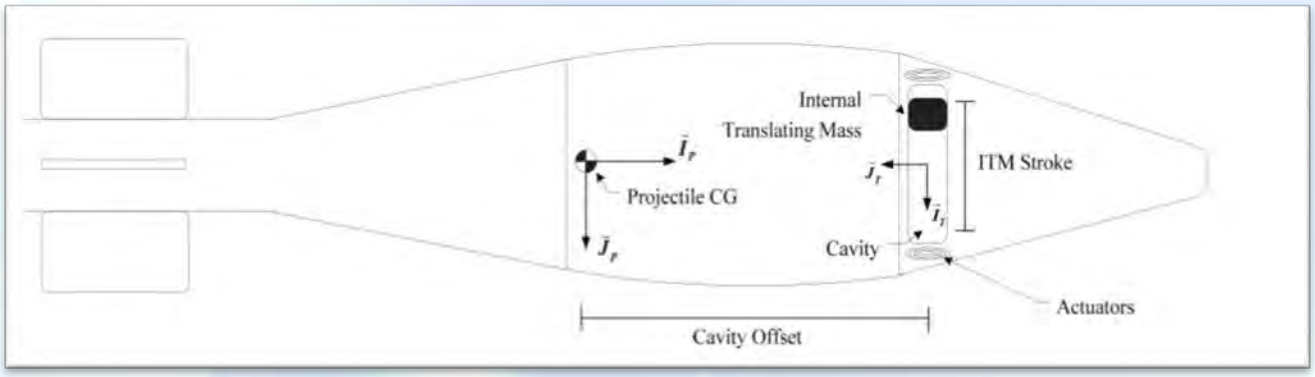
รูปที่ 12 ตัวอย่างส่วนควบคุม (ครีบหาง) ของจรวดหลายลำกล้อง

(2) ควบคุมด้วย Jet Thruster ซึ่งอาศัยการจุดระเบิด Thruster ที่อาจจะเป็นแก๊ส หรือวัตถุระเบิด เพื่อให้เกิดแรงผลักต่อระบบอาวุธทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอาวุธนำวิถีเปลี่ยนไปได้ตามต้องการ เนื่องจากการควบคุมทิศทางของการนำวิถีแบบนี้ใช้แรงผลักจากการจุดระเบิดตัว Thruster ที่อยู่บนตัวจรวด ตัวแหน่งตัว Thruster ที่จะจุดระเบิดและห้วงเวลาที่จะจุดระเบิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้นการจุดระเบิดจึงมักจะออกแบบให้กระทำน้อยครั้งในตำแหน่งที่ใกล้ถึงเป้าหมายเป็นส่วนใหญ่

[10] ครีบที่อยู่ด้านหน้าของจุดศูนย์ถ่วงหรือบริเวณส่วนหัวจะเรียกว่า Canard หรือ ครีบหน้า ส่วนครีบที่อยู่ด้านหลังของจุดศูนย์ถ่วงหรือบริเวณส่วนหางจะเรียกว่า Tail Fin หรือ ครีบหลัง

รูปที่ 13 จรวดหลายลำกล้องนำวิถีด้วยระบบ Pulse Control ของจีน

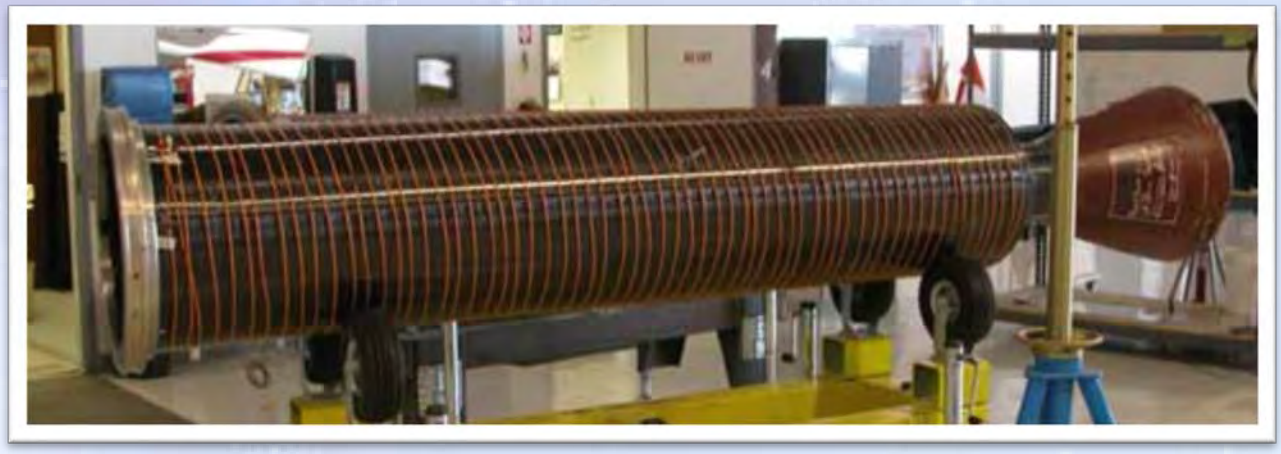
(3) ควบคุมด้วย Internal Translating Mass (ITM) ซึ่งอาศัยการเคลื่อนที่ของ ITM ซึ่งอยู่ในช่องว่างภายในตัวอาวุธ แรงที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของ ITM ภายใต้ความควบคุมจะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของอาวุธนำวิถีเปลี่ยนไปได้ตามต้องการ ข้อดีของ ITM คือชิ้นส่วนทั้งหมดที่ใช้ในส่วนควบคุมแบบ ITM จะอยู่ภายในตัวจรวด และตัวระบบเองไม่มีความสลับซับซ้อนมาก สามารถใช้ส่วนประกอบธรรมดาทั่วไปได้ ทำให้โอกาสที่ส่วนควบคุมนี้จะเกิดการเสียหายระหว่างการใช้งานน้อย



รูปที่ 14 หลักการทำงานของจรวดหลายลำกล้องนำวิถีด้วยระบบ ITM

2.3.6 ท่อจรวด (Case)

ระบบอาวุธทุกระบบจะเกี่ยวข้องกับวัสดุหลากหลายประเภท การเลือกใช้วัสดุจะมีผลกระทบที่สำคัญทั้งในเรื่องของราคา (Cost) การทำให้บรรลุผลสำเร็จ (Performance) และความเชื่อถือได้ (Reliability) ดังนั้นในการวิจัยและพัฒนานั้นส่วนใหญ่จึงเกี่ยวข้องกับนวัตกรรมด้านวัสดุและการเลือกใช้วัสดุ สำหรับระบบอาวุธจรวดหลายลำกล้อง มีความจำเป็นต้องใช้วัสดุหลายชนิดประกอบรวมเข้าด้วยกัน ตั้งแต่เปลือกหัวรบ (Warhead Case) ตัวจรวด (Motor Case) ท่อจรวด (Nozzle) ครีบจรวด (Fin) และฉนวนกันความร้อน ซึ่งชิ้นส่วนทั้งหมดต้องผ่านกระบวนการออกแบบ การคัดเลือกวัสดุ การขึ้นรูป การทดสอบ ซึ่งงานเหล่านี้เป็นงานที่ซับซ้อนและต้องการความเที่ยงตรงแม่นยำสูงมาก



รูปที่ 15 ส่วนตัวจรวด (Motor Case) และท่อจรวด (Nozzle)

ตัวจรวดจะได้รับการออกแบบให้ทนแรงดันและแรงเค้น (Stress) ที่เกิดขึ้นภายใต้สภาพอุณหภูมิที่สูงจากการเผาไหม้ดินขับ และเพื่อปกป้องตัวจรวดจากการทำลายของความร้อนสูง จึงต้องมีการกรุภายในด้วยฉนวนรองในกันความร้อน (Sacrificial Thermal Liner)

ท่อจรวด คือ รูเปิดสำหรับปล่อยให้ก๊าซที่เกิดจากเผาไหม้ของดินขับพุ่งออกมาทำให้เกิดแรงผลัก (Thrust) และเพื่อให้ได้ขนาดแรงที่ต้องการจะต้องออกแบบขนาดมิติและรูปทรงของ ดินขับ ท่อจรวด และตัวจรวดไปพร้อม ๆ กัน รูปทรงของท่อจรวดจะเป็นแบบ Convergent-divergent Nozzle ที่ลักษณะคล้ายกับนาฬิกาทราย ที่สองด้านไม่สมมาตรกันแต่ได้สมดุลซึ่งต้องผ่านการออกแบบและสร้างอย่างประณีต

2.3.7 แท่นยิง (Launcher Pod)

หากจะเปรียบเทียบท่อยิงของจรวดหลายลำกล้องกับปืนใหญ่สนามแล้ว ท่อยิงจะมีราคาถูกกว่ามาก และสามารถสร้างได้โดยโรงงานขนาดเล็กไม่มีความจำเป็นต้องใช้วัสดุหรือเครื่องจักรพิเศษเหมือนการสร้างลำกล้องปืนใหญ่ จรวดหลายลำกล้องจะเหมือนกันปืนใหญ่สนามที่ต้องเล็งก่อนแล้วจึงค่อยทำการยิง ดังนั้นส่วนที่สำคัญที่สุดของแท่นยิงคือระบบการปรับแท่นยิงทั้งมุมภาคและมุมทิศ (Gun Laying System) ซึ่งปัจจุบันจะได้รับการออกแบบให้ทำงานได้โดยอัตโนมัติตามระบบควบคุมการยิง (Fire Control System) ระบบการปรับปืนส่วนใหญ่จะใช้เป็นระบบไฮดรอลิกที่ควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ปัจจัยสำคัญในการออกแบบแท่นยิงคือต้องออกแบบให้สามารถบรรจุลูกจรวดใหม่ได้อย่างรวดเร็ว (Rapid Reloading) ไม่ว่าจะใช้คนหรือเครื่องมือช่วยก็ตาม นอกจากนี้จะต้องออกแบบให้มีความทนทานต่อการดำเนินการ และต่อสภาพแวดล้อมแบบต่าง ๆ

รูปที่ 16 การติดตั้งท่อยิงจรวดพร้อมลูกจรวดลงบนแท่นยิงจรวดหลายลำกล้อง HIMARS ของสหรัฐอเมริกา

เนื่องจากปัจจุบันจรวดหลายลำกล้องมีทั้งแบบนำวิถีและแบบไม่นำวิถี ขนาดของลูกจรวดอาจจะเหมือนกันหรือต่างกันก็ได้ ซึ่งจะส่งผลต่อจำนวนท่อยิงสำหรับจรวดแต่ละแบบด้วย การออกแบบระบบจรวดหลายลำกล้องจึงมักออกแบบให้สามารถยิงลูกจรวดที่มีขนาดต่างกันได้ และเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ท่อยิงของจรวดหลายลำกล้องสามารถเป็นแบบที่บรรจุลูกให้อยู่ในสภาพพร้อมยิงแล้วปิดผนึกไว้โดยไม่ต้องปรนนิบัติบำรุงตลอดอายุใช้งาน (Factory-sealed Disposable Rocket Pods) ในการใช้งานสามารถบรรจุลูกจรวดใหม่ด้วยการเปลี่ยนท่อยิงที่มีลูกจรวดบรรจุปิดผนึกไว้ทั้งชุด ซึ่งช่วยลดระยะเวลาในการเตรียมยิงได้อย่างมาก

2.3.8 รถยิง (Launcher Vehicle)

เพื่อประโยชน์ทางด้านยุทธการ (Operation) รถยิงสำหรับจรวดหลายลำกล้องสามารถใช้เป็นรถแบบใดก็ได้ไม่ว่าจะเป็นยานยนต์ล้อหรือสายพาน แต่ต้องมีคุณสมบัติด้านความคล่องแคล่วในการเคลื่อนที่ กล่าวคือสามารถเคลื่อนย้ายไปได้พร้อมกันกับหน่วยรับการสนับสนุน สามารถแปรขบวนเข้าที่ตั้งยิงได้อย่างรวดเร็วและออกจากพื้นที่ได้ก่อนที่จะถูกฝ่ายตรงข้ามระบุตำแหน่ง และเริ่มการยิงต่อต้าน (Counter-fire) เกราะกำบังของรถยิงจรวดหลายลำกล้องจะมีหรือไม่มีก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการและการออกแบบ โดยปกติแล้ว ส่วนควบคุมการยิง (Fire Control) ของระบบจรวดหลายลำกล้องจะอยู่ที่รถยิง ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในด้านความอยู่รอดในสนามรบ (Survivability) ของระบบ ซึ่งจะออกแบบให้ผู้ควบคุมหน่วยยิงสามารถปฏิบัติการได้ภายใต้เกราะป้องกันที่มีระบบป้องกันอาวุธนิวเคลียร์ ชีวะ เคมี (NBC Protected) โดยมีระบบควบคุมการยิง และการตั้งยิงอัตโนมัติควบคุมได้จากภายในตัวรถ

รูปที่ 17 รถยิง (Launcher Vehicle) และรถบรรจุจรวด (Loader Vehicle) ของระบบจรวดหลายลำกล้อง M270 ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งใช้ยานรบ (Platform) แบบเดียวกัน

นอกจากข้อพิจารณาในด้านยุทธการแล้ว ในด้านส่งกำลังและซ่อมบำรุง รถยิงสำหรับจรวดหลายลำกล้อง หลายกองทัพจะเลือกรถยิงที่ตนสามารถส่งกำลังบำรุงได้สะดวก กล่าวคือ ใช้ยานรบ (Platform) แบบเดียวกัน สำหรับยุทโธปกรณ์หลาย ๆ ประเภท ต้องปฏิบัติการร่วมกันในพื้นที่ปฏิบัติการเดียวกัน

3. แนวโน้มการพัฒนาจรวดหลายลำกล้อง

3.1 การพัฒนาในอดีตที่ผ่านมา

การพัฒนาจรวดหลายลำกล้องของรัสเซียได้เริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1938 จากความพยายามในการพัฒนาจรวดเพื่อติดตั้งบนอากาศยาน แต่เนื่องจากข้อจำกัดของเทคโนโลยีในยุคนั้นทำให้ไม่เสถียรพอ จึงได้เกิดแนวความคิดในการใช้รางตามแกนนอนเพื่อเป็นตัวช่วยควบคุมทิศทาง โดยได้ติดตั้งไว้บนยานยนต์ล้อยาง และได้กลายมาเป็นจรวดหลายลำกล้อง แบบ Katyusha หรือ BM-13 (Boyevaya Mashina) ขนาด 132 มม. และได้รับการนำเข้าประจำการในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ต่อมากองทัพเยอรมนีได้ใช้ BM-13 เป็นต้นแบบในการผลิตจรวดหลายลำกล้องแบบ Raketen-Vielfachwerfer เพื่อใช้ในระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 จรวดรุ่นต่อมาในตระกูล BM ของรัสเซีย ได้แก่ จรวด BM-14 เป็นผลจากการพัฒนาต่อยอดจรวดแบบ BM-13 ให้เป็นแบบลากจูง ขนาด 140 มม. บรรจุได้ครั้งละ 16 ลูก มีระยะยิงโดยประมาณ 9.8 กม. BM-14 ได้เข้าประจำการในกองทัพโซเวียตในขณะนั้นจนกระทั่งถึงปี ค.ศ. 1963 จึงได้ถูกแทนที่ด้วยจรวดหลายลำกล้องแบบ BM-21 ขนาด 122 มม. จำนวน 40 ลำกล้อง ติดตั้งบนยานยนต์ล้อยาง มีระยะยิง 20 กม. ต่อมาได้พัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องจนในปัจจุบันจรวดแบบ BM-21 มีระยะยิงสูงสุดอยู่ที่ 40 กม.

รูปที่ 18 การพัฒนาจรวดหลายลำกล้องของรัสเซีย

จรวดหลายลำกล้องแบบ BM-21 นับได้ว่าเป็นจรวดหลายลำกล้องที่ได้รับนำเข้าประจำการกว่าใน 50 ประเทศทั่วโลก และได้ถูกนำไปทำวิศวกรรมย้อนกลับในหลายประเทศ เช่น สาธารณรัฐเช็ก ได้ทำวิศวกรรมย้อนกลับจรวด BM-21 แล้วผลิตเป็น RM-70 ในปี ค.ศ. 1972 โดยเปลี่ยนรถยิงให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้นด้วยการเสริมเกราะและเพิ่มพื้นที่ในการจัดเก็บลูกจรวด ประเทศโรมาเนียเป็นอีกหนึ่งประเทศที่ได้ทำวิศวกรรมย้อนกลับจรวด BM-21 แล้วผลิตเป็นจรวดหลายลำกล้องแบบ APRA-40 เมื่อปี ค.ศ. 1978 และจากนั้นได้ร่วมมือกับประเทศอิสราเอลพัฒนาขึ้นเป็น LAROM โดยนำเข้าประจำการเมื่อปี ค.ศ. 2002 สาธารณประชาชนจีน ได้ทำวิศวกรรมย้อนกลับจรวด BM-21 ที่ยึดได้ในระหว่างสงครามจีน-เวียดนาม ในปี ค.ศ. 1979 และผลิตจรวดหลายลำกล้องแบบ Type-81 นำเข้าประจำการในกองทัพจีนในปี ค.ศ. 1982 และ Type-90 ที่ได้รับการพัฒนาและติดตั้งด้วยระบบอำนวยการยิงอัตโนมัติและมีพื้นที่เก็บลูกจรวด

จรวดหลายลำกล้องแบบ BM-21 รุ่นพื้นฐานนั้น เป็นจรวดหลายลำกล้องระยะใกล้ มีระยะยิงไม่เกิน 20 กิโลเมตร เนื่องจากข้อจำกัดของขนาดลูกจรวดและท่อยิง ทำให้ทางโซเวียตได้พัฒนาจรวด BM-27 หรือ Uragan (Hurricane) และได้นำเข้าประจำการในช่วงปี ค.ศ. 1975 จรวด BM-27 เป็นจรวดขนาด 220 มม. จำนวน 16 ลำกล้อง มีระยะยิงอยู่ที่ 35 กม. ลูกจรวดมีน้ำหนัก 280 กก. น้ำหนักหัวรบ 90 – 100 กก. ในปัจจุบันมีเข้าประจำการอยู่ใน 17 ประเทศ สำหรับประเทศรัสเซียได้มีการประมาณการว่ามีประจำการอยู่ 500 - 800 หน่วยยิง นอกจากนี้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการโจมตีกลุ่มเป้าหมาย เช่น กองร้อยทหารปืนใหญ่ รัสเซียยังได้มีการพัฒนาจรวดหลายลำกล้องแบบ BM-30 หรือ Smerch (Tornado) ขนาด 300 มม. ลูกจรวดมีขนาด 800 กก. ความยาว 7.6 ม. หนึ่งรถยิงมีท่อยิงจำนวน 12 ลำกล้อง ระยะยิงสูงสุดที่ 90 กม.

รูปที่ 19 จรวดหลายลำกล้อง BM-27 และ BM-30 ของรัสเซีย

จีนเป็นอีกหนึ่งประเทศที่ดำเนินการพัฒนาระบบอาวุธจรวดหลายลำกล้องอย่างต่อเนื่อง เริ่มต้นจากจรวดหลายลำกล้องขนาด 122 มม. Type-81 ที่จีนทำวิศวกรรมย้อนกลับจาก BM-21 จนประสบความสำเร็จจากนั้นจีนได้พัฒนาปรับปรุงต่อยอดเป็น Type-89 และ Type-90 แล้วตามมาด้วย SR-4 และล่าสุดคือ SR-5 ซึ่งเป็นแบบนำวิถี โดยบริษัท Norinco

รูปที่ 20 จรวดหลายลำกล้องขนาด 122 มม. ที่วิจัยและพัฒนาโดยจีน

นอกจากจรวดหลายลำกล้องขนาด 122 มม. จีนยังได้พัฒนาจรวดขนาดอื่นอีกมากมาย เช่น จรวดหลายลำกล้องในตระกูล WS ซึ่งเริ่มต้นจาก WS-1 ในปี ค.ศ. 1990 โดย WS-1 เป็นจรวดขนาด 302 มม. ระยะยิง 40-100 กม. จากนั้นจึงพัฒนาจรวด WS-1B ในปี ค.ศ. 1993 ที่เพิ่มระยะยิงเป็น 80-180 กม. และตามมาด้วยจรวด WS-2 ซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นเป็น 400 มม. ระยะยิงไกลขึ้นเป็น 200 กม. ซึ่งต่อมาได้รับการพัฒนาเป็น WS-2C และ WS-2D ซึ่งเป็นแบบนำวิถี และมีระยะยิงไกลถึง 350 กม. และ 400 กม. ตามลำดับ อนึ่ง ประเทศไทยได้รับถ่ายทอดเทคโนโลยีจรวดหลายลำกล้อง WS-1B และพัฒนาเป็นจรวดหลายลำกล้อง DTI-1 โดยสถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) และทำการต่อยอดเป็นจรวดหลายลำกล้อง DTI-1G ซึ่งเป็นแบบนำวิถี

อิสราเอลเป็นอีกหนึ่งประเทศที่มีการพัฒนาจรวดหลายลำกล้อง โดยบริษัท IMI เป็นผู้ผลิตระบบจรวดหลายลำกล้องแบบ Lynx MLRS Rocket and Missile System ซึ่งสามารถยิงจรวดขนาด 122 มม. และ 160 มม. ประเทศตุรกีก็มีขีดความสามารถในการพัฒนาและผลิตจรวดหลายลำกล้องขนาด 122 มม. โดยบริษัท Rocketsan ผลิตระบบจรวดแบบ Multi Barrel Rocket Launcher T-122 MBRL

3.2 การพัฒนาในปัจจุบันและอนาคต

การพัฒนาจรวดหลายลำกล้องในปัจจุบันอยู่ในลักษณะของการเพิ่มความแม่นยำด้วยระบบนำวิถี เพิ่มระยะยิงและระยะปฏิบัติการให้ไกลขึ้น เพิ่มอำนาจการทำลายให้สามารถใช้กับเป้าหมายที่หลากหลายขึ้น ลดเวลาเตรียมการในการยิงให้น้อยลง และการลดราคาต้นทุนต่อหน่วยของจรวดให้ต่ำลง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายดังกล่าวข้างต้น จึงได้มีความพยายามพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมากมาย ดังตัวอย่างเช่น

1) การพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการนำวิถี เช่น GPS และ INS มีความแม่นยำและมีความเสถียรภายใต้แรง g มากยิ่งขึ้น ประกอบกับคอมพิวเตอร์ประมวลผลมีขีดความสามารถที่สูงขึ้น มีการทดสอบด้วยการสร้างโมเดลทางคณิตศาสตร์เพื่อตรวจสอบขีปนวิถีได้อย่างเที่ยงตรงใกล้เคียงกับผลการยิงจริง ส่งผลให้การคำนวณขีปนวิถีของจรวดกระทำได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ
2) การพัฒนาหัวรบแบบที่ใช้หัวรบย่อยที่สามารถทำให้อยู่ในสภาพปลอดภัยได้ (Disarm) ในกรณีที่ลูกระเบิดย่อยเหล่านี้ไม่เกิดระเบิดขึ้น เพื่อไม่ให้ทำอันตรายต่อผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องในภายหลัง
3) การพัฒนาสูตรดินขับเพื่อให้ได้อัตราส่วนแรงผลักดันต่อน้ำหนัก ทำให้ลูกจรวดมีขนาดเล็กลงแต่ยิงได้ไกลขึ้น
4) การพัฒนาเลือกใช้ระบบย่อยที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายหาซื้อมาใช้ได้ทันที (Commercial-of-the-shelf, COTS) เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างปรนนิบัติบำรุง และลดต้นทุน
5) การพัฒนาด้านวัสดุศาสตร์เพื่อให้ได้วัสดุสำหรับตัวจรวดที่บางและเบากว่าเดิม หรือวัสดุฉนวนกันความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม หรือแม้แต่การใช้วัสดุที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น
6) การพัฒนาแท่นยิงให้สามารถยิงจรวดได้หลายขนาด และ/หรือ ให้สามารถเปลี่ยนหรือบรรจุลูกจรวดได้รวดเร็วยิ่งขึ้น
7) การพัฒนารถยิงให้มีระบบทุกอย่างครบสมบูรณ์ในตัวเอง มีขีดความสามารถในการเคลื่อนที่เท่าเทียมกับยานรบของหน่วยรับการสนับสนุนการยิง สามารถเชื่อมโยงข้อมูลข่าวสารกับยุทโธปกรณ์ระบบอื่นได้โดยง่าย ที่สำคัญคือสะดวกต่อการส่งกำลังและซ่อมบำรุง

4. บทสรุป

ระบบอาวุธจรวดหลายลำกล้องเป็นระบบอาวุธที่ยังคงมีความสำคัญด้วยคุณสมบัติด้านอำนาจการทำลายจากระยะไกลและการข่มขวัญ ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าทำให้สามารถลดข้อด้อยของจรวดหลายลำกล้องในเรื่องของความแม่นยำและการเตรียมการยิงที่นานกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบปืนใหญ่สนาม ส่งผลให้ระบบอาวุธแบบนี้ยังคงมีการพัฒนาและจัดหาเข้าประจำการอย่างต่อเนื่อง สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์การมหาชน) หรือ สทป. เป็นหน่วยงานวิจัยและพัฒนาหลักของกระทรวงกลาโหม ประสบความสำเร็จในการวิจัยและพัฒนาต้นแบบจรวดหลายลำกล้องทั้งแบบนำวิถีและไม่นำวิถี ภายใต้นโยบายของรัฐบาลในการขับเคลื่อนการวิจัยและพัฒนา การเสริมสร้างขีดความสามารถของกองทัพ ได้มี

การจัดวางโครงสร้างพื้นฐานสำคัญ ทั้งทางด้านทรัพยากรบุคคล นักวิจัยและนักเทคนิค มีการติดตั้งเครื่องจักรและเครื่องมือที่ทันสมัยในการพัฒนาเทคโนโลยีจรวดของประเทศ สนับสนุนการปฏิบัติภารกิจของกองทัพเพื่อใช้สำหรับการฝึกในยามสงบ และใช้รบในยามสงคราม มีผลการดำเนินการที่เป็นรูปธรรม โดยที่ผ่านมา สทป. ได้ประสบความสำเร็จในการพัฒนาต้นแบบจรวดหลายลำกล้องแบบไม่นำวิถี DTI-1 ระยะยิงไกล 180 กม. ด้วยการรับถ่ายทอดเทคโนโลยีบางส่วนจากมิตรประเทศ ส่งมอบให้กองทัพบกทดลองใช้งาน เมื่อปี พ.ศ. 2554 โดย พลเอก ประวิตร วงษ์สุวรรณ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหมเป็นประธานในพิธีรับมอบ และได้มอบนโยบายให้พัฒนาระบบจรวดหลายลำกล้องแบบนำวิถีส่งมอบให้กองทัพบกใช้งาน ต่อมา สทป. ได้พัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีที่มีอยู่ คู่ขนานไปกับการรับถ่ายทอดเทคโนโลยีจากมิตรประเทศบางส่วน ประสบความสำเร็จในการพัฒนาจรวดหลายลำกล้องแบบนำวิถี DTI-1G เป็นต้นแบบที่สมบูรณ์ให้ทันต่อความต้องการใช้งานของกองทัพ และได้ทำพิธีส่งมอบต้นแบบระบบจรวดหลายลำกล้องแบบนำวิถี DTI-1G เมื่อวันที่ 12 กุมภาพันธ์ 2559 โดย พลเอก อุดมเดช สีตบุตร รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงกลาโหม ผู้แทนรัฐมนตรีว่าการกระทรวงกลาโหม และ สทป. โดยพลอากาศเอก พงศธร บัวทรัพย์ ประธานกรรมการบริหาร สทป. ส่งมอบให้ผู้บัญชาการกองทัพบก พลเอก ธีรชัย นาควานิช เพื่อมอบให้แก่หน่วยผู้ใช้คือ กองพลทหารปืนใหญ่นำเข้าประจำการต่อไป

รูปที่ 22 กระบวนการผลิตจรวดหลายลำกล้องขนาด 122 มม. ที่วิจัยและพัฒนาโดย สทป.

รูปที่ 23 การส่งมอบจรวดหลายลำกล้องแบบนำวิถี DTI-1G ขนาด 302 มม. ให้กับกองทัพบก