

第一篇

日本苹果开心形整形 修剪及精细管理技术



第一章

日本苹果生产概况

说起日本苹果，大家一定会想到日本苹果卓越的品质，一定会想到日本果园漂亮的树形，一定还会想到日本果农忘我的敬业精神。于是有人马上想问，究竟是什么造就了日本苹果的辉煌？日本苹果栽培面积有多大？果园自然环境如何？采用了哪些关键技术？为了回答这些问题，我们首先需要从日本苹果的栽培现状谈起。

一、产区分布及气候条件

日本苹果产区呈南北狭长分布，北起北海道，向南延伸到长野县及周边地区，南北跨越 9 个纬度，介于北纬 $36^{\circ}\sim 44^{\circ}$ 之间。目前主要的苹果生产县包括青森县、长野县、岩手县、山形县、秋田县、福岛县等地区，其中青森县是日本的主要栽培地区，总面积约 25 000 公顷，占全日本苹果面积的 50% 左右。

青森县气候温和、环境适宜，苹果栽培面积大。该县的苹果栽培区分布于日本本州岛的北端，纬度较高、海拔较低，属于平原与丘陵栽培区。当地全年降水分布比较均匀，土壤肥沃，有机质含量达 3%~5%，由于果园肥水充足，透光良好，加之栽培管理技术精细，因此果实品质十分优良。以红富士为例，采收期的可溶性固形物含量通常达到 16% 左右，果实着色面积平均在 95% 以上，果实品质超出了我们的想象。

长野县位于日本苹果栽培区的南端，苹果栽培面积约占全国苹果面积的 23%，是仅次于青森县的日本第二大苹果产区。该

县的苹果栽培主要分布在丘陵坡地，果园海拔较高，昼夜温差较大，果实品质出色。

日本苹果产区分布虽然南北跨越了 9 个纬度，但由于地形海拔的调节以及海洋性气候的影响，主要栽培区的气候条件变化非常平缓，适宜苹果的生长发育。以年平均气温为例，日本苹果主产区的年均温度为 $9\sim 11^{\circ}\text{C}$ ，最高日均温为 $22.3\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，最低日均温为 $-2.7\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ ，冬季绝对低温通常也在 -20°C 以内，基本满足了苹果生长发育的温度条件（表 1）。

表 1 日本苹果主产区的气候条件

地区	纬度 (N)	气温 ($^{\circ}\text{C}$)				降水量 (毫米)	相对湿度 (%)
		最高日平均	最低日平均	年平均	绝对低温		
稚内	$45^{\circ}25'$	19.6	-5.9	6.0	-19.2	1 161	81
札幌	$43^{\circ}0'$	21.7	-5.5	7.6	-23.9	1 176	77
青森	$40^{\circ}49'$	22.3	-2.7	9.1	-18.7	1 300	80
秋田	$39^{\circ}43'$	24.2	-1.1	10.7	-20.2	1 780	81
山形	$38^{\circ}15'$	24.4	-1.6	10.8	-20.0	1 236	74
盛冈	$39^{\circ}42'$	23.1	-3.0	9.5	-20.6	1 276	77
福岛	$37^{\circ}45'$	25.0	0.5	12.1	-18.5	1 155	75
长野	$36^{\circ}40'$	24.6	-1.6	11.1	-17.0	1 001	74
前桥	$36^{\circ}24'$	25.3	2.5	13.4	-11.8	1 246	76

自然降水充足是日本苹果栽培的另一个明显的优势。从日本主要苹果产区的降水资料来看，平均年降水量介于 1 000~1 300 毫米之间，同时年生长周期内降水分布比较均匀。在日本中北部苹果栽培区，果园冬春季降雪较多，积雪较厚，很少发生苹果越冬抽条现象，越冬冻害也比较少见。而在生长季，由于雨量充沛，降雨均匀，果园通常都不需要人工灌溉，从而省去了很大一部分果园管理工作。第二次世界大战以后，果园生草制能够在日本得以尽快普及与推广，在很大程度上与果园充足的降水密不可分。

果园降水较多，尤其是生长中后期雨水较多时，通常引起果园光照不足，因此果园光照与降水是矛盾的。正因为如此，日本苹果栽培中特别注重果园的光照问题。为了合理分配叶幕内部光照，日本率先在亚洲开展了苹果矮化栽培。日本苹果生产上特有的开心形树形的出现，很大程度上源于对树体光照的考虑。近年来，随着国际市场果品质量竞争日趋激烈，日本果园单位面积的总枝量也日趋减少，由此可见果园光照在日本果树生产中的地位。

二、栽培面积与产量

苹果栽培面积的相对稳定是产业稳定发展的必要条件，也是日本苹果的又一个显著特点。多年统计资料结果表明，从 1960—1996 年，日本苹果全国累计栽培面积在 65 000 公顷和 51 200 公顷之间波动变化，平均栽培面积约 55 000 公顷，表现出较高的稳定性。近些年来，随着苹果新品种的不断问世及矮化栽培的兴起，日本的一些地区果园更新有所加快，栽培面积略有变化，但从总趋势来看，仍然保持了相对稳定的栽培面积。

与稳定的栽培面积相对应，日本苹果的全国总产量也保持了相对的稳定性。1960—1996 年的资料表明，日本全国苹果年产量介于 76.03 万～105.30 万吨之间，平均年产量 100 万吨左右，与国内市场需求基本吻合。

根据近年的统计资料，日本苹果的平均产量为每 667 米² 1 120～1 250 千克，由于树龄不同以及树形结构的差异，各地果园产量不尽相同。在青森、盛冈等地，30 年以上树龄的开心形果园，每 667 米² 产量通常在 3 吨以上，而超过 4 吨的果园也不少见。通常而言，开心形苹果树成形之前的产量较低，但进入盛果期后，由于大量下垂结果枝的形成，果园产量很高，盛果期能够持续几十年，因而具有较高的经济效益。

对于矮化栽培果园来说，早果丰产比较明显，在长野、青森等地，都有高产的报道。如长野县的永田正夫、青森县的成田束敏经营的矮化果园，平均每 667 m^2 产量都超过了 $3\sim 4$ 吨。然而近些年来，考虑到果实品质及果园机械化作业，果农对品质的关注超过了对产量的关注。因此，新建果园的树体密度较以往有所下降，每 667 m^2 产量通常维持在 2 吨左右。

栽培面积与年产量的相对稳定性，意味着消费市场的相对稳定性，最终反映了苹果产业的相对稳定性。正是由于苹果产业的相对稳定性，保证了日本果农对苹果产业投入的稳定性与积极性。通常而言，日本苹果的质量竞争非常激烈，为提高果实品质，日本果农在生产资料和劳动力方面的投入是非常大的。而相对稳定的产业及市场，降低了生产风险，稳定了果农的投资信心，也为有序的市场竞争铺平了道路。

三、品种构成与分布

栽培品种的相对稳定与新品种的不断上市构成了日本苹果产业的又一特征。相对而言，日本苹果生产上苹果品种构成相对稳定，品种的更新频率远不如我国那样频繁。究其原因，一方面是由于日本苹果产区栽培环境优越，土壤肥水充足，因而树龄相对较长；另一方面，也是由于日本苹果栽培水平较高，技术精细，生产上应用的很多品种，可通过实施精细的栽培技术来改善品质，而不是进行频繁的品种更新。

在日本青森县调研中，不少农户告诉我们，如果是为了提高红富士苹果的商品质量，现有的技术措施，如疏花疏果、果实套袋、摘叶转果、施有机肥等途径，就可显著改善果品质量，因而没有必要进行不断地高接换种。事实上，在日本目前的富士系品种结构中，普通富士大约还占 10% 以上的比例。普通富士苹果经过套袋、摘叶等措施处理后，形成了特有的色相，同样受到日

本市场的欢迎。而在我国，普通富士栽培虽然比日本晚好多年，但目前生产上早已见不到其踪迹了。

综观近年来日本苹果品种的统计资料，占据苹果产量前三位的品种分别是富士、津轻和王林，它们分别占日本全国苹果总产量的 48%、14% 和 9%，与 10 年前的统计数字相比，变化不是很大。青森县的统计结果也不例外，苹果生产前三位的品种及比例依次为：富士 57.5%、王林 9.7%、津轻 9.4%，形成了富士苹果一马当先的垄断局面，同时也反映了日本苹果品种构成的相对稳定性。

品种构成的相对稳定对于苹果生产者无疑是有益的，同时，由于消费者对果实品质的向往以及果农对产业利润的追求，日本苹果新品种的选育与利用也同样非常活跃。在日本国内，公立研究机构、民间机构以及广大农户都不同程度地参与了苹果品种的选育。芽变选种是日本苹果最常见的育种手段，以红富士系为例，虽然目前注册的芽变品种早已超过 1 000 个，但每年仍有不少新的芽变品种问世。除此之外，杂交育种也是一种广泛应用的育种方法，一些苹果中熟品种，如珊夏、凉香、清明等，代表了日本苹果杂交育种的新成就。

事实上，苹果品种的稳定性与多样性是一个问题的两个方面。尽管品种的稳定性已得到了充分体现，但新品种的应用同样也受到了日本苹果生产部门的重视。在青森县，为了丰富苹果品种类型，该县苹果产业规划中提出了逐渐减少富士苹果的比例，鼓励增加王林、凉香等品种的比例。按照该县的产业规划，未来 10 年间红富士苹果的比例将由目前的 57.5% 逐步下调到 45% 左右以适应苹果市场品种多样性的需求。

四、经营规模与组织形式

与欧美地区的果园规模相比，日本农户的果园规模相对较

小，通常以家庭为基本单位，经营独立性更强。统计资料表明，在 20 世纪 90 年代初期，日本全国经营苹果的农户约 85 000 个，每户平均 0.63 公顷果园。其中 63% 的农户以经营苹果为副业，还兼营其他产业。而在北部苹果主产区，农户大多数以苹果经营为主业，其经营面积多在 1 公顷以上，较大的农户可达 3~5 公顷，形成以农户经营为主、雇工为辅的生产模式。

作为独立生产与经营单位，农户通常根据果品质量特点及市场需求自主销售其产品。在青森县板柳町，不少农户都建立了自己的专门销售渠道，比较知名的果园，通过电话预定可销售不少果品。同时，农户还可通过批发市场、观光采果、租赁摊位等形式销售果品。此外，如果愿意，农户还可参加当地的农协组织，享受社会化服务。在青森地区，为适应苹果产业化的需要，由农协组织或大公司牵头，投资兴建了若干大型公用设施，如自动选果机、果品加工生产线等设施，均可为农户提供定时计费服务，实现了小农户生产与大社会服务相结合的社会化生产。

五、消费特点与消费心态

日本苹果生产与消费是典型的自给自足方式。从 20 世纪 50 年代世界范围内果树商业栽培开始，直到 90 年代中期，日本的苹果生产基本上是封闭式生产，其苹果生产量与消费量基本持平。尽管果实品质优良，但日本苹果出口较少，同时也极少进口苹果。受这种消费方式的长期影响，日本消费者也养成了偏好日本苹果的习惯。20 世纪 90 年代中期以后，日本不得已开放了其农产品市场，但国外产品很少能够在日本市场立足，除了政策因素之外，很大程度上是来自消费市场的阻力。

苹果是日本消费者最受欢迎的水果之一，在餐后或茶点期间，日本人喜欢将苹果切成薄片来分享。长期以来，由于价格、消费节俭等方面的原因，日本的苹果消费量相对较低。从统计资

料来看，1960—1996 年期间，日本人均苹果年消费量介于 4.0~6.4 千克之间，低于世界同期平均消费水平。以 1996 年为例，当年日本人均苹果消费量 5.5 千克，而同期世界人均苹果消费量 8.7 千克，明显低于欧美发达国家，同时也低于我国同期的人均苹果消费量。

造成日本苹果消费量偏低的原因来自多个方面，其中重要的一点可能是价格因素。在日本，精选的富士苹果单果价格通常为 200 日元左右，超市里一级富士苹果每千克的平均价格通常在 400 日元左右。较高的市场价格维持了日本苹果惟我独尊的市场地位，但在一定程度上则抑制了消费市场。

除价格因素外，造成日本人均苹果消费量较低的原因，可能还有心态因素。从日本古老的传统上讲，苹果在早期只是日本少数富人才有能力购买的产品，一般消费者通常把苹果视为礼品而不是消费品。尽管时代发生了变化，但这一观念仍然根深蒂固。如今在日本市场上，各类水果琳琅满目，但苹果在人们心中仍然首先被视为礼品，也正是这个原因，才使得日本苹果不仅具有优良的风味品质，同时还具备诱人的外观质量。

为了迎合市场需求，取得高额回报，日本果农在借鉴现代农业先进技术成果的同时，仍然保持了传统农业精耕细作的习惯，形成了传统与现代农业技术相结合的苹果精细管理技术，在亚洲乃至世界苹果生产上，造就了日本苹果一枝独秀的空前盛况。

第二章

开心形的结构特征及 整形修剪技术

如前所述，日本苹果以品质优良而著称，那么，为什么日本苹果如此成功呢？这使我们不可避免地想到了日本果园的精细管理水平。凡去过日本果园的人，尤其是去过日本的中国研修生，都会有深刻的体会。然而，对我们提出的问题，以上的回答只对了一半，那么另一半呢？那就是以树形为核心的苹果栽培体系。

回顾历史不难看出，直到 20 世纪 50 年代，日本的苹果品质并无过人之处。在那时，日本果园树体徒长、树冠郁闭问题比较突出，苹果树腐烂病也非常严重，因此果品质量在国际苹果产业界没有任何地位。为了挽救日本苹果生产，日本人开始系统引进国外苹果矮化砧木及栽培管理技术，先后引进了 M_9 、 M_{26} 、 MAC_9 等类型砧木，并成功地将苹果矮化栽培技术应用于日本苹果生产；另一方面，则是对传统的苹果乔化树形进行改良，通过下垂结果枝体系的进一步完善，最终形成了高光效开心树形。因此，研究日本苹果栽培成功的经验，除了学习其精细的花果管理技术之外，还得重点研究日本乔化苹果生产特有的树形——苹果开心树形。

苹果开心形起源于日本，是在西洋苹果引入日本后，在一百多年的栽培过程中不断探索、改进而形成的。该树形被日本人称为“高品质的苹果树形”，其树冠冠径大、树龄长、枝条下垂结果后不仅树体稳定，也有利于通风透光，是目前苹果乔化栽培比较理想的树形。如果到日本北部苹果产区去参观，从福岛县开始，沿途经过岩手、青森等地的苹果商业栽培区，开心树形随处

可见。日本比较古老的开心形苹果树已有数十年、甚至上百年的树龄，仍然枝叶健旺，自然下垂，硕果累累，形成了现代精细农业的壮丽景观。

开心形苹果树之所以能够长期连续结果，且果实质量优于其他乔化树形，主要得益于该树形均匀的树冠光照及长势稳定的下垂结果枝体系。与其他树形修剪不同的是，该树形结果枝培养时，没有采用短截方法培养结果枝组（“短枝修剪技术”），而是采用了长枝甩放的方法培养长轴下垂结果枝组，我们称之为“长枝修剪技术”。进行长枝修剪时，结果枝通常由生长中庸的长枝连年甩放而成，由于甩放的结果枝枝组较细，结果后自然下垂，外观看上去呈“披头散发”状，这样既控制了营养枝的过旺生长，也利于长轴结果枝的花芽形成，同时也为树冠叶幕打开了光路，改善了结果区的光照条件，从而有利于优质果实的发育。

苹果开心形属于典型的稀植树形，它不仅拯救了日本苹果产业，而且对于现阶段我国苹果的优质生产也具有重要的指导意义。为了充分认识和系统了解日本开心树形的特点，在此我们对该树形的演变历史及技术特征进行一些分析。

一、开心形的演变历史

在西洋苹果引入日本之前，日本苹果的栽培状况与我国多少有些相似，其常见类型为原产于我国的绵苹果，日本人称之为“林檎”。绵苹果的栽培比较简单，通常不需要进行严格的整形修剪，因此在栽培过程中基本上维持了自然生长的圆头树形。

对于日本果农来说，1874年是一个需要记住的年份。那一年西洋苹果开始传入日本，并开始了由西洋苹果逐步替代绵苹果的发展时期。西洋苹果引入日本后，先是在北海道地区落户，其后发展到与北海道隔海相望的青森地区，并进而向全国适宜地区扩展。在西洋苹果不断发展壮大的同时，也开始了有关苹果栽培

技术及整形修剪方法的研究。

单从苹果树形的研究来看，西洋苹果进入日本后，大致经历了七个发展时期，依次分别为自然放任形时期、自然圆锥形时期、分层形时期、杯状形时期、扁圆形时期、半圆形时期及开心形时期（图 1）。

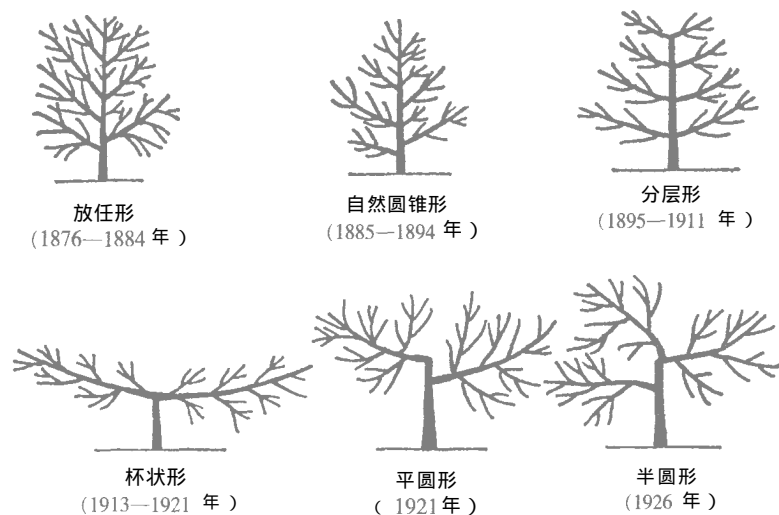


图 1 日本苹果树形的发展

（引自农文协《果树全書・リンゴ》，1985）

西洋苹果树形演变的历史，是日本果农在栽培过程中不断总结苹果生长结果习性，并与日本自然气候条件密切结合的发展历史。在自然放任树形这一时期，果农对西洋苹果生长结果习性 & 整形修剪技术了解甚少，对待西洋苹果的栽培管理仍和“林檎”一样对待，通常不进行整形修剪，苹果树冠保留了自然生长状态，其后不久，树冠郁闭、开花结果不良等问题相继而生。1884年由日本弘前某教会神父总结的苹果整形修剪技术开始实施，引导了苹果自然圆锥形树形的出现，使日本栽培的西洋苹果进入了第二个树形发展时期。

到了明治中期（1895—1911 年），分层形树形开始形成。该期果农已掌握了一定的苹果栽培技术，在整形过程中，苹果树的主枝严格有序地呈阶梯状排布于树干上，并按照日本各地的气候与栽培特点，形成 2~4 层冠层的分层树形。此期正值日本苹果大发展时期，由于产量大幅度增加、苹果价格不断下跌，因而竞争十分激烈。为提高果实品质，增加效益，苹果套袋栽培也开始在日本兴起，苹果生产由追求产量转向追求质量发展。

虽然分层形树形解决了树冠叶幕层之间的光照问题，但由于苹果树冠下层与内膛光照不良、花果质量差，而且分层形树形也不便于果园管理及套袋操作。因此，从正大初期（1913 年）开始，苹果树形逐步由分层形向一层树冠的杯状形过渡，形成了开心树形的前身树形。

杯状形叶幕结构简单，树冠光照良好，有利于苹果果实品质的提高，但是，由于该树形平面化结果，产量相对较低，也时常发生果实日灼，其后几经调整，逐渐演变到扁圆形树形（1926 年前后）。这类树形的特点是利用了主、侧枝背上的侧生结果枝，增加了树冠结果体积，也有果农在杯状树形之上增加一个主枝，以此来补充开心之后形成的背上空缺，扩大结果立体空间，以便兼顾产量和质量。此期的树形，实际上已具备了后来逐步完善形成的开心树形的许多特点，故也有人称其为开心形树形。

在杯状形的基础上，日本果农进一步研究了如何提高产量、稳定品质、并能够有效减轻果实日灼的整形修剪技术。通过对过去“短枝修剪技术”的反思，有效利用了长轴下垂枝来填补主枝下部的空间，扩大了树体有效结果空间，同时也稳定了果实品质，大约到了第二次世界大战结束以后，真正意义上的开心形苹果树形已经初步形成。其后，经过生产应用以及后来富士系苹果高接换种推广过程中的不断完善，逐步成为日本苹果生产上乔化栽培的主流树形。

在日本苹果开心形的发展过程中，同样也遇到了欧美苹果纺

锤树形以及主干树形等垂直叶幕新树形的挑战。如前所述，20世纪60年代以后，随着世界范围内苹果矮化栽培的普及与发展，M系、CG系、MAC系等欧美矮化砧木也开始进入日本苹果生产，并以早果、丰产、优质等优点，在日本不少地区得到推广应用，其栽培面积已超过日本苹果总面积的40%。尽管如此，在日本苹果的老区，如青森县、岩手县、长野县等地，开心形仍然是苹果生产的主流树形，仍然占到全国一半以上的栽培面积。

开心形苹果树形之所以能够在日本得以延续和发展，并成为对抗欧美矮化栽培的桥头堡，除了技术因素之外，也与20世纪60年代期间日本苹果的品种更新及富士系品种的推广应用有关。20世纪60年代以后，苹果质量竞争的国际化势头日渐明显，日本苹果老产区原有的国光、红星、红玉等旧品种均需要进行更新。在苹果品种的更新方法上，一些果农挖掉了旧果园重新定植新品种，还有不少果农则是在旧果园原有大树上高接富士品种进行更新。富士系苹果生长初期长势较旺，一旦进入盛果期则树势中庸，枝组极易结果下垂，形成“披头散发”树形。这样一来，高接树不但产量高，而且光照好，品质优良，成了十分成功的栽培模式，为开心形树形的延续与发展赢得了新的机遇。

二、开心形的结构特点

开心形在日本苹果商业生产上应用已有60余年，至今仍然长盛不衰，从这一点足以让人感到该树形的生命力。

与其他乔化树形相比，开心形的结构特点主要体现在两个方面：其一是树冠水平方向的自然延伸，其二是枝组垂直方向的立体下垂，二者的完美结合，构成了日本开心树形独一无二的树形特征。

树冠的水平方向自然延伸，是指以主枝、侧枝为代表的树冠叶幕沿水平方向自然生长，叶幕在水平方向呈不重叠的单层排

列，构成了简洁的树体骨架结构。枝组的垂直方向立体下垂，是指在骨干枝上的大、中、小型结果枝组（轴）松散、细长生长，且呈下垂状态，构成了开心形的立体结果区域。这种平面骨架与立体枝组的组合，在充分利用立体空间的前提下，使结果枝的每个枝、芽、叶、果都获得了均匀良好的光照条件，同时，也充分尊重和利用了苹果生长结果习性。

苹果开心形的结构比较简洁，成龄树通常由主干、永久主枝、侧枝和下垂结果枝组四部分构成。与其他乔化树形相比，开心形苹果树的主枝数量少（通常 2~3 个），主枝延伸角度平缓，而下垂结果枝比例则明显高于其他树形。

由于树形结构上的特殊性，作为一类树形，苹果开心形结构相对稳定，特色明显。然而在树形的不断发展过程中，由于日本各地的果园环境及修剪技术的差异，形成了形态各异的树体类型。从树冠大小来分类，可分为大冠开心形、中冠开心形和小冠开心形；从主干高低来分类，可分为高干开心形、中干开心形和矮干开心形；从地域环境来分类，可分为山坡地开心形、平地开心形、雪地开心形；从产区特色来分类，可分为北部开心形、中部开心形和南部开心形；此外，从个人整形修剪技术特色来分类，则可分为若干带有个性色彩的开心树形。

尽管苹果开心树形的类型繁多，结构各异，但是万变不离其宗，各类树形基本保持了开心树形特有的结构特征。为了便于准确理解该树形的树形特点，我们在总结分析日本各地开心形苹果树的基础上，将对该树形的共性特征进行如下介绍。

1. 树高与冠径 开心形苹果树的树高在不同整形时期有所变化。在幼树整形时期，树高可达到 4~5 米，成龄树落后后树高有所下降，通常维持 3.5~4.0 米。同时，成龄树的树冠直径也达到稳定状态，维持 6~8 米，整个树冠呈扁圆形，垂直方向的叶幕厚度维持 1.4~1.9 米。

2. 主干高度 主干高度随着果园的地域环境等因子变化。

在日本的南部苹果产区，如长野县，由于冬季积雪少，苹果树的主干较低；而在青森、北海道等北部地区，由于冬季积雪很厚，因此苹果树的主干较高。总体来说，开心形苹果树的干高变化较大，从 0.6~3.0 米不等。其中，主干高度为 0.6~1.2 米时，可称为矮干开心形；干高 1.2~2.4 米时，称为中干开心形；而当主干高度为 2.4~3.0 米时，称为高干开心形。

3. 骨干枝 骨干枝是开心形苹果树整形期间出现的一种特殊类型的枝条。它既是临时枝，随着树形的演变而逐渐消失（被疏除）；它又是永久枝，随着树形的演变而成为主枝，成了开心形苹果树的栋梁。

正因为这种性质的变化，骨干枝的出现通常带有主枝预备枝的特点，需要有适宜的角度、高度和方位。同时，那些高度较低、空间较小的骨干枝，更多地带有临时性辅养枝的使命。

通常而言，在变则主干形阶段之前，开心形苹果树没有主枝，其功能由骨干枝或预备性主枝完成。其后的一些年间，随着骨干枝的大量疏除，真正的主枝才开始出现。

4. 主枝结构与数量 主枝数量少、结果枝数量多是开心形成年树的一个主要结构特征。尽管在整形阶段骨干枝数量较多，但由于在整形过程中预备性主枝数量的不断减少，完成树形时，通常仅保留 2~3 个主枝，来支撑水平延伸的单层叶幕。

开心形苹果树的主枝角度因干高而异。通常来讲，矮干开心形苹果树主枝角度小，高干开心形的角度较大，与主干的夹角在 60° ~ 80° 之间变化。

5. 侧枝 由于主枝数量较少，开心形苹果树在整形修剪的过程中，通常选留永久性侧枝来扩大树冠。在日本青森县一些典型的大冠开心形苹果树上，通常每个主枝上选留两个大侧枝（日本果农称之为亚主枝），并向不同方向延伸。

6. 结果枝组 在日本苹果栽培中，对结果枝组的结构有严格的要求。通常情况下，一株盛果期苹果树上大约分布 130 个左

右的结果枝组，每一个结果枝组由 10~40 个结果枝构成，平均负载 3~8 个果实。

从日本津轻县的调查来看，一个枝龄 10 年生左右的结果枝组，基部平均直径 2.14 厘米，叶面积累计 1 米² 左右，枝量平均 40 个左右，结果量平均 6.7 个。

结果枝组在各类骨干枝上有序排列、大小错落。通常小的结果枝组间距 20 厘米左右，中等枝组间隔 40~50 厘米，而大的结果枝组可达 1 米左右。

结果枝组通常由营养枝自然甩放而成，单轴延伸，结果后自然下垂，形成了松散下垂的结果枝体系。

三、不同阶段的整形修剪

在日本气候条件下，苹果开心形为典型的大冠稀植树形，盛果期树的冠径为 6~8 米，整形周期也长达 20 年。为了充分利用果园空间，在建园时，一般采用计划密植的栽植模式。

计划密植栽培，既兼顾了果园的前期产量，也考虑了树形的长期发育。以 3 米×4 米、南北行向的果园为例，当株间没有空间时隔株间伐，密度变成了 6 米×4 米，行向也临时变成了东西向。若干年后，当果园出现（原）行与行之间交错时，即树冠东西方向交错时，可隔行进行间伐，密度变成了 6 米×8 米，行向也恢复为最初的南北行向。

对于计划密植果园，在定植一开始就区分了永久株与临时株，并采取了不同的整形修剪方法。对临时株来说，幼树期的整形修剪与永久株差异不大。但到了结果期，临时株只进行轻微落头，不再向开心形方向演化。

对于永久株而言整形过程通常分为 4 个阶段，依次为：主干形阶段（1~5 年幼树期）变则主干形阶段（6~10 年前后）延迟开心形阶段（10~15 年）及完成开心形阶段（15~20 年）（图 2）。